

## Dampak Aktivitas Pelabuhan Surabaya Terhadap Lingkungan dan Strategi Penanganannya

M.Bagus Scheva Putra M<sup>1</sup>., Kabul Fadilah<sup>2</sup>,

Email korespondensi: [kabul.fadilah.tl@upnjatim.ac.id](mailto:kabul.fadilah.tl@upnjatim.ac.id)

**Abstract:** Increased ship activity in the Port of Surabaya will result in a high risk of pollution to the environment. Pollution can occur in the marine, land and air environments. The main objective of this study is to analyze the impact of pollution caused by ship operations at the Port of Surabaya and the handling strategy in accordance with government regulations, the International Maritime Organization and Marine Pollution. The method used in this research is a literature study and this type of research is a quantitative description. This type of research is quantitative using a descriptive observational research design. The impact on the marine environment due to port operations is caused by ballast water and NO<sub>x</sub> emissions. High ship activity will increase the discharge of ballast water at sea. The total results of removing NO<sub>x</sub> emissions obtained in this study for 3 days were 1026.25 Kg, 429.34 Kg and 452.22 Kg. Exhaust emissions released on average are above the threshold. The air quality limit that is classified as potentially polluting is 12.51. The strategy that can be carried out in dealing with these problems is to apply BWMTS (Ballast Water Management Treatment System) and mechanical filters to handle ballast water. In dealing with NO<sub>x</sub>, you can apply the EGR, SCR, and Water Injection and Emulsion methods.

**Keywords:** Environmental Pollution, IMO, MARPOL, Ballast Water, NO<sub>x</sub> Emissions

**Abstract:** Meningkatnya aktivitas kapal di Pelabuhan Surabaya akan mengakibatkan tingginya risiko pencemaran terhadap lingkungan. Pencemaran dapat terjadi pada lingkungan laut, darat, dan udara. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisis dampak dari pencemaran yang diakibatkan oleh operasional kapal di Pelabuhan Surabaya dan strategi penanganannya sesuai dengan peraturan pemerintah, *International Maritime Organization* dan *Marine Pollution*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur dan jenis penelitian ini adalah deskripsi kuantitatif. Jenis Penelitian ini adalah kuantitatif dengan menggunakan rancangan penelitian deskriptif observasional. Dampak yang terjadi di lingkungan laut akibat kegiatan operasional pelabuhan disebabkan oleh air balas dan emisi NO<sub>x</sub>. Aktivitas kapal yang tinggi akan meningkatkan pembuangan air balas di laut. Total hasil pembuangan emisi NO<sub>x</sub> yang diperoleh dalam penelitian ini selama 3 hari adalah 1026,25 Kg, 429,34 Kg, dan 452,22 Kg. Emisi gas buang yang dikeluarkan rata-rata berada di atas ambang batas. Batas kualitas udara yang tergolong untuk dikatakan berpotensi pencemaran adalah 12,51. Strategi yang dapat dilakukan dalam menangani permasalahan – permasalahan tersebut adalah dengan menerapkan BWMTS ( *Ballast Water Management Treatment System* ) dan filter mekanis untuk menangani air balas. Dalam menangani NO<sub>x</sub> dapat menerapkan metode EGR, SCR, dan *Water Injection and Emulsion*.

**Kata kunci :** Pencemaran Lingkungan, IMO, MARPOL, *Ballast Water*, Emisi NO<sub>x</sub>

## **A. PENDAHULUAN**

Pelabuhan di berbagai belahan dunia saat ini sedang menghadapi tantangan terkait penurunan kualitas lingkungan. Terutama, pelabuhan yang terletak di Surabaya. Pelabuhan Surabaya adalah salah satu pelabuhan dengan tingkat kepadatan penumpang yang sangat tinggi. Dalam aktivitas operasional kapal sehari-hari, terdapat produksi limbah seperti plastik, kertas, besi, kaca, sisa makanan, dan sampah lainnya. Selama proses operasional, terjadi pembuangan air balas dalam jumlah besar. Air balas merupakan air laut yang diambil masuk dan dibuang dari kapal ketika berada di pelabuhan untuk mempertahankan stabilitas kapal (Nuris S. A et al, 2019). Pembuangan air balas ini digunakan sebagai beban pada kapal yang sedang tidak atau hanya setengah terisi muatan, untuk menjaga keseimbangan dan stabilitas kapal (I. Abdillah et.al, 2020). Pembuangan air balas yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan ekosistem lingkungan yang semakin parah jika tidak mendapatkan perhatian yang cukup.

Penurunan kualitas lingkungan di sekitar pelabuhan disebabkan oleh sejumlah faktor seperti limbah cair, sampah, polusi udara, dan limbah domestik lainnya. Perubahan kualitas air laut terlihat dari perubahan warna air, peningkatan kekeruhan, dan peningkatan pencemaran. Terkadang, kita juga melihat banyak ikan mati yang mengapung di permukaan air laut serta banyak sampah yang tersebar di laut. Kegiatan operasional memiliki dampak pada kualitas air laut melalui peningkatan pencemaran yang disebabkan oleh pembuangan limbah domestik dan non-domestik seperti air balas, pembersihan tangki, dan penggunaan berbagai bahan kimia untuk perawatan kapal (Basuki et al., 2018). Selain itu, dampak juga disebabkan oleh kegiatan bongkar muat di pelabuhan dan korosi pada kapal. Limbah dan zat pencemar harus dikelola dengan baik dan mendapat perhatian dari semua pihak. Jika tidak ditangani dan dibiarkan terus-menerus, dampaknya akan sangat merugikan baik bagi lingkungan sekitar maupun manusia.

Salah satu penyumbang polutan konvensional dan gas rumah kaca adalah kegiatan yang terjadi di pelabuhan. Kegiatan pelabuhan telah berkontribusi sebesar 3% terhadap emisi gas rumah kaca (Helfre et al., 2013). Bahkan, saat kapal sedang berlabuh di pelabuhan, emisi yang dihasilkan dapat mencapai 10 kali lipat dari emisi yang dihasilkan oleh operasi pelabuhan itu sendiri. Dampaknya adalah pencemaran udara yang sangat merugikan lingkungan. Kapal menjadi sumber polusi udara melalui emisi gas buang seperti NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan SO<sub>x</sub>. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 51 Tahun 2002 tentang Perkapalan, pasal 111 menyatakan bahwa kapal dilarang melebihi batas emisi gas buang yang ditetapkan. Secara umum, setiap liter bahan bakar minyak diesel yang terbakar akan menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub>. Emisi gas buang dari mesin diesel dapat menyebabkan masalah lingkungan seperti hujan asam, efek rumah kaca, dan berdampak pada kesehatan manusia terutama sistem pernapasan (Kumar et al., 2019). Selain itu, semua gas tersebut juga menjadi penyebab pemanasan global yang memicu perubahan iklim.

Menurut ketentuan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2010, penyelenggaraan perlindungan maritim dilakukan melalui operasi kapal dan kegiatan di pelabuhan. Dalam hal ini, penting untuk mengontrol kegiatan kapal dan memastikan bahwa mereka memenuhi standar yang sesuai. Selain itu, upaya pencegahan juga dilakukan oleh komunitas internasional melalui Marine Pollution (MARPOL). Marine Pollution (MARPOL) adalah peraturan internasional yang dibuat oleh International Maritime Organization (IMO), lembaga internasional, dengan tujuan mencegah pencemaran di lingkungan laut (Ivan et al., 2019). IMO telah mengembangkan konvensi lingkungan laut yang sangat penting dalam upaya meminimalkan pencemaran laut, termasuk pembuangan limbah, pencemaran minyak, dan udara.

Kajian ini bertujuan untuk menganalisis dampak pencemaran yang disebabkan oleh operasional kapal di Pelabuhan Surabaya dan strategi yang diperlukan untuk penanganannya sesuai dengan peraturan pemerintah, International Maritime Organization, dan Marine Pollution. Semua pihak perlu bekerja sama untuk menjaga kelestarian lingkungan maritim, termasuk kepentingan penumpang. Oleh karena itu, negara, pemerintah, dan semua pemangku kepentingan memiliki kewajiban untuk melindungi dan mengelola lingkungan hidup dalam upaya pembangunan berkelanjutan, sehingga lingkungan hidup tetap menjadi sumber kehidupan dan penunjang bagi masyarakat serta makhluk hidup lainnya.

## B. METODE

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur, yang merupakan pendekatan yang melibatkan pengumpulan data dari berbagai sumber pustaka seperti buku, ensiklopedia, dokumen, dan jurnal ilmiah. Metode ini melibatkan peninjauan kritis terhadap pengetahuan, gagasan, atau temuan yang ada dalam literatur akademik, dengan tujuan untuk memberikan kontribusi teoritis dan metodologis yang mendalam terhadap topik tertentu. Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif, dengan menggunakan rancangan penelitian deskriptif observasional. Data dalam penelitian ini diperoleh dari informasi tentang kapal yang berlabuh dan berangkat dari Pelabuhan Surabaya, serta data mengenai emisi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan oleh kapal selama periode tiga hari pada bulan Januari.

## C. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Air Balas (*Ballast Water*)

Tabel berikut berisi data tentang jumlah kapal yang sandar dan berangkat kapal pada Bulan Januari – Maret di Pelabuhan Surabaya adalah sebagai berikut :

**Tabel 1.** Data Kedatangan Kapal Di Pelabuhan Surabaya

No.	Nama Pelayaran	Januari	Februari	Maret
1.	ALP (Atosim Lampung Pelayaran)	9 Kapal	9 Kapal	11 Kapal
2.	DLN (Dharma Lautan Nusantara)	30 Kapal	26 Kapal	24 Kapal
3.	PELNI (Pelayaran Nasional Indonesia)	57 Kapal	47 Kapal	46 Kapal
4.	DLU (Dharma Lautan Utama)	100 Kapal	99 Kapal	112 Kapal
5.	TMU (Timur Mila Utama)	7 Kapal	11 Kapal	9 Kapal
6.	BLS (Berlian Lautan Sejahtera)	62 Kapal	58 Kapal	44 Kapal
7.	JN (Jembatan Nusantara)	10 Kapal	7 Kapal	8 Kapal
Total		275 Kapal	257 Kapal	254 Kapal

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa frekuensi kapal yang sandar dan berangkat di Pelabuhan Surabaya cenderung padat. Dengan semakin tingginya frekuensi kapal di pelabuhan maka akan meningkat pula frekuensi pembuangan air balas di pelabuhan (I Putu P.B, 2017). Mengacu pada Tabel 1 pada bulan Januari hingga Maret terjadi penurunan jumlah kapal yang datang. Namun, hal tersebut tidak terlalu signifikan dan cenderung padat. Pada Bulan Maret juga datang 2 kapal pesiar dengan Gross Tonage yang tinggi. Gross Tonage atau Tonase Kotor

adalah ukuran volume dari semua ruangan yang terletak di bawah geladak kapal, termasuk volume ruangan di atas kapal (Yannis et al., 2017). Semakin tinggi nilai Gross Tonnage, semakin banyak juga pembuangan air balas yang dihasilkan.

Pembuangan air balas ini memiliki banyak dampak yang sangat berbahaya bagi lingkungan karena dapat mengancam kehidupan makhluk hidup yang ada di laut (Dany D.P et al, 2020). Selain itu, air balas yang dibuang ke laut juga mengandung timbal yang berbahaya bagi lingkungan. Bahan pencemar yang masuk terus menerus dalam jangka waktu yang panjang akan mengakibatkan peningkatan konsentrasi bahan pencemar tersebut di perairan dan sedimen. Berdasarkan hasil penelitian di Tanjung Emas, pembuangan air balas yang mengandung timbal secara tidak terkontrol menjadi faktor potensial yang meningkatkan konsentrasi timbal pada sedimen (Azmi et al., 2016). Selain itu, pembuangan air balas juga dapat membawa organisme invasif yang dapat memiliki dampak negatif. Organisme invasif atau organisme air berbahaya dan patogen dapat terbawa ke daerah lain melalui air balas (El Husna et al., 2022).

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2010 Mengenai Perlindungan Maritim menjelaskan bahwa kapal harus memiliki manajemen air balas atau memiliki pengolahan air balas sebelum dibuang. Namun, ketentuan pengelolaan air balas tidak diterapkan pada kapal yang melakukan pembuangan air balas ke dalam fasilitas penampungan (Dany D.P et al, 2020). Sampai saat ini, masih banyak kapal yang belum menerapkan pengolahan air balas dan hal ini tentunya akan sangat berbahaya jika tidak segera mendapat perhatian. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan menerapkan BWMTS (*Ballast Water Management Treatment System*).

*Ballast Water Management Treatment System* adalah sistem pengolahan air balas kapal sebelum dibuang ke laut. Metode ini dapat diterapkan di pelabuhan sebagai upaya untuk mengatasi masalah spesies invasif yang terbangun dalam pembuangan air balas di Pelabuhan Tanjung Emas. Metode kedua yang dapat digunakan adalah penggunaan filter unit, yang efektif dalam menghilangkan telur kecil yang belum matang (Anggi A. et al., 2019). Metode ketiga melibatkan penggunaan energi termal dan bahan kimia untuk mengatasi masalah tersebut.

**Emisi gas**

Salah satu emisi gas yang berbahaya adalah NO<sub>x</sub>. Di bawah ini merupakan data dari Emisi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan kapal yang ada di Pelabuhan Surabaya dalam jangka waktu 3 hari pada Bulan Januari adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.** Data Emisi NO<sub>x</sub> selama 3 hari pada Bulan Januari di Pelabuhan Surabaya

Hari	NO <sub>x</sub> (Kg)	NO <sub>x</sub> (g)	Rata – rata power (KW)	Total NO <sub>x</sub> (g / Kw)	IMO Tier I (Annex VI)		Kategori
					NO <sub>x</sub> Limit 45 x n <sup>-0,2</sup> g / KW	RPM 130 ≤ n < 2000	
1.	274,90	274900	4500	61,09	12,51	600	Pencemar
	272,80	272800	4500	60,62	12,51	600	Pencemar
	198,49	198490	4500	44,10	12,51	600	Pencemar
	200,91	200910	4500	44,64	12,51	600	Pencemar
	79,13	79130	4500	17,58	12,51	600	Pencemar
2.	97,77	97770	4500	21,72	12,51	600	Pencemar
	84,27	84270	4500	18,72	12,51	600	Pencemar
	72,46	72460	4500	16,10	12,51	600	Pencemar
	60,80	60800	4500	13,51	12,51	600	Pencemar
	114,02	114020	4500	25,33	12,51	600	Pencemar
3.	56,85	56850	4500	12,63	12,51	600	Pencemar
	90,21	90210	4500	20,04	12,51	600	Pencemar
	13,90	13900	4500	3,08	12,51	600	Tidak Pencemar
	155,73	155730	4500	34,60	12,51	600	Pencemar
	135,52	135520	4500	30,11	12,51	600	Pencemar

Tabel 2 memaparkan hasil total polutan  $\text{NO}_x$  yang telah diatur oleh MARPOL Annex VI Tier I. Total  $\text{NO}_x$  tersebut dihitung dengan membagi jumlah  $\text{NO}_x$  (g) dengan rata-rata daya yang diasumsikan sebesar 4500 (Kw). Batas batas  $\text{NO}_x$  yang telah ditetapkan oleh MARPOL adalah 12,51 g/KWh, yang diperoleh dari rumus  $45 \times n^{(-0.2)}$  g/KWh, dengan asumsi bahwa  $n = 600$  RPM. Berdasarkan hasil pada Tabel 2 total hasil  $\text{NO}_x$  selama 3 hari adalah 1026,25 Kg, 429,34 Kg, dan 452,22 Kg. Berdasarkan hasil pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa pengeluaran gas buang atau emisi yang dihasilkan oleh kapal sangat besar dan melebihi batas yang ditetapkan oleh MARPOL.

Emisi yang melebihi batas minimal memiliki dampak yang sangat berbahaya bagi lingkungan sekitar. Gas  $\text{NO}_x$  merupakan penyebab terjadinya kabut asap dan awan coklat yang meliputi kota-kota besar dan mengakibatkan buruknya kualitas udara (M. Haikal, 2019). Emisi  $\text{NO}_x$  dapat menyebabkan hujan asam dan kerusakan lapisan ozon. Selain itu,  $\text{NO}_x$  juga memiliki dampak negatif terhadap ekosistem, hewan, dan tanaman. Kedua bentuk  $\text{NO}_x$ , yaitu NO dan  $\text{NO}_2$ , sangat berbahaya bagi manusia. Penelitian mengenai aktivitas mortalitas kedua komponen tersebut menunjukkan bahwa  $\text{NO}_2$  memiliki tingkat keacuhan empat kali lebih tinggi dibandingkan NO (I Gede O.D, 2013).  $\text{NO}_2$  adalah gas beracun bagi manusia, dan efeknya tergantung pada dosis dan durasi paparan yang diterima oleh individu.

Dampak yang terjadi akibat  $\text{NO}_x$  adalah munculnya berbagai penyakit yang membahayakan manusia seperti infeksi dan gangguan pernapasan, iritasi pada mata dan kulit (Dian et.al, 2008). Jika terpapar  $\text{NO}_x$  dalam jangka waktu yang panjang dapat mengakibatkan terancamnya kesehatan janin, menurunkan kesuburan, kematian, dan kanker. Tingginya kandungan  $\text{NO}_x$  dalam udara menyebabkan penahanan sinar matahari dan menginduksi reaksi foto-kimia yang menghasilkan berbagai substansi kimia dan oksigen, terutama ozon ( $\text{O}_3$ ) yang memiliki sifat sebagai oksidan kuat, menyebabkan terjadinya fenomena smog atau kabut asap (Haruna et.al, 2019). Selain itu,  $\text{NO}_x$  juga merupakan salah satu gas yang berkontribusi terhadap efek rumah kaca.

Kebijakan yang dikeluarkan oleh Organisasi Maritim Internasional (IMO) membatasi penggunaan bahan bakar yang memiliki kadar sulfur tidak lebih dari 0,5%. seperti yang tercantum pada *Marine Pollution 73/78 Annex VI*. Pemerintah Indonesia membatasi kapal – kapal yang berpotensi mencemari lingkungan dengan menerapkan tes dan kontrol emisi pada kapal. Pemerintah juga gencar dalam mengembangkan pelabuhan untuk menggunakan energi terbarukan yaitu energi listrik. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam kegiatan bongkar muat dan mengurangi emisi yang membahayakan lingkungan.

Terdapat beberapa metode untuk mengurangi emisi pada kapal yaitu :

a) *Exhaust Gas Re circulation* (EGR)

sejumlah gas buang mesin dikirim kembali ke ruang pemulung untuk bercampur dengan udara yang akan disuplai ke silinder untuk pembakaran. Ini mengurangi kandungan oksigen di udara dan karenanya mengurangi pembentukan NO<sub>x</sub>.

b) *Selective Catalytic Reduction* (SCR)

SCR adalah metode yang paling efisien untuk mengurangi emisi NO<sub>x</sub> dari kapal (hingga 90-95% pengurangan). Dalam metode ini digunakan bahan bakar minyak sulfur rendah dan temperatur gas buang dijaga di atas 300 derajat. Gas buang dicampur dengan larutan air urea kemudian dialirkan melalui reaktor katalitik. Satu-satunya kelemahan SCR adalah biaya pemasangan dan pengoperasiannya yang mahal.

c) *Water Injection and Water emulsion*

Dalam metode ini, air ditambahkan untuk mengurangi suhu pembakaran sehingga menghasilkan emisi NO<sub>x</sub> yang rendah. Dalam emulsi air, bahan bakar dicampur dengan air dan dalam injeksi air, injektor air tawar terpisah dipasang di kepala silinder yang menginjeksikan air. Metode ini memiliki kekurangan yaitu meningkatkan pembakaran bahan bakar minyak spesifik dengan pengurangan NO<sub>x</sub> hanya 20 - 45%.

#### **D. KESIMPULAN**

Berdasarkan pembahasan dalam kajian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin meningkatnya arus kedatangan kapal maka akan meningkatkan jumlah pembuangan air balas di Pelabuhan Surabaya. Tingginya pembuangan air balas akan berdampak bagi kesehatan lingkungan laut dan ekosistem makhluk hidup yang ada di laut.
2. Pada Bulan Januari, dalam rentang waktu 3 hari, ditemukan bahwa jumlah total polutan yang dikeluarkan oleh semua kapal mencapai puncaknya pada hari pertama, dengan hasil emisi  $\text{NO}_x$  sebesar 1026,25 Kg. Menurut *International Maritime Organization* pada MARPOL annex VI dimana rata rata power yang digunakan adalah dengan asumsi 4500 Kw dan RPM sebesar 600 menghasilkan batas  $\text{NO}_x$  sebesar 12,51. Pengeluaran gas buang atau emisi yang dihasilkan oleh kapal sangat besar dan melebihi batas yang ditetapkan oleh MARPOL. Hasil pada emisi tersebut menunjukkan bahwa rata – rata polutan yang dikeluarkan sangat berpotensi mengakibatkan pencemaran udara.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Anggi Agustian, Saputra. 2019. Sistem dan Perawatan Ballast Water Treatment System Sebagai Pencegahan Marine Pollution ANNEX VII di MV. Indonesian Bulker PT. KSM Indonesia.
- Azmi Umi Anisyah, Tri Joko, Nurjazuli. 2016. Studi Kandungan dan Beban Pencemaran Logam Timbal (pb) Pada Air Balas Kapal Barang dan Penumpang di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. Vol. 4 No. 4
- Basuki, M, Lukmandono, dan Margareta, M.Z.B. 2018. Ballast Water Management Berbasis Environmental Risk Assessment di Perairan Indonesia. Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan V UNHAS. Makasar.
- Dany Djaya Prakaatmaja, Minto Basuki, Erifive Pranata. 2020. Penilaian Risiko Lingkungan Akibat Air Pembuangan Air Balas di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Vol. 2, No. 1 2020.
- El Husna, Iksiroh , Anggoro Sutrisno, Sunoko, Henna, Subagiyo. 2022. Biokonsentrasi Dan Sebaran Mikroba Patogen Sebagai Landasan Pengelolaan Lingkungan Tercemar Air Ballast di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. Doctoral thesis, School of Postgraduate Studies.
- Haruna, Lahming, Amir, Faizal Asrib, Ahmad Rifqi. 2019. Pencemaran Udara akibat Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya terhadap Kesehatan. ISSN 2598-6090
- Helfre J.F., Boot P.A.C., (2013). Emission reduction in the shipping industry: regulations, exposure and solutions, Sustainlytics.
- Ikhwan A., M.Basuki. 2020. Model Pengolahan Air Ballast Kapal Akibat Deballasting di Pelabuhan Teluk Lamong Berbasis Risiko. Vol.2 No. 1
- IMO. (2010). Prevention of Air Pollution from Ships. International Maritime Organization.
- I Putu Dewangga Putra B. 2017. Rancangan Ballast Water Treatment System Pada Kapal Gas Carrier Arimbi. Digital Library. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Ivan, Nurohman. 2019. Analisa Polusi Udara Dari Gas Buang Mesin Induk di KM. Simore PT. Janata Marina Indah Semarang. Karya Tulis. Amni Perpustakaan Semarang
- Kumar, J., Kumpulainen, L., & Kauhaniemi, K. (2019). Technical design aspects of harbour area grid for shore to ship power: State of the art and future solutions. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 840-852.

- Kuncowati. 2019. Analisis Pengelolaan Sampah Di Kapal Dan Peran Awak Kapal Terhadap Pencegahan Pencemaran Laut Dari Kapal Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja (MIBJ)*. Vol. 17 No. 1.
- Marine Pollution Annex VI Prevention of Air Pollution from Ships. International Maritime Organization (IMO)*, London.
- M. Haikal Fahmi. 2019. Analisis Kualitas Udara Ambien di Kota Lhokseumawe. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam - Banda Aceh
- M. Ravi Rohmatulloh, Minto Basuki, I Putu Andhi I K. 2018. Analisa Risiko Pencemaran Lingkungan Akibat Operasional Kapal di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Digital Library. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 51 Tahun 2002 Tentang Perkapalan.
- Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2010 Tentang Perlindungan Lingkungan Maritim.
- Putri, Y. B., Cahyono, B., dan Soemartojo, 2016, Ecogreenship Waterballast Treatment Cogreenship Konsep Waterballast Treatment Memanfaatkan Gas Inert Temperatur Tinggi Dari Gas Buang Mesin Induk Untuk Mengurangi Mikroorganisme.
- Yannis, Dwi Poerdianto. 2017. Analisis Pegurusan Sertifikat Keselamatan Kapal Guna Menunjang Kelancaran Operasional Kapal Milik PT. Pertamina (Persero) Perkapalan Jakarta. Diploma Thesis, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.