

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PEMILIHAN MANAJEMEN AIR BALLAS PADA KAPAL (SHIP BALLAST WATER MANAGEMENT) DI INDONESIA

Mohammad Sholikhhan Arif¹, Hesty Anita Kurniawati¹, M. Nurul Misbah¹

¹Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Email: ichan_narch@yahoo.co.id

Abstrak

Peraturan yang mengatur dan manajemen dari air ballas dikeluarkan oleh IMO (*International Maritime Organization*) melalui konvensi Manajemen air ballas. Konvensi tersebut menyatakan bahwa organisme yang berbahaya terhadap lingkungan, kesehatan manusia, properti atau sumber daya merusak keanekaragaman hayati atau mengganggu pemanfaatan terhadap suatu area jika dilepaskan di air laut. Pemerintah Republik Indonesia mengeluarkan Peraturan Presiden No. 132 tahun 2015 mengenai pengesahan Konvensi internasional untuk pengendalian dan manajemen air ballas dan sedimen dari kapal 2004 (*The International Convention for the control and management of ships ballast water and sediment's 2004*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa sejauh mana kesiapan Indonesia dalam ratifikasi peraturan (*come into force*) *Ballast water Management* serta dampak yang diakibatkan setelah peraturan tersebut diratifikasi. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan 3 pendekatan yaitu dari aspek hukum, aspek teknis dan aspek ekonomis. Hasil dari penelitian ini adalah Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2010 tentang Perlindungan Lingkungan Maritim sebagai jabaran dari Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, telah sejalan dengan Konvensi Internasional untuk Pengendalian dan Manajemen Air Ballas dan Sedimen dari Kapal, 2004 dan Undang-Undang Nomor 17 Tahun 1985 tentang pengesahan *United Nations Convention on the LAW of the Sea (UNCLOS)*. Serta Penggunaan sistem manajemen air ballas untuk kapal di perairan Indonesia lebih efektif dan efisien menggunakan *filtration + electrolysis*

Kata kunci: Peraturan, air ballas, manajemen air ballas, IMO, Teknis, Ekonomis

1. PENDAHULUAN

Salah satu upaya pemerintah untuk mencegah penyebaran spesies asing yang bersifat invasive (*invasive Alien Species*) atau yang biasa disebut dengan organisme dan pathogen akuatik yang berbahaya (*Harmful Aquatic Organism and Pathogens*) yaitu dengan cara mengendalikan dan manajemen dari air ballas dan sedimen kapal.

Peraturan yang mengatur dan manajemen dari air ballas dikeluarkan oleh IMO (*International Maritime Organization*) melalui konvensi Manajemen air ballas. Konvensi tersebut menyatakan bahwa organisme diatas yang berbahaya terhadap lingkungan, kesehatan manusia, properti atau sumber daya merusak keanekaragaman hayati atau mengganggu

pemanfaatan terhadap suatu area jika dilepaskan di air laut.

Air ballas yang berfungsi sebagai penyeimbang dari kapal sekaligus menjadi media atau vector pembawa spesies asing yang berbahaya. Ketika air ballas diambil dari area tertentu dan dibuang di daerah lain, maka organisme *pathogen* yang ada di dalam air ballas juga ikut terbawa. Organisme yang berasal dari tempat asal yang berbeda dengan tempat air ballas dibuang biasanya dikenal dengan spesies asing. Hasil dari beberapa studi sebelumnya spesies asing tersebut mengakibatkan gangguan yang bersifat invasive terhadap spesies local atau terhadap keseimbangan ekosistem di area tersebut.

Terdapat 110 kapal berbendera Indonesia yang melakukan pelayaran ke luar negeri, jumlahnya

lebih kecil dari kapal dari luar negeri yang melakukan pelayaran, singgah di pelabuhan di Indonesia (Perhubungan 2015). Pada tahun 2014 data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa jumlah kunjungan kapal di pelabuhan Indonesia, yang diusahakan dan tidak diusahakan yakni 863.036 unit. Informasi ini menunjukkan bahwa potensi terjadinya penyalahgunaan pembuangan air ballas dari kapal kapal yang berbendera asing lebih besar dari pada kapal berbendera Indonesia sehingga pemberlakuan konvensi internasional untuk pengendalian dan manajemen air ballas dan sedimen pada kapal tahun 2004 sangat penting.

Di Indonesia permasalahan terhadap air balas pernah terjadi di Teluk Lampung pada tahun 2012, dimana ditemukan banyak spesies ikan yang tiba-tiba mati. Setelah diteliti hasil menunjukkan bahwa kejadian tersebut disebabkan oleh adanya organisme asing dari luar perairan Indonesia, yang masuk ke Teluk Lampung, yang dibawa oleh air ballas pada kapal. Oranisme asing yang terbawa oleh air ballas jika tidak dilakukan *treatment* yang baik bisa mengancam ekosistem laut.

Karena latar belakang diatas, pemerintah Republik Indonesia mengeluarkan Peraturan Presiden No. 132 tahun 2015 mengenai pengesahan Konvensi internasional untuk pengendalian dan manajemen air ballas dan sedimen dari kapal 2004 (*The International Convention for the control and management of ships ballast water and sediment's 2004*).

Indonesia berencana untuk meratifikasi Konvensi internasional untuk pengendalian dan manajemen air ballas dan sedimen dari kapal 2004 sehingga semua kapal yang ada di Indonesia wajib (enter into force) untuk menerapkan *Ballast water management*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa sejauh mana kesiapan Indonesia dalam penerapan peraturan *Ballast water Management* serta dampak yang diakibatkan setelah peraturan tersebut diratifikasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Ballas pada Kapal

Cara kerja sistem ballast, secara umum adalah untuk mengisi tangki ballast yang berada di *double bottom*, dengan air laut, yang diambil dari *seachest*. Melalui pompa ballast, dan saluran pipa utama dan pipa cabang. Sistem ballast merupakan

sistem untuk dapat memposisikan kapal dalam keadaan seimbang baik dalam keadaan trim depan maupun belakang, maupun keadaan oleng. Dalam perencanaannya adalah dengan memasukkan air sebagai bahan ballast agar posisi kapal dapat kembali pada posisi yang sempurna. Adapun omponen-komponen sistem ballas meliputi, *sea chest*, jalur pipa ballas, pipa yang melalui tangki, sistem perpipaan, pompa ballas, tangki ballas, jumlah dan jenis katup serta *fitting*, dan *outboard*.

2.2. Invasi Biologis

Hal yang perlu diwaspadai dari invasi biologis adalah bermacam macam vektor yang bertambah selama beberapa dekade terakhir, ketika beberapa laporan invasi yang dilaporkan pada beberapa abad ini. Air ballas menjadi "tersangka utama" dari kejadian penyebaran vektor invasi biologis [1]. Tabel berikut menunjukkan beberapa contoh dari spesies invasif yang ditransfer melalui air ballas kapal dan efeknya pada lingkungan.

Tabel 1. Dampak Organisme dari Air Ballas

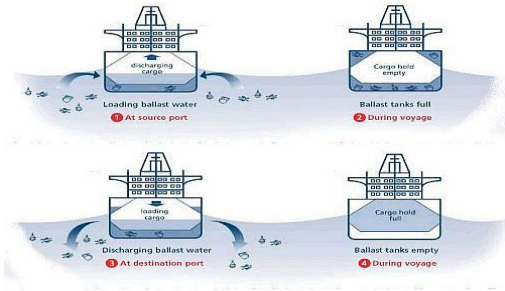
Organisme	Asal	Tempat terinvasi	Impacts
Zebra Mussel (<i>Dreissena polymorpha</i>)	Eastern Europe	Western/Nothem Europe, North America	Menyumbat pipa asupan air, mempengaruhi ekologi asli, mempengaruhi irigasi.
North Pacific Seastar (<i>Asterias amurensis</i>)	Northern Pacific	Southern Australia	reproduksi yang cepat, mempengaruhi spesies asli
European Green Crab (<i>Carcinus maenas</i>)	Europe	Southern Australia, South Africa, USA, Japan	Outcompete kepiting asli, sangat invasif.
Mitten Crab (<i>Elocheir sinensis</i>)	Northern Asia	Western Europe, Baltic Sea, North America	Mempengaruhi kegiatan penangkapan ikan, menyebabkan erosi tepi sungai, mempengaruhi spesies asli
Cholera (<i>Vibrio cholerae</i> - various strains)	Various strains with broad ranges	South America, Gulf of Mexico	epidemi kolera

Dari Tabel 1. diatas menunjukkan bahwa dampak organisme asing di suatu perairan dapat membahayakan ekosistem di wilayah tersebut.

2.3. Pertukaran Air Ballas

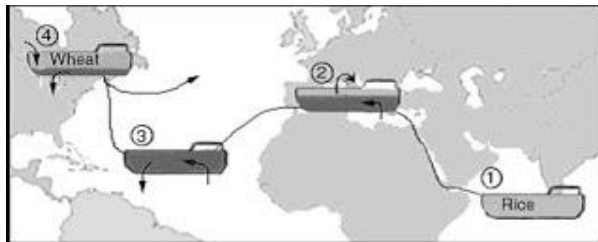
Sesuai dengan efektivitas dan jumlah teknologi treatment air ballas yang disetujui oleh IMO, IMO menghimbau kepada komunitas

pelayaran untuk menggunakan pertukaran air ballas pada laut dalam selama pelayaran [2].



Gambar 1. Sistem Balas Kapal Menggunakan Air Laut

Seperti terlihat pada Gambar 1, bahwa ketika kapal-kapal barang seperti kapal kontainer atau tanker membongkar muatan, air laut dipompa ke dalam kompartemen di lambung kapal, sedang ketika mengangkat muatan, air laut di lambung kapal tadi dibuang ke laut. Air laut yang dipompakan ke lambung atau dibuang ke laut tadi berfungsi sebagai alat untuk menstabilkan dan menyeimbangkan kapal.



Gambar 2. Contoh pertukaran air balas di dunia.

Pada Gambar 2 mengilustrasikan lebih jelas tentang bagaimana pertukaran air balas terjadi. Sebuah kapal dari Lautan India berlayar melalui Terusan Suez, membongkar muatan di Mediterania sehingga kapal tersebut perlu mengisi tanki balas sebelum mengarungi Lautan Atlantic. Pertukaran air balas (*ballast water exchange*) terjadi di Lautan Atlantik sehubungan dengan akan masuk ke kawasan Great Lakes. Sehubungan dengan kapal mengangkut muatan terigu/gandum, maka air balas dibuang ke laut. Dari aktifitas yang digambarkan di atas, di seluruh dunia ada kurang lebih 10 milyar ton meter kubik air balas yang ditransfer kapal setiap tahunnya.

Permasalahannya, air tersebut mengandung ribuan spesies hewan laut maupun tanaman laut yang menimbulkan masalah bagi lingkungan laut, kesehatan manusia, serta

mengancam ekonomi kelautan yang bergantung pada ekosistem laut yang sehat.

Persyaratan yang harus dipenuhi selama proses pertukaran air ballas diatur oleh IMO di bawah peraturan D-1 dari konvensi. disarankan untuk kapal untuk memiliki 95% pertukaran volume. Untuk metode sekuensial, kosong dan isi ulang dilakukan sedemikian rupa bahwa syarat di atas terpenuhi. Untuk mencapai pertukaran Volume 95% dalam aliran melalui metode dilusi, di bawah asumsi lengkap pencampuran, memompa tiga kali volume tangki ballas dianjurkan [3]. Selain itu, berdasarkan Peraturan B-4 Konvensi, IMO mendorong kapal untuk pertukaran air ballas setidaknya 200 mil laut jauh dari daratan terdekat dan pada kedalaman air minimal 200 meter. Jika kondisi di atas tidak dapat dipenuhi, kapal bisa naik ke 50 mil laut dari daratan terdekat, dan kedalaman air tidak boleh lebih rendah dari 200 meter [4].

Terdapat situasi tertentu dimana proses pertukaran air ballas tidak dapat dilakukan seperti berada di laut yang bergelombang tinggi, sehingga mengakibatkan ketika melakukan pertukaran air ballas tidak aman. Disamping itu jarak terdekat tidak terpenuhi dalam proses pertukaran air ballas. Pertukaran air ballas dapat dilakukan di daerah aman yang telah ditentukan.

Meskipun tetap sebagai pilihan hanya di seluruh dunia mengaplikasikan untuk manajemen pertukaran air ballas memiliki kelemahan sendiri. Itu tidak menghilangkan sedimen di bawah tangki ballast. Oleh karena itu, organisme sedimen terpasang dapat tinggal di sistem dan kemudian menjadi penjajah. Kiri-atas air pesisir dapat tetap di tangki ballast dan mengurangi efisiensi pembersihan organisme. Penelitian menunjukkan bahwa meskipun pertukaran air ballast umumnya mengurangi kelimpahan fitoplankton, di beberapa kesempatan, konsentrasi beberapa organisme berbahaya meningkat dalam tangki ballast [5]. Pada pertukaran air ballast secara dramatis mengurangi indikator jumlah plankton taksa. Namun, proses ini kurang efektif untuk jumlah plankton. Oleh karena itu, kebutuhan menerapkan teknologi pengolahan manajemen air ballast yang efektif meningkat.

2.4. Regulasi oleh IMO

Pentingnya standar pengolahan air ballas untuk membentuk teknologi pengolahan yang

efektif telah ditekankan pada simposium internasional pengolahan air ballas. Pada bulan Februari 2004, "International Convention for the Control and Management of Ships Ballast Water & Sediments" telah diadopsi oleh IMO. Konvensi berubah menjadi enter in to force setelah 12 bulan dari tanggal tersebut dan 30 negara telah menerapkannya. Hal ini merepresentasikan 35% dari tonnase pelayaran dunia.

Berdasarkan Konvensi, perlunya melaksanakan rencana khusus manajemen air ballast untuk kapal individu (Peraturan B-1) dan mempertahankan sebuah buku catatan untuk operasi terkait air ballas (Peraturan B-2). Standar perawatan yang harus dipenuhi oleh rencana manajemen air ballas kapal 'atau "standar kinerja" dijelaskan di bawah Peraturan D-2 dari Konvensi seperti dirangkum pada Tabel 2. Hal ini dapat dilihat bahwa kedua faktor kesehatan manusia dan risiko invasi biologi dianggap dalam pengembangan standar kinerja.

Tabel 2. Regulasi IMO D-2

Organism	Standard
Toxic <i>Vibrio cholerae</i> (O1 and O139)	< 1 cfu/100 ml or; < 1 cfu/1g zooplankton samples
<i>Escherichia Coli</i>	< 250 cfu/100 ml
Intestinal <i>Enterococci</i>	< 100 cfu/100ml
≥ 50 μm (minimum dimension of organism)	< 10 viable organisms/1 m ³
10 - 50 μm (minimum dimension of organism)	< 10 viable organisms/1 ml

Standar ini akan digunakan sebagai pedoman untuk pengembangan rencana pengelolaan air ballas dan teknologi. Menurut Peraturan D-3 Konvensi, teknologi pengolahan air ballas harus mendapatkan persetujuan dari IMO. Dasar persetujuan adalah regulasi D-2 (yaitu standar kinerja). Pengembang teknologi harus mengatasi setiap organisme diatur di laboratorium, tanah, dan fasilitas pada kapal diuji. Efisiensi desinfeksi setiap organisme harus memenuhi standar dan data yang cukup harus disediakan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Alur metodologi penelitian seperti pada Gambar 3 dijelaskan sebagai berikut:

A. Tipe Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian mengenai penerapan peraturan air ballas yang telah ditetapkan IMO dalam *The International Convention for the control and management of ships ballast water and sediment's* 2004 menggunakan pendekatan kepustakaan dan bahan-bahan referensi lainnya yang berhubungan dengan Eksistensi peraturan mengenai ratifikasi peraturan air ballas melalui Peraturan Presiden No. 132 tahun 2015 mengenai pengesahan Konvensi internasional untuk pengendalian dan manajemen air ballas dan sedimen dari kapal 2004.

B. Pendekatan

Pendekatan yang dilakukan dalam kajian ini adalah mengenai aspek hukum, aspek teknis dan aspek ekonomis apabila Indonesia meratifikasi peraturan IMO mengenai Konvensi internasional untuk pengendalian dan manajemen air ballas dan sedimen dari kapal 2004.

C. Aspek aspek yang akan dianalisa :

a. Aspek Hukum

Dalam aspek hokum yang akan dianalisa adalah kajian teoritis mengenai *The International Convention for the control and management of ships ballast water and sediment's* 2004 dan pentingnya ratifikasi pengesahan Konvensi internasional untuk pengendalian dan manajemen air ballas dan sedimen dari kapal 2004 di Indonesia dan menganalisa peraturan yang mendukung maupun bertentangan serta sampai pada aspek pelaksanaannya seperti sangsi / hukuman akibat pelanggaran manajmen air ballas.

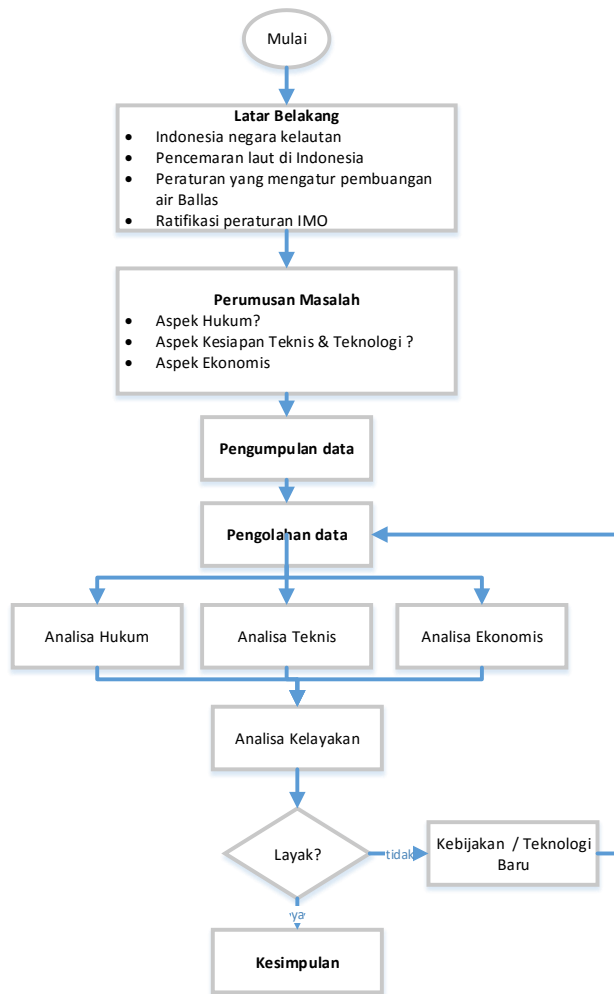
b. Aspek Teknis

Mempelajari aspek aspek teknis yang dilakukan dalam ratifikasi Konvensi internasional untuk pengendalian dan manajemen air ballas dan sedimen dari kapal 2004. Mulai dari metode primer dan sekunder yang digunakan, keuntungan dan kerugian dari masing masing metode, sampai aspek teknis pemasangan teknologi manajemen air ballas pada kapal. Adapun pemilihan teknologi yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- *Current Ballast water Treatment* (BWT)
- Filtrasi

- Pemisahan *cyclonic / hydrocyclonic*
 - *Heat Treatment* / perlakuan panas
 - Radiasi ultraviolet
 - Kavitasi (suara ultra)
 - *Electrocution*
 - *Treatment Magnetic*
 - Subtansi aktif
 - Menggunakan multikomponen
- c. Aspek Ekonomis

Dalam ratifikasi Konvensi internasional untuk pengendalian dan manajemen air ballas dan sedimen dari kapal 2004, terdapat *stakeholder* yang berkepentingan disini salah satunya adalah pemilik kapal, sehingga perlu dianalisa dari segi ekonomis ratifikasi peraturan ini.



Gambar 3. Diagram alir metodologi penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Hukum

Air ballas yang mempunyai peran penting menjaga keseimbangan kapal dapat berfungsi sebagai vektor atau pembawa spesies asing yang berbahaya ketika air ballas tersebut dibuang di suatu area laut sehingga mengakibatkan gangguan terhadap spesies lokal atau terhadap keseimbangan ekosistem, merusak keanekaragaman hayati, menyebabkan gangguan terhadap lingkungan, kesehatan manusia, dan pemanfaatan secara ekonomi di area tersebut. Mengingat pemanfaatan laut yang begitu luas, kondisi perairan, dan ekosistem laut harus dilindungi dari kemungkinan perubahan yang merugikan.

Sebagai upaya mewujudkan perlindungan maritim, Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2010 tentang Perlindungan Lingkungan Maritim sebagai jabaran dari Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, telah sejalan dengan Konvensi Internasional untuk Pengendalian dan Manajemen Air Ballas dan Sedimen dari Kapal, 2004 dan Undang-Undang Nomor 17 Tahun 1985 tentang pengesahan *United Nations Convention on the LAW of the Sea (UNCLOS)*. UNCLOS menyatakan bahwa setiap negara mempunyai hak berdaulat untuk pemanfaatan sumber-sumber kekayaan alamnya sesuai dengan kewajibannya untuk melindungi dan melestarikan lingkungan lautnya.

Sebagai bagian maritim dunia, Indonesia mempunyai kepentingan untuk menjaga kelestarian lingkungan maritimnya dengan menerapkan ketentuan Konvensi Internasional untuk Pengendalian dan Manajemen Air Ballas dan Sedimen Kapal, 2004 secara penuh. Ratifikasi konvensi tersebut memberikan kepastian hukum guna melindungi lingkungan maritim Indonesia dari HAOP (*Harmful Aquatic Organism and Pathogens*) atau IAS (*Invasive Alien Species*) akibat pembuangan air ballas. Pelaksanaan ketentuan konvensi tersebut akan memberikan penguatan terhadap upaya perlindungan lingkungan maritim Indonesia dan sebagai salah satu pihak dalam konvensi, Indonesia akan mendapat manfaat terkait penegakan hukum yang terstandar, hak berpartisipasi dalam pengajuan usulan terkait manajemen air ballas, serta kerjasama dalam pertukaran informasi mengenai riset dan inovasi teknologi baru.

4.2. Analisa Teknis

Menurut regulasi D-3 pada konvensi IMO (International Maritime Organization) *Ballast Water Management* menyatakan bahwa sistem teknologi perlakuan air ballas harus mendapatkan persetujuan oleh negara yang bersangkutan dan teknologi yang menggunakan zat aktif harus disetujui oleh IMO [6]. Teknologi perlakuan air ballas dibedakan pada metode dan pengaplikasiannya, skalabilitas, lama waktu perlakuan air ballas (lama waktu pemusnahan dan aman untuk pembuangan), kebutuhan daya yang digunakan, efek yang ditimbulkan terhadap sistem kapal, struktur maupun terhadap lingkungan, faktor keselamatan, dan biaya untuk pemasangan serta operasional. Metode perlakuan air ballas terbagi menjadi tiga cara (Tabel 3), yakni secara mekanis (*filtration* dan *hydroclonic separation*), fisik (*UV radiation* dan *deoxidation*), dan kimiawi

(*ozonation*, *chlorination* dan *electrolysis*). Masing-masing teknologi perlakuan air ballas tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Dengan memperhatikan perbedaan dan batasan pada masing-masing teknologi serta mempertimbangkan ketersediaan teknologi tersebut pada pasar, merupakan langkah awal untuk melakukan pemilihan teknologi perlakuan air ballas yang akan diaplikasikan. Pemilihan teknologi perlakuan air ballas umumnya menggabungkan dua jenis metode, dimana metode pertama difungsikan untuk proses filtrasi (mekanis) terhadap spesies yang ukurannya lebih dari 50 μm dan metode kedua difungsikan untuk perlakuan terhadap spesies yang lebih kecil dan juga berfungsi sebagai disinfektan. Disinfektan dapat menggunakan teknologi kimiawi maupun teknologi yang bersifat fisik.

Tabel 3. Teknologi perlakuan air ballas

Teknologi Perlakuan Air Ballas	Operasional	Keamanan	Lingkungan	
Filtration	<i>Treatment</i> saat: pengambilan;	Tidak ada efek yang ditimbulkan.	Pengurangan sedimen ke dalam tangki ballas;	
	Waktu pemusnahan: saat <i>treatment</i> ;		Tidak efektif untuk mikro organisme.	
	Penurunan tekanan dan laju aliran berkurang.			
Cyclonic separation	<i>Treatment</i> saat: pengambilan;	Tidak ada efek yang ditimbulkan.	Pengurangan sedimen ke dalam tangki ballas;	
	Waktu pemusnahan: saat <i>treatment</i> ;		Tidak efektif untuk mikro organisme.	
	Penurunan tekanan dan laju aliran berkurang;			
Biaya Pemeliharaan minimum.				
Coagulation/ flocculation	<i>Treatment</i> saat: pengambilan;	N/a.	Pengurangan sedimen ke dalam tangki ballas;	
	Waktu pemusnahan: n/a;		Tidak efektif untuk mikro organisme.	
	Perlunya tangki penyimpanan untuk bahan tambahan.			
UV	<i>Treatment</i> saat: pengambilan dan pembuangan;	Pemaparan sinar UV dapat membahayakan.	Efisiensi tergantung pada kualitas air;	
	Waktu pemusnahan: saat <i>treatment</i> ;		Efektif untuk mikro organisme.	
	Konsumsi energi bertambah;			
	Biaya pemeliharaan tinggi.			
Ozonation	<i>Treatment</i> saat: umumnya saat pengambilan;	Racun (hal ini utamanya mengiritasi, khususnya memberikan efek terhadap mata dan sistem pernapasan).	Efektif untuk mikro organisme;	
	systems and at discharge for others;		Netralisasi air ballas sebelum dibuang;	
	Waktu pemusnahan: sampai dengan 15 jam;		Efisiensi tergantung pada kualitas air;	
Kemungkinan adanya korosi terhadap tangki dan pipa.		Polusi udara.		
Electrolytic chlorination/ electrolysis	<i>Treatment</i> saat: pengambilan;	Risiko terhadap pemaparan kimiawi pada kru kapal;		
	Waktu pemusnahan: saat <i>treatment</i> ;		Efektif untuk berbagai organisme;	
	Kemungkinan adanya korosi terhadap tangki dan pipa;		Pembuangan gas hidrogen dan gas klorinasi yang dihasilkan oleh elektrolisis.	Netralisasi air ballas sebelum dibuang;
	Konsumsi energi bertambah;			Efisiensi tergantung pada kualitas air.
Biaya pemeliharaan tinggi.				

Sumber: Tang *et al.* 2006; Sutherland *et al.* 2001; Sateikiene, Januteniene 2012. [7]

Pada saat ini ada berbagai macam teknologi perlakuan air ballas yang dikembangkan oleh masing-masing negara di dunia. Diantara banyaknya teknologi, yang menggunakan zat aktif merupakan teknologi yang memberikan informasi yang terpercaya berdasarkan laporan penilaiannya,

yang mana hal ini memfasilitasi untuk teknis evaluasi yang terpercaya [8]. Berikut pada Tabel 4 merupakan macam-macam sistem teknologi perlakuan air ballas menurut *Korean Register of Shipping*:

Tabel 4. Kategori dan perbandingan sistem teknologi perlakuan air ballas

No	Teknik Perlakuan Air Ballas	Pabrik	Keterangan
1	Electrolysis + Neutralizer	Techross	- Tidak perlu membawa bahan kimia
2	Filter + Electrolysis	EctoSys, RBT, GreenShip Meyer	- Tidak perlu membawa bahan kimia
3	Filter + Electrolysis, Chemical Injection+ Neutralizer	Severn, Mitsubish, Electrithor	- Tidak perlu membawa bahan kimia
4	Filter + Electrolysis + Inert Gas Filling	OceanSaver, NEI	- Tidak perlu membawa bahan kimia
5	Filter + AOT	PureBallast	- Jumlah produk sisa sedikit - Tidak perlu membawa bahan kimia
6	Filter + UV	Panasia, OptiMarin, Gauss, Marengo, Willand	- Jumlah produk sisa sedikit - Tidak perlu membawa bahan kimia
7	Filter + Ozone	Special Pipe, NK	- Tidak perlu membawa bahan kimia
8	Filter + Chlorine Dioxide	EcoChlor	- Tingkat performa tinggi
9	Filter + Chemical Injection	Peraclean	- Biaya investasi awal rendah
10	Flocculation + Filter	Hitachi	- Jumlah produk sisa sedikit

Dengan melihat kondisi lingkungan perairan Indonesia serta mempertimbangkan berbagai aspek, pemilihan teknologi perlakuan air ballas dilakukan dengan metode pembobotan (*scoring*). Dimana skor 1 sampai 4 merupakan skor untuk nilai paling rendah dan paling tinggi. Adapun

penilaian untuk masing-masing kategori teknologi perlakuan air ballas terlihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan hasil penialaian pada masing-masing sistem berikut:

Tabel 5. Skor untuk masing-masing sistem

Pertimbangan	Bobot	Skor (1)	Skor (2)	Skor (3)	Skor (4)	Skor (5)	Skor (6)	Skor (7)	Skor (8)	Skor (9)	Skor (10)
Efisiensi Pemusnahan	0,157	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3
Jejak Mudah Hilang	0,066	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3
Kesederhanaan Sistem	0,169	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Keamanan terhadap Kru Kapal	0,255	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ramah Lingkungan	0,143	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3
Total	1										

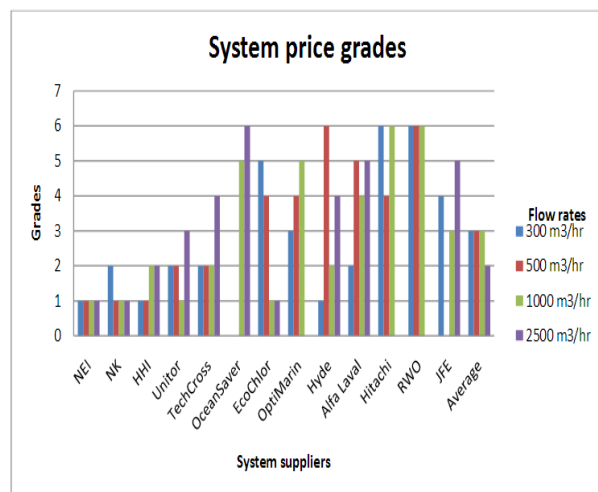
Tabel 6. Hasil penilaian sistem teknologi perlakuan air ballas

Pertimbangan	Bobot	Penilaian (1)	Penilaian (2)	Penilaian (3)	Penilaian (4)	Penilaian (5)	Penilaian (6)	Penilaian (7)	Penilaian (8)	Penilaian (9)	Penilaian (10)
Efisiensi Pemusnahan	0,157	0,012	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,012
Jejak Mudah Hilang	0,066	0,006	0,008	0,008	0,006	0,006	0,008	0,006	0,006	0,006	0,006
Kesederhanaan Sistem	0,169	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
Keamanan terhadap Kru Kapal	0,255	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
Ramah Lingkungan	0,143	0,013	0,017	0,017	0,013	0,013	0,017	0,017	0,013	0,013	0,013
Total	1	0,073	0,084	0,084	0,078	0,078	0,084	0,082	0,078	0,078	0,073

Dari hasil pembobotan (*scoring*) pada masing-masing sistem menunjukkan bahwa ada tiga sistem dengan perolehan skor tertinggi yakni pada sistem ke-2 (*filter + electrolysis*), sistem ke-3 (*filter + electrolysis + chemical injection + neutralizer*), dan sistem ke-6 (*filter + UV*). Dari ketiga jenis sistem ini akan dilakukan analisis ekonomis untuk mengetahui sistem yang paling efektif dan efisien selain terhadap aspek teknis yang telah dianalisa.

4.3. Analisa Ekonomis

Selain aspek teknis yang dianalisis untuk pemilihan sistem teknologi perlakuan air ballas, juga harus mempertimbangkan pada aspek ekonomis. Analisis ekonomis dilakukan dengan menganalisa biaya instalasi dan operasional masing-masing sistem dengan merujuk pada pihak industri pembuat sistem teknologi tersebut.



Analisis ekonomis dilakukan dengan membandingkan data biaya instalasi pada masing-masing pabrik. Dari data diatas ditunjukkan batasan nilai 1 sampai 6. Nilai 1 adalah sistem dengan biaya paling rendah dan 6 adalah sistem dengan biaya paling tinggi. Dengan melihat sistem yang mempunyai skor pembobotan paling tinggi (lihat 4.2 Analisa Teknis) serta meninjau biaya instalasi pada masing-masing pabrik, didapatkan bahwa sistem ke-2 (*filter + electrolysis*) dengan pabrik RBT (Resource Ballast Technology)/ Unitor BWTS merupakan sistem dengan biaya yang paling rendah. Sehingga dari analisis ekonomis didapatkan kesimpulan bahwa sistem perlakuan air ballas yang cocok digunakan untuk perairan Indonesia adalah Filter + Electrolysis dengan pabrik Unitor BWTS.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian, disimpulkan bahwa:

1. Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2010 tentang Perlindungan Lingkungan Maritim sebagai jawaban dari Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, telah sejalan dengan Konvensi Internasional untuk Pengendalian dan Manajemen Air Ballas dan Sedimen dari Kapal, 2004 dan Undang-Undang Nomor 17 Tahun 1985 tentang pengesahan *United Nations Convention on the LAW of the Sea (UNCLOS)*.

2. Penggunaan sistem manajemen air ballas untuk kapal di perairan Indonesia lebih efektif dan efisien menggunakan *filtration* + *electrolysis* dengan RBT (Resource Ballast Technology)/ Unitor BWTS sebagai supplier.

5.2. Saran

Adapun saran untuk penelitian ini adalah:

1. Perlu adanya penambahan sampel air ballas di beberapa perairan Indonesia untuk penelitian yang lebih lanjut

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ruiz, G.M., P.W. Fofonoff, J.T. Carlton, M.J. Wonham, and A.H. Hines. "Invasion of coastal marine communities in North America: Apparent patterns, processes, and biases." *Annual review of ecology and systematics*, 2000 a.: 31, 481-531.
- [2] L. Monplaisir, *Collaborative Engineering for Product Design and Development*, California, USA: American Scientific Publishers, 2002.
- [3] J. E. Monzon, "The cultural approach to telemedicine in Latin American homes (Published Conference Proceedings style)," in *Proc. 3rd Conf. Information Technology Applications in Biomedicine, ITAB'00*, Arlington, VA, pp. 50-53.
- [4] <http://globallast.imo.org>
- [5] Taylor, M.D., L.M. MacKenzie, T.J. Dodgshun, G.A. Hopkins, E.J. de Zwart, and Hunt. "Trans-pacific shipboard trials on planktonic communities as indicators of open ocean ballast water exchange." *Marine ecology progress series*, 2007: 350, 41-54.