

## **Analisa Kandungan Logam Cd, Pb, Zn Dan Cu pada Tangki Ballast Kapal Niaga di Pelabuhan Kendal dan Tanjung Mas Semarang**

Apriyanto Budhi Wibowo<sup>1)</sup>, Hugi Cerlyawati<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Universitas Pandanaran Semarang

Jl. Banjarsari Barat no 1, Tembalang, Banyumanik, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia

<sup>2)</sup>Universitas Dian Nuswantoro Semarang

Jl. Nakula 1 no 5-11, Gedung D Udinus, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia

Email: apriyanto@unpand.ac.id, hugi.cerlyawati@dsn.dinus.ac.id

### **Abstrak**

Kapal niaga merupakan sarana transportasi yang ada di laut. Untuk kapal yang tidak melakukan pertukaran air ballast sesuai maka dapat membahayakan bagi lingkungan pelabuhan yang dimasukinya. Maksud dan tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kandungan logam pada air tangki ballast kapal niaga yang belum menerapkan pertukaran air ballast di tengah laut sesuai aturan organisasi maritim internasional (IMO). Pada kondisi saat ini beberapa kapal niaga tidak dilengkapi dengan alat untuk mengukur kandungan logam berat dalam air ballast. Penelitian tentang kandungan logam berat pada air ballast kapal niaga baik kapal penumpang maupun kargo yang bersandar di pelabuhan telah dilakukan dengan menggunakan metode AAS (Atomic Absorption Spectroscopy)-nyala. Pengambilan sampel dilakukan pada saat air laut surut yaitu pada siang hari dengan kondisi cuaca cerah. Hasil penelitian menunjukkan kandungan Pb pada air ballast kapal berkisar antara 0,0045-1,657 mg/liter, Cd berkisar antara 0,00152-0,471 mg/liter, Cu berkisar antara 0,00352- 0,347 mg/liter dan Zn berkisar antara 0,0015-2,543 mg/liter. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 kandungan logam Cd dan Zn telah melampaui baku mutu air laut untuk perairan pelabuhan yaitu 0,001 mg/liter dan 0,1 mg/liter sedangkan kandungan logam Pb dan Cu belum melampaui standar baku mutu perairan pelabuhan.

**Kata Kunci:** Perkapalan, tempat air ballast kapal, substansi kandungan logam

### **Abstract**

Commercial ships are a means of transportation at sea. For ships that do not exchange ballast water accordingly, it can be dangerous for the port environment they enter. The purpose of this research is to determine the metal content in the ballast tank water of commercial ships that have not implemented ballast water exchange in the middle of the sea in accordance with the rules of the International Maritime Organization (IMO). Research on the content of heavy metals in the ballast water of commercial ships, both ferries and cargo ships docked at the port, has been carried out using the AAS (Atomic Absorption Spectroscopy) method on flame. The results showed that the Pb content in ballast water ranged from 0.0045-1.657 mg/liter, Cd ranged from 0.00152-0.471 mg/liter, Cu ranged from 0.00352-0.347 mg/liter and Zn ranged from 0.0015-2.543 mg/liter. According to the Decree of the Minister of the Environment Number 51 of 2004, the metal content of Cd and Zn has exceeded the sea water quality standards for water ports, namely 0.001 mg/liter and 0.1 mg/liter, while the content of Pb and Cu has not exceeded the port quality standards.

**Key words:** Shipbuilding, ship ballast water containers, metal-containing substances

## 1. PENDAHULUAN

Organisasi maritim internasional (IMO) merupakan badan di bawah PBB yang berupaya meningkatkan keselamatan pelayaran dan perlindungan lingkungan laut. Salah satu komite dalam badan tersebut yaitu Komite Perlindungan Lingkungan Maritim (MEPC) pada tahun 2004 telah mengesahkan aturan tentang manajemen pengontrolan air ballast kapal. Regulasi air ballast yang diundangkan oleh IMO tersebut bertujuan meminimalkan masuknya spesies baru dan sedimen ke daerah perairan lain.

Untuk meminimalkan resiko tersebut, menurut standar D1 setiap kapal niaga yang akan memasuki perairan pelabuhan diminta untuk melakukan pertukaran air ballast pada tangki ballast dengan jarak lebih dari 200 mil dari pelabuhan pada kedalaman lebih dari 200 meter, dengan tingkat efisiensi paling sedikit 97%. Terdapat tiga metode yang dapat digunakan dalam pertukaran air ballast ini meliputi metode sequential, proses dengan pengosongan air ballast dan diisi kembali untuk memperoleh paling sedikit 96% volumetrik pertukaran. Metode flow-through, proses penggantian air ballast yang dipompakan sehingga air keluar melalui pipa overflow atau susunan yang lain, dan yang ketiga dengan metode dilution, proses penggantian air ballast yang diisi melalui bagian atas tangki ballast dengan pengeluaran yang simultan dari dasar tangki (Hartoko, 2013).

Stabilitas kapal sangat tergantung dari muatan dan pengatur stabilitas kapal yang saat ini menggunakan air laut yang dimasukkan ke dalam tangki ballast. Pentingnya pembuangan ballast agar kapal tetap pada GM positif dan tegak dan menjaga kualitas air laut di sekitar Pelabuhan. Pada saat kapal muatan kosong maka kapal harus mengambil air laut yang dimasukkan ke dalam tangki ballast untuk mendapatkan GM positif dan menghindari tidak stabilnya kapal. Demikian juga pada saat kapal muat maka air laut dibuang dari tangki tangki ballast untuk menstabilkan kapal dan mendapatkan GM positif. Pada saat kapal tidak membuang air laut dapat pula melakukan perpindahan air laut di tangki ballast yang kosong sehingga diperoleh kondisi kapal even keel dengan mean draft yang sama juga listing yang seimbang. Pengaruh apabila tidak dilakukan ballasting maka dimungkinkan kondisi yang unstable equilibrium sehingga mudah dipengaruhi faktor dari luar (IMO, 2009).

Penelitian tentang efektifitas pertukaran air ballast tengah samudera telah dilakukan pada 35 kapal kontainer (19 kapal dari Oakland, California) di pelabuhan Hongkong. Penelitian menunjukkan pada awal Agustus dan pertengahan September, *Skletonema costatum* mendominasi dalam air ballast (14.000 sel/liter). Terdapat pula diatom berbahaya, *Chaetoceros caenocavicornis* dan *Alexandrium catenella*. Penelitian lainnya juga dilakukan pada empat kapal yang berasal dari Manzanillo, Mexico. Hasil penelitian menunjukkan efektifitas pertukaran air ballast tengah samudera hanya sekitar 49% dalam menurunkan kelimpahan diatom dan dinoflagellata, kapal kontainer yang lebih tua ( $\geq 16$  tahun) tidak efektif untuk mengeluarkan diatom dan dinoflagellata daripada kapal baru dikarenakan terdapat sedimen di dekat dasar tangki ballast (Zhang & Dickman, 1999).

Perairan estuari Semarang mempunyai kedalaman yang dangkal sampai 15 meter dengan karakteristik sangat keruh, padatan tersuspensi tinggi dan didominasi lumpur pada dasarnya, polusi yang berasal dari rumah tangga yang berasal dua kanal utama (BSN, 1999).

Kandungan logam Pb pada sedimen dalam kolam pelabuhan Semarang lebih tinggi dibandingkan dengan muara Banjir Kanal Timur dan Barat. Konsentrasi Zn dalam sedimen berkisar antara 84,218-132,854 mg/kg dengan rata-rata 99,45 mg/kg (BSN, 2005).

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Wilayah Studi

Pelabuhan Tanjung Emas terletak di pantai utara Provinsi Jawa Tengah dengan posisi pada  $06^{\circ} 53'$  Lintang Selatan dan  $110^{\circ} 24'$  Bujur Timur. Kondisi dasar laut berlumpur, dengan kedalaman terdangkal 3,6 m dan terdalam 11 m. Fasilitas bernavigasi yang dimiliki yaitu menara suar (cerlang 4 kali setiap 20 detik), suar penuntun (cerlang setiap 3 detik), suar ujung dam (bagian barat cerlang hijau setiap 10 detik, bagian timur cerlang merah setiap 10 detik).

Pelabuhan ini terdapat di dataran pantai yang sempit, tidak sampai 10 km lebarnya. Selanjutnya ke sebelah timur daratan semakin lebar. Di sebelah selatannya terdapat bukit-bukit dari batuan neogen dan di sebelah timur lautnya terdapat gunung Muria dari batuan quarter. Di sebelah selatannya terdapat daerah depressi yang telah diisi oleh gunung berapi Ungaran, Merbabu dan Merapi. Gunung Lawu, Sumbing dan pegunungan Dieng (di sebelah barat) dapat terlihat. Dataran pantai sebelah barat dan di sebelah timur sering mengalami banjir pada musim hujan (Hidro-Oseanografi, 1983).

Kecepatan maksimum arus umum 0,285 knot dengan arah  $315^{\circ}$  terjadi pada siang hari, waktu air menuju surut dan pada sore hari sekitar 0,29 knot dengan arah  $165^{\circ}$ . Arusnya lemah, baik arus pasut maupun bukan pasut. Di muka pintu masuk pelabuhan menunjukkan adanya arus melintang meskipun arus lemah.

Daerah lingkungan kerja perairan meliputi 17.800 hektar dan lingkungan kerja daratan 636 hektar. Pada lingkungan kerja tersebut terdapat 1) zona terminal (luas 1.073.653 m<sup>2</sup>), 2) zona *Port Associated Industries/PAI* (luas 2.848.902 m<sup>2</sup>), 3) zona perkantoran bisnis maritim (87.109 m<sup>2</sup>), 4) zona konsolidasi dan distribusi barang (286.184 m<sup>2</sup>), 5) pangkalan truk (luas 35.973 m<sup>2</sup>).

Area labuh jangkar terdiri dari dua yaitu 1) rede Tanjung Emas pada posisi 06°53' Lintang Selatan dan 110° 23,5' Bujur Timur dengan radius 1,5 mil dan 2) rede Kaliwungu pada posisi 06°53' Lintang Selatan, 110°20' Bujur Timur dengan radius 1 mil.

## 2.2 Metode

Pengambilan sampel dilakukan pada kapal yang bersandar di dermaga pelabuhan Tanjung Emas Semarang dari tanggal 15 September 2020 sampai 15 Oktober 2020. Pada kapal niaga dilakukan pengambilan sampel dua kali pada satu tangki ballast kapal niaga dengan DWT lebih dari 400 ton. Penelitian pada tangki ballast kapal niaga dilakukan dengan purposive sampling yaitu meliputi 6 buah dermaga, yang meliputi dermaga pupuk Pusri dan minyak, kapal penumpang, nusantara, khusus curah gandum, kontainer dan LPG.

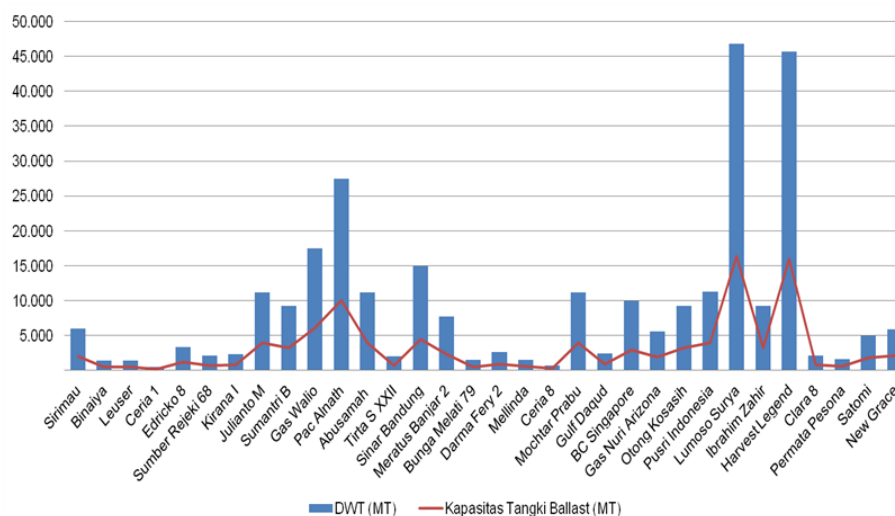
Kapasitas air ballast untuk tiap kapal yang datang ke pelabuhan dihitung dengan menggunakan rumus untuk kapal general kargo 36,5%, curah padat 35%, curah cair 35%, kontainer 30%, kargo campuran 33% dan Ro-Ro 33% dari DWT (Butron et al., 2011).

Sampel air di tangki ballast dilakukan dengan metode yang dilakukan oleh (Garret & al, 2011) (Effendi, 2006), yaitu dengan sounding meter ke dalam tangki ballast melalui pipa sounding. Untuk mengambil sampel air digunakan pompa portabel (merk Sanyo, model P-WH137C, sumber tegangan 220 V ~ 50 Hz, daya keluaran 125 W, kapasitas air maksimum 30 liter/menit), selang isap (diameter ¾", panjang 10 meter), ujung selang isap dilengkapi dengan foot valve. Sampel air dari permukaan air ballast dapat diambil dengan menaikkan ujung selang isap sedangkan air di dasar tangki dapat diambil dengan menurunkan ujung selang isap.

Sampel air ballast juga dapat diambil dengan membuka manhole pada tangki ballast kapal niaga, contoh air diambil pada permukaan sedangkan air pada dasar tangki diambil dengan menggunakan ember 10 liter.

Sampel air disaring dengan kertas saring whatman 40 (0,42 µm) dan dicuci dengan HNO<sub>3</sub> pekat sampai pH < 2 kemudian ditampung pada water sampler dengan volume 5 liter. Sampel air dibawa ke laboratorium, air tersebut (100 ml) dikocok sampai homogen dan dimasukkan ke dalam gelas piala, ditambahkan 5 ml asam sitrat, dipanaskan. Ditambahkan 50 ml air suling, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml (Garret & al, 2011).

Kadar logam berat (Pb, Cd, Cu, Zn) dalam contoh air ballast kapal niaga ditentukan dengan AAS (Atomic Absorption Spectroscopy) dengan menggunakan flame campuran udara-asetilen.



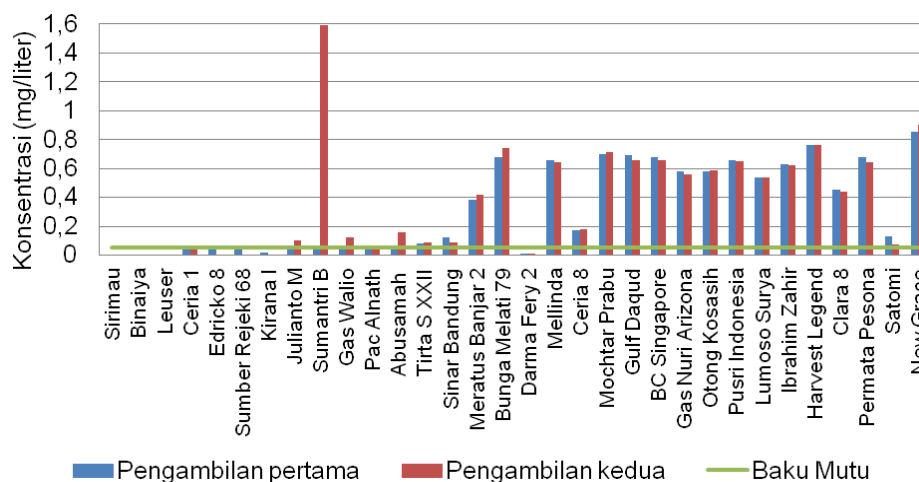
Gambar 1. DWT & kapasitas tangki ballast kapal yang diteliti.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil

Bobot mati kapal yang diteliti berkisar dari 546 MT hingga 45658 MT sedangkan kapasitas tangki ballast kapal berkisar dari 189 ton - 16445,314 ton. Sampel air ballast kapal yang diteliti paling banyak berasal pelabuhan dalam negeri yaitu Palembang meliputi kapal Julianto M, Sumantri B, Mochtar Prabu, Otong Kosasih, Pusri Indonesia, Ibrahim Zahir, Clara 8 dan Satomi. Kemudian diikuti sampel dari Jakarta pada kapal Abusamah, Meratus Banjar 2, Dharma Ferry 2 dan Gas Nuri Arizona. Sedangkan sampel air ballast dari luar negeri didapatkan pada kapal Pac Alnath, Sinar Bandung dan Harvest Legend seperti pada Gambar 1.

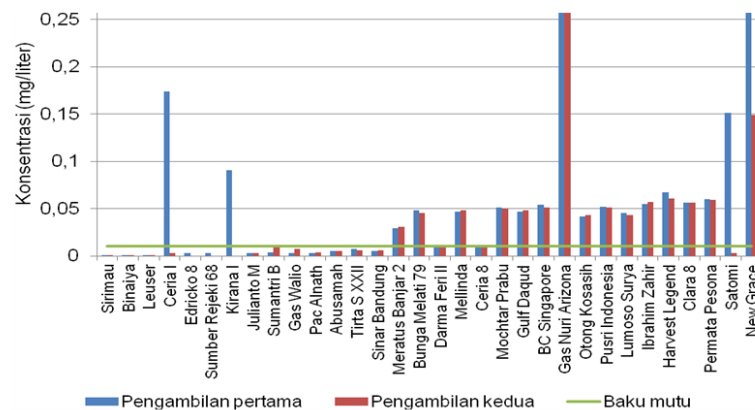
Kandungan logam Pb pada air ballast pada yang masuk ke PTES berkisar 0,0028-1,64 mg/liter. Kandungan logam Pb dari tangki ballast pada kapal penumpang Sirimau, Binaiya dan Leuser hampir sama yaitu pada 0,029 mg/liter. Kapal penumpang tersebut masing-masing berasal dari pelabuhan Jakarta, Sampit dan Pontianak. Tangki ballast pada kapal penumpang menyatu antara ballast kanan dan kiri, sedangkan kapasitas tangki ballast pada kapal penumpang Sirimau 73,395 m<sup>3</sup> (tangki nomor 61 kiri dan kanan), Binaiya dan Leuser tersebut adalah 213,965 m<sup>3</sup> (tangki 32 kiri dan kanan). Pada kapal kargo, tangki ballastnya terpisah antara tangki kanan dan kiri. Kapal Ceria I yang berasal dari Pontianak mempunyai kandungan Pb 0,0445 mg/liter. Kapal curah yang membawa pupuk dari daerah Palembang yaitu Yulianto, Sumantri B, Mochtar Prabu, Otong Kosasih, Pusri Indonesia dan Ibrahim Zahir berasal dari perairan Palembang, bersandar pada pelabuhan Pusri mempunyai kandungan Pb dari 0,0445 hingga 0,6497 mg/liter. Mochtar Prabu merupakan kapal pengangkut pupuk dengan kandungan Pb pada air ballastnya telah mencapai 14 kali lipat dari baku mutu. Sampel air ballast dari Banyuwangi pada tangki nomor 4 kiri pada kapal Gas Walio yang merupakan kapal LPG dan bersandar di dermaga Pertamina, kandungan Pb berkisar dari 0,06297 s/d 0,1478 mg/liter. Pada dermaga kontainer dimana terdapat kapal Pac Alnath dan Sinar Bandung yang berasal dari daerah New Orleans dan Singapura mempunyai kandungan Pb berkisar 0,03693 s/d 0,1291 mg/liter. Kapal Tirta S XXII yang terdapat pada dermaga aspal, mempunyai kandungan Pb berkisar 0,00795 s/d 0,00892 mg/liter. Kapal Mellinda yang berasal dari Jakarta mempunyai kandungan Pb yang enam kali lipat dari baku mutu. Ceria 8 dengan bobot mati 668 MT, berasal dari Dumai kandungan Pb nya memenuhi syarat. Gulf Daoud dengan kapasitas tangki ballast 426 ton berasal dari Sorong mempunyai kandungan Pb 13,85 kali. BC Singapore, bobot mati 9.8479 MT, berasal dari Singapura, kapasitas tangki ballastnya 5.028 ton, mempunyai kandungan Pb 13,577 kali lipat dari baku mutu. Gas Nuri Arizona merupakan kapal LPG yang sedang melakukan dock di Jasa Marina Indah (JMI) dengan bobot mati 5.5891 MT, berasal dari Jakarta, kapasitas tangki ballastnya 278 m<sup>3</sup>, mempunyai kandungan Pb yang 11,6 kali dari baku mutu dikarenakan tinggi permukaan air di tangki ballast hanya tersisa 2 m. New Grace merupakan kargo dengan kandungan Pb pada tangki ballastnya mencapai 14 kali lipat dari baku mutu seperti pada Gambar 2



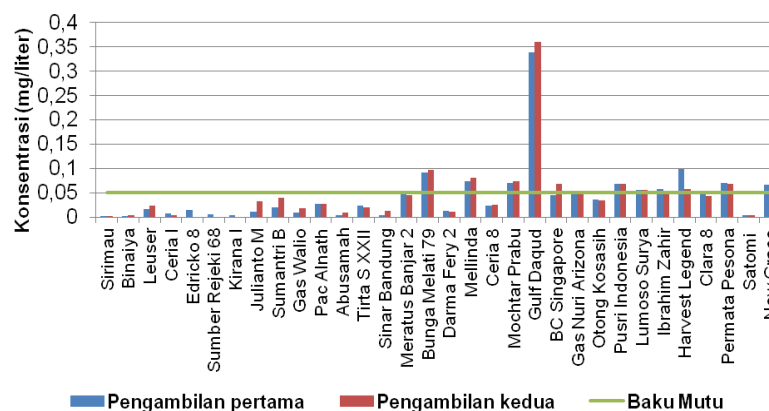
Gambar 2. Konsentrasi logam Pb dalam tangki ballast kapal niaga

Konsentrasi Cd pada air ballast kapal yang diteliti berkisar dari 0,001 hingga 0,4698 mg/liter. Kapal penumpang atau Ro-ro yang diteliti meliputi Sirimau, Binaiya, Leuser, Kirana I dan Darma Ferry 2 masih berada pada baku mutu kecuali pada kapal Kirana I telah melampaui baku mutu dikarenakan volume air pada tangki ballast kapal tinggal sedikit dan kapal berada di dok. Julianto M, Sumantri B, Abusamah, Mochtar Prabu, Otong Kosasih, Pusri Indonesia dan Ibrahim Zahir berkisar 0,00317 sampai 0,05542 mg/liter. Pada kapal yang berasal dari Palembang tersebut, Mochtar Prabu mempunyai kandungan Cd yang tertinggi. Kapal lainnya yang berasal dari pelabuhan yang sama, Clara 8 dan Satomi, kandungan Cd nya juga tinggi. Tanker Tirta S XXII dan Gas Walio kandungan Cd 0,00319-0,006275 mg/liter sedangkan pada kapal kontainer Pac Alnath dan Sinar Bandung berkisar 0,00287-0,00587 mg/liter. Kandungan Cd pada kapal tersebut masih memenuhi syarat kecuali pada kapal Ceria I yang datang dari pelabuhan Pontianak. Nilai Cd tertinggi pada penelitian ini terdapat pada Gas Nuri Arizona, dikarenakan air ballastnya pada kondisi minimum karena kapal berada di dok. New Grace juga memiliki kandungan Cd yang tinggi yang dimungkinkan berasal dari perairan yang tercemar yaitu Merak (Gambar 3).

Konsentrasi Cu pada air ballast pada semua kapal yang diteliti berkisar 0,003 hingga 0,3694 mg/liter. Pusri Indonesia merupakan kapal pengangkut pupuk yang berasal dari Palembang dengan konsentrasi. Gulf Daoud merupakan kapal dengan konsentrasi tembaga yang tinggi yang disebabkan dari perairan Sorong yang tercemar (Gambar 4)



Gambar 3. Pengambilan sampling



Gambar 4. Konsentrasi Logam Cu dalam Tangki Ballast Kapal Niaga

Kandungan seng terlarut pada air ballast kapal niaga yang diteliti berkisar 0,001 hingga 2,379 mg/liter. Dharma Fery 2 merupakan kapal penumpang dengan kandungan Zn yang tertinggi mencapai 21 kali lipat dari baku mutu, hal tersebut disebabkan volume air ballast yang diteliti sedikit. Otong Kosasih mempunyai kandungan Zn yang tertinggi diantara kapal pengangkut pupuk dari perairan yang sama. Kapal kontainer dan tanker, Sinar Bandung dan Tirta S XXII kandungan Zn telah melampaui baku mutu yaitu 0,54 mg/liter dan 0,64 mg/liter. Kandungan logam seng yang tinggi pada air ballast kapal dapat disebabkan usia kapal yang tua dimana pada kapal penumpang Binaiya dan Leuser telah berusia 21 tahun, kapal pengangkut pupuk Abusamah dan Sumantri telah berusia berkisar 29-30 tahun sementara kapal lainnya baru berusia pada kisaran 10 tahun. Kemungkinan kedua adalah asal pelabuhan dari kapal tersebut seperti kapal New Grace dengan konsentrasi yang tertinggi yang berasal dari perairan Merak (Gambar 5).

Suhu tangki ballast pada kapal yang diteliti berkisar antara 26,92-33,65C, Ph berkisar antara 6,276-8,135. TSS dan salinitas masing-masing berkisar antara 1 s/d 678 mg/liter dan 1,6 s/d 35,7 %, DO berkisar 3,46 s/d 7,18 mg/liter. Kebauan pada semua tangki ballast alami, kecuali pada tangki ballast kapal Sirimau yang disebabkan terdapat kandungan minyak dari daerah Jakarta (Tabel 1). Salinitas yang berbeda menunjukkan asal perairan yang berbeda pula, dimana pada salinitas 4,7-12 merupakan air payau sedangkan pada salinitas 30-40‰ adalah air laut. TSS di atas 400 mg/liter menunjukkan bahwa kolom air tersebut berbahaya bagi kepentingan perikanan (BSN, 2009a).

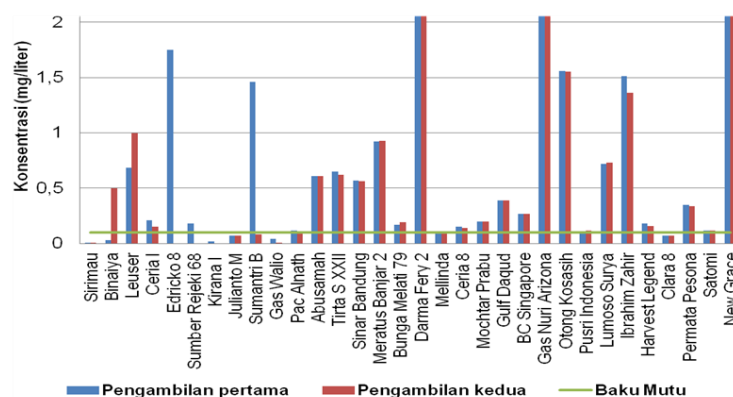
Kapal penumpang Sirimau yang berbobot mati 1400 ton yang bersandar pada tanggal 19 Desember 2014, mempunyai 11 tangki ballast dengan kapasitas tangki ballast totalnya 818 ton. Pengambilan sampel yang dilakukan pada tangki ballast nomor 60 kiri dan kanan yang saling berhubungan mempunyai kapasitas 75,8 ton. Air laut yang diisikan ke dalam tangki ballast yang diperiksa berasal dari daerah dock pelabuhan di Jakarta yang tercemar minyak. Kandungan TSS yang tinggi menunjukkan air laut yang terkandung pada tangki tersebut mengandung lumpur yang tinggi.

Kapal penumpang Binaiya dengan DWT 1450 ton, sandar pada tanggal 18 Desember 2015, mempunyai 11 tangki ballast dengan kapasitas totalnya 821,4 ton. Pengambilan sampel dilakukan pada tangki ballast 32 (kiri dan kanan) yang berkapasitas 219,1 ton. Air laut yang diisikan tersebut berasal dari perairan Pontianak.

Kapal penumpang Leuser dengan DWT 1400 ton, bersandar pada tanggal 7 Januari 2015 juga mempunyai 11 tangki ballast dengan kapasitas total 827,5 ton. Sampel diambil pada tangki Double Bottom Deep Tank nomor 32 (kiri dan

kanan) yang mempunyai kapasitas 218,6 ton. Air laut pada tangki ballastnya juga berasal dari Pontianak, demikian pula kapal Ceria I yang mengangkut beras berasal dari perairan yang sama.

Kapal pengangkut pupuk Julianto dan Sumantri B berasal dari pelabuhan yang sama yaitu Palembang, dengan DWT masing-masing 11722 ton dan 9129,3 ton. Sampel air laut pada tangki air ballast yang diambil masing-masing dari tangki nomor 4 (kiri) dan nomor 3 (kiri). Sedangkan kapal pengangkut pupuk yang lain, Abusamah, berasal dari pelabuhan Jakarta.



Gambar 5. Konsentrasi Logam Zn dalam Tangki Ballast Kapal Niaga

### 3.2. Pembahasan

Logam berat (heavy metal) adalah logam dengan massa jenis lima atau lebih, dengan nomor atom 22 sampai dengan 92 (Butron et al., 2011). Karakteristik dari logam berat adalah memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar (lebih dari 4), mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur lantanida dan aktinida, mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup (BSN, 2009). Sumber cemaran logam berat dapat melalui sumber alami dan buatan. Sumber alami berasal dari pantai (bersumber dari sungai, abrasi pantai oleh aktifitas gelombang), logam yang dibebaskan oleh aktivitas gunung berapi dan proses kimiawi, lingkungan daratan dan dekat pantai. Sedangkan sumber buatan berasal dari proses industri atau kegiatan pertambangan.

Logam timbal termasuk dalam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia, mempunyai NA (nomor atom) 82 dengan BA (berat atom) 207,2. Timbal terkonsentrasi dalam deposit seperti biji logam. Persenyawaan bijih logam timbal ditemukan dalam bentuk galena ( $PbS$ ), anglesit ( $PbSO_4$ ) dan dalam bentuk minim ( $Pb_3O_4$ ). Biji logam ini bergabung dengan logam lain seperti perak, seng, arsen, logam stibi dan dengan logam bismuth. Timbal banyak digunakan pada berbagai industri. Pada industri baterai, timbal digunakan sebagai grid yang merupakan persenyawaan dengan logam bismut ( $Pb-Bi$ ) dengan perbandingan 93:7 dan merupakan bahan aktif dalam pengaliran arus elektron. Persenyawaan  $Pb$  dengan  $Cr$ ,  $Mo$  dan  $Cl$  digunakan secara luas sebagai pigmen chrom. Senyawa silikat timbal ( $Pb$ -silikat) yang dibentuk dari intermediet  $Pb$ -asetat ( $CH_3-COO-Pb-OCH_3$ ) digunakan sebagai salah satu bahan pengkilap keramik dan sekaligus sebagai bahan tahan api. Sedangkan pada industri kimia,  $Pb$  ditambahkan sebagai zat aditif yaitu tetrametil- $Pb$  [ $(CH_3)_4-Pb$ ] dan tetraetil- $Pb$  [ $(C_2H_5)_4-Pb$ ] (BSN, 2009b).

Kelarutan timbal cukup rendah pada perairan sehingga kadar timbal di dalam air relatif sedikit. Kadar dan toksisitas timbal dipengaruhi oleh kesadahan, pH, alkalinitas dan kadar oksigen. Bahan bakar yang mengandung timbal memberikan kontribusi pada perairan. Toksisitas timbal berkurang dengan meningkatnya kesadahan dan oksigen terlarut (BSN, 2009a). Peraturan Pemerintah tahun 2001 tanggal 14 Desember 2001 tentang Pengelolaan kualitas air dan Pengendalian Pencemaran air standar baku mutu pada logam berat  $Pb$  yaitu sebesar 0,03 mg/L.

Logam  $Cd$  mempunyai penyebaran yang sangat luas di alam dimana logam tersebut mempunyai sifat lunak, ductile, berwarna putih seperti perak. Logam ini banyak digunakan pada industri sebagai bahan stabilisasi dan alloy pada industri baterai, pesawat terbang, senjata, bahan solder. Pada perairan, kelarutan  $Cd$  pada konsentrasi tertentu dapat membunuh biota perairan. Pada konsentrasi 0,00528-0,143 ppm, udang-udangan akan mati pada selang 24-503jam, sedangkan pada konsentrasi 0,003-17 ppm serangga akan mengalami kematian dalam selang 24-673 jam. Sedangkan pada ikan mas akan mati dalam 96 jam bila pada perairan terdapat konsentrasi  $Cd$  sebesar 1,0839-1,1145 ppm (Palar, 2008). Ambang batas yang telah ditentukan oleh PP No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air sebesar 0,01 mg/L.

Tembaga pada perairan laut ditemukan dalam persenyawaan ion seperti  $CuCO_3+$ ,  $CuOH+$  dimana logam ini merupakan hasil erosi dari batuan mineral dimana secara alamiah  $Cu$  memasok sebesar 325.000 ton per tahun.  $Cu$  juga dihasilkan dari aktivitas manusia melalui proses produksi pada galangan kapal sebagai bahan cat antifouling. Selain itu  $CuO$  banyak digunakan sebagai katalis, baterai, elektroda, penarik sulfur dan sebagai pigmen untuk mencegah

pertumbuhan lumut. Meskipun demikian logam ini merupakan logam esensial yaitu logam yang dibutuhkan oleh tubuh dimana pada manusia dewasa membutuhkan sekitar 30 µg per kilogram berat tubuh. Pada konsentrasi tertentu, logam ini dapat membahayakan biota perairan, seperti fitoplankton akan mati pada konsentrasi 0,001 ppm (BSN, 2009b). Ambang batas yang diperbolehkan oleh PP No. 82 tahun 2001 tgl 14 Desember 2001 sebesar 0,02 mg/L untuk kualitas air type C yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan & peternakan.

Seng merupakan unsur yang berlimpah di alam dimana kadar seng di kerak bumi sekitar 70 mg/kg. Kadar seng pada perairan laut sekitar 0,01 mg/liter. Seng merupakan sumber esensial bagi makhluk hidup yaitu membantu kerja enzim, agen transfer hidrogen pada proses fotosintesis pada tanaman dan berperan dalam pembentukan protein. Seng banyak digunakan pada industri besi baja, cat, karet, tekstil, kertas dan bubur kertas (BSN, 2009a).

Pencemaran logam berat pada sedimen di bagian tengah teluk Jakarta pada bulan Juni dan September 2003 didominasi oleh logam seng (Zn) dengan urutan  $Zn > Cu > Pb > Cd$  dimana pada perairan tersebut terdapat pelabuhan Tanjung Priok yang merupakan tempat berlabuh kapal yang membuang air ballastnya, industri dan penduduk yang padat (Rochyatun & Rozak, 2007) (Hartoko, 2013) (Tabel 2). Demikian pula sampel air ballast pada kapal dari pelabuhan Tanjung Priok Jakarta yang meliputi Abusamah, Gas Nuri Arizona, Mellinda dan Meratus Banjar 2. Air ballastnya didominasi oleh logam seng (Zn) dengan nilai rata-rata 0,9632 mg/liter yang telah melampaui baku mutu perairan pelabuhan sebesar 0,1 mg/liter (Arifin, 2011). Sedangkan ambang batas Zn pada kualitas air type C sebesar 0,05 mg/L sesuai dengan PP No. 82 tahun 2001 tanggal 14 Desember 2001.

Baru-baru ini pemerintah Republik Indonesia mengirim delegasi pada sidang Internasional Maritime Organization (IMO) di London, Inggris pada Mei 2019 yang membahas isu-isu bidang kemaritiman, salah satunya adalah implementasi Konvensi Manajemen Air Ballast (BMW Convention). Pada pembahasan tersebut, membahas tentang isu ballast water, yang dikhawatirkan adanya hewan-hewan atau spesies lain (baru) yang akan masuk ke wilayah Indonesia dan bisa mengganggu biota laut yang ada di perairan Indonesia. Namun Indonesia pada tingkat nasional telah menerapkan peraturan tentang aspek – aspek terkait melalui UU Pelayaran No. 8 tahun 2008 dan Peraturan Pemerintah Nomor 21 tahun 2010 tentang Perlindungan Lingkungan Laut serta bekerjasama dengan *Indonesia National Shipowners Association* (INSA) untuk mengikuti aturan yang disepakati pada siding IMO.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan kandungan Pb pada air ballast kapal berkisar antara 0,027-1,478 mg/liter, Cd berkisar antara 0,001-0,454 mg/liter, Cu berkisar antara 0,003- 0,3583 mg/liter dan Zn berkisar antara 0,001-2,358 mg/liter. Kadar logam berat Zn lebih besar dibanding Pb, Cd dan Cu. Hal ini terjadi karena pengaruh usia kapal pada umumnya yang sudah cukup tua dan daerah perairan dimana air laut yang diisikan ke dalam tangki ballast kapal niaga. Kandungan logam berat pada tangki ballast kapal menunjukkan kapal yang masuk ke pelabuhan Tanjung Emas Semarang belum melakukan upaya minimal yaitu melakukan pertukaran air ballast di tengah laut. Dengan semakin banyak dan besar DWT kapal niaga yang masuk ke pelabuhan maka air ballast yang dibuang oleh kapal niaga akan membahayakan lingkungan perairan pelabuhan yang dimasuki oleh kapal tersebut. Dan Jumlah Ballast setelah koreksi Displacement adalah sebesar 1240 Ton.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang membantu dalam penelitian ini meliputi Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Tanjung Emas Semarang, para Perwira kapal yang memberikan ijin kepada teknisi untuk naik ke kapal, petugas laboran Laboratorium Kesehatan Daerah Semarang untuk melakukan analisis sampel.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z. (2011). Konsentrasi Logam Berat di Air, Sedimen dan Biota di Teluk Kelabat, Pulau Bangka. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 3(1), 104–114.
- BSN. (1999). *Cara uji Kadmium dengan Spektrofometri Serapan Atom (SSA)-nyala SNI 6989.16*.
- BSN. (2005). *Cara uji Timbal dengan Spektrofometri Serapan Atom (SSA)-nyala, SNI 06–6989 51*.
- BSN. (2009a). *Cara uji Seng dengan Spektrofometri Serapan Atom (SSA)-nyala SNI 6989.7*.
- BSN. (2009b). *Cara uji Tembaga dengan Spektrofometri Serapan Atom (SSA)-nyala SNI 6989.16*.
- Butron, A., Orive, E., & Madariaga, I. (2011). Potential Risk of Harmful Algae Transport by Ballast Waters : the Case of Bilbao Harbour. *Journal Marine Pollution Bulletin*, 62, 747–757.
- Effendi, H. (2006). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius.
- Garret, J. G., & al. (2011). Methods for Sampling and Analysis of Marine Microalage in Ship Ballast Tanks : a Case Study from Tampa Bay Florida, USA. *J. Algae*, 26, 2, 181–192.
- Hartoko, A. (2013). *Oceanographic Characters and Plankton Resources of Indonesia*. Graha Ilmu.
- IMO. (2009). *Ballast Water Management Convention and the Guideliness for Its Implementation 2009 Edition*. In *International Maritime Organization*. International Maritime Organization.
- Palar, H. (2008). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta.

- Rochyatun, E., & Rozak, A. (2007). Pemantauan Kadar Logam Berat dalam Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Makara Sains*, 11(1), 28–36.
- Zhang, F., & Dickman, M. (1999). Mid-Ocean Exchange of Container Vessel Ballast Water 1 : Seasonal Factors Affecting the Transport of Harmful Diatoms and Dinoflagellates. *Marine Ecology Progress Series*, 176(243–251).