

## Penilaian Pengkayaan Logam Timbal (Pb) dan Tingkat Kontaminasi Air Ballast di Perairan Tanjung Api-Api, Sumatera Selatan

Fitri Agustriani<sup>1\*</sup>, Anna Ida Sunaryo Purwiyanto<sup>1</sup>, yulianto suteja<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan

Corresponding author : agustianifitri@gmail.com

<sup>2</sup>Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Udayana, Bali

### ABSTRAK

Tanjung Api-api sebagai pelabuhan sedikit banyak memiliki kontribusi dalam perubahan lingkungan perairan, termasuk perubahan konsentrasi logam timbal (Pb). Hal ini karena terjadinya peningkatan volume dan frekuensi pelayaran yang memberikan sumbangan logam Pb melalui buangan air ballast kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kontribusi pembuangan air ballast kapal terhadap penambahan logam berat Pb di perairan pelabuhan Tanjung Api-Api. Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel air ballast pada beberapa kapal (feri, speedboat, pompong) dan sampel permukaan perairan pada saat surut untuk dianalisis kandungan Pb. Pengkayaan logam Pb pada perairan dianalisis menggunakan *concentration factor* (Cf), *Degree of contamination/Cd*, dan *Pollution load index/PLI*. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada perairan Tanjung Api-Api terjadi penambahan logam berat Pb secara antropogenik, dimana salah satu sumber pencemarnya adalah buangan air ballast kapal. Hal ini ditunjukkan oleh konsentrasi logam Pb lebih tinggi dibanding perairan dan adanya korelasi positif antara logam Pb perairan dan air ballast. Konsentrasi logam Pb di perairan telah melampaui ambang batas baku mutu KepmenLH No. 51 tahun 2004, sedangkan konsentrasi logam Pb di air ballast untuk kapal feri masih berada di bawah baku mutu, namun untuk speedboat dan kapal pompong telah melampaui batas baku mutu KepmenLH No. 51 tahun 1995.

**Keywords :** *pengkayaan, logam Pb, air ballast, tingkat kontaminasi, tanjung api-api*

### 1. Pendahuluan

Kawasan Tanjung Api-api merupakan wilayah administrasi Kabupaten Banyuasin yang telah ditetapkan sebagai kawasan ekonomi khusus (KEK). Pada kawasan ini terdapat pelabuhan Tanjung Api-Api yang telah difungsikan sebagai pelabuhan penumpang dan pelabuhan barang pada Desember 2013. Penambahan fungsi yang dilakukan kawasan ini, sedikit banyak akan mengakibatkan terjadinya perubahan pada perairan di sekitar pelabuhan, mengingat lalu lintas pelayaran akan makin sibuk. Tidak hanya kapal-kapal kecil nelayan yang beroperasi dan melintasi perairan Tanjung Api-api, tetapi sejumlah kapal barang dan penumpang juga akan meningkatkan volume dan jumlah *track*-nya. Salah satu perubahan pada perairan yang paling menonjol adalah meningkatkan konsentrasi logam berat di perairan, terutama logam Pb.

Pergerakan kapal yang meningkat tentu akan meningkatkan frekuensi dan volume pembuangan air limbah kapal, salah satunya adalah air ballast. Sistem ballast pada kapal sesungguhnya adalah sistem yang penting dan berfungsi untuk menjaga kestabilan kapal. Sistem ini menggunakan air laut yang dipompa untuk masuk ke dalam tangki-tangki ballast maupun keluar dari pipa overboard. Air laut

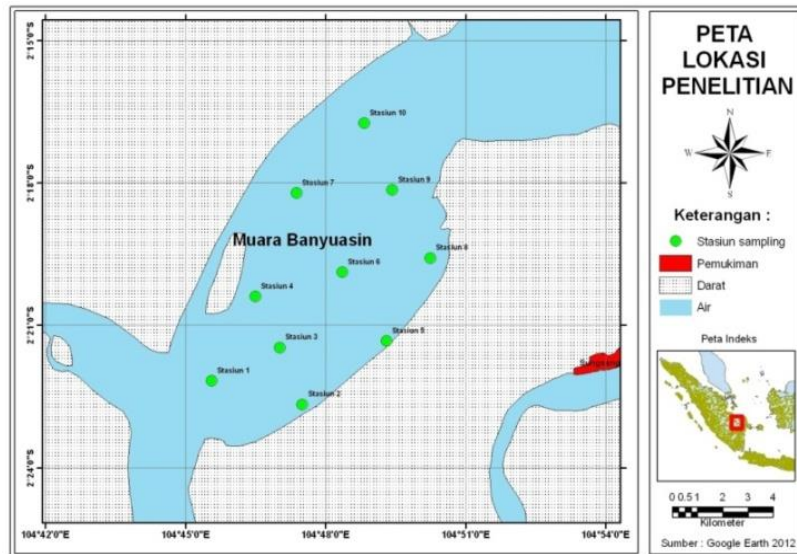
yang keluar dari sistem ballast ini memiliki berbagai macam kandungan, baik mikroorganisme maupun bahan-bahan kimia, yang seluruhnya akan membahayakan lingkungan. Oleh karena itu, Internasional Maritime Organization (IMO) dan pemerintah menetapkan ketentuan manajemen air ballast. Salah satu bahan kimia sebagai hasil air ballast adalah logam Pb, mengingat bahan bakar minyak umumnya mengandung zat tambahan yang mengandung logam Pb (Rochyatun, *et al.*, 2006). Hal ini dilakukan untuk meningkatkan mutu bahan bakar, sehingga limbah dari kapal menyebabkan kadar Pb di perairan menjadi tinggi.

Meski demikian, kontribusi air ballast terhadap masukan logam Pb perlu ditelaah lebih jauh, mengingat banyak faktor lain yang juga dapat menjadi sumber masukan logam Pb di perairan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kontribusi pembuangan air ballast kapal terhadap penambahan logam berat Pb di perairan pelabuhan Tanjung Api-Api.

### 2. Materi dan Metoda

#### *Waktu dan tempat*

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2015 di kawasan pelabuhan Tanjung Api-Api (Gambar 1).



Gambar 1. Titik Sampling Perairan Tanjung Api-Api

### Pengambilan sampel

Pengambilan sampel air dilakukan pada perairan dengan mengikuti koordinat pada titik sampling Gambar 1, serta pengambilan sampel air ballast secara random terhadap kapal-kapal yang melintas di perairan ini. Kapal-kapal tersebut meliputi sampel air ballast pada kapal ferry, kapal batubara, kapal nelayan dan *speedboat*. Perlakuan dan metode pengambilan sampel adalah sama, baik pada sampel air perairan maupun sampel air ballast.

Sampel air diambil pada saat kondisi surut dan disimpan dalam botol polyetilen dan selanjutnya diberi beberapa tetes  $\text{HNO}_3$  untuk menstabilkan air sampel tersebut pada pH 2 (Ramessur *et al.*, 2001). Sampel air tersebut kemudian dimasukkan dalam cool box dan selanjutnya disimpan dalam lemari pendingin di laboratorium. Konsentrasi larutan standar Timbal (Pb) diukur dengan menggunakan metode AAS (SNI 06-6989.45-2005).

### Analisis data

Perubahan konsentrasi logam berat Pb pada perairan sekitar pelabuhan dianalisis dengan membandingkan data primer dan data sekunder. Data primer dilakukan dengan mengambil data lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari data-data kualitas

perairan di Muara Sungai Banyuasin secara studi literatur. Selain itu, tingkat sumbangsih logam pada air ballast terhadap konsentrasi logam Pb di perairan dianalisis menggunakan beberapa faktor pengkayaan, yaitu *Contamination factor/Cf*, *Degree of contamination/Cd*, *Pollution load index/PLI*.

*Contamination factor* ( $C_f$ ) menggambarkan kontaminasi yang diberikan oleh substansi toksik terhadap lingkungan.  $C_f$  dihitung dengan menggunakan persamaan Hakanson (1980) dalam Özkan (2012), yaitu :

$$C_f^i = \frac{C_e}{C_{pi}} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :  $C_e$  = konsentrasi sampel ; dan  $C_{pi}$  = konsentrasi alami

*Degree of contamination/Cd* merupakan jumlah seluruh faktor kontaminan logam berat (Aksu *et al.*, 1998 dalam Özkan, 2012).  $C_d$  dihitung dengan persamaan Hakanson (1980) dalam Likuku *et al.* (2013) :

$$C_d = \sum_{i=1}^N CF_i \dots \dots \dots (2)$$

$C_f$  dan  $C_d$  yang diperoleh kemudian diklasifikasikan sesuai kategori Hakanson (1980) dalam Likuku *et al.* (2013) (Tabel 1).

Tabel 1. Klasifikasi kategori nilai Cf dan Cd

CF classes	CF and C <sub>d</sub> terminologies	C <sub>d</sub> classes
CF < 1	Low CF indicating low contamination / low C <sub>d</sub>	C <sub>d</sub> < 8
1 ≤ CF < 3	Moderate CF / C <sub>d</sub>	8 ≤ C <sub>d</sub> < 16
3 ≤ CF < 6	Considerable CF / C <sub>d</sub>	16 ≤ C <sub>d</sub> < 32
CF ≥ 6	Very high CF / C <sub>d</sub>	C <sub>d</sub> ≥ 32

Sedangkan *Pollution load index*/PLI adalah indeks polusi yang dapat memberikan estimasi status kontaminan. Indeks ini diciptakan oleh Thomlison *et al.* dengan persamaan :

$$PLI = (CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \times \dots \times CF_N)^{1/N}$$

..... (3)

dengan kriteria PLI : PLI < 1 = lingkungan yang sempurna ; PLI = 1 tercemar ringan (polusi tingkat dasar) ; PLI > 1 = penurunan kualitas

Konsentrasi Pb diperairan dan pelabuhan Tanjung Api-Api berkisar antara 0,014-0,071 ppm sedangkan kisaran logam Pb sebagai hasil air ballast berkisar antara 0,019-0,184 ppm. Konsentrasi logam Pb di perairan ini lebih rendah dibandingkan konsentrasi Pb pada tahun 2014 yang berkisar antara 0,019-1,577 ppm (Purwiyanto, 2014). Konsentrasi Pb pada air permukaan pelabuhan juga lebih rendah dibandingkan perairan sekitar pelabuhan pada tahun 2012 yang berkisar antara 0,119-0,851 ppm (Purwiyanto dan Lestari, 2012). Perbedaan tersebut terjadi karena pada tahun 2012 dan 2014, pengambilan sampel dilakukan pada saat kondisi pasang sedangkan pengambilan sampel pada tahun 2015 dilakukan pada saat kondisi surut.

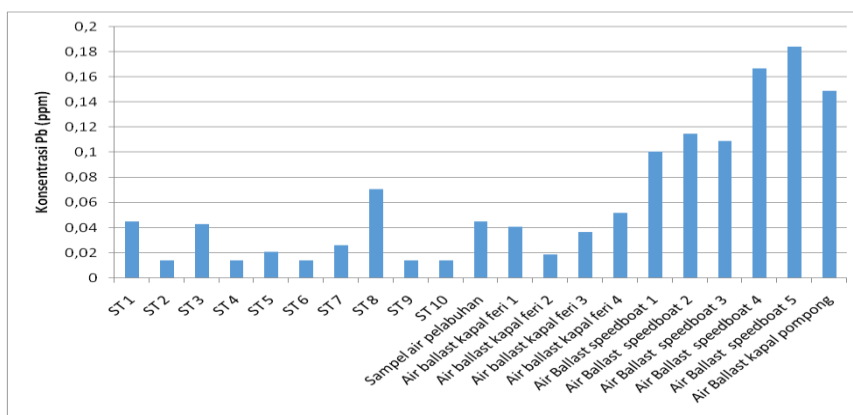
perairan (Thomlison *et al.*, 1980 dalam Likuku *et al.*, 2013).

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Konsentrasi logam berat Pb

Logam berat Pb merupakan salah satu logam yang menjadi kandungan utama pada buangan air kapal (air ballast). Sama seperti logam berat lainnya, keberadaan logam Pb yang bersifat non esensial ini akan menjadi pencemar bila kandungannya melebihi ambang batas. Kandungan logam Pb pada perairan dan air ballast disajikan pada Gambar 2.

Pasang surut merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi distribusi logam berat di perairan. Hal ini seperti yang diungkapkan oleh Rochyatun *et al.* (2004) dan Amin *et al.* (2011). Tingginya kandungan logam Pb pada saat pasang mengindikasikan bahwa logam Pb di wilayah estuari sekitar Tanjung Api-Api lebih didominasi oleh logam Pb yang berasal dari aktifitas laut dibandingkan aktifitas di wilayah hulu sungai. Perbedaan konsentrasi Pb pada saat pasang dan surut juga ditemukan di perairan Natuna oleh Sagala *et al.* (2014). Meski demikian, seluruh hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam Pb pada perairan Tanjung Api-Api telah melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004, yaitu maksimal 0,08 ppm.



Gambar 2. Konsentrasi Pb (ppm) di perairan dan air ballast

Konsentrasi logam Pb pada air ballast yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi Pb di perairan, menunjukkan bahwa air ballast memang menjadi salah satu sumber masukan logam Pb di perairan. Air ballast sebenarnya berfungsi sebagai penyeimbang atau stabilitas kapal ataupun mengisi tangki ballast jika kapal tidak mengangkut muatan. Oleh karena itu, agar kapal dapat berjalan secara stabil, dilakukan penambahan ataupun pengurangan volume air ballast. Ketika terjadi pertukaran air ballast inilah limbah-limbah kapal terbuang ke perairan. Tianingsih (2011) menjelaskan bahwa kandungan limbah air ballast mencakup mikroorganisme dan bahan pencemar, termasuk logam Pb. Hal ini karena salah satu komponen penyusun minyak adalah tetraethyl yang ditambahkan dalam bahan bakar dan sebagai pelumas untuk kerja antar katup untuk mencegah terjadinya ledakan saat berlangsungnya pembakaran dalam mesin (Palar, 1994) mengandung logam Pb (Sembel, 2011).

Beragamnya jenis buangan limbah yang terkandung dalam air ballast mengakibatkan munculnya peraturan tentang manajemen air ballast oleh IMO. Bahkan Menteri Perhubungan pun mengeluarkan aturan manajemen air ballast pada PM No. 29 tahun 2014 mengenai Pencegahan Pencemaran Lingkungan Maritim. Pada peraturan menteri tersebut maupun manajemen yang dikeluarkan oleh IMO telah dijelaskan bahwa setiap kapal wajib memiliki sistem yang dapat digunakan untuk mengolah air ballast sebelum kemudian dibuang ke perairan. Meski demikian, pada

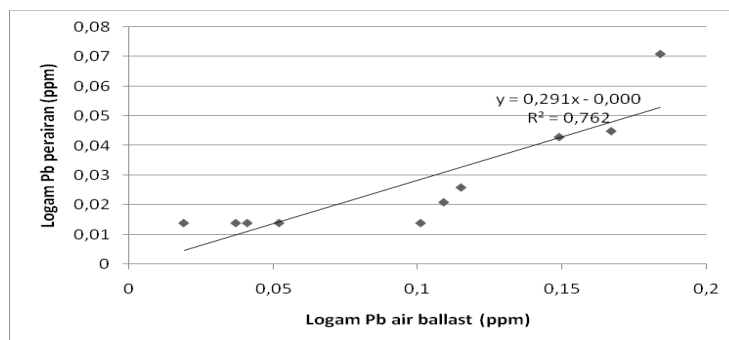
pelaksanaannya tidak seluruh kapal memiliki sistem tersebut. Untuk kapal-kapal resmi, seperti kapal feri, kapal tangker, maupun kapal lain dengan tonase tertentu, pada umumnya telah dilengkapi manajemen tersebut sebelum kapal diijinkan untuk berlayar. Namun tidak demikian untuk kapal-kapal kecil yang dibuat sendiri oleh penduduk lokal. Hal inilah yang menjelaskan tingginya kandungan logam Pb yang terdapat pada air ballast kapal speedboat maupun kapal pompong. Kandungan logam Pb dalam air ballast kapal feri masih berada di bawah ambang batas baku mutu yang ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 1995 tentang Buku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri, yaitu 0,1 ppm. Namun kandungan logam Pb dalam air ballast speedboat dan kapal pompong telah melewati ambang batas baku mutu.

#### *Pengkayaan logam Pb*

Tingginya kandungan logam Pb pada air ballast dibandingkan logam pada perairan, mengakibatkan adanya dugaan bahwa logam Pb yang terkandung dalam air ballast merupakan salah satu sumber antropogenik Pb pada perairan. Apalagi perairan juga terindikasi tercemar oleh logam Pb. Hasil perhitungan faktor pengkayaan logam Pb disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Faktor pengkayaan (*Contamination factor/Cf, Degree of contamination/Cd, Modified degree of contamination/mCd, Pollution load index/PLI*) logam Pb

	Logam Pb perairan	Kriteria
<i>Cf</i>	7,482517	Faktor kontaminasi sangat tinggi
<i>Cd</i>	82,30769	Faktor kontaminasi sangat tinggi
<i>PLI</i>	6,25339	Penurunan kualitas perairan



Gambar 3. Korelasi positif antara konsentrasi logam Pb air ballast (ppm) dan logam Pb perairan (ppm)

Beberapa metode penghitungan pengkayaan logam Pb menunjukkan bahwa terjadi kontaminasi logam Pb yang sangat tinggi. Bahkan nilai PLI menunjukkan bahwa dilihat dari logam Pb telah menunjukkan adanya penurunan kualitas perairan. Perolehan hasil tersebut juga didukung dengan adanya signifikansi positif antara logam Pb di perairan dan logam Pb hasil air ballast (Gambar 3).

Hal ini berarti, semakin tinggi konsentrasi logam Pb yang terkandung dalam air ballast maka akan makin tinggi pula konsentrasi logam Pb di perairan. Penambahan logam Pb di perairan tidak hanya terjadi bila kandungan logam Pb di air ballast tinggi saja, namun bila semakin banyak buangan air ballast ke perairan maka juga akan menimbulkan efek yang positif juga.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada perairan Tanjung Api-Api terjadi penambahan logam berat Pb secara antropogenik, dimana salah satu sumber pencemarnya adalah buangan air ballast kapal. Hal ini ditunjukkan oleh konsentrasi logam Pb lebih tinggi dibanding perairan dan adanya korelasi positif antara logam Pb perairan dan air ballast. Konsentrasi logam Pb di perairan telah melampaui ambang batas baku mutu KepmenLH No. 51 tahun 2004, sedangkan konsentrasi logam Pb di air ballast untuk kapal feri masih berada di bawah baku mutu, namun untuk speedboat dan kapal pompong telah melampaui batas baku mutu KepmenLH No. 51 tahun 1995.

#### Daftar Pustaka

- Amin, B., Afriyani, E., Saputra, M.A. 2011. Distribusi spasial logam Pb dan Cu pada sedimen dan air laut permukaan di perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. *Jurnal Teknobiologi* 2 (1):1-8.
- Likuku AS, KB Mmolawa, GK Gaboutloeloe. 2013. Assessment of Heavy Metal Enrichment and Degree of Contamination Around the Copper-Nickel Mine in the Selebi Phikwe Region, Eastern Botswana. *Environment and Ecology Research* 1 (2): 32-40.
- Özkan, E.Y. 2012. A New Assessment of Heavy Metal Contaminations in an Eutrophicated Bay (Inner Izmir Bay, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 12: 135-147.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.
- Purwiyanto, A.I.S., Lestari, S. 2012. Akumulasi Logam Berat (Pb Dan Cu) Pada Daging Kepiting Untuk Keamanan Pangan Di Perairan Muara Sungai Banyuasin. Laporan Penelitian Unggulan Kompetitif. Universitas Sriwijaya.
- Purwiyanto, A.I.S. 2014. Pemodelan Adsorpsi Logam Timbal (Pb) oleh Sedimen Muara Sungai Banyuasin. Laporan Penelitian Dosen Muda Sateks. Universitas Sriwijaya.
- Ramessur, R.T., Parry, S.J., Ramjeawon, T. 2001. The Relationship of Dissolved Pb to Some Dissolved Trace Metals (Al, Cr, Mn And Zn) and to Dissolved Nitrate and Phosphate in a Freshwater Aquatic System in Mauritius. *Environment International* 26 (4) : 223-230.
- Rochyatun E, Lestari, dan A Rozak. 2004. Kondisi Perairan Muara Sungai Digul Dan Perairan Laut Arafura Dilihat Dari Kandungan Logam Berat. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* (36) : 15-31.
- Rochyatun, E., Kaisupy, T.M., Rozak, A. 2006. Distribusi Logam Berat dalam Air Dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Makara* 10 (1) : 35-40.
- Sagala, S.L., Bramawanto, R., Kuswardani, A.R.T.D., Pranowo, W.S 2014. Distribusi Logam Berat di Perairan Natuna. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 6 (2) : 297-310.
- Sembel, L. 2011. Analisis Logam Berat Pb, Cd Dan Cr Berdasarkan Tingkat Salinitas Di Estuari Sungai Belau Teluk Lampung. *Prosiding Seminar Nasional : Pengembangan Pulau-Pulau Kecil* : 2-7.
- Tianingsih, S. 2011. Pemantauan Air Ballast Di Wilayah Pelabuhan Trisakti Banjarmasin. [http://www.bbtklppbjb.freeiz.com/1\\_40\\_Pemantauan-Air-Ballast.html](http://www.bbtklppbjb.freeiz.com/1_40_Pemantauan-Air-Ballast.html) [9 November 2015].