

ISSN : 2337-7976

TAHUN II / NO. 2 / AGUSTUS 2014



PROSIDING
SEMINAR HASIL PENELITIAN
SEMESTER GENAP
2013/2014
26 AGUSTUS 2014

*"MENINGKATKAN MUTU DAN PROFESIONALISME
DOSEN MELALUI PENELITIAN"*

**LEMBAGA PENELITIAN,
PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DAN KEMITRAAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

KAJIAN EMISI GAS BUANG DARI KAPAL DI PELABUHAN TANJUNG PRIOK

Arif Fadillah

Jurusan Teknik Perkapalan, Fak. Teknologi Kelautan
arif_fadillah@yahoo.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara kepulauan dimana penggunaan kapal sebagai transportasi laut tidak dapat dihindarkan. Transportasi laut, terutama yang menggunakan kapal motor sebagai penggerak, merupakan salah satu sumber pencemar udara. Kapal motor mulai dari ukuran yang kecil sampai yang besar umumnya menggunakan minyak diesel sebagai bahan bakar motor. Minyak diesel yang dibakar di mesin kapal mengeluarkan sejumlah gas seperti NOx, SOx, CO2. Semua gas tersebut menjadi penyebab pemanasan global yang memicu perubahan iklim dan dapat berdampak pada kualitas kesehatan manusia yang berada di pelabuhan.

Dalam penelitian ini dilakukan kajian emisi gas buang dari kapal di Pelabuhan Tanjung Priok. Pengolahan data dan analisa dilakukan terkait dengan peraturan daan perundangan, pelayanan kapal, fasilitas pelabuhan dan data kapal yang berkunjung. Hasil perhitungan yang dilakukan terhadap emisi dari kapal di Pelabuhan Tanjung Priok memperlihatkan bahwa dari tahun ke tahun, baik untuk kapal luar negeri dan dalam negeri mengalami kenaikan total emisi gas buang dari kapal. Untuk studi selanjutnya terkait dengan gas emisi buang perlu dilakukan strategi penurunan emisi gas buang dari kegiatan kapal di pelabuhan.

Kata kunci : emisi gas buang, transportasi laut, pelabuhan Tanjung Priok

1 PENDAHULUAN

Perkembangan perdagangan dunia baik nasional maupun internasional setiap tahunnya mengalami peningkatan yang cukup signifikan, dimana hampir lebih dari 85% nya diangkut melalui laut. Kondisi ini mengakibatkan bertambah banyaknya kunjungan kapal dan semakin ramainya kegiatan bongkar dan muat di pelabuhan.

Seiring dengan meningkatnya komoditas angkutan laut, maka fungsi dan peranan pelabuhan menjadi sangat penting terutama sebagai mata rantai transportasi logistik angkutan laut, mengingat penggunaan moda angkutan laut ternyata jauh lebih efektif dan efisien dari moda angkutan lainnya. Dilihat dari jenis maupun muatan yang dapat diangkut, maka angkutan barang melalui kapal adalah pilihan yang paling tepat. Dengan kapal laut, segala macam type dan bentuk barang dengan volume yang lebih banyak dapat

diangkut, sehingga ditinjau dari sisi biaya per ton barang yang diangkut akan menjadi jauh lebih murah bila dibandingkan dengan angkutan lainnya.

Tingginya mobilisasi barang dengan menggunakan transportasi laut, berdampak pada tingginya emisi gas rumah kaca yang dikeluarkan ke atmosfer. Meski kapal mengeluarkan emisi gas buang di tengah laut, seolah-olah tidak mencemari lingkungan, padahal polutan yang keluar dari cerobong seperti SO_x, NO_x dan CO₂ tetap masuk ke atmosfer dan mencemari lingkungan. Selain memacu percepatan pemanasan global, polutan dari kapal di laut juga bisa menimbulkan hujan asam (*acid rain*). Ketika kapal mendekati pelabuhan, kapal motor mencemari udara di sekitar pelabuhan. Bahkan selama kapal berada di kawasan pelabuhan, kapal motor tetap menyalakan mesin untuk memenuhi beberapa kebutuhan terutama listrik. Selama mesin beroperasi, berarti selama itu pula kapal mengeluarkan polutan ke udara.

Setiap liter bahan bakar yang dibakarkan menghasilkan emisi sekitar 100 gram Carbon Monoksida, 30 gram Oksida Nitrogen, 2,5 kg Carbon Dioksida dan berbagai senyawa lainnya termasuk senyawa sulfur. Polusi yang dikeluarkan dari mesin kapal menyebabkan permasalahan yang serius terhadap ekologi lingkungan seperti merusak lapisan ozon, peningkatan efek rumah kaca, hujan asam dan lain-lain. Emisi gas buang dari mesin kapal telah di ketahui dapat menyebabkan masalah kesehatan manusia. Dampaknya bagi kesehatan manusia, substansi pencemar yang terdapat di udara dapat masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernafasan.

Pencemaran lingkungan laut dari kapal di pelabuhan merupakan isu nasional yang perlu segera ditangani, karena diperkirakan pencemaran laut akan lebih meningkat dimasa yang akan datang. Kontribusi emisi gas buang dari kegiatan kapal terhadap pencemaran udara perlu dianalisa secara cermat. Hal ini dibutuhkan untuk menentukan langkah-langkah yang diperlukan untuk kebijakan pengendalian pencemaran udara melalui strategi penurunan emisi gas buang di pelabuhan.

2 TUJUAN PENELITIAN

Pada tahap awal kajian ini dimaksudkan untuk menganalisa dan mengevaluasi perhitungan emisi gas buang dari kegiatan kapal di pelabuhan. Sedangkan tujuan dari studi ini adalah alternatif optimalisasi penurunan emisi gas buang secara komprehensif dan terpadu pada kegiatan selanjutnya.

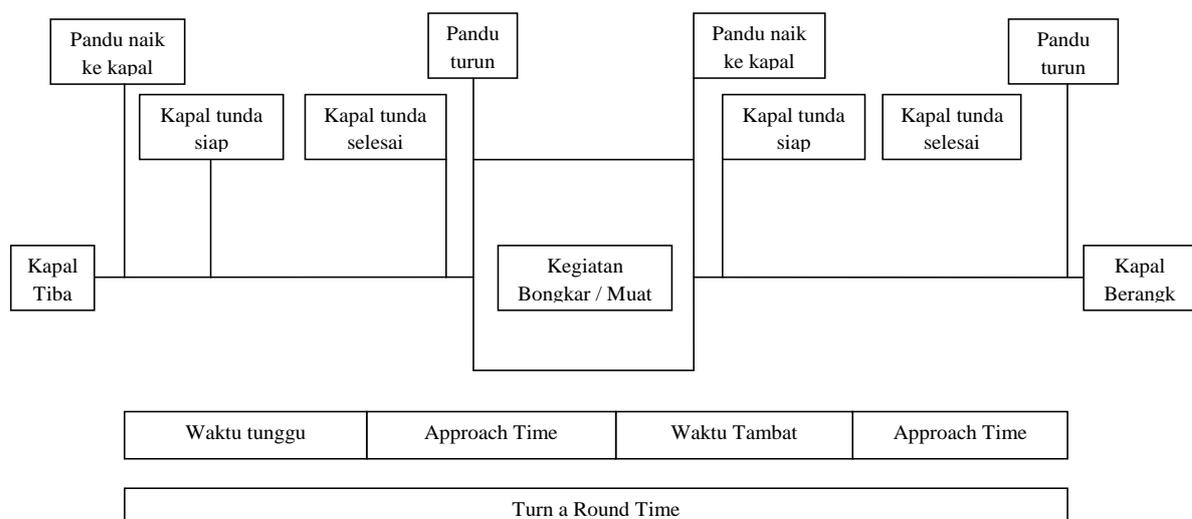
3 MANFAAT HASIL PENELITIAN

Selain bermanfaat bagi pengembangan transportasi laut pada kapal luar dan dalam negeri yang beroperasi, secara khusus penelitian ini juga bermanfaat sebagai landasan penyusunan program kerja, acuan serta arahan bagi *stakeholder* dan instansi terkait seperti pelabuhan, angkutan laut dan pemerintah.

4 METODOLOGI

4.1 PERHITUNGAN EMISI

Dalam rangka pengukuran emisi gas buang dari kegiatan kapal di pelabuhan dilakukan, baik untuk mesin utama dan mesin bantu kapal dengan memperhitungkan sejak kedatangan kapal (time arrival), kegiatan bongkar muat termasuk didalamnya waktu tunggu kapal sampai dengan waktu keberangkatan kapal (time departure) pada pintu pelabuhan atau dikenal dengan TRT (Time Round Time) kapal di pelabuhan, seperti terlihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Turn Round Time Kapal di Pelabuhan (1)

Kegiatan kapal di pelabuhan adalah sebagai berikut:

1. Approach Time (AT) : Waktu pelayanan pemanduan adalah jumlah waktu terpakai untuk kapal bergerak dari lokasi lego jangkar sampai ikat tali di tambatan dermaga pelabuhan atau sebaliknya.
2. Berth Time (BT) : Waktu tambat sejak first line sampai dengan last line.
3. Turn Round Time (TRT): Waktu sejak kedatangan kapal berlabuh jangkar di kolam pelabuhan, dilanjutkan bongkar muat dermaga serta waktu keberangkatan kapal atau Time arrival sampai dengan Time departure.

Sedangkan estimasi gas emisi buang dari kapal di pelabuhan juga dengan memperhitungkan dari jenis kapal, dimana:

a. Olah Gerak Kapal di Pelabuhan dengan Sistem Propulsi Sendiri

Untuk perhitungan gas emisi buang dari kegiatan kapal di pelabuhan dengan memperhitungkan seluruh emisi yang ditimbulkan dari mesin utama kapal (MU/ME) dan mesin bantu kapal (MB/AE) selama beroperasi di pelabuhan, termasuk kegiatan manuver kapal dari kolam pelabuhan, kegiatan bongkar muat kapal sampai dengan kapal meninggalkan pelabuhan tanpa memperhitungkan emisi dari tug boat dan kapal bantu lainnya. Jenis kapal ini adalah: kapal barang, tanker, bulk carrier dan sejenisnya.

b. Olah Gerak Kapal di Pelabuhan Tidak dengan Sistem Propulsi Sendiri

Untuk perhitungan gas emisi buang dari kegiatan kapal di pelabuhan dengan memperhitungkan seluruh emisi yang ditimbulkan dari mesin utama kapal (MU/ME) dan mesin bantu kapal (MB/AE) selama beroperasi di pelabuhan, termasuk didalamnya kegiatan manuver kapal dari kolam pelabuhan dengan bantuan tug boat, pilot boat, kegiatan bongkar muat kapal sampai dengan kapal meninggalkan pelabuhan dengan memperhitungkan emisi dari tug boat dan kapal bantu lainnya. Jenis kapal ini adalah ferry, kapal tunda, supply boat dan sejenisnya.

Estimasi emisi gas buang dari mesin utama kapal mengikuti persamaan berikut ini dari Trozzi, et al,

$$E_i = \sum_{jklm} E_{ijklm} \tag{1}$$

$$E_{ijklm} = S_{jkm}(GT)t_{jklm}F_{ijklm} \tag{2}$$

dimana,

i	Polutan
j	Jenis bahan bakar
k	Pengelompokan kapal
l	Tipe mesin
m	Mode operasi kapal
E_i	Total emisi polutan i
E_{ijklm}	Total emisi polutan i saat menggunakan bahan bakar j dengan tipe kapal k dan jenis mesin l pada m
F_{ijklm}	Rata-rata emisi faktor polutan i dari bahan bakar j dengan tipe kapal k dan mesin l dalam m
S_{jkm} (GT)	Konsumsi harian bahan bakar j oleh jenis kapal k saat m dengan menggunakan fungsi GT

Perhitungan konsumsi bahan bakar dari mesin bantu dilakukan melalui persamaan dari Ishida, et.al.

$$f = 0,2 \times O \times L \quad (3)$$

dimana :

f : konsumsi bahan bakar (kg/kapal/jam)

O : rated output (PS/engine)

L : faktor beban (crusing :30%, hotelling (tanker) : 60%, (other ship) : 40% dan maneuvering : 50%)

Sedangkan estimasi emisi gas buang kapal dihitung berdasarkan Trozzi, et.al, dimana dalam penelitiannya menggunakan perhitungan konsumsi bahan bakar mesin dari setiap jenis kapal diperoleh dari analisis regresi linier konsumsi bahan bakar terhadap tonase kotor seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Kapal dan Konsumsi Bahan Bakar

Jenis Kapal	Konsumsi Bahan Bakar (ton/day) Dengan Menggunakan Fungsi <i>Gross Tonnage</i> (GT)
Solid Bulk	$C_{jk} = 20.1860 + 0.00049 \times GT$
Liquid Bulk /Tanker	$C_{jk} = 14.6850 + 0.00079 \times GT$
General Cargo	$C_{jk} = 9.8197 + 0.00143 \times GT$
Container	$C_{jk} = 8.0552 + 0.00235 \times GT$
Ro-Ro Cargo	$C_{jk} = 12.8340 + 0.00156 \times GT$
Passenger	$C_{jk} = 16.9040 + 0.00198 \times GT$
High Speed Ferry	$C_{jk} = 39.4830 + 0.00972 \times GT$
Inland Cargo	$C_{jk} = 9.8197 + 0.00143 \times GT$
Sail Ship	$C_{jk} = 0.4268 + 0.00100 \times GT$
Tugs	$C_{jk} = 5.6511 + 0.01048 \times GT$

Fishing	$C_{jk} = 1.9387 + 0.00448 \times GT$
Other Ships	$C_{jk} = 9.7126 + 0.00091 \times GT$

Selain itu, emisi gas buang dihitung dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti mesin dan jenis bahan bakar serta mode operasi dari kapal seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Faktor Emisi Pada Kapal (kg/ton)

Mode	Engine / Bahan Bakar	NO _x	CO	CO ₂	VOC	PM	SO _x
Cruising	SSD/BFO	87	7.4	3200	2.4	1.2	60
	MSD/BFO	57	7.4	3200	2.4	1.2	60
	HSD/MDO	70	9	3200	3	1.5	20
Manoeuvring	SSD/BFO	78	28	3200	3.6	1.2	60
	MSD/BFO	51	28	3200	3.6	1.2	60
	HSD/MDO	63	34	3200	4.5	1.5	20
Hotelling	SSD/BFO	35	99	3200	23.1	1.2	60
	MSD/BFO	23	99	3200	23.1	1.2	60
	HSD/MDO	28	120	3200	28.9	1.5	20

SSD = Slow Speed Diesel Engine BFO = Bunker Fuel Oil PM = Particulate Matter
MDO = Marine Diesel Oil VOC = Volatile Organic Compound
MSD = Medium Speed Diesel Engine HSD = High Speed Diesel Engine

4.2 PELABUHAN TANJUNG PRIOK

Pelabuhan Tanjung Priok tergolong pelabuhan umum merupakan pelabuhan yang relatif lengkap dengan disediakan terminal penumpang, terminal peti kemas maupun terminal-terminal curah. Pelabuhan Tanjung Priok berada di Kotamadya Jakarta Utara, Propinsi DKI Jakarta dengan posisi koordinat antara 06° - 06' - 00" LS dan 106° - 53' - 00 BT dengan kedalaman alur -5 sampai dengan -14 mLWS dan kedalaman kolam PLB antara -5 sampai

dengan -14 mLWS. Gambar 2. Memperlihatkan dan lokasi dan layout Pelabuhan Tanjung Priok, Jakarta.



Gambar 2. Posisi dan Layout Pelabuhan Tanjung Priok (1)

Fasilitas terminal peti kemas yang dimiliki pelabuhan Tanjung Priok terdiri atas terminal konvensional yang memiliki fasilitas pelayanan petikemas yang terdiri atas fasilitas gudang yang memiliki luas 169.956 M² dan lapangan penumpukan seluas 423.678 M². Terminal peti kemas yang ada terdiri atas CFS seluas 8.096 M² dan lapangan container seluas 60.92 M².

Sedangkan lalulintas kapal, baik untuk kapal dari luar dan dalam negeri mulai tahun 2009 sampai dengan 2012 ditunjukkan dalam Tabel 3. Total lalulintas kapal di Pelabuhan Tanjung Priok memperlihatkan kenaikan lebih dari 10% setiap tahunnya untuk *Gross Tonnage* kapal, demikian pula dengan kenaikan unit kapal yang berkunjung, baik lalulintas kapal luar dan dalam negeri rata-rata diatas 1000 unit setiap tahunnya kecuali pada tahun 2012.

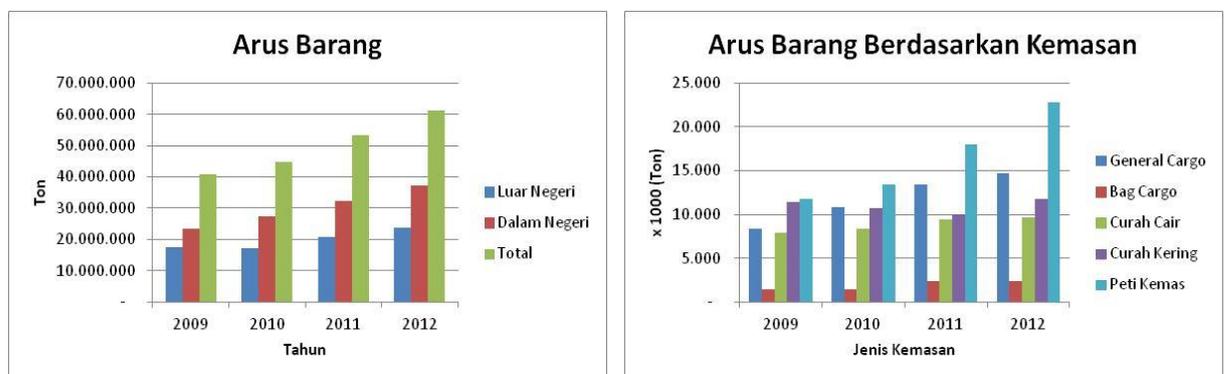
Tabel 3 Lalulintas Kapal di Pelabuhan Tanjung Priok

URAIAN	SATUAN	TAHUN	TAHUN	TAHUN	TAHUN
		2009	2010	2011	2012
Pelayaran Luar Negeri :	Unit	4.508	4.687	4.489	4.588
	GT	61.465.03	2 67.953.098	73.145.580	78.206.546
Pelayaran Dalam Negeri	Unit	12.162	12.770	14.425	14.244
	GT	30.113.86	8 34.549.270	40.107.597	41.402.044

	Unit	16.670	17.457	18.914	18.832
Total		91.578.90	102.502.36	113.253.17	119.608.59
	GT	0	8	7	0

5 ANALISA DAN PEMBAHASAN

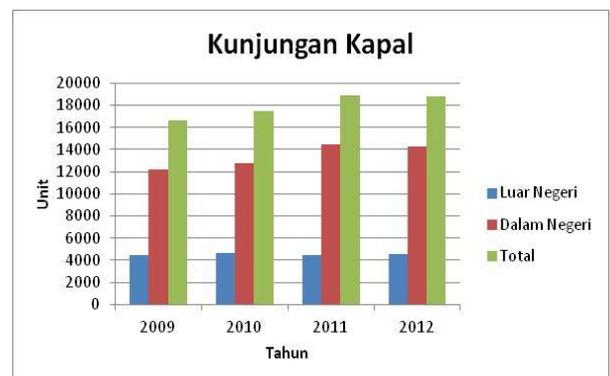
Gambar 3. Memperlihatkan arus barang untuk kapal luar dan dalam negeri, statistik arus barang, baik luar dan dalam negeri mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, dimana pada tahun 2012 arus barang asal dari luar negeri hampir 23.000 Ton, untuk arus barang berasal dari dalam negeri mencapai lebih dari 37.000 Ton. Total arus barang mencapai lebih

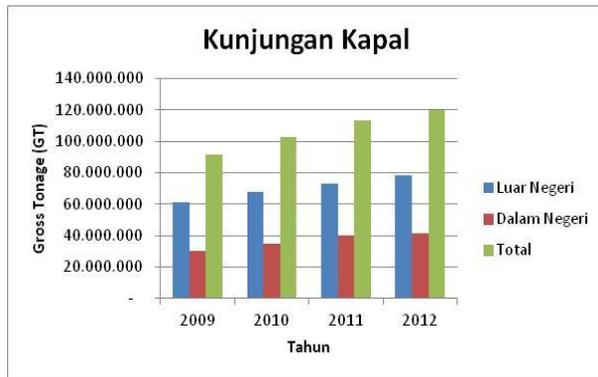


dari 61.000 Ton, baik arus barang luar dan dalam negeri.

Gambar 3. Kegiatan Arus Barang Luar dan Dalam Negeri di Pelabuhan Tanjung Priok

Sedangkan berdasarkan kemasan angkutan yang digunakan untuk arus angkutan barang, baik angkutan luar dan dalam negeri umumnya menggunakan peti kemas, diikuti kemasan general cargo, curah kering, curah cair dan bag cargo.



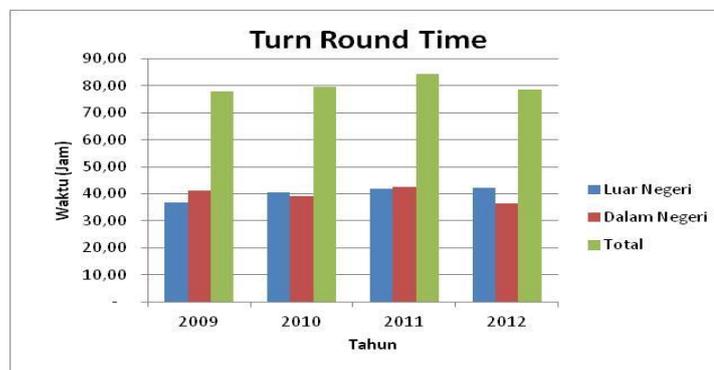


Gambar 4. Total Gross Tonnage dan Unit Kunjungan Kapal Luar dan Dalam Negeri

Gambar 4. Menunjukkan total kunjungan kapal ke Pelabuhan Tanjung Priok dalam *Gross Tonnage* (GT) dan unit kapal. Statistik lalulintas kapal di Tanjung Priok

memperlihatkan bahwa lalu lintas kapal dalam negeri dalam hal unit kapal mempunyai frekwensi kedatangan lebih tinggi dibandingkan angkutan luar negeri, namun sebaliknya angkutan luar negeri mempunyai nilai *gross tonnage* melebihi angkutan dalam negeri.

Kinerja pelayanan kapal atau Turn Round Time (TRT), baik angkutan luar dan dalam negeri terlihat pada Gambar 5. Statistik mengenai kinerja pelayanan kapal untuk angkutan luar negeri pada tahun 2009 sampai dengan tahun 2012 adalah 36.7 jam, 40.4 jam 42 dan 42.2 jam. Sedangkan untuk angkutan dalam negeri dalam hal kinerja pelayanan kapal dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2012 adalah sebesar 41.1 jam, 39.1 jam, 42,4 jam dan 36.4 jam.



Gambar 5. Turn Round Time Kapal Luar dan Dalam Negeri di Pelabuhan Tanjung Priok

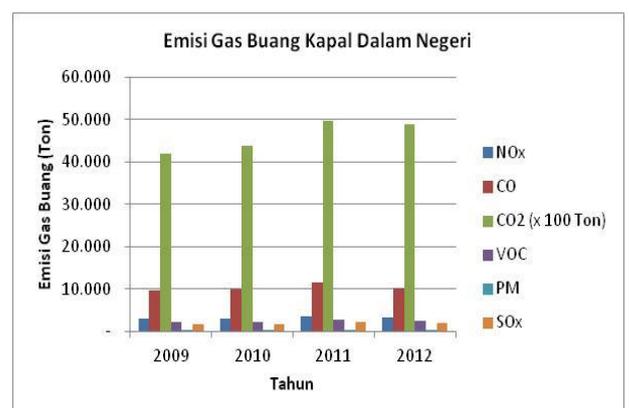
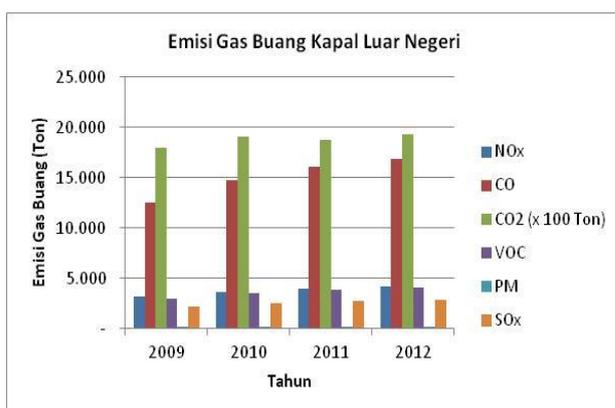
Pemakaian bahan bakar dalam kajian ini tidak memperhitungkan kapal penumpang karena sedikitnya kapal tersebut mengunjungi Pelabuhan Tanjung Priok. Kajian ini juga hanya memperhitungkan lalu lintas kapal di pelabuhan dengan operator Pelindo II. Gambar 6 memperlihatkan total pemakaian bahan bakar baik untuk angkutan luar dan dalam negeri. Pemakaian BBM kapal dalam kajian ini meliputi kegiatan pelayanan kapal dengan

menggunakan kapal pandu, kapal tunda dan kapal kepil untuk kegiatan pelayanan kapal yang datang dan masuk kedalam dermaga dan kapal keluar dari dermaga untuk selanjutnya meninggalkan pelabuhan. Pemakaian BBM untuk angkutan luar dan dalam negeri diperlihatkan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Pemakaian BBM Kapal Luar dan Dalam Negeri di Pelabuhan Tanjung Priok

Sedangkan selama berada di dermaga pemakaian BBM yang diperhitungkan adalah penggunaan BBM untuk mesin bantu selama kapal berlabuh di dermaga untuk kegiatan bongkar muat. Pada Gambar 6 terlihat bahwa konsumsi BBM untuk kapal angkutan luar negeri lebih besar dibandingkan total konsumsi BBM untuk kapal angkutan dalam negeri. Total pemakaian BBM untuk mesin bantu untuk angkutan luar dan dalam negeri naik berkisar 3%-5% setiap tahunnya.



Gambar 6. Emisi Gas Buang Kapal Luar dan Dalam Negeri di Pelabuhan Tanjung Priok

Gambar 6 memperlihatkan emisi gas buang kapal untuk angkutan luar dan dalam negeri. Emisi yang dihitung adalah berdasarkan pelayanan kapal di pelabuhan dan penggunaan

mesin bantu selama kapal berada di dermaga untuk proses bongkar muat. Total emisi gas buang dari kapal angkutan luar negeri secara general lebih besar dari total emisi gas buang kapal dari angkutan dalam negeri.

Perhitungan emisi yang dilakukan adalah untuk polutan NO_x , CO, CO_2 , VOC, PM dan SO_x . **Kontribusi emisi gas buang dari kegiatan kapal terhadap pencemaran udara perlu dianalisa secara cermat. Hal ini dibutuhkan untuk menentukan langkah-langkah yang diperlukan untuk kebijakan pengendalian pencemaran udara melalui strategi penurunan emisi gas buang di pelabuhan, sehingga dampak yang ditimbulkan oleh emisi gas buang terhadap tidak menurunkan kualitas kesehatan manusia di kapal dan pelabuhan serta ekologi lingkungan pelabuhan dapat terjaga dengan baik.**

6 PENUTUP

Berdasarkan hasil pengumpulan data, analisa data dan pembahasan kajian emisi gas buang dari kapal di Pelabuhan Tanjung Priok pada penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

6.1 KESIMPULAN

1. Total kunjungan kapal luar negeri ke Pelabuhan Tanjung Priok menunjukkan trend yang fluktuatif dan kedatangan kapal pada dua tahun terakhir diatas 4.000 Unit kapal asal luar negeri. Sedangkan kapal dalam negeri adalah sebesar 10.000 Unit.
2. Rata-rata waktu TRT kapal asal luar dan dalam negeri dari tahun ke tahun meningkat dan pada saat ini TRT di Pelabuhan Tanjung Priok berkisar diatas 40 jam atau kurang lebih sejak kedatangan kapal sampai dengan kapal berangkat selama 2 (dua) hari.
3. Total pemakaian BBM untuk kapal mengalami trend kenaikan dari tahun ketahun dan dari perhitungan terlihat bahwa konsumsi BBM terbesar adalah untuk kapal angkutan luar negeri.
4. Perhitungan emisi yang dilakukan adalah untuk polutan NO_x , CO, CO_2 , VOC, PM dan SO_x . Hasil kajian memperlihatkan kenaikan emisi gas buang dari kapal yang cukup besar sehingga hal ini dapat mengganggu kesehatan manusia dan ekologi lingkungan pelabuhan

6.2 SARAN

Diperlukan penelitian lanjutan untuk melakukan strategi penurunan gas emisi buang kapal di pelabuhan.

7 DAFTAR PUSTAKA

Kementrian Perhubungan, Informasi Geo-Spasial Transportasi, 2011

Ishida,T. (2003): *Emission of Estimate Methods of Air Pollution and Green House Gases from Ships*, J. Jap. Inst. Mar. Eng., 37(1).

Trozzi,C., Vaccaro,R.(1998): *Methodologies For Estimating Air Pollutant Emission From Ships*, Techne Report MEET RF98b..

UNECE/EMEP, (2002): Group 8, *Other Mobile Sources and Machinery, in EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook-third ed.*, Update (Technical Report no.30)

A Report on Research Concerning the Reduction of CO₂ Emission from Vessels, Ship and Ocean Foundation, Japan, 2000.

Marpol 73/78 Annex VI: NO_x and SO_x Control, International Maritime Organization (IMO), The United Nation, 2004.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, 1996.

