

# ANALISA RISIKO PENCEMARAN LINGKUNGAN AKIBAT OPERASIONAL KAPAL DI PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA

M Ravi Rohmatulloh<sup>[1]</sup>, Minto Basuki<sup>[2]</sup>, I Putu Andhi I K<sup>[3]</sup>

<sup>[1,2,3]</sup> Jurusan Teknik Perkapalan, FTMK ITATS

Jl. Arief Rahman Hakim, No 100 Surabaya, 60117, telpon 031-594503

email: [muhammad.ravi.rohmatulloh@gmail.com](mailto:muhammad.ravi.rohmatulloh@gmail.com)

## ABSTRACT

-

## ABSTRAK

Meningkatnya aktivitas pelayaran di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya akan menyebabkan tingkat risiko pencemaran lingkungan ( laut, darat dan udara). Tujuan utama penelitian ini adalah pencemaran udara pada operasional kapal di pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dan sistem pencemaran udara yang sudah diatur oleh MARPOL. Metode yang digunakan dalam penelitian ini khususnya dalam menganalisis data menggunakan metode regresi yang sudah diteliti oleh Trozzi. Hasil yang di peroleh dalam penelitian ini adalah bahwa pada polutan Nox hasil terbanyak dalam waktu 3 hari yaitu polutan yang dikeluarkan pada hari pertama dengan jumlah Total Emisi Nox 2987,584534 Kg, Total Emisi CO 12859,60299 Kg, Total Emisi CO<sub>2</sub> 415663,9352 Kg, Total Emisi VOC 3000,574032 Kg, Total Emisi PM 155,8739757 Kg, Total Emisi Sox 2597,899595 Kg. emisi gas buang yang dikeluarkan rata- rata di atas ambang batas. Dimana batas kualitas udara yang tergolong untuk dikatakan berpotensi pencemaran adalah 12,51 sedangkan hasil perhitungan yang didapat yaitu dengan jumlah 61,09055556 begitupun dengan hasil yang lainnya.

**Kata Kunci :** Pencemaran lingkungan; Trozzi; MARPOL.

## PENDAHULUAN

Pada lingkungan laut terdapat sumber kekayaan alam, baik kekayaan alam hayati maupun non-hayati, sebagai sarana penghubung, media rekreasi, dan lain sebagainya. Oleh karena itu sangat penting untuk melindungi lingkungan laut dari ancaman pencemaran, seperti ancaman pencemaran yang bersumber dari kapal. Hal ini dilakukan agar lingkungan laut dapat dinikmati secara berkelanjutan, baik bagi generasi sekarang maupun generasi yang akan datang. Dengan demikian, terdapat ketergantungan pada sumber kekayaan alam di laut dalam jumlah dan kualitas yang memenuhi syarat dan tersedia secara berkelanjutan.

Aktifitas di Pelabuhan khususnya di daerah PELINDO III dalam mendistribusikan hasil produksi dapat berupa kegiatan bongkar muat, penimbunan, pengepakan, serta pengiriman ke kapal. PT. PELINDO III Surabaya memprediksikan pada tahun 2010 arus barang yang menggunakan jasa kontainer meningkat dari 962.795 TEUs menjadi 1.651.188 TEUs untuk keperluan domestik. Sedangkan arus kontainer internasional meningkat sekitar 1.290.269 TEUs [1]. Eksistensi / keberadaan dari suatu aturan hukum yang bersifat nasional dalam mengatur mengenai masalah pencemaran lingkungan laut yang bersumber dari aktifitas pelayaran sudah ada dan memadai, dalam mengatur mengenai pencemaran laut yang bersumber dari aktifitas pelayaran. Maka dalam hal ini terlihat keseriusan pemerintah pusat dalam melindungi wilayah lautnya [2]. Penelitian ini membahas analisa risiko pencemaran udara dan batas polutan yang sudah diatur oleh MARPOL dengan metode Trozzi. Dalam hal ini kemudian dilakukan perbandingan polutan yang dikeluarkan pada masing-masing kapal dan jumlah batas polutan yang diperbolehkan.

**METODE**

Pada tahap studi literatur, dilakukan pencarian dasar teori yang dibutuhkan untuk mendasari pemecahan masalah yang muncul pada tahap perumusan masalah. Dasar-dasar teori tersebut dapat dilakukan dengan membaca buku, jurnal, paper, ataupun skripsi sebelumnya yang berkaitan dengan permasalahan yang diangkat pada skripsi ini. Literatur yang dibutuhkan untuk mendasari pemecahan masalah pada skripsi ini adalah referensi mengenai pencemaran lingkungan akibat operasional kapal, studi jurnal perlindungan lingkungan, MARPOL dan data-data yang mengacu pada standar pedoman dalam perlindungan lingkungan., dan studi tugas akhir sebelumnya mengenai metode formula regresi yang sudah diteliti oleh trozzi. Pengumpulan data atau informasi dari data kapal yang bersandar dengan besar GT pada masing – masing kapal dan durasi bersandar yaitu dengan mengambil data sekunder yang di dapat pada instansi terkait.

**ANALISA DAN PEMBAHASAN**

**Mengetahui data kapal**

Data kapal yang di ambil mencakup beberapa aspek yaitu jenis kapal, Gross Tonnage (GT), dan durasi bersandar.

Tabel 1. Data kapal yang bersandar.

No	Kapal	Jenis kapal	GT	Durasi bersandar	
				Mulai	Sampai
1	Mv. Oocl Norfolk	Container ship	40168	29/01/2018 22.00	01/02/2018 14.00
2	Mv. Bomar spring	Container ship	32200	31/01/2018 17.00	01/02/2018 17.00
3	Meratus tomini	Container ship	28050	01/02/2018 06.00	01/02/2018 19.00
4	Mv. Ms hawk	Container ship	28592	01/02/2018 16.00	01/02/2018 23.30
5	Kota jaya	Container ship	18502	01/02/2018 06.00	02/02/2018 16.00
6	Mv.wan hai 281	Container ship	17609	02/02/2018 15.00	03/02/2018 06.00
7	Mv. Northern volition	Container ship	27437	02/02/2018 07.00	03/02/2018 01.00
8	Msc lucia	Container ship	21887	02/02/2018 14.00	03/02/2018 08.00
9	Jpo vela	Container ship	41225	03/02/2018 04.00	03/02/2018 15.00
10	Mv sinar sabang	Container ship	18321	03/02/2018 08.00	04/02/2018 08.00
11	Mv. C scl Kingston	Container ship	27104	03/02/2018 14.00	04/02/2018 22.00
12	Mv warnow chief	Container ship	17068	03/02/2018 19.00	04/02/2018 14.00
13	Cpo norfolk	Container ship	41358	03/02/2018 16.00	04/02/2018 16.00
14	Mv ana ocean	General cargo	15737	30/01/2018 08.00	02/02/2018 08.00

**Menghitung Jumlah Polutan ( Eijklm)**

Untuk menghitung jumlah polutan langkah-langkahnya adalah menghiung Konsumsi harian bahan bakar (Sjkm). Untuk menghitung kebutuhan bakar harian, perlu dikehui terlebih dahulu jumlah konsumsi bahan bakar (Cjk) yang di butuhkan. 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.

Tabel 2. Kebutuhan Konsumsi Bahan Bakar [3].

Konsumsi bahan bakar (Cjk) dengan menggunakan fungsi Gross Tonnage $C_{jk} = A \times B \times GT \text{ (Ton/Day)}$		
RUMUS		Kebutuhan Bahan Bakar (Cjk)
A	B	
8,0552	0,00235	102,45
8,0552	0,00235	83,7252

Konsumsi bahan bakar (Cjk) dengan menggunakan fungsi Gross Tonnage $Cjk = A \times B \times GT$ (Ton/Day)		
RUMUS		Kebutuhan Bahan Bakar (Cjk)
A	B	
8,0552	0,00235	73,9727
8,0552	0,00235	75,2464
8,0552	0,00235	51,5349
8,0552	0,00235	49,43635
8,0552	0,00235	72,53215
8,0552	0,00235	59,48965
8,0552	0,00235	104,93395
8,0552	0,00235	51,10955
8,0552	0,00235	71,7496
8,0552	0,00235	48,165
8,0552	0,00235	105,2465
9,8197	0,00143	32,32361

Jadi, nilai Sjkm bisa diketahui dengan rumus:

$$Sjkm (GT) = Cjk (GT) * pm$$

Jenis bahan bakar yang digunakan yaitu MDO untuk jenis kapal container, general cargo, bulk carrier dan tanker. Sedangkan dari Pm adalah menggunakan fungsi hotelling (bersandar). Maka akan di dapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. kebutuhan konsumsi bahan bakar per hari

Kebutuhan Bahan Bakar (Cjk)	Fraksi bahan bakar (pm)	Sjkm (Ton / Day)	Sjkm (Ton / Jam)
102,45	0,20	20,49	0,85375
83,7252	0,20	16,74504	0,69771
73,9727	0,20	14,79454	0,616439167
75,2464	0,20	15,04928	0,627053333
51,5349	0,20	10,30698	0,4294575
49,43635	0,20	9,88727	0,411969583
72,53215	0,20	14,50643	0,604434583
59,48965	0,20	11,89793	0,495747083
104,93395	0,20	20,98679	0,874449583
51,10955	0,20	10,22191	0,425912917
71,7496	0,20	14,34992	0,597913333
48,165	0,20	9,633	0,401375
105,2465	0,20	21,0493	0,877054167
32,32361	0,20	6,464722	0,269363417
46,45916	0,20	9,291832	0,387159667

### Menghitung Durasi Bersandar

Perhitungan durasi bersandar kapal di lakukan untuk mengetahui berapa lama kapal bersandar. Durasi yang di ambil yaitu per-tanggal 1 Februari 2018 sampai tanggal 3 Februari

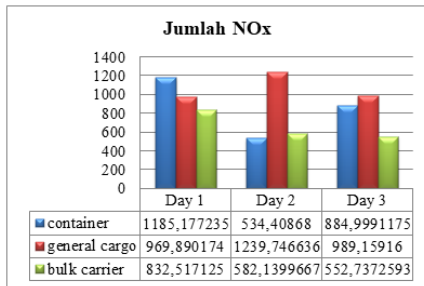
2018 dengan menghitung waktu normal yaitu dalam 1 hari ada 24 jam. Jadi, bisa dilihat dengan jam berapa kapal tersebut mulai bersandar.

Tabel 4. Durasi Kapal Bersandar

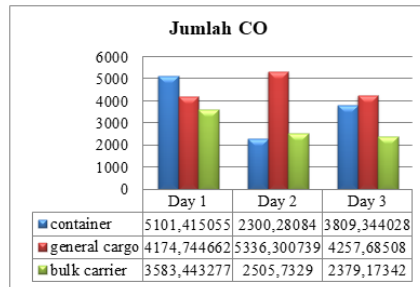
DURASI BERSANDAR PERTANGGAL 1 FEBRUARI SAMPAI TANGGAL 3 FEBRUARI 2018 (Tjkm)		
Hari ke 1 tanggal 1 februari 2018	Hari ke 2 tanggal 2 februari 2018	Hari ke 3 tanggal 3 februari 2018
14 Jam	-	-
17 Jam	-	-
14 Jam	-	-
14 Jam	-	-
24 Jam	10 Jam	-
-	9 Jam	6 Jam
-	17 Jam	1 Jam
-	10 Jam	8 Jam
-	-	11 Jam
-	-	16 Jam
-	-	10 Jam
-	-	5 Jam
-	-	8 Jam

**Menghitung faktor emisi pada kapal.**

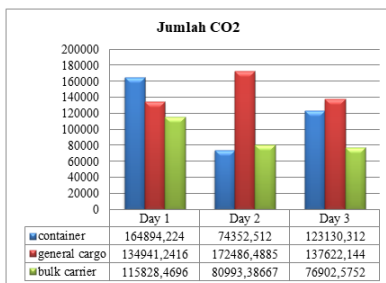
Emisi gas buang dihitung dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti jenis mesin dan jenis bahan bakar serta mode operasi dari kapal. Pada mode operasi kapal menggunakan metode hotelling ( bersandar ) dengan menggunakan asumsi jenis mesin Medium Speed Diesel Jadi bisa diketahui hasil Eijklm = Sjkm(GT) x tjklm x Fijlm dengan hasil berikut. Perbandingan jumlah total polutan pada kapal dihitung dalam waktu perhari.



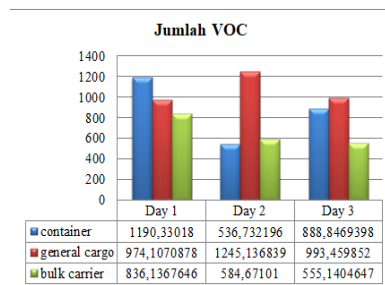
Gambar.1 Jumlah polutan Nox



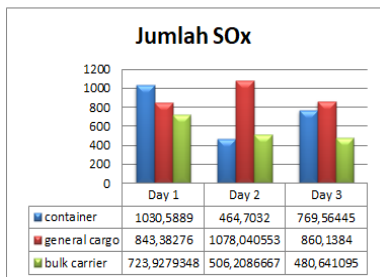
Gambar.2 Jumlah polutan CO



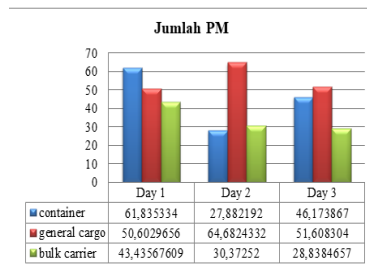
Gambar.3 Jumlah polutan CO2



Gambar.4 Jumlah polutan VOC



Gambar 5. Jumlah polutan PM



Gambar 6. Jumlah polutan PM

Pada perbandingan di atas menunjukkan jumlah polutan Nox dengan hasil tertinggi adalah kapal general cargo pada hari kedua dengan total jumlah polutan 1239,7466 Kg. Dan untuk jumlah polutan CO pada kapal bulk carier terus mengalami penurunan dari hari pertama sampai hari ketiga. Jumlah polutan CO<sub>2</sub> pada kapal container mengalami penurunan di hari kedua dengan jumlah polutan 164894,224 pada hari pertama dan 74352,512 di hari ke 2. Pada perbandingan polutan VOC pada kapal generl cargo megalami peningkatan di hari kedua dengan jumlah 1245,136839 dan mengalami penurunan di hari ketiga. Jumlah polutan PM pada kapal container pada hari kedua adalah 27,8821 jumlah itu sangat lebih kecil dibandingkan pada hari pertama. Dan jumlah polutan Sox pada kapal general cago sangatlah tinggi di bandingkan dengan hasil polutan yang lain yaitu dengan jumlah 1078,040553.

### Menghitung batas emisi menurut Marpol Annex VI

Peraturan Marpol 73/78 Annex VI saat ini pada emisi NO<sub>x</sub>, yang dirumuskan oleh IMO untuk mesin diesel dengan output daya yang lebih tinggi dari 130 kW, yang dipasang pada kapal yang dibangun pada atau setelah 1 Januari 2000 dan mesin diesel dengan output daya lebih tinggi dari 130 kW yang mengalami konversi besar pada atau setelah 1 Januari 2000. Yang mana pada tugas ini menggunakan pendekatan Tier I yaitu mesin diesel (> 130 kW) dipasang di kapal yang dibangun pada atau setelah 1 Januari 2000 dan sebelum 1 Januari 2011.

Pada tabel 7,8 dan 9 dibawah ini adalah hasil total polutan Nox yang sudah diatur oleh MARPOL Annex VI Tier I. Yang mana hasil dalam hasil total Nox tersebut diperoleh dari jumlah Nox (g) dibagi dengan rata-rata power yang mana rata-rata powernya menggunakan asumsi 4500(Kw). Dan batas Nox limit yang sudah diatur oleh MARPOL yaiu 12,51 g/Kwh dimana hasil batas Nox tersebut didapat dari  $45 \times n^{-0.2} \text{ g/Kwh}$  yang mana n = dengan asumsi 600 RPM. Dengan mellihat tabel dibawah ini menunjukkan bahwa hampir semua kapal yang teliti menyebabkan pencemaran.

Tabel 5. Hasil perhungan Total Nox menurut MARPOL Tier I [4]

Day	Nox (Kg)	Nox (g)	Rata rata Power (KW)	Total Nox (g / Kw h)	IMO TIER I (Annex VI)		Pencemar
					Nox limit $45 \times n^{-0.2} \text{ g/Kwh}$	RPM $130 \leq n < 2000$	
1	274,9075	274907,5	4500	61,09055556	12,51	600	Ya
	272,80461	272804,61	4500	60,62324667	12,51	600	Ya
	198,4934117	198493,4117	4500	44,10964704	12,51	600	Ya
	201,9111733	201911,1733	4500	44,86914963	12,51	600	Ya
	237,06054	237060,54	4500	52,68012	12,51	600	Ya
	148,688606	148688,606	4500	33,04191244	12,51	600	Ya
	213,712136	213712,136	4500	47,49158578	12,51	600	Ya
	80,139268	80139,268	4500	17,80872622	12,51	600	Ya
	265,244188	265244,188	4500	58,94315289	12,51	600	Ya
	109,385056	109385,056	4500	24,30779022	12,51	600	Ya
	152,72092	152720,92	4500	33,93798222	12,51	600	Ya
	128,764965	128764,965	4500	28,61443666	12,51	600	Ya
	182,41829	182418,29	4500	40,53739778	12,51	600	Ya
	183,820278	183820,278	4500	40,84895067	12,51	600	Ya
	193,12479	193124,79	4500	42,91662	12,51	600	Ya
	144,388802	144388,802	4500	32,08640044	12,51	600	Ya

Tabel 6. Hasil perhiungan Total Nox menurut MARPOL Tier I

Day	Nox (Kg)	Nox (g)	rata2 Power (KW)	Total Nox (g / Kw h)	IMO TIER I (Annex VI)		Pencemaran
					Nox limit $45 \times n^{-0.2} \text{ g/Kwh}$	RPM $130 \leq n < 2000$	
2	98,775225	98775,225	4500	21,95005	12,51	600	Ya
	85,27770375	85277,70375	4500	18,95060083	12,51	600	Ya
	236,3339221	236333,9221	4500	52,51864935	12,51	600	Ya
	114,0218292	114021,8292	4500	25,33818426	12,51	600	Ya
	49,56286867	49562,86867	4500	11,01397081	12,51	600	Tidak
	160,284102	160284,102	4500	35,61868933	12,51	600	Ya
	73,46099567	73460,99567	4500	16,3246657	12,51	600	Ya
	178,283028	178283,028	4500	39,61845067	12,51	600	Ya
	265,244188	265244,188	4500	58,94315289	12,51	600	Ya
	109,385056	109385,056	4500	24,30779022	12,51	600	Ya
	152,72092	152720,92	4500	33,93798222	12,51	600	Ya
	250,805478	250805,478	4500	55,73455067	12,51	600	Ya
	60,80609667	60806,09667	4500	13,51246593	12,51	600	Ya
	183,820278	183820,278	4500	40,84895067	12,51	600	Ya
	193,12479	193124,79	4500	42,91662	12,51	600	Ya
	144,388802	144388,802	4500	32,08640044	12,51	600	Ya

Tabel 7. Hasil perhiungan Total Nox menurut IMO Tier I

Day	Nox (Kg)	Nox (g)	rata2 Power (KW)	Total Nox (g / Kw h)	IMO TIER I (Annex VI)		Pencemaran
					Nox limit $45 \times n^{-0.2} \text{ g/Kwh}$	RPM $130 \leq n < 2000$	
3	56,8518025	56851,8025	4500	12,63373389	12,51	600	Ya
	13,90199542	13901,99542	4500	3,089332315	12,51	600	Tidak
	91,21746333	91217,46333	4500	20,27054741	12,51	600	Ya
	221,2357446	221235,7446	4500	49,1634988	12,51	600	Ya
	156,7359533	156735,9533	4500	34,83021185	12,51	600	Ya
	137,5200667	137520,0667	4500	30,56001481	12,51	600	Ya
	46,158125	46158,125	4500	10,25736111	12,51	600	Ya
	161,3779667	161377,9667	4500	35,86177037	12,51	600	Ya
	178,283028	178283,028	4500	39,61845067	12,51	600	Ya
	265,244188	265244,188	4500	58,94315289	12,51	600	Ya
	109,385056	109385,056	4500	24,30779022	12,51	600	Ya
	152,72092	152720,92	4500	33,93798222	12,51	600	Ya
	250,805478	250805,478	4500	55,73455067	12,51	600	Ya
	32,72049	32720,49	4500	7,27122	12,51	600	Tidak
	61,273426	61273,426	4500	13,61631689	12,51	600	Ya
	193,12479	193124,79	4500	42,91662	12,51	600	Ya

## KESIMPULAN

Pada perbandingan jumlah total polutan yang di keluarkan semua kapal dalam waktu 3 hari hasil paling tinggi yaitu pada hari pertama dengan Total Emisi Nox 2987,584534=Kg Total Emisi CO =12859,60299 Kg, Total Emisi CO<sub>2</sub>=415663,9352 Kg, Total Emisi VOC=3000,574032 Kg, Total Emisi PM=155,8739757 Kg, Total Emisi Sox=2597,899595 Kg; Pada perhitungan batas emisi menurut IMO pada marpol annex annex VI dimana rata rata power yang digunakan adalah dengan asumsi 4500 Kw dan RPM sebesar 600. Sehingga untuk batas Nox limitnya dalah sebesar 12,51. Dan hasil yang telah di dapat menunjukkan bahwa rata – rata jumlah polutan yang dikeluarkan sangat berpotensi pencemaran udara.

## UCAPAN TERIMAKASIH

pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan terimakasih sedalam dalamnya kepada kantor otoritas pelabuhan tanjung perak surabaya yang telah banyak sekali memberikan masukan dan data yang diperlukan dalam pengerjaan skripsi ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Minto Basuki, Pramudya Imawan Santosa, Taty Alfiah, “*Penilaian Resiko Lingkungan (Environmental Risk Assessment) Pada Pekerjaan Reparasi Kapal di Perusahaan Galangan Kapal Subklaster Surabaya*”. 2016
- [2] Pemana, Login, “*Analisa Prospek Perlindungan Hukum Terhadap Laut Semarang dari Dampak Negatif Lalu Lintas Pelayaran*”, Semarang 2011
- [3] Carlo Trozzi, R Faccaro, “*Actual and Future Pollutant Emissions From Ships*”, 1999
- [4] Carlo Trozzi . *Emission Estimate Methodology for Maritime Navigation*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*