

Inventarisasi dan Sebaran Emisi Aktivitas Pelabuhan dengan AERMOD View

Haryono Setiyo Huboyo, Pertiwi Andarani, Ir. Mochtar Hadiwidodo, Msi
 Departemen TeknikLingkungan,Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto,
 SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
 E-mail: huboyo@undip.ac.id

Abstrak

Transportasi laut termasuk penyumbang emisi polutan udara baik dari aktivitas pelayaran di laut maupun aktivitas di pelabuhan. Inventarisasi emisi polutan udara sektor transportasi laut masih sangat jarang. Kajian ini dilakukan untuk mengkuantifikasi dan mengestimasi sebaran emisi dari sektor transportasi laut di pelabuhan di Kota Semarang. Inventarisasi menggunakan data operasional pelabuhan dan faktor emisi sekunder. Sebaran emisi polutan udara dari aktivitas pelabuhan diperkirakan dengan model AERMOD View. Hasil inventarisasi beban emisi dari aktivitas transportasi laut di pelabuhan didominasi oleh aktivitas pelayaran dalam pelabuhan yaitu pada saat approaching time disusul oleh aktivitas mesin bantu saat bongkar muat (berthing time). Aktivitas bongkar muat di darat hanya berkontribusi 1% dari aktivitas mesin bantu saat berthing time.

Sebaran emisi polutan udara aktivitas bongkar muat cenderung mengarah ke Barat Laut-Tenggara, sementara sebaran emisi dari aktivitas pelayaran cenderung merata ke sebagian besar area Semarang kawasan tengah dan Utara.

Kata kunci: polusi udara, laut, model, pelabuhan, transportasi

Abstract

Air pollutants emission in the marine transport is derived from sea-based activities and port activities. Inventory of air pollutant emissions in marine transportation sector in Indonesia is quite rare. This study was conducted to quantify and estimate the distribution of emissions from marine transportation sector at the port. Inventory combined the port operational data and secondary emission factors. The distribution of air pollutant emissions from the port activity is estimated by the AERMOD View model. The result of inventory reveal that the emission load from marine transportation activity at the port is dominated by shipping activity in the port that is the approaching time of ship to the port followed by the activity of dropping anchor (waiting time). The Loading and unloading activities only contribute 1% of ship cruise and activity of auxiliary engine during berthing time.

The distribution of air pollutants during loading and unloading activity tends to spread to the South-West and South-East, while the distribution of emissions from shipping activities tends to be evenly distributed to most of Semarang's central and northern areas.

Keywords: air pollution, marine, model, port, and monitoring effort.

PENDAHULUAN

Salah satu kontributor polutan konvensional dan gas rumah kaca (GRK) sektor transportasi adalah dari sektor transportasi laut. Menurut perkiraan, sektor transportasi laut menyumbang emisi GRK sebesar 3% (Helfre et al, 2013). Lebih jauh emisi dari kapal yang sedang dalam proses docking di pelabuhan mencapai 10 kali dari emisi operasi pelabuhan itu sendiri ((Habibi & Rehmatulla, 2009). Untuk itu reduksi emisi dari sektor transportasi laut menjadi penting untuk dilakukan. Beberapa kajian terkait mitigasi emisi di sektor transportasi laut menunjukkan bahwa strategi mereduksi emisi dapat dibarengi dengan efisiensi energi baik secara murah (*at no cost*) bahkan mendapatkan keuntungan (Faber et

al., 2009 Buhaug et al, 2009). Biasanya kajian terkait emisi sektor transportasi laut terbagi atas dua kategori yaitu: kajian yang mengestimasi potensi reduksi emisi CO₂ dari sektor transport laut global (Buhaug et al., 2009; Alvik et al., 2010) ataupun kajian terkait aksi mitigasi emisi sektor transportasi laut (Gilbert et al., 2014)

Informasi mengenai emisi dari sektor transportasi laut di Indonesia masih sangat terbatas (Huboyo et al, 2014). Indonesia memiliki pelabuhan laut sejumlah 1240 buah dimana 25 diantaranya merupakan pelabuhan strategis. Pertumbuhan transportasi barang melalui pelabuhan laut selama 10 tahun (1999 – 2009) meningkat sebesar 11% dan menangani 960 juta ton barang (KP 414, 2013). Salah satu

pelabuhan strategis di Indonesia adalah pelabuhan Tanjung Emas Semarang yang berfungsi sebagai pusat atau simpul transportasi dengan skala lokal sampai skala internasional. Pelabuhan Tanjung Emas Semarang yang terletak pada 1100 24'00"BT s/d 1100 26'00" BT dan 060 53'00"LS s/d 060 57'00"LS memiliki fungsi sebagai pelabuhan untuk bongkar muat barang juga sebagai pelabuhan untuk penumpang kapal (KP 475, 2015). Data dari BPS Semarang, pada tahun 2014, jumlah kapal yang berkunjung sejumlah 1,036 kapal, sementara jumlah total bongkar muat didominasi oleh pelayaran samudra (6.6 juta ton) dan pelayaran nusantara (2.8 juta ton).

Dengan tingginya aktivitas pelayaran di pelabuhan Tanjung Mas Semarang, diperkirakan emisi polutan udara yang dihasilkan juga cukup besar. Studi ini ditujukan untuk mengetahui besaran emisi polutan udara dan sebarannya dari aktivitas pelabuhan yaitu dari aktivitas pelayaran dan aktivitas bongkar muat di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang.

METODOLOGI PENELITIAN

Sebagian besar kegiatan merupakan pengumpulan data aktivitas di pelabuhan yang akan mengemisikan polutan udara. Kegiatan meliputi identifikasi sumber, penentuan faktor emisi, kuantifikasi aktivitas dan inventarisasi emisi. Adapun area Pelabuhan Tanjung Mas yang dijadikan kajian ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Area Pelabuhan Tanjung Mas Aktivitas Pelayaran

Aktivitas pelayaran di pelabuhan Tanjung Mas dapat berasal dari pelayaran

samudra dan pelayaran nusantara. Untuk pelayaran rakyat dan non-pelayaran tidak dikalkulasi dalam studi ini. Data operasional kapal di pelabuhan direkapitulasi oleh PT. Pelindo yang menunjukkan jumlah jam akumulasi operasional kapal dalam kurun waktu setahun. Pelaporan kinerja tiap tahun tersebut biasanya dicatat oleh PT. Pelindo yang juga tercatat di Kantor KSOP (Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan).

Selama menunggu dari lego jangkar sampai persetujuan permintaan resmi untuk tambat kapal disebut dalam fase penundaan (*postpone time/PT*). Setelah ada persetujuan untuk tambat, kapal menunggu ditarik kapal pandu (*waiting time/WT*), kemudian kapal ditarik kapal pandu menuju area tambat berada dalam fase *approaching time/AT*. Di fase ini kapal akan mengalami dua mode kecepatan yaitu kecepatan *cruise*, kecepatan *reduced speed zone* (RSZ), dan kecepatan *maneuvering*. Secara detail, pada saat tambat (*berth*) untuk bongkar muat kapal mengalami *iddle time*, *effective time* dan *not operating time* seperti terlihat pada **Gambar.2**.

Pendekatan formula perhitungan estimasi polutan sebagai berikut:

$$E = P \times LF \times A \times EF$$

dimana :

E = Emisi (gram/tahun)

P = Max Continuous Rated Power (kilowatts, kW) yaitu daya mesin terpasang

LF = Load Factor (%) yaitu daya kapal pada penggunaan masing-masing model operasional

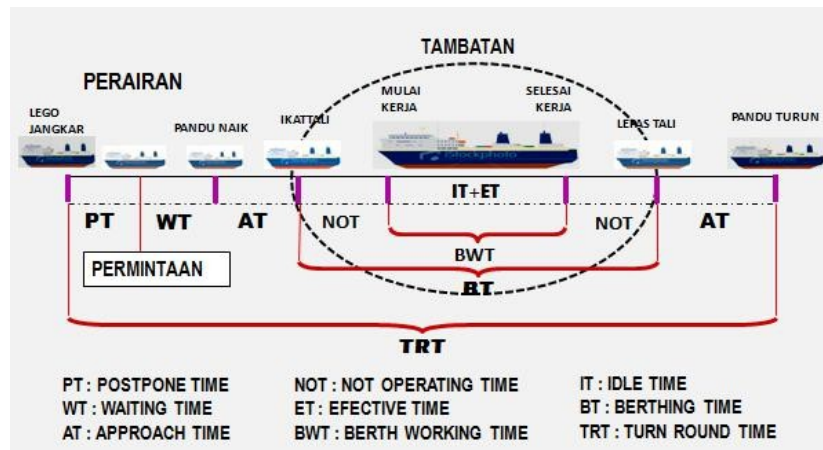
A = Kegiatan (jam/tahun); yaitu durasi untuk setiap model operasional total dalam 1 tahun

EF = Faktor Emisi (g/kW-jam)

Sedangkan daya daya total mesin (kW) merupakan gabungan load factor mesin induk dan mesin bantu kapal dan diformulasikan sebagai:

$$([\text{mesin induk (HP)} \times \text{load factor}] + [\text{mesin bantu (HP)} \times \text{load factor}]) \times 0.75$$

Data load factor kapal dapat dicari dari data sekunder yang dihubungkan dengan tipikal aktivitas gerak kapal di pelabuhan.



Gambar 2. Identifikasi Aktivitas di Pelabuhan

Aktivitas Bongkar Muat

Aktivitas bongkar muat menghasilkan emisi dari mesin bantu saja dengan asumsi bahwa mesin induk dimatikan apabila peralatan bongkar muat digunakan dari kapal. Namun secara umum peralatan bongkar muat dilakukan oleh pihak operator pelabuhan (PT. Pelindo) jadi aktivitas peralatan bongkar muat dari PT. Pelindo yang digunakan dalam perhitungan emisi aktivitas bongkar muat. Secara umum formula untuk menghitung emisi bongkar muat sebagai berikut:

$$\text{Emisi polutan} = \sum \text{Konsumsi Bbf} \times \text{Faktor Emisi}$$

Emisi

\sum = Jumlah konsumsi bahan bakar jenis f, Faktor emisi: Faktor emisi polutan bahan bakar jenis f

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk pelabuhan Tanjung Mas jumlah kunjungan kapal dan nilai GT nya dapat dilihat pada **Tabel 1**. Armada kapal yang masuk ke pelabuhan biasanya tercatat nilai GT (Gross Tonnage). Karena faktor emisi kapal menggunakan daya mesin dalam kW, maka perlu perubahan nilai GT kapal dengan kW untuk Power Engine-nya. Demikian pula dengan daya mesin bantu nya (*auxiliary engine*) yang juga dikonversi dalam kW. Armada kapal yang masuk ke pelabuhan sangat lah bervariasi, namun dalam perhitungan emisi, data tersebut dirata-ratakan untuk mendapatkan GT rata-rata dan kW mesin utama rata-rata.

Parameter kinerja pelabuhan seperti ditunjukkan pada **Tabel 2** menjadi dasar aktivitas kapal untuk dihitung emisi selama

perjalanan dari proses menunggu (*waiting time/WT*) sampai proses bongkar muat (*berthing time/BT*).

Tabel 1. Jumlah Kunjungan Kapal, GT dan Daya Mesin

Jenis Kapal	Jumlah Kapal (unit)	Rata-rata GT /unit	Daya Mesin Rata-rata (kW)	Daya Mesin Bantu (kW)
Peti Kemas General Cargo	728	16352	7,580	1,599
Bag Cargo Curah Cair	164	4630	2,971	627
BBM Curah Cair	87	644	688	145
Non BBM Curah Cair	213	17999	8,139	1,717
Kering	151	29636	11,785	2,487
Tongkang	133	13259	6,487	1,369
Tongkang	617	2192	1,706	360
Tug Boat Kapal	625	185	273	58
Penumpang	598	5204	3,240	684
PLM	116	208	297	63
Lainnya	69	3219	2,269	479

Sumber: PT.Pelindo III

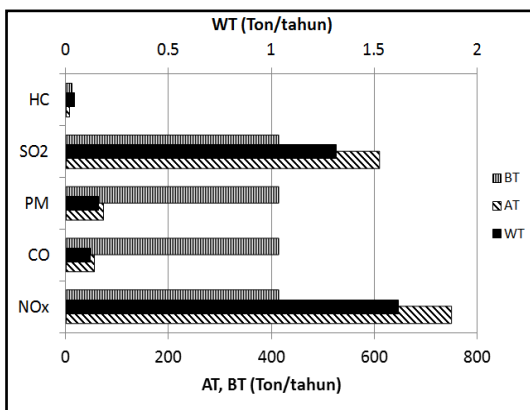
Hasil perhitungan emisi dari kinerja pelabuhan terkait aktivitas pelayaran dapat dilihat pada **Gambar 3**. Konsumsi BBM alat-alat bongkar muat sangat bervariasi dari 109 L/tahun – 666574 L/tahun. Konsumsi BBM ini berasal dari alat crane *rubber tyred gantry (RTG) crane, forklift*, genset, truk tangki BBM, *head truck* dan peralatan bongkar muat lainnya. Dari hasil koleksi data aktivitas tingkat konsumsi BBM per tahun, maka didapat rekapitulasi emisi polutan udara seperti tercantum pada **Tabel 3**. Faktor emisi yang digunakan dalam perhitungan ini mengadopsi dari ICF-USEPA (2009) yang menghubungkan aktivitas transportasi dengan emisi.

Tabel 2. Parameter Kinerja Pelabuhan

Jenis Kapal	2016 (jam)		
	WT	AT	BT
Peti Kemas	0.090	0.715	11.205
General Cargo	0.150	0.695	59.765
Bag Cargo	0.150	0.695	59.765
Curah Cair BBM	0.165	0.785	50.910
Curah Cair Non BBM	0.165	0.785	50.910
Curah Kering	0.320	0.8	103.735
Tongkang	0.320	0.8	103.735
Tug Boat		0.754	
Kapal Penumpang	0.075	0.55	11.045
PLM	0.075	0.55	11.045
Lainnya	0.075	0.55	11.045

Sumber: PT.Pelindo III

Keterangan: WT= *waiting time*, AT= *approaching time*, BT= *berthing time*



Gambar 3. Emisi Terkait Aktivitas Pelayaran

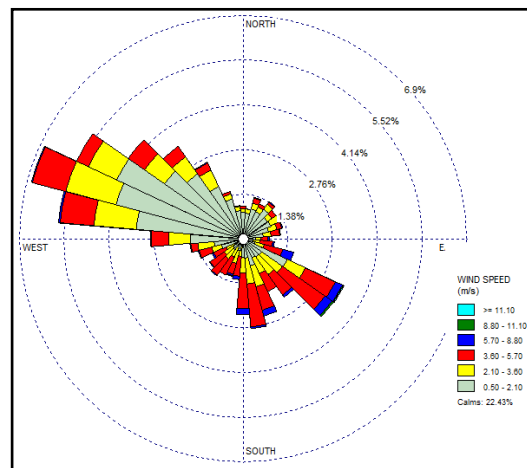
Tabel 3. Beban Emisi Polutan dari Aktivitas Bongkar Muat Transportasi Laut

Nama Alat	Beban emisi (ton/tahun)					
	CO2	NOX	PM	SOx	HC	CO
RTG SUMITOMO 01-08 NO. 01	1.93	2.60	0.56	3.64	0.26	1.04
RTG KALMAR 16 - 19	1.01	1.37	0.29	1.91	0.14	0.55
FORKLIFT DIESEL	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
GENSET	0.05	0.07	0.01	0.09	0.01	0.03
TRUK TANGKI BBM-PMK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HT KALMAR NO. 166-175	0.23	0.32	0.07	0.45	0.03	0.13
	3.23	4.36	0.94	6.11	0.44	1.75

Emisi sektor transportasi laut di pelabuhan terbesar dari aktivitas pelayaran

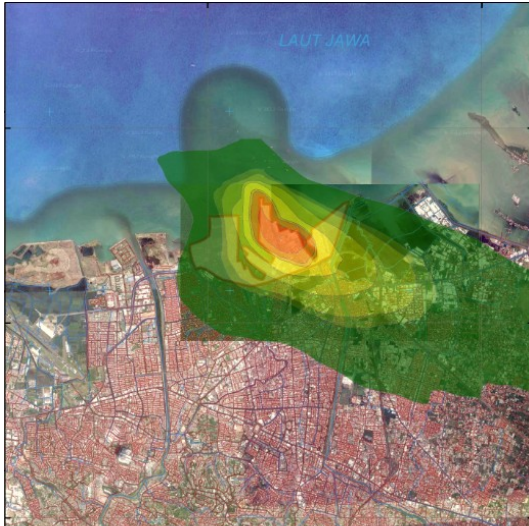
yaitu sewaktu kapal mendekati ke pelabuhan (*approaching time*) diikuti oleh aktivitas mesin bantu saat bongkar muat. Sedangkan aktivitas bongkar muat di darat cukup kecil menghasilkan polutan dibandingkan aktivitas pelayaran kapal, dimana nilainya paling tinggi 1% dari aktivitas pelayaran kapal. Hal ini mengindikasikan apabila akan melakukan mitigasi emisi polutan yang efektif.

Arah angin dominan di Semarang adalah dari Barat Laut dan Tenggara seperti terlihat pada **Gambar 4**. Sesuai dengan arah angin dominan ini, maka sebaran emisi pelabuhan berdasar hasil pemodelan dengan AERMOD View terlihat juga kepulan polutan dari aktivitas crane cenderung mengarah ke Tenggara **Gambar 5**. Di wilayah Tenggara ini terdapat pemukiman yang padat di daerah Pedurungan dan Tlogosari. Konsentrasi tertinggi terjadi di area pelabuhan itu sendiri. Kondisi sedikit berbeda terjadi pada sebaran emisi dari aktivitas pelayaran **Gambar 6**.

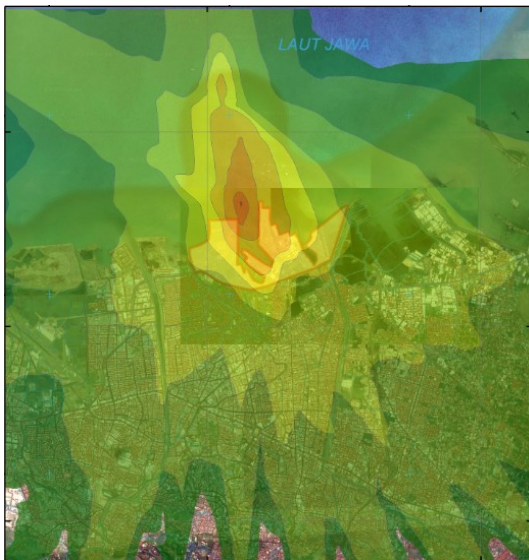


Gambar 4. Arah Angin Dominan Selama Setahun

Terlihat sesuai **Gambar 6**, sebaran emisi polutan relatif merata ke seluruh kota. Besarnya emisi dari aktivitas pelayaran membuat perlu penanganan untuk mitigasi emisinya. Beberapa program yang pernah dirancang Kementerian Perhubungan untuk mengurangi emisi antara lain: efisiensi energi kapal, peremajaan kapal dan penggunaan Telkompel (*telekomunikasi pelabuhan*) dalam rangka efisiensi bahan bakar.



Gambar 5. Sebaran Emisi NOx dari Aktivitas Crane Pelabuhan Tanjung Mas



Gambar 6. Sebaran Emisi NOx Aktivitas Pelayaran Pelabuhan Tanjung Mas

KESIMPULAN

Hasil inventarisasi beban emisi dari aktivitas transportasi laut di pelabuhan didominasi oleh aktivitas pelayaran dalam pelabuhan yaitu pada saat *approaching time* disusul oleh aktivitas saat lego jangkar (*waiting time*). Aktivitas bongkar muat hanya berkontribusi 1% dari aktivitas pelayaran dan lego jangkar.

Sebaran emisi polutan udara aktivitas bongkar muat cenderung mengarah ke Barat Laut-Tenggara, sementara sebaran emisi dari aktivitas pelayaran cenderung merata ke sebagian besar area Semarang kawasan tengah dan Utara.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Aditya Wicaksono yang telah membantu dalam pemodelan dengan AERMOD View.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvik S, Eide M.S, Endresen Ø, Hoffmann P, Longva T. 2010. Pathways to Low Carbon Shipping-Abatement Potential Towards 2030, DNV, Editor. Høvik.
- BPS, Semarang Dalam Angka. 2015. Jumlah Kunjungan Kapal dan Barang di Pelabuhan Tanjung Mas, Semarang.
- Buhaug, Ø., Corbett, J.J., Endresen, Ø., Eyring, V., Faber, J, 2009. Second IMO GHG Study 2009. International Maritime Organization (IMO), London, UK.
- Faber, J. et al, 2009. Technical Support for European Action to Reducing Greenhouse Gas Emissions from International Maritime Transport. CE Delft, NY, pp.353.
- Gilbert, P., 2014. From reductionism to systems thinking: how the shipping sector can address sulphur regulation and tackle climate change. *Marine Policy* 43, 376–378.
- Habibi, M., & Rehmatulla, N. 2009. Carbon emission policies in the context of the shipping industry. CASS Business School: City University, London.
- Helfre J.F., Boot P.A.C., 2013. Emission reduction in the shipping industry: regulations, exposure and solutions, *Sustainlytics*.
- Huboyo, H.S, Risdianto O.R, 2014. Kajian Penurunan Emisi Pada Sub Sektor Transportasi Laut, Dirjen Perhubungan Laut, Kementerian Perhubungan
- ICF International for U.S. Environmental Protection Agency. 2009. Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-Related Emission Inventories, Final Report
- Keputusan Menteri Perhubungan No. KP 414 2013. tentang Rencana Induk Pelabuhan Nasional (RIPN)
- Keputusan Menteri Perhubungan No. KP 475 ,2015. tentang Penetapan Alur Pelayaran, Sistem Rute, Tata Cara Berlalu Lintas dan Daerah Labuh Kapal Sesuai Dengan Kepentingannya di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang
- Pelindo III. 2016 Data Operasional Kinerja Pelabuhan Tanjung Emas Semarang