



INVENTARISASI EMISI GAS RUMAH KACA (CO₂) DAN POLUTAN UDARA (NO_x, SO_x, HC, CO, dan PM₁₀) BESERTA DISPERSINYA MENGGUNAKAN SOFTWARE AERMOD PADA SEKTOR TRANSPORTASI NON ROAD DI KOTA SEMARANG

Ulfiati Khasanah *), **Haryono Setyo Huboyo**)**, **Pertiwi Andarani**)**

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, S H Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

email : ulfiatikhasanah@gmail.com

Sektor transportasi *non road* di Kota Semarang mempunyai kontribusi dalam menurunkan kualitas udara di Kota Semarang. Transportasi *non road* sendiri terdiri dari kereta api, pesawat udara, dan kapal laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya emisi dan dispersi gas seperti NO_x, SO_x, HC, CO, PM₁₀, dan CO₂. Beban emisi dihitung menggunakan factor emisi CORINAIR untuk kereta dan pesawat udara, dan factor emisi ICF untuk kapal laut.

Hasil yang didapatkan dari perhitungan total beban emisi dari sumber kereta api antara lain NO_x mencapai 77,62 ton/tahun; SO_x mencapai 0,713 ton/tahun, HC mencapai 65,6 ton/tahun, CO mencapai 15,4 ton/tahun, PM₁₀ mencapai 2,9 ton/tahun, dan CO₂ mencapai 4.551,669 ton/tahun. Untuk beban emisi dari sumber pesawat udara antara lain NO_x mencapai 568,45 ton/tahun, HC mencapai 33,51 ton/tahun, CO mencapai 424,98 ton/tahun, PM₁₀ mencapai 59,39 ton/tahun, dan CO₂ mencapai 8.4475,98 ton/tahun. Untuk total beban emisi kapal laut antara lain NO_x mencapai 568,45 ton/tahun, SO_x mencapai 493,83 ton/tahu, HC mencapai 18,83 ton/tahun, CO mencapai 45,37 ton/tahun, PM₁₀ mencapai 2,84 ton/tahun, dan CO₂ mencapai 84.475,98 ton/tahun. Setelah didapatkan beban emisi pada tiap sektor, dilakukan pengolahan data pada sumber kereta api dan kapal laut dengan menggunakan AERMOD untuk mengetahui persebaran emisi di Kota Semarang. Emisi sumber kereta api tersebar di Kota Semarang dengan beban emisi tinggi berada di Kecamatan Genuk, Gayam Sari, Semarang Timur, Semarang Tengah, Semarang Barat, Tugu, dan Semarang Utara. Sedangkan emisi sumber kapal laut tersebar di Kota Semarang dengan beban emisi tertinggi berada di Kecamatan Semarang Timur, Semarang Utara, dan Gayamsari.

Kata Kunci : *Inventarisasi Emisi, Pencemar Udara Konvensional, Gas Rumah Kaca, Permodelan Aermody*

ABSTRACT

The non-road transportation sector in Semarang City has contributed in lowering the air quality in Semarang City. The non-road transport itself consists of trains, aircraft, and ships. This study aims to determine the amount of emissions and gas dispersions such as NO_x, SO_x, HC, CO, PM₁₀, and CO₂. Emission are calculated using CORINAIR emission factors for trains and aircraft, and ICF emission factors for ships.

The results obtained from the calculation of the total emission load from the source of trains are NO_x reached 77.62 tons / year; SO_x reached 0.713 tons / year, HC reached 65.6 ton / year, CO reaches 15.4 tons / year, PM₁₀ reaches 2.9 tons / year, and CO₂ reaches 4,551,669 tons / year. Emission loads from aircraft sources such as NO_x reach 568.45 tons / year, HC reached 33.51 tons / year, CO reached 424.98 tons / year, PM₁₀ reached 59.39 tons / year, and CO₂ reached 8.4475.98 tons / year. For total emission load ships, among others, NO_x reached 568.45 tons / year, SO_x reached 493.83 tons / know, HC reached 18.83 tons / year, CO reached 45.37 tons / year, PM₁₀ reached 2.84 tons / year, and CO₂ reached 84,475.98 tons / year. After obtaining emission load in each sector, emission value on rail and ship source using AERMOD is used to know the emission dispersion in Semarang City. Emission of railway source spread in Semarang City with high emission load are in Genuk, Gayam Sari, East Semarang, Semarang Tengah, West Semarang, Tugu, and North Semarang. While the emission of ships resources spread in Semarang City with the high emission loads are in East Semarang, North Semarang, and Gayamsari.

Keywords: Emissions Inventory, Conventional Air Pollution, Greenhouse Gases, Modeling Aermody

PENDAHULUAN

Transportasi atau pengangkutan merupakan bidang kegiatan yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat Indonesia. Kebutuhan transportasi yang meningkat menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran udara. Menurut Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999, pencemaran udara didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu sehingga menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Berdasarkan sumber pencemar udaranya, transportasi dibagi menjadi transportasi on road (moda transportasi di jalan raya) dan transportasi non-road (pesawat terbang, kapal laut, dan kereta api). Sektor transportasi non road merupakan bagian penting dalam transportasi di Kota Semarang mengingat transportasi ini adalah transportasi massal yang mempunyai jarak tempuh jauh. Terdapat beberapa transportasi non road di Kota Semarang antara lain kereta api di Stasiun Tawang dan Poncol, pesawat terbang di Bandara Achmad Yani, dan kapal laut di Pelabuhan Tanjung Mas.

Pencemaran udara oleh parameter konvensional dapat berupa NO_x, SO_x, HC, CO, HC, dan PM₁₀. Sedangkan pemanasan global didefinisikan sebagai meningkatnya suhu permukaan bumi oleh gas rumah kaca seperti CO₂. Menurut Sa'uddin dan M. Pramono (2015), jumlah emisi dari sektor non road memberikan kontribusi yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan transportasi on road. Meskipun sektor transportasi non road mempunyai kontribusi yang jauh lebih kecil dibanding transportasi on road, dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh transportasi non road terhadap pencemaran

udara di Kota Semarang karena terdapat kontribusi penurunan kualitas udara Kota Semarang.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 pasal 6 ayat 4 memuat ketentuan mengenai diperlukannya kegiatan inventarisasi sumber pencemar udara atau yang disebut dengan inventarisasi emisi (IE). Salah satu kegunaannya adalah untuk menghitung beban emisi dan dijadikan dasar atau baseline bagi satu kota untuk menentukan target penurunan beban dengan cara yang lebih efektif dan tepat sasaran. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan inventarisasi emisi dalam semua sektor yang memberi andil dalam penurunan kualitas udara di Kota Semarang, salah satunya transportasi non road.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diambil dari instansi-instansi di Kota Semarang, seperti PT. KAI DAOP IV, PT. Pelindo III, dan PT. Angkasa Pura. I. Data primer yang dibutuhkan yaitu konsentrasi CO dari sektor kereta api untuk validasi. Pengambilan data primer dilakukan dengan pengukuran secara langsung.

Pelaksanaan Tugas Akhir adalah 6 bulan dimulai pada tanggal 1 Desember 2017 sampai dengan 31 Mei 2018. Jangka waktu pengambilan data dimulai dari bulan Januari 2018 kemudian diolah menggunakan Tier 2.

Teknik pengerjaan penelitian meliputi tiga tahap utama, yaitu tahap pelaksanaan dan tahap analisa data.

1. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan dilakukan beberapa kegiatan, seperti mencari dan mempelajari literature, jurnal, dan buku terkait dengan emisi pencemar udara konvensional dan gas rumah kaca pada sektor transportasi *non road* dan membuat surat izin permintaan data kepada instansi

terkait seperti PT. KAI DAOP IV, PT. Pelindo III, dan PT. Angkasa Pura I.

2. Tahap Pelaksanaan

Pada tahap pelaksanaan penelitian dibagi menjadi beberapa tahap, seperti pengumpulan data primer untuk mendapatkan konsentrasi CO pada sumber kereta api dan permintaan data sekunder ke instansi terkait dengan data yang dibutuhkan.

3. Analisis Data

Perhitungan emisi dari semua sumber transportasi *non road* yaitu kereta api, pesawat udara, dan kapal laut. Langkah-langkah penyusunan emisi sumber bergerak *non-road* adalah sebagai berikut:

A. Menghitung Beban Emisi Sumber Kereta Api

Terdapat dua stasiun di Kota Semarang, yaitu Stasiun Poncol dan Stasiun Tawang. Jenis angkutan kereta di Semarang terdiri dari angkutan barang dan angkutan penumpang. Untuk beban emisi pada kereta api digunakan metode Tier 2, dengan perhitungan sebagai berikut (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2013):

$$E = R \times FE \text{ (tanpa pengendalian)} \times (100 - C) / 100 \quad (1)$$

Dimana:

E : Emisi

R : tingkat aktivitas (misalnya, jumlah materi yang diproses)

FE : faktor emisi, dengan asumsi tanpa pengendalian

C : efisiensi peralatan pengendali (%)

C : 0, jika tidak terpasang peralatan pengendali

Pada perhitungan ini, diasumsikan tidak ada alat pengendali dan factor emisi menggunakan factor emisi Corinair.

Tabel 1. Faktor Emisi Sumber Kereta Api

Tipe Lokomotif	Faktor Emisi (kg/ton)					
	NO _x	SO _x	HC	PM ₁₀	CO	CO ₂
Line-haul	63	=2 x %5 x Fcm	4,8	1,2	18	3140
Shunting	54,4	=2 x %5 x Fcm	4,6	2,1	10,8	3190
Rail Cars	39,9	=2 x %5 x Fcm	4,7	1,1	10,8	3140

Sumber : CORINAIR table 1.A.3.c Railways GB, 2009

Kereta api jenis angkutan barang dan angkutan penumpang diasumsikan adalah tipe lokomotif jenis *shunting*. Tingkat aktivitas yang dicari adalah jumlah konsumsi bahan bakar pada wilayah administrasi Semarang. Untuk lokomotif CC, nilai konsumsi bahan bakarnya adalah 2,5 l/km (Kementerian ESDM, 2010).

B. Menghitung Beban Emisi Sumber Pesawat Udara

Untuk beban emisi pada pesawat udara digunakan metode Tier 2, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$E = R \times FE \text{ (tanpa pengendalian)} \times (100 - C) / 100 \quad (2)$$

Dimana:

E : Emisi

R : tingkat aktivitas

FE : faktor emisi, dengan asumsi tanpa pengendalian

C : efisiensi peralatan pengendali (%)

C : 0, jika tidak terpasang peralatan pengendali

Pada perhitungan ini, diasumsikan tidak ada alat pengendali dan faktor emisi menggunakan factor emisi Corinair.

Tabel 2. Faktor Emisi Sumber Pesawat Udara

Jenis Pesawat	Faktor Emisi (kg/LTO)					
	NO _x	SO _x	HC	PM ₁₀	CO	CO ₂
Airbus 320	10,8	17,6	2,527	1,7	0,8	0,009
Airbus 330	36,1	21,5	7,029	1,9	2,2	0,19
ATR 72-500	1,82	2,33	620	0,5	0,2	0,07
Boeing 737	8,3	11,8	2600	0,6	0,8	0,07
Boeing 767	26	6,1	5094	0,8	1,6	0,15

Sumber : CORINAIR Tabel 1.A.3.a Aviation GB 2009 update Dec 2010

Tingkat aktivitas yang diperhitungkan adalah jumlah LTO (*Landing-Take Off*) yang dilakukan oleh setiap jenis dan tipe (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2013).

A. Menghitung Beban Emisi Sumber Kapal Laut

Perhitungan beban emisi untuk kapal laut dihitung dengan persamaan dari ICF sebagai berikut:

$$E = P \times LF \times A \times EF \quad (3)$$

Dimana:

E : Emisi (g)

P : *Maximum Continous Rating Power* (Kw)

LF : *Load factor*

A : Aktivitas (jam)

EF : Faktor emisi (g/kWh)

Tabel 3. Faktor Emisi Sumber Kapal Laut

Semua Kategori Kapal	Fator Emisi, g/kWh					
	Nox	CO	PM10	SO2	HC	CO2
Mesin Utama	18.10	1.40	1.42	10.29	0.60	620.62
Mesin Tambahan	14.70	1.10	1.44	11.98	0.40	722.54

Sumber: USEPA – ICF, 2009, *Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-Related Emission Inventories*

Terdapat tiga fase yang diperhitungkan dalam perhitungan emisi sumber kapal laut, yaitu WT (*Waiting Time*), AT (*Approaching Time*), BT (*Berthing Time*). Pada fase WT dan BT, mesin yang digunakan adalah mesin bantu atau tambahan. Sedangkan pada fase AT, mesin yang dipergunakan adalah mesin induk atau utama dan mesin bantu atau tambahan. Mesin utama digunakan untuk menggerakkan kapal agar berjalan, sedangkan mesin tambahan adalah kekeluruhan mesin di dalam kapal yang kecuali mesin induk dan ketel.

B. Memodelkan Persebaran Emisi Menggunakan *Software Aermod*

Hasil perhitungan emisi sumber kereta api dan kapal laut kemudian dimodelkan menggunakan *Aermod*. data-data yang dibutuhkan untuk permodelan ini adalah titik koordinat, area reseptor, beban emisi dalam g/s, kontur, dan data meteorologi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Beban Emisi Sumber Kereta Api

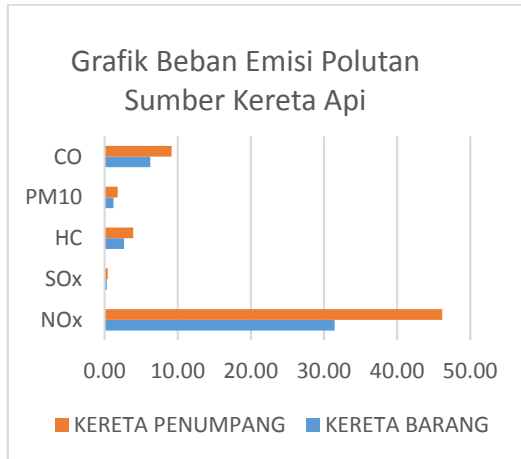
Emisi dari kereta api berasal dari pembakaran solar oleh mesin diesel. Beban emisi dari sektor kereta api di Stasiun Poncol dan Stasiun Tawang dilakukan dengan menghitung konsumsi bahan bakar oleh kereta api yang melewati wilayah administrasi Kota Semarang. Beban emisi sektor kereta api di Kota Semarang dapat dilihat pada Tabel 4. Berikut.

Tabel 4. Beban Emisi Sumber Kereta Api

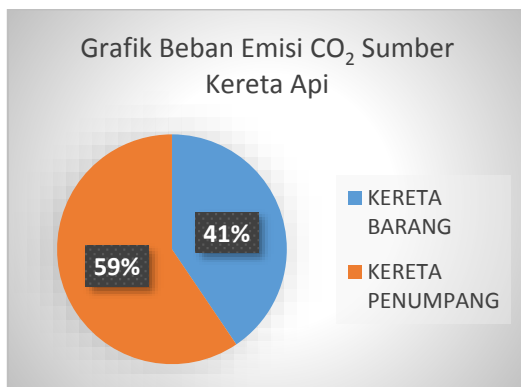
Polutan	Kereta Barang (ton/tahun)	Kereta Penumpang (ton/tahun)	Total (ton/tahun)
NOx	31,46	46,16	77,62
SOx	0,29	0,42	0,71
HC	2,66	3,90	6,56
PM ₁₀	1,21	1,78	3
CO	6,25	9,16	15,41
CO ₂	1844,88	2706,82	4551,70

Dari dua tipe angkutan kereta yang beroperasi, kereta penumpang mempunyai nilai beban emisi yang lebih besar dari semua parameter. Hal tersebut dikarenakan lebih besarnya jumlah lokomotif dan jam operasional kereta jenis angkutan penumpang dibandingkan dengan kereta jenis angkutan barang. CO₂ dan NOx mempunyai nilai paling tinggi dibandingkan dengan parameter yang lain.

Berikut ditampilkan beban emisi tiap parameter dari sumber kereta api.



Gambar 1. Beban Emisi Polutan Sumber Kereta Api



Gambar 2. Beban Emisi CO₂ Sumber Kereta Api

B. Perhitungan Beban Emisi Sumber Pesawat Udara

Dari hasil perhitungan. Maskapai Penerbangan Garuda mempunyai emisi paling besar pada hampir parameter dibandingkan dengan 11 maskapai penerbangan lain. Hal tersebut dikarenakan maskapai Garuda mempunyai jumlah pesawat yang lebih banyak dengan tipe pesawat B737 yang mempunyai faktor emisi lebih tinggi apabila dibandingkan dengan tipe yang lain. Sedangkan Kalstar mempunyai nilai emisi paling sedikit dibandingkan dengan maskapai yang lain.

Berikut merupakan beban emisi *landing* di Bandara Internasional Ahmad Yani

Tabel 5 Beban Emisi *Landing* di Bandara Internasional Ahmad Yani

JENIS PESAWAT	BEBAN EMISI (TON/TAHUN)					
	CO ₂	NO _x	CO	HC	SO ₂	PM ₁₀
GARUDA	9882,7	31,49	44,67	2,41	3,04	0,28
SRIWIJAYA	3577,6	11,42	16,24	0,83	1,10	0,10
NAM AIR	287436	9,15	12,98	0,71	0,89	0,08
BATIK AIR	4807,4	15,35	21,82	1,11	1,48	0,13
LION AIR	8759,4	27,96	39,75	2,02	2,70	0,23
TRIGANA AIR	949	3,03	4,31	0,22	0,29	0,02
WINGS AIR	1623,78	4,77	6,10	1,31	0,52	0,18
KALSTAR	290,78	0,85	1,09	0,23	0,09	0,03
CITILINK	5096,959	21,78	35,50	3,43	1,61	0,18
AIR ASIA	1844,71	7,88	12,85	1,24	0,58	0,06
SILK AIR	2393,069	10,23	16,67	1,61	0,76	0,08
TOTAL	42099,76	143,92	211,98	15,12	13,07	1,41

Beban Emisi *Take Off* mempunyai jumlah total yang tidak jauh berbeda dari beban emisi *Landing* dikarenakan kedua jadwal aktivitas penerbangan tersebut hampir serupa dengan hasil perhitungan yaitu Maskapai Penerbangan Garuda mempunyai emisi paling besar pada hampir semua parameter dibandingkan dengan 11 maskapai penerbangan lain.

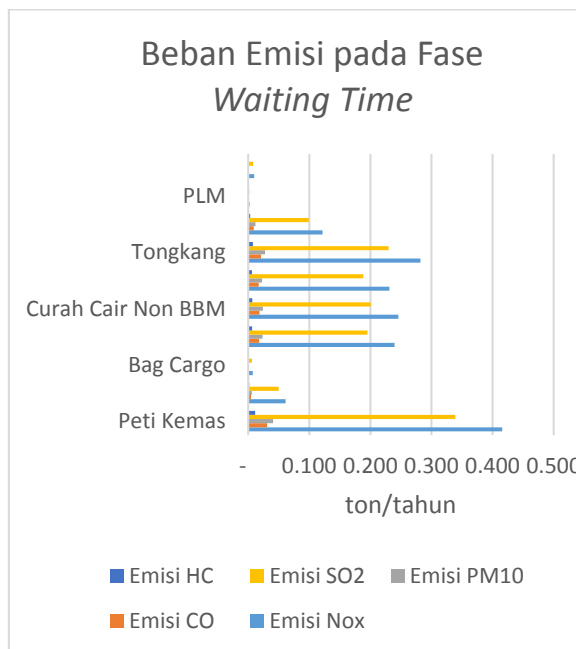
Tabel 6 Beban Emisi *Take Off* di Bandara Internasional Ahmad Yani

JENIS PESAWAT	CO ₂	NO _x	CO	HC	SO ₂	PM ₁₀
GARUDA	9882,7	31,49	44,67	3,38	3,04	0,28
SRIWIJAYA	3577,6	11,42	16,23	1,18	1,10	0,10
NAM AIR	2914,04	9,27	13,13	1,02	0,90	0,09
BATIK AIR	4807,4	15,34	21,82	1,59	1,48	0,13
LION AIR	8759,4	27,96	39,75	2,90	2,69	0,23
TRIGANA AIR	949	3,03	4,30	0,31	0,29	0,02
WINGS AIR	1584,1	4,65	5,95	1,28	0,51	0,18
KALSTAR	559,86	1,64	2,10	0,45	0,18	0,06
CITILINK	5100,99	21,78	35,49	3,43	1,61	0,18
AIR ASIA	1846,17	7,88	12,84	1,24	0,58	0,06
SILK AIR	2394,96	10,23	16,67	1,61	0,75	0,08
TOTAL	42376,23	144,71	212,99	18,39	13,16	1,44

C. Perhitungan Beban Emisi Sumber Kapal Laut

1. *Waiting Time (WT)*

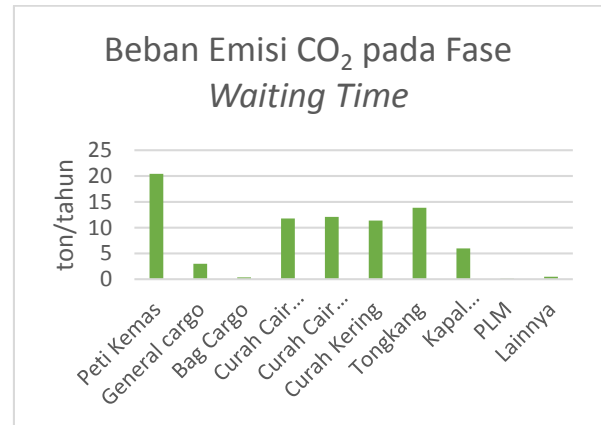
Menurut (Hermaini Wibowo, 2010) waktu tunggu (*waiting time*) kapal untuk merapat adalah waktu tunggu yang dikeluarkan oleh Kapal untuk menjalani proses kegiatan di dalam area perairan Pelabuhan, bertujuan untuk mendapatkan pelayanan sandar di Pelabuhan atau Dermaga, guna melakukan kegiatan bongkar dan muat barang di suatu Pelabuhan. Ketika kapal mengalami *waiting time*, mesin yang bekerja adalah mesin bantu karena kapal tidak mengalami *cruise* atau perpindahan. Gambar 3 memperlihatkan beban emisi yang dikeluarkan kapal dari fase *waiting time*.



Gambar 3. Beban Emisi Polutan Sumber Kapal Laut Fase *Waiting Time*

Jumlah kapal yang beroperasi tiap tahun dan nilai Gross Tonage yang tinggi menyebabkan kapal mempunyai beban emisi yang tinggi. Beban emisi paling banyak berturut-turut berasal dari Kapal Petikemas, Tongkang, dan Curah Cair Non BBM. Sedangkan PLM, bag cargo, dan kapal kategori lainnya mempunyai nilai beban emisi paling rendah. CO₂, NO_x, dan

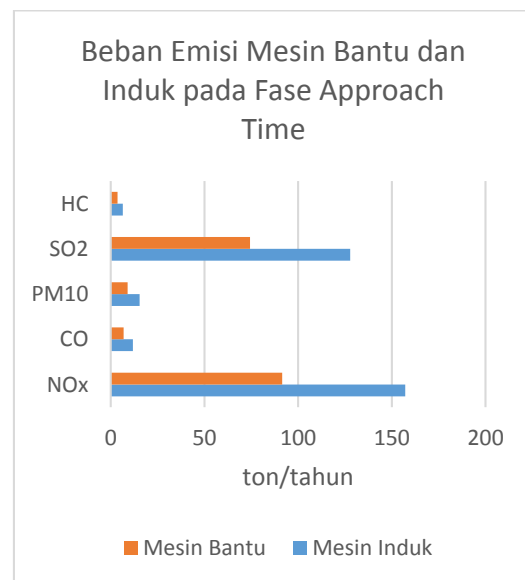
SO₂ mempunyai nilai emisi paling besar dari parameter yang diukur yaitu HC, SO₂, PM₁₀, CO, NO_x, dan CO₂.



Gambar 4. Beban Emisi CO₂ Sumber Kapal Laut Fase *Waiting Time*

2. *Approach Time (AT)*

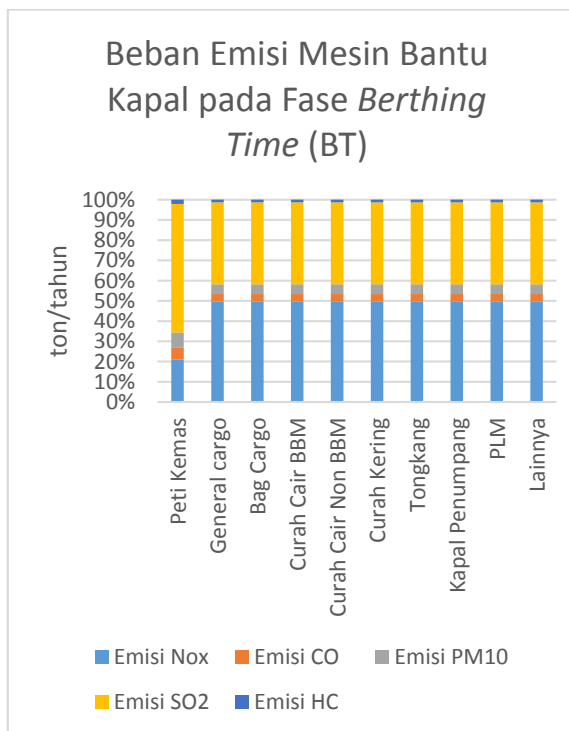
Beban emisi *Approaching Time (AT)* dihitung ketika kapal bergerak dari lokasi lego jangkar sampai ikat tali di tambatan. Pada fase ini, emisi berasal dari mesin induk dan mesin bantu. Mesin induk digunakan untuk menghasilkan daya dorong terhadap kapal sehingga menimbulkan gerakan, sedangkan mesin bantu adalah keseluruhan mesin yang ada di atas kapal kecuali mesin induk dan ketel. Kapal mengalami 3 kondisi ketika pada fase ini, yaitu *cruise*, RSZ (Reduced Speed Zone), dan *manuever*.



Gambar 5. Grafik Beban Emisi Mesin Bantu dan Induk pada fase Approaching Time

3. Berthing Time

Emisi Berthing Time (BT) dihitung sejak kapal tambat sejak first line sampai last line. Aktivitas Berthing Time (BT) menggunakan mesin kapal bantu karena tidak terjadi pergerakan pada kapal sehingga tidak perlu mesin induk dalam pengoperasiannya. Gambar 6. memperlihatkan beban emisi mesin bantu kapal dari fase Arriving Time (AT).

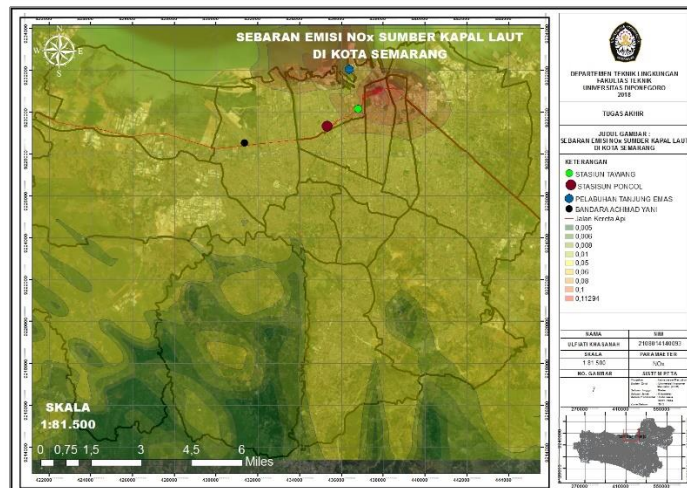


Gambar 6. Grafik Beban Emisi Mesin Bantu Kapal pada Fase Berthing Time (BT)

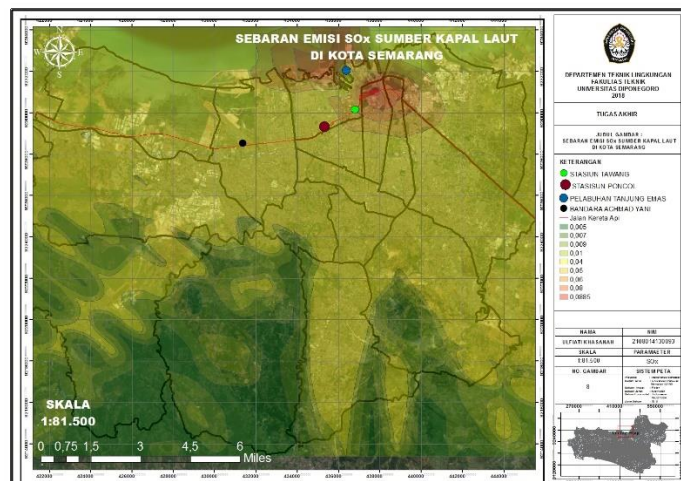
D. Dispersi Udara Sumber Kereta Api dan Kapal Laut

Dari hasil permodelan, emisi sumber kereta api tersebar di Kota Semarang dengan beban emisi tinggi berada di Kecamatan Genuk, Gayam Sari, Semarang Timur, Semarang Tengah, Semarang

Barat, Tugu, dan Semarang Utara. Daerah dengan konsentrasi tertinggi berada di wilayah Mangkangwetan, Karanganyar, dan Tambakrejo. Info grafis persebaran emisi sektor kereta api dapat dilihat pada gambar 6.



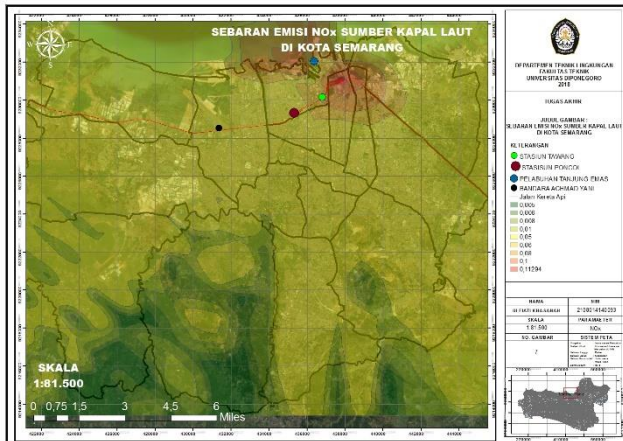
Gambar 6. Penyebaran Emisi NOx Sumber Kereta Api Tahun 2017



Gambar 7. Penyebaran Emisi SOx Sumber Kereta Api Tahun 2017

Sedangkan emisi sumber kapal laut tersebar di Kota Semarang dengan beban emisi tertinggi berada di Kecamatan Semarang Timur, Semarang Utara, dan Gayamsari. Dan konsentrasi tertinggi

berada di Kawasan Pelabuhan Tanjung Emas.



Gambar 8. Penyebaran Emisi NOx Sumber Kapal Laut Tahun 2017

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan kesimpulan sebagai berikut: Pada sektor kereta api, beban emisi Sox adalah 0,713 ton/tahun, beban emisi NOx adalah 77,62 ton/tahun, beban emisi HC adalah 6,56 ton/tahun, beban emisi PM₁₀ adalah 2,9 ton/tahun, dan CO₂ adalah 4551,669 ton/tahun.

Pada sektor transportasi udara beban emisi NOx adalah 568,45 ton/tahun, beban emisi CO adalah 45,37 ton/tahun, beban emisi PM₁₀ adalah 59,39 ton/tahun; beban emisi SO₂ adalah 493,83 ton/tahun; beban emisi CO₂ adalah 28611,39 ton/tahun; beban emisi HC adalah 18,83 ton/tahun

Pada sektor transportasi beban emisi NOx adalah 288,63 ton/tahun, beban emisi CO adalah 424,98 ton/tahun, beban emisi PM₁₀ adalah 2,84 ton/tahun; beban emisi SO₂ adalah 26,22 ton/tahun; beban emisi CO₂ adalah 84475,98 ton/tahun; dan beban emisi HC adalah 33,50 ton/tahun.

Emisi sumber kereta api tersebar di Kota Semarang dengan beban emisi tinggi berada di Kecamatan Genuk, Gayam Sari,

Semarang Timur, Semarang Tengah, Semarang Barat, Tugu, dan Semarang Utara. Sedangkan emisi sumber kapal laut tersebar di Kota Semarang dengan beban emisi tertinggi berada di Kecamatan Semarang Timur, Semarang Utara, dan Gayamsari.

SARAN

Dengan adanya keterbatasan factor emisi yang ada maka penelitian ini perlu dikembangkan untuk parameter lain. Selain itu, diperlukan pengendalian untuk pengendalian emisi CO₂, NOx, dan CO mengingat gas tersebut mempunyai nilai yang tinggi. Perhitungan inventarisasi emisi setiap tahun di juga diperlukan untuk memperbaiki kualitas udara di Kota Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- Canter, L.W. 1996. *Environmental Impact Assessment*. New York: Mc. Graw Hill.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Udara dan Air*. Yogyakarta: Kanisius (hal.89-142)
- Godhish, T., (2004), *Air Quality 4th Edition, Atmospheric Pollution and Pollutants*, Chapter 2 pages 3133 and 49-50, Lewis Publisher IPCC.
2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. Biro Pusat Statistik, 2010. Draf Denpasar dalam Angka 2010. Denpasar.
- Kementerian Lingkungan Hidup, 2013. *Buku I : Pedoman Umum Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara



- Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2012. Kajian Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Transportasi
- Pusparini, M. 2002. *Evaluasi Tingkat Pencemaran Udara Berdasarkan Konsentrasi Udara Ambien di DKI Jakarta. Skripsi. Jurusan Geofisika dan Meteorologi. IPB: Bogor*
- Soedomo dan Moestikahadi. 1999. *Pencemaran Udara*. Bandung: Penerbit ITB.
- Slamet, Juli Soemirat, 2002. *Kesehatan Lingkungan*, Gajahmada University Press, Yogyakarta.
- U.S.EPA. (2005). *Emission Inventory Improvement Program: Preferred and Alternative Methods For Gathering And Locating Specific Emission Inventory Data*. Washington, DC: U.S.EPA
- Wilton, E. 2001. *Good Practice Guide for Preparing Emission Inventory*. Ministry for The Environment - Sustainable Management Fund.