



INVENTARISASI EMISI GAS KONVENSIONAL (NO_x, SO_x, CO, HC,PM) DAN GAS RUMAH KACA (CO₂) DARI INDUSTRI TITIK DAN AREA DENGAN PETA SEBARAN EMISI DI KOTA SEMARANG

Redina Restiani*) Pertiwi Andarani **) Haryono S. Huboyo **)

Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Email: redinares@gmail.com

Abstrak

Aktivitas industri menyumbangkan kontribusi sekitar 15% pada pencemaran udara di kota-kota besar. Meningkatnya jumlah industri yang dimiliki oleh Kota Semarang dapat diperkirakan bahwa pencemaran udara yang dimiliki Kota Semarang juga meningkat. Tingginya pencemaran udara yang dihadapi dapat berakibat buruk bagi lingkungan dan kesehatan makhluk hidup. Karena zat pencemar udara seperti NO_x, SO_x, CO, dan lainnya sebagai produk samping dari aktivitas manusia ataupun alamiah pada tingkat tertentu dapat berakibat negatif. Oleh sebab itu, dibutuhkan inventarisasi emisi untuk mengetahui seberapa besar emisi yang ditimbulkan dari sektor industri dan bagaimana pola dispersi yang dihasilkan dari sumber emisi industri. Inventarisasi emisi pada penelitian ini dibagi menjadi sumber titik dan area. Perhitungan beban emisi menggunakan metode perhitungan hasil uji cerobong dan untuk sumber area menggunakan Sistem IPPS. Beban emisi yang dihasilkan dari inventarisasi emisi Kota Semarang untuk parameter CO sebesar 3448,849 ton/tahun, HC sebesar 2316,465 ton/tahun, NO_x sebesar 488,876 ton/tahun, PM₁₀ sebesar 73,14 ton/tahun, SO₂ sebesar 479,706 ton/tahun, dan CO₂ sebesar 1942963 ton/tahun. AERMOD adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan sebagai model persebaran emisi dari suatu sumber emisi. Hasil dari permodelan AERMOD didapatkan bahwa arah angin di Kota Semarang didominasi dari arah barat laut dengan kecepatan angin rata-rata adalah 1,8 m/s. Hasil konsentrasi maksimal sebaran emisi dari permodelan AERMOD tidak melebihi baku mutu udara ambien nasional pada Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999

Kata Kunci: Industri, Inventarisasi Emisi, AERMOD, Kota Semarang

Abstract

Industrial activity contributes about 15% to air pollution in big cities. The increasing number of industries in Semarang city can be estimated that air pollution in Semarang city also increase. High air pollution can adversely affect the environment and the health of living things. Because air pollutants such as NO_x, SO_x, CO, and others as byproducts of human or natural activity to some degree can be negative. Therefore, an emission inventory is needed to find out how much emissions are generated from the industrial sector and how the dispersion patterns are generated from industrial emissions sources. The emission inventory in this study is divided into source points and areas. The calculation of emission load using the method of calculation of the chimney test results and for area source using IPPS System. AERMOD is software used as a model for emission deployment from emission sources. The emission load resulting from the inventory of Semarang City emissions for the parameters of CO is 3448,849 ton / year, HC 2316,465 ton / year, NO_x 488,876 ton / year, PM₁₀ 73.14 ton / year, SO₂ 479, 706 ton / year, and CO₂ of 1942963 ton / year. The results of the AERMOD model found that wind direction in Semarang city is dominated from the northwest with an average wind speed of 1.8 m / s. The maximum emission distribution concentration of the AERMOD model does not exceed the national ambient air quality standard in Government Regulation no. 41/1999

Keywords: Industry, Emissions Inventory, AERMOD, Semarang City

I. PENDAHULUAN

Pencemaran udara akibat aktivitas manusia merupakan sumber pencemar yang paling banyak terjadi secara kuantitatif (Soedomo, 2001). Pencemaran udara sangat mudah ditemui di kota-kota besar. Menurut Menteri Negara Lingkungan Hidup Siti Nurbaya yang dilansir pada *detik.com*, Kontribusi pencemaran udara di kota-kota besar 60-70 persen dari kendaraan sebagai penyumbang polusi, 15 persen dari industri dan sisanya dari rumah tangga (Khoiri, 2015).

Inventarisasi emisi adalah mengidentifikasi sumber-sumber pencemar udara dan memperkirakan jumlah spesifik pencemar-pencemar udara yang diemisikan dari satu atau lebih sumber pencemar di dalam suatu wilayah tertentu dan periode waktu tertentu merupakan langkah pertama di dalam pengelolaan kualitas udara (KLH, 2013). Inventarisasi emisi tidak hanya berfungsi sebagai dasar strategi namun juga untuk mengevaluasi status kualitas udara terkait baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah, mengevaluasi efektivitas kebijakan pengendalian pencemaran udara, dan juga sebagai pertimbangan untuk perubahan kebijakan. Inventarisasi emisi pada kota sangat penting untuk mengetahui kualitas udara pada kota tersebut dan dapat menetapkan strategi yang tepat dalam pengelolaan kualitas udara pada kota tersebut.

Kota Semarang pada tahun 2014 memiliki industri besar dan sedang sebanyak 278 industri sedangkan pada tahun 2016 memiliki industri besar dan sedang sebanyak 307 industri. Meningkatnya jumlah industri yang dimiliki oleh Kota Semarang dapat diperkirakan bahwa pencemaran udara yang dimiliki Kota Semarang juga meningkat. Tingginya pencemaran udara yang dihadapi dapat berakibat buruk bagi lingkungan dan kesehatan makhluk hidup. Karena zat pencemar udara seperti NO_x , SO_x , CO, dan lainnya sebagai produk samping dari aktivitas manusia ataupun alamiah pada tingkat tertentu dapat berakibat negatif. Oleh sebab itu, dibutuhkan inventarisasi emisi untuk mengetahui seberapa besar emisi yang ditimbulkan dari sektor industri dan bagaimana pola dispersi yang dihasilkan dari sumber emisi industri. Inventarisasi emisi dilakukan agar dapat

menetapkan strategi yang tepat dalam pengelolaan kualitas udara pada kota.

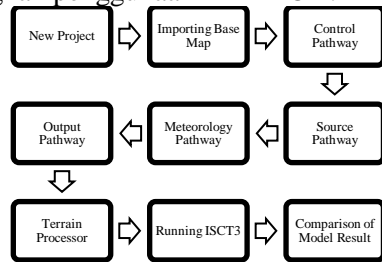
II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dari bulan Januari hingga Februari 2018. Penelitian dilakukan pada 7 Kawasan Industri di Kota Semarang, yaitu Candi, Guna Mekar Indonesia, Wijayakusuma, Tanjung Emas, BSB, Plamongan Sari, dan Terboyo. Penyebaran kuisioner pada tujuh Kawasan Industri tersebut untuk mengetahui data aktivitas industri, yaitu nama industri, jumlah pekerja, dan jenis industri yang ada di kawasan industri tersebut. Kemudian pengukuran CO secara langsung dilakukan pada 4 Kawasan Industri, yaitu Candi, Guna Mekar Indonesia, Wijayakusuma, dan Tanjung Emas. Pengukuran ini dibutuhkan untuk membandingkan hasil permodelan AERMOD dengan keadaan riil.

Analisa data pada penelitian ini terbagi menjadi tiga, yaitu:

1. Melalui data karakteristik cerobong (tinggi cerobong, laju alir emisi, kecepatan luar cerobong, diameter cerobong, temperatur cerobong), data konsentrasi emisi yang dibuang ke lingkungan, dan data faktor emisi, maka dapat diolah perhitungan beban emisi pada sumber industri titik. Berikut adalah langkah-langkah untuk mendapatkan besaran emisi yang didapatkan dari sumber titik:
 - a. Mengidentifikasi sumber titik
 - b. Mengkategorikan sumber titik dan memilih faktor emisi
 - c. Mengumpulkan data aktivitas sumber titik
 - d. Menghitung emisi sumber titik
2. Melalui data jumlah pekerja, data jenis industri, dan faktor *Industrial Pollution Projection System (IPPS)*, maka dapat diolah perhitungan beban emisi pada sumber industri area. Berikut adalah langkah-langkah untuk mendapatkan besaran emisi yang didapatkan dari sumber area:
 - a. Mengidentifikasi sumber area
 - b. Mengkategorikan sumber area dan memilih faktor emisi
 - c. Mengumpulkan data aktivitas sumber area

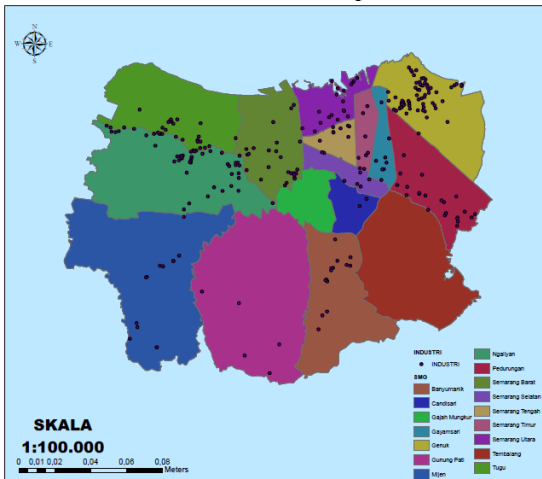
- d. Menghitung emisi sumber area
- Melalui data nama industri, koordinat cerobong, alamat industri, tinggi cerobong, diameter cerobong, kecepatan luar cerobong, temperatur cerobong, beban emisi dari sumber industri titik dan area, peta Kota Semarang, dan AERMOD, maka dapat diolah peta pola dispersi emisi sumber titik dan area industri di Kota Semarang. Berikut adalah langkah-langkah penggunaan AERMOD.



Gambar 2.1 Skema Permodelan AERMOD

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berfokus pada industri besar dan menengah oleh sebab itu berdasarkan klasifikasi industri berdasarkan tenaga kerja didapatkan bahwa Kota Semarang memiliki 104 industri besar dan 174 industri menengah dari total industri sebesar 278 perusahaan.



Gambar 3.1 Peta Sebaran Industri Kota Semarang

3.1 Inventarisasi Emisi Sumber Industri Titik

Sumber emisi pada inventarisasi emisi sumber titik adalah industri besar yang ada di Kota Semarang. Industri besar tersebut adalah industri yang melaporkan dokumen RKL-RPL

pada tahun 2017 kepada Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang. Sumber Emisi dikelompokkan berdasarkan letaknya di kawasan industri yang ada di Kota Semarang. Selain dikelompokkan berdasarkan wilayahnya, dalam perhitungannya akan dipisahkan berdasarkan pemantauan emisi yang dilakukan, yaitu secara kontinyu dan non kontinyu. Berdasarkan Laporan RKL-RPL yang dikumpulkan kepada DLH pada tahun 2017 didapatkan 37 perusahaan dengan 95 cerobong untuk sumber emisi kontinyu dan 22 perusahaan dengan 38 cerobong untuk sumber emisi non kontinyu.

Perhitungan pada beban emisi sumber industri titik ini menggunakan konsep perhitungan uji cerobong.

$$E = c \times Q \times f \text{. konversi satuan (3.1)}$$

Keterangan:

E = Beban Emisi (ton/tahun)

c = Konsentrasi emisi (mg/Nm³)

Q = Laju Alir Emisi (m³/s)

Faktor Konversi (mg/s ke ton/tahun) = 0,0031536

Jika tidak diketahui nilai emisi pada salah satu parameter di Laporan RKL-RPL maka dapat menggunakan faktor emisi untuk mendapatkan nilai faktor rasionya. Faktor emisi yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan faktor emisi yang ada di Draft Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara Di Perkotaan yang diterbitkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2013.

Tabel 3.1 Faktor Emisi Sumber Industri Titik di Indonesia

AKTIVITAS	UNIT	NO _x	CO	CO ₂ * (kg/GJ)	HC	SO _x	PM ₁₀
Boiler berbahan bakar gas alam	g/GJ	70	25	74,1	2,5	0,5	0,5
Boiler berbahan bakar solar	g/ GJ	100	40	74,1	10	140	21,5
Genset berbahan bakar solar	g/GJ	100	40	74,1	10	140	21,5
Genset berbahan bakar bensin	g/GJ	68	46	-	16	140	3,7

Sumber: KLH, 2013

Berdasarkan perhitungan beban emisi sumber industri titik yang telah dilakukan dari tujuh kawasan industri didapatkan Kawasan Industri Tanjung Emas memiliki beban emisi yang tinggi di hampir setiap parameternya. Sumber titik kontinyu memiliki beban emisi tinggi pada parameter NO_x dibandingkan dengan parameter emisi konvensional lainnya. Emisi GRK yang dihasilkan adalah Karbon Dioksida (CO_2) sebesar 101.490,6 ton/tahun. Sumber titik non kontinyu memiliki beban emisi tinggi pada parameter CO dengan beban emisi CO_2 sebesar 15940,23. Hal ini disebabkan karena adanya Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) oleh PT. Indonesia Power yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakarnya. Tingginya beban emisi di Tanjung Emas ini juga disebabkan karena industri-industri di kawasan tersebut sudah melaporkan Laporan RKL-RPL kepada Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang.

Tabel 3.2 Total Beban Emisi Kontinyu pada Kawasan Industri dan Non Kawasan Industri Kota Semarang

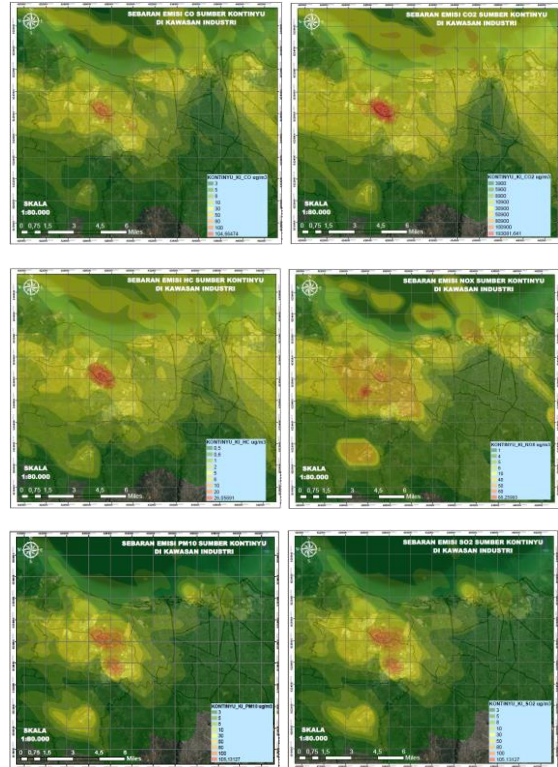
KAWASAN INDUSTRI	TON/TAHUN					
	CO	HC	NO_x	PM_{10}	SO_2	CO_2
BSB	2,318	0,58	5,795	1,246	8,012	4294,151
TUGU	15,534	3,667	36,665	7,883	41,24	27168,873
TAMBAK AJI	5,885	0,798	7,984	1,717	13,359	5916,184
TERBOYO	0,005	0,001	0,014	0,003	0,017	10,701
PLAMONGAN SARI	0,09	0,022	0,225	0,048	0,719	166,417
TANJUNGEMAS	54,786	13,696	136,964	29,447	8,274	101490,64
CANDI	2,783	0,162	1,621	0,348	4,279	1200,812
NON KAWASAN	11,506	2,89	28,898	6,213	42,136	21413,439
TOTAL	90,536	21,758	217,578	46,779	117,247	161225,12

Tabel 3.3 Total Beban Emisi Non Kontinyu pada Kawasan Industri dan Non Kawasan Industri Kota Semarang

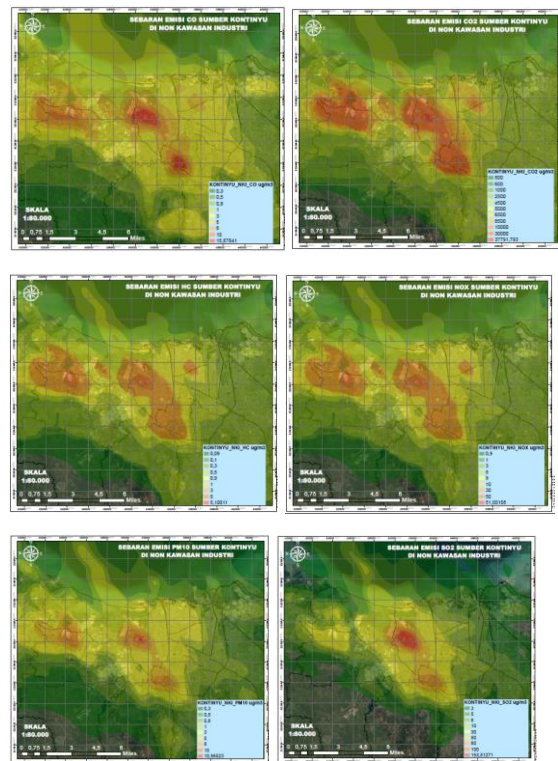
KAWASAN INDUSTRI	TON/TAHUN					
	CO	HC	NO_x	PM_{10}	SO_2	CO_2
BSB	0,0037	0,0009	0,0092	0,002	3,7711	6,8185
TUGU	1,0787	0,0641	0,6406	0,1377	4,2493	474,6515
TAMBAK AJI	10,932	0,1802	1,2541	0,3875	8,5927	1335,5255
TERBOYO	0,0265	0,0004	0,0039	0,0008	0,0012	2,8743
PLAMONGAN SARI	0,5075	0,1269	1,2687	0,2728	0,2018	940,1309
TANJUNGEMAS	18,8544	2,1512	21,5118	0,4625	13,8088	15940,232
CANDI	0,5075	0,1269	1,2687	0,2728	0,2018	940,1309
NON KAWASAN	10,3025	0,6161	6,1607	1,3246	3,8961	4565,1074
TOTAL	42,2128	3,2666	32,1178	2,8606	34,7288	24205,471

Setelah melakukan perhitungan beban emisi kemudian hasil dari beban emisi tersebut diolah pada *Software* AERMOD untuk mengetahui sebaran emisinya. Peta sebaran emisi yang dihasilkan dengan menggunakan AERMOD untuk sumber industri titik kontinyu

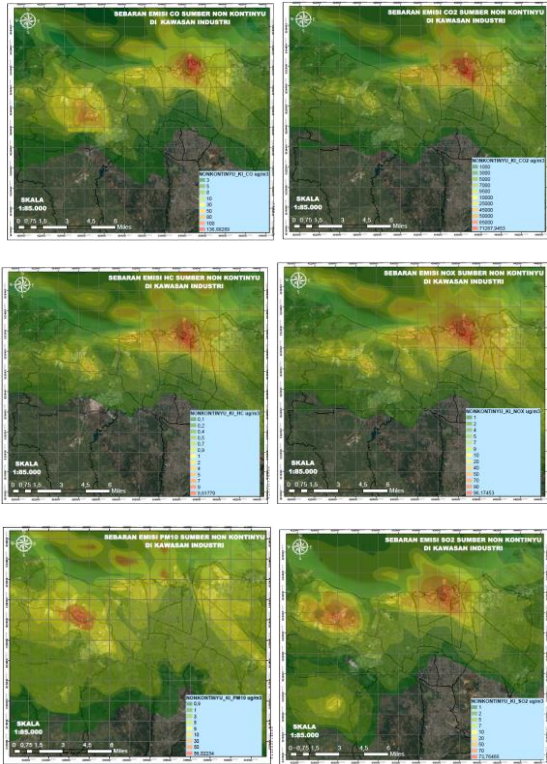
dan non kontinyu sebanyak 24 peta yang terbagi setiap satu peta merupakan wilayah kawasan industri atau non kawasan industri dengan satu parameter emisinya.



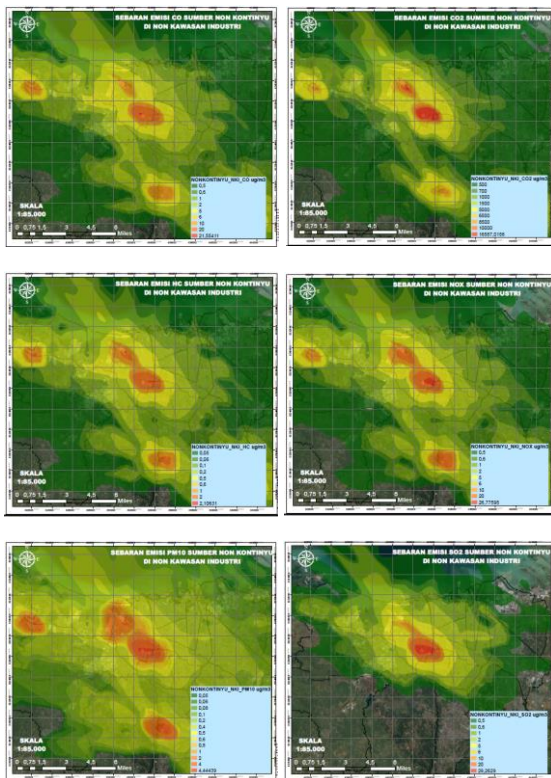
Gambar 3.2 Sebaran Emisi Kontinyu Kawasan Industri



Gambar 3.3 Sebaran Emisi Kontinyu Non Kawasan Industri



Gambar 3.4 Sebaran Emisi Non Kontinyu Kawasan Industri



Gambar 3.5 Sebaran Emisi Non Kontinyu Non Kawasan Industri

Berdasarkan hasil *output* dari AERMOD dihasilkan bahwa konsentrasi maksimal dari hasil sebaran emisi adalah sebesar pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Hasil Konsentrasi Emisi Sumber Titik dari Permodelan AERMOD

SUMBER EMISI	Mikrogram/m ³					
	CO	HC	NO	PM ₁₀	SO	CO ₂
Titik Kontinyu Kawasan Industri	104,66	26,06	68,26	56,02	105,1	193081,6
Titik Kontinyu Non Kawasan Industri	15,88	5,1	51	10,97	193,51	37791,79
Titik Non Kontinyu Kawasan Industri	136,88	9,62	96,17	2,85	73,76	71267,95
Titik Non Kontinyu Non Kawasan Industri	21,55	2,11	26,78	4,44	29,26	16587,02

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 41 tahun 1999, hasil konsentrasi emisi dari sebaran emisi tidak melebihi baku mutu nasional.

Validasi Hasil Sebaran dari AERMOD

Validasi model sebaran AERMOD ini dilakukan dengan membandingkan nilai konsentrasi yang dihasilkan dari pengukuran secara langsung dengan hasil nilai konsentrasi dari permodelan AERMOD pada suatu titik ambien yang telah ditentukan.



Gambar 3.6 Peta Titik Pemantauan Pengukuran CO di Empat Kawasan Industri

Tabel 3.5 Hasil Validasi Model AERMOD dengan Pengukuran Langsung

Titik Pemantauan	Hasil Pengukuran Langsung ¹ (µg/Nm ³)	Hasil Simulasi AERMOD ² (µg/Nm ³)	Perbandingan Pengukuran Langsung dan Hasil Simulasi AERMOD (%)
Masjid Baitul Ichlas	22,89	19,18	16,19
Masjid At-Taqwa	18,31	19,25	4,89
Titik Pemantauan	Hasil Pengukuran Langsung ¹ (µg/Nm ³)	Hasil Simulasi AERMOD ² (µg/Nm ³)	Perbandingan Pengukuran Langsung dan Hasil Simulasi AERMOD (%)
Jalan Gatot Subroto	18,31	13,32	27,25
Jalan Candi Raya	16,02	21,27	24,68
Titik Pemantauan	Hasil Pengukuran Langsung ¹ (µg/Nm ³)	Hasil Simulasi AERMOD ² (µg/Nm ³)	Perbandingan Pengukuran Langsung dan Hasil Simulasi AERMOD (%)
Alfamart KIW	16,02	35,15	54,42
Jalan Karanganyar	18,31	45,97	60,17
Titik Pemantauan	Hasil Pengukuran Langsung ¹ (µg/Nm ³)	Hasil Simulasi AERMOD ² (µg/Nm ³)	Perbandingan Pengukuran Langsung dan Hasil Simulasi AERMOD (%)
Jalan Ronggowarsito 2	18,31	1,50	91,80
Jalan Tambak Mulyo	20,60	3,10	84,95

Berdasarkan perhitungan validasi di atas didapatkan persentase sekitar 4%-92%. Persentase validasi yang baik seharusnya sekitar 10% oleh sebab itu hasil persentase validasi yang dihasilkan belum cukup baik. Hasil ini diakibatkan oleh beberapa hal sebagai berikut :

- Faktor suhu gas, kecepatan gas keluar, dan beban emisi yang diinput ke dalam AERMOD diasumsikan konstan dan tidak sesuai dengan kondisi aktualnya. Karakteristik dan aktivitas cerobong sangat mempengaruhi emisi yang dikeluarkan dari cerobong.
- Beberapa titik pemantauan pada pengukuran langsung terletak pada kawasan perumahan padat penduduk.
- Terdapat juga titik pemantauan pengukuran langsung yang berada di dekat jalan raya. Terlebih lagi pada malam hari banyak kendaraan besar seperti truk yang berlalu-lalang. Tidak hanya kendaraan besar tetapi kendaraan pribadi juga masih banyak yang berlalu-lalang di sekitar titik pemantauan.
- Pengaruh ambien dari industri yang berada di luar kawasan industri yang dipantau juga mempengaruhi hasil pengukuran.

Inventarisasi Emisi Sumber Industri Area

Sumber emisi pada sumber industri area adalah industri besar dan menengah yang ada di Kota Semarang. Industri besar yang dimaksud adalah industri besar yang tidak mengumpulkan laporan RKL-RPL tahun 2017 pada Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang. Daftar industri yang digunakan berasal dari data

Statistik Industri Besar dan Menengah Kota Semarang yang diterbitkan Badan Pusat Statistik pada tahun 2015. Inventarisasi emisi pada sumber area ini akan dikelompokkan berdasarkan kawasan industri. Industri yang tidak berada di kawasan industri akan dikelompokkan berdasarkan kecamatannya.

Perhitungan beban emisi dalam menggunakan Faktor IPPS ini harus menggunakan rasio karena basis data yang digunakan adalah data Amerika Serikat maka terjadi ketidaksesuaian dengan negara-negara yang berada di Asia. Rasio tersebut dihasilkan setelah dilakukan koreksi dengan faktor rasio konsumsi bahan bakar

Tabel 3.6 Faktor Rasio IPPS

Parameter	Rasio
SO ₂	18,28
NO _x	15,64
PM ₁₀	47,56
CO	1,59
HC	1,18
CO ₂	1

Sumber: BPLH DKI Jakarta, 2009

Faktor IPPS ini diperuntukkan untuk setiap 1000 orang pekerja per parameternya di setiap jenis industrinya. Maka dapat disimpulkan melalui Persamaan 4.2 berikut (KLH,2013).

$$E = \frac{\left(\frac{P}{1000}\right) \times f_{ipps} \times f_{konversi}}{\text{faktor rasio}} \quad (3.2)$$

Keterangan:

E = Beban Emisi (ton/tahun)

P = Jumlah Pekerja (orang)

Fipps = faktor ipps (lb/1000 orang)

Faktor konversi= 0,004535 (lb/hari ke ton/tahun)

Berdasarkan perhitungan beban emisi sumber industri area yang telah dilakukan dari 7 kawasan industri didapatkan Kawasan Industri BSB memiliki beban emisi yang tinggi di setiap parameternya. Parameter CO memiliki beban emisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan parameter emisi konvensional lainnya. Hal ini disebabkan karena Faktor IPPS untuk parameter CO juga tinggi dibandingkan dengan parameter lainnya. Emisi GRK yang dihasilkan adalah karbon dioksida (CO₂) sebesar 744.117,3 ton/tahun. Hal ini disebabkan karena adanya industri pembuatan sambungan pipa

besi oleh PT. Tri Sinar Purnama yang memiliki jumlah karyawan yang banyak sebesar 1109 pekerja. Faktor IPPS PT. Tri Sinar Purnama juga memiliki Faktor IPPS yang tinggi karena jenis industri besi. Sumber industri area pada non kawasan industri memiliki beban emisi yang tinggi di Kecamatan Tugu hal ini juga disebabkan karena adanya industri besi di kecamatan tersebut.

Tabel 3.7 Total Beban Emisi Area pada Kawasan Industri Kota Semarang

KECAMATAN	TON/TAHUN					
	CO	HC	NO	PM	SO ₂	CO ₂
BSB	1403,99	970,17	39,86	8,34	78,44	744117,33
TUGU	61,4	42,43	6,69	0,77	10,24	32542,87
TAMBAK AJI	261,15	180,45	13,91	1,54	27,42	138408,08
TERBOYO	37,87	26,17	12,93	1,43	16,89	20069,75
PLAMONGAN SARI	21,1	14,58	8,05	0,21	12,63	11183,08
TANJUNG MAS	44,42	30,7	2,96	0,01	3,85	23545,24
CANDI	325,76	225,1	14	2,12	20,24	172654,65
TOTAL	2155,7	1489,6	98,39	14,43	169,71	1142521,01

Tabel 3.8 Total Beban Emisi Area pada Non Kawasan Industri Kota Semarang

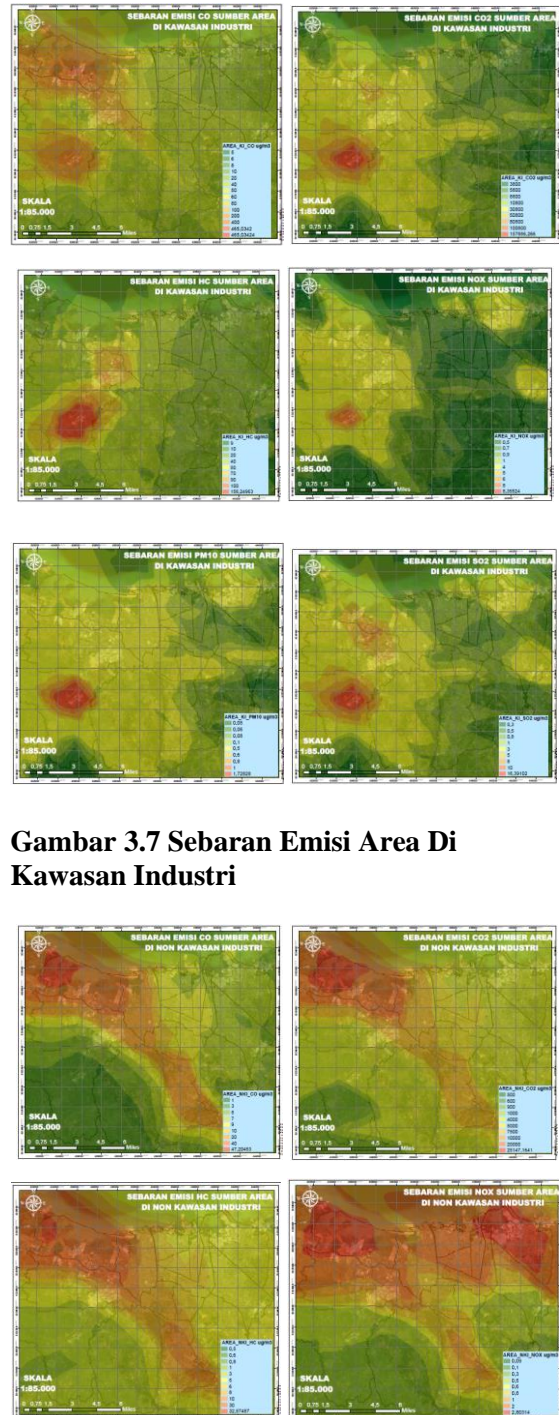
KECAMATAN	TON/TAHUN					
	CO	HC	NO	PM	SO ₂	CO ₂
MIJEN	5,15	3,56	0,59	0,15	0,66	2729,02
GUNUNG PATI	0,24	0,16	0,13	0	0,16	126,54
BANYUMANIK	163,96	113,3	11,86	1,02	20,04	86897,18
SEMARANG SELATAN	2,3	1,59	1,15	0,01	1,08	1220,17
CANDISARI	0,72	0,49	0,06	0	0,1	379,58
TEMBALANG	0,3	0,21	0,03	0,01	0,04	161,47
PEDURUNGAN	1,76	1,22	0,35	0	0,58	933,16
GENUK	80,19	55,41	43,26	1,86	49,42	42502,13
GAYAMSARI	2,57	1,78	0,65	0,04	0,89	1363,93
SEMARANG TIMUR	20,5	14,16	7,48	0,04	14,45	10862,56
SEMARANG UTARA	18,92	13,07	5,57	0,03	8,01	10026,9
SEMARANG TENGAH	3,19	2,2	2,31	0,05	4,74	1690,73
SEMARANG BARAT	9,79	6,76	1,8	0,14	2,18	5186,73
TUGU	799,86	552,7	43,67	4,63	52,27	423928,3
NGALIYAN	50,95	35,21	21,88	1,1	3,41	27003,34
GAJAH MUNGKUR	0	0	0	0	0	0
TOTAL	1160,4	801,8	140,79	9,07	158,02	615011,8

Berdasarkan hasil *output* dari AERMOD dihasilkan bahwa konsentrasi maksimal dari hasil sebaran emisi adalah sebesar pada Tabel 3.9

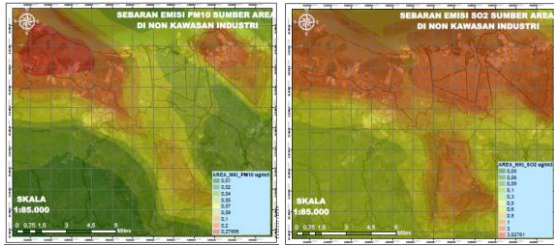
Tabel 3.9 Hasil Konsentrasi Emisi Sumber Area dari Permodelan AERMOD

SUMBER EMISI	Mikrogram/m ³					
	CO	HC	NO	PM10	SO	CO ₂
Area Kawasan Industri	465,03	156	8,355	1,728	16,391	157886,3
Area Non Kawasan Industri	47,2	32,6	2,8	0,277	3,028	25147

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999, dapat disimpulkan bahwa hasil konsentrasi dari sebaran emisi sumber area tidak melebihi baku mutu nasional.



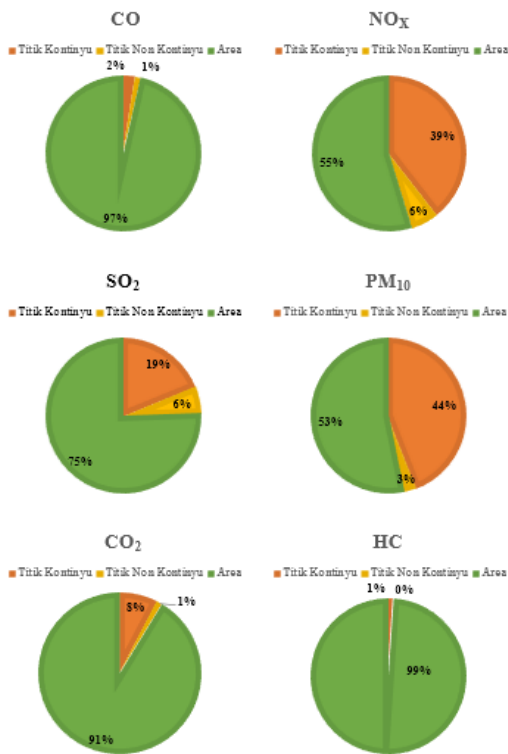
Gambar 3.7 Sebaran Emisi Area Di Kawasan Industri



Gambar 3.8 Sebaran Emisi Area di Non Kawasan Industri

Total Beban Emisi Sektor Industri Kota Semarang

Berdasarkan rekapitulasi hasil beban emisi berdasarkan kecamatan dapat diketahui bahwa beban emisi terbesar terdapat pada sumber industri area. Hal ini disebabkan karena jumlah industri yang diinventarisasi di sumber area lebih banyak dibandingkan dengan sumber industri titik kontinu dan non kontinu. Beban emisi yang tinggi dimiliki oleh polutan karbon dioksida (CO₂). Namun untuk parameter polutan konvensional sendiri parameter yang tinggi adalah NO_x untuk sumber titik kontinu dan CO untuk sumber emisi titik non kontinu dan area.



Gambar 3.9 Diagram Emisi Berdasarkan Parameter Polutan

Inventarisasi emisi tidak hanya dilakukan di Kota Semarang. Inventarisasi emisi memiliki tujuan sebagai dasar untuk pengambilan kebijakan dan strategi pengendalian pencemaran udara bagi Pemerintah Kota di Indonesia. Hal ini diungkapkan oleh MR. Karliansyah, Deputy II KLH Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan KLH pada tahun 2014.

Tabel 3.8 Perbandingan Beban Emisi Industri Kota

Kota	Jakarta ¹	Surakarta ²	Semarang ³
NO _x	20269	123,8885	488,8758
SO ₂	45811	18,15111	479,7058
HC	26457	21,14928	2316,4646
PM ₁₀	3232	18,51368	73,1396
CO	31244	116,16	3448,8488
CO ₂	10950049	595000	1942963,4

Sumber :

¹BPLH DKI JAKARTA, 2009

²DLH Surakarta, 2017

³Analisis Peneliti, 2018

Berdasarkan perbandingan total beban emisi antara Kota Jakarta, Surakarta, dan Semarang diketahui Kota Jakarta memiliki beban emisi yang paling tinggi di setiap parameter. Hal ini disebabkan adanya emisi sektor komersial seperti hotel digabungkan pada total beban emisi industri dan perbedaan faktor emisi yang digunakan pada sumber titik. Faktor emisi yang digunakan pada inventarisasi emisi di Jakarta menggunakan Faktor IPCC untuk parameter CO, HC, CO₂ dan Faktor Japan International Cooperation Agency (JICA) untuk parameter NO_x, SO₂, PM₁₀. Inventarisasi emisi industri di Jakarta memiliki sumber emisi dari 37 perusahaan pada sumber titiknya, 1 perusahaan pembangkit listrik, dan 1500 perusahaan pada sumber areanya. Bahan bakar yang digunakan pada perhitungan sumber titik pun lebih beragam karena faktor emisi yang digunakan, yaitu HSD,IDO, MFO, Minyak Tanah, Gas Alam, dan LPG. Sebaliknya untuk Kota Surakarta memiliki beban emisi yang paling rendah pada setiap parameter dibandingkan Kota Jakarta dan Semarang. Hal ini dikarenakan Kota Surakarta tidak memiliki pembangkit listrik. Jumlah industri yang terdapat di Kota Surakarta pun

lebih sedikit, yaitu sebanyak 126 perusahaan. Industri yang berada di Surakarta didominasi oleh perusahaan garmen. Perusahaan garmen biasanya banyak menghasilkan emisi pada penggunaan boiler yang menggunakan bahan bakar solar atau batubara. Oleh sebab itu, parameter NO_x dan CO relatif tinggi pada Kota Surakarta. Kota Semarang sendiri memiliki CO sebagai parameter konvensional tertingginya. Hasil ini didapatkan akibat penggunaan faktor emisi pada sumber titik menggunakan bahan bakar solar baik sumber titik kontinyu maupun non kontinyu. Pada sumber area pun penggunaan Faktor IPPS juga menyebabkan tingginya emisi CO pada parameter emisi konvensional. Selain CO parameter tertinggi lainnya adalah CO_2 . Penyebab tingginya emisi CO_2 pada industri adalah akibat dari penggunaan bahan bakar fosil yang digunakan pada industri. Tingginya emisi CO dan CO_2 dapat ditanggulangi dengan mengganti bahan bakar dengan bahan bakar alternatif lain yang lebih ramah lingkungan dan pengadaan ruang terbuka hijau ataupun hutan kota. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 63 Tahun 2002 tentang hutan kota, menyatakan bahwa pada hutan kota pada kawasan industri berfungsi untuk mengurangi polusi udara dan kebisingan yang timbul akibat kegiatan industri.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan pada penelitian yang berjudul Inventarisasi Emisi Gas Konvensional (NO_x , SO_x , CO, HC, PM) dan Gas Rumah Kaca (CO_2) dari Industri Titik dan Area dengan Peta Sebaran Emisi di Kota Semarang dapat disimpulkan bahwa:

1. Besaran emisi dari gas konvensional dan gas rumah kaca pada sumber titik dibagi menjadi dua, yaitu sumber titik kontinyu dan sumber titik non kontinyu. Pada perhitungan sumber titik kontinyu dihasilkan beban emisi untuk parameter CO sebesar 90,54 ton/tahun, HC sebesar 21,76 ton/tahun, NO_x sebesar 217,58 ton/tahun, PM_{10} sebesar 46,78 ton/tahun, SO_2 sebesar 117,25 ton/tahun, dan CO_2 sebesar 161.225,1 ton/tahun. Beban emisi yang dihasilkan dari perhitungan beban emisi non kontinyu untuk parameter CO sebesar 44,21 ton/tahun, HC sebesar 3,26 ton/tahun, NO_x sebesar 32,12 ton/tahun,

PM_{10} sebesar 2,86 ton/tahun, SO_2 sebesar 34,73 ton/tahun, dan CO_2 sebesar 24.205,47 ton/tahun. Pada perhitungan beban emisi sumber titik baik kontinyu maupun non kontinyu Kecamatan Semarang Utara memiliki beban emisi tertinggi di setiap parameternya.

2. Besaran emisi gas konvensional dan gas rumah kaca yang dihasilkan dari perhitungan beban emisi berdasarkan sumber area adalah 3316,1 ton/tahun untuk parameter CO, 2291,44 ton/tahun untuk HC, 239,18 ton/tahun untuk NO_x , 23,5 ton/tahun untuk PM_{10} , 327,73 ton/tahun untuk SO_2 , dan 1.757.533 ton/tahun untuk CO_2 . Kecamatan Mijen menjadi kecamatan yang menghasilkan beban emisi tertinggi pada perhitungan sumber area.
3. Hasil dari permodelan AERMOD didapatkan bahwa arah angin di Kota Semarang didominasi dari arah barat laut. Kecepatan angin rata-rata Kota Semarang adalah 1,8 m/s. Hasil konsentrasi maksimal sebaran emisi dari permodelan AERMOD tidak melebihi baku mutu udara ambien nasional pada Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999.

V. Saran

1. Inventarisasi dokumen RKL-RPL yang dilaporkan setiap perusahaan kepada Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang lebih dikoordinasikan dengan baik agar dapat dengan mudah dalam memantau hasil laporan yang sudah dilaporkan oleh setiap perusahaan
2. Perlunya dilakukan pengendalian pada emisi karbon monoksida dan karbon dioksida karena beban emisinya yang masih tinggi terutama di sekitar wilayah industri. Pengendalian tersebut contohnya pembangunan hutan kota atau ruang terbuka hijau di setiap kawasan industri
3. Inventarisasi emisi sebaiknya dilakukan secara berkala agar dapat berfungsi untuk memantau besarnya emisi yang ada di kota-kota, terutama kota besar seperti Kota

Semarang sebagai wujud pengelolaan kualitas udara.

4. Masyarakat yang bertempat tinggal di daerah kawasan industri dapat menjaga dan lebih memperhatikan tentang kesehatan pernapasannya.
5. Sebaiknya melakukan pengukuran dan survey pada sumber emisi agar mendapatkan faktor emisi yang valid dan sesuai untuk Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengelola Lingkungan Hidup DKI Jakarta. 2009. *Inventarisasi Emisi Pencemar Udara di Provinsi DKI Jakarta*. Jakarta: Badan Pengelola Lingkungan Hidup DKI Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Kota Semarang. 2015. *Statistik Industri Besar dan Sedang Kota Semarang*. Semarang : Badan Pusat Statistik Kota Semarang
- EPA. 2004. *AERMOD: Description Of Model Formulation*. Diakses pada tanggal 5 Desember 2017 dari Web Site: https://www3.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aermod_mfd.pdf
- Soedomo, Moestikahadi. 2001. *Kumpulan Karya Ilmiah Mengenai Pencemaran Udara*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2013. *Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara di Perkotaan*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2014. *Inventarisasi Emisi Pencemar Udara Penting bagi Kota-Kota di Indonesia*. Diakses pada tanggal 14 April 2018 dari Website: <http://www.menlh.go.id/inventarisasi-emisi-pencemar-udara-penting-bagi-kota-kota-di-indonesia/>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2017. *Laporan Inventarisasi Emisi Kota Surakarta*. Diakses pada tanggal 14 April 2018 dari Website: <http://ppkl.menlhk.go.id/ie/?page=laporanie>
- Khoiri, Ahmad Masaul. 2015. *Menhut Siti: Bandung dan Surabaya Jadi Kota dengan Kualitas Udara Terbaik*. Diakses pada tanggal 10 Januari 2017 dari Web Site: <https://news.detik.com/berita/d-3098962/menhut-siti-bandung-dan-surabaya-jadi-kota-dengan-kualitas-udara-terbaik>
- Pemerintah Republik Indonesia. 1984. Undang-Undang Republik Indonesia No.5 tahun 1984 tentang Perindustrian.
- Pemerintah Republik Indonesia. 1999^a. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara
- Pemerintah Republik Indonesia. 2002. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 2002 tentang Hutan Kota*. Jakarta: Presiden Republik Indonesia
- Vionita, Hanum. (2011). *Tugas Akhir: Prediksi Penyebaran Total Suspended Particulate dan Karbon Monoksida dari Industri Semen PT. X dengan menggunakan Software AERMOD*. ITB: Bandung