

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/340479558>

PEMODELAN SEBARAN EMISI GAS BUANG AKIBAT AKTIFITAS PELAYARAN DI SELAT MADURA MENGGUNAKAN GAUSSIAN PLUME DAN GAUSSIAN PUFF MODEL

Conference Paper · August 2013

CITATIONS

0

2 authors, including:



[Mohammad Danil Arifin](#)

Universitas Darma Persada

17 PUBLICATIONS 11 CITATIONS

SEE PROFILE

PEMODELAN SEBARAN EMISI GAS BUANG AKIBAT AKTIFITAS PELAYARAN DI SELAT MADURA MENGGUNAKAN GAUSSIAN PLUME DAN GAUSSIAN PUFF MODEL

Mohammad Danil Arifin¹, Theresiana D. Novita,²

¹ Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan,

² Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan

danilarifin.mohammad@gmail.com

ABSTRAK

Selat Madura merupakan salah satu daerah pelayaran yang memiliki lalu lintas terpadat di Indonesia. Hal ini dipengaruhi oleh keberadaan Pelabuhan Tanjung Perak sebagai salah satu *local hub* pergerakan barang di Indonesia disamping Pelabuhan Tanjung Priok. Dengan banyaknya kapal-kapal domestik dan maupun kapal berbendera asing yang melintasi perairan ini akan memberikan dampak terhadap peningkatan emisi gas buang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi atau sebaran emisi yang terjadi akibat aktifitas pelayaran di sepanjang shore line Selat Madura. Selain itu juga untuk pengaruh emisi yang dikeluarkan oleh kapal-kapal yang melewati Selat Madura terhadap lingkungan sekitar dan untuk mengetahui bagaimana sebaran emisi berdasarkan Gaussian Plume Model dan Gaussian puff model. Hal ini dilakukan dengan melakukan evaluasi kepadatan jalur pelayaran di Selat Madura dengan memanfaatkan data yang diperoleh melalui perangkat *Automatic Identification System* (AIS). Untuk menampilkan pola pergerakan kapal, mode operasinya dan pengaruh pergerakan kapal terhadap sebaran emisi yang dihasilkannya, data yang diperoleh dari AIS ini selanjutnya diintegrasikan dengan perangkat lunak *Geographic Information System* (GIS). Metodologi dari Trozzi et.al menjadi dasar penentuan emisi yang dikeluarkan oleh kapal.

Dari penelitian ini didapatkan konsentrasi tertinggi emisi NO_x sebesar $1.008 \mu\text{g}/\text{m}^3$, SO_x sebesar $2.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$, CO_2 sebesar $4.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$, CO sebesar $1.368 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan PM sebesar $0.0594 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan konsentrasi emisi NO_x , SO_x , CO_2 , CO dan PM terbesar berada di daerah Ujung Kamal dan Banyu Ujuh Madura. Dimana sebaran emisi gas buang berdasarkan penelitian ini tidak membahayakan lingkungan dan makhluk hidup di sekitar Selat Madura karena konsentrasi emisi di beberapa daerah di Shore Line Selat Madura memiliki jumlah yang lebih kecil dari Baku Mutu Udara Ambien Nasional (BMUAN). Hasil sebaran emisi dengan menggunakan Model Gaussian Puff dan Gaussian Plume menunjukkan hasil yang sangat berbeda.

Kata kunci : *Emisi gas buang, Automatic Identification System (AIS), Geographic Information System (GIS), Gaussian Plume Model, Gaussian Puff Model.*

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan dimana penggunaan kapal sebagai transportasi laut tidak dapat dihindarkan. Indonesia memiliki beberapa perairan dengan lalu lintas yang padat, seperti Selat Madura. Selain merupakan tempat lalu lalang kapal domestik, wilayah ini juga merupakan tempat transit beberapa kapal asing. Telah terjadi peningkatan jumlah kapal dalam 5 tahun terakhir hingga mencapai lebih dari 100%, pada tahun 2010 lalu alur Selat Madura dilintasi 30.000 kapal per tahun, sementara pada tahun 2005 baru ada 14.686 kapal per tahun (Kompas news , 11/03/2011).

Tujuan utama dari penelitian ini untuk mengetahui distribusi sebaran emisi gas buang kapal akibat aktifitas pelayaran di Selat Madura dengan melakukan pemodelan dengan menggunakan metode Gaussian Plume dan Gaussian Puff Model. Selain itu tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh distribusi sebaran emisi ini terhadap kesehatan dan lingkungan di sepanjang shore line Selat Madura

Oleh karena itu, Selat Madura yang merupakan daerah pelayaran terpadat kedua setelah Selat Malaka menjadi fokus dalam penyusunan penelitian ini. Selain itu sebagai tindak lanjut terhadap penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya dengan judul Sebaran Emisi Gas Buang di Selat Madura Akibat Aktifitas Pelayaran. Maka Jurusan Teknik Sistem Perkapalan mengangkat topik penelitian dengan judul: “Pemodelan Sebaran Emisi Gas Buang Akibat Aktifitas Pelayaran Di Selat Madura menggunakan Gaussian Plume dan Gaussian Puff”

1.2 Perumusan Masalah

Dengan semakin banyaknya jumlah kapal yang melewati Selat Madura maka semakin padat pula aktifitas yang terjadi di Selat Madura tersebut, dimana hal ini pastinya juga akan memberikan dampak yang cukup berpengaruh terhadap aktifitas

kehidupan di sekitar Selat Madura tersebut baik kehidupan sosial ekonomi masyarakat serta dampak terhadap pencemaran udara yang diakibatkan karena aktifitas pelayaran tersebut. Dengan kondisi tersebut dan berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a) Bagaimanakah distribusi atau sebaran emisi yang terjadi akibat aktifitas pelayaran di sepanjang *shore line* Selat Madura.
- b) Bagaimanakah pengaruh emisi yang dikeluarkan oleh kapal-kapal yang melewati Selat Madura terhadap lingkungan sekitar.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian antara lain adalah:

- a) Untuk mengetahui bagaimanakah distribusi atau sebaran emisi yang terjadi akibat aktifitas pelayaran di sepanjang *shore line* Selat Madura.
- b) Untuk mengetahui bagaimanakah pengaruh emisi yang dikeluarkan oleh kapal-kapal yang melewati Selat Madura terhadap lingkungan sekitar.

1.4 Manfaat Hasil Penelitian

Melalui penelitian mengenai Estimasi Emisi Gas Buang Kapal Menggunakan Integrasi Data *Automatic Identification System (AIS)* Dan *Geographic Information System (GIS)* diharapkan kita bisa mengetahui seberapa besar emisi gas buang yang dihasilkan oleh kapal, selain itu juga diharapkan hasil dari penelitian ini bisa menjadi sebagai bahan masukan dan pertimbangan kepada pemerintah ataupun pihak-pihak yang berwenang dalam perumusan suatu kebijakan sehubungan dengan adanya peningkatan suhu bumi secara global untuk menciptakan kondisi “*Green and Clean*” terutama untuk mengurangi tingkat emisi guna mengurangi adanya efek rumah kaca (*Green House Effect*) dan menyelamatkan bumi dari adanya perubahan iklim secara drastis “*Lets Save Our Earth Now*”.

1.5 Lokasi Penelitian

Pengerjaan penelitian fokus ke Selat Madura karena Selat Madura adalah daerah terbesar kedua dalam hal transportasi laut di Indonesia. Selain transportasi kapal domestic, di Selat Madura juga terdapat kapal berbendera asing yang transit. **Gambar 2.** menunjukkan daerah Selat Madura diambil dari Google Earth.



Gambar 1. Lokasi Selat Madura

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 AIS (*Automatic Identification System*) & GIS (*Geographic Information System*)

a. AIS (*Automatic Identification System*)

Automatic Identification System atau AIS adalah suatu sistem pelacakan otomatis yang digunakan pada kapal dan Layanan Pelacakan Kapal atau *Vessel Traffic Services (VTS)* untuk mengidentifikasi dan menemukan kapal dengan bertukar data secara elektronik dengan kapal lain yang berdekatan dan stasiun VTS. Informasi yang didapat dari AIS berasal dari radar, dimana metode AIS menjadi metode utama menghindari tabrakan di transportasi laut (Altwicker, 2000).

b. Geographic Information Ssystem (GIS)

Geographic Information System (GIS) adalah sistem informasi khusus yang mengelola data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan). Atau dalam arti yang lebih sempit, adalah sistem komputer yang memiliki kemampuan untuk membangun, menyimpan, mengelola dan menampilkan informasi berefrensi geografis, misalnya data yang diidentifikasi menurut lokasinya, dalam sebuah database.

GIS dapat dimanfaatkan untuk mempermudah dalam mendapatkan data-data yang telah diolah dan tersimpan sebagai atribut suatu lokasi atau obyek. Data-data yang diolah dalam SIG pada dasarnya terdiri dari data spasial dan data atribut dalam bentuk digital. Sistem ini merelasikan data spasial (lokasi geografis) dengan data non spasial, sehingga para penggunanya dapat membuat peta dan menganalisa informasinya dengan berbagai cara

2.2 Gaussian Plume Model

Ada beberapa jenis model yang memungkinkan untuk memprediksi kosentrasi polutan dari suatu sumber polusi. Salah satu yang banyak digunakan adalah Gaussian Plume Model yang mana model ini merupakan model untuk menghitung sebaran dan kosentrasi polutan dari suatu ketinggian hingga dipermukaan tanah dari suatu sumber polusi.

Dalam Gaussian plume, distribusi spasial dari konsentrasi emisi sepanjang sumbu melintang dalam bentuk Gaussian (distribusi normal). Kondisi steady state berikut menggambarkan model 3-dimensi konsentrasi emisi pada setiap titik dalam sistem koordinat di mana angin bergerak sejajar dengan sumbu-x (Bracken, et al., 2007 ; Pingjian, et al, 2006; Altwicker, 2000).

$$C(x, y, z, H, e) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y \sigma_z u_x} \times e^{\left(\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right)} \times \left\{ e^{\left(\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right)} + e^{\left(\frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right)} \right\}$$

Dimana:

C	= konsentrasi emisi (g/m ³)
x, y, z	= jarak dari asal dalam koordinat x, y, z (m)
He	= tinggi exhaust pada kapal
Q	= tingkat emisi gas buang (g/s)
σ _y , σ _z	= horisontal dan vertical standar deviasi plume (m)
us	= kecepatan angin pada posisi tertinggi exhaust kapal

2.3 Gaussian Puff Model

Merupakan suatu model yang digunakan untuk menghitung konsentrasi polusi udara. Model ini mengansumsikan bahwa pancaran emisi yang dikeluarkan secara kontinyu maupun sesaat dapat disimulasikan berdasarkan atas waktu dan arah angin (Kerry et.al). Algoritma untuk Gaussian puff model dapat dituliskan sebagai berikut:

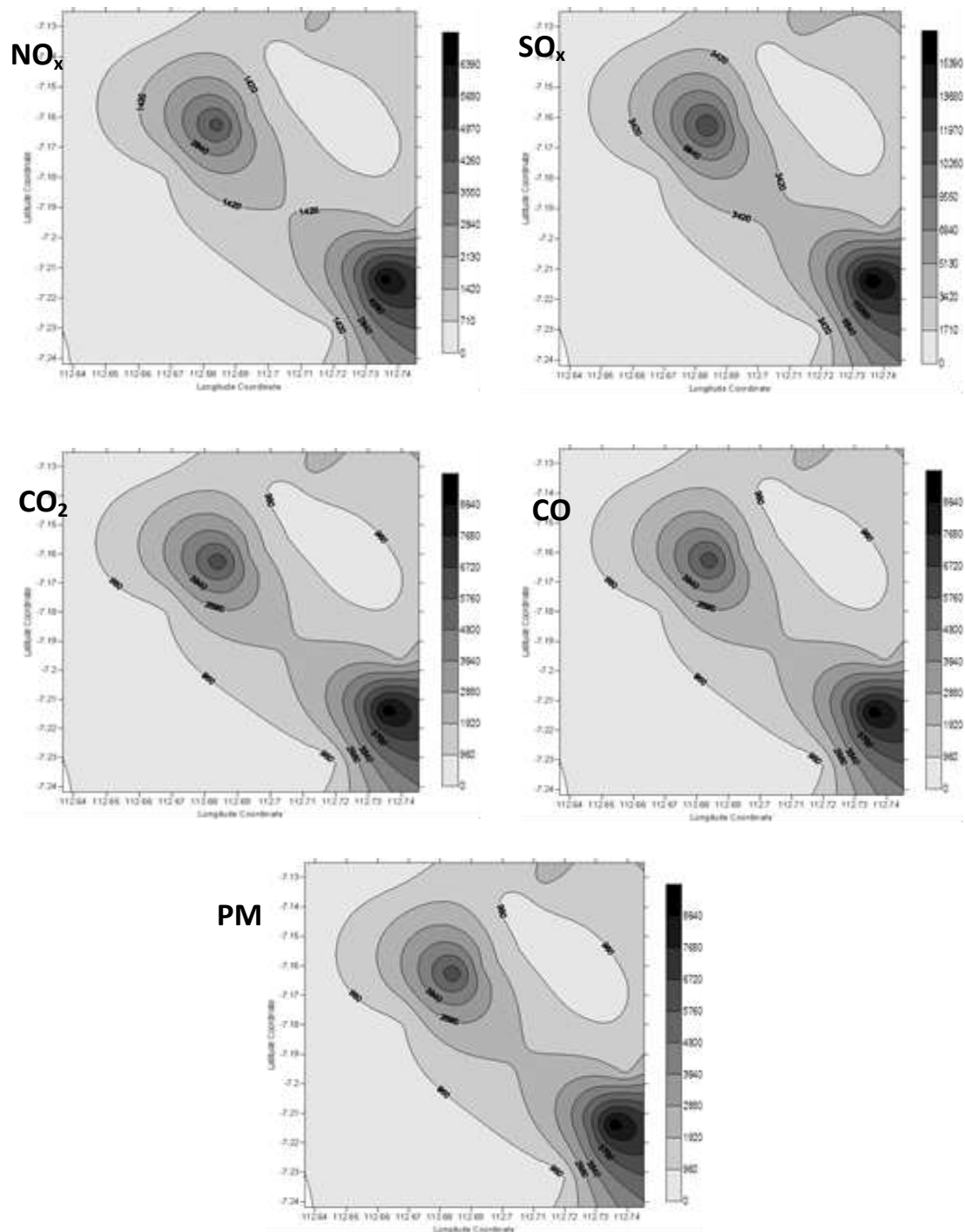
$$C_r = \frac{Q\Delta t}{(2\pi)^{1.5}\sigma_x\sigma_y\sigma_z} \exp\left(\frac{-(x_r-Ut)^2}{2\sigma_x^2}\right) \exp\left(\frac{-y_r^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(\frac{-(z_r-H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(\frac{-(z_r+H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right]$$

Dimana:

C_r	= konsentrasi emisi dari reseptor (g/m ³)
x_r, y_r, z_r	= jarak dari asal dalam koordinat x, y, z (m)
He	= tinggi exhaust pada kapal
Q	= tingkat emisi gas buang (g/s)
σ _y , σ _z , σ _x	= horisontal dan vertical standar deviasi plume (m)
U	= kecepatan angin pada posisi tertinggi exhaust kapal (m/s)
Δt	= selisih waktu penyebaran emisi (menit)
t	= waktu penyebaran emisi (menit)

ANALISA DATA DAN HASIL

3.1 Hasil Sebaran Emisi Gas Buang Dengan Gaussian Plume

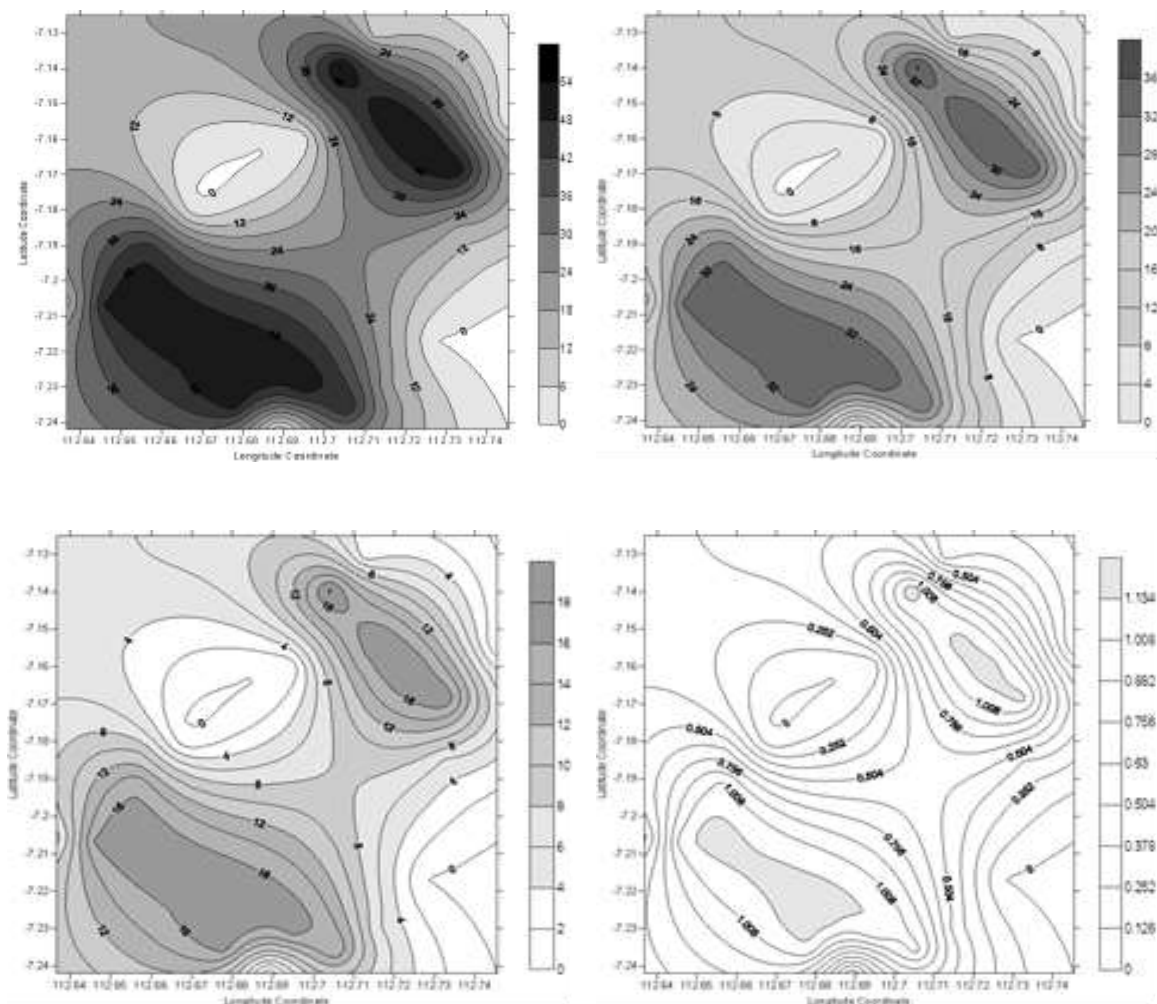


Gambar 2. Hasil Sebaran Emisi PM (Plume Model)

Gambar 2. Menunjukkan hasil sebaran emisi gas buang di daerah Selat Madura dengan menggunakan *Gaussian Plume Model*. Luasan daerah yang dianalisa dengan menggunakan GIS memiliki ukuran 22 km x 22 km yaitu kurang lebih 484

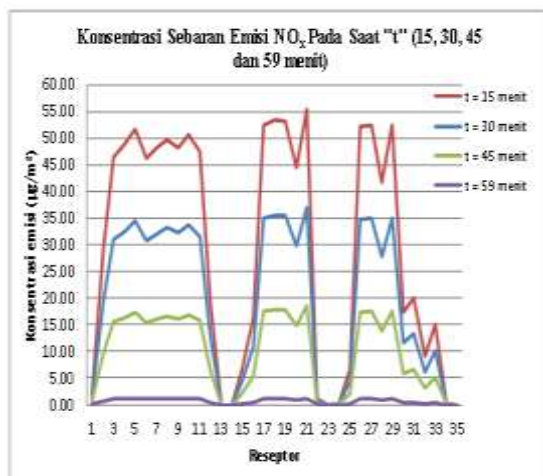
km² mencakup wilayah Surabaya, Madura dan wilayah Gresik. Berdasarkan gambar diatas diketahui bahwa hampir semua emisi gas buang NO_x, SO_x CO₂, CO dan PM terkonsentrasi di daerah dekat sumber dari keluarnya emisi yaitu berada di daerah ketika kapal sedang berada dalam keadaan *hotelling*. Untuk emisi gas NO_x, SO_x CO₂, konsentrasi emisi terbesar berada di wilayah Surabaya dan Gresik, sedangkan untuk emisi gas buang PM selain terkonsentrasi di daerah Surabaya dan Gresik akan tetapi juga terkonsentrasi di daerah sekitar Madura. Dari keseluruhan hasil pemodelan dengan *Gaussian Plume Model* menunjukkan bahwa konsentrasi emisi mengarah ke arah Tenggara dan Barat Laut sesuai dengan posisi kapal-kapal yang sedang berada dalam mode operasi *hotelling* di daerah tersebut.

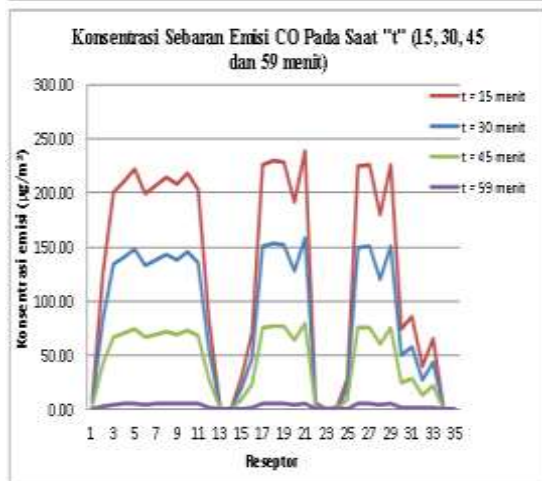
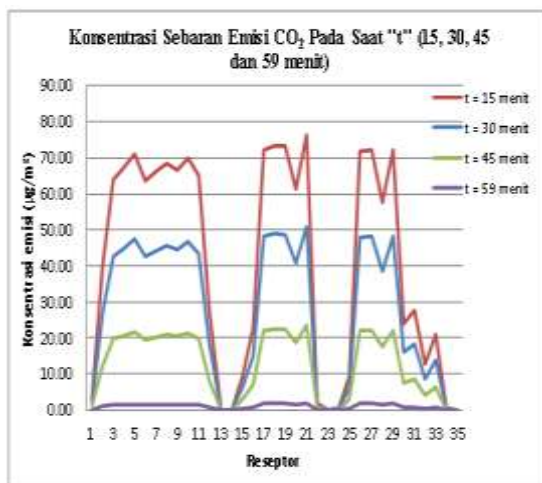
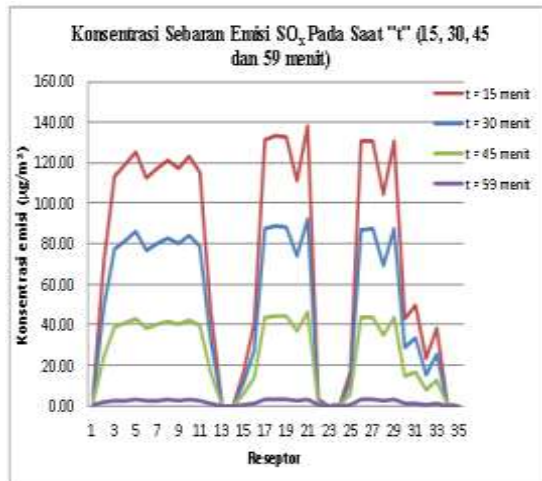
4.5 Hasil Sebaran Emisi Gas Buang Dengan Gaussian Puff Model

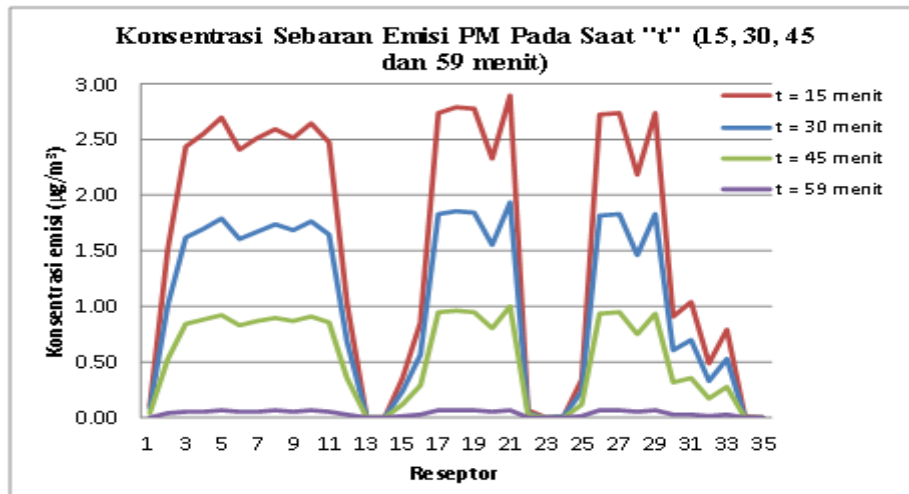


Gambar 3. Hasil Sebaran Emisi NO_x saat $\Delta t = 45$, $\Delta t = 30$ menit, menit $\Delta t = 15$ menit dan $\Delta t = 1$ menit (Puff Model)

Gambar 3. Menunjukkan hasil sebaran emisi gas buang di daerah Selat Madura dengan menggunakan *Gaussian Puff Model*. Luasan daerah yang dianalisa dengan menggunakan GIS memiliki ukuran yang sama ketika melakukan pemodelan dengan menggunakan *Gaussian Plume Model* yaitu 22 km x 22 km yaitu kurang lebih 484 km² mencakup wilayah Surabaya, Madura dan wilayah Gresik. Hasil pemodelan emisi gas buang NO_x, SO_x, CO₂, CO dan PM dengan menggunakan *Gaussian Puff Model* berbeda sekali jika dibandingkan dengan hasil pemodelan dengan menggunakan *Gaussian Plume Model*. Pada pemodelan dengan menggunakan *Gaussian Puff Model* telah dilakukan suatu variasi terhadap *release time* dari emisi ketika menjauhi dari sumber emisi, yaitu ketika $\Delta_t = 45$ menit, $\Delta_t = 30$ menit, $\Delta_t = 15$ menit, $\Delta_t = 1$ menit, atau ketika $t_0 = 15$ menit, $t_0 = 30$ menit, $t_0 = 45$ menit, $t_0 = 59$ menit. Hal ini dilakukan supaya kita dapat melakukan suatu perbandingan sebaran emisi dari waktu ke waktu serta dapat mengetahui apakah pemodelan yang telah digunakan sebelumnya memberikan hasil yang sama dengan pemodelan yang telah dilakukan.







KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Perhitungan konsentarsi emisi menggunakan *Gaussian Puff Model* lebih valid dan lebih tepat untuk digunakan dibandingkan dengan perhitungan dengan menggunakan *Gaussian Plume Model*, karena:
 - Bersifat *non steady state* (reaktif terhadap perubahan lingkungan)
 - Berpotensi terpengaruh oleh variasi aliran medan (angin) meliputi pengaruh medan yang kompleks atau tidak.
 - Pengaruh pola wilayah yang tidak seragam (*Non uniform land use pattern*)
 - Terdapat pengaruh daerah pesisir (*Coastal effect*).
 - Angin yang tenang dan kondisi stagnasi.
 - Terdapat variabel arah angin.
- Konsentrasi tertinggi emisi gas buang di Selat Madura pada tanggal 22 Oktober 2010 pukul 17.00- 18.00 WIB dengan *wind direction* sebesar 315° dengan luasan daerah dispersi adalah 484 km² pada saat $\Delta t = 1$ menit atau pada saat $t = 59$ menit berada di daerah Madura yaitu wilayah Ujung Kamal dan Banyu Ujuh,
- Sebaran emisi gas buang Nitrogen Oksida (NO_x), Sulfur Oksida (SO_x) Carbon Monoksida (CO) dan Particulate Matter (PM) berdasarkan penelitian ini tidak membahayakan lingkungan dan mahluk hidup di sekitar Selat Madura karena konsentrasi emisi di beberapa daerah di *Shore Line* Selat Madura memiliki jumlah yang lebih kecil dari Baku Mutu Udara Ambien Nasional (BMUAN).

DAFTAR PUSTAKA

- Altwickler, E.R., *Air Pollution* , Lewis Publisher, 2000.
- Bracken, C., Carnemolla, A., Ritter, C., Zielke, E., *An Analysis of Exhaust Emission from a Large Ship Docked in Humbolt Bay*, ENGR 416- Transport Phenomena, 2007
- Cimorelli AERMOD : *Description Of Formulation. United States Environmental Protection Agency (EPA)*, 2004.- <http://www.epa.com/AERMOD/EPA-454R-03-004.pdf>.
- Flang, Richard,C and Seinfeld J.H. *Fundamental Of Air Pollution Engineering*. New Jersey : Prentice Halls, 1988.
- Godish, T. *Air Quality*. Ball State University, Muncie, Indiana : Lewis Publishers, Inc., 1985.
- Ishida,T., *Emission of Estimate Methods of Air Pollution and Green House Gases from Ships*, J. Jap. Inst. Mar. Eng., 37(1), 2003.
- Jalkanen, JP [et.al.] . *Modelling System for the Exhaust Emissions Of Marine Traffic and Its Aplication In the Baltic Sea Area*. J. Atmos. Chem. Phys., 2009. - 15229 - 15373 : Vol. IX.
- Pingjian, L., Kobayashi, E., Ohsawa, T., Sakata, M., *Case Study on Health Assessments Related to a Modal Shift in Transportation*, Journal of Marine Science and Technology-JASNACE, 2006.
- Pitana, T., Kobayashi, E., Wakabayashi, N., *Estimation Of Exhaust Emission Of Marine Traffic Using Automatic Identification System Data (Case Study : Madura Strait Area, Indonesia)*, OCEANS 2010 LEEE Sydney 24-27 May 2010, CFP100CF–CDR 978-1-4244-5222 Library Of Congress : 2009934926, 2010.
- Trozzi,C., Vaccaro,R., *Methodologies For Estimating Air Pollutant Emission From Ships*, Techne Report MEET RF98b, 1998. UNECE/EMEP, Group 8: *Other Mobile Sources and Machinery*, in *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook-third ed.*, October 2002 Update (Technical Report no.30), 2002.

UNECE/EMEP. Group 8 : *Other Mobile Source and Machinery*, in *EMEP/CORRINAIR Emission Inventory* Guidebook-third ed. Technnical Report no.30, 2002.

Wang, C., Callahan, J., Corbett, J.J., Geospatial Modeling of Ship Traffic and Air Emissions, Proceeding of ESRI International Conference, (2007).