

PREDIKSI KONSENTRASI CO₂ PADA CEROBONG ASAP DARI RENCANA PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MESIN DAN GAS (PLTMG) DURI

Yulia Fitri, Sri Fitria Retnawaty

Prodi Fisika Universitas Muhammadiyah Riau

Jl. KH. Ahmad Dahlan No.88, Sukajadi Pekanbaru-28124

Email : yuliafitri@umri.ac.id

ABSTRAK

PT. PLN Persero Pekanbaru Riau merencanakan pembangunan PLTMG Duri yang berlokasi di Desa Balai Pungut, Kecamatan Pinggir, Kabupaten Bengkalis. Bahan bakar yang akan digunakan dalam kegiatan tersebut adalah minyak solar *High Speed Diesel* (HSD) dan gas alam *Liquefied Natural Gas* (LNG) yang merupakan bahan bakar fosil yang dapat menghasilkan beberapa zat salah satunya adalah karbon dioksida (CO₂). CO₂ merupakan *FE* (Faktor Emisi) terbesar yang dihasilkan dari bahan bakar LNG dan HSD. Untuk mengetahui konsentrasi CO₂ di atmosfer maka perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan model dispersi Gaussian dan menggunakan data meteorologi tahun 2012 yang diperoleh dari Bandar Udara Pinang Kampai Dumai (BUPKD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi gas emisi CO₂ sangat dipengaruhi oleh faktor meteorologi. Nilai konsentrasi CO₂ maksimum dari bahan bakar LNG terjadi pada bulan Nopember dan Desember pada titik koordinat 800 m dari cerobong asap yaitu 285,77 µg/m³ dan 284,62 µg/m³ secara berurutan. Begitu pula nilai konsentrasi CO₂ dari bahan bakar HSD, nilai konsentrasi maksimum juga terjadi pada bulan Nopember dan Desember yaitu 2127,31 µg/m³ dan 2118,78 µg/m³. Pada stabilitas atmosfer A pada bulan juni, gas emisi CO₂ maksimum menyebar pada jarak 300 m dari cerobong, sedangkan pada stabilitas atmosfer C pada bulan Nopember dan Desember menyebar pada jarak 800 m dari cerobong. bahwa semakin besar kecepatan angin, konsentrasi maksimum polutan semakin dengan jarak sebaran semakin kecil.

Kata Kunci : CO₂, konsentasi gas emisi, Model Dispersi Gaussian

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu energi yang sangat dibutuhkan sebagai penunjang kehidupan manusia. Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan perekonomian Riau membuat kebutuhan listrik Riau setiap tahunnya mengalami peningkatan. Oleh sebab itu, Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai salah satu badan usaha milik negara yang diberi tugas mengemban misi memasok dan mengelola ketenaga-listrikan, berusaha untuk menambah serta meningkatkan ketersediaan tenaga listrik. Hal ini sesuai dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 4 tahun 2010. Salah satu upaya yang dilakukan PT. PLN (persero) adalah merencanakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin dan Gas (PLTMG) Duri di desa Balai Pungut Kecamatan Pinggir Kabupaten Bengkalis.

Bahan bakar PLTMG Duri menggunakan minyak solar *High Speed Diesel* (HSD) dan gas alam *Liquefied Natural Gas* (LNG). Dalam hal ini tentu memiliki dampak negatif, karena bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar fosil yang dapat menghasilkan emisi gas berbahaya salah satunya adalah CO₂. Pelepasan gas emisi dari cerobong asap PLTMG ke atmosfer akan mengakibatkan penurunan kualitas udara (Geiger, 1995).

Oleh karena itu perlu adanya studi mengenai arah sebaran dan kadar pemaparan gas emisi CO₂ di atmosfer dari cerobong asap PLTMG Duri. Untuk mensimulasikan arah

sebaran dan menghitung kadar gas emisi CO₂ tersebut, maka digunakan model dispersi Gaussian.

1.2 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jumlah konsentrasi gas CO₂ dari cerobong asap PLTG Duri di atmosfer.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Colls dalam Faktor meteorologi secara alami sangat berperan dalam pengaturan dan pengendalian pencemaran udara, sehingga mempunyai kemampuan untuk mengatur dan mengendalikan diri terhadap masuknya setiap zat pencemar. Faktor meteorologi yang berpengaruh terhadap pencemaran udara adalah arah dan kecepatan angin, suhu, tekanan udara dan stabilitas atmosfer.

Kecepatan angin berpengaruh terhadap konsentrasi gas buang. Semakin besar kecepatan angin pada suatu daerah sumber gas buang maka konsentrasi gas buang pada daerah itu sendiri berkurang. Jika kecepatan angin lebih kecil dimungkinkan konsentrasinya akan tetap berada di daerah sumber (Geiger, 1995). Pengaruh lain dari kecepatan angin, yaitu turbulensi. Angin yang lebih kuat menyebabkan sering terjadinya turbulensi, sehingga dengan adanya turbulensi udara tercemar lebih cepat tercampur dengan udara di sekelilingnya dan dapat mengencerkan zat pencemar. Pada angin lemah, turbulensi lebih kecil dan dengan begitu memperkecil juga terjadinya pencampuran zat pencemaran dengan zat lainnya di lingkungan sekitar sehingga pengenceran susah terjadi dan membuat konsentrasi zat pencemar tetap tinggi (Oke, 1987).

Secara fisis suhu didefinisikan sebagai tingkat gerakan molekul benda, makin cepat gerakan molekul benda, maka suhunya akan semakin tinggi. Perbedaan suhu di udara sekitar kita (udara ambien) akan menimbulkan perbedaan tekanan udara, dan perbedaan tekanan udara akan mempengaruhi arah dan kecepatan angin di suatu wilayah. Pada prinsipnya, angin bertiup dari wilayah bertekanan tinggi ke wilayah bertekanan rendah. Semakin tinggi udara berada maka suhunya akan semakin rendah (Roosita, 2007).

Stabilitas atmosfer menunjukkan tingkat turbulensi udara di arah vertikal. Atmosfer yang stabil memiliki tingkat turbulensi vertikal yang rendah. Stabilitas atmosfer sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin dan tingkat radiasi sinar matahari (*incoming solar radiation* atau *insolation*), yang umumnya berfluktuasi dan menyebabkan stabilitas atmosfer di suatu wilayah juga berfluktuasi. Kedua faktor itu menimbulkan variasi tekanan udara antara lapisan udara di dekat permukaan tanah dengan lapisan udara yang lebih tinggi. Saat perbedaan tekanan udara di antara kedua lapisan itu besar, sebagaimana sering terjadi di siang hari maka atmosfer menjadi tidak stabil. Oleh karena tidak ada radiasi matahari, variasi tekanan udara di malam hari umumnya tidak terlalu besar. Hal ini menyebabkan atmosfer memiliki kondisi yang lebih stabil di malam hari (Roosita, 2007).

Sumber pencemaran udara dapat disebabkan dari kegiatan yang bersifat alami dan bersifat buatan manusia (antropogenik). Pencemaran udara dari sumber alami adalah abu yang dikeluarkan akibat letusan gunung berapi, gas-gas vulkanik, debu yang beterbangan di udara akibat tiupan angin, dan bau yang diakibatkan dari proses pembusukan sampah organik. Pencemaran udara akibat dari aktivitas manusia secara kuantitatif lebih besar, diantaranya hasil pembakaran bahan-bahan fosil dari kendaraan bermotor, bahan-bahan buangan dari kegiatan pabrik industri yang memakai zat kimia organik dan anorganik, pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara, pembakaran sampah rumah tangga, pembakaran hutan dan lain sebagainya (Satria, 2006).

Polutan adalah zat atau bahan yang dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan baik pencemaran Udara, Tanah, Air, dan sebagainya. Syarat-syarat suatu zat disebut polutan bila keberadaannya dapat menyebabkan kerugian terhadap makhluk hidup. Contohnya, karbon dioksida (CO_2) dengan kadar 0,033% di udara bermanfaat bagi tumbuhan, tetapi bila lebih tinggi dari 0,033% dapat memberikan efek merusak (Satria,2006).

Emisi adalah zat, energi atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar (Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara).

Menurut Slamet Arifin dalam Rimantho (2007), polutan udara dapat dibedakan menjadi polutan primer dan polutan sekunder. Polutan primer adalah polutan-polutan yang diemisikan langsung dari sumber alami maupun kegiatan-kegiatan manusia, seperti CO , SO_2 , CO_2 , NO_2 , dan debu. Polutan primer tidak mengalami perubahan fisik maupun kimia di atmosfer. Polutan ini memiliki waktu tinggal yang relatif lama di atmosfer karena sifatnya yang stabil terhadap reaksi-reaksi kimia fisik atmosfer. Sedangkan polutan sekunder merupakan hasil emisi cemar udara yang berasal dari hasil proses fisik dan kimia (*photochemistry*) yang bersifat reaktif, serta mengalami proses transformasi fisik-kimia menjadi unsur atau senyawa lain yang bentuknya dapat berubah dari saat diemisikan hingga setelah ada di atmosfer, misalnya ozon (O_3), dan PAN (*peroxyacetyl nitrate*) yang terbentuk dari reaksi HC, NO_x , dan oksigen (O_2).

Untuk menjelaskan distribusi vertikal dan horizontal polutan pada arah angin yang berasal dari sumber emisi digunakan Model Gaussian *point source*. Semakin jauh dari garis pusat semburan maka nilai konsentrasinya akan semakin mengecil, tetapi semakin menjauh dari sumbernya, bentuk semburan ke arah horizontal dan vertikal akan semakin melebar. Dengan kata lain, standar deviasinya akan semakin besar (Supriyono, 2009). Persamaan umum yang digunakan untuk penyebaran polutan model Gaussian dari sumber titik adalah :

$$C(x,y,z,H) = \frac{Q}{2\pi \sigma_y \sigma_z u} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \left\{ \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z-H}{\sigma_z} \right)^2 \right] + \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z+H}{\sigma_z} \right)^2 \right] \right\}$$

(1)

dimana C menyatakan konsentrasi parameter kualitas udara dengan satuan massa per meter kubik, Q menyatakan laju emisi pencemar yang dinyatakan dalam satuan mikrogram per detik, σ_y adalah koefisien dispersi secara horizontal terhadap sumbu x dan σ_z untuk koefisien dispersi secara vertikal terhadap sumbu x , yang keduanya dinyatakan dalam satuan meter (m), u adalah kecepatan angin dalam meter per detik, sedangkan H adalah tinggi cerobong efektif, dan z adalah ketinggian reseptor (penerima dampak) di atas permukaan tanah.

3. METODE PENELITIAN

3,1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari sampai April 2014 di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Riau Pekanbaru, dengan objek sasaran penelitian pada rencana pembangunan PLTMG Duri di Desa Balai Pungut Kecamatan Pinggir Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk memprediksi arah sebaran dan konsentrasi gas emisi dari cerobong asap rencana pembangunan PLTMG Duri adalah sebagai berikut:

1. Jumlah bahan bakar LNG/hari dan HSD/hari, diameter cerobong, tinggi menara cerobong, suhu lepasan gas emisi CO₂, kecepatan lepasan gas emisi CO₂
2. Data klimatologi seperti kecepatan angin, arah angin, suhu udara, dan tekanan udara (diperoleh dari Bandar Udara Pinang Kampai Dumai)

3.3 Rancangan Penelitian

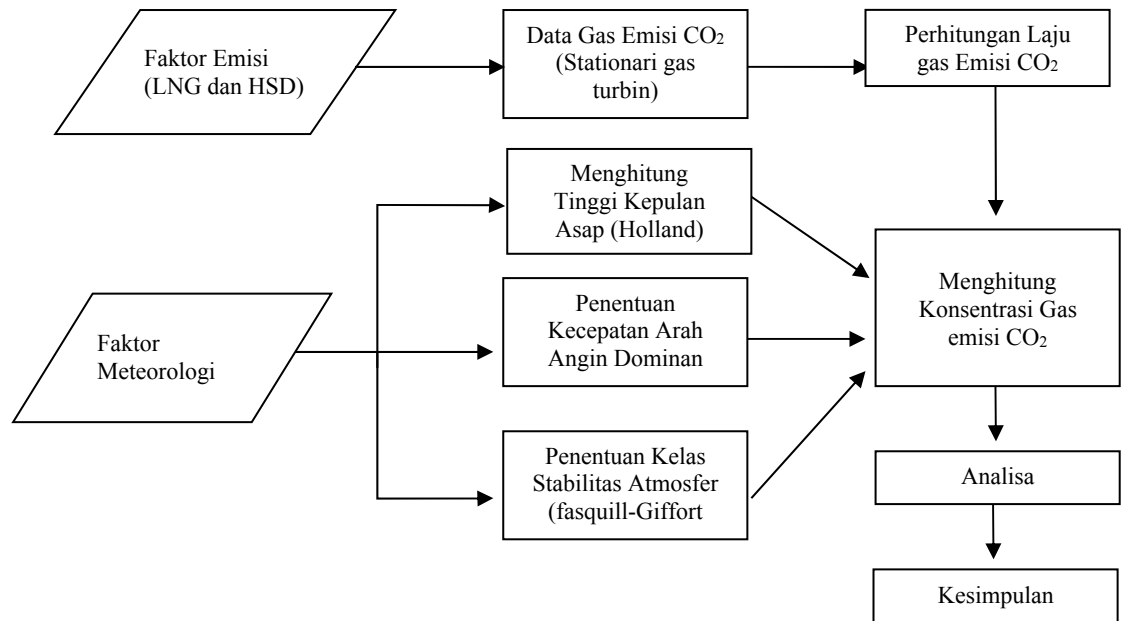
Gambar 1 menunjukkan rancangan penelitian. Dalam memprediksi arah sebaran dan konsentrasi gas emisi CO₂ dibutuhkan data cerobong dari PT. PLN dan data klimatologi dari Bandar Udara Pinang Kampai Dumai. Data-data tersebut diolah dengan melakukan perhitungan laju gas emisi CO₂, menentukan tingkat stabilitas atmosfer pada siang hari dan malam hari yang sesuai dengan kondisi meteorologis, menghitung tinggi efektif cerobong (siang hari dan malam hari), dan menghitung tinggi kepulan asap (siang hari dan malam hari) dan menghitung nilai koefisien dispersi vertikal (σ_z) dan horizontal (σ_y). Konsentrasi gas emisi CO₂ di atmosfer dihitung dengan menggunakan model dispersi Gaussian.

Batasan-batasan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan model dispersi Gaussian untuk menghitung konsentrasi gas emisi CO₂ dengan asumsi :

- a. Laju emisi polutan dianggap konstan (relatif tetap)
- b. Rata-rata kecepatan angin dan arahnya adalah konstan
- c. Sifat kimia dari senyawa yang dikeluarkan adalah stabil dan tidak berubah di udara
- d. Daerah sekitar sumber pencemar datar dan terbuka

Untuk mengetahui laju gas emisi CO₂ yaitu dengan mengalikan FE gas CO₂ dengan jumlah bahan bakar (*A*). Faktor emisi menunjukkan perkiraan jumlah polutan yang akan diemisikan oleh tiap unit komponen kegiatan dari suatu sumber emisi.

$$Q = FE \times A \quad (2)$$



Gambar 1 Rancangan Penelitian

Untuk mendapatkan kecepatan angin pada ketinggian lepasan emisi menggunakan persamaan 3.

$$U = U_{10} \left(\frac{Z_e}{10} \right)^p \quad (3)$$

Dimana, U adalah kecepatan angin pada ketinggian cerobong, U_{10} adalah kecepatan angin pada ketinggian 10 meter, Z_e adalah ketinggian cerobong, dan p adalah konstanta kekasaran permukaan lahan sesuai dengan kondisi tata guna lahan suatu wilayah pada ketinggian 10 meter (untuk daerah pedesaan konstanta 0,07 digunakan pada kelas A dan B, 0,10 untuk kelas C, 0,15 untuk kelas D, dan 0,35 untuk kelas E dan F), dan Z_e adalah tinggi cerobong di permukaan tanah.

Untuk menentukan tinggi kepulan digunakan model persamaan Albert H. Holland pada persamaan 4.

$$\Delta h = \frac{V_s \cdot d}{u} \left(1,5 + 2,68 \cdot 10^{-3} \cdot P \left(\frac{T_s - T_0}{T_s} \right) d \right) \quad (4)$$

Dimana kecepatan gas keluar cerobong (V_s) dalam m/det, diameter atas cerobong (d) dalam meter, kecepatan angin di cerobong (u) dalam m/det, Tekanan atmosfer (P) dalam mbar (1 atm = 1013,25 mbar), temperatur gas keluar cerobong (T_s) dalam K, temperatur udara atmosfer (T_0) dalam $^{\circ}$ K.

Tinggi efektif cerobong (H) adalah penjumlahan tinggi kepulan asap (Δh) dengan tinggi cerobong aktual (h).

$$H = \Delta h + h \quad (5)$$

Koefisien dispersi horozontal (σ_y) dan vertikal (σ_z) merupakan parameter dispersi polutan, yang berupa koefisien fungsi jarak dari sumber pencemar pada arah angin dominan terhadap berbagai kelas stabilitas atmosfer. Untuk perhitungan dispersi horozontal dan vertikal harus disesuaikan dengan kondisi di lapangan, yaitu harus disesuaikan dengan kecepatan angin dan kestabilan atmosfer. Menurut Fasquill-Gifford, tetapan horozontal dinyatakan dengan

$$\sigma_y = ax^{0,894} \quad (6)$$

dan tetapan dispersi vertikal dinyatakan dengan

$$\sigma_z = cx^d + f \quad (7)$$

Nilai a , c , d , dan f tergantung pada kestabilan atmosfer yang angka-angkanya sesuai dengan Tabel .1.

Tabel 1. Nilai Tetapan a , c , d dan f .

Kestabilan	a	$x \leq 1 \text{ km}$			$x \geq 1 \text{ km}$		
		c	d	f	c	d	f
A	213	440,8	1,941	9,27	459,7	2,094	-9,6
B	156	106,6	1,149	3,3	108,2	1,098	2,0
C	104	61,0	0,911	0	61,0	0,911	0
D	68	33,2	0,725	-1,7	44,5	0,516	-13,0
E	50,5	22,8	0,678	-1,3	55,4	0,305	-34,0
F	34	14,35	0,740	-0,35	62,6	0,180	-48,8

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Stabilitas atmosfer digolongkan ke dalam enam kelas, yaitu kelas A sampai kelas F. Kelas A ditujukan untuk kondisi udara yang paling tidak stabil, kelas B tidak stabil, kelas C sedikit tidak stabil, kelas D netral, kelas E agak sedikit stabil dan kelas F stabil. Kelas stabilitas atmosfer di siang hari lebih ditentukan oleh kecepatan angin dan tingkat radiasi sinar matahari (*insolation*), sedangkan kelas stabilitas atmosfer di malam hari lebih ditentukan oleh kecepatan angin dan tutupan awan (*cloudiness*).

Stabilitas atmosfer pada siang hari selama tahun 2012 dominan kelas B yaitu tidak stabil (Tabel 2). Pada kondisi ini intensitas sinar matahari tergolong sedang dengan kecepatan angin berada pada rentang 3 - 5 m/s. Namun kondisi berbeda terjadi pada bulan Juni yaitu kelas A sangat tidak stabil, bulan Nopember dan Desember yaitu kelas C sedikit tidak stabil.

Tabel 2 Stabilitas Atmosfer Tahun 2012

Bulan	Tekanan (mbar)	Suhu Udara (°K)	Kec. Angin Rata-Rata (m/det)	Sudut Angin Dominan	Arah Angin Dominan*	Kelas Stabilitas Atmosfer
Januari	1009,67	306,4	4,14	360°	U-S	B
Februari	1009,61	305,6	4,09	60°	TL-BD	B
Maret	1009,55	306,5	3,1	300°	BL-TG	B
April	1010,33	307,3	3,49	210°	BD-TL	B
Mei	1009,11	307,2	3,37	211°	BD-TL	B
Juni	1008,24	307,6	2,98	212°	BD-TL	A
Juli	1009,45	306,9	3,63	213°	S-U	B
Agustus	1011,05	305,9	3,75	214°	BD-TL	B
September	1011,28	306,9	3,14	215°	S-U	B
Oktober	1011,16	306,9	3,21	216°	BD-TL	B
Nopember	1010,61	306,5	3,24	217°	TL-BD	C
Desember	1010,25	306	3,63	218°	S-U	C

*U : Utara

TL : Timur Laut

T : Timur

TG: Tenggara

S : Selatan

BD: Barat Daya

B : Barat

BL : Barat Laut

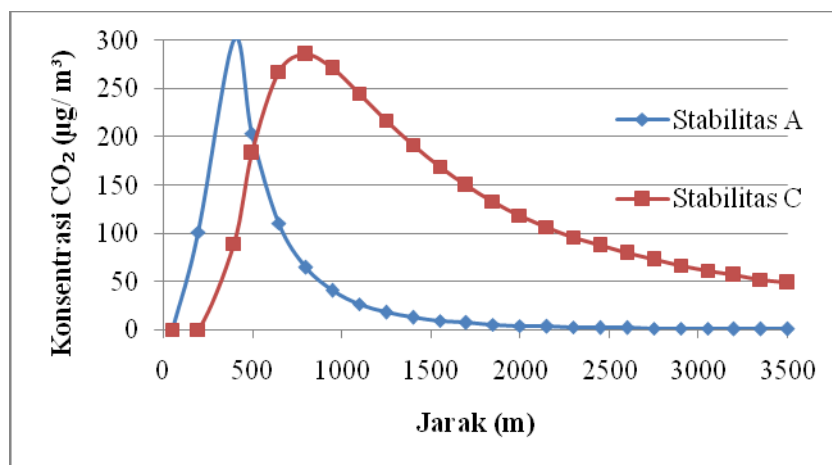
Nilai konsentrasi CO₂ maksimum dari bahan bakar LNG terjadi pada jarak 800 m dari cerobong asap pada bulan Nopember dengan konsentrasi 285,77 µg/m³ dan bulan Desember konsentrasi gas CO₂ sebesar 284,62 µg/m³. Begitu pula nilai konsentrasi CO₂ dari bahan bakar HSD, nilai konsentrasi maksimum juga terjadi pada bulan Nopember dan Desember pada titik koordinat yang sama yaitu 2127,31 µg/m³ dan 2118,78 µg/m³ secara berurutan. Pada bulan Nopember dan Desember kondisi stabilitas atmosfer berada pada kelas C yaitu sedikit tidak stabil. Gas CO₂ akan sulit terdispersi bila stabilitas kondisi atmosfer mendekati stabil, sehingga nilai konsentrasi gas akan lebih besar. Selain itu, pada bulan ini intensitas matahari lemah karena berdasarkan data meteorologi pada bulan Nopember dan Desember curah hujan lebih tinggi dibandingkan dengan bulan yang lain.

Selanjutnya nilai konsentrasi minimum dari bahan bakar LNG terjadi di bulan Juni pada jarak 50 m dari cerobong asap yaitu 2,89 x 10⁻⁶ µg/m³ dan bahan bakar HSD menghasilkan gas CO₂ dengan konsentrasi 2,15 x 10⁻⁵ µg/m³. Hal ini terjadi disebabkan karena pada bulan Juni kondisi atmosfer berada pada kelas A yaitu sangat tidak stabil, yaitu ditandai dengan intensitas matahari sangat kuat, sehingga gas CO₂ akan lebih cepat terurai menyebar ke udara lingkungan dengan tidak teratur sehingga nilai konsentrasinya akan semakin kecil. Konsentrasi gas CO₂ di atmosfer sangat dipengaruhi oleh arah angin, kecepatan angin dan stabilitas atmosfer, dimana hal ini juga diungkapkan oleh Puspita (2011) yang melakukan penelitian tentang pola spasial pencemaran udara PLTU dan PLTGU Muara Karang.

Jarak dan besarnya konsentrasi gas emisi CO₂ yang jatuh pada permukaan tanah selain dipengaruhi oleh stabilitas juga akan sangat dipengaruhi oleh besarnya sumber emisi dan ketinggian cerobong. Untuk setiap kondisi stabilitas atmosfer, konsentrasi maksimum gas

emisi CO₂ dipengaruhi oleh kecepatan angin. Semakin besar kecepatan angin, konsentrasi maksimum yang diemisikan suatu sumber semakin besar, dengan jarak sebaran semakin kecil. Umumnya penyebaran polutan akan terkumpul di sekitar jarak maksimum dari sumber emisi, kemudian akan menyebar dengan konsentrasi yang menurun sampai jarak yang cukup jauh dari sumbernya.

Pada stabilitas atmosfer A yaitu bulan Juni konsentrasi maksimum gas emisi CO₂ menyebar di sekitar cerobong yaitu pada jarak 300 m, sedangkan pada stabilitas C yaitu pada bulan Nopember dan Desember konsentrasi maksimum gas emisi CO₂ menyebar lebih jauh dari cerobong yaitu di titik 800 m (Gambar 2). Hasil analisis sebaran menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan angin, konsentrasi maksimum polutan semakin dengan jarak sebaran semakin kecil.



Gambar 2. Jarak Sebaran Gas Emisi CO₂ dengan Konsentrasi Maksimum

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Nilai konsentrasi gas emisi CO₂ dan jarak sebaran sangat dipengaruhi oleh arah angin, kecepatan angin dan stabilitas atmosfer.
2. Nilai konsentrasi gas emisi CO₂ maksimum dari bahan bakar LNG dan HSD terjadi pada bulan Nopember dan Desember.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, sebaiknya pemantauan data meteorologi dan konsentrasi polutan perlu dilakukan secara kontinyu untuk mendukung pengendalian pencemaran udara.
2. Perlu menggunakan data cerobong yang berbeda agar hasil konsentrasi polutan dapat dibandingkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Geiger, et. al. 1995. "The Climate Near The Ground". Braunschweig. Friedr Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH.
2. Oke T.R. 1987. "Boundary Layer Climates". Ed ke-2. London. Routledge.
3. Osami, Nishida. 2001. *Actual State and Prevention of Marine Air Pollution from Ships*, Review of Kobe University of Mercantile Marine No. 49, Kobe-Japan.

4. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 21 Tahun 2008
5. Puspita, Dwi Anita. 2011. "*Pola Spasial Pencemaran Udara Dari Sumber Pencemar PLTU dan PLTG Muara Karang*". Skripsi Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Depok.
6. Rimanto, D. 2007. Pengelolaan Resiko Pencemaran Udara dari Kendaraan Bermotor di Jalan MH. Thamrin-Jakarta Pusat. Proseding Seminar Nasional Pascasarjana VII, ITS Surabaya.
7. Roosita, Hermien. 2007. "Memperkirakan Dampak Lingkungan Kualitas Udara". Jakarta. Deputi Bidang Tata Lingkungan-Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
8. Satria, Aji Bahtiar. 2006. "*Pemetaan Penyebaran polutan Sebagai Bahan Pertimbangan Pembangunan Ruang Terbuka Hijau di Kota Cilegon*". Skripsi Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
9. Supriyadi, Eko. 2009. "*Penerapan Model finite length line source Untuk Menduga Konsentrasi Polutan Dari Sumber Garis*". Skripsi Departemen Geofisika Dan Meteorologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
10. Supriyono. 2009. "*Aplikasi Komputer Untuk Visualisasi Pola Sebaran Konsentrasi Gas Dari Sumber Titik Instan Dalam Fluida Diam Dan Medium Anisotrop*". Seminar Nasional Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-Badan Tenaga Nuklir Nasional. Yogyakarta. 05 Nopember. 2009. ISSN 1978-0176.