

PEMODELAN SEBARAN POLUTAN UDARA AKIBAT AKTIVITAS PLTD TELLO KOTA MAKASSAR MENGGUNAKAN MODEL DISPERSI GAUSS

MODELING THE DISTRIBUTION AIR POLLUTANT DUE TO ACTIVITIES OF PLTD TELLO IN MAKASSAR CITY USING GAUSS DISPERSION MODEL.

¹⁾Muhammad Arief Fitrah Istiyanto Aslim, ²⁾Nasrul Ihsan, ³⁾Ahmad Yani

Universitas Negeri Makassar

Kampus UNM Parangtambung Jln. Daeng Tata Raya, Makassar, 90224

¹⁾e-mail : arief.fitrah.aslim@gmail.com

Abstract. Modeling The Distribution Air Pollutant Due To Activities Of Pltd Tello In Makassar City Using Gauss Dispersion Model. *The aim of this research are to produce a model of air pollutant distribution and predict the concentration of pollutants caused by activities of PLTD Tello in Makassar city. The distribution of pollutant is modeled using Matlab program with a distribution area of 3000 meter from the source of pollutants. The result showed that the largest maximum CO concentration was produced from September to December with a concentration value is $9,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for daytime which is located 900 meters from the source of pollutants, while at night from August to December with a concentration value is $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ which is located 2900 meters from the source of pollutants. Pollutants are dispersed farther with maximum concentration smaller at night than during the day because the stability of the atmosphere at night is more stable, causing the pollutants to be dispersed further and more evenly. Atmospheric stability at night in 2017 is generally neutral and slightly stable, while during the day it is generally unstable and slightly unstable.*

Keywords : *Gauss Dispersion Model, Carbon Monoxide, Air Pollutant, Diesel Power Plant.*

Abstrak. Pemodelan Sebaran Polutan Udara Akibat Aktivitas Pltd Tello Kota Makassar Menggunakan Model Dispersi Gauss. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan model sebaran polutan udara dan memprakirakan konsentrasi polutan yang diakibatkan oleh aktivitas PLTD Tello Kota Makassar. Sebaran polutan dimodelkan menggunakan program Matlab dengan batasan wilayah sebaran sejauh 3000 meter dari sumber polutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi maksimum CO yang terbesar dihasilkan pada bulan September hingga Desember dengan nilai konsentrasi sebesar $9,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk siang hari yang terletak sejauh 900 meter dari sumber polutan, sedangkan pada malam hari dari bulan Agustus hingga Desember dengan nilai konsentrasi sebesar $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yang terletak sejauh 2900 meter dari sumber polutan. Polutan pada malam hari terdispersi lebih jauh dengan konsentrasi maksimum yang lebih kecil dibanding siang hari dikarenakan stabilitas atmosfer pada malam hari lebih stabil sehingga menyebabkan polutan terdispersi secara lebih jauh dan lebih merata. Stabilitas atmosfer pada malam hari di tahun 2017 umumnya netral dan sedikit stabil, sedangkan pada siang hari umumnya tidak stabil dan sedikit tidak stabil.

Kata kunci : *Model Dispersi Gauss, Karbon Monoksida, Polutan Udara, PLTD*

PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan masalah kota-kota besar (Achmad, 2011). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Indonesia (2016) menunjukkan bahwa beberapa daerah di Indonesia seperti Jakarta, Medan, Riau, Semarang, Yogyakarta, Makassar, dan beberapa daerah lainnya mengalami pencemaran udara. Makassar merupakan daerah yang mengalami pertambahan jumlah penduduk tiap tahun yang tercatat sebanyak 1.489.011 orang di tahun 2017

(Badan Pusat Statistik Kota Makassar, 2018). Dampak pertambahan jumlah penduduk mengakibatkan peningkatan kebutuhan sarana transportasi dan aktivitas perkotaan seperti industri yang dapat menyebabkan pencemaran udara. Menurut Soedomo (2001), pencemaran udara merupakan masuknya zat pencemar ke dalam udara yang disebabkan secara alamiah atau aktivitas manusia. Sumber pencemar udara dapat berasal dari industri, kendaraan bermotor, pembakaran sampah, dan kebakaran hutan.

Mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999, pencemaran udara terjadi pada saat zat pencemar melebihi baku mutu udara ambien yang telah ditentukan. Baku mutu udara ambien dalam pengukuran telah ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 dan baku mutu emisi untuk sumber tidak bergerak telah ditetapkan pada Permen LH No. 21 Tahun 2008.

Industri telah menjadi kebutuhan di kota-kota besar. Seperti halnya pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) yang merupakan sumber listrik untuk digunakan oleh masyarakat sekitar. Keberadaan PLTD menjadi hal yang menguntungkan mengingat bahwa listrik menjadi kebutuhan tiap orang. Namun, keberadaan PLTD juga dapat berdampak negatif terhadap lingkungan sekitar dan penurunan kesehatan masyarakat dikarenakan polutan yang dilepaskan ke udara sehingga menyebabkan udara tercemar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Ali dan Nugroho (2017), polutan yang dihasilkan oleh PLTD berupa karbon monoksida, nitrogen oksida, dan sulfur dioksida. Karbon monoksida (CO) merupakan salah satu jenis polutan yang berdampak buruk terhadap kesehatan (Patandean, 2006).

Karbon monoksida yang dihirup oleh manusia dalam kadar rendah dapat mengganggu pernapasan, denyut nadi, tekanan darah, dan refleks saraf sedangkan dalam kadar yang tinggi dapat menyebabkan kematian. Karbon monoksida termasuk racun bagi makhluk hidup. Polutan ini dapat berikatan dengan hemoglobin (Hb) dalam darah membentuk COHb (karboksihemoglobin). Afinitas COHb 250 kali lebih besar dibandingkan O₂Hb (Oksihemoglobin) akibatnya gas CO sulit untuk lepas dari Hb dan menyebabkan berkurangnya fungsi Hb sebagai pembawa Oksigen (Patandean, 2006). Konsentrasi COHb di dalam darah dipengaruhi

langsung oleh konsentrasi CO dari udara yang terhisap. Oleh karena itu, keberadaan karbon monoksida ini dapat membahayakan kehidupan manusia (Faridiaz, 1992).

Berdasarkan penelitian (Nauli, 2002) letak konsentrasi maksimum daerah tercemar bervariasi mulai dari 0,5 km hingga 9 km. Variasi nilai ini disebabkan oleh keadaan atmosfer, faktor laju emisi cerobong asap industri, dan dimensi cerobong asap. PLTD Tello merupakan satu-satunya pembangkit listrik tenaga diesel yang berada di Kota Makassar. Pemukiman dan fasilitas umum seperti rumah sakit berada dalam radius 3 km dari PLTD Tello. Aktivitas PLTD Tello dapat mengakibatkan pemukiman penduduk dan rumah sakit tercemar oleh polutan yang dihasilkan oleh PLTD. Oleh karena itu, analisis sebaran dan pemantauan konsentrasi polutan dari aktivitas PLTD Tello di Kota Makassar dianggap perlu dilakukan untuk mengetahui daerah-daerah yang dipengaruhi oleh polutan udara dari industri tersebut.

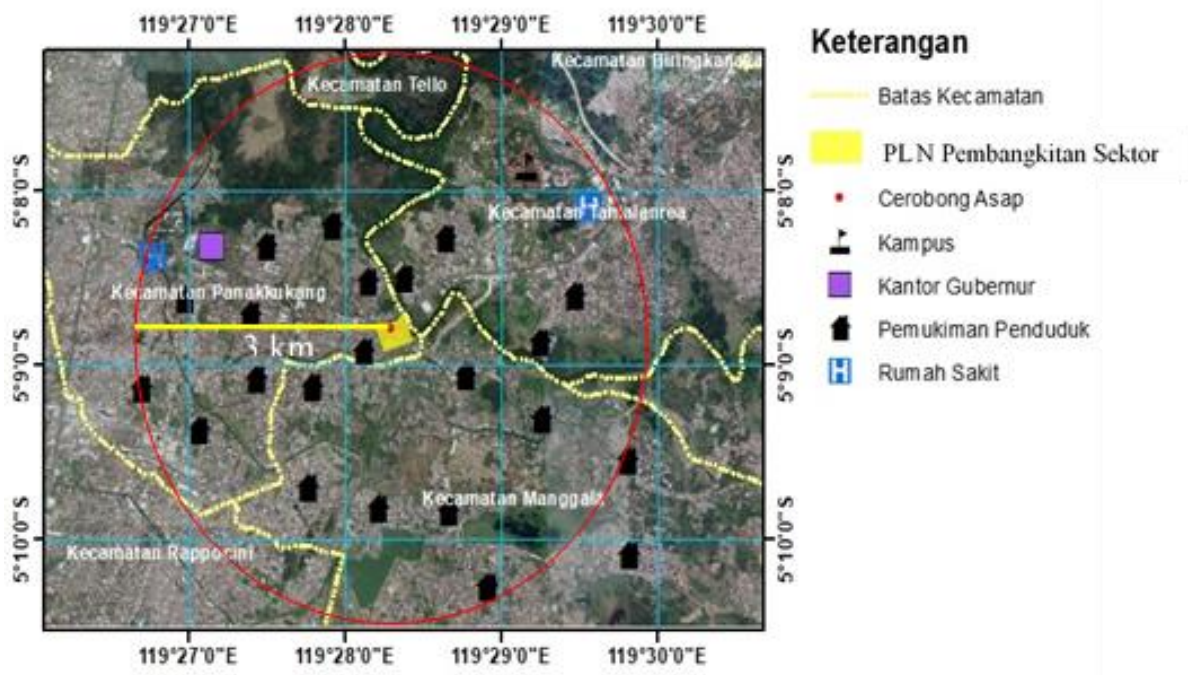
Beberapa model yang dapat digunakan dalam memodelkan sebaran polutan antara lain adalah model Gaussian, model Lagrangian, model Eulerian, dan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) (De Visscher, 2014). Namun, model Gaussian merupakan model yang paling mudah dan dianggap tepat untuk melukiskan secara matematis pola 3 dimensi dari perjalanan semburan (*plume*) emisi (De Visscher, 2014; Qipra Galang Kualita, 2007). Model dispersi Gauss terbagi dua yaitu sumber titik (*point source*) yang polutannya berasal dari cerobong asap dan sumber garis (*line source*) yang polutannya berasal dari aktivitas kendaraan bermotor (Permatasari, 2014). Pada kasus PLTD Tello digunakan persamaan umum model dispersi Gauss sumber titik (*point source*).

Berdasarkan latar belakang di atas maka penulis merasa perlu melakukan penelitian mengenai “Pemodelan Sebaran Polutan Udara Akibat Aktivitas PLTD Tello Kota Makassar menggunakan Model Dispersi Gauss”. Rumusan masalah dalam penelitian ini ialah “Bagaimana model sebaran polutan udara akibat aktivitas PLTD Tello Kota Makassar menggunakan model dispersi Gauss?”. Berdasarkan uraian di atas maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini ialah untuk menghasilkan sebuah model

sebaran polutan dan untuk memprakirakan konsentrasi polutan udara akibat aktivitas industri PLTD Tello Kota Makassar menggunakan model dispersi Gauss.

METODE

Jenis penelitian ini merupakan simulasi dengan menggunakan model dispersi Gauss. Penelitian ini dilakukan pada PT. PLN Pembangkitan Sektor Tello unit PLTD yang terletak di kecamatan Panakkukang, Makassar.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Laptop/*Personal Computer* (PC), *software* Matlab R2015a, *software* Arcgis 10.4. Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain data industri PLTD Tello tahun 2017 yang meliputi tinggi dan diameter cerobong, suhu gas dalam cerobong, laju aliran emisi, kecepatan lepasan emisi, konsentrasi terukur karbon monoksida, debit emisi, dan jam servis, dan data meteorologi tahun 2017 yang meliputi suhu udara, tekanan udara, arah dan kecepatan angin, intensitas radiasi matahari, dan tutupan awan. Langkah kerja dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

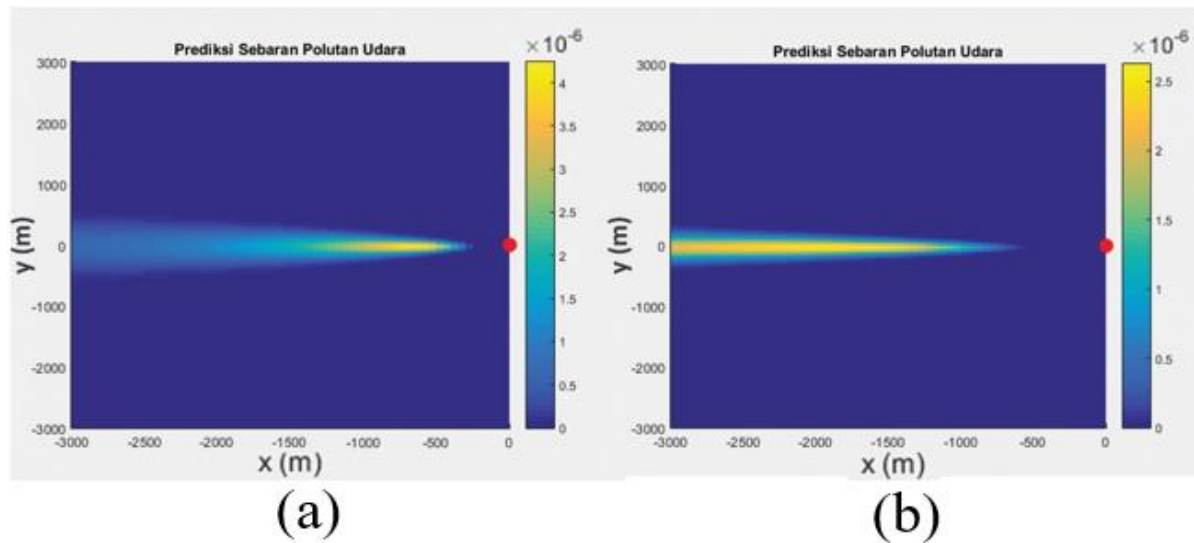
1. Penghitungan laju aliran emisi.
2. Penentuan stabilitas atmosfer.
3. Penentuan titik reseptor.
4. Pembuatan alur pemrograman untuk model dispersi Gauss.
5. Pembuatan *Graphical User Interface* (GUI) pada Matlab.
6. Pembuatan *script* pemrograman pada Matlab.
7. Pemodelan sebaran polutan menggunakan aplikasi GUI Matlab
8. Interpretasi hasil pemodelan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Sebaran

Hasil pemodelan prediksi sebaran polutan udara gas karbon monoksida diperoleh berdasarkan data PLTD dan data meteorologi yang diolah menggunakan Matlab. Terdapat empat mesin pada PLTD antara lain S.W. Diesel 1 (SWD 1), S.W. Diesel 2 (SWD 2), Mitsubishi 1 (MHI 1), dan Mitsubishi 2 (MHI 2). Mesin-mesin

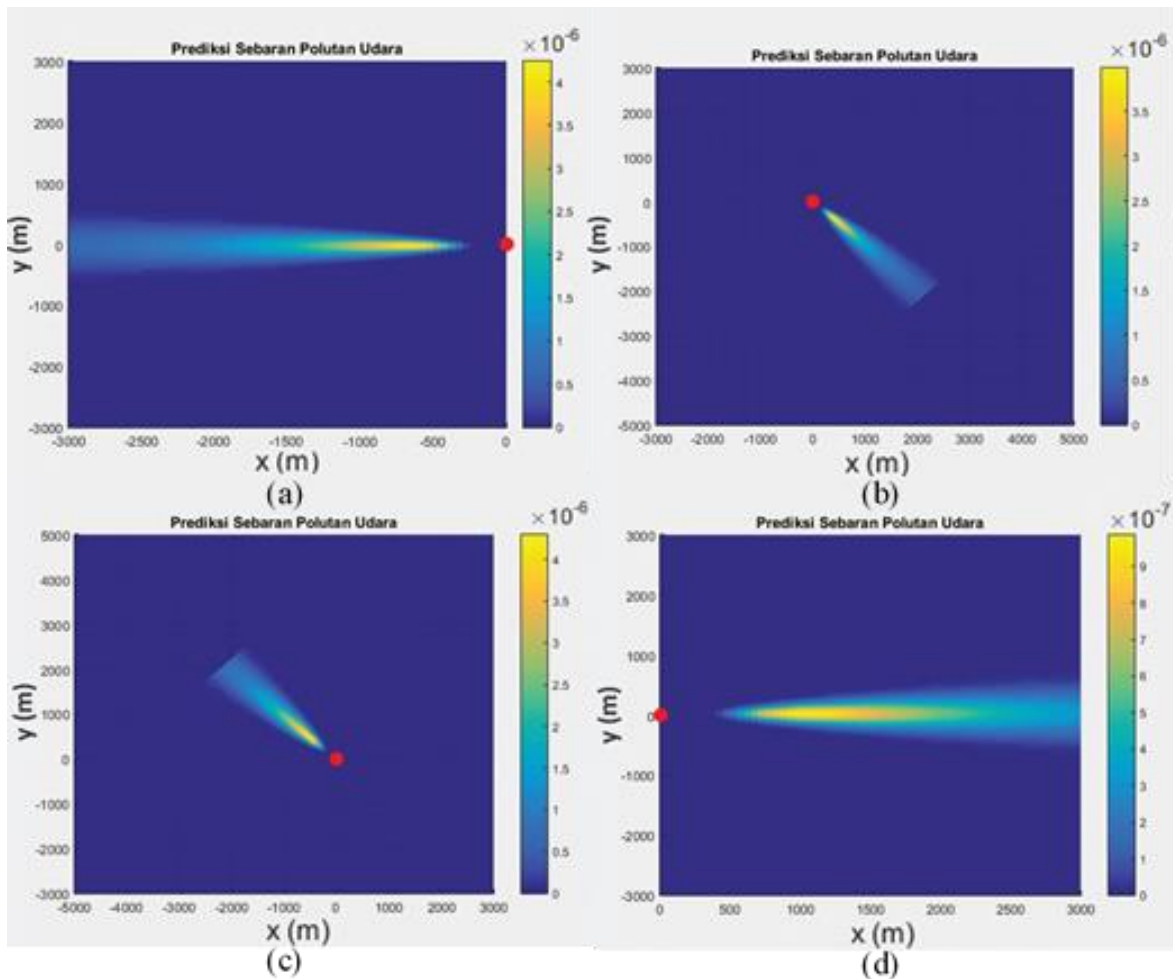
PLTD tidak sepenuhnya dioperasikan pada tahun 2017. SWD 1 dioperasikan dari bulan Januari hingga Desember kecuali pada bulan Juli. SWD 2 dioperasikan pada bulan Maret hingga Juni dan bulan Agustus hingga Desember. MHI 1 dioperasikan pada bulan November dan Desember. MHI 2 dioperasikan pada bulan Januari hingga Juni dan bulan Agustus hingga Oktober. Berikut hasil pemodelan yang diperoleh menggunakan Matlab.



Gambar 2. Hasil Pemodelan Prediksi Sebaran CO SWD 1 Bulan Januari (a. Siang dan b. Malam)

Gambar 2 merupakan hasil pemodelan mesin SWD 1 pada bulan Januari untuk siang hari dan malam hari. Titik merah pada gambar menunjukkan sumber polutan yang terletak pada titik (0,0). Sumbu X dan Y menunjukkan jarak sebaran berdasarkan arah mata angin dimana nilai X+ menunjukkan jarak sebaran ke arah timur dan nilai X- menunjukkan jarak sebaran ke arah barat, sedangkan nilai Y+ menunjukkan jarak sebaran ke arah utara dan nilai Y-

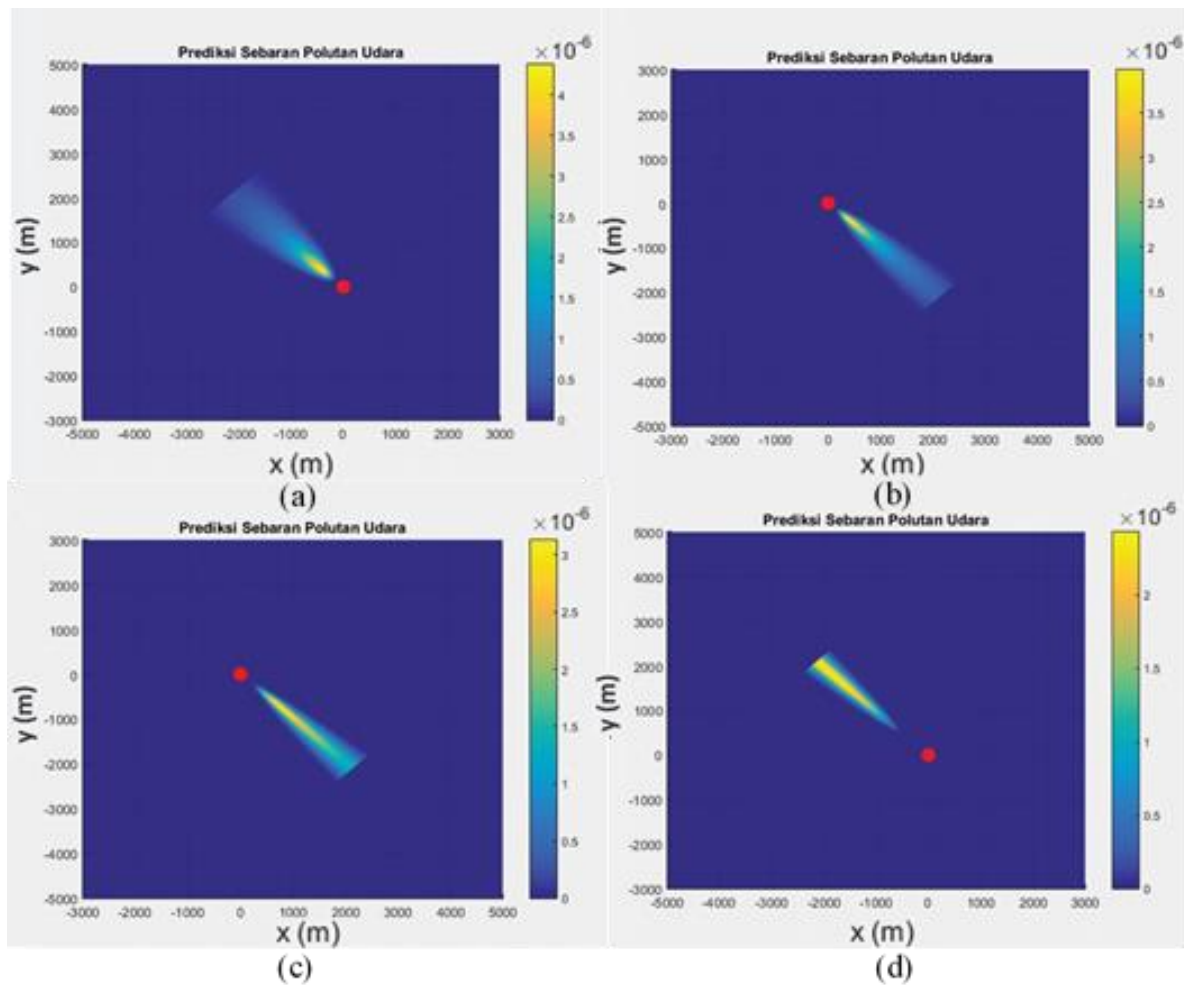
menunjukkan jarak sebaran ke arah selatan. *Colorbar* yang ditampilkan pada gambar menunjukkan tingkat konsentrasi polutan dalam satuan g/m^3 . Warna ungu menunjukkan daerah dengan tingkat konsentrasi polutan CO yang rendah mendekati $0 g/m^3$, sedangkan warna kuning menunjukkan daerah dengan tingkat konsentrasi polutan CO yang tinggi. Gambar 3 berikut menunjukkan hasil pemodelan untuk perbedaan arah angin.



Gambar 3. Hasil Pemodelan Sebaran Polutan SWD 1 Berdasarkan Arah Angin

Gambar 3 merupakan hasil pemodelan sebaran CO mesin SWD 1. Gambar 3.a menunjukkan hasil pemodelan sebaran polutan bulan Januari dengan arah angin dominan adalah timur, Gambar 3.b menunjukkan hasil pemodelan sebaran polutan bulan Februari dengan arah angin dominan adalah barat laut, Gambar 3.c menunjukkan hasil pemodelan sebaran polutan bulan April dengan arah angin dominan adalah tenggara, dan Gambar 3.d menunjukkan hasil pemodelan sebaran polutan bulan September dengan arah angin dominan adalah barat. Perbedaan arah angin tiap bulan dapat dipengaruhi oleh angin muson. Angin muson barat terjadi pada bulan Oktober hingga Februari dimana matahari berada di belahan bumi selatan yang mengakibatkan daerah selatan khususnya

benua Australia memperoleh pemanasan matahari yang lebih banyak dibandingkan benua Asia sehingga daerah Australia bertemperatur tinggi dan bertekanan udara rendah. Hal ini menyebabkan angin bergerak dari benua Asia ke benua Australia dimana arah angin pada daerah selatan rata-rata adalah barat sampai barat laut. Angin muson timur terjadi pada bulan April hingga Agustus dimana benua Asia bertemperatur tinggi dan bertekanan rendah sehingga angin bergerak dari benua Australia menuju benua Asia. Hal ini menyebabkan arah angin pada daerah utara rata-rata adalah tenggara (Ilahuda & Nontji, 1999; Yananto & Sibarani, 2016). Gambar 4 berikut menunjukkan hasil pemodelan untuk perbedaan kelas stabilitas atmosfer.



Gambar 4. Hasil Pemodelan Sebaran Polutan SWD 1 Berdasarkan Stabilitas Atmosfer

Gambar 4 merupakan hasil pemodelan sebaran CO mesin SWD 1. Gambar 4.a menunjukkan hasil pemodelan sebaran polutan siang hari pada bulan Mei dengan stabilitas atmosfer kelas B (tidak stabil), Gambar 4.b menunjukkan hasil pemodelan sebaran polutan siang hari pada bulan Februari dengan stabilitas atmosfer kelas C (sedikit tidak stabil), Gambar 4.c menunjukkan hasil pemodelan sebaran polutan malam hari pada bulan Februari dengan stabilitas atmosfer kelas D (netral), Gambar 4.d menunjukkan hasil pemodelan sebaran polutan malam hari pada bulan Mei dengan stabilitas atmosfer kelas E (sedikit stabil). Gambar 4 di atas menunjukkan perbedaan model sebaran tiap kelas stabilitas atmosfer yang berbeda. Sebaran polutan di siang hari dengan tingkat konsentrasi yang tinggi hanya berada di sekitar sumber polutan,

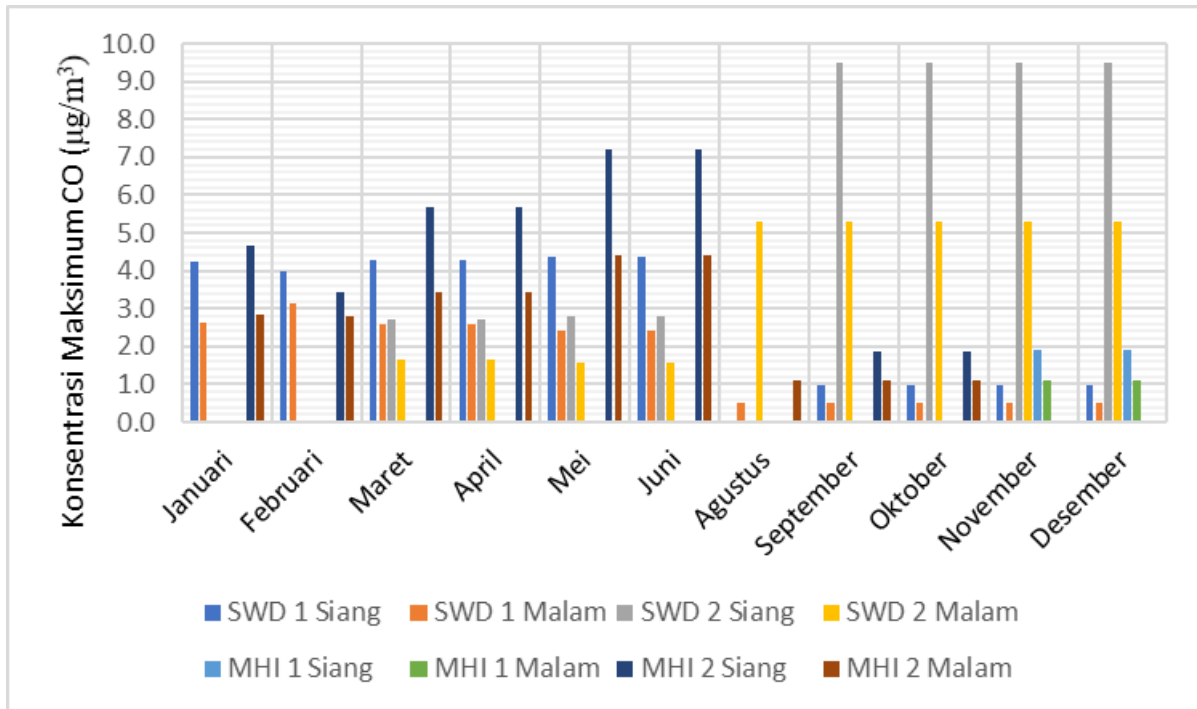
sedangkan pada malam hari terlihat konsentrasi yang tinggi tersebar lebih merata dan lebih jauh. Hal ini dikarenakan stabilitas atmosfer mempengaruhi sebaran polutan. Semakin stabil atmosfer maka polutan akan terdispersi lebih jauh, sebaliknya jika atmosfer semakin tidak stabil maka polutan terdispersi semakin dekat dengan sumber polutan (Qipra Galang Kualita, 2007).

Konsentrasi Maksimum Polutan

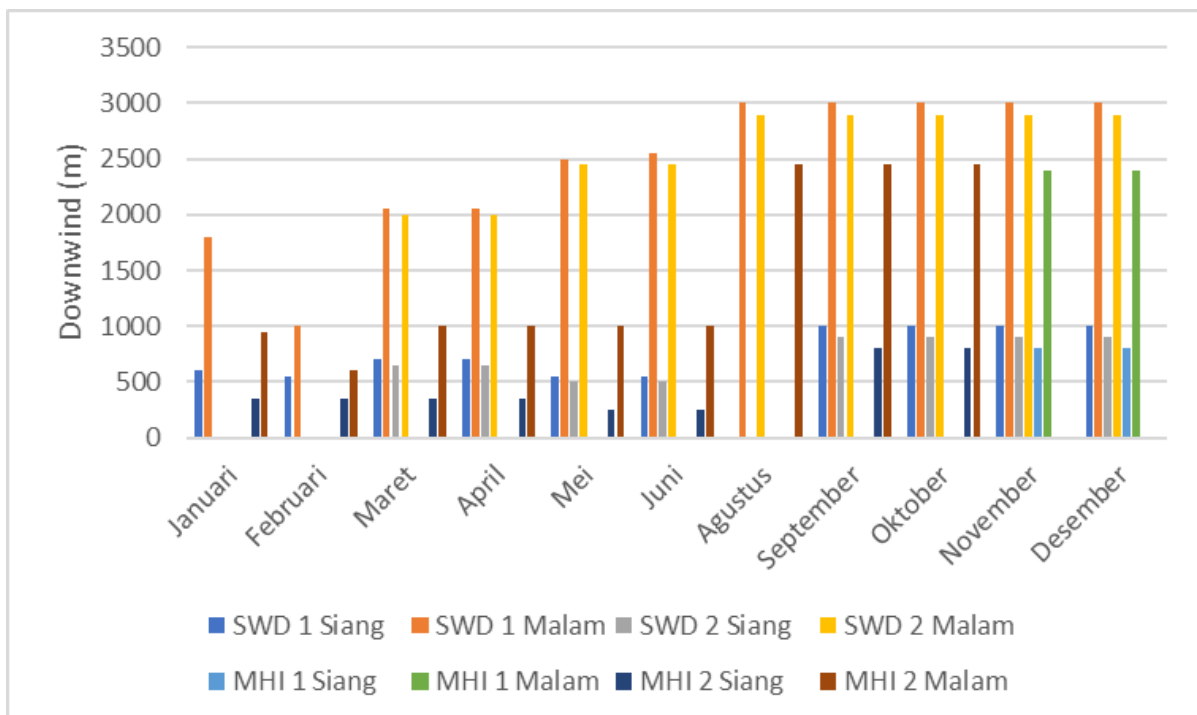
Pada penelitian ini titik reseptor yang digunakan dalam pemodelan ini untuk arah *downwind* yaitu 0 meter – 3000 meter dari sumber polutan dengan interval reseptor sebesar 50 meter dan untuk arah *Crosswind* yaitu -3000 meter – 3000 meter dari sumber polutan dengan interval reseptor sebesar 50 meter pada ketinggian 0 meter di atas permukaan tanah.

Berikut hasil konsentrasi maksimum CO dan letak konsentrasi maksimum yang dihasilkan tiap

mesin PLTD di tahun 2017 ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Konsentrasi Maksimum CO Tiap Mesin PLTD di Tahun 2017



Gambar 6. Letak Konsentrasi Maksimum CO Tiap Mesin PLTD di Tahun 2017

Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6 di atas menunjukkan tingkat konsentrasi maksimum yang terbesar untuk siang dan malam hari dihasilkan oleh mesin SWD 2 dengan Tingkat

konsentrasi maksimum pada siang hari dari bulan September hingga Desember sebesar $9,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yang terletak sejauh 900 meter dari sumber polutan, sedangkan pada malam hari dari bulan Agustus hingga Desember sebesar $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$

yang terletak sejauh 2900 meter dari sumber polutan. Hal ini disebabkan karena data laju aliran emisi yang diperoleh pada semester dua (Juli hingga Desember) memiliki nilai yang paling tinggi dibandingkan dengan data mesin-mesin yang lain.

Letak konsentrasi pada malam hari lebih jauh dibandingkan siang hari. Pada malam hari letak konsentrasi maksimum pada tahun 2017 berkisar antara 600 meter – 3000 meter, sedangkan pada siang hari berkisar antara 250 meter – 1000 meter. Menurut Qipra Galang Kualita (2007), semakin jauh letak konsentrasi maksimum polutan maka nilai konsentrasinya semakin kecil, sebaliknya jika letak konsentrasi maksimumnya semakin dekat maka nilai konsentrasinya semakin besar. Hal tersebut ditunjukkan pada hasil pemodelan untuk mesin SWD 1, MHI 1 dan MHI 2 yang diperlihatkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Namun, hasil yang diperoleh untuk mesin SWD 2 berbeda dengan mesin-mesin yang lain, dimana konsentrasi maksimum karbon monoksida di siang hari pada jarak yang terdekat yaitu 500 m dari sumber polutan di bulan Mei dan Juni dengan nilai konsentrasi sebesar $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan pada jarak terjauh yaitu 900 m dari sumber polutan pada bulan September hingga Desember dengan nilai konsentrasi sebesar $9,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal tersebut juga terjadi pada hasil pemodelan untuk malam hari. Hal ini dikarenakan terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai laju aliran emisi untuk semester satu dan semester dua. Nilai laju aliran emisi pada semester satu sebesar $0,2 \text{ g/s}$, sedangkan pada semester dua sebesar $1,1 \text{ g/s}$.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada tahun 2017 polutan tersebar ke arah timur, tenggara, barat, dan barat laut. Model prediksi sebaran polutan karbon monoksida

terdispersi lebih jauh pada malam hari dibanding siang hari diakibatkan stabilitas atmosfer pada malam hari jauh lebih stabil. Letak konsentrasi maksimum pada malam hari pada tahun 2017 berkisar antara 600 meter – 3000 meter, sedangkan pada siang hari berkisar antara 250 meter – 1000 meter.

2. Konsentrasi polutan pada malam hari lebih rendah dibandingkan pada siang hari dikarenakan pada malam hari polutan tersebar secara lebih merata.

DAFTAR RUJUKAN

- Achmad, R. 2011. *Kimia Lingkungan* (Vol. 1). Retrieved from <http://repository.ut.ac.id/4658/2/PEKI4312-M1.pdf>
- Ali, B., & Nugroho, P. A. 2017. Analisis Pemakaian Bahan Bakar High Speed Diesel dan Biodiesel (B30) Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel PLTD 1.4 MW. *Presisi*, 18(2), 30–41.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2016. *Statistik Lingkungan hidup Indonesia*. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Kota Makassar. 2018. *Kota Makassar Dalam Angka 2018*.
- De Visscher, A. 2014. *Air Dispersion Modeling Foundations and Applications*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Dicke, J. L. 1974. *Effective Stack Height/Plume Rise*. North Carolina: United State Environmental Protection Agency. Retrieved from <http://nepis.epa.gov/EPA/html/DLwait.htm?url=/Exe/ZyPDF.cgi/9100OX85.PDF?Dockey=9100OX85.PDF>
- Faridiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hoesodo, D. 2004. *Permodelan Pencemaran Udara Akibat Lalu Lintas di Jalan Arteri (Studi Kasus Ruas Jalan Soekarno-Hatta di Kota Bandung)*. Universitas

- Diponegoro.
- Ilahuda, A. G., & Nontji, A. 1999. Oseanografi Indonesia dan Perubahan Iklim Global (El Nino dan La Nina). In *Kita dan Perubahan Iklim Global: Kasus El Nino - La Nina*. Jakarta: LIPI.
- Nauli, T. 2002. Pola Sebaran Polutan Dari Cerobong Asap. *Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Nuklir P3TM-BATAN Yogyakarta*, 313–320. <https://doi.org/0216-3128>
- Patandean, A. J. 2006. *Fisika Lingkungan*. Makassar: Badan Penerbit Universitas Negeri Makassar.
- Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999. 1999. Pengendalian Pencemaran Udara.
- Permatasari, A. A. I. 2014. Analisis Sebaran Pencemaran Udara Menggunakan Model Dispersi Gauss Dan Pemetaan ArcGIS 10. *Prosiding Seminar Biologi, 11*, 612–616.
- Permen LH No. 21 Tahun 2008. 2008. Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pembangkit Tenaga Listrik Termal.
- Peterson, W. B. 1978. *User's guide for PAL. A Gaussian-plume algorithm for point, area, and line sources*. United State Environmental Protection Agency 600/4-78-013. North Carolina: United State Environmental Protection Agency. Retrieved from <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/20015LT2.PDF?Dockey=20015LT2.PDF>
- Qipra Galang Kualita. 2007. *Memprakirakan Dampak Lingkungan Kualitas Udara*. Deputi Bidang Tata Lingkungan - Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Soedomo, M. 2001. *Pencemaran Udara*. Bandung: Penerbit ITB.
- Turner, D. B. 1970. *Workbook Of Atmospheric Dispersion Estimates*. North Carolina: United State Environmental Protection Agency. Retrieved from <http://www.dot.ca.gov/hq/research/researchreports/1969-1970/70-07.pdf%0A20>.
- Yananto, A., & Sibarani, R. M. 2016. Analisis Kejadian El Nino dan Pengaruhnya terhadap Intensitas Curah Hujan di Wilayah Jabodetabek. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 17(2), 65–73.