APLIKASI MODEL *AERMOD* DALAM MEMPREDIKSI SEBARAN EMISI CEROBONG ASAP PLTD TELLO, MAKASSAR

Sumarni Hamid Aly*, Muralia Hustim, Rasdiana Zakaria, Ika Estu Rahmawati
Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino Km.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
*E-mail: marni_hamidaly@yahoo.com

Abstrak

Saat ini kota Makassar telah menjadi kota besar dengan perkembangan transportasi, industri dan ekonomi yang sangat pesat. Untuk memenuhi kebutuhan energi di kota Makassar dibangun pembangkit-pembangkit listrik dengan berbagai sumber penggerak turbinnya seperti PLTN, PLTU, PLTD, PLTA. Untuk PLTU biasanya menggunakan batubara untuk menghasilkan uap penggerak turbin. PLTD Tello merupakan pembangkit listrik dengan tenaga diesel yang mempunyai potensi dalam menimbulkan pencemaran udara. Pencemaran udara akibat pembakit listrik ini dapat berupa CO (karbon monoksida), SO_2 (Sulfur oksida), NOx (nitrogen oksida), dan debu yang mengandung logam berat. Pencemaran udara oleh zat-zat ini memberikan dampak buruk berupa menurunya kualitas udara yang berdampak negatif pada kesehatan manusia dan dapat mencemari lingkungan sekitar. Oleh sebab itu perlunya akan analisis pola sebaran emisi sehingga kita dapat mengetahui konsentrasi emisi yang dihasilkan pada waktu dan jarak tertentu serta untuk mengetahui arah penyebaran emisi dan jenis pola sebarannya. Penelitian ini menggunakan pemodelan AERMOD yang membutuhkan beberapa data meteorologi dan data elevasi untuk menjalankan model tersebut pada software AERMOD View. Dari data sekunder (Tahun 2015-2017) serta hasil pengukuran pada Semester I Tahun 2018 menunjukkan bahwa SO_2 dan NO_2 mengalami fluktuasi setiap semester namun tidak melebihi standar Baku Mutu Emisi yang yang telah ditetapkan yakni 750 mg/m^3 untuk SO_2 dan 900 mg/m^3 untuk NO_2 (Permen LH No.21 Tahun 2008) sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ada dampak secara langsung yang ditimbulkan. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa sebaran polutan SO_2 dan NO_2 yang terjadi selama 24 jam menunjukkan bahwa konsentrasi maksimum SO2 dan NO2 sebesar 0,0492 μg/m^3 dan 0,0090 μg/m^3 pada Tahun 2018 Semester I dan daerah yang selalu terpapar konsentrasi maksimum tiap semester adalah area di dalam PLN Sektor Tello Makassar sendiri, meskipun begitu besar konsentrasi maksimum yang terjadi sangat kecil dan tidak melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan sebesar 365 μg/Nm^3 untuk SO2 dan 150 μg/Nm^3 untuk NO2 selama 24 jam (PP RI No. 41 Tahun 1999) sehingga konsentrasi maksimum tersebut tidak akan memberikan dampak langsung terhadap reseptor yang tidak lain merupakan pekerja PLN Sektor Tello

Kata Kunci: *AERMOD, SO_2 ,NO_2, dispersi, windrose*

PENDAHULUAN

Makassar merupakan salah satu kota Metropolitan di wilayah Indonesia Timur yang saat ini mengalami pertumbuhan ekonomi yang pesat dari sektor industri, perdagangan, pariwisata, dan permukiman. Disamping kegiatan Industri yang berkembang pesat, pertumbuhan penduduk yang pesat pula menyebabkan peningkatan konsumsi energi listrik. Untuk memenuhi kebutuhan energi di suatu kota metropolitan biasanya dibangun pembangkit listrik seperti PLTN, PLTU, PLTD, atau PLTA (Astra, 2010). Di kota Makassar sendiri terdapat sebuah pembangkit yakni Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang terletak di kelurahan Tello dan diprakarsai oleh PT.PLN. Pembangkit listrik dengan tenaga diesel mempunyai potensi dalam menimbulkan pencemaran udara. Pencemaran udara akibat pembakit listrik ini dapat berupa CO (karbon monoksida), SO_2 (Sulfur oksida), NOx (nitrogen oksida), dan debu yang mengandung logam berat. Pencemaran udara oleh zat-zat ini memberikan dampak buruk berupa menurunya kualitas udara yang berdampak negatif pada kesehatan manusia (Suyuti, 2011).

PT. PLN Sektor Tello memiliki empat unit PLTD yang menghasilkan daya masing-masing sebesar 13 MW. Bahan bakar yang digunakan adalah HSD *(High Speed Diesel)* dan MFO *(Marine Fuel Oil)* dimana bahan bakar HSD digunakan sebagai starter awal selama 15 menit dan selanjutnya diganti menggunakan MFO. Kedua bahan bakar ini sangat berperan dalam emisi yang dihasilkan, menurut Cahyadi (2013) hal ini dikarenakan bahan bakar tersebut akan dikonversi menjadi energi listrik dengan proses pembakaran. Kemudian dalam proses pembakaran memiliki hasil sampingan yaitu emisi gas (SO_2 dan NO_2) dan partikulat.

Seperti yang telah dijelaskan di atas bahwa PLTD Sektor Tello menghasilkan limbah emisi yang dapat mencemari lingkungan sekitar. Terlebih lagi dengan cerobong PLTD yang tidak cukup tinggi akan mempengaruhi sebaran emisi dan mengakibatkan tingginya resiko terpapar emisi di daerah sekitar PLTD. Oleh sebab itu perlunya akan analisis pola sebaran emisi sehingga kita dapat mengetahui konsentrasi emisi yang dihasilkan pada waktu dan jarak tertentu serta untuk mengetahui arah penyebaran emisi dan jenis pola sebarannya. Untuk mengetahui hal tersebut, penelitian ini menggunakan *American Meteorological Society - Environmental Protection Agency Regulatory Model* (AERMOD) model untuk memodelkan dispersi suatu gas. AERMOD model ini akan menggunakan beberapa *software* yang digunakan sebagai alat untuk menjalankan pemodelan yakni *AERMET View* dan *AERMOD View* yang di dalamnya terdapat AERMAP.

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini yakni hanya satu unit PLTD yang diteliti (SWD I), polutan yang diteliti hanya SO_2 (Sulfur Dioksida) dan NO_2 (Nitrogen Dioksida), serta output dari pemodelan yang digunakan adalah rata-rata selama 6 jam, 12 jam, dan 24 jam pada hari pengukuran.

DASAR TEORI

Udara

Udara adalah campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Udara di alam tidak pernah ditemukan bersih tanpa polutan sama sekali. Beberapa gas seperti Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Dioksida (NO_2), Karbon Monoksida (CO) dan Ozon (O_3) selalu dibebaskan ke udara sebagai produk sampingan dari proses-proses alami seperti aktivitas vulkanik, pembusukan sampah tanaman, kebakaran hutan dan lain sebagainya. Selain disebabkan oleh polutan alami tersebut, polutan udara juga dapat disebabkan oleh aktivitas manusia (Wardhana, 2004). Polutan-polutan tersebut jika konsentrasinya di udara ambien semakin meningkat akan mengakibatkan pencemaran udara yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Menurut Peraturan Pemerintah RI nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Sulfur dioksida (SO_2)

Sulfur dioksida (SO_2) merupakan polutan berfase gas yang tidak berwarna, memedihkan mata (*irritating*), mudah larut dalam air dan reaktif. Konsentrasi SO_2 sangat tergantung dari kandungan sulfur dalam bahan bakar. Konsentrasi sulfur dioksida dalam gas buang pada umumnya sekitar 180 – 250 ppm untuk bahan bakar cair (IDO, MFO, HFO) dan padat (Batubara).

Nitrogen dioksida (NO_2)

Nitrogen dioksida (NO_2) merupakan salah satu gas pembentuk Oksida Nitrogen (NOx). NO_2 adalah gas coklat-kemerahan dengan suatu bau menusuk dan tingkat racun yang tinggi. Pada dunia industri, NO_2 terbentuk dari hasil oksidasi NO yang terjadi pada proses Termal NOx. Termal NOx adalah proses pembentukan NOx yang berasal dari kandungan nitrogen udara pembakaran. Nitrogen yang terkandung di dalam udara pembakaran dapat teroksidasi dan membentuk NOx jika proses pembakaran terjadi pada temperatur yang cukup tinggi. Pada proses oksidasi lebih lanjut, senyawa NO ini akan menjadi NO_2. NO_2 inilah yang biasanya tampak sebagai asap yang keluar dari cerobong asap.

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

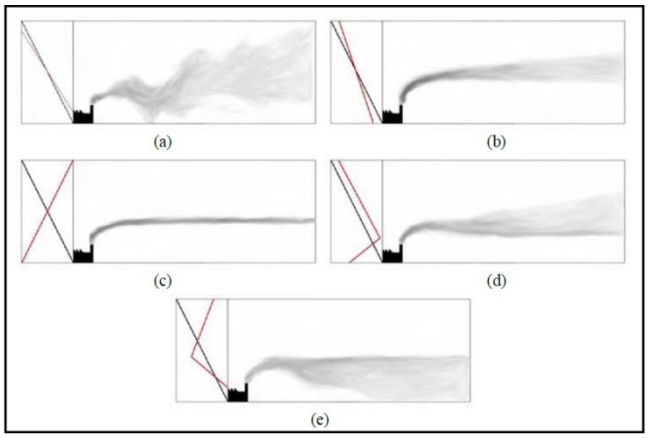
Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ialah Pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula (*prime mover*). *Prime mover* merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. Pada prinsipnya untuk menghasilkan daya listrik, dilakukan konversi energi mekanik menjadi energi listrik. Mesin diesel sebagai penggerak mula PLTD berfungsi menghasilkan tenaga mekanis yang dipergunakan untuk memutar rotor generator. Mesin diesel yang bekerja memutar generator, putarannya akan dipercepat dengan besarnya semprotan minyak pada ruang bakar

mesin tersebut, sehingga memperbesar proses pembakaran yang berakibatkan putaran mesin menjadi lebih cepat (Elbani, 2013).

Dispersi Polutan

Dispersi adalah proses perpindahan, difusi, reaksi kimia dan pengankutan polutan yang telah diemisikan ke udara oleh atmosfer. Beberapa penelitian terkait dispersi pencemar udara, menunjukkan bahwa akan ada beberapa lokasi di sekitar sumber pencemar yang beresiko terpapar pencemar dalam konsentrasi tertentu (Ruhiyat, 2009; Ranzi dkk., 2011; Lopez-Cima dkk., 2011; Bacarelli dkk., 2011). Emisi pencemar udara akan tersebar sesuai kondisi meteorologi setempat terutama arah angin rata-rata dan fluktuasi kecepatan turbulen, serta stabilitas atmosfer yang sangat dinamis baik temporal maupun spasial (Oke, 1986; Nasstrom dkk., 2000; Stroh dkk., 2005).

Kondisi meteorologi seperti arah dan kecepatan angin merupakan faktor utama dalam persebaran zat pencemar udara hal ini dikarenakan kita dapat mengetahui kemana arah emisi yang dikeluarkan dan dengan kecepatan angin kita dapat menentukan jangkauan daerah penerima. Kemudian stabilitas atmosfer akan mempengaruhi bentuk kepulan emisi yang keluar dari cerobong asap. Ada 3 (tiga) tipe kepulan asap berdasarkan kondisi stabilitas atmosfer, yaitu tipe kepulan *looping* pada kondisi atmosfer tidak stabil, tipe kepulan *faning* pada kodisi stabil, dan tipe kepulan *conning* pada kondsi netral. Selain itu terdapat pola peralihan yakni, tipe kepulan *fumigation* yang dikaitkan dengan inversi radiatif yang pada umumnya menghilang menjelang siang, tipe kepulan *lofting* tidak terjadi percampun ke arah bawah, namun penyebarannya ke arah atas dan tipe kepulan *trapping* yang terjadi jika inversi panas atau secaara fisis menjerat gas buang dalam lapisaana udara permukaan (Wahono, 2003 dalam Mahan, 2009).



Gambar 1. Bentuk kepulan dari sumber titik (a) *looping* (b) *coning* (c) *fanning* (d) *lofting* (e) *fumigation* (Saperaud, 2005)

Tabel 1. Klasifikasi Stabilitas Atmosfer pada Pagi-Siang Hari

Kecepatan angin (ms-1)	Radiasi matahari (Wm-2)			
	≥ 925	925-675	675-175	<175
<2	A	A	B	D
2-3	A	B	C	D
3-5	B	C	C	D
5-6	C	C	D	D
≥6	C	D	D	D

Sumber: U.S EPA, 2000

Tabel 2. Klasifikasi Stabilitas Atmosfer Pada Malam Hari

Kecepatan Angin (m/dt)	Malam Keadaan Awan	
	Berawan ≥ 4/8	Cerah ≤ 3/8
>2	E	F
2-3	E	F
3-5	D	E
5-6	D	D
>6	D	D

Sumber: KLH, 2007

Dimana:

A = Sangat tidak stabil
B = Sedang
C = Sedikit tidak stabil
D = Netral
E = Agak sedikit stabil
F = Stabil

Model AERMOD

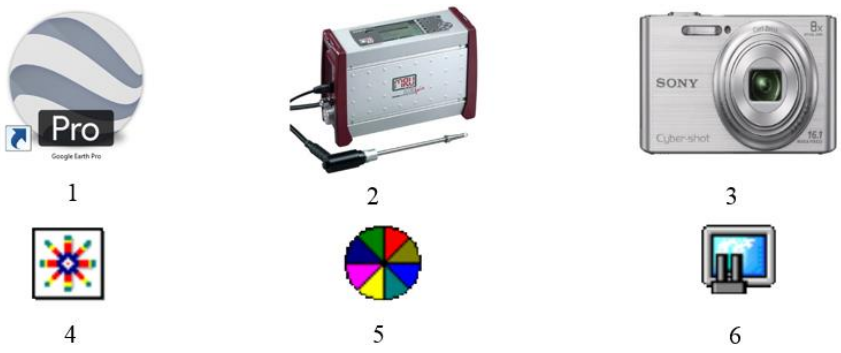
AERMOD merupakan model penyebaran polutan dengan pendekatan Gaussian yang dikembangkan oleh AERMIC (*American Meteorological Society {AMS}/United States Environmental Protection Agency {EPA} Regulatory Model Improvement Committee*). AERMOD merupakan sistem pemodelan dispersi atmosferik yang terdiri dari tiga modul yang terintegrasi yaitu model dispersi untuk kondisi tunak, pra pengolah data meteorologi dan pra pengolah data permukaan bumi. AERMOD menggunakan pendekatan Gaussian dan bi-Gaussian dalam model dispersinya, yang menghasilkan konsentrasi polutan di udara ambien dalam periode harian, bulanan maupun tahunan. AERMOD dapat digunakan untuk area perkotaan dan pedesaan, permukaan bumi yang rata atau berelevasi, emisi yang dihasilkan dari permukaan atau dari ketinggian, dan emisi yang dikeluarkan oleh banyak sumber (termasuk sumber titik, area atau volume). AERMOD mengestimasi profil meteorologi melalui beberapa persamaan dan interpolasi pengukuran yang berdekatan. Untuk memperhitungkan konsentrasi, AERMOD mempertimbangkan berbagai parameter seperti efek vertikal angin, suhu, dan turbulensi (Cimorelli et al., 2004 dalam Ancilla, 2014).

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di PLN Sektor Tello Makassar, dengan titik peneitian terletak di cerobong asap unit PLTD (SWD 1) pada UTM Zona 50S 774016,87 m dan 9430512,58 m. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 9 Maret 2018 mengikuti jadwal pengambilan *sample* emisi oleh pihak ke tiga.

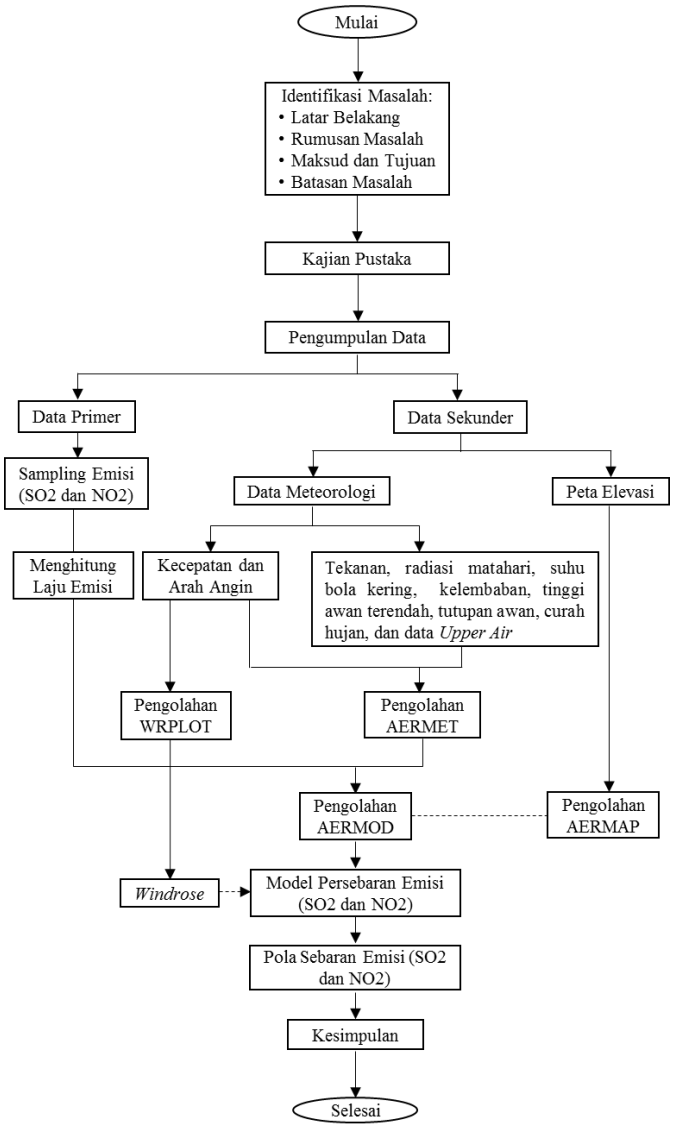
Alat dan Bahan



Gambar 2. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun fungsi dari alat dan bahan penelitian di atas sebagai berikut:
1. Google Earth yakni untuk menampilkan peta dan titik koordinat lokasi titik penelitian.
2. *Semi-Continous Emission Monitoring System* yakni untuk mengukur emisi secara otomatis dengan metode kering.
3. Kamera yakni untuk dokumentasi kegiatan penelitian.
4. *Software WRPLOT* yakni aplikasi untuk membuat *windrose*.
5. *Software AERMET View* yakni aplikasi untuk mengolah data meteorologi.
6. *Software AERMOD View* yakni aplikasi untuk memodelkan pola sebaran emisi.

Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

Metode pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 di atas dimana terdiri dari kajian literatur, pengumpulan data, pengolahan data, analisis data yang pada tahap akhir yaitu kesimpulan penelitian. Penelitian ini menggunakan data primer maupun data sekunder. Data primer merupakan hasil pengukuran emisi pada tanggal 9 Maret 2018 dan data sekunder berasal dari data meteorologi dari Stasiun BMKG Kelas I Sultan Hasanuddin. Data meteorologi yang digunakan adalah data perjam selama 24 jam yang disesuaikan pada hari pengukuran, adapun data meteorologi yang digunakan yakni kecepatan angin, arah angin, suhu bola kering, radiasi matahari, tekanan, kelembaban, tinggi awan terendah, tutupan awan, dan intensitas hujan. Selain data meteorologi, data sekunder lainnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *Upper Air* yang diperoleh

dari situs ruc.noaa.gov dalam format .FSL, data elevasi yang diperoleh dari situs earthexplorer.usgs.gov berformat .TIFF, dan data spesifikasi cerobong asap unit SWD I yang diperoleh dari PT. PLN Sektor Tello. Setelah mengumpulkan data primer dan sekunder selanjutnya kedua data dioalah mengunakan *software AERMET View* dan *AERMOD View* yang didalamnya terdapat *AERMAP*, sehingga menghasilkan pola sebaran emisi (SO_2 dan NO_2).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Emisi

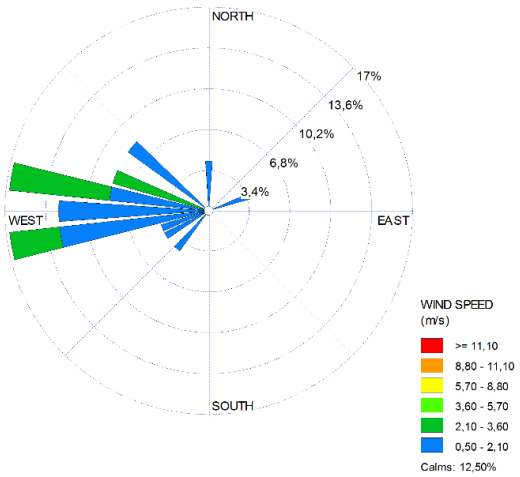
Hasil pengukuran emisi menunjukkan bahwa konsentrasi SO2 dan NO2 berada dibawah Baku Mutu yang telah ditetapkan yakni 750 mg/m^3 untuk SO2 dan 900 mg/m^3 (Permen LH No.21 Tahun 2008). Pada Tabel 3. nilai debit diperoleh dari hasil perkalian antara kecepatan gas buang (m/s) dengan luas cerobong asap (m^2). Namun pada *software AERMOD* nilai debit akan secara terhitung otomatis sehingga hanya perlu menginput data diameter (m) cerobong dan kecepatan gas buang (m/s). Untuk hasil laju emisi diperoleh dari perkalian antara konsentrasi emisi terukur dengan nilai debit kemudian hasil perkalian tersebut dibagi dengan 1000.

Tabel 3. Data Emisi PLTD Unit SWD I

Komponen		Hasil
Koordinat UTM (m)	**X**	774016,87
	Y	9430512,58
Kecepatan Gas Buang (m/s)		11,43
Temperatur (°C)		366
Tinggi Cerobong (m)		30
Diameter Cerobong (m)		4
Debit (m^3/s)		143,561
Konsentrasi (mg/m^3)	**SO_2**	161
	NO_2	29,49
Laju Emisi (g/s)	**SO_2**	23,113
	NO_2	4,234

Hasil *Windrose*

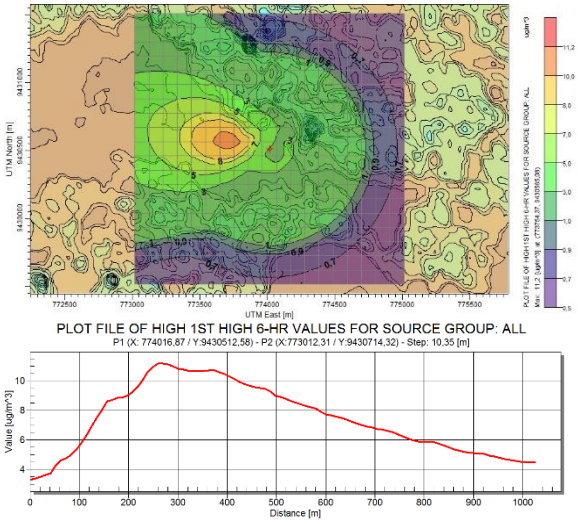
Windrose atau mawar angin adalah sebuah penggambaran arah angin dan kecepatan dominan di suatu tempat pada waktu tertentu. Berdasarkan gambar *windrose* pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa arah angin dominan selama 24 jam berhembus dari timur ke barat dengan kecepatan rata-rata 1,14 m/s. Dimana frekuensi terbanyak terjadi pada rentang 0,5 – 2,1 m/s sebanyak 15 kali dengan presentase 62,5% dan terjadi *Calm Wind* yakni kecepatan angin dibawah 0,5 m/s dengan persentase 12,5%.



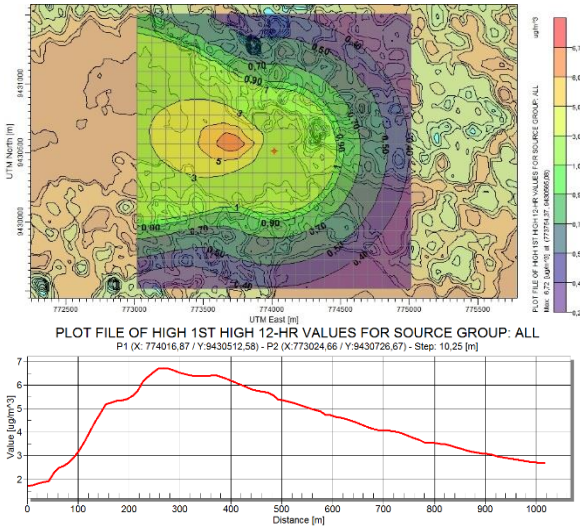
Gambar 4. *Windrose* pada 9 Maret 2018

Hasil Pemodelan AERMOD

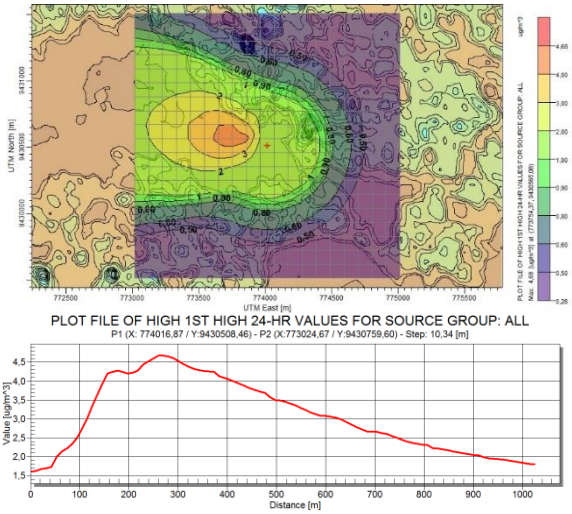
Gambar 5 menunjukkan bahwa arah sebaran polutan SO_2 sesuai dengan arah dominan *windrose* yakni ke arah barat. Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai maksimum konsentrasi SO2 berbeda-beda setiap jamnya. Dimana pada Gambar 5 nilai maksimum selama 6 jam, 12 jam, dan 24 jam berturut-turut sebesar 11,2 $\mu g/m^3$, 6,72 $\mu g/m^3$, dan 4,68 $\mu g/m^3$. Meskipun konsentrasi maksimum tiap jam berbeda-beda, namun letak konsentrasi maksimum tiap jam selalu sama yakni terletak pada UTM 773754,37 m dan 9430565,08 m hal ini berarti konsetrasi maksimum terjadi pada jarak 262,5 m ke arah barat dari sumber, dimana jarak tersebut merupakan lokasi perumahan dan pertokoan.



(a) Isopleth dan Grafik Konsentrasi SO_2 Maksimum 6 jam Berdasarkan Jarak ke Arah Barat



(b) Isopleth dan Grafik Konsentrasi SO_2 Maksimum 12 jam Berdasarkan Jarak ke Arah Barat

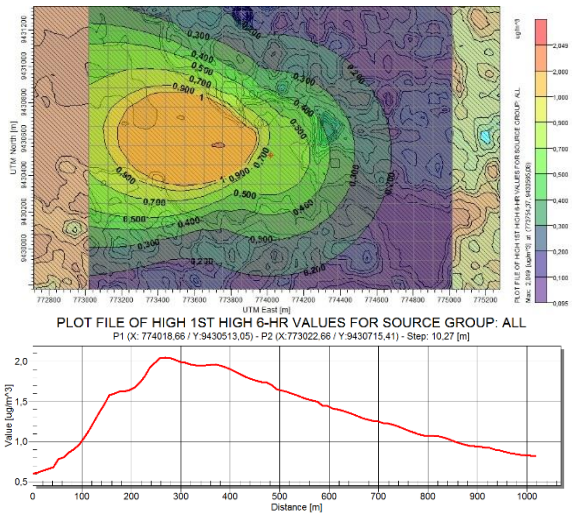


(c) Isopleth dan Grafik Konsentrasi SO_2 Maksimum 24 jam Berdasarkan Jarak ke Arah Barat

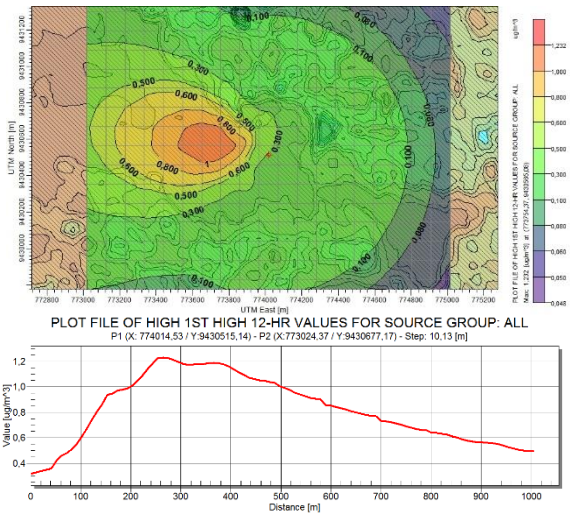
Gambar 5. Hasil Pemodelan SO_2

Ketiga grafik pada Gambar 5 di atas menunjukkan fluktuasi dari konsentrasi SO_2 selama 6 jam, 12 jam, dan 24 jam memiliki pola yang tidak jauh berbeda. Pada Gambar 5 (a) memperlihatkan bahwa emisi yang keluar dari cerobong langsung terdispersi sehingga mengalami penurunan konsentrasi SO_2 kemudian terus meningkat hingga mencapai konsentrasi maksimum 11,2 $\mu g/m^3$ pada jarak 262,5 m. Konsentrasi SO_2 kembali mengalami penurunan dengan perlahan hingga konsentrasi mengalami peningkatan statis sebesar 10,7 $\mu g/m^3$ berada pada jarak 342,2 m – 362,4 m, setelah itu konsentrasi SO_2 terus mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,1 $\mu g/m^3$ hingga pada jarak 1000 m SO_2 memiliki konsentrasi sebesar 4,43 $\mu g/m^3$. Selanjutnya pada grafik Gambar 5 (b) tidak berbeda pola dari sebelumnya, konsentrasi SO_2 semakin menurun akibat emisi yang terus mengalami

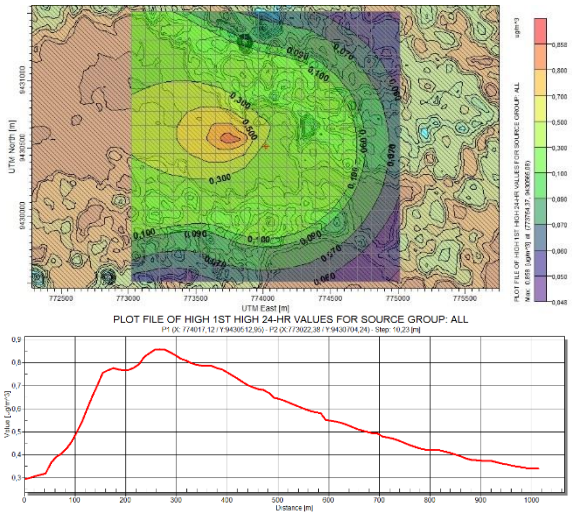
dispersi sehingga konsentrasi maksimum selama 12 jam menjadi 6,72 µg/m^3 kemudian konsentrasi mengalami penurunan perlahan dan mengalami peningkatan statis sebesar 4,61 µg/m^3 di jarak 350,8 m – 360,8 m, setelah itu setelah itu konsentrasi SO_2 terus mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,06 µg/m^3 hingga pada jarak 1000 m SO_2 memiliki konsentrasi sebesar 2,68 µg/m^3. Untuk grafik pada Gambar 5 (c) terdapat perdedaan yang tidak signifikan dari grafik-grafik sebelumnya, dimana grafik ini memperlihatkan bahwa emisi yang keluar dari cerobong, konsentrasi SO_2 tidak langsung mengalami peningkatan ke nilai maksimum seperti sebelumnya. Nilai konsentrasi pada puncak pertama sebesar 4,28 µg/m^3 pada jarak 170,37 m. Konsentrasi SO_2 mengalami penurunan dengan perlahan hingga konsentrasi meningkat kembali mencapai nilai puncak tertinggi sebesar 4,68 µg/m^3 berada pada jarak 262,5 m setelah itu konsentrasi SO_2 terus mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,039 µg/m^3 hingga pada jarak 1000 m SO_2 memiliki konsentrasi sebesar 1,8 µg/m^3. Kemudian pada pemodelan selama 24 jam juga menunjukkan bahwa konsentrasi maksimum sebesar 4,68 µg/m^3 tidak melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan sebesar 365 µg/Nm^3 (24 jam) (PP RI No. 41 Tahun 1999).



(a) Isopleth dan Grafik Konsentrasi NO_2 Maksimum 6 jam Berdasarkan Jarak ke Arah Barat



(b) Isopleth dan Grafik Konsentrasi NO_2 Maksimum 12 jam Berdasarkan Jarak ke Arah Barat



(c) Isopleth dan Grafik Konsentrasi NO_2 Maksimum 24 jam Berdasarkan Jarak ke Arah Barat

Gambar 6. Hasil Pemodelan NO_2

Sama halnya dengan hasil pemodelan SO_2, nilai maksimum konsentrasi NO_2 berbeda-beda setiap jamnya namun letak konsentrasi maksimum tiap jam selalu sama yakni terletak pada UTM 773754,37 m dan 9430565,08 m hal ini berarti konsetrasi maksimum terjadi pada jarak 262,5 m ke arah barat dari sumber

berdasarkan *windrose*. Adapun nilai maksimum yang ditunjukkan Gambar 6 selama 6 jam, 12 jam, dan 24 jam berturut-turut sebesar 2,049 μg/m^3, 1,232 μg/m^3, dan 0,858 μg/m^3.

Ketiga grafik pada Gambar 6 di atas menunjukkan fluktuasi dari konsentrasi NO_2 selama 6 jam, 12 jam, dan 24 jam memiliki pola yang tidak jauh berbeda. Pada Gambar 6 (a) memperlihatkan bahwa emisi yang keluar dari cerobong langsung terdispersi sehingga mengalami penurunan konsentrasi NO_2 kemudian terus meningkat hingga mencapai konsentrasi maksimum 2,049 μg/m^3 pada jarak 262,5 m. Konsentrasi NO_2 kembali mengalami penurunan dengan perlahan hingga konsentrasi mengalami peningkatan statis sebesar 1,96 μg/m^3 berada pada jarak 350,37 m – 360,37 m, setelah itu konsentrasi NO_2 terus mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,018 μg/m^3 hingga pada jarak 1000 m NO_2 memiliki konsentrasi sebesar 0,82 μg/m^3. Selanjutnya pada grafik Gambar 6 (b) tidak berbeda pola dari sebelumnya, konsentrasi NO_2 semakin menurun akibat emisi yang terus mengalami dispersi sehingga konsentrasi maksimum selama 12 jam menjadi 1,232 μg/m^3 kemudian konsentrasi mengalami penurunan perlahan dan mengalami peningkatan statis sebesar 1,19 μg/m^3 di jarak 352,37 m – 372,37 m, setelah itu konsentrasi NO_2 terus mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,01 μg/m^3 hingga pada jarak 1000 m NO_2 memiliki konsentrasi sebesar 0,492 μg/m^3. Untuk grafik pada Gambar 6 (c) terdapat perdedaan yang tidak signifikan dari grafik-grafik sebelumnya, dimana grafik ini memperlihatkan bahwa emisi yang keluar dari cerobong, konsentrasi NO_2 tidak langsung mengalami peningkatan ke nilai maksimum seperti sebelumnya. Nilai konsentrasi pada puncak pertama sebesar 0,776 μg/m^3 pada jarak 170,57 m. Konsentrasi NO_2 mengalami penurunan dengan perlahan hingga konsentrasi meningkat kembali mencapai nilai puncak tertinggi sebesar 0,858 μg/m^3 berada pada jarak 262,5 m setelah itu konsentrasi SO_2 terus mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,007 μg/m^3 hingga pada jarak 1000 m NO_2 memiliki konsentrasi sebesar 0,339 μg/m^3. Kemudian pada pemodelan NO_2 selama 24 jam juga menunjukkan bahwa konsentrasi maksimum sebesar 0,858 μg/m^3 tidak melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan sebesar 150 μg/Nm^3 (24 jam) (PP RI No. 41 Tahun 1999).

Dari hasil pemodelan SO_2 dan NO_2 di atas dapat dilihat bahwa setelah emisi terdispersi, kedua polutan mengalami penurunan konsentrasi sebesar 93% selama 6 jam, 96% selama 12 jam, dan 97% selama 24 jam jika dibandingkan antara nilai konsentrasi hasil pengukuran dengan konsentrasi maksimum hasil pemodelan. Dapat dilihat pula bahwa pola sebaran emisi yang terjadi adalah tipe *Conning* sebagaimana yang telah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya. Hal ini didukung oleh stabilitas atmosfer rata-rata yang terjadi pada hari pengukuran selama 24 jam adalah stabilitas D (netral).

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa pola sebaran emisi adalah tipe *Conning*. Sebaran polutan yang terjadi berturut-turut selama 6 jam, 12 jam, dan 24 jam ke arah barat dengan konsentrasi maksimum di jarak yang sama yakni 262,5 m dari sumber adalah 11,2 μg/m^3, 6,72 μg/m^3, dan 4,68 μg/m^3 untuk polutan SO_2 dan 2,049 μg/m^3, 1,232 μg/m^3, dan 0,858 μg/m^3 untuk polutan NO_2. Dimana pada jarak tersebut merupakan daerah pemukiman dan pertokoan, namun kedua konsentrasi maksimum tersebut tidak melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan.

REFERENSI

Cahyadi. 2013. Kajian Teknis Pembangkit Listrik Berbahan Bakar Fossil. Tangerang Selatan: Balai Besar Teknologi Energi (B2TE), BPPT

Elbani, Ade. 2013. Model Pembangkit Lisrik Tenaga Diesel (PLTD), Berbasis pada Sinyal Masukan Bahan Bakar dan Daya Keluaran Dengan Metoda Identifikasi Parameter. Pontianak: Universitas Tanjungpura Pontianak

Mahan, Victor. 2009. Simulasi penyebaran gas SO2 dari emisi cerobong menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Bogor: Institut Pertanian Bogor

Ancilla A, Louisa. 2014. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Alternatif terhadap Emisi VOC (*Volatile Organic Compounds*) dan Persebarannya di Industri Semen (PT.X). Bandung: Institut Teknologi Bandung

Suyuti, Ansar. 2011. Sistem Pemantau Emisi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel. Makassar: Universitas Hasanuddin