

EVALUASI DAN PERENCANAAN LAJU VOLUME SERTA DIMENSI CEROBONG TERHADAP POLA SEBARAN EMISI DARI CEROBONG INDUSTRI PABRIK KELAPA SAWIT PT. CANDI ARTHA

EVALUATION AND PLANNING OF THE VOLUME RATE AND DIMENSIONS OF THE FILMS ON THE EMISSION DISTRIBUTION PATTERNS FROM THE INDUSTRIAL COMBIN CHMONE OF PT. ARTHA TEMPLE

Wiwin Angraeni¹, Riza Miftahul Khair¹, Rony Riduan¹, Nova Annisa¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat Jl. A. Yani Km. 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714, Indonesia.

E-mail: angraeniwiwin5@gmail.com

ABSTRAK

Saat ini, peningkatan terhadap teknologi yang semakin hari semakin meningkat, diantaranya industri kelapa sawit, industri pembangkit listrik serta kendaraan roda dua yang setiap harinya akan memproduksi zat polusi yang akan mencemarkan udara. Pabrik kelapa sawit atau PKS merupakan salah satu industri yang berpotensi sebagai pecemar udara yang menggunakan bahan bakar cangkang dan serabut, di pabrik sawit biasanya disebabkan hasil pembakaran di boiler untuk membuat steam atau uap. Neraca massa digunakan untuk perhitungan pada bahan bakar yang digunakan oleh pabrik industri kelapa sawit (PKS), yang mana massa yang masuk sama dengan massa yang keluar pada sumber tak bergerak yaitu cerobong. Model disperse polutan dapat diprediksi menggunakan software atau aplikasi, yaitu menggunakan Aermod. Jumlah bahan bakar yang digunakan adalah 30Ton, masing-masing bahan bakar mempunyai berat yang berbeda, cangkang 7,5Ton dan serabut 22,5Ton. Dengan total massa input 30.000 kg dan output adalah 15.489,7352 kg/jam, dengan total massa kehilangan 2.094,6428 kg/jam. Dalam perhitungan terhadap perencanaan volum dan dimensi cerobong, maka diperhatikan keadaan pada titik sumber emisi dengan tinggi cerobong 20 m dan 25 m, dengan kecepatan gas buangnya adalah 10 m/s dan 11 m/s. Pola sebaran emisi dengan lama waktu selama 24 jam dengan titik penerimaan dengan ketinggian 1,5 m dari muka tanah, memiliki konsentrasi maksimal untuk parameter TSP 5,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, parameter SO_2 50,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, parameter NO_2 15,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan perbedaan antara yang disimulasikan dan dalam keadaan dilapangan, lebih baik dengan tinggi cerobong 25 m agar memaksimalkan sebaran emisi dibandingkan tinggi cerobong 20 m.

Kata Kunci: Polutan, Emisi, Aermod, Cerobong dan Neraca Massa.

ABSTRACT

Currently, improvements in technology are increasing day by day, including the palm oil industry, the power generation industry and two-wheeled vehicles which produce polluting substances every day that will pollute the air. The palm oil mill or PKS is one of the industries that has the potential to become an air pollutant that uses shell and fiber fuel, in palm oil mills it is usually caused by combustion products in boilers to make steam or steam. The mass balance is used to calculate the fuel used by the palm oil industrial factory (PKS), where the incoming mass is equal to the outgoing mass at an immovable source, namely the chimney. Pollutant dispersion models can be predicted using software or applications, namely using Aermod. The amount of fuel used is 30 tons, each fuel

has a different weight, 7.5 tons of shells and 22.5 tons of fibers. With a total mass of 30,000 kg input and output is 15,489.7352 kg/hour, with a total mass loss of 2,094.6428 kg/hour. In calculating the planned volume and dimensions of the chimney, the conditions at the emission source point with a chimney height of 20 m and 25 m, with exhaust gas velocities of 10 m/s and 11 m/s are considered. Emission distribution pattern with a duration of 24 hours with a reception point with a height of 1.5 m from the ground, has a maximum concentration for the TSP parameter of 5.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, SO₂ parameter 50.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, NO₂ parameter 15.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, while the difference between the simulated and the field conditions is better with a chimney height of 25 m to maximize emission distribution compared to a chimney height of 20 m.

Keywords: Pollutants, Emissions, Aermom, Chimneys and Mass Balance.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan kekayaan alam guna pengembangan ialah salah satu cara guna meningkatkan ekonomi masyarakat. Dampak buruk yang ditimbulkan adalah munculnya penurunan sumberdaya alam terhadap lingkungan sekitar, pabrik industri sawit adalah sebagian cara penggunaan kekayaan alam dalam industri perkebunan sawi. Langkah tersebut membuat peralihan kepada lingkungan. Adapun peralihan yang terjadi merupakan peralihan bentuk maupun peralihan guna secara cepat maupun peralihan yang melambat (Badrun, 2010).

Menurut (Badrun, 2010), dengan adanya gas buang dari aktivitas industri pabrik kelapa sawit dapat menyebabkan penurunan kualitas udara dilingkungan sekitar titik sumber pencemaran. Emisi gas yang dihasilkan berupa partikulat atau Tsp, NO₂ dan SO₂ dapat mengganggu keseimbangan terhadap udara. Hal yang dapat mempengaruhi dalam sebaran polutan adalah kecepatan angin, arah angin, stabilitas atmosfer yang mana faktor meteorologi. Neraca massa mempunyai peran yang penting terhadap perencanaan ini, hal ini merupakan salah satu dasar dalam perhitungan satuan operasi dan satuan dari proses. Semua perhitungan tersebut didasarkan oleh hukum kekekalan massa. Didalam neraca massa yang diperhitungkan pada perencanaan ini adalah massa *input* dan massa *output* dari cerobong industri pabrik kelapa sawit PT. Candi Artha.

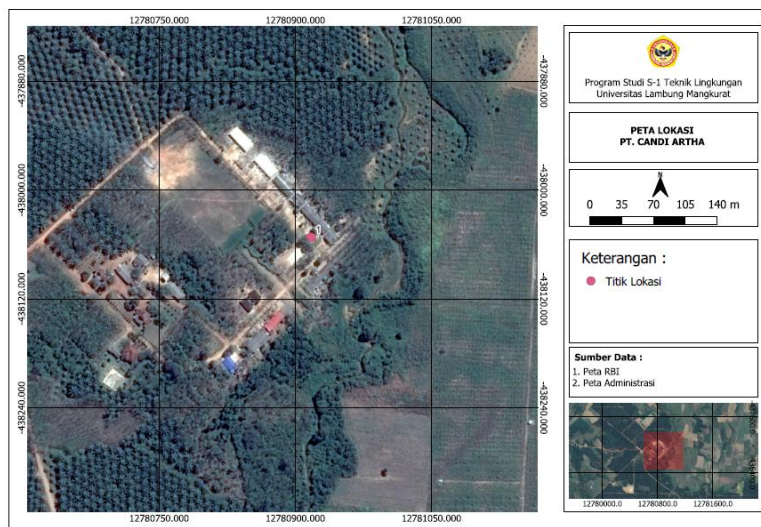
Pada penelitian yang terdahulu, *Aermom* cukup valid digunakan sebagai analisis terhadap penyebaran polutan yang dihasilkan oleh industri pabrik. Oleh sebab itu, maka digunakan model *Aermom* yang diperuntukkan alat bantu standar dalam hal prediksi polutan sebagai kegunaan analisis penyebaran polutan (Mokhtar, Hassim, & Taib, 2014). Kajian terkait sebaran pencemar terutama emisi pabrik kelapa sawit PT. Candi Artha, khususnya yang memanfaatkan model yang tidak dilakukan sebelumnya, kemudian terjadi kebutuhan untuk analisis penyebaran udara tercemar yang ada disekitaran lokasi industri dan penentuan wilayah yang berkemampuan terjangkau emisi juga polutan lainnya sama kadar maksimal menerapkan pemodelan *Aermom*.

II. METODE PERENCANAAN

Metode perencanaan yang digunakan adalah *survey* lapangan, pengumpulan data, pengolahan data serta menganalisis hasil pola sebaran dan terakhir kesimpulan dari perencanaan. Adapun perencanaan ini memerlukan data pendukung, yakni data sekunder yang didapat dari hasil pengukuran satu periode tahun 2021 pada bulan Januari sampai Desember yang didapat dari PT. Candi Artha.

III. LOKASI PERENCANAAN

Lokasi perencanaan ini terletak di PT. Candi Artha adalah pabrik yang ada di Kalimantan Selatan, yang terletak di Desa Tajau Pecah kecamatan Batu Ampar, kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan dengan titik koordinat -3.932 114.813° . Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2012 tentang izin lingkungan, PT. Candi Artha mendapatkan izin lingkungan sesuai keputusan kepala dinas penanaman modal dan pelayanan terpadu satu pintu kabupaten Tanah Laut pada tanggal 11 Agustus 2020 dengan kapasitas pabrik kelapa sawit sebesar 30 Ton/TBS/jam dengan luas 1.010 Ha. Berikut ini **Gambar 2.1** Wilayah Industri Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit PT. Candi Artha.



Gambar 2.1 Wilayah Industri Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit PT. Candi Arta

2.1 Data Emisi

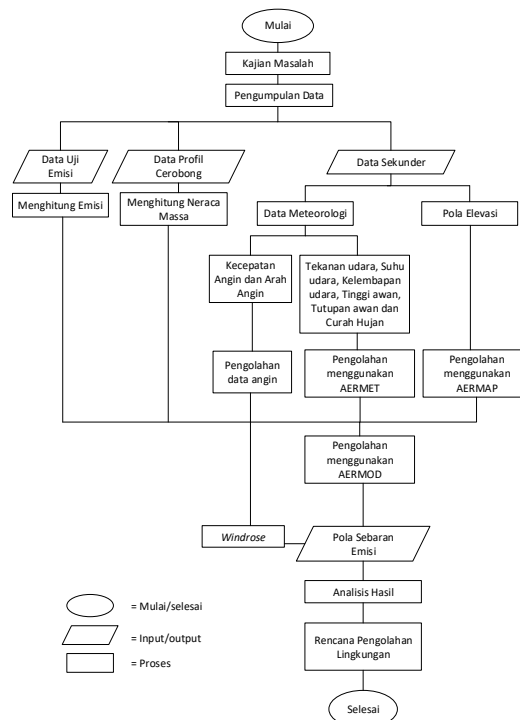
Data berasal dari hasil pengukuran yang dilakukan oleh PT. Candi Arta dalam kurun waktu 24 jam periode 1 tahun. Data emisi merupakan hasil dari cerobong *boiler* atau sumber tak bergerak.

2.2 Data Meteorologi

Data meteorologi meliputi data sekunder, yang mana berasal dari kedinasan atau instansi terikat yaitu PT. Candi Arta. Data hasil tersebut didapat dari hasil pengukuran cerobong, yang mana diperlukan data kecepatan angin, arah angin, suhu serta faktor lainnya dari data yang dibutuhkan nanti.

2.3 Diagram Alir Perencanaan

Metode melaksanakan perencanaan bisa di lihat pada **Gambar 2.1** dibawah ini dimana terbentuk ulasan, pengumpulan data, pengolahan data, analisa data yang mana ditahap teakhir adalah kesimpulan peerencanaan.



Gambar 2.1 Diagram Alir Perencanaan

2.4 Neraca Massa

Neraca massa ialah salah satu rumus yang berfungsi sebagai perhitungan bahan bakar dari suatu industri yang masuk dan keluar dari massa bahan bakar dalam waktu tertentu. Berikut ini secara umum rumus neraca massa adalah:

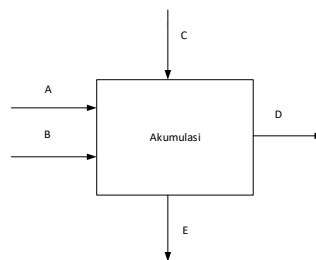
$$\begin{aligned} \text{Massa Masuk} &= \text{Massa Keluar} + \text{Massa Terakumulasi} \\ M_A + M_B + M_C &= M_D + M_E + M_{\text{akumulasi}} \end{aligned} \quad (\text{Pers... 2.1})$$

Jika tidak ada massa yang terakumulasi, maka persamannya adalah:

$$\begin{aligned} \text{Massa Masuk} &= \text{Massa yang Keluar} \\ M_A + M_B + M_C &= M_D + M_E \end{aligned} \quad (\text{Pers... 2.2})$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} M &= \text{Massa} \\ A,B,C,D,E &= \text{Asumsi} \end{aligned}$$



Gambar 2.2 Diagram Alir Neraca Massa
Sumber: Wuryanti (2016)

2.5 Volume dan Dimensi Cerobong

Menurut (Sarwono dkk, 2021) pada analisis volume dan dimensi sumber tak bergerak maka diperlukan perhitungan laju emisi, tinggi cerobong, *plume rise* serta tinggi efektif pada cerobong. Laju emisi dapat mempengaruhi kecepatan pada gas buangan cerobong (V_s) dengan satuan m/s serta luas penampang cerobong (A) dalam satuan m^2 dan juga keluar dari titik sumber dalam satuan m^3/s . Berikut ini persamaan yang digunakan adalah:

$$Q = C \cdot A \sqrt{2 \cdot g \cdot h \frac{T_i - T_o}{T_i}} \quad (\text{Pers... 2.3})$$

Keterangan:

Q = Laju emisi ($\mu g/\text{detik}$)

A = Luas penampang cerobong (m^2)

C = Koefisien debit (biasanya diambil dari 0,65 hingga 0,70)

g = Percepatan gravitasi di permukaan laut, $9,807 \text{ m/s}^2$

h = Tinggi cerobong (m)

T_i = Suhu rata-rata gas buang ($^{\circ}K$)

T_o = Suhu udara di atmosfer ($^{\circ}K$)

Pada perhitungan dalam penentuan polutan maka diperlukan hitungan pada kecepatan angin diketinggian cerobong. Adapun kecepatan angin pada ketinggian cerobong dapat digunakan persamaan dengan menggunakan nilai exponent berikut ini.

Tabel 2.1 Menentukan (n) berlandaskan kelas kestabilan

Kelas Stabilitas	II	II	III	IV	V	VI
n (rural)	0.10	0.15	0.20	0.25	0.25	0.30
n (Urban)	0.15	0.15	0.20	0.25	0.40	0.60

(Bersumber: Asegaf, 2018)

$$\frac{u_s}{u} = \left(\frac{h_s}{h_g} \right)^p \quad (\text{Pers... 2.4})$$

Keterangan:

u_s dan u = kecepatan gas buang dan kecepatan diatas cerobong (m/s)

h_s dan h_g = ketinggian cerobong (didas 10 meter dan ketinggian cerobong (m)

p = fungsi stabilitas atmosfer (sub urban golongan C: 0,20)

Menurut (Nevers, 2000), adapun untuk perhitungan kepulan asap difungsikan pada perkiraan angka dari (Δh) dan H , untuk dipakai pada rumus *Gaussian* dan juga rumus konsentrasi emisi yang lengkap. Berikut rumus *Holland* untuk perhitungan kepulan asap.

$$\Delta H = \frac{V_s D}{U} (1,5 + 2,68 \times 10^{-3} PD \left(\frac{T_s - T_a}{T_s} \right)) \quad (\text{Pers... 2.5})$$

Keterangan:

ΔH = Tinggi kepulan (m)

V_s = Kecepatan gas buang (m/s)
 D = Diameter cerobong (m)
 U = Kecepatan angin (m/s)
 P = Tekanan atmosfer (milibar)
 T_s = Suhu gas buang (K)
 T_a = Suhu atmosfer (K)

Setelah didapat nilai dari kepulan asap (*Plume Rise*) kemudian tinggi *boiler* atau cerobong yang efektif bisa diperhitungkan dengan menabahkan tinggi cerobong dan tinggi *plume rise*.

$$H = \Delta H + h - Z \quad (\text{Pers... 2.6})$$

Keterangan:

H = Tinggi efektif cerobong (m)
 ΔH = Tinggi kepulan (m)
 h = Tinggi cerobong (m)
 z = Tinggi reseptor (10% dari tinggi cerobong)

2.6 Pola Sebaran Emisi

Jika didapat konsentasi polutan diberbagai titik, maka dibuatlah pola sebaran emisi. Pola ini akan memberikan sebuah informasi berupa gambar tentang nilai dari sebaran emisi disekitaran titik sumber. Kemudian, data yang telah didapat maka dapat mengoperasikan *software Aermat* sehingga menghasilkan *output* yang mana berfungsi untuk pengoperasian *software Aermod*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

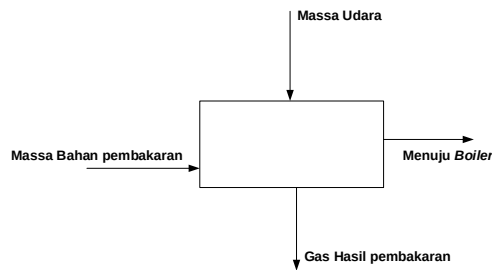
2.1 Neraca Massa

Material yang masuk ke cerobong berdasarkan **Tabel 3.1** merupakan dari *storage* (pengumpulan hasil panen). Material utama yang dipakai seperti serabut (*fibe*) sebanyak 75%, kemudian cangkang sebanyak 25%. Maka massa total yang digunakan untuk bahan bakar sebanyak 30 Ton Tbs/jam. Massa masing-masing bahan bakar, serabut (*fiber*) seberat 22,5 Ton, sedangkan cangkang seberat 7,5 ton, jika dijumlahkan maka berat total seberat 30 ton. Berikut ini merupakan input bahan bakar.

Tabel 3.1 Input bahan bakar.

Unit Boiler Input	Jumlah	Satuan	%
1. Serabut	22,5	Ton	75%
2. Cangkang	7,5	Ton	25%
TOTAL	30	Ton	100%

Untuk menghitung necara massa, maka diperlukan diagram alir berikut, dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pembakaran

Tabel 3.2 Komposisi Serabut dan Cangkang serta perhitungan persenan konsentrasi unsur serabut (*fiber*), cangkang.

Unsur	Serabut (<i>fiber</i>) %	Cangkang %
(C)	51,14	40,14
(H)	3,26	4,25
(S)	0,07	0,66
(O)	43,16	30,12
(N)	1,65	22,29
(Ash)	0,50	3,20
(W)	12,40	38,10

Menurut (Prismantoko, 2017), metode pembersihan bisa membuang separuh dari muatan serbuk atau abu kotor yang terdapat didalam TKKS Air yang diperlukan buat membersihkan adalah 0,5 kg buat 1 kg biomasa, hingga:

Air cucian = 0,5 x seluruh/total Tandan Kosong Kelapa Sawit
 = 0,5 x 30.000 kg/jam
 = 15. 000 kg/jam (15 liter)

Menurut Martin tahun 2011, selanjutnya disebabkan terdapat hubungan antara air dan TKKS, kemudian ada lebih dari satu persen *input* air cucian kedalam TKKS (Martin, 2011). Hingga keseluruhan total dapat dilihat pada **Tabel 3.3** dibawah ini.

Tabel 3.3 Menunjukkan total *input* dan *output* komponen bahan bakar.

Material		
Tanda Kosong Kelapa Sawit	Input (kg/tbs/jam)	Output (kg/tbs/jam)
Air	300	300
Abu	979,4703	489,7352
Unsur	11.625,8869	11.625,8869
Air Cucian	15. 000	138,6450
Total	12.905,3572	15.489,7352
	28.395, 0924	
Total Kehilangan	1.604,9076	

Tabel 3.3 diatas menunjukkan komponen bahan bakar, massa masuk sebesar 12.905,3572 kg/tbs/jam, dan massa keluar sebesar 15.489,7352 kg/tbs/jam. Sehingga, total massa bahan bakar adalah 28.395,0924 kg/tbs/jam, dengan total kehilangan sebesar 1.604,9076 kg/tbs/jam.

3.2 Volume dan Dimensi Cerobong

3.2.1 Laju Emisi

Berdasarkan tabel dibawah ini, nilai yang diperlukan adalah luas dari penampang cerobong (A) yang dapat diketahui sebesar $1,76625 \text{ m}^2$, koefisien debit sebesar 17,66587 serta suhu rata-rata dalam cerobong sebesar 773,15 K, suhu udara di atmosfer sebesar 306,15 K. PT. Candi Artha mengemisikan tiga polutan utama yaitu TSP, SO_2 , dan NO_2 dengan laju emisi tertinggi adalah $26,4988 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan ketinggian cerobong sebesar 45 m. Sedangkan untuk nilai laju emisi terendah adalah $17,6659 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan ketinggian cerobong sebesar 20 m. Berikut ini, **Tabel 3.4** Laju Emisi Gas Buang pada suatu ketinggian cerobong

Tabel 3.4 Laju Emisi Gas Buang pada suatu ketinggian cerobong

No	Tinggi Cerobong (m)	Laju Emisi (m^3/s)
1.	20	17,6659
2.	25	19,7510
3.	30	21,6362
4.	35	23,3698
5.	40	24,9833
6.	45	26,4988

3.2.2 Stabilitas Atmosfer

Data yang digunakan untuk mencari kecepatan angin disekitar cerobong maka dibutuhkannya nilai dari kecepatan gas buang, tinggi cerobong serta 10 m tinggi dari cerobong. Berdasarkan **Tabel 3.5** kecepatan angin yang terendah sebesar 11 m/s dengan tinggi cerobong sebesar 20 m. Sedangkan nilai kecepatan angin tertinggi sebesar 23 m/s dengan ketinggian cerobong sebesar 45 m. Dari tabel diatas juga dapat dilihat bahwa suatu kecepatan gas buang dan tinggi suatu cerobong dapat mempengaruhi dari kecepatan angin disekitar cerobong pada ketinggian 10 m. Hasil dari nilai kecepatan angin sekitar cerobong pada ketinggian 10 m selanjutnya akan digunakan sebagai perhitungan di kepulan asap (*plume rise*).

Tabel 3.5 Kecepatan angin disekittar cerobong

No	Periode Waktu	Kecepatan Gas Buangan (m/s)	Tinggi Cerobong (m)	Tinggi Cerobong Efektif (m)	Kecepatan Angin Disekitar (m/s)
1	2021	10	20	10	11
2	2021	11	25	10	14
3	2021	12	30	10	17
4	2021	13	35	10	19
5	2021	14	40	10	21
6	2021	15	45	10	23

3.2.3 Kepulan asap (*plume rise*).

Menurut (Damayanti, 2019), ketinggian semburan dari asap dapat berubah-ubah, hal tersebut disebabkan adanya beberapa faktor, diantaranya adalah kecepatan angin, kecepatan gas buang, kecepatan linear gas buang yang ada didalam cerobong, kecepatan gravitasi, kelas kestabilan udara, dan selisish antara termperatur gas buang dan temeratur udara dilingkungan. Berikut ini merupakan **Tabel 3.6** kepulan asap.

Tabel 3.6 Kepulan asap.

No	Periode waktu	Kecepatan gas buang (m/s)	Plume Rise (m)
1	2021	10	1,5
2	2021	11	1,3
3	2021	12	1,3
4	2021	13	1,2
5	2021	14	1,2
6	2021	15	1,1

Berdasarkan **Tabel 3.6** diatas, menyatakan bahwa nilai kepulan asap (*Plume Rise*) tertinggi sebesar 1,5 m dengan kecepatan gas yang keluar sebesar 10 m/s. Sedangkan, yang terendah sebesar 1,1 m dengan kecepatan gas buang yang keluar sebesar 15 m/s.

3.2.4 Tinggi Cerobong Efektif

Berikut ini merupakan **Tabel 3.7** tinggi cerobong efektif, dimana tinggi sebuah cerobong dipengaruhi oleh suatu kecepatan gas yang keluar dari cerobong, nilai dari tinggi cerobong efektif sebesar 19,49 m dengan kecepatan gas buang sebesar 10 m/s dan tinggi kepulan asap sebesar 1,5 m untuk tinggi cerobong sebesar 20 m. Sedangkan, nilai efektif cerobong dengan tinggi sebesar 23,83 m adalah 25 m dengan kecepatan gas buang sebesar 11 m/s dan kepulan asap sebesar 1,3 m, sesuai dengan persyaratan perencanaan cerobong suatu industri.

Tabel 3.7 Tinggi cerobong efektif

No	Periode waktu	Kecepatan gas buang (m/s)	Tinggi Cerobong (m)	Plume Rise (m)	Tinggi Cerobong Efektif (m)
1	2021	10	20	1,5	19,49
2	2021	11	25	1,3	23,83

3.3 Analisis Sumber Emisi

Pada perencanaan ini, unit cerobong yang diperuntukkan adalah *Boiler* yang menjadi sumber emisi titik (*point source*) dalam perencanaan simulasi dispersi ini. Berikut merupakan **Tabel 3.8** yang menampilkan inventarisasi hasil uji yang terdapat pada Industri Kelapa Sawit PT. Candi Artha. Berikut ini merupakan hasil uji emisi pada cerobong *Boiler*.

Tabel 3.8 Hasil pengukuran Emisi Boiler Tahun 2021

Parameter	Baku Mutu (Mg/Nm ³)	Periode Tahun	Rata- Rata
TSP	300	2021	80
SO ₂	600	2021	<1
NO ₂	800	2021	99

3.3.1 Laju Emisi

Konsentrasi emisi yang dipakai diperencanaan ini untuk hasil pengujian emisi pada tahun 2021. Agar konsentrasi emisi dapat diproses ke dalam *Aermod* maka nilai yang dimiliki dengan satuan mg/m³ harus dikonversi ke dalam bentuk laju emisi dengan satuan g/s. Perhitungan yang dilakukan menggunakan perkalian antara konsentrasi emisi dan debit aliran gas yang dimiliki tiap cerobong di PT. Candi Artha. Berikut ini **Tabel 3.9** dan **Tabel 3.10**.

Tabel 3.9 Adalah hasil perhitungan laju emisi pada ketinggian cerobong sebesar 20 m.

Tahun	Parameter	Satuan	Debit aktual gas buang (m ³ /s)	Laju emisi (g/s)
2021	Partikulat	mg/m ³	17,67	1,41
2021	Sulfur Dioksida (SO ₂) **)	mg/m ³	17,67	0,02
2021	Nitrogen Oksida ditentukan sebagai (NO ₂) **)	mg/m ³	17,67	1,75

Tabel 3.10 Merupakan hasil perhitungan laju emisi pada ketinggian cerobong sebesar 25 m.

Tahun	Parameter	Satuan	Debit aktual gas buang (m ³ /s)	Laju emisi (g/s)
2021	Partikulat	mg/m ³	19,75	1,58
2021	Sulfur Dioksida (SO ₂) **)	mg/m ³	19,75	0,02
2021	Nitrogen Oksida ditentukan sebagai (NO ₂) **)	mg/m ³	19,75	1,96

Nilai polutan yang dibolehkan untuk polutan berturut-turut adalah 300 mg/Nm³, 600mg/Nm³, dan 800 mg/Nm³. Dari **Tabel 3.9** juga menunjukkan konsentrasi rata-rata polutan Partikulat, SO₂, dan NO₂ berurutan adalah 80 mg/m³, 1 mg/m³, dan 99 mg/m³ dengan debit aktual gas buang sebesar 17,67 m³/s. Berdasarkan perhitungan untuk polutan Partikulat, SO₂, dan NO₂ nilai laju emisi berturut-turut sebesar 1,41 g/s, 0,02 g/s, dan 1,75 g/s untuk tinggi cerobong sebesar 20 m. Adapun untuk **Tabel 3.10** menunjukkan konsentrasi rata-rata polutan Partikulat, SO₂, dan NO₂ berurutan adalah 80 mg/m³, 1 mg/m³, dan 99 mg/m³ dengan debit aktual gas buang sebesar 19,75 m³/s. Berdasarkan perhitungan untuk polutan Partikulat, SO₂, dan NO₂ nilai laju emisi berturut-turut sebesar 1,58 g/s, 0,02 g/s, dan 1,96 g/s untuk tinggi cerobong sebesar 25 m.

3.4 Analisa Data Meteorologi

Data meteorologi yang akan diperuntukkan dalam modelan pada perencanaan ini, didapat dari *Nasa power* yang diunduh pada *website power.larc.nasa.gov* dan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Data meteorologi dipakai itu adalah stasiun meteorologi yang terdekat, stasiun Meteorologi Syamsudin Noor.

3.4.1 Curah Hujan

Berdasarkan bayangan meteorologi yang diterbitkan (BMKG) Stasiun Meteorologi Syamsudin Noor Banjarbaru, periode bulan basah pada periode 2021 beralih diantar bulan Desember – Mei. Kemudian periode bulan kering beralih diantara bulan Juni - November. Data tersebut yang sudah didapati dengan bentuk kecepatan angin serta radiasi sinar matahari lalu difungsikan sebagai penentuan nilai stabilitas atmosfer. Berikut ini merupakan **Tabel 3.11 dan Tabel 3.12** Curah hujan rata-rata (mm) perbulan dalam 6 bulan.

Tabel 3.11 CH rerata (mm) perbulan dalam 6 bulan

No.	Periode(Bln)	CH (mm)
1.	Januari	237,9
2.	Februari	223,0
3.	Maret	207,0
4.	April	169,6
5.	Mei	171,6
6.	Juni	161,9
Rata-rata		195,2

(Sumber: BMKG Stasiun Meteorologi Syamsudin Noor Banjarmasin)

Tabel 3.12 Curah hujan rata-rata (mm) perbulan dalam 6 bulan

No.	Periode(Bln)	CH (mm)
1.	Juli	130,0
2.	Agustus	98,5
3.	September	94,5
4.	Oktober	102,1
5.	November	146,9
6.	Desember	146,9
Rata-rata		130,1

(Sumber: BMKG Stasiun Meteorologi Syamsudin Noor Banjarmasin)

3.4.2 Suhu Udara

Berdasarkan data meteorologi di Stasiun Meteorologi Syamsudin Noor suhu udara rerata bulan dengan bulan basah (Desember-Mei) adalah 33,8 °C. Kemudian, suhu udara rata-rata bulan pada periode bulan kering (Juni-November) ialah 34,2 °C. Berikut ini merupakan **Tabel 3.13 dan Tabel 3.14** suhu (°C) udara perbulan dalam 6 bulan

Tabel 3.13 Suhu (°C) udara perbulan dalam 6 bulan

No.	Periode(Bln)	Suhu (Celcius)	
		Maksimal	Minimal
1.	Januari	32,2	23,0
2.	Februari	33,6	25,5
3.	Maret	34,1	23,1
4.	April	34,2	23,5
5.	Mei	34,4	24,4
6.	Juni	34,4	23,2
Rata-rata		195,2	

(Sumber: BMKG Stasiun Meteorologi Syamsudin Noor Banjarmasin)

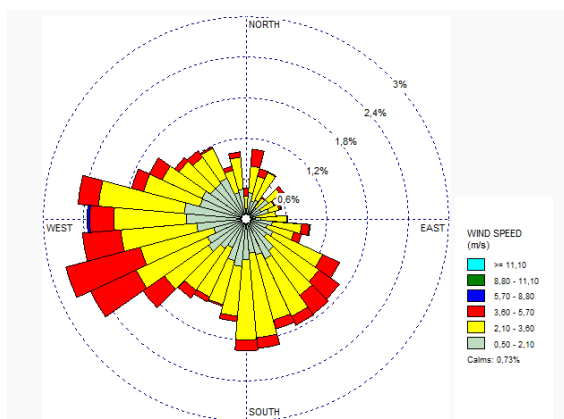
Tabel 3.14 Suhu (°C) udara perbulan dalam 6 bulan

No.	Periode(Bln)	Suhu (Celcius)	
		Maksimal	Minimal
1.	Januari	34,8	23,2
2.	Februari	33,5	23,0
3.	Maret	34,6	22,6
4.	April	35,0	23,5
5.	Mei	34,2	23,2
6.	Juni	33,3	23,8
Rata-rata		130,1	

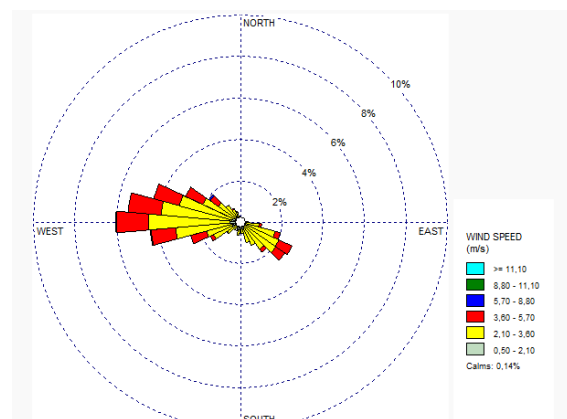
(Sumber: BMKG Stasiun Meteorologi Syamsudin Noor Banjarmasin)

3.4.3 Arah Angin

Kecepatan angin rerata perbulanan di Kab. Tanah Laut pada bulan basah ialah 2,10 m/s, sedangkan bulan kering kecepatan angin rerata ialah 5,70 m/s. Mawar angin atau *windrose* berfungsi untuk mengetahui pendistribusian itu. Data tersebut kemudian analisis lalu buatlah peta mawar angin, dibulan kering umumnya angin berjalan mulai Selatan menuju Barat, sedangkan arah angin pada bulan basah umumnya berjalan mulai Timur menuju Barat. Selengkapnya ditampilkan pada **Gambar 3.2** dan **Gambar 3.3**.



Gambar 3.2. Windrose Musim Hujan



Gambar 3.3. Windrose Musim Kemarau

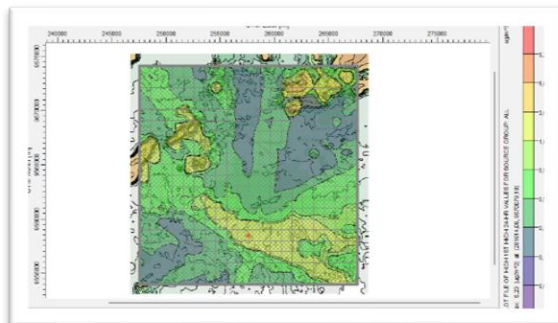
Berdasarkan gambar *windrose* bisa mengetahui jika haluan angin dominan selama periode 1 tahun untuk musim hujan (Desember - Mei) berhembus ke arah Barat dengan kecepatan angin maksimumnya sebesar 2,10 – 3,60 m/s sebesar 2,4%. Frekuensi terjadinya *calm wind* atau angin dengan kecepatan dibawah 2,10 m/s sebesar 0,73 %, sedangkan musim kemarau (Juni - November) bergerak bermula arah selatan ke barat dengan kecepatan angin maksimumnya sebesar 3,60 – 5,70 m/s sebesar 5,70 %. Frekuensi terjadinya *calmwind* atau angin dengan kecepatan dibawah 2,10 m/s sebesar 0,14 %.

3.5 Hasil Pemodelan Sebaran Emisi

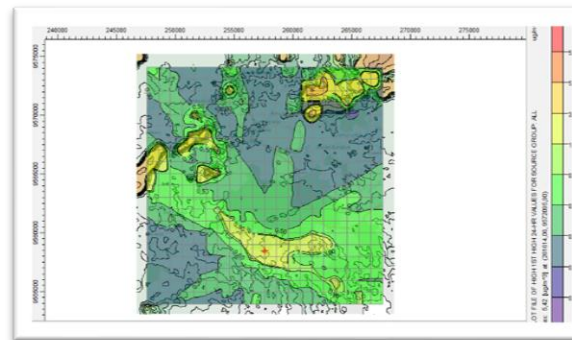
Pada pemodelan sebaran emisi Partikulat, SO₂ dan NO₂ dilakukan dari sumber emisi yaitu cerobong *Boiler* di Indutsri Kelapa Sawit PT. Candi Artha, yang mana kondisi topografi daerah perencanaan relatif datar. Jenis hasil pemodelan sebaran emisi ini termasuk bentuk peta *isopleth* konsentrasi di atas permukaan tanah. Hasil pemodelan sebaran emisi Partikulat, SO₂ dan NO₂ disajikan sebagai berikut.

3.5.1 Pemodelan Sebaran Emisi Partikulat

Sebaran emisi partikulat pada musim hujan dengan tinggi cerobong 20 m, dengan titik penerima ketinggian 1,5 m dari permukaan tanah, serta arah angin bergerak menuju selatan hingga tenggara. **Gambar 3.4** menunjukkan bahwa sebaran emisi Partikulat selama 24 jam pada musim hujan untuk tinggi cerobong 20 m, dengan titik koordinat (261614,1 m; 9570079 m), dengan konsentrasi 5,89 µg/m³. Sedangkan **Gambar 3.5**, sebaran partikulat untuk tinggi cerobong 25 m, konsentrasi partikulat tinggi dengan dititik koordinat (261614,06 m; 9572096 m), dengan konsentrasi 6,05 µg/m³.

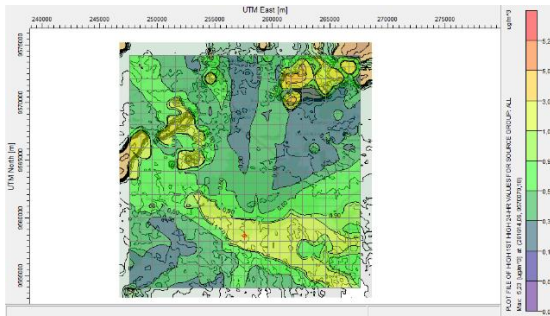


Gambar 3.4 Sebaran emisi Partikulat selama 24 jam pada musim hujan untuk tinggi cerobong 20 m.

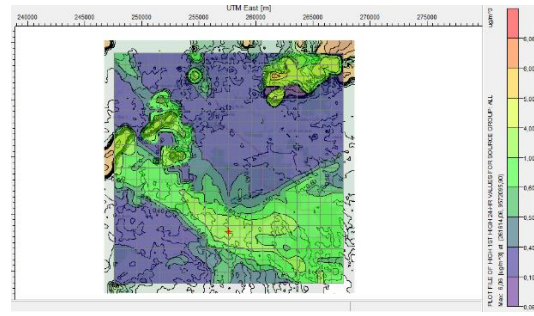


Gambar 3.5 Sebaran emisi Partikulat selama 24 jam pada musim hujan untuk tinggi cerobong 25 m.

Pada musim kemarau angin bergerak ke arah tenggara. Sebaran partikulat untuk tinggi cerobong 20 m dari kodisi dilapangan yang bersumber dari titik *bolier* dihasilkan konsentrasi tsp yang sangat tinggi ada dititik koordinat (261614,1 m; 9572096 m) dengan konsentrasi 5,74 µg/m³, dapat dilihat pada **Gambar 3.6**. Sedangkan, sebaran partikulat untuk tinggi cerobong 25 m, konsentrasi partikulat yang sangat tinggi ada dititik koordinat (261614,06 m; 9572096 m), dengan konsentrasi 6,05 µg/m³, **Gambar 3.7** dibawah ini.



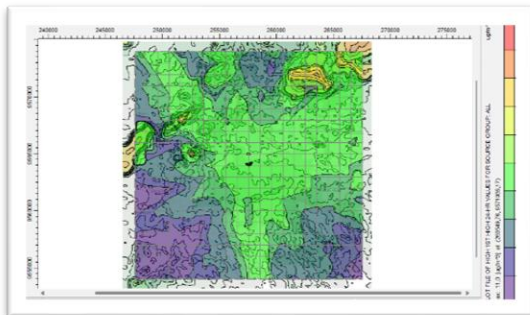
Gambar 3.6 Sebaran emisi Partikulat selama 24 jam pada musim kemarau untuk tinggi cerobong 20 m



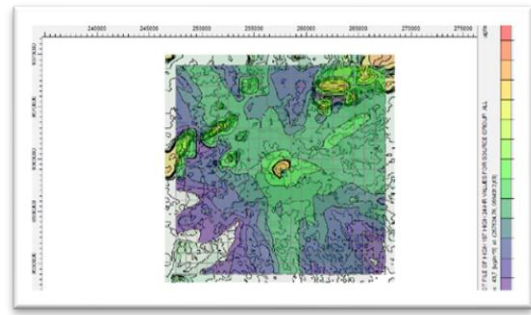
Gambar 3.7 Sebaran emisi Partikulat selama 24 jam pada musim kemarau untuk tinggi cerobong 25 m

3.5.2 Pemodelan Sebaran Emisi SO₂

Pada bulan basah didapat maka konsentrasi SO₂ diudara ambien ada titik penerimaan ditinggi 1,5 m dari permukaan tanah dengan arah angin bergerak menuju ke tenggara, selatan sampai barat daya. Sebaran SO₂ untuk tinggi cerobong 20 m dari kodisi dilapangan yang bersumber dari titik cerobong selama 24 jam didapatkan konsentrasi SO₂ sangat tinggi ada titik koordinat (257524,8 m; 9564013 m), dengan konsentrasi 54,8 µg/m³, dapat dilihat pada **Gambar 3.8**. Sedangkan, sebaran SO₂ untuk tinggi cerobong 25 m untuk dalam keadaan disimulasikan yang bersumber dari titik cerobong selama 24 jam didapat konsentrasi SO₂ sangat tinggi ada titik koordinat (257524,8 m; 9564013 m), dengan konsentrasi 43,3 µg/m³. Gambar kontur dispersi SO₂ bulan basah dari boiler berikut ini **Gambar 3.9**.

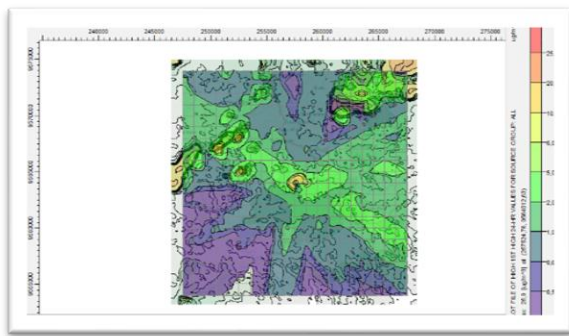


Gambar 3.8 Sebaran emisi SO₂ selama 24 jam pada musim hujan untuk tinggi cerobong 20 m

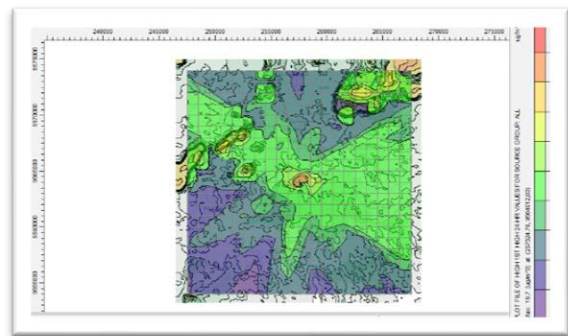


Gambar 3.9 Sebaran emisi SO₂ selama 24 jam pada musim hujan untuk tinggi cerobong 25 m

Pada bulan kering, angin bergerak ke arah tenggara. Sebaran SO₂ untuk tinggi cerobong 20 m dari kodisi dilapangan yang bersumber dari titik cerobong selama 24 jam didapatkan konsentrasi SO₂ sangat tinggi ada titik koordinat (257524,8 m; 9564013 m), dengan konsentrasi 54,8 µg/m³, dapat dilihat pada **Gambar 3.10**. Sedangkan, sebaran SO₂ untuk tinggi cerobong 25 m untuk dalam keadaan disimulasikan yang bersumber dari titik cerobong selama 24 jam didapatkan konsentrasi SO₂ yang sangat tinggi ada titik koordinat (257524,8 m; 9564013 m), dengan konsentrasi 48,5 µg/m³, berikut ini **Gambar 3.11**.



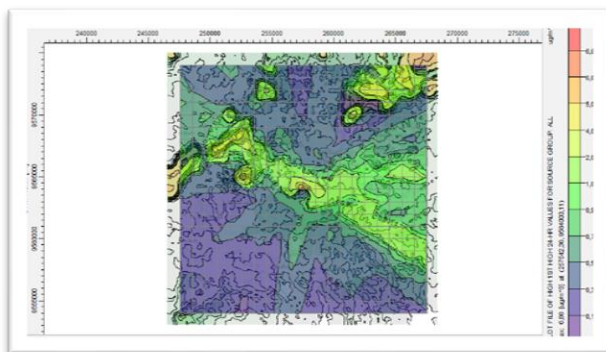
Gambar 3.10 Sebaran emisi SO₂ selama 24 jam pada musim kemarau untuk tinggi cerobong 20 m



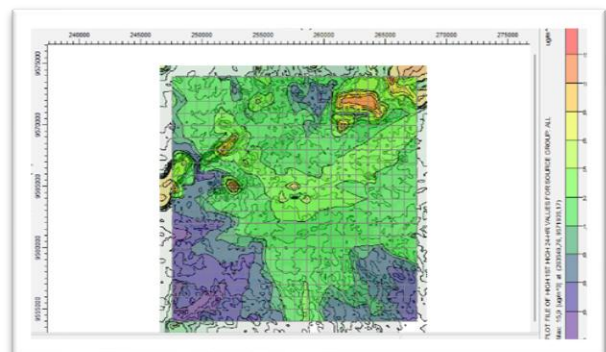
Gambar 3.11 Sebaran emisi SO₂ selama 24 jam pada musim kemarau untuk tinggi cerobong 25 m

3.5.3 Pemodelan Sebaran Emisi NO₂

Pada bulan basah diketahui bahwa kadar NO₂ di udara ambien dititik sumber ditinggi 1,5 m dari muka tanah rerata mempunyai angka yang lebih tinggi dengan arah angin berjalan ke arah tenggara, selatan sampai barat daya Sebaran NO₂ untuk tinggi cerobong 20 m dari kodisi dilapangan yang bersumber dari titik cerobong selama 24 jam didapatkan konsentrasi NO₂ yang sangat tinggi dititik koordinat (263549,8 m; 957135 m), dengan konsentrasi 15,6 µg/m³, dapat dilihat pada **Gambar 3.12**. Sedangkan, sebaran NO₂ untuk tinggi cerobong 25 m untuk dalam keadaan disimulasikan yang bersumber dari titik cerobong selama 24 jam didapatkan konsentrasi NO₂ yang sangat tinggi ada dititik koordinat (263549,8 m; 9571935, dimana kadarnya sebesar 11,5 µg/m³, berikut ini **Gambar 3.13**.

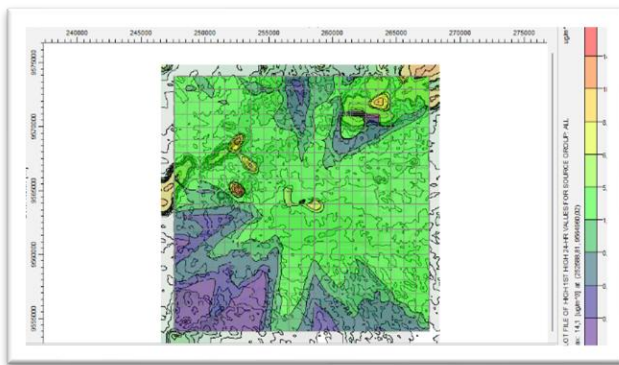


Gambar 3.12 Sebaran emisi NO₂ selama 24 jam pada musim hujan untuk tinggi cerobong 20 m

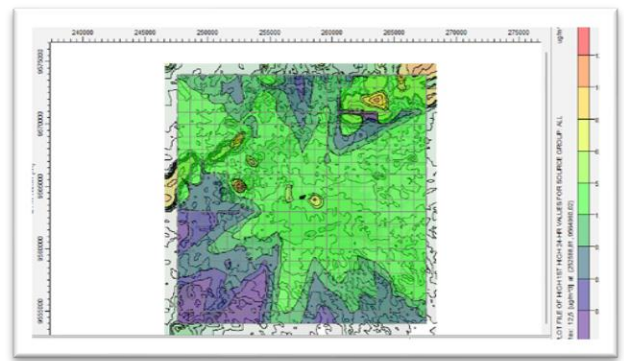


Gambar 3.13 Sebaran emisi NO₂ selama 24 jam pada musim hujan untuk tinggi cerobong 25 m

Pada bulan kering angin bergerak ke arah tenggara hingga ke barat. Sebaran NO₂ untuk tinggi cerobong 20 m dari kodisi dilapangan yang bersumber dari titik cerobong selama 24 jam dapat dihasilkan konsentrasi NO₂ sangat tinggi dititik koordinat (252588,8 m; 9564960 m), dengan konsentrasi 13,7 µg/m³, dapat dilihat pada **Gambar 3.14**. Sedangkan, sebaran NO₂ untuk tinggi cerobong 25 m untuk dalam keadaan disimulasikan yang bersumber dari titik cerobong selama 24 jam menghasilkan konsentrasi NO₂ sangat tinggi dititik koordinat koordinat (252588,8 m; 9564960), dengan konsentrasi 12,5 µg/m³, berikut ini.



Gambar 3.14 Sebaran emisi NO₂ selama 24 jam pada musim kemarau untuk tinggi cerobong 20 m



Gambar 3.15 Sebaran emisi NO₂ selama 24 jam pada musim kemarau untuk tinggi cerobong 25 m.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan yang sudah dilaksanakan, bahwa didapat jumlah keseluruhan massa masuk ke dalam *Boiler* adalah 30.000 Ton, dengan total massa *output* 15.489,7352 kg/jam dan total massa kehilangan 1.604,9076 kg/jam. Berdasarkan perhitungan untuk merencanakan volume dan dimensi cerobong dengan memperhatikan keadaan sekitar titik sumber untuk tinggi cerobong adalah 20 m dan 25 m, dengan kecepatan gas buang berturut-turut adalah 10 m/s dan 11 m/s. Berdasarkan pola sebaran dengan kurun waktu 24 jam diketahui bahwa konsentrasi TSP, SO₂, dan NO₂ diudara ambien titik penerimaan dengan ditinggi 1,5 m dari permukaan tanah rerata mempunyai konsentrasi maksimum TSP, SO₂, dan NO₂ berturut-turut adalah 5,74 µg/m³ pada musim kemarau, sedangkan konsentrasi maksimum pada bulan kemarau adalah 5,89 µg/m³. Untuk parameter SO₂ pada musim hujan kondisi konsentrasi maksimum mencapai 50,14 µg/m³, dan pada bulan kemarau kondisi maksimum mencapai 54,81 µg/m³. Kemudian, untuk parameter NO₂ kondisi konsentrasi maksimum pada musim hujan mencapai 15,6 µg/m³, sedangkan kondisi konsentrasi maksimum pada musim kemarau mencapai 12,50 µg/m³. Sedangkan perbedaan antara yang disimulasikan dan dalam keadaan dilapangan, lebih baik dengan tinggi cerobong 25 m agar memaksimalkan sebaran emisi dibandingkan tinggi cerobong 20 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, J., & Hasibuan, F. A. (2019). Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara. *Prosiding SNFUR-4, Pekanbaru*, 7.
- Adelia, N., & Mulyasari, T. M. (2019). Kadar Debu Udara Pada Bagian Produksi UD. Mandiri di Desa Teluk Kecamatan Purwokerto Selatan Kabupaten Banyumas Tahun 2018. *Buletin Keslingmas*, 38(2), 190-198.
- Ancilla, L. (2019). Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Alternatif Terhadap Emisi Voc (*Volatile Organic Compounds*) Dan Persebarannya Di Industri Semen (Pt.X). *Perpustakaan Itb*.
- Asynuzar, N. (2014). Pengembangan Aplikasi Pengolahan Data Cuaca Pada Stasiun Meteorologi Maritim Pontianak. *JUSTIN (Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 2(3), 178-183.

- Azzahro, F., & Yulfiah, Y. (2019). Evaluasi Pemilihan Spesies Pohon Pengendali Polusi Udara Pabrik Semen (Evaluation of Trees Species in Control of Air Pollution of Cement Factor). *ENVIROSAN: Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(1), 19-23.
- Badrun, Y. (2010). Emisi Udara Industri Pengolahan Kelapa Sawit Di Kabupaten Rokan Hilir. *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 1(1), 23-29.
- Basri, I. S. (2010). Pencemaran udara dalam antisipasi teknis pengelolaan sumberdaya lingkungan. *Smartek*, 8(2).
- Budiyono, A. (2010). Pencemaran udara: dampak pencemaran udara pada lingkungan. *Berita Dirgantara*, 2(1).
- Cimorelli, A. J., Perry, S. G., Venkatram, A., Weil, J. C., Paine, R. J., Wilson, R. B., Brode, R. W. (2005). AERMOD: A dispersion model for industrial source applications. Part I: General model formulation and boundary layer characterization. *Journal of applied meteorology*, 44(5), 682-693.
- Dwiputri, M., Saputra, I., Alimah, I., & Hamdani, N. (2021). Kajian Kompatibility Green Transportation Untuk Kota Bogor. *RUSTIC*, 1(1), 22-31.
- Farikah, T., Maddusa, S. S., & Sumampouw, O. J. (2019). Analisis Kadar Nitrogen Dioksida (No₂) Di Area Parkir Basement Jumbo Swalayan Kota Manado Tahun 2018. *Kesmas*, 7(5).
- Fitria, L., Wulandari, R. A., Hermawati, E., & Susanna, D. (2008). Kualitas udara dalam ruang perpustakaan universitas "x" ditinjau dari kualitas biologi, fisik, dan kimiawi. *Makara kesehatan*, 12(2), 77-83.
- Handini, I. T., Yulkifi, Y., & Darvina, Y. (2020). Rancang Bangun Sistem Pengukuran Tekanan Udara Menggunakan DT-Sense Barometric Pressure Berbasis Internet of Things dengan Display Smartphone. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 8(1), 1-10.
- Hassan, H., Singh, M., Gribben, R., Srivastava, L., Radojevic, M., & Latief, A. (2000). Application of a line source air quality model to the study of traffic carbon monoxide in Brunei Darussalam. *ASEAN Journal on Science and Technology for Development*, 17(1), 59-76.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, (2020). Tentang Indeks Pencemaran Udara.
- Peraturan Republik Indonesia, (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, Jakarta*.
- Kospa, H. S. D. (2016). Konsep perkebunan kelapa sawit berkelanjutan. *Jurnal Tekno Global*, 5(1).
- Kurniawan, A. (2018). Pengukuran parameter kualitas udara (CO, NO₂, SO₂, O₃ dan PM₁₀) di Bukit Kototabang berbasis ISPU. *Jurnal Teknosains*, 7(1), 1-13.
- Masito, A. (2018). Analisis Risiko Kualitas Udara Ambien (NO₂ Dan SO₂) dan Gangguan Pernapasan pada Masyarakat di Wilayah Kalianak Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(4), 394-401.
- Mokhtar, M., Hassim, M. H., & Taib, R. M. (2014). *Health risk assessment of emissions from a coal-fired power plant using AERMOD modelling. Process Safety and Environmental Protection*, 92(5), 476-485.
- Peraturan Pemerintah. Tahun 2010 tentang Pedoman Teknis Pengembangan Kawasan Industri.
- Perry, S. G., Cimorelli, A. J., Paine, R. J., Brode, R. W., Weil, J. C., Venkatram, A., Peters, W. D. (2005). AERMOD: A dispersion model for industrial source applications. Part II: Model performance against 17 field study databases. *Journal of applied meteorology*, 44(5), 694-708.
- Rahmadhani, A. (2017). *Pemodelan Dispersi Pencemaran Udara Sumber Majemuk Industri Semen di Kabupaten Tuban Jawa Timur*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rangga, B. (2014). Analisis Dispersi Gas Karbon Monoksida (CO) Dari Sumber Transportasi Menggunakan Model Meti-Lis. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1).

- Sudalma, Purwanto, P., & Santoso, L. W. (2015). *Model sebaran SO₄²⁻-dan NO₃⁻ dalam air hujan di Kota Semarang*. Program of Postgraduate.
- Sudrajat, A. (2006). Pencemaran udara, suatu pendahuluan. *Majalah Inovasi*, 52.
- Sugiarto, P. H., Anggrika Riyanti. (2019). Analisis Konsentrasi SO₂, NO₂ dan Partikulat pada Sumber Emisi Tidak Bergerak (Cerobong) Berbahan Bakar Batubara dan Cangkang (Studi Kasus di Kabupaten Muaro Jambi). *Jurnal Daur Lingkungan*, Vol 2. No 1.
- Syafei, A. D. (2019). Pencegahan dan Pengendalian Pencemaran udara dari Sumber Tidak Bergerak. *Laboratorium Pengendalian Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim. Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya*.
- Syauqie, M. (2020). Pengaruh Emisi Debu Semen Terhadap Permukaan Okular Pada Masyarakat Di Sekitar Pabrik Pt. Semen Padang. *Majalah Kedokteran Andalas*, 43(2), 112-123.
- Wati, A. (2011). *Implementasi Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara terhadap Pengelolaan Limbah Padat Medis (Studi di Rumah Sakit Islam Kota Samarinda)*. Universitas Brawijaya.
- Widhiyanti, E., Widowati, E., & Fibriana, A. I. (2015). Perbedaan Jarak Tempat Tinggal Dari Lokasi Industri Genteng Terhadap Penurunan Fungsi Paru Penduduk Di Desa Kedawung Kecamatan Pejagoan Kabupaten Kebumen. *Unnes Journal Of Public Health*, 4(3).
- Wuryanti, S. (2016). Neraca Massa dan Energi. *Bandung: Politeknik Negeri Bandung*.
- Yulaekah, S. (2007). Paparan debu terhirup dan gangguan fungsi paru pada pekerja industri batu kapur. *Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, Semarang*