

Pemodelan Persebaran Emisi Udara di Kawasan Industri Pelabuhan Tanjung Perak

Komang Tegar Kurniawan*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email Korespondensi : komangtgr65@gmail.com

Kata Kunci:

AERMOD, Cerobong, Emisi, Pemodelan Lingkungan, Udara

ABSTRAK

Industri maritim di Indonesia tiap tahun kian meningkat apalagi dalam sektor jasa maritim. Pelabuhan Tanjung Perak adalah salah satu kawasan di Surabaya yang kegiatan operasionalnya berfokus pada sektor jasa maritim. Kegiatan operasional sektor jasa maritim menghasilkan emisi baik dari cerobong kapal maupun cerobong hasil pembakaran bahan baku industri jasa maritim. Untuk mengetahui secara langsung emisi yang dihasilkan maka dilakukan pengujian pada cerobong di salah satu Perusahaan sektor jasa maritim. Pengukuran dilakukan dengan menguji konsentrasi parameter SO₂. Dari hasil pengukuran yang didapatkan nantinya akan dimodelkan ke dalam *software AERMOD* sehingga dapat diketahui persebaran emisi yang dihasilkan di sekitar wilayah industri jasa maritim. Setelah dimodelkan dalam *software AERMOD* didapatkan hasil bahwa konsentrasi SO₂ yang dihasilkan industri jasa maritim telah terdispersi sejak jarak 500 meter dari cerobong hasil pembakaran bahan baku industri jasa maritim. Dengan hasil yang didapatkan maka solusi untuk mengurangi kadar konsentrasi SO₂ yang dihasilkan ialah modifikasi cerobong yang menghasilkan emisi sehingga emisi yang dihasilkan dapat berkurang dan daerah persebaran emisi mampu diperkecil sehingga tidak berdampak luas ke wilayah sekitarnya.

Keyword:

AERMOD, Chimneys, Emissions, Environmental Modeling, and Air

ABSTRACT

The maritime industry in Indonesia is increasing every year, especially in the maritime service sector. Tanjung Perak Port is one of the areas in Surabaya whose operational activities focus on the maritime service sector. The operational activities of the maritime service sector produce emissions from both ship chimneys and chimneys resulting from the burning of raw materials for the maritime service industry. To find out directly the emissions produced, a test was carried out on the chimney at one of the maritime service sector companies. Measurements were made by testing the parameter concentration of SO₂. From the measurement results obtained, it will be modeled into the aeromod software so that the distribution of emissions generated around the maritime service industry area can be known. After modeling it in the AERMOD software, the results show that the concentration of SO₂ produced by the maritime service industry has been dispersed from a distance of 500 meters from the chimney resulting from the combustion of raw materials for the maritime service industry. With the results obtained, the solution to reduce the concentration of SO₂ produced is to modify the chimney that produces emissions so that the emissions produced can be reduced and the emission distribution area can be reduced so that it does not have a wide impact on the surrounding area.

1. PENDAHULUAN

Kemajuan yang terus meningkat di segmen industri memainkan peran penting dalam memperluas perkembangan keuangan di Indonesia. Selain kemajuan industri, masyarakat juga berupaya memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia dan meningkatkan sumber daya manusianya untuk dapat memenuhi kebutuhan sehari-hari melalui inovasi. Untuk mendukung aktivitas industri, diperlukan banyak energi, terutama untuk mendukung aktivitas pembangkitan bisnis-bisnis besar. Industri maritim di Indonesia tiap tahun kian meningkat apalagi dalam sektor jasa maritim. Pelabuhan

Tanjung Perak adalah salah satu kawasan di Surabaya yang kegiatan operasionalnya berfokus pada sektor jasa maritim. Kegiatan operasional sektor jasa maritim menghasilkan emisi baik dari cerobong kapal maupun cerobong hasil pembakaran bahan baku industri jasa maritim. Untuk mengetahui secara langsung emisi yang dihasilkan maka dilakukan pengujian pada cerobong di salah satu Perusahaan sektor jasa maritim. Pengujian ini dikarenakan cerobong menghasilkan emisi udara yang berpotensi mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan.

Menurunnya kualitas alam meliputi pencemaran udara, pencemaran tanah, dan pencemaran air. Peningkatan

pencemaran udara disebabkan oleh bertambahnya jumlah usaha dan transportasi yang menimbulkan emisi udara. Penurunan nilai alam memerlukan pertimbangan yang sungguh-sungguh dari berbagai pihak karena pada akhirnya akan mempunyai dampak yang sangat luas baik secara spesifik maupun tidak langsung. Kegiatan industri dengan cerobong asapnya akan menghasilkan aliran keluar yang sangat tinggi. Karena semakin banyak industri yang menggunakan cerobong asap sebagai bahan pembakaran, polusi udara akan meningkat.

Kontaminan yang dikeluarkan dari cerobong asap akan tersebar ke udara dan tersebar, sehingga menurunkan kualitas lingkungan di sekitarnya. Tersebarnya pencemaran tersebut dipengaruhi oleh kondisi meteorologi dan kondisi wilayah sekitarnya. Pembahasan demonstrasi penyebaran kontaminasi dapat memberikan diagram jumlah emisi yang tersebar untuk dipertimbangkan. Salah satu kondisi persamaan dispersi udara adalah *Gaussian*. Untuk menentukan penyebaran emisi udara yang tersebar diperlukan program komputer yang dapat membedakan garis besar penyampaian emisi udara yang tersebar, salah satu program yang digunakan adalah demonstrasi *AERMOD*. Dengan mengetahui pola konsentrasi dan penyebaran emisi udara, penyebaran emisi udara dapat diantisipasi untuk menyaring dan menilai emisi udara yang tidak aman bagi lingkungan sekitar.

Cerobong asap biasanya vertikal untuk kelancaran aliran gas yang dibawa ke pembakaran. Tingginya pembangunan cerobong ini diharapkan dapat mengangkat pembicaraan yang ada dan kemudian menghilangkan emisi udara yang terkandung dalam gas ventilasi ke arah yang lebih luas sehingga dapat mengurangi konsentrasi emisi udara yang telah seimbang hingga batas administratif yang sesuai. Polutan yang dihasilkan dari cerobong asap didominasi oleh senyawa gas SO_2 , NO_x , CO dan partikulat. Gas SO_2 dihasilkan karena adanya zat senyawa belerang (S) pada proses pembakaran, gas NO_x dan CO tercipta akibat proses pembakaran yang membutuhkan oksigen yang diperoleh dari bahan bebas yang dipenuhi oleh gas nitrogen. Sementara itu, partikulat dalam kerangka sisa-sisa api yang beterbangan tercipta karena adanya kandungan cinder pada emisi udara yang terdiri dari dua jenis partikulat, yaitu partikulat yang mampu mengendap dan partikulat yang terbawa melalui tumpukan sebagai puing-puing api yang beterbangan (Rofiq, 2017).

2. METODE PENELITIAN

Pengambilan data penelitian dilakukan pada bulan Desember 2022 untuk mengetahui kadar emisi dari cerobong industri jasa maritim yang berasal dari cerobong kapal dan cerobong pembakaran bahan baku plat di fasilitas pemeliharaan dan perbaikan kapal. Untuk penelitian kali ini akan berfokus pada cerobong yang menghasilkan emisi dari hasil pembakaran bahan baku plat di fasilitas pemeliharaan dan perbaikan kapal.

Strategi penggunaan metode terdiri dari pertimbangan penulisan, pengumpulan informasi, penanganan informasi, pemeriksaan hasil yang pada akhirnya merupakan metode tentang kesimpulan. Metode ini dimulai dengan informasi ketenagakerjaan dari estimasi emisi yang menghasilkan arus keluar dari pembakaran bahan pelat mentah di kantor pendukung dan perbaikan transportasi. Penyelidikan dimulai dengan mencari ide dan referensi yang diperlukan. Pada saat itu dilakukan pengumpulan informasi berupa informasi

meteorologi yang diperoleh dari *NOAA* untuk mendapatkan ID Stasiun dan *OGIMET* yang meliputi informasi suhu, tutupan awan, curah hujan, pembahasan berat, arah angin, kecepatan angin, peningkatan radiasi berorientasi matahari, dan perawakan awan, serta informasi uji emisi, yang diperoleh dari estimasi tumpukan industri jasa maritim. Informasi *outflow test* yang didapat akan menjadi salah satu informasi pendukung dalam pembuatan *PFL record (profile file)*. Pembuatan catatan *PFL* ini juga memerlukan informasi meteorologi, yang meliputi informasi suhu, kelengketan, curah hujan, radiasi matahari, dan tutupan awan. Informasi kecepatan angin juga diperlukan dalam pembuatan penelitian ini dan akan digunakan dalam pemodelan *WRPLOT* untuk menghasilkan Garis Besar *Windrose*. Catatan *PFL* kemudian akan dimodelkan menggunakan perangkat lunak *AERMOD*, yang bersama dengan *Windrose Outline*, akan memberikan garis besar pemodelan untuk mengantisipasi desain penyebaran arus keluar yang menghasilkan emisi dari pembakaran bahan pelat mentah di fasilitas pemeliharaan dan perbaikan kapal. Informasi meteorologi tersebut diperoleh dari Stasiun BMKG Tanjung Perak yang paling dekat dengan lokasi penelitian. Informasi meteorologi yang digunakan merupakan informasi tahun terakhir dalam periode Januari-Desember 2022.

Peragaan ulang distribusi aliran SO_2 dari cerobong asap yang menghasilkan emisi dari pembakaran material pelat mentah di fasilitas pemeliharaan dan perbaikan kapal menggunakan program komputer *AERMOD* yang dikeluarkan oleh *EPA*. Estimasi yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan pengukuran kualitas udara ambien dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Hasil estimasi kualitas udara dari ketiga fokus tersebut kemudian dipilih sebagai salah satu parameter dengan konsentrasi tertinggi untuk pemodelan hamburan menggunakan program *AERMOD* yang menggunakan pedoman pemodelan dispersi *Gaussian* yang digambarkan dalam persamaan (1):

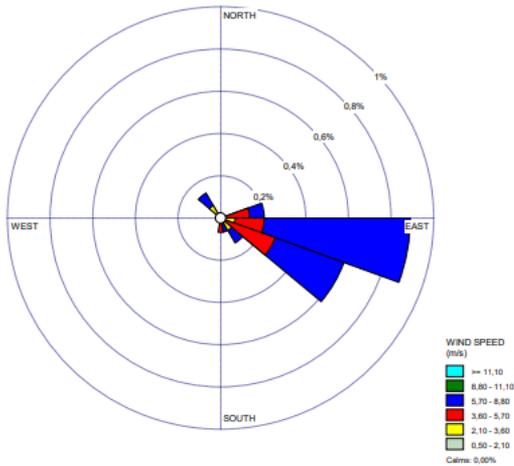
$$C(x, y, 0H) = \left[\frac{Q}{\pi s_y s_z u} \right] \left[\exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{s_y} \right)^2 \right] \right] \left[\exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{H}{s_z} \right)^2 \right] \right] \quad (1)$$

dimana C adalah konsentrasi toksin di permukaan (g/cm^3), Q adalah laju emisi (g/s), s_y dan s_z adalah jarak pisah puncak samping dan vertikal (m), u adalah kecepatan angin normal (m/s), x adalah arah penyebaran aliran keluar (m), y adalah bidang datar yang terpisah dari pusat cerobong (m), z adalah tinggi reseptor dari kaki cerobong (m), dan H adalah gaya tarik tinggi cerobong asap (m). Model *AERMOD* menggunakan data sumber cerobong asap yang menghasilkan emisi dari hasil pembakaran bahan baku plat di fasilitas pemeliharaan dan perbaikan kapal. Hasil uji kualitas emisi cerobong asap nantinya digabungkan dengan data arah dan kecepatan angin dari data meteorologi yang diolah menggunakan *AERMET* sebelumnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan pada data meteorologi awal menggunakan data dari Stasiun BMKG terdekat di wilayah penelitian yaitu Stasiun BMKG Tanjung Perak. Dari hasil pemodelan arah dan kecepatan angin menunjukkan angin secara tahunan bertiup ke arah timur, barat, utara, dan Selatan. Dengan arah angin

dominan menuju ke arah Tenggara. Nilai rentang kecepatan angin berada pada nilai 2,1 m/s – 8,8 m/s. kecepatan angin paling banyak berada pada rentang 5,7 m/s – 8,8 m/s.



Gambar 1. Model Arah dan Kecepatan Angin di Wilayah Tanjung Perak



Gambar 2. Peta Windrose

Perubahan arah dan kecepatan angin di suatu wilayah nantinya akan mengubah tingkat persebaran emisi udara di sekitar wilayah tersebut juga dikarenakan persebaran emisi udara akan mengikuti arah dan kecepatan angin di wilayah tersebut. Berdasarkan permodelan arah dan kecepatan angin di wilayah penelitian yang telah dimodelkan, nantinya akan dimodelkan dispersi pencemaran emisi SO₂ dari cerobong yang menghasilkan emisi dari hasil pembakaran bahan baku plat di fasilitas pemeliharaan dan perbaikan kapal. Permodelan dispersi pencemaran emisi SO₂ dibuat berdasarkan data eksisting dari cerobong yang menghasilkan emisi dari hasil pembakaran bahan baku plat di fasilitas pemeliharaan dan perbaikan kapal dengan detail data yang ditampilkan di dalam tabel di bawah ini:

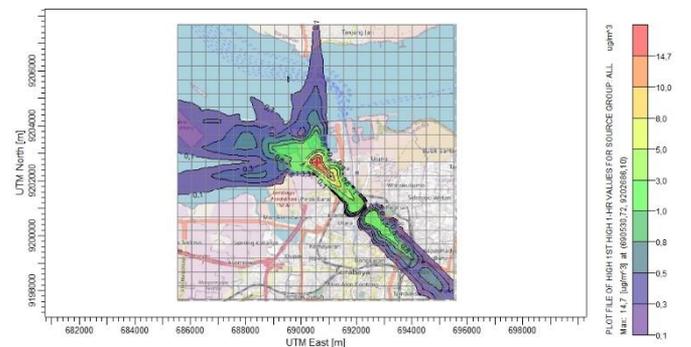
Tabel 1. Data Eksisting Cerobong

Data Eksisting Cerobong	Nilai
Tinggi Cerobong	10 m
Diameter Cerobong	0,5 m
Kecepatan Udara Outlet	1,2 m/s
Beban Emisi (SO ₂)	0,065 g/s

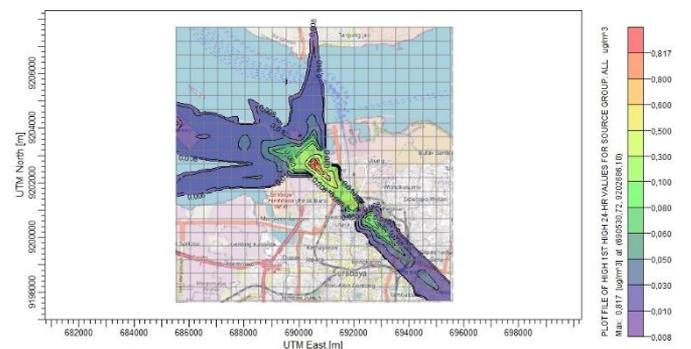
(Sumber: Data Industri Jasa Maritim)

Dari data eksisting cerobong didapatkan hasil pemodelan dengan simulasi 1 jam persebaran, 24 persebaran, dan 1 bulan persebaran. Hasil pemodelan juga menunjukkan bahwa emisi udara SO₂ terdispersi ke arah Tenggara, Utara, dan Barat sejauh 10 km sesuai dengan arah angin dominan menurut data meteorologi. Konsentrasi SO₂ maksimum pada pemodelan persebaran emisi udara SO₂ secara berturut-turut mulai dari persebaran selama 1 jam, 24 jam, dan 1 bulan adalah 14,7 µgr/m³, 0,817 µgr/m³, dan 0,0059 µgr/m³. Dengan kondisi cerobong eksisting ini hasil emisi udara SO₂ yang dikeluarkan masi dalam batas baku mutu yang diijinkan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021.

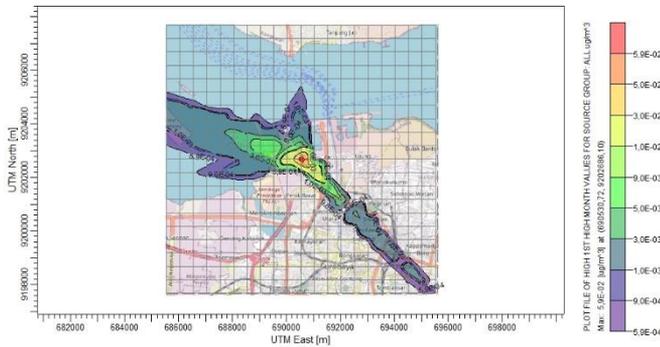
Berdasarkan hasil pemodelan, bangunan yang berada di sekitar cerobong tidak berdampak signifikan dalam menghalau persebaran emisi udara SO₂ karena beda tinggi yang signifikan dari tinggi cerobong dan tinggi bangunan di sekitar lokasi penelitian. Namun nilai konsentrasi emisi udara SO₂ yang tersebar turun menjadi 3 µgr/m³ pada radius 3 km dengan simulasi 1 jam setelah emisi udara dilepaskan di sekitar cerobong asap dikarenakan bangunan di sekitar membantu dispersi emisi udara SO₂ menjadi lebih merata. Untuk simulasi persebaran emisi udara 24 jam pertaman konsentrasi emisi udara SO₂ menjadi sebesar 0,1 µgr/m³ pada jarak 3 km dari cerobong asap. Sedangkan dalam model simulasi 1 bulan setelah emisi udara dilepaskan konsentrasi emisi udara sebesar 0,0005 µgr/m³ pada jarak 3 km dari cerobong asap.



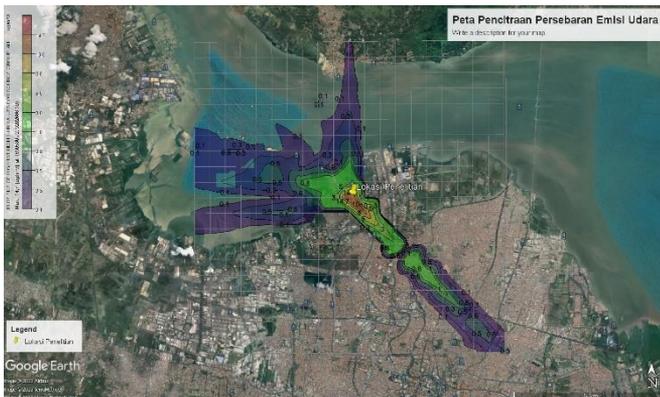
Gambar 3. Persebaran Emisi Udara SO₂ Selama 1 jam



Gambar 4. Persebaran Emisi Udara SO₂ Selama 24 jam



Gambar 5. Persebaran Emisi Udara SO₂ Selama 1 bulan



Gambar 6. Pencitraan Persebaran Emisi Udara SO₂ Selama 1 jam



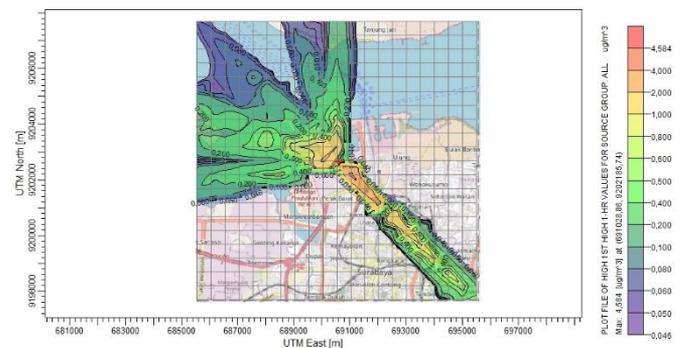
Gambar 7. Pencitraan Persebaran Emisi Udara SO₂ Selama 24 jam



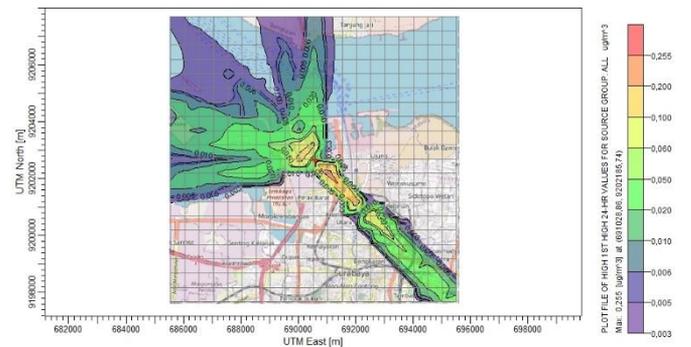
Gambar 8. Pencitraan Persebaran Emisi Udara SO₂ Selama 1 bulan

Setelah didapatkan pemodelan emisi udara SO₂ dengan data eksisting dari cerobong yang menghasilkan emisi dari

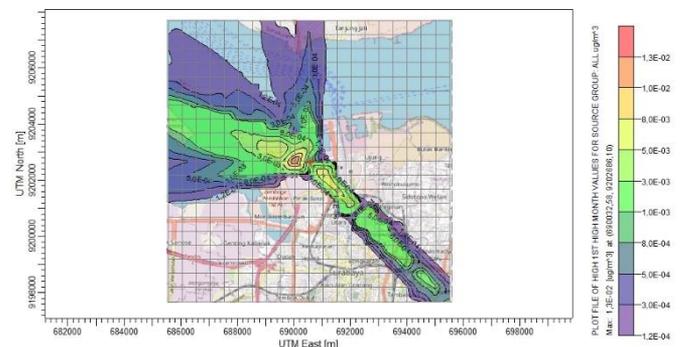
hasil pembakaran bahan baku plat di fasilitas pemeliharaan dan perbaikan kapal akan dibuat pemodelan lanjutan dengan rekomendasi penambahan tinggi cerobong untuk membantu dispersi emisi udara SO₂ menjadi lebih kecil dari kondisi eksisting cerobong asap. Penyebaran polutan udara dapat terjadi lebih optimal karena bertambahnya ketinggian dapat mengurangi turbulensi yang disebabkan oleh bangunan dan benda lain di sekitar cerobong asap. Rekomendasi tinggi cerobong yang disarankan adalah 15 m (penambahan 5 m dari data eksisting). Rekomendasi ini bertujuan untuk memaksimalkan dispersi emisi udara SO₂. Efisiensi dispersi emisi udara SO₂ lebih efektif jika ketinggian cerobong sumber emisi mengalami penambahan.



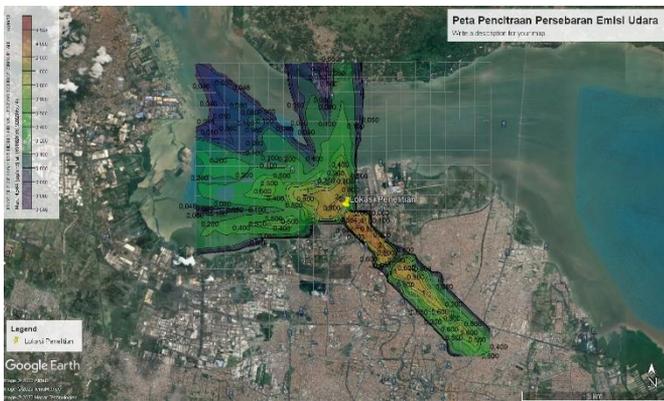
Gambar 9. Persebaran Emisi Udara SO₂ Selama 1 jam (Rekomendasi)



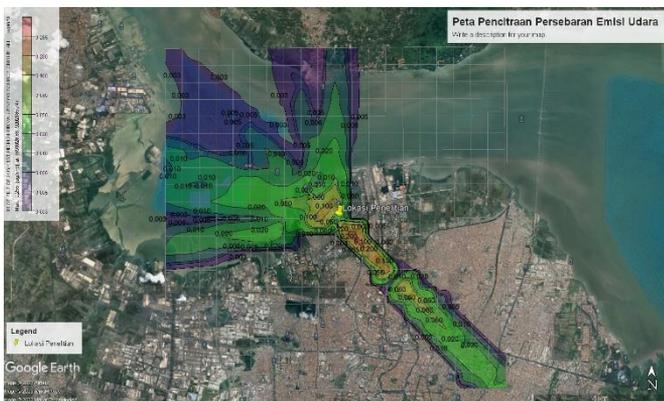
Gambar 10. Persebaran Emisi Udara SO₂ Selama 24 jam (Rekomendasi)



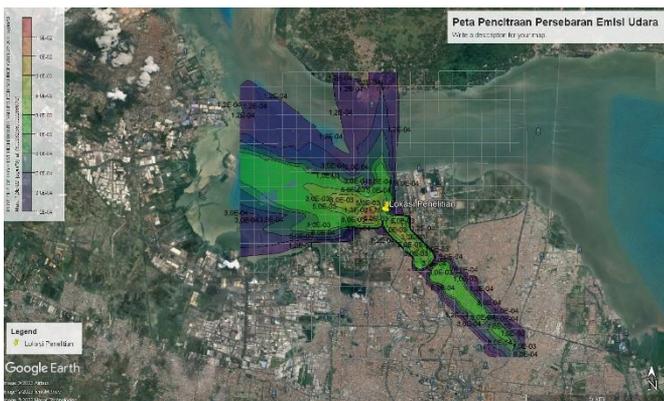
Gambar 11. Persebaran Emisi Udara SO₂ Selama 1 bulan (Rekomendasi)



Gambar 12. Pencitraan Persebaran Emisi Udara SO₂ selama 1 jam (Rekomendasi)



Gambar 13. Pencitraan Persebaran Emisi Udara SO₂ selama 24 jam (Rekomendasi)



Gambar 14. Pencitraan Persebaran Emisi Udara SO₂ selama 1 bulan (Rekomendasi)

Dari data rekomendasi penambahan tinggi cerobong didapatkan hasil pemodelan dengan simulasi 1 jam persebaran, 24 jam persebaran, dan 1 bulan persebaran. Hasil pemodelan juga menunjukkan bahwa emisi udara SO₂ terdispersi ke arah Tenggara, Utara, dan Barat sejauh 10 km sesuai dengan arah angin dominan menurut data meteorologi. Konsentrasi SO₂ maksimum pada pemodelan persebaran emisi udara SO₂ secara berturut-turut mulai dari persebaran selama 1 jam, 24 jam, dan 1 bulan adalah 4,584 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$, 0,255 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$, dan 0,0013 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$. Dengan kondisi cerobong yang sudah dimodifikasi ini hasil emisi udara SO₂ yang dikeluarkan masih dalam batas baku mutu yang diijinkan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021.

Berdasarkan rekomendasi didapatkan hasil pemodelan, bangunan yang berada di sekitar cerobong tidak berdampak

signifikan dalam menghalau persebaran emisi udara SO₂ karena beda tinggi yang signifikan dari tinggi cerobong dan tinggi bangunan di sekitar lokasi penelitian. Namun nilai konsentrasi emisi udara SO₂ yang tersebar turun menjadi 1 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ pada radius 3 km dengan simulasi 1 jam setelah emisi udara dilepaskan di sekitar cerobong asap dikarenakan bangunan di sekitar membantu dispersi emisi udara SO₂ menjadi lebih merata. Untuk simulasi persebaran emisi udara 24 jam pertama konsentrasi emisi udara SO₂ menjadi sebesar 0,06 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ pada jarak 3 km dari cerobong asap. Sedangkan dalam model simulasi 1 bulan setelah emisi udara dilepaskan konsentrasi emisi udara sebesar 0,0003 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ pada jarak 3 km dari cerobong asap.

Selain dengan modifikasi tinggi cerobong asap untuk memaksimalkan dispersi emisi udara SO₂, dapat juga dengan memodifikasi diameter cerobong asap untuk memaksimalkan dispersi emisi udara SO₂ yang lebih optimal. Rekomendasi dengan memodifikasi diameter cerobong didasarkan pada ukuran cerobong yang terlalu kecil akan menimbulkan turbulensi di sekitar jalur pembuangan cerobong. Jika lahan memungkinkan maka rekomendasi yang optimal untuk memaksimalkan dispersi emisi udara SO₂ adalah dengan membuat cerobong asap yang baru sehingga beban yang dihasilkan oleh cerobong akan lebih ringan jika ada lebih dari 1 cerobong. Beban emisi akan terbagi sesuai dengan beban cerobong yang menjadi sumber emisi udara SO₂.

4. KESIMPULAN

Simulasi persebaran emisi SO₂ dari cerobong yang menghasilkan emisi dari hasil pembakaran bahan baku plat di fasilitas pemeliharaan dan perbaikan kapal menggunakan *software* AERMOD yang dikeluarkan EPA. Model AERMOD menggunakan data sumber cerobong asap yang menghasilkan emisi dari hasil pembakaran bahan baku plat di fasilitas pemeliharaan dan perbaikan kapal. Hasil uji kualitas emisi cerobong asap nantinya digabungkan dengan data arah dan kecepatan angin dari data meteorologi yang diolah menggunakan AERMET sebelumnya.

Dari hasil pemodelan arah dan kecepatan angin menunjukkan angin secara tahunan bertiup ke arah timur, barat, utara, dan Selatan. Dengan arah angin dominan menuju ke arah Tenggara. Nilai rentang kecepatan angin berada pada nilai 2,1 m/s – 8,8 m/s. Kecepatan angin paling banyak berada pada rentang 5,7 m/s – 8,8 m/s. Konsentrasi SO₂ maksimum pada pemodelan persebaran emisi udara SO₂ secara berturut-turut mulai dari persebaran selama 1 jam, 24 jam, dan 1 bulan adalah 14,7 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$, 0,817 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$, dan 0,0059 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$.

Dari data rekomendasi penambahan tinggi cerobong didapatkan hasil pemodelan dengan simulasi 1 jam persebaran, 24 jam persebaran, dan 1 bulan persebaran. Hasil pemodelan juga menunjukkan bahwa emisi udara SO₂ terdispersi ke arah Tenggara, Utara, dan Barat sejauh 10 km sesuai dengan arah angin dominan menurut data meteorologi. Konsentrasi SO₂ maksimum pada pemodelan persebaran emisi udara SO₂ secara berturut-turut mulai dari persebaran selama 1 jam, 24 jam, dan 1 bulan adalah 4,584 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$, 0,255 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$, dan 0,0013 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$.

Dari data yang dihasilkan dengan dua data yang berbeda pada tinggi cerobong dapat dilihat bahwa emisi udara SO₂

masih dalam batas baku mutu yang diijinkan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdus, M., Jawwad, S., Hikmah, R., Murti, A., & Novembrianto, R. (2022). Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan Pemodelan Pencemaran Udara untuk Industri Kayu Lapis di Kabupaten Blitar. In *Jurnal Teknik Lingkungan* (Vol. 8, Issue 1).
- Abdus Salam Jawwad, M., Hikmah Ayu Murti, R., Citrasari, N., Studi, P. S., Lingkungan, T., & Timur, J. (2023). Analisis dan Model Dispersi Emisi Udara di TPA Klotok, Kediri Dispersion Analysis and Model of Air Emission in Klotok Landfill, Kediri. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 5(1).
- Fitriana, D., & Siwiendrayanti, A. (2019). Kualitas Udara dan Keluhan Sesak Napas Pemulung di Tempat Pembuangan Akhir Dian. *Higeia Journal of Public Health and Development*, 3(3), 357–368.
- Nealipuri, P., Pradhan, M. N., Das, H. C., Mahapatra, R. N., & Das, B. (2018). Prediction of Air Pollutants Emitting from Chimney of A CHP Using CFD. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 9(4), 105–110.
- Newby, D. E., Mannucci, P. M., Tell, G. S., Baccarelli, A. A., Brook, R. D., Donaldson, K., Forastiere, F., Franchini, M., Franco, O. H., Graham, I., Hoek, G., Hoffmann, B., Hoylaerts, M. F., Künzli, N., Mills, N., Pekkanen, J., Peters, A., Piepoli, M. F., Rajagopalan, S., ... on behalf of ESC Working Group on Thrombosis, E. A. for C. P. and R. and E. S. C. H. F. A. (2015). Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. *European Heart Journal*, 36(2), 83–93.
- Rofiq S. & Prasetyo A. (2017). Pengaruh Emisi Cerobong Boiler Batubara Terhadap Udara Ambien. *Jurnal TechLINK Vol. 1 No.1*. Universitas Satya Negara Indonesia. Jakarta.
- Salva, J., Vanek, M., Gajtanska, M., Tonhauzer, P., & Duricov, A. (2021). An Assessment of the On-Road Mobile Sources Contribution to Particulate Matter Air Pollution by *AERMOD* Dispersion Model.
- Setyono, P., Himawan, W., & Nancy, N. (2020). Estimasi Emisi Partikulat (PM10) akibat Ragam Aktivitas Urban di Kota Surakarta. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(3), 556–564.
- Zabrocki, L., Alari, A., & Benmarhnia, T. (2021). Estimating the Influence of Wind on Air Pollution Using a Causal Inference Pipeline.
- Zhang, S., Zhong, L., Chen, X., Liu, Y., Zhai, X., Xue, Y., ... Xu, K. (2019). Emissions Characteristics of Hazardous Air Pollutants from the Incineration of Sacrificial Offerings. *Atmosphere*, 10, 332.