



Pemodelan Pencemaran Udara untuk Industri Kayu Lapis di Kabupaten Blitar

Muhammad Abdus Salam Jawwad¹, Restu Hikmah Ayu Murti^{2,*}, Rizka
Novembrianto³

^{1,2,3}Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya, Indonesia
*restu.hikmah.tl@upnjatim.ac.id

Abstract

Rapid industrial growth in Blitar Regency may resulting an environmental quality degradation, especially the air quality. An operating industry needs to conduct studies on environmental impacts, including how emissions impact the surrounding environment. A research to model particulate emission was conducted in the plywood industry in Kendalrejo, Talun, Blitar Regency, East Java at an altitude of 273 masl. The industry already has an environmental pollution control unit, with an outlet through a chimney emitting an average emission of 0.14 g/s. The model simulation was carried out using AERMOD View software with data on wind direction and speed, solar radiation, temperature, clouds, and air pressure. The results show that the presence of the wood industry in Talun, Blitar Regency will have an impact on particulate emissions to areas in the east, southeast, west, and south, as the dominant wind direction. Dispersion modeling of particulate pollution with current conditions has resulted in dispersion with concentrations below the allowable limit in PP 22 of 2021. Modeling with several scenarios shows that the dispersion pattern can be maximized by increasing the chimney emission rate to 18 m/s, to minimize turbulence around the chimney and accelerate the reduction of particulate concentrations. Increasing the height of the chimney or increasing the diameter of the chimney will also affect the decrease in concentration in all directions so it becomes a recommendation that should be considered by the industry.

Keywords: aermod, air pollution, plywood industry.

Abstrak

Pertumbuhan industri yang pesat di Kabupaten Blitar apabila tidak dikelola dengan baik, dapat berakibat pada penurunan kualitas lingkungan khususnya udara. Industri yang akan beroperasi perlu melakukan studi mengenai dampak lingkungan, salah satunya bagaimana dampak emisi ke lingkungan sekitar. Penelitian mengenai pemodelan pencemar partikulat dilakukan di sebuah industri kayu lapis di Kendalrejo, Talun, Kabupaten Blitar, Jawa Timur dengan ketinggian 273 mdpl. Industri ini telah memiliki unit pengendali pencemaran lingkungan, dengan outlet melalui sebuah cerobong yang mengeluarkan emisi rata-rata sebesar 0,14 g/s. Simulasi model dilakukan dengan software AERMOD View dengan data arah dan kecepatan angin, radiasi matahari, suhu, awan, dan tekanan udara. Hasil menunjukkan adanya industri kayu di Kendalrejo, Talun, Kabupaten Blitar akan memberi dampak emisi partikulat kepada daerah di timur, tenggara, barat, dan selatan, sebagaimana arah angin dominan. Pemodelan dispersi pencemaran partikulat dengan kondisi saat ini sudah menghasilkan dispersi dengan konsentrasi di bawah batas yang diijinkan dalam PP 22 Tahun 2021. Pemodelan dengan beberapa skenario menunjukkan bahwa pola dispersi dapat dimaksimalkan dengan penambahan laju emisi cerobong menjadi 18 m/s, untuk meminimalkan turbulensi di sekitar cerobong dan mempercepat penurunan konsentrasi partikulat. Penambahan ketinggian cerobong ataupun penambahan diameter cerobong juga akan sangat berdampak kepada penurunan konsentrasi di semua arah, sehingga menjadi rekomendasi yang patut dipertimbangkan oleh industri.

Kata Kunci: aermod, pencemaran udara, industri kayu lapis.

1. PENDAHULUAN

Polusi dalam udara bebas mengandung berbagai macam komponen yang kompleks. Polusi udara adalah masalah penting dan membutuhkan perhatian yang cukup besar.

Polusi udara dapat menimbulkan risiko baik bagi kesehatan maupun kesejahteraan masyarakat (Jittra dkk., 2015). Dalam perspektif kesehatan, polusi udara ini terdiri dari pencemar partikulat dan pencemar gas

seperti ozon, karbon monoksida, nitrogen dioksida, sulfur dioksida, dan gas volatil. Pencemar partikulat memiliki ukuran bervariasi, yang apabila ukurannya semakin kecil dapat semakin berbahaya bagi pernafasan dalam jangka panjang. Hal ini disebabkan karena partikel berukuran di bawah $10\ \mu\text{m}$ lebih susah difilter oleh sistem pernafasan (Setyono dkk., 2020; Zou dkk., 2010). Polusi udara dibedakan menjadi dua yaitu, polusi udara primer dan sekunder. Polusi udara primer terbentuk dari kegiatan pembakaran bahan bakar seperti pada pembangkit energi dan kendaraan bermotor, kegiatan industri, dan aktivitas sehari-hari manusia. Kegiatan ini umumnya menghasilkan karbon dioksida, karbon monoksida, sulfur dioksida, nitrogen dioksida, dan partikulat. Polusi udara sekunder dihasilkan dari reaksi komponen-komponen pencemar yang ada di atmosfer, contohnya ozon yang terbentuk dari reaksi fotokimia dari nitrogen dioksida dengan gas-gas volatil organik (Newby dkk., 2015).

Pencemar partikulat terdiri dari partikel-partikel dengan ukuran dan komposisi yang bervariasi. Pada umumnya partikulat dibagi menjadi tiga kelompok ukuran antara lain partikel kuarsa (diameter $< 10\ \mu\text{m}$ dan $> 2.5\ \mu\text{m}$), partikel halus (diameter $< 2.5\ \mu\text{m}$ dan $> 1.0\ \mu\text{m}$), dan partikel ultra halus (diameter $< 1.0\ \mu\text{m}$). Dalam peraturan mengenai kualitas udara baik internasional maupun nasional, pencemar partikulat dikelompokkan menjadi PM₁₀ (diameter $< 10\ \mu\text{m}$ dan $> 2.5\ \mu\text{m}$) dan PM_{2.5} (diameter $< 2.5\ \mu\text{m}$) saja. Partikel ultra halus biasanya dihiraukan, karena keterbatasan pengukuran dan karena massanya yang tidak signifikan. Di Indonesia dalam Peraturan Pemerintah (PP) No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Lampiran VII mengenai Baku Mutu Udara Ambien, diatur bahwa batas PM₁₀ dan PM_{2.5} berturut-turut adalah $40\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $15\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, di udara ambien dalam pengukuran tahunan. Angka ini harus dicapai dengan cara mengelola kegiatan-kegiatan masyarakat, khususnya kegiatan industri (Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, 2021; Newby dkk., 2015).

Blitar merupakan sebuah kota dan kabupaten di Jawa Timur yang memiliki iklim dengan kategori C-3. Berdasarkan data pada tahun 2021 Kabupaten Blitar memiliki 20.432

industri, dengan sekitar 14.000 di antaranya merupakan industri hasil pertanian, termasuk 1.198 industri pengolahan kayu. Manajemen pengelolaan yang baik perlu diterapkan agar industri-industri ini tidak memberi dampak negatif terhadap kualitas lingkungan, baik secara administratif maupun teknologi (Blitar, 2021; Sofiyana, Marinda Sari and Sholihah, 2021).

Instalasi pengendalian pencemaran udara wajib dimiliki oleh industri yang menghasilkan emisi udara sebagaimana diamanatkan dalam PP 22 Tahun 2021. Cerobong sebagai unit terakhir dalam pengendalian pencemaran udara memiliki peran penting dalam membentuk dispersi udara yang dilepaskan oleh industri ke lingkungan sekitar. Ketinggian, diameter, kecepatan aliran, dan aspek teknis lainnya perlu diatur agar pencemar gas atau partikulat dapat terdispersi dengan baik sehingga tidak melebihi konsentrasi yang diijinkan. Dalam panduan umum pengaturan cerobong untuk meminimalkan pencemaran udara (Brink & Crocker, 1964), beberapa aspek teknis yang harus diperhatikan antara lain kecepatan udara minimal 18 m/s, dan ketinggian cerobong setidaknya 2,5 kali tinggi bangunan di sekitar. Untuk memastikan cerobong dapat bekerja dengan optimal, diperlukan sebuah model yang dapat mensimulasikan pola dispersi pencemaran udara dengan berbagai skenario teknis.

Pada penelitian ini AERMOD software digunakan untuk memprediksi sebaran polutan serta faktor yang mempengaruhinya. Pemodelan dispersi udara secara signifikan dapat mendukung pemantauan kualitas udara, dan sebaliknya. Pemantauan kualitas udara menyediakan data hanya untuk titik di mana sensor pengukuran dipasang, sedangkan model dispersi memberikan cakupan spasial yang lebih baik (Salva dkk., 2021). Model dispersi diharapkan dapat memprediksi dengan akurat, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengelolaan selanjutnya (Langner dkk., 2011). AERMOD dikembangkan dari *Industrial Sources Complex Short Term Model* (ISCST3) dengan menggabungkan algoritma dan konsep yang lebih kompleks, yaitu teori *Planet Boundary Layer* (PBL) dan metode lanjutan untuk medan yang kompleks (Seangkiatituyuth dkk., 2011). Seperti halnya ISCST3, AERMOD dianggap sebagai model yang akurat untuk pemodelan dispersi pada jarak tidak melebihi 50 km dari sumber

emisi (US EPA, 2005). Karena pengembangannya yang ekstensif, AERMOD saat ini paling direkomendasikan penggunaannya sebagai model dispersi di US EPA dan juga cocok untuk sumber emisi linier (Feitosa & Macêdo, 2020).



Gambar 1. Lokasi Cerobong dan Bangunan yang Ada di Pabrik (Sumber: Citra Google Earth, 2022)

2. METODE PENELITIAN

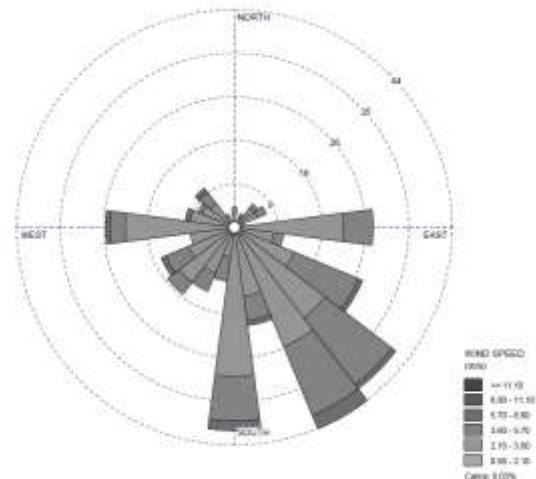
Penelitian ini dilakukan di sebuah industri kayu lapis di Kendalrejo, Talun, Kabupaten Blitar, Jawa Timur dengan ketinggian 273 mdpl. Industri ini telah memiliki unit pengendali pencemaran lingkungan, dengan outlet melalui sebuah cerobong yang mengeluarkan emisi rata-rata sebesar 0,14 g/s pada koordinat 638451.91 dan 9106626.02. Untuk simulasi, digunakan variasi kecepatan aliran cerobong 11 m/s (eksisting), dan 18 m/s sesuai referensi untuk mencegah turbulensi di sekitar pabrik. Selain itu digunakan skenario ketinggian cerobong dengan tinggi 20 m (eksisting), 25 m, dan 30 m, serta variasi diameter cerobong 0,5 m (eksisting), 0,75 m, dan 1 m untuk melihat pola dispersi dengan ukuran cerobong yang berbeda. Data ketinggian bangunan yang ada di sekitar pabrik ditunjukkan pada gambar berikut ini, dengan A merupakan bangunan dengan ketinggian 8 meter, B dan C merupakan bangunan dengan ketinggian 7 meter, dan S merupakan titik cerobong.

Data meteorologi Kabupaten Blitar diperlukan sebagai data awal kondisi iklim dan cuaca didapatkan dari Pusat Database Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. Data yang digunakan adalah data di wilayah Kabupaten Blitar selama satu tahun terakhir dalam rentang Mei 2021 hingga April 2022 (BMKG, 2022). Simulasi model dilakukan dengan software AERMOD View dengan data

arah dan kecepatan angin, radiasi matahari, suhu, awan, dan tekanan udara.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan data awal menggunakan data dari Pusat Database Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika menunjukkan kecenderungan angin dalam secara tahunan bertiup ke arah timur, tenggara, selatan, dan barat (Gambar 2). Kecepatan angin paling banyak berada pada rentang 2,1 hingga 3,6 m/s, dan angin dapat bertiup hingga kecepatan 5,7 sampai 8,8 m/s.



Gambar 2. Model Kecepatan dan Arah Angin di Kabupaten Blitar (Sumber: Hasil pemodelan, 2022)

Perubahan pola angin secara substansial dapat mengubah tingkat polusi udara suatu kota (Zabrocki dkk., 2021). Berdasarkan model kecepatan dan arah angin yang sudah dibuat, selanjutnya disimulasikan dispersi pencemaran partikulat yang diemisikan dari cerobong pada koordinat 638451.91 dan 9106626.02. Model dibuat berdasarkan kondisi cerobong eksisting dengan spesifikasi sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi cerobong eksisting

Parameter	Nilai
Tinggi cerobong	20 m
Diameter cerobong	0.5 m
Kecepatan udara outlet	11 m/s
Beban emisi	0.14 g/s

(Sumber: Pengukuran langsung, 2022)

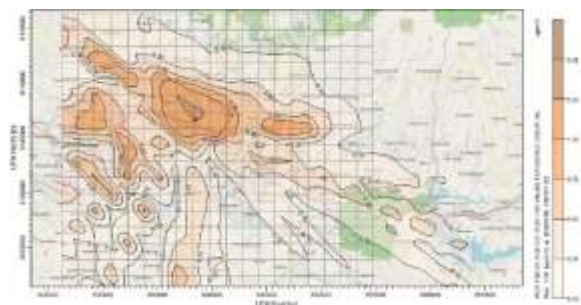
Hasil pemodelan (Gambar 3) menunjukkan bahwa emisi udara terdispersi hingga 20 km ke arah tenggara, 18 km ke arah selatan, dan 15 km ke arah barat sesuai dengan arah angin dominan. Konsentrasi partikulat maksimum adalah 4,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada arah utara hingga jarak 1,2 km. Dengan kondisi eksisting, angka ini masih dalam batas yang diijinkan

berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 (Peraturan Pemerintah, 2021).

Berdasarkan simulasi, bangunan di sekitar cerobong tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap arah dispersi persebaran udara (Gambar 4). Namun, konsentrasi partikulat maksimum yang tersebar turun menjadi $3,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ partikulat di radius 4 km sekitar cerobong. Hal ini menunjukkan bahwa bangunan di sekitar cerobong membantu dispersi menjadi lebih merata. Hasil yang didapat sesuai dengan penelitian Nelaipuri dkk yang menyatakan polutan yang dipancarkan dari cerobong asap mengalami dispersi di atmosfer dengan kondisi meteorologi seperti arah dan kecepatan angin, yang mendukung terjadinya dispersi (Nealipuri dkk., 2018).



Gambar 3 Model Dispersi Pencemaran Partikulat ($v = 11 \text{ m/s}$; $h = 20 \text{ m}$) (Sumber: Hasil pemodelan, 2022)



Gambar 4. Model Dispersi Pencemaran Partikulat ($v = 11 \text{ m/s}$; $h = 20 \text{ m}$; dengan bangunan) (Sumber: Hasil pemodelan, 2022)

Model selanjutnya dibuat dengan simulasi kecepatan outlet cerobong pada 18 m/s sesuai kecepatan minimum yang dianjurkan dalam panduan umum pengaturan cerobong (Brink & Crocker, 1964). Model menunjukkan dispersi yang relatif lebih merata ke segala arah (Gambar 5), dengan konsentrasi di bawah $3,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dengan meningkatkan laju emisi udara yang keluar dari cerobong, radius dispersi partikulat menjadi lebih sempit yaitu 4 km dengan konsentrasi $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dispersi dengan konsentrasi $0,7 - 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ masih dapat ditemui hingga 11 km ke arah

barat, namun dengan frekuensi yang lebih minim.



Gambar 5. Model Dispersi Pencemaran Partikulat ($v = 18 \text{ m/s}$; $h = 20 \text{ m}$; dengan bangunan) (Sumber: Hasil pemodelan, 2022)

Variasi ketinggian cerobong 25 m dan 30 m disimulasikan untuk melihat pengaruh penambahan ketinggian cerobong terhadap dispersi pencemaran partikulat. Ketinggian cerobong 25 m (Gambar 6) membuat dispersi pencemaran partikulat turun di bawah $2,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dalam radius 6 km, konsentrasi partikulat turun di bawah $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan di radius 17 km konsentrasi partikulat sudah di bawah $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan ketinggian cerobong setinggi 5 meter mampu membantu dispersi hingga tersisa 61% konsentrasi dibanding pada saat ketinggian cerobong 20 m . Dispersi pencemar udara dapat terjadi lebih maksimal, karena dengan bertambahnya ketinggian dapat mengurangi turbulensi yang diakibatkan oleh bangunan-bangunan dan objek lain di sekitar cerobong (Brink & Crocker, 1964).



Gambar 6. Model Dispersi Pencemaran Partikulat ($v = 18 \text{ m/s}$; $h = 25 \text{ m}$; dengan bangunan) (Sumber: Hasil pemodelan, 2022)

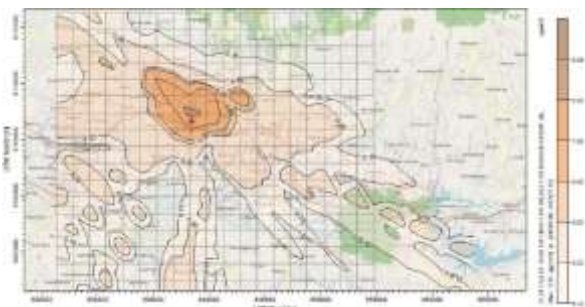
Simulasi dilanjutkan dengan ketinggian cerobong 30 meter, dengan hasil penurunan konsentrasi menjadi $1,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di sekitar cerobong, dan pada jarak hingga 5 km di utara cerobong hanya tersisa $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gambar 7). Efisiensi dispersi bertambah tinggi seiring dengan penambahan ketinggian cerobong, dikarenakan pada ketinggian 30 meter

semakin sedikit objek dengan ketinggian yang menambah turbulensi dalam jarak dekat.



Gambar 7. Model Dispersi Pencemaran Partikulat ($v = 18$ m/s; $h = 30$ m; dengan bangunan)
(Sumber: Hasil pemodelan, 2022)

Sebagai alternatif selain penambahan ketinggian untuk meningkatkan dispersi emisi yang dibuang dari cerobong industri kayu, disimulasikan juga penambahan ukuran diameter cerobong untuk melihat model dispersi yang dihasilkan. Simulasi dengan ukuran cerobong didasarkan pada ukuran cerobong yang terlalu kecil akan menimbulkan turbulensi di sekitar outlet cerobong (Brink & Crocker, 1964). Penambahan ukuran diameter cerobong dari eksisting 0,5 m menjadi 0,75 m menghasilkan pola dispersi yang ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil pemodelan menunjukkan pola dispersi yang mirip dengan skenario penambahan ketinggian cerobong menjadi 25 m. Pada jarak 5 km, konsentrasi partikulat berada di angka $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan pada jarak 6 km sudah di bawah $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Gambar 8. Model Dispersi Pencemaran Partikulat ($v = 18$ m/s; $h = 20$ m; dengan bangunan; $d = 0,75$ m)
(Sumber: Hasil pemodelan, 2022)

Simulasi diameter cerobong menjadi 1 m (Gambar 9) menghasilkan persebaran konsentrasi partikulat berada di angka $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dalam radius 5 km, dengan $2,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di sekitar cerobong. Pada jarak 6 km, konsentrasi sudah di bawah $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil ini sesuai dengan referensi bahwa semakin besar diameter cerobong, dispersi dapat terjadi lebih cepat (Brink & Crocker, 1964).



Gambar 9. Model Dispersi Pencemaran Partikulat ($v = 18$ m/s; $h = 20$ m; dengan bangunan; $d = 1$ m)
(Sumber: Hasil pemodelan, 2022)

4. KESIMPULAN

Adanya industri kayu di Kendalrejo, Talun, Kabupaten Blitar akan memberi dampak emisi partikulat kepada daerah di timur, tenggara, barat, dan selatan, sebagaimana arah angin dominan. Pemodelan dispersi pencemaran partikulat dengan software AERMOD View dengan beban emisi $0,14 \text{ g/s}$, laju emisi 11 m/s , ketinggian cerobong 20 m , dan diameter cerobong $0,5 \text{ m}$ sesuai kondisi saat ini sudah menghasilkan dispersi dengan konsentrasi di bawah batas yang diijinkan dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021. Pemodelan dengan beberapa skenario menunjukkan bahwa pola dispersi dapat dimaksimalkan dengan penambahan laju emisi cerobong menjadi 18 m/s , untuk meminimalkan turbulensi di sekitar cerobong dan mempercepat penurunan konsentrasi partikulat. Penambahan ketinggian cerobong ataupun penambahan diameter cerobong juga akan sangat berdampak kepada penurunan konsentrasi di semua arah, sehingga menjadi rekomendasi yang patut dipertimbangkan oleh industri.

5. DAFTAR PUSTAKA

Artikel Jurnal

- Brink, J. A., & Crocker, B. B. (1964). Practical applications of stacks to minimize pollution problems. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 14(11), 449–454. <https://doi.org/10.1080/00022470.1964.10468312>
- Feitosa, M., & Macêdo, M. (2020). *Vehicle atmospheric pollution evaluation using AERMOD model at avenue in a Brazilian capital city*.
- Jittra, N., Pinthong, N., & Thepanondh, S. (2015). Performance evaluation of AERMOD and CALPUFF air dispersion models in industrial

- complex area. *Air, Soil and Water Research*, 8(2), 87–95. <https://doi.org/10.4137/ASWR.S32781>
- Langner, C., Klemm, O., Langner, C., & Klemm, O. (2011). *A Comparison of Model Performance between AERMOD and AUSTAL2000 A Comparison of Model Performance between AERMOD and.* 2247. <https://doi.org/10.3155/1047-3289.61.6.640>
- 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. *Internatioal 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. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu458>
- 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.*
- Seangkiatiyuth, K., Surapipith, V., Tantrakarnapa, K., & Lothongkum, A. W. (2011). Application of the AERMOD modeling system for environmental impact assessment of NO₂ emissions from a cement complex. *Journal of Environmental Sciences*, 23(6), 931–940. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60499-8](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60499-8)
- 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. <https://doi.org/10.14710/jil.18.3.556-564>
- Sofiyana, Marinda Sari and Sholihah, M. (2021). Eksplorasi Liken di Sepanjang Jalan Diponegoro Kota Blitar Jawa Timur. *SEMINAR NASIONAL SAINS DAN ENTERPRAINERSHIP VI TAHUN 2019.*
- US EPA. (2005). Revision to the guideline on air quality models: Adoption of a preferred general purpose (flat and complex terrain) dispersion model and other revisions. *Federal Register*, 70(216), 68218–68261.
- Zabrocki, L., Alari, A., & Benmarhnia, T. (2021). *Estimating the Influence of Wind on Air Pollution Using a Causal Inference Pipeline.*
- Zou, B., Zhan, F. B., Wilson, J. G., & Zeng, Y. (2010). Simulation Modelling Practice and Theory Performance of AERMOD at different time scales. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 18(5), 612–623. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2010.01.005>

Sumber Elektronik

- Blitar, B. K. (2021). *Kabupaten Blitar Dalam Angka.*
- BMKG. (2022). *Analisis Iklim dan Cuaca.*
- Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, (2021).