

Analisis dan Model Dispersi Emisi Udara di TPA Klotok, Kediri

Dispersion Analysis and Model of Air Emission in Klotok Landfill, Kediri

Muhammad Abdus Salam Jawwad¹, Restu Hikmah Ayu Murti^{2*}, Nita Citrasari³

^{1,2} Program Studi S1 Teknik Lingkungan, UPN “Veteran” Jawa Timur

³ Program Studi S1 Teknik Lingkungan, Universitas Airlangga

Email: ¹muhammad.abdus.tl@upnjatim.ac.id, ²restu.hikmah.tl@upnjatim.ac.id, ³nita-c@fst.unair.ac.id

*Penulis korespondensi: restu.hikmah.tl@upnjatim.ac.id

Direview: 1 Maret 2023

Diterima: 31 Maret 2023

ABSTRAK

TPA Klotok merupakan sebuah tempat pemrosesan akhir sampah (TPA) di Kota Kediri yang beroperasi sejak tahun 1992 untuk mengelola persampahan di Kota Kediri dan sekitarnya. Kegiatan pengelolaan sampah di TPA Klotok menghasilkan emisi, baik yang berasal dari timbunan sampah sendiri maupun aktivitas alat berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas udara di TPA Klotok melalui pengukuran secara langsung, untuk mendapat hasil dengan pendekatan yang lebih akurat. Hasil pengukuran selanjutnya akan dimodelkan dengan software AERMOD untuk mengetahui persebaran pencemar tersebut ke wilayah di sekitar TPA. Dalam penelitian ini, pengukuran kualitas udara dilakukan di tiga titik di TPA Klotok untuk mengetahui tingkat pencemaran yang terjadi. Kualitas udara diukur secara langsung menggunakan *High Volume Air Sampler (HVAS)*, *Impinger*, dan *Sound Level Meter*. Parameter pencemar udara yang diukur antara lain Nitrogen Dioksida (NO₂), *Total Suspended Particulate (TSP)*, Sulfur Dioksida (SO₂), Oksidan (O₃), Karbon Monoksida (CO), Timbal (Pb), Hidrokarbon non Metana (NMHC), *Particulate Matter 2,5 (PM_{2,5})*, PM₁₀, Amonia (NH₃), dan kebisingan. Hasil pengukuran menunjukkan parameter CO melebihi baku mutu udara ambien PP Nomor 22 Tahun 2021 di Jembatan Timbang dan TPA 3 dengan nilai 13.750 dan 18.750 µg/Nm³ berturut-turut, sedangkan parameter lain masih memenuhi baku mutu. Pemodelan dengan software AERMOD menunjukkan dispersi CO di TPA berlangsung dengan cepat sehingga sejak 100 meter pertama konsentrasi CO sudah terdispersi menjadi di bawah 10 µg/Nm³. Konsentrasi CO pada jarak di atas 1 km dari TPA Klotok secara umum sudah berada di bawah 1 µg/Nm³.

Kata kunci: kualitas udara, aermod, TPA Klotok, pencemaran udara

ABSTRACT

Klotok landfill is a final waste processing site in the City of Kediri that has been operating since 1992 to manage waste in the Kediri City and its surroundings. Waste management activities at the Klotok TPA generate emissions from the waste pile and heavy equipment activities. This study aims to determine the air quality at the Klotok Landfill through direct measurements to obtain results with a more accurate approach. The measurement results will then be modeled with AERMOD software to determine the distribution of these pollutants to the area around the TPA. In this study, air quality measurements were carried out at three points in the Klotok TPA to determine the level of pollution that occurred. Air quality is measured directly using a High Volume Air Sampler (HVAS), Impinger, and Sound Level Meter. Air pollutant parameters measured included Nitrogen Dioxide (NO₂), Total Suspended Particulate (TSP), Sulfur Dioxide (SO₂), Oxidants (O₃), Carbon Monoxide (CO), Lead (Pb), Non-Methane Hydrocarbons (NMHC), Particulate Matter 2.5 (PM_{2.5}), PM₁₀, Ammonia (NH₃), and noise. The measurement results show that the CO parameter exceeds the ambient air quality standards of PP No. 22 Year 2021 at the weighbridge and the landfill 3 with values of 13,750 and 18,750 µg/Nm³ respectively, while other parameters still meet the quality standard. The model with AERMOD software shows the dispersion of CO nearby the landfill area occurs quickly so that since the first 100 meters the CO concentration has been dispersed to below 10 µg/Nm³. CO concentrations at a distance of more than 1 km from the Klotok TPA are generally below 1 µg/Nm³.

Keywords: air quality, aermod, klotok landfill, air pollution

1. PENDAHULUAN

Udara merupakan zat yang paling penting setelah air dalam memberikan kehidupan dipermukaan bumi ini. Selain memberikan oksigen untuk keperluan bernafas, udara juga dapat menjadi media penyebaran penyakit pada manusia. Pada suatu keadaan ketika pencemaran yang terjadi melebihi kemampuan alam untuk membersihkan dirinya sendiri, pencemaran itu akan membahayakan kesehatan manusia dan memberikan dampak yang luas terhadap ekosistem yang ada di lingkungan. Gas dan bau yang dipancarkan dari TPA memiliki dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan (Sonibare, Adeniran, & Bello, 2019).

Pada umumnya pemrosesan akhir sampah yang dilaksanakan di tempat pembuangan akhir sampah (TPA) sebagian besar dilaksanakan dengan open dumping, yang dapat mengakibatkan permasalahan lingkungan, seperti pencemaran udara akibat gas, bau, dan debu. Ketiadaan tanah penutup akan menyebabkan polusi udara tidak teredam. Penimbunan merupakan salah satu kegiatan pengelolaan sampah yang merupakan sumber utama emisi menyebar. Pekerjaan di TPA terutama lalu lintas truk dan pengoperasian alat pemadat, pembongkaran sampah dan pemadatannya (pembuangan dan penyebaran sampah oleh alat pemadat), penutupan lapisan sampah, erosi angin, pembakaran gas TPA, merupakan sumber emisi mikropartikel dan mungkin dari partikel ultrahalus (Hroncová, Ladomerský, & Ladomerská, 2020). Produksi gas yang timbul dari degradasi materi sampah akan menyebabkan bau yang tidak sedap dan juga ditambah dengan debu yang beterbangan. Gas polutan yang berasal dari TPA akan menghasilkan antara lain gas sulfur dioksida (SO_2), gas amonia (NH_3), dan gas hidrogen sulfida (H_2S) yang bersifat racun bagi tubuh (Siregar, 2011).

TPA Klotok merupakan sebuah tempat pemrosesan akhir sampah (TPA) di Kota Kediri yang beroperasi sejak tahun 1992 untuk mengelola persampahan di Kota Kediri dan sekitarnya. Kegiatan pengelolaan sampah di TPA Klotok didominasi menggunakan alat berat. Penggunaan kendaraan angkut maupun alat berat di TPA ini secara langsung dapat berpotensi menyebabkan pencemaran udara, karena kendaraan maupun alat berat menggunakan bahan bakar yang menghasilkan emisi. Emisi yang dihasilkan yaitu gas CO_2 sebagai emisi terbesar, kemudian gas NO_x , CO , SO_x , dan partikel (Chattopadhyay, Dutta, & Ray, 2010). Emisi gas rumah kaca secara keseluruhan yang dihasilkan di TPA Klotok setiap tahunnya mencapai $56,89 \times 10^3$ ton, dengan 10% di antaranya merupakan hasil kegiatan transportasi dan alat berat. Emisi gas rumah kaca dari sampah TPA sendiri mencapai $51,2 \times 10^3$ ton/tahun, dengan produksi gas metana harian mencapai 3,2 ton ekuivalen (Ayu Murti, Salam Jawwad, Nisa, & Ni'am, 2022; Sitogasa, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas udara di TPA Klotok melalui pengukuran secara langsung di beberapa titik untuk mendapat hasil dengan pendekatan yang lebih akurat, selain menggunakan proyeksi berdasarkan timbulan sampah sebagaimana dilakukan dalam penelitian-penelitian sebelumnya. Pemodelan sebaran emisi udara juga dilakukan untuk mengetahui sumber cemaran udara serta menggambarkan konsentrasi polutan dalam bentuk zonasi (Aji, 2006). Dalam penelitian ini, dilakukan pengukuran kualitas udara di tiga titik yang tersebar di TPA Klotok untuk mengetahui tingkat emisi udara yang dihasilkan secara kumulatif dari kegiatan-kegiatan yang ada di TPA Klotok. Hasil pengukuran dari selanjutnya akan dianalisa kesesuaiannya dengan baku mutu kualitas udara ambien dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 50 Tahun 1996, dan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-48/MENLH/11/1996. Parameter dengan konsentrasi tertinggi akan dijadikan subjek pemodelan dengan *software AERMOD* untuk mengetahui arah dan konsentrasi dispersi emisi udara yang dihasilkan TPA Klotok ke wilayah-wilayah lain di sekitar TPA.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di TPA Klotok, Kediri, Jawa Timur pada bulan Juni 2022. Data sumber pencemar udara didapatkan dari data pengelola TPA Klotok serta penelitian-penelitian terdahulu. Kualitas udara diukur secara langsung menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS) untuk mengukur kadar partikulat, *Impinger* untuk mengukur kadar gas, dan *Sound Level Meter* untuk mengukur kebisingan pada tiga titik di TPA yaitu pada TPA 3 (TPA aktif), jembatan timbang, dan IPAL TPA (Gambar 1). Parameter pencemar udara yang diukur antara lain Nitrogen Dioksida (NO_2), *Total Suspended Particulate* (TSP), Sulfur Dioksida (SO_2), Oksidan (O_3), Karbon Monoksida (CO), Timbal (Pb), Hidrokarbon non Metana (NMHC), *Particulate Matter 2,5* ($\text{PM}_{2,5}$), PM_{10} , Amonia (NH_3), dan kebisingan. Nilai hasil pengukuran selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu kualitas udara ambien dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun

2021, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 50 Tahun 1996, dan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-48/MENLH/11/1996.

Hasil yang didapat dari pengukuran kualitas udara dari ketiga titik selanjutnya dipilih salah satu parameter dengan konsentrasi tertinggi untuk dimodelkan dispersinya menggunakan *software AERMOD* yang menggunakan prinsip model dispersi Gaussian yang dijabarkan dalam persamaan (1):

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

dengan C adalah konsentrasi polutan di permukaan (g/cm^3), Q adalah laju emisi (g/s), s_y dan s_z adalah jarak keputan arah lateral dan vertikal (m), u adalah kecepatan angin rata-rata (m/s), x adalah arah penyebaran emisi (m), y adalah jarak horizontal dari titik tengah cerobong (m), z adalah tinggi reseptor dari dasar cerobong (m), dan H adalah tinggi efektif cerobong (m).



Gambar-1. Titik Jembatan Timbang, IPAL TPA, dan TPA3 pada peta TPA Klotok, Kediri

Model *AERMOD* menggunakan data sumber pencemar area yang dalam penelitian ini direpresentasikan oleh tiga titik sampling kualitas udara. Hasil pengukuran kualitas udara digabungkan dengan data arah dan kecepatan angin, intensitas cahaya matahari, fluktuasi suhu, dan data meteorologi lainnya selama satu tahun yang didapatkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. Data kontur di sekitar TPA Klotok Kediri didapatkan dari *United States Geological Survey (USGS)* agar dapat didapatkan pengaruh kontur medan terhadap model dispersi kualitas udara.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi sumber polusi udara

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Klotok terdiri dari tiga *site* TPA dengan TPA 1 dan TPA 2 merupakan TPA pasif atau nonaktif serta TPA 3 merupakan TPA yang aktif beroperasi. Berdasarkan pengukuran di lapangan, *site* TPA 1 memiliki luas sekitar 0,75 hektar, TPA 2 memiliki luas 0,7 hektar, dan TPA 3 memiliki luas 0,9 hektar. Sumber polusi di TPA antara lain sumber emisi bergerak, yang terdiri dari kendaraan pengangkut dan alat berat yang beroperasi di sekitar TPA. Sumber lain yaitu sumber emisi tidak bergerak yang berasal dari tumpukan sampah di seluruh area TPA Klotok (Gambar 2).



(a)

(b)

Gambar-2. Sumber pencemar (a) bergerak dan (b) tidak bergerak

3.2. Hasil Pengukuran Kualitas Udara

Pengukuran kualitas udara dilakukan di tiga titik dengan rentang jarak pengukuran 100 meter, antara lain TPA 3, jembatan timbang, dan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) TPA yang berada di sebelah timur TPA 2. Hasil pengukuran kualitas udara di jembatan timbang ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel -1. Hasil pengukuran kualitas udara di Jembatan Timbang TPA Klotok

Parameter	Hasil	Baku mutu	Satuan
NO ₂	<29,6	200	µg/Nm ³
TSP	216,2	230	µg/Nm ³
SO ₂	<35,9	150	µg/Nm ³
O ₃	<19,9	150	µg/Nm ³
CO	13.750	10.000	µg/Nm ³
Pb	<0,013	2	µg/Nm ³
NMHC	<8	160	µg/Nm ³
PM 2,5	15,2	55	µg/Nm ³
PM 10	20	75	µg/Nm ³
Amonia	<0,02	2	Ppm
Kebisingan	51,9	70	dB(A)
Kecepatan angin	1,1 – 1,6	-	m/s

Titik jembatan timbang yang berada di sisi utara kawasan TPA merupakan area keluar masuk kendaraan yang akan membuang sampah ke TPA, dengan melakukan pencatatan berat sampah yang masuk terlebih dahulu. Kecepatan angin terukur di titik ini rata-rata adalah 1,35 m/s. Kualitas udara di jembatan timbang TPA Klotok berdasarkan hasil pengukuran menunjukkan angka di bawah baku mutu kecuali nilai konsentrasi karbon monoksida (CO) dengan nilai 13.750 µg/Nm³ (Tabel 1). Pada umumnya, kadar CO di TPA berkisar pada rasio 0,2% dari keseluruhan volume gas yang dihasilkan oleh timbulan sampah (Tchobanoglous, Theisen, Vigil, & George, 1993). Nilai CO yang tinggi di titik ini berdasarkan pengamatan bersumber dari lalu lintas kendaraan pengangkut sampah yang keluar masuk TPA. Selain itu nilai *Total Suspended Particles* (TSP) berada pada angka 216,2 µg/Nm³, hanya sedikit di bawah baku mutu yaitu 230 µg/Nm³. Di lokasi ini nilai konsentrasi amonia, SO₂, dan NMHC yang secara umum berpengaruh terhadap bau (Zhang et al., 2019) masih relatif rendah jika dibandingkan dengan baku mutu. Kadar Pb, O₃, NO₂, dan kebisingan yang ditimbulkan masih berada dalam batas yang diijinkan oleh regulasi.

Tabel -2. Hasil pengukuran kualitas udara di TPA *site* 3 TPA Klotok

Parameter	Hasil	Baku mutu	Satuan
NO ₂	29,6	200	µg/Nm ³
TSP	207,5	230	µg/Nm ³
SO ₂	<35,9	150	µg/Nm ³
O ₃	<19,9	150	µg/Nm ³
CO	18.750	10.000	µg/Nm ³
Pb	0,05	2	µg/Nm ³
NMHC	<8	160	µg/Nm ³
PM 2,5	19,5	55	µg/Nm ³
PM 10	16,9	75	µg/Nm ³
Amonia	<0,02	2	Ppm
Kebisingan	49,5	70	dB(A)
Kecepatan angin	0,9 – 2,6	-	m/s

Titik TPA 3 berada pada selatan kawasan TPA Klotok, merupakan area *site* TPA yang masih aktif menerima sampah setiap harinya. Di area ini terdapat ekskavator dan bulldoser yang beroperasi untuk meratakan permukaan TPA. Berdasarkan hasil pengukuran di TPA 3 (Tabel 2), ditemukan kondisi yang mirip dengan hasil pada jembatan timbang. Semua parameter memiliki nilai di bawah baku mutu kecuali CO. Nilai CO di titik ini hampir dua kali lipat konsentrasi yang diijinkan yaitu 18.750 µg/Nm³. Nilai CO yang tinggi di titik ini dikarenakan tingginya intensitas alat berat dan kendaraan yang beraktivitas di TPA 3. Nilai TSP di titik ini sedikit lebih rendah yaitu 207,5 µg/Nm³, sedangkan nilai amonia, SO₂, dan NMHC relatif sama dengan

di jembatan timbang. Nilai kebisingan di TPA 3 masih tergolong aman apabila mengacu kepada baku mutu. Parameter lain seperti NO₂, O₃, dan Pb masih berada pada batas yang diijinkan oleh regulasi. Kecepatan angin di TPA 3 lebih variatif dibandingkan dengan di jembatan timbang, dengan rata-rata kecepatan angin 1,75 m/s. Kontur area yang lebih tinggi juga berpengaruh terhadap perbedaan hasil yang didapatkan dibandingkan dengan titik lain.

Tabel -3. Hasil pengukuran kualitas udara di IPAL TPA Klotok

Parameter	Hasil	Baku mutu	Satuan
NO ₂	<29,6	200	µg/Nm ³
TSP	73,7	230	µg/Nm ³
SO ₂	<35,9	150	µg/Nm ³
O ₃	<19,9	150	µg/Nm ³
CO	<1.000	10.000	µg/Nm ³
Pb	<0,013	2	µg/Nm ³
NMHC	<8	160	µg/Nm ³
PM 2,5	23	55	µg/Nm ³
PM 10	26,9	75	µg/Nm ³
Amonia	0,02	2	Ppm
Kebisingan	49,3	70	dB(A)
Kecepatan angin	1,8 – 2,7	-	m/s

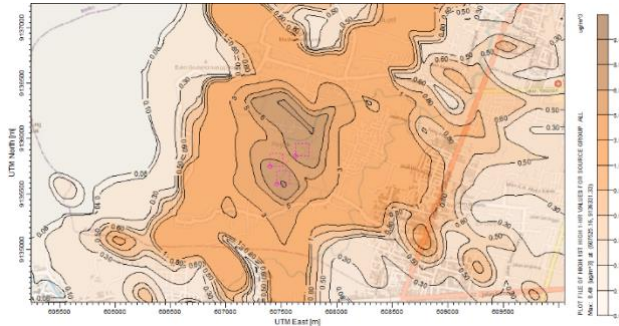
Titik pemantauan terakhir berada pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL) TPA Klotok. Lokasi IPAL berada di barat kawasan TPA, tepat bersebelahan dengan TPA *site* 2 yang sudah pasif atau tidak beroperasi. Hasil pengukuran kualitas udara menunjukkan nilai yang lebih baik dengan semua parameter berada pada bawah baku mutu (Tabel 3). Aktivitas kendaraan yang rendah berpengaruh terhadap nilai CO, yang pada titik ini kadarnya terukur <1.000 µg/Nm³. Namun nilai PM 2,5 dan PM 10 di lokasi ini sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan dua titik lainnya, dengan nilai 23 µg/Nm³ dan 26,9 µg/Nm³ berturut-turut, meskipun nilai ini masih di bawah baku mutu. Parameter lainnya yaitu NO₂, TSP, SO₂, O₃, Pb, NMHC, amonia dan kebisingan masih berada di bawah baku mutu. Di titik ini relatif lebih sepi dibandingkan dengan *site* 1 atau *site* 3 karena tidak ada kendaraan pengangkut atau alat berat yang beroperasi. Rata-rata kecepatan udara di area IPAL mencapai 2,25 m/s sehingga memberi pengaruh dispersi terhadap emisi gas yang dihasilkan.

Hasil pengukuran kualitas udara di tiga titik ini menunjukkan bahwa TPA Klotok secara umum memiliki kualitas udara yang baik apabila dibandingkan dengan TPA lain. Hasil studi di TPA Blondo, Semarang, menunjukkan kadar SO₂ sebesar 20 – 34 µg/Nm³, dan kadar NO₂ sebesar 18 – 20 µg/Nm³. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan hasil yang didapat di TPA Klotok. Kadar karbon monooksida di TPA Klotok, meskipun melebihi baku mutu, juga masih terhitung rendah dibandingkan hasil pengukuran di TPA lain, khususnya yang menggunakan biosel anaerobik dapat mencapai 20.000 – 160.000 µg/Nm³. Angka yang relatif rendah untuk TPA ini, antara lain dikarenakan minimnya aktivitas komposting di TPA Klotok (Fitriana & Siwiendrayanti, 2019; Haarstad, Bergersen, & Sørheim, 2006).

3.3. Model dispersi kualitas udara

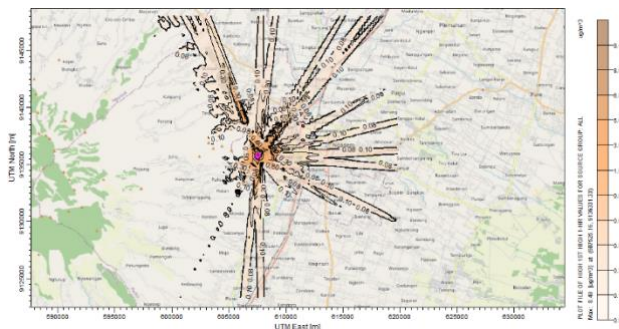
Hasil pengukuran yang didapat selanjutnya dimodelkan dengan *software* AERMOD untuk mengetahui arah persebaran pencemar udara. Data arah dan kecepatan angin, intensitas cahaya matahari, fluktuasi suhu, dan data meteorologi lainnya selama satu tahun dari BMKG diolah untuk mendapatkan pola sebaran angin, serta data topografi dari USGS. Selanjutnya nilai konsentrasi karbon monooksida (CO) di jembatan timbang (13.750 µg/Nm³), TPA 3 (18.750 µg/Nm³), dan IPAL (1.000 µg/Nm³) sebagai parameter dengan konsentrasi tertinggi digunakan sebagai data pencemar utama. Hasil model ditunjukkan dalam Gambar 3.

Gas CO merupakan gas yang berasal dari pembakaran tidak sempurna khususnya dari mesin pembakaran dalam. Keberadaan CO di alam berkisar antara mingguan hingga bulanan sebelum bereaksi dengan radikal OH di atmosfer menjadi CO₂ (Borsdorff et al., 2019). Dispersi CO di TPA berlangsung dengan cepat sehingga sejak 100 meter pertama konsentrasi CO sudah terdispersi menjadi di bawah 10 µg/Nm³. Konsentrasi antara 5 – 10 µg/Nm³ masih dapat ditemui di sekitar Kelurahan Pojok, Kediri, dalam radius 200 meter dari TPA Klotok. Angka ini masih jauh berada di bawah baku mutu udara ambien menurut PP Nomor 22 Tahun 2021. Gambar 4 menunjukkan peta dispersi dengan radius yang lebih luas.



Gambar-3. Model dispersi polusi udara dari TPA Klotok radius 1 km

Dari hasil yang didapatkan, secara umum dispersi emisi dari TPA Klotok lebih dominan ke arah utara, timur laut, timur, dan selatan. Hal ini disebabkan oleh arah angin dominan di wilayah Kota Kediri yang lebih dominan ke arah mata angin tersebut. Wilayah barat menerima dampak yang lebih minim dikarenakan kontur perbukitan dan gunung yang menahan angin menuju arah barat. Kecepatan angin yang tinggi juga mempercepat dilusi konsentrasi CO, sehingga pada jarak di atas 1 km dari TPA Klotok secara umum sudah berada di bawah $1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.



Gambar -4. Model dispersi polusi udara dari TPA Klotok (radius 40 km)

4. KESIMPULAN

Pengukuran kualitas udara secara langsung di tiga titik di TPA Klotok telah dilakukan untuk mengetahui tingkat emisi yang dihasilkan, beserta model arah dispersi emisinya. Hasil pengukuran menunjukkan parameter CO melebihi baku mutu udara ambien PP Nomor 22 Tahun 2021 di Jembatan Timbang dan TPA 3 dengan nilai 13.750 dan $18.750 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ berturut-turut, sedangkan parameter lain di semua titik telah memenuhi baku mutu. Berdasarkan pemodelan dispersi emisi CO dari TPA berlangsung dengan cepat sehingga sejak 100 meter pertama, sehingga konsentrasi CO sudah terdispersi menjadi di bawah $10 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Konsentrasi CO antara $5 - 10 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ masih dapat ditemui di sekitar Kelurahan Pojok, Kediri, dalam radius 200 meter dari TPA Klotok, meskipun angka ini sudah jauh di bawah baku mutu udara ambien. Konsentrasi CO pada jarak di atas 1 km dari TPA Klotok secara umum sudah berada di bawah $1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

SARAN

Kualitas udara di sebuah TPA menjadi topik yang penting untuk diteliti untuk mengukur dampak lingkungan dan dampak kesehatan bagi masyarakat di sekitar TPA. Keberlanjutan penelitian diperlukan agar dapat menjadi data dasar yang dapat dimanfaatkan untuk pengambilan kebijakan maupun tindakan perbaikan yang dapat dilakukan. Penelitian lanjutan mengenai emisi partikulat dan gas, khususnya metana, yang dihasilkan oleh TPA dapat menjadi topik penelitian selanjutnya agar dapat diketahui potensi pencemaran TPA selama operasional hingga setelah TPA tidak beroperasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, yang menjadikan penelitian ini dapat terlaksana dengan pendanaan skema Riset Dasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, B. S. (2006). *Pemetaan Penyebaran Polutan sebagai Bahan Pertimbangan Pembangunan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Cilegon*. Bogor: Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Ayu Murti, R. H., Salam Jawwad, M. A., Nisa, S. Q. Z., & Ni'am, A. C. (2022). Study of Estimation Methane Emissions from Municipal Solid Waste Landfill Based on IPCC Model (Case Study: Klotok Landfill, Kediri). *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan; Vol 19, No 3 (2022):* November 2022. Retrieved from <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/presipitasi/article/view/48735>
- Borsdorff, T., van de Brugh, J., Pandey, S., Hasekamp, O., Aben, I., Houweling, S., & Landgraf, J. (2019). Carbon monoxide air pollution on sub-city scales and along arterial roads detected by the Tropospheric Monitoring Instrument. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19(6), 3579–3588. <https://doi.org/10.5194/acp-19-3579-2019>
- Chattopadhyay, S., Dutta, A., & Ray, S. (2010). Air Pollution Generation from Municipal Solid Waste Transport Sector of Kolkata. *Indian Journal of Air Pollution Control*, X(1), 1–8.
- 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.
- Haarstad, K., Bergersen, O., & Sørheim, R. (2006). Occurrence of Carbon Monoxide during Organic Waste Degradation. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56(5), 575–580. <https://doi.org/10.1080/10473289.2006.10464470>
- Hroncová, E., Ladamerský, J., & Ladamerská, D. (2020). Landfill air pollution by ultrafine and microparticles in case of dry and windless weather conditions. *Detritus*, 10(June), 139–146. <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2020.13913>
- Siregar, F. R. (2011). *Analisis Kualitas Udara dan Keluhan Kesehatan yang Berkaitan dengan Saluran Pernapasan Pada Pemulung di Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Namo Bintang Kecamatan Pancur Batu Kabupaten Deli Serdang di Kota Medan*. Universitas Sumatera Utara.
- Sitogasa, P. S. A. (2022). Penerapan Solid Waste Management Tool (SWMT) sebagai Analisis Gas Rumah Kaca Hasil Penanganan Sampah di Kota Kediri: Application of Solid Waste Management Tool (SWMT) as an Analysis of Greenhouse Gases from Waste Handling in the City of Kediri. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Dan Ilmu Komputer*, (Vol. 2 No. 2 (2022): Juli : Jurnal ilmiah Sistem Informasi dan Ilmu Komputer), 7–15. Retrieved from <https://journal.sinov.id/index.php/juisik/article/view/166/151>
- Sonibare, O. O., Adeniran, J. A., & Bello, I. S. (2019). Landfill air and odour emissions from an integrated waste management facility. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 17(1), 13–28. <https://doi.org/10.1007/s40201-018-00322-1>
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S., & George, T. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill Companies, Incorporated. Retrieved from <https://books.google.co.id/books?id=-5JSAAAAMAAJ>
- 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. <https://doi.org/10.3390/atmos10060332>