

Life Cycle Assessment (LCA) pada Proses Pengolahan Sampah di TPA Karangdiyeng Kabupaten Mojokerto

Rama Hasan Ababil¹, Novi Eka Mayangsari¹, Alma Vita Shopia^{1*}

¹ Program Studi D4 Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya Jurusan Teknik PermesinanKapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

*Email : alma@ppns.ac.id

Abstrak

Kondisi eksisting di TPA Karangdiyeng saat ini menggunakan metode pengolahan *sanitary landfill*, metode *sanitary landfill* merupakan metode konvensional yang membutuhkan lahan yang cukup luas serta memiliki dampak negatif terhadap lingkungan sekitar berupa pencemaran dari produksi air lindi dan gas landfill. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak lingkungan pada proses pengolahan sampah dan menentukan alternatif mitigasi terbaik untuk mereduksi dampak. Penilaian dampak menggunakan pendekatan metode *Life Cycle Assessment (LCA)*, dengan *software* SimaPro 9.0.3.0 dan menggunakan metode *EDIP 2003*. Hasil analisis LCA menunjukkan kontribusi dampak Global Warming 100a sebesar 12,1 kPt, *Ozone Formotion (Vegetation)* sebesar 21 kPt, *Ozone Formotion (Human)* sebesar 35,5 kPt, *Acidification* sebesar 1,43 kPt, *Terrestrial eutrophication* sebesar 0,963 kPt, *Aquatic eutrophication EP(N)* sebesar 0,716 kPt, *Human toxicity air* sebesar 0,0459 kPt, dan *Human toxicity water* sebesar 0,348 kPt.. Hasil analisis hotspot menunjukkan *Ozone Formotion (Human)* sebagai dampak terbesar dengan nilai 35,5 kPt (49,21065%).

Keywords : TPA, *Life Cycle Assessment*, *Sanitary Landfill*, *EDIP 2003*, SimaPro

1. PENDAHULUAN

Aktivitas manusia tidak bisa lepas dari kegiatan menghasilkan sampah yang akan berdampak buruk pada lingkungan sekitar. Setiap tahunnya jumlah sampah akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk. Data yang telah diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur menunjukkan bahwa jumlah penduduk Kabupaten Mojokerto pada tahun 2019 memiliki jumlah penduduk sekitar 1.117.688 jiwa dan pada tahun 2020 memiliki jumlah penduduk 1.119.209 jiwa, terjadi peningkatan pertumbuhan penduduk cukup signifikan sekitar 1.521 jiwa dari tahun 2019 – 2020. Jumlah sampah berbanding lurus dengan jumlah penduduk di permukaan bumi, sehingga dapat dikatakan bahwa jika jumlah penduduk bertambah maka jumlah sampah yang dihasilkan akan semakin meningkat (Hariyanto, 2019).

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Karangdiyeng yang berlokasi di Desa Karangdiyeng, Kecamatan Kutorejo, Kabupaten Mojokerto menampung sampah dari 18 kecamatan yang berada di wilayah Kabupaten Mojokerto. Hasil pengamatan dan survei yang telah dilakukan bahwasanya kondisi eksisting di TPA Karangdiyeng saat ini menggunakan metode pengolahan *sanitary landfill*, namun karena tidak ada proses pengolahan di zona aktif maka metode dengan pengolahan *sanitary landfill* belum berjalan secara maksimal. Metode *sanitary landfill* merupakan metode konvensional yang membutuhkan lahan yang cukup luas serta memiliki dampak negatif terhadap lingkungan sekitar berupa pencemaran dari produksi air lindi dan gas landfill.

Lindi merupakan hasil dari proses anaerobik karena oksigen yang terdapat pada senyawa organik sampah telah berkurang telah berkurang dan mempunyai hasil akhir berupa pembentukan gas CH₄ dan SO₄⁻ sebagai hasil dan proses dekomposisi yang berbentuk cairan dan mempunyai konsentrasi kimia yang cukup tinggi. Komponen gas landfill terdiri dari gas metana (CH₄), gas karbon dioksida (CO₂) yang mudah terbakar. Emisi gas metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan dari timbunan sampah merupakan emisi gas rumah kaca (GRK) memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pemanasan global. Penyumbang pemanasan global baru – baru ini berasal dari gas metana karena secara molekuler gas metana memiliki efek relative 20 hingga 25 kali lebih besar di dibandingkan dengan karbon dioksida (Kristi, 2014).

Maka dari itu, dalam upaya mengatasi dampak lingkungan yang dihasilkan oleh TPA Karangdiyeng, pada penelitian ini diusulkan metode *life cycle assessment* (LCA) untuk manajemen lingkungan di TPA Karangdiyeng. Metode LCA menganalisis beban lingkungan dan mampu memecahkan masalah lingkungan sehingga dapat mengetahui pengolahan yang tepat serta menimbulkan dampak paling kecil terhadap lingkungan sekitar pada semua tahapan dalam siklus hidup dari awal produk hingga produk itu dibuang (baik penggunaan kembali, daur ulang, atau pembuangan akhir) (Gaol, 2017:2). Dalam penelitian ini sampah yang diolah oleh wilayah Kabupaten Mojokerto dipilih untuk dianalisis di TPA Karangdiyeng Kabupaten Mojokerto. Untuk memperoleh dampak secara perhitungan menggunakan *software* SimaPro 9.0.3.0 dengan memperoleh alternatif pengolahan sampah dari dampak yang dihasilkan.

2. METODE

Metode *life cycle assessment* (LCA) digunakan untuk menganalisis dampak lingkungan dari proses pengolahan sampah menggunakan *sanitary landfill*. Untuk melakukan analisis LCA, dibutuhkan data material dan energi yang masuk ke dalam proses untuk dikuantifikasi menjadi dampak lingkungan. Analisis ini menggunakan *software* SimaPro 9.3.0.3 Aplikasi perangkat lunak ini dapat mengolah data menjadi grafik. Grafik yang dihasilkan tersebut dapat menjelaskan hubungan antara emisi *global warming*, *ozone formation (human)*, *ozone formation (abiotic)*, *acidification*, *terrestrial eutrophication*, *aquatic eutrophication EP(N)*, *human toxicity air*, *human toxicity water* dan *human toxicity soil* terhadap lingkungan. Langkah-langkah analisis dengan metode *life cycle assessment* mengacu pada ISO 14040 tahun 2006, diantaranya adalah (1) *goal and scope definition* yang memiliki tujuan untuk merumuskan dan menggambarkan tujuan, sistem yang dievaluasi, batasan dan asumsi. (2) *life cycle inventory*, pada tahap ini yaitu menginput data primer serta data sekunder. Proses inventasasi data yang dibutuhkan yaitu bahan dan energi yang digunakan pada saat proses. (3) *life cycle impact assessment*, setelah mendapatkan semua data yang dibutuhkan, langkah selanjutnya adalah menganalisis dampak lingkungan terhadap pengolahan sampah melalui *software* SimaPro 9.0.3.0. (4) *Interpretation*, bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi analisis dampak lingkungan yang terdiri dari *global warming*, *ozone formation (human)*, *ozone formation (abiotic)*, *acidification*, *terrestrial eutrophication*, *aquatic eutrophication EP(N)*, *human toxicity air*, *human toxicity water* dan *human toxicity soil* dari pengolahan di TPA Karangdiyeng. Setelah memperoleh hasil analisis dampak lingkungan pada proses pengolahan di TPA Karangdiyeng, lalu membuat keputusan dan rencana aksi mitigasi untuk mengurangi dampak *emision /waste* yang dihasilkan dari proses pengolahan sampah dan perlu dilakukan langkah mitigasi berupa alternatif pengolahan sampah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang pengumpulan data dari obyek amatan serta pengolahan data pada penelitian dengan tujuan dalam melaksanakan penilaian terhadap dampak lingkungan dan diperoleh alternatif untuk solusi dari permasalahan lingkungan. Pengumpulan data berupa input data untuk *life cycle assessment* (LCA) serta data lain yang relevan untuk diolah pada perangkat lunak Simapro. Tahapan dalam LCA terdiri dari *goal and scope*, *life cycle inventory* (LCI), *life cycle impact assessment* (LCIA), dan interpretasi data. Tahapan analisis LCA tersebut dilaksanakan dengan berurutan, sistematis dan terperinci jelas atau teliti agar mendapatkan tujuan analisis yang sesuai.

3.1 Goal and Scope

Tahapan awal dalam menganalisis dampak dengan menggunakan metode *life cycle assessment* (LCA) merupakan penentuan *goal and scope*. Tahapan *goal and scope* harus didefinisikan secara jelas dan konsisten dengan tujuan penerapannya (Rachim T. A., 2017). *Gaol* atau penerapan metode *life cycle assessment* (LCA) yaitu menganalisis dampak lingkungan pada proses pengolahan sampah di TPA Karangdiyeng. *Scope* dibatasi untuk *gate to gate*, yaitu proses utama dalam proses pengolahan sampah di TPA dan metode yang digunakan adalah *EDIP 2003*. *Boundary system* dalam penelitian kali ini adalah proses dimulai dari sumber sampah Kabupaten Mojokerto, pengangkutan sampah menuju TPA, dan pengolahan lindi tidak termasuk kedalam *scope* atau ruang lingkup yang akan dikaji. Proses yang akan dikaji diantaranya merupakan proses penimbangan sampah, pengangkutan sampah menuju zona aktif, pengumpulan sampah, dan aktivitas di *sanitary landfill*.

3.2 Life Cycle Inventory (LCI)

Life Cycle Assessment (LCI) merupakan inventarisasi data bahan baku *input* dan *output* pada proses pengolahan sampah di TPA Karangdiyeng. Data bahan baku merupakan data rata-rata dari survei, data energi dan air merupakan data *logbook* dalam satu tahun dan *emisi/waste* yang didapatkan dari perhitungan. LCI proses pengolahan sampah di TPA Karangdiyeng dapat dilihat pada **Tabel 1** Berikut ini.

Tabel 1. *Life Cycle Inventory* Proses Pengolahan Sampah

<i>Input</i>			<i>Output</i>			<i>Emisi/Waste</i>		
Material	Kuantitas	Satuan	Material	Kuantitas	Satuan	Material	Kuantitas	Satuan
Sampah	41672	Ton/ tahun				NOx	194,98	Ton/ Tahun
						<i>Particulate</i>	1,52	Ton/ Tahun
						SO ₂	15,20	Ton/ Tahun
						HCl	0,86	Ton/ Tahun
						HF	0,86	Ton/ Tahun
						VOCs	1,84	Ton/ Tahun
						C ₂ H ₄ Cl ₂	0,19	Ton/ Tahun
						CH ₃ CH ₂ Cl	0,07	Ton/ Tahun
						C ₆ H ₅ Cl	0,1692	Ton/ Tahun
						TeCA	0,2810	Ton/ Tahun
						C ₆ H ₆	0,0000172	Ton/ Tahun
						Cd	0,002036	Ton/ Tahun
						Ni	0,00272	Ton/ Tahun
						As	0,00034	Ton/ Tahun
						Hg	0,00034	Ton/ Tahun
						<i>Dioxins And Furans</i>	0,0000000 4	Ton/ Tahun
						CO ₂	86022,55	Ton/ Tahun
			<i>Methane</i>	2899,499	m ³ / Ton			

Input			Output			Emisi/Waste		
Material	Kuantitas	Satuan	Material	Kuantitas	Satuan	Material	Kuantitas	Satuan
Bahan Bakar	3600	Liter/Tahun				CO ₂	9,60336	Ton CO ₂ /Tahun
Sampah	41672	Ton/tahun	Lindi	2864353,28	L/Tahun	TSS	0,751	L/Tahun
						BOD ₅	0,947	L/Tahun
						COD	2,416	L/Tahun

Berdasarkan tabel diatas terdapat beberapa material yang digunakan dalam proses yaitu berupa sampah, dan bahan bakar. Sedangkan *emisi/waste* yang dihasilkan cukup beragam mulai dari Nox, Particulate, CO₂, CO, TSS, BOD₅, COD, dan emisi lainnya. Hasil akhir dari proses ini merupakan air lindi yang dihasilkan dari proses pengolahan sampah di *sanitary landfill*.

3.3 Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

Life Cycle Impact Assessment (LCIA) merupakan tahapan penilaian dampak dari proses yang terdiri dari tiga (3) tahapan penilaian dampak yakni, (1) *characterization*, merupakan tahap penilaian relatif parameter yang berkontribusi pada kategori dampak berdasarkan faktor karakterisasinya, (2) *normalization*, merupakan penyetaraan nilai masing – masing *impact category* menggunakan *normalization factor*, (3) *weightihing and single Score*, merupakan proses pemberian bobot terhadap kategori dampak yang berbeda berdasarkan kepentingan penelitian (Yadav *et al.*, 2014). LCIA memiliki tujuan dalam mengidentifikasi seberapa besar pengaruh dampak lingkungan pada tiap proses pengolahan sampah di TPA Karangdiyeng. Hasil analisis LCIA dapat dilihat pada **Tabel 2**. **Tabel 2.** *Life Cycle Impact Assessment* Proses Pengolahan Sampah

Impact category	Unit	Total	Penimbangan Sampah	Pengangkutan Sampah	Pengumpulan Sampah	Aktivitas Sanitary Landfill
Total	kPt	72,17361	0,000218	0,000158	0,002271	72,17096
Global warming 100a	kPt	12,06377	0,000213	0,000149	0,002271	12,06114
Ozoneformation (Vegetation)	kPt	21,04305	1,78E-06	3,18E-06	0	21,04304
Ozoneformation (Human)	kPt	35,5171	3,00E-06	5,37E-06	0	35,51709
Acidification	kPt	1,430166	0	0	0	1,430166
Terrestrial eutrophication	kPt	0,963243	0	0	0	0,963243
Aquatic eutrophication EP(N)	kPt	0,716072	0	0	0	0,716072
Human toxicity air	kPt	0,045854	1,77E-07	3,16E-07	0	0,045854
Human toxicity water	kPt	0,348065	0	0	0	0,348065
Human toxicity soil	kPt	0,04629	0	0	0	0,04629

Tabel 2 merupakan hasil analisis dari penggunaan *software* SimaPro 9.0.3.0 sehingga dapat diketahui terdapat sembilan (9) *impact category* dari proses pengolahan sampah. Nilai *impact category* yang paling berpengaruh terhadap proses pengolahan sampah yaitu *ozone formation (human)*. Nilai *impact category ozone formation (human)* dipengaruhi oleh *substance* atau beban emisi CH₄ (gas metana), dan CO₂ (karbon dioksida).

3.4 Interpretation

Interpretation atau interpretasi data merupakan evaluasi data yang digunakan dalam analisis metode *life cycle assessment* (LCA). Evaluasi data memiliki tujuan yaitu untuk menentukan pengurangan dampak terhadap proses pengolahan sampah. Aksi mitigasi memusatkan terhadap pengurangan emisi CH₄ yang menjadi penyebab masalah utama pada *impact category ozone formation (human)*. Alternatif aksi mitigasi yang akan diusulkan untuk perbaikan ada tiga, yaitu :

1. Pengomposan

Gas metan mayoritas bersumber dari sampah organik, metode pengomposan memiliki potensi mereduksi sampah organik dalam skala besar melihat sampah kota 50 – 80 % merupakan bahan organik yang dapat dijadikan bahan kompos (Wahyono dalam August et al., 2010). Biaya investasi awal untuk pelaksanaan metode pengomposan secara umum yaitu sekitar Rp. 49.950.000, namun biaya tergantung jenis metode pengomposan apa yang akan diterapkan di TPA Karangdiyeng. Metode pengomposan dapat mereduksi emisi gas metan (CH₄) sebesar 9000 Ton CO₂eq/Tahun atau sekitar 30 % (Mujahida, 2013).

2. Teknologi Biogas

Gas metan (CH₄) merupakan kandungan biogas yang dapat digunakan oleh masyarakat sebagai energi alternatif. Kandungan utama dalam biogas adalah gas metan (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂) (Arifin, 2019). Penerapan alternatif biogas dalam mereduksi gas metan (CH₄) sangat direkomendasikan dalam berbagai negara terutuknya di negara ASEAN (Fairus, 2011). Sampah organik yang dihasilkan TPA sangat berpeluang dan memiliki potensi yang cukup besar sebagai substrat dalam pembuatan biogas. Pelaksanaan alternatif biogas di TPA diperkirakan dapat mereduksi gas metan sekitar 50 – 70 % dari gas metan yang dihasilkan oleh TPA. Selain itu, timbulan sampah (sampah basah) di TPA diperkirakan akan berkurang sekitar 8.520 - 9.569 Ton/Tahun (Sasmita, 2016).

3. Insenerasi

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada potret 5 TPA memanfaatkan gas metan (CH₄) bahwa pada proses termal atau pembakaran baik melalui insenerasi dapat mereduksi emsi gas metan sekitar 381 – 28.271 Ton CO₂e/Tahun. Perkiraan reduksi gas metan yaitu sekitar 50 % pada produksi gas landfill yang dihasilkan di TPA. Akan tetapi, unit insenerasi menghasilkan dampak lingkungan berupa emisi gas lainnya melalui proses pembakaran ke atmosfer yakni gas (CO₂ dan H₂O), polutan (SO₂, NO_x, HCl, dan partikulat), serta bottom ash dan material inert (Arena, 2012). Biaya untuk investasi awal dalam penerapan teknologi insenerasi yaitu sekitar Rp. 543.735.647,-.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis LCA maka dapat disimpulkan bahwa dampak kategori atau *impact category* yang memberikan kontributor terbesar pada proses pengolahan sampah yaitu *impact category* berupa *ozone formation (human)* dengan nilai sebesar 35,5171 kPt. Terdapat 3 alternatif aksi mitigasi untuk mengurangi dampak yang dihasilkan dalam proses pengolahan sampah di TPA Karangdiyeng yakni diantaranya metode pengomposan, teknologi biogas, dan insenerasi.

5. DAFTAR PUSTAKA.

- August, Prayogi, Muhammad Eril, Bayu, Ardianti Wahyuni. (2010). Analisis Gas Metan dan Alternatif Pengolahan Gas Metan. Jurnal. Bandung : Universitas Pajajaran.
- Arena, U. (2012). *Process and Technological Aspects of Municipal Solid Waste Gasification: A Review. Waste Management.* 61-88.

- Arifin, Muhammad, Wahyu. (2019). Analisa Potensi Biogas Menggunakan Sampah Organik. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Mojokerto. 2021. “Kabupaten Mojokerto Dalam Angka tahun 2020”.
- Fairus, A. (2011). Alternatif Pengolahan Gas Metan (CH₄) Menggunakan Reaktor Biodigester dengan Bahan Dasar Sampah Organik dan Kotoran Hewan. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Gaol, M. L. (2017). *Life Cycle Assessment (LCA) Pengeloaan Sampah Pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah (Studi Kasus: TPA Jabon, Kabupaten Sidoarjo)*. (I. T. Nopember, Ed.) 1-176.
- Hariantyo, Rahman Novan. (2020). Analisis Kesesuaian Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Eksisting di Kabupaten Mojokerto Menggunakan Sistem Informasi Geografis. Surabaya : Universitas Negri Surabaya.
- ISO 14044:2006 *Environmental Management — Life Cycle Assessment — Requirements And Guidelines*.
- Kristi, Yaessya William. (2014). Perencanaan Pengembangan TPA Kota Probolinggo dengan Sistem *Sanitary Landfill*. Surabaya : Institute Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mujahida, F. Kajian Dampak Produksi Gas Metan di TPA dengan Metode Pengomposan (*Open Windrow*). Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Rachim, T. A. (2017, Juni). *Life Cycle Aessment (LCA) Pengelolaan Sampah Secara Termal (Studi Kasus: TPA Benowo, Kota Surabaya)*. 1-144
- Sasmita, Dewi, Martha Simanjuntak. (2016). *Reduction of Organic Waste by Utilizing Biogas as an Alternative to Methane Gas Processing*. Bali: Universitas Pendidikan Ganesha.
- Yadav, P. dan Samandder S.R. 2014. *Life cycle assessment of solid waste management options: A Review. Recent research in Science and Technology* 2014, 6(1): 113-116.