

Pengelolaan Sampah Rumah Tangga di Kecamatan Dukuh Pakis, Kota Surabaya dengan Metode *Life Cycle Assessment* (LCA)

Adiendra Putri Olvianti dan Mohamad Mirwan*

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

Email Korespondensi: mmirwan.tl@upnjatim.ac.id

Kata Kunci:

sampah rumah tangga, pengelolaan sampah, life cycle assessment, CML-IA, Kecamatan Dukuh Pakis

ABSTRAK

Jumlah sampah yang dihasilkan di Kecamatan Dukuh Pakis adalah 28,678 ton/hari. Sistem pengelolaan sampah di Kecamatan Dukuh Pakis cenderung dibuang langsung ke dalam wadah sementara dalam keadaan tercampur sebelum diangkut ke tempat pembuangan sementara dan tempat pembuangan akhir. Identifikasi dan penentuan skenario pengelolaan sampah rumah tangga diperlukan untuk menilai dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses pengolahan sampah rumah tangga. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui dampak lingkungan dari skenario pengelolaan sampah di Kecamatan Dukuh Pakis. Metode pengumpulan data adalah observasi dan sampling sampah. Sedangkan analisis data dilakukan dengan *Life Cycle Assessment* (LCA) menggunakan metode *Center of Environmental Science of Leiden University Impact Assessment* (CML-IA) dengan *software* SimaPro 9.3. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan nilai bobot pada Skenario 0 (eksisting) sebesar $3,7 \times 10^{-5}$, Skenario 1 sebesar $1,42 \times 10^{-6}$, dan Skenario 2 sebesar $6,73 \times 10^{-6}$. Berdasarkan hasil pembobotan, Skenario 1 memiliki nilai pembobotan terendah. Oleh karena itu, Skenario 1 merupakan sistem pengelolaan sampah terbaik karena dampak lingkungan yang dihasilkan rendah. Pengelolaan sampah pada Skenario 1 meliputi pengolahan sampah rumah tangga dengan menyimpan dan memilah sampah di sumbernya; membuat kompos; mendistribusikan sampah untuk didaur ulang; Serta mengumpulkan dan mengangkut sisa sampah ke TPA Benowo.

Keyword:

household waste, waste management, life cycle assessment, CML-IA, Dukuh Pakis District

ABSTRACT

The amount of waste generated in Dukuh Pakis District is 28,678 tons/day. The waste management system in Dukuh Pakis District tends to be disposed of directly into temporary containers in a mixed state before being transported to temporary and final disposal sites. Identification and determination of household waste management scenarios is needed to assess the environmental impact of the household waste processing process. The purpose of this study is to determine the environmental impact of the waste management scenario in Dukuh Pakis District. Data collection methods are observation, and garbage sampling. Meanwhile, data analysis was carried out using *Life Cycle Assessment* (LCA) using the *Center of Environmental Science of Leiden University Impact Assessment* (CML-IA) method with SimaPro 9.3 software. Based on the results of the analysis, the weight values in Scenario 0 (existing) are 3.7×10^{-5} , Scenario 1 is 1.42×10^{-6} , and Scenario 2 is 6.73×10^{-6} . Based on the weighting results, Scenario 1 has the lowest weighting value. Therefore, Scenario 1 is the best waste management system because the resulting environmental impact is low. Waste management in Scenario 1 includes, processing household waste by storing and sorting waste at the source, making compost, distributing waste for recycling, collecting and transporting the remaining waste to Benowo landfill.

1. PENDAHULUAN

Sistem pengelolaan dari adanya sampah rumah tangga yang ada di Kecamatan Dukuh Pakis, Kota Surabaya relatif dibuang langsung ke dalam wadah sementara sebelum diangkut ke TPS dalam keadaan tercampur. Selain itu, masih ada warga yang melakukan pembakaran bebas (*open*

burning) dan membuang sampah langsung ke sungai. Karena sistem pengolahan sampah rumah tangga tersebut dapat berdampak negatif baik bagi lingkungan maupun masyarakat setempat, mengidentifikasi dan menentukan skenario pengelolaan sampah rumah tangga diperlukan untuk dapat memprediksi dampak lingkungan yang disebabkan oleh proses pengolahan sampah rumah tangga.

Life Cycle Assessment (LCA) adalah penilaian beban lingkungan secara keseluruhan dampak yang dihasilkan oleh suatu proses. Proses tersebut akan dilakukan analisis dengan menentukan energi serta juga bahan yang dipergunakan dan juga limbah yang akan dilepaskan ke suatu lingkungan. LCA sendiri terdiri atas 4 macam langkah, yaitu ruang lingkup serta tujuan, penilaian dampak, analisis inventarisasi, serta juga interpretasi (McDougall *et al.*, 2001).

Tujuan dari adanya riset maupun penelitian ini ialah untuk mengetahui skenario pengelolaan sampah paling baik dengan efek dampak lingkungan yang paling kecil yang ada di Kecamatan Dukuh Pakis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara mempergunakan analisis *Life Cycle Assessment (LCA)*. Data yang akan diukur ialah data kuantitatif yang diperoleh dari sampah rumah tangga yang dihasilkan dan energi yang dipergunakan serta dilepas ke lingkungan selama proses pengolahan sampah rumah tangga. Riset ini melakukan analisis terhadap 3 macam skenario pengelolaan sampah rumah tangga, yakni seperti berikut.

- 1) Skenario 0 (eksisting): Skenario 0 ialah pengolahan sampah yang didasarkan pada situasi maupun kondisi yang ada atau dilaksanakan di Kecamatan Dukuh Pakis, di mana pengolahan sampah yang relatif dibuang ke tempat pewadahan sementara sebelum diangkut ke TPS.
- 2) Skenario 1: Skenario 1 merupakan pengolahan sampah yang menggunakan tahapan pemilahan sampah dan pengomposan. Sampah organik akan diolah melalui proses pengomposan skala rumah tangga dan sampah non organik akan dikumpulkan di Bank Sampah untuk didaur ulang atau dijual kepada pihak ketiga, serta sisa sampah yang tidaklah bisa didaur ulang maupun diolah kembali akan dibuang ke fasilitas penyimpanan sementara sebelum diangkut ke TPA.
- 3) Skenario 2: Skenario 2 merupakan pengolahan sampah dengan proses pemilahan dan pengolahan dengan proses biogas (tangki anaerob). Sampah organik akan diolah melalui proses biogas skala rumah tangga dan sampah anorganik akan dikumpulkan di Bank Sampah untuk dilakukan daur ulang atau dijual kepada pihak ketiga, dan untuk sisa sampah yang tidak bisa didaur ulang serta diolah kembali akan dibuang ke tempat fasilitas penyimpanan sementara sebelum diangkut ke TPA.

Dalam studi ini, terdapat berbagai macam tahapan, diantaranya: pengumpulan data sekunder serta primer, evaluasi lingkungan serta aspek teknis, dan juga analisis data LCA menggunakan *software* SimaPro v.9.3. Pada riset ini, data yang dipergunakan ialah data sekunder dan data primer yang diperoleh dari beberapa sumber dan instansi terkait.

Analisis data pada studi ini yaitu menganalisis dampak yang ditimbulkan dari skenario pengelolaan sampah rumah tangga di Kecamatan Dukuh Pakis yang direncanakan untuk 10 tahun ke depan. Penilaian dampak tersebut dilakukan dengan analisis *Life Cycle Assessment (LCA)* dengan metode *Center of Environmental Science of Leiden University Impact Assessment (CML-IA)* yang menggunakan aplikasi SimaPro 9.3. Langkah-langkah penilaian dampak pada *software* SimaPro, sebagai berikut.

- 1) Klasifikasi Dampak
- 2) Karakterisasi Dampak
- 3) Interpretasi
- 4) Kesimpulan

Dampak lingkungan yang akan dikaji pada studi ini dilihat dari adanya potensi eutrofikasi, asidifikasi, serta emisi gas rumah kaca (GRK). Untuk variabel-variabel yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Variabel Independen
 - a. Timbulan sampah rumah tangga di Kecamatan Dukuh Pakis
 - b. Komposisi dan densitas sampah rumah tangga di Kecamatan Dukuh Pakis, meliputi:
 - sampah organik: sisa sayuran, daun-daunan, sisa buah,
 - sampah *recycleable*: karton, duplex, besi, kaleng, dan plastik,
 - residu sampah: sampah B3, plastik *sachet*, tisu, pembalut, dan pampers,
 - dll.
 - c. Kebutuhan sumber daya, meliputi:
 - air,
 - bahan bakar,
 - dll.
- 2) Variabel Dependen
 - a. Dampak lingkungan yang dihasilkan dari penelitian, antara lain:
 - gas rumah kaca (GRK): CO₂, N₂O, dan CH₄
 - potensi asidifikasi: SO₂, NO_x, HCl, dan NH₃
 - potensi eutrofikasi: nitrogen (N) dan fosfor (P)
 - b. Skenario alternatif pengelolaan sampah rumah tangga di Kecamatan Dukuh Pakis, sebagai berikut.
 - Skenario: pengolahan sampah organik menggunakan proses pengomposan dan sampah *recycleable* melalui bank sampah.
 - Skenario 2: Pengolahan sampah organik menggunakan proses biogas dan sampah *recycleable* melalui bank sampah.
 - c. Produk yang dihasilkan dari proses pengolahan sampah rumah tangga.
 - Proses pengomposan: menghasilkan pupuk kompos
 - Proses biogas: menghasilkan gas dan *sludge* (pupuk organik)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Timbulan, Densitas, dan Komposisi

Pengukuran timbulan, densitas, serta komposisi sampah rumah tangga dilakukan secara sampling selama 8 hari secara berturut. Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan tingkat pendapatan penduduk, yaitu rumah permanen (berpenghasilan tinggi), rumah semi permanen (berpenghasilan menengah), dan rumah non permanen (berpenghasilan rendah) (SNI 19-3964-1994, 1994). Sehingga, didapatkan hasil untuk rumah yang akan dijadikan sampel adalah 25 rumah, meliputi 6 rumah permanen, 8 rumah, rumah semi permanen, dan 11 rumah non permanen.

3.1.1 Timbulan Sampah

Tabel 1. Timbulan Sampah Rumah Tangga di Kecamatan Dukuh Pakis

Komponen Sumber Sampah	Timbulan Sampah (kg/orang/hari)
Rumah Permanena	0,478
Rumah Semi Permanen	0,438
Rumah Non Permanen	0,413
Rata-Rata	0,443

Berdasarkan hasil dari sampling tersebut, timbulan sampah di Kecamatan Dukuh Pakis masih ada di bawah kisaran timbulan sampah dari kota kecil dengan jumlah sebanyak 0,625 – 0,70 kg/orang/hari (SNI 19-3964-1994, 1994).

Besarnya timbulan sampah dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya yaitu tingkat perekonomian (Damanhuri & Padmi, 2018). Hal ini dapat dilihat dari hasil sampling bahwa besar timbulan sampah yang dihasilkan oleh penduduk berpendapatan tinggi (rumah permanen) sebesar 0,478 kg/orang/hari, di mana timbulan sampah tersebut merupakan timbulan sampah tertinggi dibandingkan dengan penduduk berpendapatan menengah (rumah semi permanen) dan penduduk berpendapatan rendah (rumah non permanen). Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tingginya taraf hidup masyarakat maka semakin tinggi pola konsumsinya yang berpengaruh terhadap timbulan sampah yang dihasilkan (Damanhuri & Padmi, 2018).

3.1.2 Densitas Sampah Rumah Tangga

Berdasarkan hasil perhitungan sampel, diperoleh hasil seperti berikut.

Tabel 2. Densitas Sampah Rumah Tangga Kecamatan Dukuh Pakis

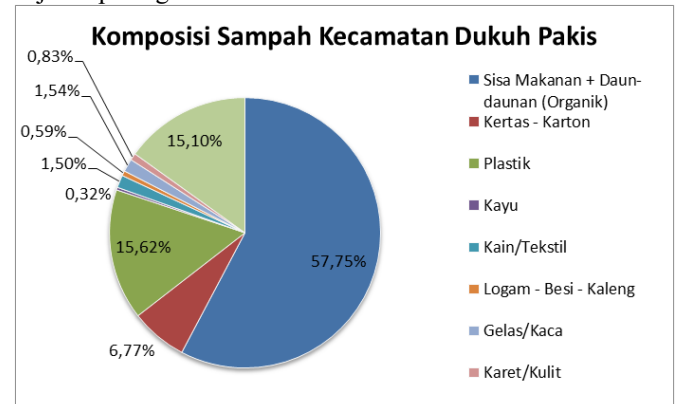
Komponen Sumber Sampah	Densitas Sampah (kg/m ³)
Rumah Permanen	155,47
Rumah Semi Permanen	150,25
Rumah Non Permanen	155,51
Rata-Rata	153,74

Berdasarkan hasil analisis, didapatkan bahwa densitas sampah rumah tangga di Kecamatan Dukuh Pakis rata-rata sebesar 153,74 kg/m³. Densitas sampah terbesar berasal dari penduduk berpendapatan rendah (rumah non permanen). Hal tersebut terjadi karena masyarakat dengan pendapatan rendah meski menghasilkan sampah rumah tangga yang relatif kecil, namun sampah yang dihasilkan oleh masyarakat berpendapatan rendah cenderung tercampur antara sampah basah dan sampah keringnya (plastik).

3.1.3 Komposisi Sampah Rumah Tangga

Kajian komposisi sampah yang ada di Kecamatan Dukuh Pakis dilakukan untuk mengetahui komposisi sampah rumah tangga. Hal tersebut menjadi salah satu dasar perihal mengembangkan skenario terkait dengan pengelolaan

sampah, apakah layak atau tidak. Persentase komposisi sampah rumah tangga yang ada di Kecamatan Dukuh Pakis disajikan pada gambar berikut.



Gambar 1. Komposisi Sampah Rumah Tangga di Kecamatan Dukuh Pakis

Berdasarkan pada hasil analisis yang ada ini, diperoleh hasil untuk komposisi sampah paling tinggi yaitu sampah organik dengan jumlah sebanyak 57,75%. Sampah organik tersebut berasal dari sisa makanan, daun-daunan, sayur-sayuran, dll. Hasil analisis komposisi sampah tersebut akan berpengaruh terhadap pengelolaan sampah rumah tangga di Kecamatan Dukuh Pakis.

3.2 Proyeksi Timbulan

3.2.1 Proyeksi Penduduk

Perhitungan sampah yang akan dipergunakan dalam aplikasi SimaPro ialah tahun proyeksi 2031 yang merupakan tahun perencanaan. Untuk memperoleh perkiraan dari jumlah sampah yang dihasilkan di Kecamatan Dukuh Pakis, dilakukan perhitungan proyeksi terhadap jumlah penduduk Kecamatan Dukuh Pakis, seperti berikut.

Tabel 3. Proyeksi Jumlah Penduduk Kecamatan Dukuh Pakis

Tahun	Jumlah Penduduk
2022	64756
2023	66704
2024	68711
2025	70778
2026	72908
2027	75102
2028	77362
2029	79689
2030	82087
2031	84557

Proyeksi penduduk merupakan pendekatan matematis yang dilakukan untuk menganalisis perkiraan jumlah penduduk pada suatu wilayah di masa yang akan datang. Perhitungan proyeksi penduduk ini akan dijadikan dasar dalam menghitung proyeksi timbulan sampah di Kecamatan Dukuh Pakis.

3.2.2 Proyeksi Timbulan Sampah

Timbulan sampah rumah tangga Kecamatan Dukuh Pakis berdasarkan sampling sebesar 0,443 kg/orang/hari atau 0,000443 ton/orang/hari. Perhitungan tersebut bergantung

terhadap pertumbuhan penduduk, pola konsumsi masyarakat, sektor pertanian, industri, dll.

Berdasarkan hasil perhitungan proyeksi penduduk selama 10 tahun ke depan, maka dapat dihitung proyeksi timbulan sampah rumah tangga di Kecamatan Dukuh Pakis selama 10 tahun ke depan sebagai berikut.

Tabel 4. Proyeksi Timbulan Sampah Rumah Tangga di Kecamatan Dukuh Pakis

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Proyeksi Timbulan	
		(kg/hari)	(ton/hari)
2022	64756	28686,7	38,687
2023	66704	29549,8	29,550
2024	68711	30439	30,439
2025	70778	31354,8	31,355
2026	72908	32298,3	32,298
2027	75102	33270,1	33,270
2028	77362	34271,2	34,271
2029	79689	35302,3	35,302
2030	82087	36364,6	36,365
2031	84557	37458,7	37,459

Proyeksi timbulan sampah rumah tangga yang digunakan dalam analisis perhitungan yaitu timbulan sampah pada proyeksi 10 tahun ke depan yaitu tahun 2031 sebesar 37,459 ton/hari. Hal tersebut karena perencanaan ini direncanakan dalam jangka waktu 10 tahun ke depan.

3.2.3 Proyeksi Komposisi Sampah Rumah Tangga

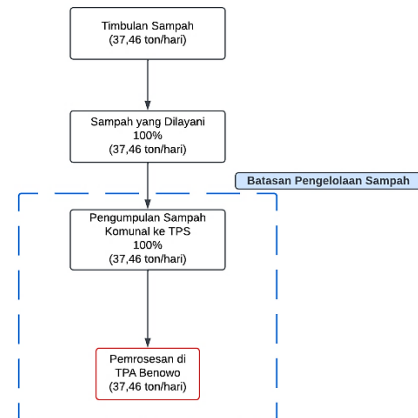
Berdasarkan data proyeksi timbulan sampah, maka dapat dihitung proyeksi komposisi sampah rumah tangga seperti berikut.

Tabel 5. Proyeksi Komposisi Sampah Rumah Tangga di Kecamatan Dukuh Pakis

No	Komposisi Sampah	Persentase Komposisi (%)	Berat Komposisi (kg/hari)
1	Sisa Makanan + Daun-daunan (Organik)	57,75%	21631,93
2	Kertas – Karton	6,77%	2534,90
3	Plastik	15,62%	5849,65
4	Kayu	0,32%	118,75
5	Kain/Tekstil	1,50%	561,56
6	Besi/Logam	0,59%	220,19
7	Gelas/Kaca	1,54%	575,32
8	Karet/Kulit	0,83%	310,42
9	Lainnya	15,10%	5656,01
	Total	100%	37458,73

3.3 Life Cycle Inventory

3.3.1 Skenario 0 (Eksisting)



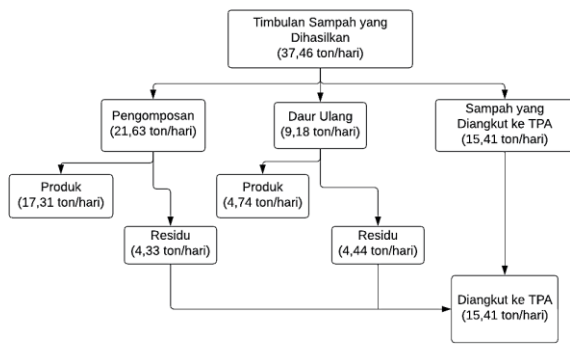
Gambar 2. Material Balance Skenario 0

Skenario 0 adalah kondisi pengolahan sampah saat ini yang dilaksanakan di Kecamatan Dukuh Pakis. Dalam pengelolaan saat ini tidak terdapat pengelolaan di sumbernya, melainkan sampah langsung dibuang ke tempat pewadahan sementara sebelum akhirnya diangkut menuju ke TPS atau TPA. Berikut adalah data inventori yang dibutuhkan pada Skenario 0.

Tabel 6. Data Input Inventori Skenario 0

Skenario 0	Jumlah (Unit)	Kapasitas (m ³)	Sampah Dikelola (ton)	Jarak Total (km)	Beban
Pewadahan					37,46 ton/hari
Pengumpulan Sumber ke TPS					37,46 ton/hari
TPS (Kontainer Sampah)	41	6	37,46		0
Pool ke Sumber (Gerobak Sampah)	15	1,20	0,00	15,0	58,17 MJ
Gerobak Sampah	15	1,2	9,23	15,0	138,45 Tkm
Pool ke Sumber (Motor Sampah)	30	2	0,00	75,0	290,85 MJ
Motor Sampah	30	2	27,69	75,0	2076,75 Tkm
Pengangkutan Ke TPA					
Pool ke Sumber (Amroll Truk)	20	6	0,00	420,0	1628,76 MJ
Amroll Truk	20	6	36,93	420,0	15510,60 Tkm

3.3.2 Skenario 1



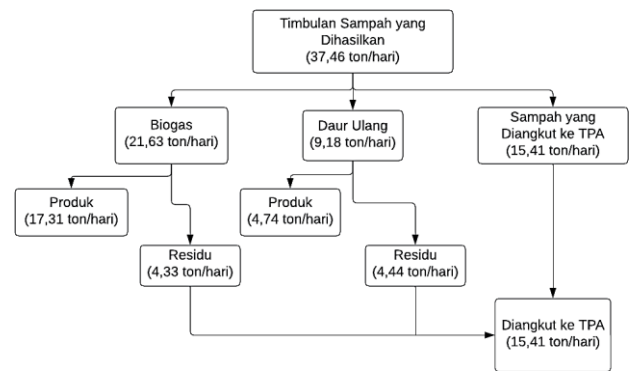
Gambar 2. Material Balance Skenario 1

Skenario 1 adalah skenario pengelolaan sampah di Kecamatan Dukuh Pakis yang direncanakan. Pengelolaan sampah rumah tangga pada Skenario 1 berfokus pada pengolahan di sumber sampah secara langsung atau di rumah-rumah. Pengelolaan sampah Skenario 1 dilakukan dengan melakukan pemilahan sampah di rumah-rumah warga, lalu proses pengolahan sampah organik dengan proses pengomposan, dan penyaluran ke bank sampah untuk sampah daur ulang. Untuk sisa sampah yang tidak dapat diolah akan dikumpulkan di wadah sementara sebelum diangkut menuju ke TPA. Berikut adalah data inventori yang dibutuhkan pada Skenario 1.

Tabel 7. Data Input Inventori Skenario 1

Skenario 1	Jumlah (Unit)	Kapasitas (m ³)	Sampah Dikelola (ton)	Jarak Total (km)	Beban
Pengelolaan di Sumber			37,46		37,46 ton/hari
Pemilahan	0	0	37,46	0	0
Pengomposan	0	0,00	17,31	0,00	0,00
Penyaluran ke Bank Sampah	0	0	4,74	0,00	0,00
Pengumpulan Sumber ke TPS			15,41	0,0	15,41 ton/hari
TPS	17	2	15,41	0,00	0,00
Pool ke Sumber (Motor Sampah)	10	1,2	0,00	50,0	193,90 MJ
Motor Sampah	20	1,2	14,77	50,0	738,50 Tkm
Pengangkutan ke TPA					
Pool ke Sumber (Amroll Truk)	8	6	0,00	168,0	651,50 MJ
Amroll Truk	8	6	14,77	168,0	2481,36 Tkm

3.3.3 Skenario 2



Gambar 3. Material Balance Skenario 2

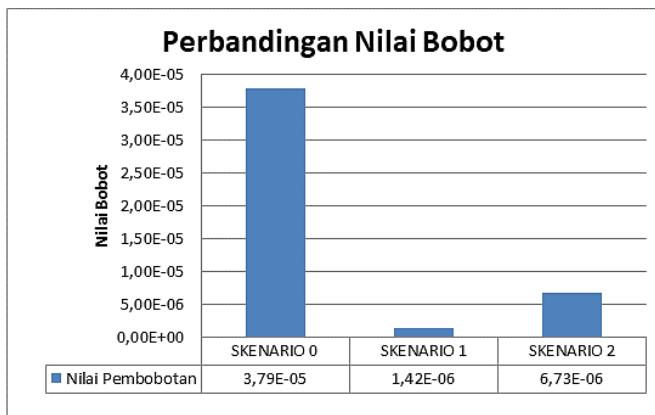
Skenario 2 adalah pengelolaan sampah rumah tangga di Kecamatan Dukuh Pakis yang direncanakan. Pengelolaan sampah rumah tangga pada Skenario 2 berfokus pada pengolahan di sumber sampah secara langsung atau di rumah-rumah warga. Pengelolaan sampah Skenario 2 dilakukan dengan melakukan pemilahan sampah di rumah-rumah warga, lalu proses pengolahan sampah organik dengan proses biogas, dan penyaluran ke bank sampah untuk sampah daur ulang, untuk sisa sampah yang tidak dapat diolah akan dikumpulkan di wadah sementara sebelum diangkut menuju ke TPA. Berikut adalah data inventori yang dibutuhkan pada Skenario 2.

Tabel 8. Data Input Skenario 2

Skenario 2	Jumlah (Unit)	Kapasitas (m ³)	Sampah Dikelola (ton)	Jarak Total (km)	Beban
Pengelolaan di Sumber			37,46		37,46 ton/hari
Pemilahan	0	0	37,46	0	0
Biogas	0	0,00	17,31	0,00	0,00
Penyaluran ke Bank Sampah	0	0	4,74	0,00	0,00
Pengumpulan Sumber ke TPS			15,41	0,0	15,41 ton/hari
TPS	17	2	15,41	0,00	0,00
Pool ke Sumber (Motor Sampah)	10	1,2	0,00	50,0	193,90 MJ
Motor Sampah	20	1,2	14,77	50,0	738,50 Tkm
Pengangkutan ke TPA					
Pool ke Sumber (Amroll Truk)	8	6	0,00	168,0	651,50 MJ
Amroll Truk	8	6	14,77	168,0	2481,36 Tkm

3.4 Life Cycle Impact Assessment

Life Cycle Impact Assessment (LCIA) merupakan tahap penilaian dari masing-masing kategori dampak dengan memberikan nilai bobot atau nilai relatif. Untuk melakukan penyetaraan nilai pada setiap dampak, dapat dihitung dengan nilai normalisasi pada setiap skenario dikalikan dengan faktor pembobotan yang diperoleh dari database. Hasil perhitungan nilai bobot sebagai berikut.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai Bobot

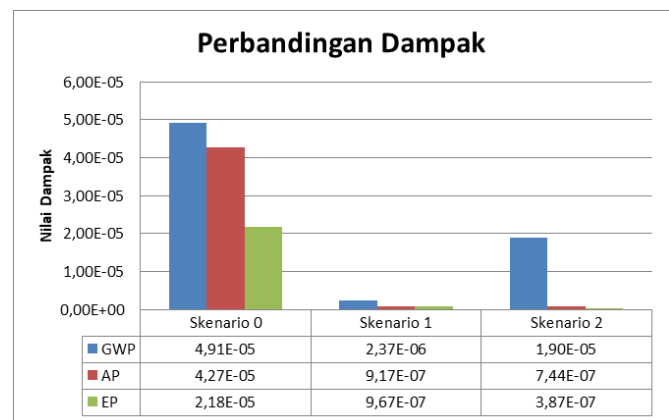
Hasil pembobotan menunjukkan bahwa Skenario 0 memiliki nilai pembobotan tertinggi sebesar $3,79 \times 10^{-5}$, sedangkan Skenario 1 memiliki nilai pembobotan paling rendah sebesar $1,42 \times 10^{-6}$. Artinya, skenario pengelolaan sampah rumah tangga pada Skenario 0 adalah skenario pengelolaan sampah terburuk dari segi dampak lingkungan. Pengelolaan sampah tanpa adanya pemilahan dan pengolahan pada sumbernya membutuhkan energi yang besar sehingga dampak lingkungan berupa emisi yang dihasilkan juga besar. Sedangkan Skenario 1 adalah skenario pengelolaan sampah rumah tangga terbaik karena dampak lingkungan yang dihasilkan paling kecil. Hal tersebut karena sampah yang dihasilkan langsung diproses disumbernya dan energi yang dibutuhkan dalam proses tersebut cenderung kecil bahkan tidak membutuhkan energi sama sekali. Maka, jumlah emisi yang disebabkan dari proses pengolahan sampah tidak terlalu besar, akan tetapi hanya disebabkan dari proses pengomposan saja.

3.5 Interpretasi

Langkah interpretasi merupakan langkah terakhir dari proses evaluasi LCA. Interpretasi dilakukan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menyimpulkan hasil analisis secara keseluruhan untuk menentukan sistem pengelolaan sampah rumah tangga terbaik di Kecamatan Dukuh Pakis.

3.5.1 Perbandingan Dampak

Setiap skenario akan dilakukan perbandingan tingkat dampak yang dihasilkan. Berikut perbandingan dampak dari masing-masing kategori dampak.



Gambar 5. Perbandingan Dampak pada Setiap Skenario

Global Warming Potential (GWP). Berikut adalah hasil dari analisis kontribusi dampak gas rumah kaca.

Tabel 9. Kontribusi Dampak GWP

Proses	Nilai GWP (kg CO ₂ -eq)		
	SKENARIO 0	SKENARIO 1	SKENARIO 2
Pengangkutan (Gerobak Sampah)	$1,58 \times 10^{-9}$	0	0
Pengangkutan (Motor Sampah)	$1,90 \times 10^{-8}$	$7,49 \times 10^{-9}$	$7,49 \times 10^{-9}$
Pengomposan	0	$1,49 \times 10^{-6}$	0
Daur Ulang	0	0	0
Biogas	0	0	$1,82 \times 10^{-5}$
Pengangkutan Menuju TPA (Amroll truk)	$4,91 \times 10^{-5}$	$8,76 \times 10^{-7}$	$8,76 \times 10^{-7}$
Total	$4,91 \times 10^{-5}$	$2,37 \times 10^{-5}$	$1,90 \times 10^{-5}$

Hasil perbandingan dampak dalam kontribusi dampak GWP menunjukkan bahwa Skenario 0 memiliki dampak yang tertinggi sebesar $4,91 \times 10^{-5}$ kg CO₂-eq. Hasil tersebut lebih tinggi dari Skenario 1 yaitu sebesar $2,37 \times 10^{-6}$ kg CO₂-eq dan skenario 2 sebesar $1,90 \times 10^{-5}$ kg CO₂-eq. Skenario 0 menghasilkan dampak GWP yang tinggi dikarenakan adanya proses pengangkutan sampah dengan armada yang membutuhkan bahan bakar (BBM) dalam jumlah besar. Kebutuhan bahan bakar tersebut dipengaruhi oleh jarak jalur pengangkutan sampah. Karena kebutuhan bahan bakar yang diperlukan semakin besar, maka emisi yang dihasilkan akan semakin besar juga.

Selain itu, proses pengomposan dengan bahan baku sampah organik yang mengandung senyawa N, P, dan K, juga menyebabkan dihasilkannya emisi gas rumah kaca seperti CO₂, N₂O, dan CH₄. Proses pengelolaan sampah rumah tangga ini menghasilkan jumlah emisi GRK yang bervariasi (Nazlatul, 2021). Selain pengomposan, pengolahan sampah organik menggunakan biogas juga menghasilkan emisi berupa CO₂ dan CH₄. Senyawa CO₂ dan CH₄ merupakan senyawa buatan manusia yang juga berkontribusi terhadap terjadinya gas rumah kaca (Derwent, 2020). Hal tersebut yang menyebabkan proses pengolahan sampah organik berdampak pada potensi pemanasan global.

Acidification Potential (AP). Berikut adalah hasil dari analisis kontribusi dampak asidifikasi.

Tabel 10. Kontribusi Dampak AP

Proses	Nilai AP (kg SO ₂ -eq)		
	Skenario 0	Skenario 1	Skenario 2
Pengangkutan (Gerobak Sampah)	0	0	0
Pengangkutan (Motor Sampah)	0	0	0
Pengomposan	0	1,73 x 10 ⁻⁷	0
Daur Ulang	0	0	0
Biogas	0	0	7,44 x 10 ⁻⁷
Pengangkutan Menuju TPA (Amroll truk)	4,27 x 10 ⁻⁵	0	0
Total	4,27 x 10⁻⁵	1,73 x 10⁻⁷	7,44 x 10⁻⁷

Hasil perbandingan dampak pada kategori AP menunjukkan bahwa Skenario 0 memiliki dampak yang tertinggi sebesar 4,27 x 10⁻⁵ kg CO₂-eq. Hasil tersebut lebih tinggi dari Skenario 1 yaitu 1,73 x 10⁻⁷ kg CO₂-eq dan Skenario 2 yaitu 7,44 x 10⁻⁷ kg CO₂-eq. Skenario 0 menghasilkan dampak asidifikasi yang tinggi dikarenakan adanya proses pengangkutan yang menggunakan bahan bakar. Proses pengangkutan berbahan bakar solar menghasilkan gas NO_x yang membahayakan jiwa. NO_x sendiri diketahui telah menyebabkan kematian dini pada hampir 10.000 jiwa, hal tersebut diakibatkan oleh NO_x yang terakumulasi dalam bentuk PM_{2,5} dan ozon (Jonson *et al.*, 2017).

Saat proses pengomposan, sampah sisa makanan dan sampah kebun mengandung bahan organik yang dapat menghasilkan senyawa gas, termasuk NH₃ (Aziz & Febriardy, 2016). Senyawa ini mengakibatkan asidifikasi yang terjadi pada tanah dan air yang menyebabkan peningkatan nilai keasaman.

Eutrophication Potential (EP). Berikut adalah hasil dari analisis kontribusi dampak eutrofikasi.

Tabel 11. Kontribusi Dampak EP

Proses	Nilai EP (kg PO ₄ -eq)		
	Skenario 0	Skenario 1	Skenario 2
Pengangkutan (Gerobak Sampah)	2,39 x 10 ⁻¹⁰	0	0
Pengangkutan (Motor Sampah)	2,88 x 10 ⁻⁹	1,14 x 10 ⁻⁹	1,14 x 10 ⁻⁹
Pengomposan	0	5,80 x 10 ⁻⁷	0
Daur Ulang	0	0	0
Biogas	0	0	0
Pengangkutan Menuju TPA (Amroll truk)	2,18 x 10 ⁻⁵	3,86 x 10 ⁻⁷	3,86 x 10 ⁻⁷
Total	2,18 x 10⁻⁵	9,67 x 10⁻⁷	3,87 x 10⁻⁷

Hasil perbandingan dampak pada kategori EP menunjukkan bahwa Skenario 0 memiliki dampak yang tertinggi sebesar 2,18 x 10⁻⁵ kg CO₂-eq. Hasil tersebut lebih tinggi dari Skenario 1 yaitu 9,67 x 10⁻⁷ kg CO₂-eq dan Skenario 2 yaitu 3,87 x 10⁻⁷ kg CO₂-eq. Serupa dengan dampak lainnya, dampak EP terbesar dihasilkan oleh Skenario 0. Hal ini disebabkan oleh proses operasional

pengolahan sampah yang menyebabkan pertumbuhan alga meningkat karena kandungan organik yang tinggi yang dihasilkan dari nitrogen (N) dan fosfor (P) yang terakumulasi (Banar *et al.*, 2009).

3.5.2 Alternatif Pengelolaan Sampah Rumah Tangga di Kecamatan Dukuh Pakis

Skenario 1 merupakan skenario dengan dampak lingkungan terendah berdasarkan nilai pembobotan, yaitu sebesar 1,42 x 10⁻⁶. Maka dapat disimpulkan bahwa Skenario 1 merupakan alternatif pengelolaan sampah rumah tangga di Kecamatan Dukuh Pakis. Pengelolaan sampah dengan Skenario 1 berfokus pada pengelolaan sampah di pusat, yaitu di rumah-rumah warga, hal tersebut sesuai dengan kebijakan Pemerintah Kota Surabaya.

Pengelolaan sampah Skenario 1 dilakukan dengan melakukan pemilahan sampah di rumah-rumah warga, lalu proses pengomposan untuk sampah organik, dan penyaluran ke bank sampah untuk sampah daur ulang. Untuk sisa sampah yang tidak dapat diolah akan dikumpulkan di wadah sementara sebelum diangkut menuju ke TPA.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Jumlah timbulan sampah rumah tangga yang dihasilkan di Kecamatan Dukuh Pakis adalah 0,443 kg/orang/hari dan densitas sampah rumah tangga di Kecamatan Dukuh Pakis adalah 153,74 kg/m³. Dari sampah rumah tangga yang dihasilkan tersebut mengandung beberapa komposisi, antara lain:
 - sisa makanan + daun-daunan (organik) sebesar 57,75%
 - kertas dan karton sebesar 6,77%
 - plastik sebesar 15,62%
 - kayu sebesar 0,32%
 - kain/tekstil sebesar 1,50%
 - logam sebesar 0,59%
 - gelas/kaca sebesar 1,54%
 - karet/kulit sebesar 0,83%
 - sampah lainnya sebesar 15,10%
- 2) Untuk hasil yang diperoleh dari analisis LCA, pada Skenario 0 (eksisting) didapatkan nilai bobotnya sebesar 3,79 x 10⁻⁵, Skenario 1 didapatkan nilai bobotnya sebesar 1,42 x 10⁻⁶, dan Skenario 2 didapatkan nilai bobotnya sebesar 6,73 x 10⁻⁶.
- 3) Berdasarkan dari hasil analisis, maka didapatkan hasil untuk skenario pengelolaan sampah rumah tangga terbaik di Kecamatan Dukuh Pakis, yaitu Skenario 1 karena berdasarkan nilai pembobotan yang ada Skenario 1 memiliki nilai bobot paling rendah. Pengelolaan sampah dengan Skenario 1 berfokus pada pengelolaan sampah di pusat, yaitu di rumah-rumah warga. Hal tersebut sesuai dengan kebijakan Pemerintah Kota Surabaya. Pengelolaan sampah Skenario 1 dilakukan dengan melakukan pemilahan sampah di rumah-rumah warga, lalu proses pengomposan untuk sampah organik, dan penyaluran ke bank sampah untuk sampah daur ulang, untuk sisa sampah yang tidak dapat diolah akan dikumpulkan di wadah sementara sebelum diangkut menuju ke TPA.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau (DKRTH) Kota Surabaya atas penyediaan informasi dan data-data yang diperlukan pada penelitian ini dan kepada berbagai pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, R., & Febriardy, F. (2016). Analisis Sistem Pengelolaan Sampah Perkantoran Kota Padang Menggunakan Metode Life Cycle Assessment. *Jurnal Dampak*, 13(2), 60.
- Banar, M., Cokaygil, Z., & Ozkan, A. (2009). Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey. *Waste Management*, 29(1), 54–62.
- Damanhuri, & Padi, T. (2018). *Pengelolaan Sampah Terpadu*. Institut Teknologi Bandung.
- Derwent, R. G. (2020). Global Warming Potential (GWP) for Methane: Monte Carlo Analysis of The Uncertainties In Global Tropospheric Model Predictions. *Atmosphere*, 11(5), 486.
- Jonson, J. E., Borken-Kleefeld, J., Simpson, D., Nyíri, A., Posch, M., & Heyes, C. (2017). Impact Of Excess No X Emissions from Diesel Cars on Air Quality, Public Health and Eutrophication In Europe. *Environmental Research Letters*, 12(9), 094017.
- McDougall, W. P. R., Franke, M., Hindle, P., & R, F. (2001). *Integrated solid waste management: a life cycle inventory*. Blackwell Science.
- Nazlatul Ain, T. (2021). Kajian Skenario Pengelolaan Sampah Rumah Tangga di Kota Sukabumi dengan Metode Life Cycle Assesment (LCA). Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- SNI 19-3964-1994. (1994). *Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan*.