

## LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) PENGELOLAAN SAMPAH DI PASAR WONOKERTO KABUPATEN MALANG

Rachelsya Bernadet<sup>1)</sup>, Hardianto<sup>2)</sup>, Anis Artiyani<sup>3)</sup>

<sup>1,2&3)</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Sigura-Gura No.2, Sumber Sari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang

Email: [rachelsya.bernadeth06@gmail.com](mailto:rachelsya.bernadeth06@gmail.com)

**ABSTRAK :** Pasar Wonokerto merupakan pasar tradisional daerah Kabupaten Malang yang terletak di Jalan Raya Wonokerto-Bantur, Desa Wonokerto, Kecamatan Bantur, Kabupaten Malang. Berdasarkan Peraturan Bupati Malang Nomor 8 Tahun 2012, Pasar Wonokerto masuk ke dalam pasar dengan kategori Pasar Tradisional Daerah Kelas II yang memiliki wilayah pasar seluas 5.931 m<sup>2</sup> dengan 94 toko, 96 bedak, dan 91 los yang aktif digunakan untuk jual-beli. Penanganan sampah di Pasar Wonokerto dilakukan dengan pewadahan, pengumpulan, pemindahan, dan pengangkutan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis dampak lingkungan yang dihasilkan dari pengelolaan sampah kondisi eksisting beserta 3 (tiga) skenario pengelolaan sampah yaitu daur ulang, komposting, serta kombinasi antara daur ulang dan komposting dengan *Life Cycle Assessment* (LCA). Kategori dampak lingkungan yang dianalisis dari skenario pengelolaan sampah ini di antaranya: *abiotic depletion*, asidifikasi, eutrofikasi, *global warming*, dan penipisan lapisan ozon. Analisis *Life Cycle Assessment* dilakukan menggunakan *software* SimaPro versi 9.4.0.2 metode CML 2001. Hasil analisis timbunan sampah Pasar Wonokerto untuk *Inventory Data* diperoleh rata-rata timbunan sampah pasar sebesar 0,163 kg/m<sup>2</sup>/hari. Pada hasil analisis komposisi sampah diperoleh 3 (tiga) komposisi sampah yang mendominasi yaitu, sampah basah sebesar 31% dari total sampah pasar, sampah plastik sebesar 32% dari total sampah pasar, dan sampah kertas sebesar 29% dari total sampah pasar. Hasil interpretasi menunjukkan bahwa skenario 3 (tiga) daur ulang dan komposting sampah memiliki nilai kontribusi relatif pada skenario terendah 273331.065 kg SO<sub>2</sub> eq, *Eutrophication* sebesar 29204.356 kg PO<sub>4</sub>--- eq, *Global Warming* sebesar 41206633.4 kg CO<sub>2</sub> eq, dan *Ozone Layer Depletion* sebesar 16.655 kg CFC-11 eq.

**Kata kunci:** Sampah, LCA, SimaPro

**ABSTRACT:** Wonokerto Market is a traditional market in Malang Regency which is located on Jalan Raya Wonokerto-Bantur, Wonokerto Village, Bantur District, Malang Regency. Based on Malang Regent Regulation Number 8 of 2012, Wonokerto Market is included in Class II Regional Traditional Market which has a market area of 5,931 m<sup>2</sup> with 94 shops, 96 powders, and 91 booths that are actively used for buying and selling. Waste handling at Wonokerto Market is carried out by container, collection, transfer, and transportation. The purpose of this study is to analyze the environmental impact from waste management in the existing conditions along with 3 (three) scenarios for waste management recycling, composting, and a combination of recycling and composting with a *Life Cycle Assessment* (LCA). The environmental impact categories analyzed from this waste management scenario include *abiotic depletion*, acidification, eutrophication, global warming, and ozone layer depletion. *Life Cycle Assessment* analysis was carried out using SimaPro software version 9.4.0.2 CML 2001 method. The interpretation of the *Life Cycle Assessment* (LCA) shows the results of the scenario with the lowest potential impact, namely scenario 3 (three) of waste recycling and composting. The relative contribution value in scenario 3 for the impact category is *Abiotic Depletion* of 459,754 kg Sb eq, Acidification of 273331,065 kg SO<sub>2</sub> eq, *Eutrophication* of 29,204,356 kg PO<sub>4</sub>--- eq, *Global Warming* of 41,206633.4 kg CO<sub>2</sub> eq, and *Ozone Layer Depletion* of 16,655 kg CFC -11 eq.

**Keywords:** Waste, LCA, SimaPro

## **PENDAHULUAN**

Capaian kinerja pengelolaan sampah, yang meliputi capaian pengurangan dan penanganan sampah rumah tangga dan sampah sejenis rumah tangga di Indonesia pada tahun 2022, menunjukkan bahwa terdapat 17.384.071,68 ton timbulan sampah per tahun. Komposisi sampah terbesar berdasarkan sumbernya, dihasilkan dari rumah tangga 37,6%, pusat perniagaan 22,1%, dan pasar tradisional yaitu 16,6% komposisi sampah (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, 2022).

Pasar tradisional menjadi salah satu sumber timbulan sampah dengan jumlah yang besar dari hasil aktivitas jual-beli masyarakat yang dilakukan di pasar (Marlina *et al.*, 2021). Pasar adalah area tempat jual-beli barang dengan jumlah penjual lebih dari satu, baik yang disebut sebagai pusat perbelanjaan, pasar tradisional, pertokoan, mall, plaza, pusat perdagangan maupun sebutan lain (Peraturan Daerah Kabupaten Malang Nomor 3 Tahun 2012). Menurut Kepala Bidang Pengelolaan Sampah dan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Kabupaten Malang (2020), terdapat 1.042,48 ton timbulan sampah harian dan 380.505,78 ton timbulan sampah tahunan yang dihasilkan di Kabupaten Malang, dimana 227.999 ton per tahun (58,83%) sampah yang belum dikelola dan 138.882 ton per tahun sampah terkelola (35,84%).

Kabupaten Malang memiliki pasar tradisional daerah sejumlah 33 pasar yang telah diklasifikasikan menurut kelasnya, dan salah satu pasar tersebut ialah Pasar Wonokerto. Pasar Wonokerto merupakan pasar tradisional daerah Kabupaten Malang yang terletak di Jalan Raya Wonokerto-Bantur, Desa Wonokerto, Kecamatan Bantur, Kabupaten Malang. Berdasarkan Peraturan Bupati Malang Nomor 8 Tahun 2012, Pasar Wonokerto masuk ke dalam pasar dengan kategori Pasar Tradisional Daerah Kelas II. Pasar Wonokerto memiliki luas sebesar 5.931 m<sup>2</sup> dengan 94 toko, 96 bedak, dan 91 los yang aktif digunakan untuk jual-beli.

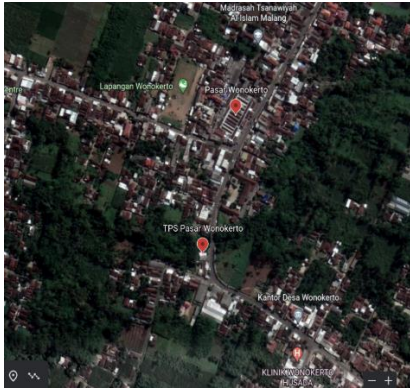
Penanganan sampah di Pasar Wonokerto dilakukan dengan pewadahan, pengumpulan, pemindahan, dan pengangkutan. Setiap harinya, sampah yang berada di tempat sampah Pasar Wonokerto akan dikumpulkan

dan diangkut menuju TPS Pasar Wonokerto yang berjarak kurang lebih 200 meter dari Pasar Wonokerto. Sampah yang telah terkumpul pada TPS Pasar Wonokerto kemudian akan diangkut menuju TPA Talangagung. Pada tahun 2022, sejumlah 127.071,11 ton sampah per tahun yang masuk ke TPA Talangagung dan berakhir di *landfill* (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, 2022). Belum adanya pengelolaan sampah pasar yang mendukung, dapat menyebabkan meningkatnya beban pengelolaan (reduksi) sampah yang harus dilakukan di TPA dan berpotensi menurunkan estimasi daya tampung sampah di TPA. Pengelolaan atau proses reduksi sampah akan lebih efektif apabila juga dilakukan di sumber timbulan sampah, sehingga sampah yang diangkut menuju TPA merupakan residu sampah yang tidak dapat dimanfaatkan kembali.

Dalam penelitian ini, dilakukan simulasi pengelolaan sampah Pasar Wonokerto dengan 3 (tiga) skenario pengelolaan. Dampak lingkungan yang dianalisis dari skenario pengelolaan sampah di antaranya: *abiotic depletion*, asidifikasi, eutrofikasi, *global warming*, dan penipisan lapisan ozon. Hasil LCA dengan skenario-skenario pengelolaan sampah, dapat merepresentasikan besaran dampak lingkungan dari usaha pengelolaan sampah. Oleh karena hal tersebut, interpretasi hasil penilaian dampak lingkungan dapat menjadi basis data dalam melakukan kebijakan pengelolaan sampah di sumber timbulan sampah. Sehingga, potensi penurunan kualitas lingkungan khususnya akibat dari akumulasi timbunan sampah dan kontaminasi zat hasil dari dekomposisi sampah dapat dicegah atau bahkan dikendalikan.

## **METODOLOGI**

Penelitian ini termasuk dalam penelitian kuantitatif dengan melakukan sampling untuk memperoleh data di lapangan serta melakukan perhitungan untuk mendapatkan hasil analisis data. Penelitian dilakukan dengan mengkaji dan melakukan observasi langsung terkait pengelolaan sampah Pasar Wonokerto, Kecamatan Bantur, Kabupaten Malang.



**Gambar 1 Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan dengan berbagai tahapan, yakni pengumpulan data primer, data sekunder, serta pengolahan data *life cycle inventory* dengan menggunakan perangkat lunak Simapro versi 9.4.0.2. Tahapan selanjutnya adalah analisis dampak lingkungan dan pembahasan serta penarikan kesimpulan sebagai tahapan akhir penelitian.

**Pengumpulan Data Sekunder**

Data sekunder yang akan dikumpulkan untuk penelitian ini adalah data jumlah kios Pasar Wonorejo, luas wilayah Pasar Wonorejo, peta dan batas-batas wilayah studi (Pasar Wonorejo), dan kondisi pengelolaan sampah Pasar Wonorejo.

**Pengumpulan Data Primer**

Data primer yang dibutuhkan dapat meliputi beberapa hal berikut:

1. Data Timbulan Sampah

Timbulan sampah di Pasar Wonorejo akan dihitung dengan mengukur langsung satuan timbulan sampah dari sejumlah sampel sampah Pasar Wonorejo yang ditentukan secara proporsional-random sampling di sumber selama 8 (delapan) hari berturut-turut menggunakan pedoman SNI 19-3964-1994. Penentuan jumlah sampel atau responden dalam penelitian ini menggunakan persamaan Slovin untuk mendapatkan estimasi proporsi sampel yang telah mewakili keseluruhan populasi. Kegiatan sampling akan dilakukan selama 8 hari berturut-turut pada bulan Oktober 2022.

Dalam menentukan jumlah proporsi sampel pada saat sampling digunakan persamaan Slovin sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{N \cdot e^2 + 1}$$

dimana:

n = Jumlah sampel/responden

N = Jumlah populasi

e = Persen kelonggaran ketidakteelitian karena kesalahan pengambilan sampel yang masih dapat ditolerir (10%)

Jumlah timbulan sampah dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Timbulan} \left( \frac{\text{kg}}{\text{unit}} / \text{hari} \right) = \frac{\text{berat sampah} \left( \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \right)}{\text{jumlah sampah (orang)}}$$

Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi:

A. Alat

- 1) Timbangan (0-5) kg;
- 2) Alat pengukur panjang skala 1-10 m;
- 3) Tali rafia;
- 4) Kantong plastik volume 10 liter;
- 5) Alat tulis;
- 6) Alat pengukur volume berupa kotak kapasitas 40 liter;
- 7) Sarung tangan dan masker.

B. Bahan

- 1) Sampah Pasar Wonorejo
2. Komposisi Sampah di Pasar Wonorejo  
Komposisi sampah dapat diperoleh dari pengukuran berat dan jenis sampah, seperti pada rumus berikut ini:

$$\% \text{Komposisi sampah} = \frac{\text{berat sampah}}{\text{berat sampah total (kg)}}$$

3. Densitas Sampah

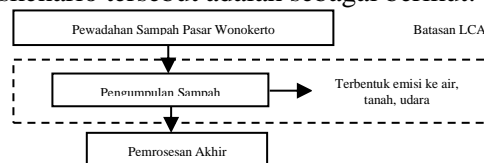
Untuk menghitung densitas sampah, maka digunakan rumus:

$$\rho \text{ (densitas)} = \frac{\text{massa (kg)}}{\text{volume (m}^3\text{)}}$$

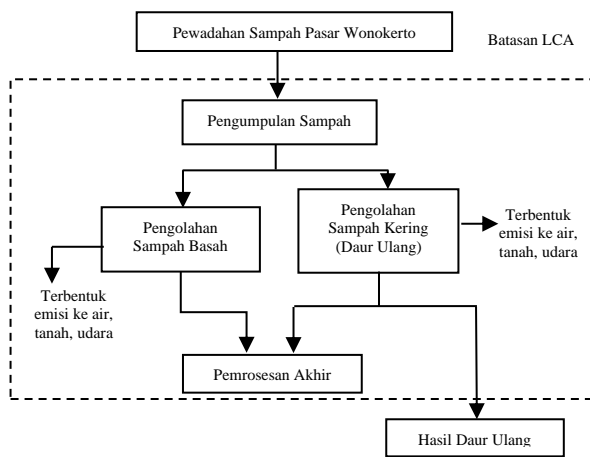
**Analisis Life Cycle Assessment**

**Penentuan Tujuan dan Ruang Lingkup**

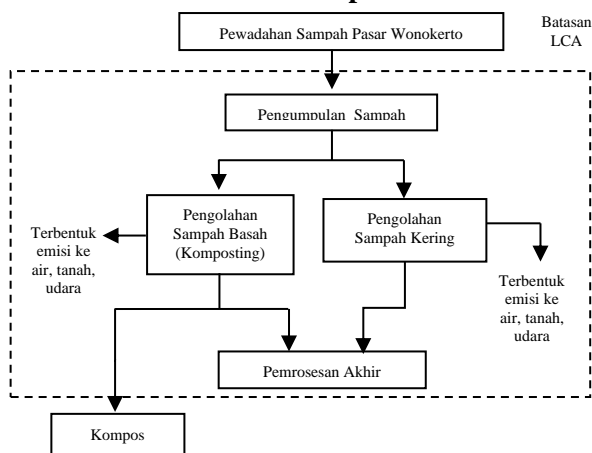
Tujuan *Life Cycle Assessment* (LCA) pada penelitian ini adalah untuk mengkuantifikasi besaran potensi dampak lingkungan yang dihasilkan dari kondisi eksisting pengelolaan sampah beserta skenario pengelolaan sampah Pasar Wonorejo. Terdapat 3 (tiga) skenario dalam penelitian ini yakni, daur ulang, pengomposan, serta daur ulang dan pengomposan sampah. Adapun ruang lingkup pada kondisi eksisting pengelolaan dan 3 (tiga) skenario tersebut adalah sebagai berikut:



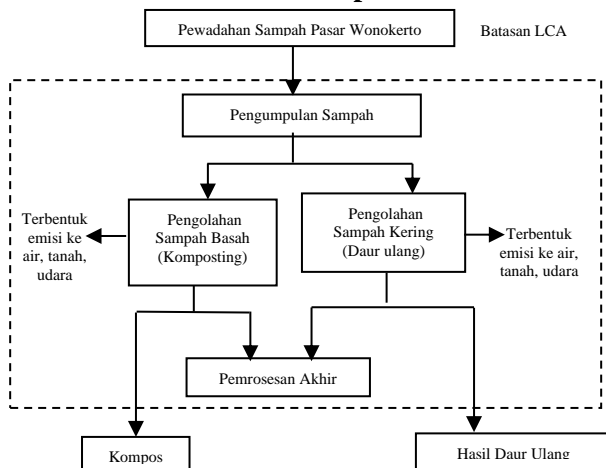
**Gambar 2 Batasan pada Kondisi Eksisting**



Gambar 3 Batasan pada Skenario 1



Gambar 4 Batasan pada Skenario 2



Gambar 5 Batasan pada Skenario 3

### Life Cycle Inventory (LCI)

Life cycle inventory meliputi pengumpulan dan perhitungan proses input dan output ke lingkungan dari sistem yang dievaluasi. Langkah ini bertujuan untuk menginventarisasi material dan/atau sumber daya yang berkaitan dengan sistem.

### Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

Life Cycle Impact Assessment (LCIA) mengidentifikasi dan mengevaluasi besaran nilai serta signifikansi dari potensi dampak lingkungan yang timbul dari Life Cycle Inventory (LCI). Seluruh data yang telah di input berserta dengan skenario pengelolaan sampah pasar, selanjutnya akan dianalisis oleh software Simapro versi 9.4.0.2 menggunakan metode CML 2001. Metode CML meliputi, *characterization* dan *normalization* tiap kategori dampak lingkungan. Adapun kategori dampak yang akan dikaji adalah *abiotic depletion*, *acidifikasi*, *eutrofikasi*, *pemanasan global*, dan *penipisan lapisan ozon*.

### Interpretation

Interpretation merupakan tahap akhir dalam life cycle assessment berupa penarikan kesimpulan dari hasil penilaian dampak lingkungan. Kombinasi hasil tahapan life cycle inventory dan life cycle impact assessment, digunakan dalam penarikan kesimpulan dan rekomendasi berdasarkan tujuan dan batasan yang telah diidentifikasi sebelumnya.

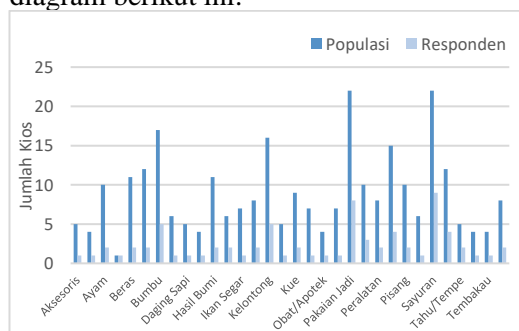
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Timbulan Sampah

Diketahui bahwa jumlah kios yang aktif digunakan untuk kegiatan jual beli adalah sebanyak 281 kios, sehingga jumlah sampel atau responden adalah:

$$n = \frac{281}{281 \cdot 0,1^2 + 1} = \frac{281}{2,81 + 1} = 73,75 \text{ kios} \approx 74 \text{ kios}$$

Dari data Pasar Wonokerto, diketahui keseluruhan jumlah kios beserta jenis barang yang dijual. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh jumlah sampel yang bervariasi untuk tiap jenis barang yang dijual. Variasi tersebut bergantung pada persentase jumlah tiap jenis barang yang dijual terhadap keseluruhan kios yang ada. Penilaian dari jumlah populasi dan sampel/responden ditunjukkan seperti pada diagram berikut ini.



Gambar 6 Diagram Jumlah Kios di Pasar

Wonokerto

Tabel 1 Timbulan Sampah Pasar Wonokerto (kg/m<sup>2</sup>/hari)

Jenis Pedagang	Responden	Berat Sampah (kg)	Luas Kios (m <sup>2</sup> )	Timbulan Sampah (kg/m <sup>2</sup> /hari)
Aksesoris	1	0.693	6.00	0.014
Alat Tulis	1	1.531	10.00	0.019
Ayam	2	3.580	6.00	0.075
Bahan Bakso	1	5.509	9.00	0.077
Beras	2	1.396	24.00	0.007
Buah-buahan	2	40.662	7.50	0.678
Bumbu	5	33.403	15.00	0.278
Bunga	1	9.102	1.50	0.759
Daging Sapi	1	1.320	3.75	0.044
Elektronik	1	2.498	18.00	0.017
Hasil Bumi	2	28.225	5.25	0.672
Ikan Asin	2	26.466	7.50	0.441
Ikan Segar	1	3.398	4.38	0.097
Kain	2	1.477	7.50	0.025
Kelontong	5	19.541	25.00	0.098
Kosmetik	1	1.444	4.38	0.041
Kue	2	4.105	2.63	0.195
Mainan	1	1.337	7.50	0.022
Obat/Apotek	1	1.454	15.00	0.012
Obras/Alat Jahit	1	3.965	2.63	0.189
Pakaian Jadi	8	8.213	36.00	0.029
Perabotan	3	8.195	30.00	0.034
Peralatan	2	1.265	20.00	0.008
Perhiasan	4	3.281	48.00	0.009
Pisang	2	46.385	10.00	0.580
Plastik	1	0.187	5.00	0.005
Sayuran	9	135.430	27.00	0.627
Sepatu/sandal	4	6.481	13.50	0.060
Tahu/Tempe	2	0.502	2.50	0.025
Telur	1	0.932	5.00	0.023
Tembakau	1	0.127	2.63	0.006
Warung	2	8.460	24.00	0.044
<b>Rata-rata</b>		<b>12.830</b>	<b>12.691</b>	<b>0.163</b>
<b>Standar Deviasi</b>		<b>25.606</b>	<b>11.281</b>	<b>0.238</b>

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Komposisi Sampah

Penelitian komposisi sampah Pasar Wonokerto dilakukan untuk mengidentifikasi jenis komposisi sampah yang terdapat pada Pasar Wonokerto. Hasil analisis komposisi sampah tersebut akan mempengaruhi hasil *Life Cycle Assessment* pada parameter dampak lingkungan berdasarkan pengelolaan sampah yang disimulasikan. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai tiga komposisi besar sampah yang dianalisis:

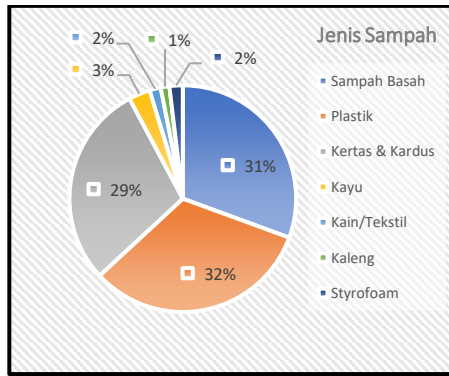
1. Sampah yang dapat dikomposkan: merupakan sampah yang terdiri dari sampah sisa makanan serta sampah sisa sayur dan buah. Sampah ini memiliki persentase cukup tinggi yakni sebesar 31%.
2. Sampah plastik: merupakan gabungan dari beberapa jenis plastik yakni HDPE, LDPE, PET, Sterofoam dan plastik campuran. Plastik memiliki persentase terbesar yakni 32%.

3. Sampah kertas: merupakan gabungan dari beberapa jenis kertas yakni kertas kantor, koran, majalah, buku, papan bahan kertas, kertas campuran, dan karton. Sampah kertas memiliki persentase sebesar 29%.

Tabel 2 Kesetimbangan Massa Sampah Pasar Wonokerto

Komposisi	Pasar Wonokerto		Recovery Factor <sup>±</sup>	Recycled (kg/hari)	Residu (kg/hari)
	Komposisi (%)	Berat (kg/hari)			
Sampah basah	Sisa makanan	5.99	3.08	80.00	0.62
	Sisa sayur dan buah	65.97	33.91	80.00	27.13
Plastik	HDPE	0.03	0.02	50.00	0.01
	LDPE	5.32	2.73	50.00	1.37
	PET	1.70	0.87	50.00	0.44
	Campuran	0.54	0.28	50.00	0.14
Kertas	Kertas Kantor	0.24	0.12	50.00	0.06
	Koran	1.46	0.75	50.00	0.38
	Majalah	0.00	0.00	50.00	0.00
	Buku	0.00	0.00	50.00	0.00
	Papan bahan kertas	0.15	0.08	50.00	0.04
	Kertas campuran	2.35	1.21	50.00	0.60
	Kardus	7.46	3.84	50.00	1.92
Popok bayi	0.66	0.34	0.00	0.00	0.34
Kabel	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02
Kayu	6.12	3.15	0.00	0.00	3.15
B3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kain/Tekstil	0.30	0.15	0.00	0.00	0.15
Kaca	0.18	0.09	65.00	0.06	0.03
Karet	0.08	0.04	50.00	0.02	0.02
Kaleng	Kaleng aluminium	0.28	0.14	80.00	0.11
	Kaleng baja	0.00	0.00	80.00	0.00
Logam	0.00	0.00	80.00	0.00	0.00
Kulit	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00
Sterofoam	0.67	0.34	0.00	0.00	0.34
Batu/pasir	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tulang	0.46	0.24	0.00	0.00	0.24
Rambut	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>51.40</b>		<b>34.74</b>	<b>16.67</b>





Gambar 7 Grafik Komposisi Sampah Pasar Wonokerto

### Densitas Sampah

Pengukuran densitas sampah termasuk dalam pengukuran karakteristik fisik sampah, atau disebut juga dengan berat jenis sampah. Densitas sampah menyatakan berat sampah per satuan volume.

Tabel 3 Densitas Sampah Pasar Wonokerto

No	Jenis Pedagang	Timbulan Sampah (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )
1	Aksesoris	0.693	0.092	7.547
2	Alat Tulis	1.531	0.081	19.009
3	Ayam	3.580	0.230	15.577
4	Bahan Bakso	5.509	0.550	10.018
5	Beras	1.396	0.404	3.454
6	Buah-buahan	40.662	0.168	241.656
7	Bumbu	33.403	0.265	126.188
8	Bunga	9.102	0.428	21.274
9	Daging Sapi	1.320	0.139	9.530
10	Elektronik	2.498	0.088	28.245
11	Hasil Bumi	28.225	0.194	145.554
12	Ikan Asin	26.466	0.720	36.745
13	Ikan Segar	3.398	0.220	15.476
14	Kain	1.477	0.072	20.560
15	Kelontong	19.541	0.230	85.024
16	Kosmetik	1.444	0.061	23.854
17	Kue	4.105	0.122	33.622
18	Mainan	1.337	0.069	19.421
19	Obat/Aptek	1.454	0.051	28.343
20	Obras/Jahit	3.965	0.077	51.527
21	Pakaian Jadi	8.213	0.145	56.772
22	Perabotan	8.195	0.200	40.961
23	Peralatan	1.265	0.067	18.878
24	Perhiasan	3.281	0.179	18.378
25	Pisang	46.385	0.320	145.135
26	Plastik	0.187	0.042	4.500
27	Sayuran	135.430	0.991	136.644
28	Sepatu/sandal	6.481	0.264	24.579
29	Tahu/Tempe	0.502	0.005	106.365
30	Telur	0.932	0.018	50.466
31	Tembakau	0.127	0.185	0.688
32	Warung	8.460	0.125	67.754
<b>Total</b>		<b>410,563</b>	<b>6,798</b>	<b>1719,654</b>
<b>Rata-rata</b>		<b>12,83</b>	<b>1,604</b>	<b>50,429</b>
<b>Standar Deviasi</b>		<b>25,606</b>	<b>3,201</b>	<b>55,482</b>

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

### Kesetimbangan Massa

Analisis kesetimbangan massa sampah berdasarkan pengukuran timbulan dan

komposisi sampah di Pasar Wonokerto dilakukan dengan tujuan agar diketahui jumlah sampah yang dapat direduksi melalui simulasi pengelolaan sampah, sehingga residu sampah hasil pengelolaan dapat diestimasi massanya untuk dibuang ke TPA.

Potensi reduksi sampah dari Pasar Wonokerto, dapat dihitung berdasarkan skema kesetimbangan massa dari seluruh sampah yang masuk dan diolah di Pasar Wonokerto. Berdasarkan berat sampah dari Pasar Wonokerto, sampah yang dapat didaur ulang sebesar 28,04% dari total sampah pasar. Sampah basah yang dapat dijadikan bahan baku kompos sebesar 71,96% dari total sampah pasar. Total residu yang akan diangkut ke TPA pada skenario 1 sebesar 89,99% dari total sampah yang masuk, sehingga dengan perhitungan ini potensi reduksi sampah sebesar 10,01%. Total residu yang akan diangkut ke TPA pada skenario 2 sebesar 42,43% dari total sampah yang masuk, sehingga dihasilkan potensi reduksi sampah sebesar 57,57%. Pada skenario 3, total residu yang akan diangkut ke TPA yakni sebesar 32,42% sehingga dihasilkan potensi reduksi sampah sebesar 67,58%.

### Life Cycle Inventory (LCI)

Life Cycle Inventory (LCI) merupakan proses inventarisasi data berupa bahan dan energi yang digunakan pada saat proses tiap skenario. LCI dianalisis untuk sampah Pasar Wonokerto yang didapatkan dengan mengalikan persentase sampah dengan kuantitas sampah Pasar Wonokerto. Input estimasi kuantitas sampah pada kondisi eksisting disajikan pada Tabel 5.5 berikut. Data hasil perhitungan tersebut, menjadi data yang akan dimasukkan ke dalam perangkat lunak SimaPro untuk diinventarisasi data metode LCA.

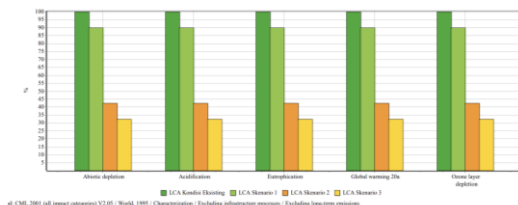
Tabel 4 Hasil Perhitungan LCI Kuantitas Sampah

Jenis Sampah	Persentase Sampah (%)	Kuantitas Sampah (kg/hari)
Sampah basah	Sisa makanan	5.99
	Sisa sayur dan buah	65.97
<b>Sub-total Sampah Basah</b>	<b>71.96</b>	<b>36.99</b>
Plastik	HDPE	0.03
	LDPE	5.32
	PET	1.70
	Campuran	0.54
<b>Sub-total Plastik</b>	<b>8.25</b>	<b>4.24</b>
Kertas	Kertas Kantor	0.24
	Koran	1.46
	Majalah	0.00
	Buku	0.00

Jenis Sampah	Persentase Sampah (%)	Kuantitas Sampah (kg/hari)
Papan bahan kertas	0.15	0.08
Kertas campuran	2.35	1.21
Kardus	7.46	3.84
<b>Sub-total Kertas</b>	<b>11.66</b>	<b>5.99</b>
Popok bayi	0.66	0.34
Kabel	0.03	0.02
Kayu	6.12	3.15
B3	0.00	0.00
Kain/Tekstil	0.30	0.15
Karet	0.08	0.04
Kaca	0.18	0.09
Kaleng Kaleng aluminium	0.28	0.14
Kaleng Kaleng baja	0.00	0.00
Logam	0.00	0.00
Kulit	0.00	0.00
Lain-lain Batu/pasir	0.00	0.00
Lain-lain Tulang	0.46	0.24
Lain-lain Rambut	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>51.40</b>

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

### Life Cycle Impact Assessment (LCIA)



**Gambar 8 Hasil Characterization Penilaian Dampak Lingkungan**

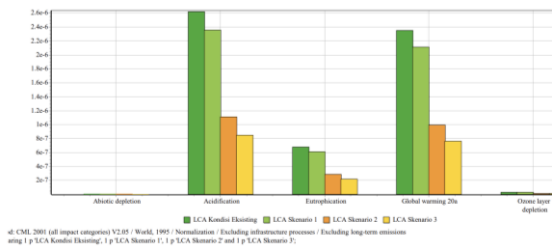
Penilaian dampak lingkungan dari tiap kategori dampak mengalami penurunan pada setiap skenario pengelolaan. Nilai emisi yang besar disebabkan selain karena perhitungan dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses pengelolaan sampah, LCA juga memperhitungkan dampak yang dihasilkan oleh residu hasil pengelolaan. Pengelolaan sampah dengan skenario di atas menghasilkan residu sampah yang cukup besar yaitu, 32%-42% dari total sampah yang terkelola. Salah satu faktor yang mempengaruhi hal tersebut adalah nilai *recovery factor* sampah yang menggunakan data sekunder, pengelolaan sampah dapat lebih optimal mereduksi sampah apabila nilai *recovery factor* disesuaikan dengan kondisi eksisting sampah (data primer).

Hasil penilaian dampak lingkungan tiap kategori di atas menunjukkan bahwa, skenario 3 menghasilkan dampak lingkungan yang lebih rendah daripada skenario lainnya ( $S3 < S2 < S1 < S0$ ). Berdasarkan Tabel 5.7 di atas, skenario 3 pengelolaan sampah yang didahului dengan pemilahan sampah menjadi sampah basah (71,96%) dan sampah kering

(28,04%), dapat mengurangi potensi dampak *abiotic depletion*, asidifikasi, eutrofikasi, *global warming*, dan penipisan lapisan ozon. Menurut Bernstad *et al* (2011) dalam Anasstasia dan Azis (2020), optimalisasi pemilahan sampah juga dapat menurunkan potensi pembentukan ozon.

Kondisi eksisting pengelolaan sampah yang merupakan pembuangan sampah ke tempat pemrosesan akhir menghasilkan potensi dampak *abiotic depletion*, penipisan lapisan ozon, dan *global warming* paling tinggi. Potensi dampak tersebut tidak terjadi secara cepat, melainkan berlangsung lama akibat masih tercampurnya sampah yang mudah dan sulit terdekomposisi. Hal tersebut juga dinyatakan dalam penelitian Anasstasia dan Azis (2020). Sampah basah akan terdekomposisi kurang dari 5 tahun, sedangkan sampah karet, plastik, dan logam akan membutuhkan waktu yang lebih lama bahkan tidak dapat terdekomposisi (Tchobanoglous and Kreith, 2019). Pada skenario 3, hanya residu sampah dari hasil pengolahan secara komposting dan daur ulang yang ditimbun di TPA.

Mengacu pada penelitian sebelumnya, kondisi eksisting pengelolaan sampah Pasar Wonokerto merupakan bentuk pengelolaan sampah yang paling tinggi menimbulkan pemanasan global karena tidak adanya penanganan gas (Saheri *et al.*, 2012; Babu *et al.*, 2014). Gas dari hasil dekomposisi sampah yakni,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H_2S$ , dan  $NH_3$  yang terlepas ke atmosfer tanpa penanganan berpotensi meningkatkan potensi *global warming*. Menurut Adicita dan Afifah (2022),  $CH_4$  dihasilkan dari mikroorganisme dalam proses dekomposisi materi organik. Semakin banyak materi organik yang terkandung dalam sampah maka semakin tinggi pula konsentrasi  $CH_4$  yang dihasilkan. Di samping itu, penimbunan sampah juga berpotensi menghasilkan lindi yang mengandung polutan seperti  $BO_5$ , COD, nitrat, dan sebagainya (Anasstasia dan Azis, 2020). Potensi dampak yang ditimbulkan dari lindi tersebut adalah eutrofikasi. Dampak yang ditimbulkan dari dekomposisi sampah yaitu, asidifikasi karena terlepasnya emisi  $NH_3$  ke atmosfer.



**Gambar 9 Hasil Normalisasi Skenario Pengelolaan Sampah**

Hasil analisis normalisasi pada skenario pengelolaan sampah menunjukkan bahwa potensi dampak asidifikasi dan *global warming* memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap lingkungan dibandingkan dengan kategori dampak yang lainnya. Proses pengelolaan sampah dengan daur ulang dan/atau komposting memberikan kontribusi emisi yang signifikan terhadap terjadinya asidifikasi dan *global warming*.

#### Interpretasi

Tahap akhir dari analisis *Life Cycle Assessment* dalam penelitian ini adalah interpretasi. Interpretasi merupakan proses penarikan kesimpulan dari hasil analisis potensi dampak lingkungan pengelolaan sampah. Berdasarkan hasil analisis skenario 1, 2, dan 3, diperoleh kesimpulan bahwa dampak lingkungan terendah dihasilkan oleh skenario 3 yaitu pengelolaan dengan daur ulang dan komposting sampah.

Dalam pengelolaan sampah, upaya daur-ulang akan berhasil baik apabila dilakukan pemilahan dan pemisahan komponen sampah mulai dari sumber sampai ke proses akhirnya. Menurut Adicita dan Afifah (2022), manajemen persampahan yang terintegrasi dimulai dengan mengklasifikasikan dan memilah sampahnya dinilai lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan tidak mengklasifikasikannya. Semakin detail dalam pemilahan sampah, maka semakin kecil dampak pengolahan dan pengelolaan sampah terhadap lingkungan.

Sedangkan pada proses komposting, hal yang paling penting diperhatikan adalah proses dekomposisi yang dilakukan oleh mikroorganisme terhadap bahan organik *biodegradable*. Tujuan utama pengomposan adalah untuk mengubah bahan organik yang *biodegradable* menjadi bahan yang secara biologi bersifat stabil, dengan demikian dapat terbentuk humus dan bahan mineral

(Damanhuri dan Padmi, 2010). Pengelolaan sampah dengan pengomposan yang tepat dapat mengurangi potensi pencemaran emisi gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang menjadi potensi terbesar penyebab terjadinya pemanasan global (*global warming*), asidifikasi, dan eutrofikasi.

#### Rekomendasi

Berdasarkan hasil analisis, sampah pasar yang tidak terkelola dapat menimbulkan masalah kesehatan, polusi, serta ketidakseimbangan terhadap ekosistem. Dampak negatif dari produksi sampah pasar yang tidak terkelola dapat berpotensi semakin sulit dikendalikan apabila tidak diimbangi dengan penanganan sampah yang benar dan tepat. Pengelolaan sampah Pasar Wonokerto dapat dilakukan dengan penyelenggaraan Tempat Pengolahan Sampah *Reduce-Reuse-Recycle* (TPS 3R) dan pengomposan. Pada prinsipnya, penyelenggaraan TPS 3R ditujukan pada konsep *Reduce* (mengurangi), *Reuse* (menggunakan kembali), dan *Recycle* (daur ulang), dimana dilakukan usaha untuk mengelola sampah sejak dari sumber timbulan sampah. Sehingga, beban sampah yang harus diolah secara langsung di TPA dapat berkurang (Dirjen Cipta Karya, 2017).

Pengomposan dapat dilakukan dengan menggunakan metode *anaerobic digestion* (AD). Kelebihan penggunaan teknologi AD antara lain, ramah lingkungan daripada metode pengomposan lain, memiliki keandalan operasional, berpotensi menghasilkan biogas, dan prosesnya berlangsung secara tertutup (Al-Rumaihi *et al.*, 2020).

#### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis timbulan dan komposisi sampah Pasar Wonokerto untuk *Inventory Data* pengelolaan sampah Pasar Wonokerto dengan LCA, diperoleh timbulan sampah maksimum sebesar  $0,759 \text{ kg/m}^2/\text{hari}$ , sedangkan timbulan minimum yang diperoleh adalah  $0,005 \text{ kg/m}^2/\text{hari}$ . Sehingga diperoleh rata-rata timbulan sampah sebesar  $0,163 \text{ kg/m}^2/\text{hari}$ . Hasil analisis komposisi sampah diperoleh 3 (tiga) komposisi sampah yang mendominasi yaitu, sampah basah sebesar



31% dari total sampah pasar, sampah plastik sebesar 32% dari total sampah pasar, dan sampah kertas sebesar 29% dari total sampah pasar.

2. Hasil analisis dampak lingkungan (LCIA) pada skenario 3 untuk kategori dampak *Abiotic Depletion* sebesar 459.754 kg Sb eq, *Acidification* sebesar 273331.065 kg SO<sub>2</sub> eq, *Eutrophication* sebesar 29204.356 kg PO<sub>4</sub>--- eq, *Global Warming* sebesar 41206633.4 kg CO<sub>2</sub> eq, dan *Ozone Layer Depletion* sebesar 16.655 kg CFC-11 eq.
3. Hasil interpretasi *Life Cycle Assessment* (LCA) penilaian skenario pengelolaan sampah pasar menggunakan SimaPro versi 9.4.0.2 dan metode CML 2001, diperoleh hasil skenario dengan potensi dampak terendah yakni pada skenario 3 (tiga) daur ulang dan komposting sampah.

#### SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat dijadikan masukan terkait hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukannya uji laboratorium untuk melakukan analisis proksimasi dan ultimasi sampah, agar penentuan skenario pengelolaan sampah dapat lebih tepat sasaran dalam mensimulasikan penurunan dampak lingkungan.
2. Perlu dilakukannya analisis koefisien recovery factor sampah sesuai dengan kondisi eksisting sampah, sehingga potensi reduksi sampah dapat lebih optimal dalam menurunkan dampak lingkungan.
3. Perlu dilakukannya analisis potensi dampak lingkungan dengan menggunakan perangkat lunak lainnya seperti openLCA dan GaBi, dengan menggunakan metode lainnya misalnya EDIP 2003, EF v3.0, EPS 2000, IMPACT 2002+, IPCC 2013, ReCipe Endpoint, TRACI, USEtox, EPD 2018, Ecological Scarcity dan lain-lain pada penelitian selanjutnya.
4. Dalam pengelolaan sampah Pasar Wonokerto diperlukan sarana dan prasarana yang mendukung dengan mengupayakan perencanaan anggaran pembangunan TPS 3R dengan peralatan yang memadai. Pengelolaan sampah dapat dilakukan dengan mendaur-ulang sampah,

komposting, maupun pengelolaan lain yang sesuai.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adicita, Y., dan Afifah, A.S. 2022. Analisis Sistem Pemilihan dan Daur Ulang Sampah Rumah Tangga di Daerah Perkotaan Menggunakan Pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA). *Jurnal Ilmu Lingkungan* 20(2), 406-413, doi:10.14710/jil.20.2.406-413.
- Al-Rumaihi A, McKay G, Mackey HR and Al-Ansari T. 2020. Environmental impact assessment of food waste management using two composting techniques. *Sustainability* 12(4):1-23. <https://doi.org/10.3390/su12041595>.
- Anasstasia, T. T., & Azis, M. M. (2020). JPLB, 3, 537–551. *Life cycle assessment* (LCA) kegiatan bank sampah di pedesaan (Bank Sampah Asoka Berseri, Desa Sokosari, Tuban). <http://www.bkpsl.org/ojswp/index.php/jplbJPLB,4>
- Babu GLS, Lakshmikanthan P and Santhosh LG. 2014. Life cycle analysis of municipal solid waste (MSW) land disposal options in Bangalore City [Proceeding]. *International Conference on Sustainable Infrastructure 2014* 795-806. <https://doi.org/10.1061/9780784478745.075>.
- Bernstad A, Jansen JLC and Aspegren H. 2011. *Life cycle assessment of a household solid waste source separation programme: a Swedish case study. Waste Management & Research* 29(10):1027-1042. <https://doi.org/10.1177/0734242X11406170>.
- Damanhuri, E., dan Padmi, T. 2010. *Pengelolaan Sampah Terpadu Edisi Pertama*. Penerbit ITB. Bandung ISBN 978-7861-33-6.
- Direktorat Jendral Cipta Karya. *Petunjuk Teknis Tempat Pengolahan Sampah (TPS 3R)*. Jakarta: Dirjen Cipta Karya, 2017.
- Marlina, N.I, Joko, T., Setiani, O. 2021. Evaluasi Aspek Pengelolaan Sampah Pasar Tradisional Kedunggalar Kecamatan Kedunggalar Kabupaten

- Ngawi Jawa Timur. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia* 20(5). DOI : 10.14710/mkmi.20.5.308-316
- Peraturan Daerah Kabupaten Malang Nomor 3 Tahun 2012. (2012). *PERATURAN DAERAH KABUPATEN MALANG NOMOR 3 TAHUN 2012 TENTANG PERLINDUNGAN DAN PEMBERDAYAAN PASAR TRADISIONAL SERTA PENATAAN DAN PENGENDALIAN PUSAT PERBELANJAAN DAN TOKO MODERN.*
- Peraturan Bupati Malang Nomor 8 Tahun 2012. (2012). *PERATURAN BUPATI MALANG NOMOR 8 TAHUN 2012 TENTANG PETUNJUK PELAKSANAAN TENTANG RETRIBUSI PELAYANAN PASAR.*
- Saheri S, Mir MA, Basri NEA, Mahmood NZB and Begum RA. 2012. *Life cycle assessment for solid waste disposal options in Malaysia. Polish Journal of Environmental Studies* 21(5):1377-1382.
- Sistem Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). 2022. *Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Available at: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>.*
- Tchobanoglous G and Kreith F. 2019. *Handbook of solid waste management* 2nd Ed. McGraw-Hill Companies. New York.