



JNPH

Volume 10 No. 1 (April 2022)

© The Author(s) 2022

COST BENEFIT ANALYSIS DALAM PENINGKATAN METODE LANDFILLING TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SAMPAH STUDI KASUS: TPA AIR SEBAKUL KOTA BENGKULU

COST BENEFIT ANALYSIS IN IMPROVING THE SOLID WASTE FINAL DISPOSAL METHODE A CASE STUDY OF: TPA AIR SEBAKUL IN BENGKULU CITY

**DEFI ERMAYENDRI, REFLIS, SATRIA PUTRA UTAMA, MUSTOPA RAMDHON,
INDARWANTO**

**PROGRAM DOKTOR ILMU PERTANIAN, FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS BENGKULU**

**JURUSAN AGRIBISNIS, FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS BENGKULU
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN POLITEKNIK KESEHATAN
KEMENTERIAN KESEHATAN BENGKULU**

DINAS KETAHANAN PANGAN KABUPATEN MUSI RAWAS

Email: deff.manna@gmail.com

ABSTRAK

Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga sebagaimana dimaksud dilakukan melalui: pemilahan sampai pemrosesan akhir. Penyingkiran limbah ke dalam tanah (*land disposal*) merupakan cara yang paling sering dalam pengelolaan limbah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis metode *final disposal* sebagai tujuan akhir teknis operasional pengolahan sampah. Menggunakan metode CBA, yaitu menghitung total biaya yang dibutuhkan dan total manfaat yang didapat. Analisis ini untuk mengetahui nilai BCR dari kondisi aktual operasional dan infrastruktur fasilitas tempat pemrosesan akhir sampah pengelolaan sampah dengan membandingkan nilai manfaat dan biaya dari 3 metode *landfilling* dengan 2 skenario. Skenario A, berupa peningkatan sistem pemrosesan akhir sampah dari metode *open dumping* ke metode *control landfill*. Skenario B, berupa peningkatan sistem pemrosesan akhir sampah dari metode *open dumping (Semi control landfill)* ke metode *Control landfill*. Manfaat lebih banyak disumbangkan oleh pengurangan emisi CO₂ dari sampah yang dikelola di tempat pemrosesan akhir. Masing – masing skenario metode memberikan besaran manfaat yang berbeda. Perlakuan pengurangan sampah baik secara *control landfill* maupun dengan *sanitary landfill* memberi dampak yang berbeda. Metode *open dumping* TPA (aktual) menunjukkan bahwa nilai total manfaat lebih kecil dibandingkan total biaya investasi yang dikeluarkan. Total nilai manfaat menjadi semakin besar ketika dilakukan perubahan metode dari *open dumping* ke metode *control landfill* (Skenario A). Peningkatan sistem pemrosesan akhir sampah dari metode *open dumping* ke metode *sanitary landfill* sebagai Skenario “B” mampu mereduksi emisi GRK sebesar 94%. Keuntungan terbesar berasal dari manfaat tidak langsung

berupa *social cost* atas gas rumah kaca yang tidak terlepas diudara.

Kata Kunci: Tempat Pemrosesan Akhir Sampah, Cost Benefit Analysis

ABSTRACT

The handling of domestic solid waste and similar household waste as referred to is carried out through: sorting to final processing. Land disposal is the most common method of waste management. This study aims to analyze the final disposal method as the final technical goal of waste processing operations. Using the CBA method, which calculates the total costs required and the total benefits obtained. This analysis is to determine the BCR value from the actual operational conditions and infrastructure of the final waste processing facility by comparing the benefits and costs of 3 landfilling methods with 2 scenarios. Scenario A, in the form of upgrading the final waste processing system from the open dumping method to the control landfill method. Scenario B, in the form of upgrading the final waste processing system from the open dumping method (Semi control landfill) to the Controll landfill method. More benefits are contributed by the reduction of CO₂ emissions from waste managed at the final processing site. Each method scenario provides a different amount of benefit. The treatment of waste collection, both in a control landfill and with a sanitary landfill, has a different impact. The TPA open dumping method (actual) shows that the total value of the benefits is smaller than the total investment costs incurred. The total value of benefits becomes even greater when the method changes from open dumping to the control landfill method (Scenario A). The improvement of the final waste processing system from the open dumping method to the sanitary landfill method as Scenario "B" is able to reduce GHG emissions by 94%. The biggest profit comes from indirect benefits in the form of social costs on greenhouse gases that cannot be released into the atmosfer.

Keywords: Final Disposal of Solid Waste, Cost Benefit Analysis

PENDAHULUAN

Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga sebagaimana dimaksud dilakukan melalui: pemilahan; pengumpulan; pengangkutan; pengolahan; dan pemrosesan akhir. Pemrosesan akhir merupakan bagian dari kebijakan strategi pengelolaan sampah nasional (Peraturan Presiden No. 97 tahun 2017). Tempat pemrosesan akhir adalah tempat untuk memroses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan. Aspek teknis pengelolaan sampah kota antara lain meliputi kegiatan: pembatasan timbulan sampah; daur ulang sampah; pemanfaatan kembali sampah; pemilahan sampah; pengumpulan sampah; pengangkutan sampah; pengolahan sampah; dan pemrosesan akhir

sampah. (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2013). Penyingkiran limbah ke dalam tanah (*land disposal*) merupakan cara yang paling sering dijumpai dalam pengelolaan limbah. Sarana dengan cara penyingkiran limbah ke dalam tanah dengan pengurukan (*landfilling*) atau penimbunan dikenal sebagai landfill atau lahan-uruk (LU) yang diterapkan mula-mula pada sampah kota. Cara ini dikenal sejak awal tahun 1900-an, dengan nama sanitary landfill (SL), karena aplikasinya memperhatikan aspek sanitasi lingkungan. Keterlambatan pengangkutan sampah ke tempat pemrosesan akhir (TPA) dapat menyebabkan gangguan bau, keindahan dan dan tempat berkembang biakan vektor penyakit dan binatang pengerat.

Pengelolaan sampah di TPA dilakukan secara *open dumping* atau *controlled landfill*, berisiko mencemari air tanah di sekitar TPA

dan tempat perkembangbiakan vektor penyakit dan *rodentia*. Untuk mengurangi beban TPA salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pengelolaan sampah di sumber timbulan, sehingga sampah yang diangkut ke TPA volumenya berkurang. Semakin beragam upaya mengurangi sampah dilakukan di sumber timbulan, semakin murah biaya pengelolaan sampah pada proses pengelolaan selanjutnya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis metode *final disposal* sebagai tujuan akhir teknis operasional pengolahan sampah. Keberadaan infrastruktur tempat pemrosesan akhir sampah dengan metode CBA, dengan mempertimbangkan total biaya yang dibutuhkan dan total manfaat yang didapat, baik yang dapat secara langsung maupun secara tidak langsung dinominasikan dengan nilai uang. Penelitian ini mengambil studi kasu tempat pemrosesan akhir sampah (TPA) Air Sebakul Kota Bengkulu yang diharapkan dapat dijadikan salah satu acuan pertimbangan bagi pemerintah dan *stakeholder* terkait dalam pemilihan metode *final disposal* yang memiliki manfaat lebih besar. Baik manfaat langsung maupun tidak langsung.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

TPA Air Sebakul sudah beroperasi sejak tahun 1991 dan Kebijakan di Kota Bengkulu masih mengikuti Peraturan Daerah Kota Bengkulu Nomor 02 Tahun 2011 Tentang Pengelolaan Sampah di Kota Bengkulu. Dan sudah layak di revisi untuk TPA keberlanjutan. Studi kasus yang dipilih dalam penelitian ini adalah TPA Air Sebakul Kota Bengkulu.

Pengumpulan Data

Observasi terhadap kondisi aktual untuk menjelaskan aspek teknis dan non-teknis terkait fasilitas Tempat Pemrosesan

Akhir Sampah di Kota Bengkulu pada saat ini. Aspek teknis yang ditinjau terkait jumlah penduduk 5 (tahun) terakhir sebagai dasar dalam proyeksi penduduk untuk 20 tahun kedepan. Hasil proyeksi penduduk akan dijadikan acuan untuk menganalisis jumlah timbulan sampah yang akan dihasilkan 20 tahun ke depan dan analisis daya tampung Tempat Pemrosesan Akhir TPA.

Metode Analisis Data

Peningkatan Infrastruktur Tempat Pemrosesan Akhir Sampah.

Analisis menggunakan metode *cost benefit analysis* untuk mengetahui nilai BCR dari kondisi aktual operasional dan infrastruktur fasilitas tempat pemrosesan akhir sampah pengolahan sampah di Air Sebakul Kota Bengkulu dengan membandingkan nilai manfaat dan biaya yang diinvestasikan dari 3 metode *landfilling* dengan 2 skenario.

Kedua skenario yang dimaksud adalah sebagai berikut:

Skenario A, berupa peningkatan sistem pemrosesan akhir sampah dari metode *open dumping (Semi control landfill)* ke metode *Control landfill*

Skenario B, berupa peningkatan sistem pemrosesan akhir sampah dari metode *open dumping (Semi control landfill)* ke metode *sanitary landfill*

Cost Benefit Analysis (CBA)

Kondisi *aktual* dan kedua skenario peningkatan status TPA Air Sebakul Kota Bengkulu di atas selanjutnya dianalisis dengan menggunakan metode *Cost Benefit Analysis* (CBA). Kajian CBA dibedakan atas kajian biaya (*cost*) dan manfaat (*benefit*).

Komponen biaya yang dipertimbangkan pada penelitian ini terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung:

- Biaya langsung, meliputi: biaya investasi, biaya operasional, dan biaya perawatan.
- Biaya tidak langsung, yang diakibatkan

oleh adanya pencemaran lingkungan oleh pembuangan sampah di TPA metode *open dumping, control landfill* atau *sanitary landfill* meliputi biaya yang ditimbulkan akibat emisi kegiatan pengangkutan dan pengolahan sampah. Komponen manfaat dalam penelitian ini meliputi manfaat langsung dan manfaat tidak langsung sebagai berikut:

- Manfaat langsung, terdiri atas pengurangan penambahan lahan tempat pemrosesan akhir sampah
- Manfaat tidak langsung, yaitu manfaat lingkungan yang dinilai sesuai kualitas lingkungan yang dihasilkan dari pengurangan emisi gas CO₂ eq dari volume sampah yang dapat direduksi oleh fasilitas pengolahan sampah dengan 3 metode berbeda.

Secara detail, komponen biaya dan manfaat yang dipertimbangkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

KOMPONEN BIAYA		
Biaya LANGSUNG		
1	Biaya Studi kelayakan & Site Selection TPA	C1
2	Biaya Penyusunan Dokumen Lingkungan	C2
3	Biaya Pembangunan & peralatan	C3
4	Biaya operasional IPAL Lindi	C4
5	Biaya Pengadaan Tanah (110.000 m ²)	C5
6	Biaya pembangunan jalan akses (500 m)	C6
7	Upah pekerja	C7
8	Biaya listrik	C8
9	Biaya bahan bakar	C9
10	Biaya perawatan mesin dan bangunan	C10
11	Biaya operasional TPA (per tahun)	C11
Biaya Tidak LANGSUNG		
1	Emisi kegiatan operasi alat berat	C12
2	Emisi kegiatan pengolahan lindi	C13
3	Emisi penimbunan sampah	C14
KOMPONEN MANFAAT		
Manfaat Langsung		
Manfaat Tidak Langsung		
1	Pengurangan emisi CO ₂ dengan metode	B1

landfill		
2	Pengurangan biaya dampak kesehatan (Rp. 100.000/jiwa)	B2
3	Pengurangan Emisi Pembakaran sampah oleh masyarakat (CO ₂ Eq)	B3

Analisis komponen biaya dilakukan dengan menjumlahkan nilai-nilai biaya dari suatu skenario sehingga didapatkan total biaya (*net cost*) dari setiap skenario yang direncanakan. Analisis komponen manfaat dilakukan dengan menjumlahkan nilai-nilai manfaat dari setiap skenario sehingga didapatkan total manfaat (*net benefit*).

Berdasarkan Tabel 1 maka persamaan *net cost* dan *net benefit* adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Net cost} &= C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6 + C7 \\
 &\quad + C8 + C9 + C10 + C11 + C12 \\
 &\quad + C13 + C14 \\
 \text{Net benefit} &= B1 + B2 + B3
 \end{aligned}$$

Emisi kegiatan operasi alat berat (C12) adalah emisi yang berasal dari bahan bakar alat berat rata-rata 2.924,9 gr/liter (Force et al., 2016)

Sosial cost oleh emisi gas rumah kaca CO₂ Equivalent adalah \$ 12/metric ton. (United States Environmental Protection Agency, 2017)

Emisi yang dihasilkan dari kegiatan penimbunan sampah (C14) sesuai dengan volume timbunan sampah berdasarkan metode TPA yang digunakan (Asngad & Subiakto, 2020) dengan emisi yang dihasilkan sebesar 780,40 kg/Metric ton sampah (Carroll, 2018)

Pengurangan emisi CO₂ dengan metode landfill dihitung berdasarkan *sosial cost* oleh emisi gas rumah kaca CO₂ Equivalent adalah \$ 12/metric ton. (United States Environmental Protection Agency, 2017).

Sosial cost pengurangan biaya dampak kesehatan (Rp. 100.000/jiwa) oleh emisi gas rumah kaca CO₂ Equivalent adalah Rp.100.000/ orang (Widyaningsih & Ma'ruf, 2017)

Pengurangan Emisi Pembakaran sampah

oleh masyarakat (CO₂ Eq) adalah 780,40 kg/Metric ton (Anifah et al., 2021)

HASIL PENELITIAN

Analisis Biaya Investasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

Rata-rata jumlah sampah terangkut ke TPA sebesar 278.000 kg/hari atau 270 ton, maka didapat tingkat pelayanan pengangkutan sampah di Kota Bengkulu saat ini adalah sebesar 58 %. Tingkat pelayanan pengelolaan sampah di kota yang lebih besar biasanya lebih tinggi, seperti di DKI Jakarta tahun 2013 sebesar 86% (Nugraha *et al.* 2018) dan di Surabaya tahun 2011 sebesar 95% (Kawai *et al.* 2012).

Proyeksi timbulan sampah di masa mendatang dapat diprediksi dengan proyeksi jumlah penduduk (biasanya 20 tahun) dan hasil proyeksi USEPA pada tahun 2041 *social cost* CO₂Eq adalah \$21 US rata-rata peningkatan timbulan sampah per tahun sebesar 0.01 kg/orang/hari. Dan proyeksi peningkatan *social cost* emisi karbon Asumsitersebut biasanya diambil dalam penyusunan rencana induk pengelolaan sampah suatu kota, seperti yang tercantum dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 3 Tahun 2013 (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2013)

Tabel 2. Proyeksi Penduduk dan Timbulan Sampah Kota Bengkulu hingga tahun 2041.

Tahun	Proyeksi Penduduk (jiwa)	Proyeksi Timbulan sampah kg/org/hr	Proyeksi Timbulan sampah (kg/hari)	Timbulan sampah (ton/hari)	
2022	799,519.2	4	0.60	479,712	480
2023	862,287.7	8	0.61	525,996	526
2024	930,810.8	4	0.62	577,103	577
2025	1,005,687.	93	0.63	633,583	634
2026	1,087,588.	58	0.64	696,057	696

2027	1,177,261.	05	0.65	765,220	765
2028	1,275,542.	62	0.66	841,858	842
2029	1,383,371.	20	0.67	926,859	927
2030	1,501,798.	67	0.68	1,021,223	1,021
2031	1,632,006.	19	0.69	1,126,084	1,126
2032	1,775,321.	63	0.70	1,242,725	1,243
2033	1,933,239.	66	0.71	1,372,600	1,373
2034	2,107,444.	86	0.72	1,517,360	1,517
2035	2,299,838.	24	0.73	1,678,882	1,679
2036	2,512,567.	82	0.74	1,859,300	1,859
2037	2,748,064.	01	0.75	2,061,048	2,061
2038	3,009,080.	38	0.76	2,286,901	2,287
2039	3,298,740.	96	0.77	2,540,031	2,540
2040	3,620,595.	00	0.78	2,824,064	2,824
2041	3,978,680.	62	0.79	3,143,158	3,143

Sumber: Proyeksi Penduduk

Profil Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

Saat ini tempat pemrosesan akhir sampah (TPA) Air Sebakul menggunakan metode semi *control landfill (open dumping)*

1. Lokasi: Jl. Raya Air Sebakul – Kembang Seri
2. Luas 110.000 meter persegi
3. Luas efektif 68.000 meter persegi
4. Umlah penduduk aktual 2019: 309.943 jiwa
5. Timbulan sampah setiap hari: 2.5 ltr/or/hr
6. Timbulan sampah setiap hari: 0,8 kg/or/hr
7. Timbulan sampah setiap hari: 450 m³/hr
8. Timbulan sampah setiap hari: 144 ton /hr
9. 1 unit eskavator
- 10.1 unit bulldozer
- 11.1 unit jonder

Cost Benefit Analysis (CBA)

1. Aktual (*open dumping*)

No	Komponen	Kode	Biaya
1	Biaya Studi kelayakan & Site Selection TPA	C1	Rp. 250,000,000
2	Biaya Penyusunan Dokumen Lingkungan	C2	Rp. 250,000,000
3	Biaya Pembangunan & peralatan	C3	Rp. 15,000,000
4	Biaya operasional IPAL Lindi	C4	Rp. 200,000,000
5	Biaya Pengadaan Tanah (110.000 m2)	C5	Rp. 5,500,000,000
6	Biaya pembangunan jalan akses (500 m)	C6	Rp. 750,000,000
7	Upah pekerja	C7	Rp. 60,000,000
8	Biaya listrik	C8	Rp. 2,400,000
9	Biaya bahan bakar	C9	Rp. 182,500,000
10	Biaya perawatan mesin dan bangunan	C10	Rp. 40,000,000
11	Biaya operasional TPA (per tahun)	C11	Rp. 10,000,000
12	Biaya Tidak langsung Emisi kegiatan operasi alat berat	C12	Rp. 3,064,566
13	Emisi kegiatan pengolahan lindi	C13	Rp. 473,640,750
14	Emisi penimbunan sampah	C14	Rp. 2,798,727,570,796
15	Total Investasi		12,831,439,176,112
KOMPONEN MANFAAT			
Manfaat Langsung			
Manfaat Tidak Langsung			
1	Pengurangan emisi CO2 dengan <i>open dumping</i>	B1	Rp. 816,071,896,119
2	Pengurangan biaya dampak kesehatan (Rp. 100.000/jiwa)	B2	Rp. 79,951,923,725
3	Pengurangan Emisi Pembakaran sampah oleh masyarakat (CO2 Eq)	B3	Rp. 10,846,948,523,741
			11,742,972,343,585
	BC Ratio		0,92

2. CBA untuk *Control Landfill*

No	Komponen	Kode	Biaya
1	Biaya Studi kelayakan & Site Selection TPA	C1	Rp. 250,000,000
2	Biaya Penyusunan Dokumen Lingkungan	C2	Rp. 250,000,000
3	Biaya Pembangunan & peralatan	C3	Rp. 15,000,000
4	Biaya operasional IPAL Lindi	C4	Rp. 200,000,000
5	Biaya Pengadaan Tanah (110.000 m2)	C5	Rp. 5,500,000,000
6	Biaya pembangunan jalan akses ke (500 m)	C6	Rp. 750,000,000
7	Upah pekerja	C7	Rp. 60,000,000
8	Biaya listrik	C8	Rp. 2,400,000
9	Biaya bahan bakar	C9	Rp. 182,500,000
10	Biaya perawatan mesin dan bangunan	C10	Rp. 40,000,000
11	Biaya operasional TPA (per tahun)	C11	Rp. 10,000,000
12	Biaya Tidak LANGSUNG Emisi kegiatan operasi alat berat	C12	Rp. 3,064,566
13	Emisi kegiatan pengolahan lindi	C13	Rp. 473,640,750
14	Emisi penimbunan sampah	C14	Rp. 6,589,780,561,159
15	Total Investasi		12,260,526,697,387
KOMPONEN MANFAAT			
Manfaat Langsung			
Manfaat Tidak Langsung			
1	Pengurangan emisi CO2 dengan <i>control landfill</i>	B1	Rp. 6,589,780,561,159
2	Pengurangan biaya dampak kesehatan (Rp. 100.000/jiwa)	B2	Rp. 79,951,923,725
3	Pengurangan Emisi Pembakaran sampah oleh masyarakat (CO2 Eq)	B3	Rp. 5,590,794,212,502
			12,260,526,697,387
	BC Ratio		1,85

3. CBA untuk *Sanitary Landfill*

No	Komponen	Kode	Biaya	
1	Biaya Studi kelayakan & Site Selection TPA	C1	Rp.	250,000,00
2	Biaya Penyusunan Dokumen Lingkungan	C2	Rp.	250,000,00
3	Biaya Pembangunan & peralatan	C3	Rp.	15,000,00
4	Biaya operasional IPAL Lindi	C4	Rp.	200,000,00
5	Biaya Pengadaan Tanah (110.000 m ²)	C5	Rp.	5,500,000,000
6	Biaya pembangunan jalan akses (500m)	C6	Rp.	750,000,00
7	Upah pekerja	C7	Rp.	60,000,000
8	Biaya listrik	C8	Rp.	2,400,000
9	Biaya bahan bakar	C9	Rp.	182,500,000
10	Biaya perawatan mesin dan bangunan	C10	Rp.	40,000,000
11	Biaya operasional TPA (per tahun)	C11	Rp.	10,000,000
Biaya Tidak LANGSUNG				
12	Emisi kegiatan operasi alat berat	C12	Rp	3,064,566
13	Emisi kegiatan pengolahan lindi	C13	Rp	473,640,750
14	Emisi penimbunan sampah	C14	Rp	790,773,667,339
15	Total Investasi		Rp	23,650,327,803,709
KOMPONEN MANFAAT				
Manfaat Langsung				
Manfaat Tidak Langsung				
1	Pengurangan emisi CO ₂ dengan <i>Sanitary landfill</i>	B1	Rp	12,388,787,454,979
2	Pengurangan biaya dampak kesehatan (Rp. 100.000/jiwa)	B2	Rp	79,951,923,725
3	Pengurangan Emisi Pembakaran sampah oleh masyarakat (CO ₂ Eq)	B3	Rp	11,181,588,425,005
				23,650,327,803,709
BC Ratio				28,72

PEMBAHASAN

Manfaat lebih banyak disumbangkan oleh pengurangan emisi CO₂ dari sampah yang dikelola di tempat pemrosesan akhir. Masing – masing skenario metode memberikan besaran manfaat yang berbeda. Perlakuan pengurangan sampah baik secara *control landfill* maupun dengan *sanitary landfill* memberi dampak yang berbeda. *Rasio* benefit dan *cost* memperlihatkan perbedaan yang signifikan, yakni 1.85 untuk skenario A (*control landfill*) dan 28,72 untuk skenario B (*sanitary landfill*). Semakin besar nilai BCR semakin besar tingkat pertimbangan skenario untuk dipilih.

Komponen manfaat lebih besar berasal dari manfaat tidak langsung yang berasal dari *social cost* dari emisi gas rumah kaca. *Social cost* dikalkulasi dari harga CO₂ yang direduksi oleh masing-masing metode.

Berdasarkan timbulan sampah yang telah diketahui, selanjutnya dilakukan perhitungan emisi gas rumah kaca dalam hal ini equivalen dengan karbon dioksida (CO₂) berdasarkan standar emisi oleh yang diakibatkan oleh perlakuan terhadap timbulan sampah (Force et al., 2016). Standar ini, mengasumsikan bahwa semua gas terlepas diudara, sehingga perhitungan inital tidak termasuk mengenai proses-proses yang terjadi selama proses penimbunan sampah.

Emisi gas rumah kaca karbondioksida yang dihasilkan aktivitas penimbunan sampah (CO₂equivalent/metric ton sampah) yaitu 780 kg CO₂eq/metric ton sampah. Angka ini dikalikan dengan berat sampah yang dihasilkan. Menurut USEPA rata – rata *social cost* CO₂Eq adalah 12 USD per metric ton.

Metode *control landfill* (aktual) yang saat ini digunakan menerima 58% sampah dari total jumlah sampah per harinya. Dari 58% sampah, 94% (94.153 ton sampah setiap tahunnya), sampah dibuang di area terbuka (*open dumping*). Sehingga berkontribusi melepaskan gas rumah kaca yang

dikonversikan pada nilai karbon ($\text{CO}_{2\text{Eq}}$) yaitu 100.164 ton sampah setiap tahunnya. Sehingga dari jumlah sampah tersebut menghasilkan emisi gas rumah kaca sebesar 73.477 metric ton $\text{CO}_{2\text{Eq}}$ pada tahun 2020. *BC Ratio* yang didapat dari *cost benefit analysis* adalah 0,92. Oleh karena nilai $B/C \leq 1$, biaya yang dikeluarkan sebagai investasi di TPA Air Sebakul menggunakan metode *open dumping* (aktual) tersebut dianggap tidak menguntungkan.

Peningkatan sistem pemrosesan akhir sampah dari metode *open dumping* ke metode *control landfill* sebagai Skenario "A" diasumsikan mampu mereduksi emisi gas rumah kaca sebesar 50% dari total jumlah sampah per tahunnya. Sampah yang dibuang dan dilakukan pengurukan secara berkala (*controlling*) memberikan kontribusi mereduksi gas rumah kaca hingga 50% yang dikonversikan pada nilai karbon ($\text{CO}_{2\text{Eq}}$) yaitu 50.081 ton sampah setiap tahunnya. Sehingga dari jumlah sampah tersebut menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 39.083 metric ton $\text{CO}_{2\text{Eq}}$. *BC Ratio* yang didapat dari *cost benefit analysis* adalah 1.85. Oleh karena nilai $B/C \geq 1$, perubahan metode *open dumping* ke metode *control landfill* TPA Air sebakul tersebut dianggap menguntungkan.

Peningkatan sistem pemrosesan akhir sampah dari metode *open dumping* ke metode *sanitary landfill* sebagai Skenario "B" diasumsikan mampu mereduksi emisi gas rumah kaca sebesar 94% dari total jumlah sampah per tahunnya. Sampah yang dibuang dan dilakukan pengurukan secara berkala (*controlling*) memberikan kontribusi mereduksi gas rumah kaca hingga 94% yang dikonversikan pada nilai karbon ($\text{CO}_{2\text{Eq}}$) yaitu 94.153 metric ton sampah setiap tahunnya. Sehingga dari jumlah sampah tersebut menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 73.447 metric ton $\text{CO}_{2\text{Eq}}$. *BC Ratio* yang didapat dari *cost benefit analysis* adalah 28.72. Oleh karena nilai $B/C \geq 1$, perubahan metode *open dumping* ke metode *Sanitary*

landfill TPA Air sebakul tersebut dianggap sangat menguntungkan. Keuntungan terbesar berasal dari manfaat tidak langsung berupa *social cost* atas gas rumah kaca yang tidak terlepas diudara.

KESIMPULAN

Aspek teknis pengelolaan sampah dimulai dari timbulan sampai ke *final disposal* (TPA) membutuhkan biaya, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam operasionalnya. Keluaran dari pengelolaan sampah juga memberikan manfaat baik langsung maupun tidak langsung. Metode CBA telah diaplikasikan untuk mendapatkan besaran biaya investasi dan manfaat total dalam optimasi tempat pemrosesan akhir sampah (TPA) Air Sebakul. Metode *open dumping* TPA(aktual) menunjukkan bahwa nilai total manfaat lebih kecil dibandingkan total biaya investasi yang dikeluarkan. Total nilai manfaat menjadi semakin besar ketika dilakukan perubahan metode dari *open dumping* ke metode *control landfill* (Skenario A).

Manfaat terbesar berasal dari tertahannya gas di dalam timbulan sampah TPA sehingga gas rumah kaca dalam hal ini diwakili oleh $\text{CO}_{2\text{Eq}}$ tidak terlepas ke atmosfer.

Peningkatan sistem pemrosesan akhir sampah dari metode *open dumping* ke metode *sanitary landfill* sebagai Skenario "B" mampu mereduksi emisi gas rumah kaca sangat tinggi hingga sebesar 94% dari total jumlah sampah per tahunnya yang ditimbun di TPA. *BC Ratio* yang didapat dari *cost benefit analysis* metode *sanitary landfill* adalah 28.72. Oleh karena nilai $B/C \geq 1$, perubahan metode *open dumping* ke metode *Sanitary landfill* TPA Air sebakul tersebut dianggap sangat menguntungkan. Keuntungan terbesar berasal dari manfaat tidak langsung berupa *social cost* atas gas rumah kaca yang tidak terlepas diudara.

SARAN

Penelitian lanjutan yang lebih kompleks terkait Cost Benefit Analysis Pengelolaan Sampah Kota dari pembatasan timbulan sampah;pendauran ulang sampah; pemanfaatan kembali sampah; pemilahan sampah; pengumpulan sampah; pengangkutan sampah; pengolahan sampah;

DAFTAR PUSTAKA

- Anifah, E. M., Rini, I. D. W. S., Hidayat, R., & Ridho, M. (2021). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (Grk) Kegiatan Pengelolaan Sampah Di Kelurahan Karang Joang, Balikpapan. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(1), 17–33. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss1.ar12>
- Asngad, A., & Subiakto, D. W. (2020). Potensi Ekstrak Biji Alpukat Sebagai Hand Sanitizer Alami : Literatur Review. *Jurnal Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan*, 6(2), 106–110. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v5i1.2795>
- Carroll, A. (2018). *Solid Waste Management: a Comparative Carbon Footprint and Cost Analysis*. 145. www.University-of-Perpetual-Help-System-Laguna.docx?1483510621=&response-content-disposition=attachment%3B+filename%3DWaste_Management_Report
- Force, T., Force, T., & Inventories, G. (2016). *Task Force on National Greenhouse Gas Inventories Task Force on National Greenhouse Gas Inventories 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Waste Sector Africa Regional Workshop on the Building of Sustainable National Greenhouse Gas. March*. https://unfccc.int/files/national_reports/n-on-annex_i_natcom/cge/application/pdf/waste_sector_2016_lesotho.pdf
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2013). Berita Negara. *Menteri Kesehatan Republik Indonesia Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, Nomor 65(879)*, 2004–2006.
- United States Environmental Protection Agency. (2017). The Social Cost of Carbon. *United States Environmental Protection Agency*. 19 January 2017 snapshot.epa.gov/climatechange/social-cost-carbon_.html
- Widyaningsih, T., & Ma'ruf, A. (2017). Eksternalitas Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (Tpst) Piyungan Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ekonomi & Studi Pembangunan*, 18 (1). <https://doi.org/10.18196/jesp.18.1.4013>