

Skenario Pengelolaan Sampah di TPA Bantargebang dengan Menggunakan Visual Promethee

Teti Resmianty^{1*}, Anas Miftah Fauzy², Edy Hartulistiyoso dan Setyo Pertiwi²

¹Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Program Pasca Sarjana IPB University, Bogor, Indonesia; e-mail: tetiresmianty@apps.ipb.ac.id

²Program Studi Teknologi Industri Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia

ABSTRAK

Pengelolaan *municipal solid waste* (MSW) di Indonesia masih mengandalkan pendekatan *end of pipe* yakni menyelesaikan masalah sampah dengan menerapkan *landfill* di TPA. Keberadaan TPA menimbulkan masalah lingkungan seperti pemanasan global, pengasaman air dan tanah, degradasi kualitas ekosistem dan polusi air permukaan dan air tanah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan solusi terbaik yang dapat diterapkan sebagai upaya pengelolaan sampah pada TPA Bantargebang. Solusi terbaik didapatkan dengan penerapan pengelolaan TPA yang mampu memberikan manfaat secara ekologi, ekonomi maupun sosial. Hasil olah data dengan perangkat lunak Visual Promethee didapatkan solusi terbaik yang dapat diterapkan untuk upaya pengelolaan sampah pada TPA Bantargebang yaitu pada pilihan pengelolaan sampah dengan menerapkan pemanfaatan sampah *fresh waste* dan *landfill mining* menjadi RDF untuk yang dikerjasamakan kepada *offtaker*. Metode visual promethee ini dipilih karena promethee memiliki konsep dan aplikasi yang sederhana, penggunaan yang fleksibel, kestabilan hasil, dan interpretasi yang mudah. Visual promethee mengandalkan matriks keputusan yang berisi opsi atau alternatif beserta kriteria keberlanjutan yang mencakup aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Matriks yang disusun dari pemilihan alternatif dan kriteria dapat diperoleh melalui penggunaan data ordinal (kualitatif) dan kardinal (kuantitatif). Dari hasil analisis menggunakan visual promethee dapat diketahui bahwa kegiatan pengelolaan TPA dengan cara pengolahan sampah menjadi RDF dapat memberikan dampak manfaat ekonomi yang paling tinggi dibanding tipe lainnya, walaupun alternatif kebijakan ini membutuhkan biaya pembangunan paling besar namun banyak dari aspek lain yang lebih menguntungkan.

Kata kunci: Visual Promethee, Multi Criteria Decision Analysis, Refuse Deived Fuel, Municipal Solid Waste, Landfill Mining

ABSTRACT

Municipal solid waste (MSW) management in Indonesia still relies on the end-of-pipe approach, namely solving the waste problem by implementing landfills at landfills. Existence of landfills causes environmental problems such as global warming, acidification of water and soil, degradation of ecosystem quality and pollution of surface and groundwater. The purpose of this study was to obtain the best solution that can be applied as an effort to manage waste at the Bantargebang Landfill. Best solution is obtained by implementing landfill management that can provide ecological, economic and social benefits. Results of data processing with Visual Promethee software obtained the best solution that can be applied to waste management efforts at the Bantargebang Landfill, namely in the choice of waste management by implementing the utilization of fresh waste and landfill mining into RDF for those who are collaborated with *offtakers*. Visual promethee method was chosen because promethee has a simple concept and application, flexible use, stable results, and easy interpretation. Visual promethee relies on a decision matrix containing options or alternatives along with sustainability criteria that cover economic, social and environmental aspects. Matrix composed of alternative selection and criteria can be obtained using ordinal (qualitative) and cardinal (quantitative) data. From the results of the analysis using visual promethee, landfill management activities by processing waste into RDF can provide the highest economic benefits compared to other types, although this policy alternative requires the largest development costs, but many other aspects are more profitable.

Keywords: Visual Promethee, Multi Criteria Decision Analysis, Refuse Deived Fuel, Municipal Solid Waste, Landfill Mining

Citation: Resmianty, T., Fauzy, A. M., Hartulistiyoso, E., dan Pertiwi, S. (2025). Skenario Pengelolaan Sampah di TPA Bantargebang dengan Menggunakan Visual Promethee. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(1), 239-246, doi:10.14710/jil.23.1.239-246

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah padat yang dihasilkan oleh masyarakat perkotaan atau disebut juga dengan

municipal solid waste (MSW) di Indonesia umumnya masih mengandalkan pendekatan *end of pipe* yakni menyelesaikan masalah sampah dengan cara

menyinkirkan ke tempat pembuangan (Resmianty et al., 2022). Diperkirakan secara nasional 60% - 70% dari total *municipal solid waste* diangkut dan dibuang ke tempat pemrosesan akhir (TPA) oleh instansi pemerintah yang berwenang, akibatnya jumlah *municipal solid waste* (MSW) yang tertimbun terus bertambah dan menjadi sumber pencemaran air, tanah dan udara (Desmawati, 2010). Penerapan metode angkut dan buang ke TPA akan meningkatkan pencemaran di lokasi TPA (Arbi et al., 2018). (Tchobanoglous & Kreith, 2002) dan (Bjerrum-Bohr et al., 2011) menyatakan bahwa keberadaan TPA menimbulkan beberapa masalah lingkungan seperti pemanasan global, pengasaman air dan tanah, degradasi kualitas ekosistem dan polusi air permukaan dan air tanah.

Untuk mengatasi permasalahan sampah pad TPA tersebut dibutuhkan satu kebijakan dalam pemilihan pengelolaan TPA yang terbaik. Analisis *multi criteria decision analysis* (MCDA) digunakan untuk menentukan alternatif kebijakan atau solusi terbaik dari berbagai alternatif dan strategi kebijakan (Kuang et al., 2015). Meskipun terdapat sejumlah besar teknik MCDA, pengambil keputusan menghadapi kesulitan dalam memilih teknik MCDA yang tepat untuk masalah tertentu yang diteliti. Alasan penggunaan MCDA adalah penerapan teknik MCDA yang berbeda dapat menghasilkan rangkaian peringkat yang berbeda untuk masalah yang sama. Hal ini dapat menyulitkan pengambil keputusan untuk mengidentifikasi pemeringkatan yang paling tepat dan juga teknik MCDA yang paling tepat untuk permasalahan yang ada. Untuk mengatasi masalah tersebut, menggunakan MCDA melakukan pemeringkatan sehingga dapat mengidentifikasi peringkat yang paling tepat. Dengan demikian, metode perbandingan berbasis kinerja yang diusulkan didasarkan pada kinerja pemeringkatan (Vieira et al., 2020).

Analisis menggunakan Promethee digunakan dalam pemanfaatan sampah hasil *landfill mining* menjadi RDF. Alternatif kebijakan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan lima alternatif pilihan yaitu:

- a. Alternatif I (Tipe I) merupakan alternatif pengelolaan sampah di TPA dengan melaksanakan pengelolaan sampah tanpa *landfill mining*
- b. Alternatif II (Tipe II) merupakan alternatif pengelolaan sampah di TPA dengan melaksanakan *landfill mining* dan mengolah menjadi menjadi RDF sebagai bahan bakar di Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)
- c. Alternatif III (Tipe III) merupakan alternatif pengelolaan sampah di TPA dengan melaksanakan *landfill mining* dan mengolah hasil *landfill mining* menjadi RDF. Hasil produksi RDF dijual ke *offtaker* dengan menjalin kerjasama
- d. Alternatif IV (Tipe IV) merupakan alternatif pengelolaan sampah di TPA dengan memanfaatkan *fresh waste* menjadi RD. Hasil

produksi RDF dijual ke *offtaker* dengan menjalin kerjasama

- e. Alternatif V (Tipe V) merupakan alternatif pengelolaan sampah di TPA dengan penerapan kombinasi alternatif pada Tipe II, III, dan IV.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di TPA Bantargebang yang berada di kecamatan Bantargebang Kota Bekasi.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam analisis keberlanjutan adalah data dari penggunaan *landfill mining* dan *fresh waste* menjadi RDF yang terdiri dari 10 kriteria. Langkah-langkah yang dilakukan adalah menentukan 10 kriteria tersebut yang digolongkan menjadi 3 kriteria yaitu kriteria ekonomi, lingkungan dan sosial. Selanjutnya adalah menentukan sub kriteria, seperti di tuliskan di bawah ini:

- a. Kriteria lingkungan yaitu terdiri dari total biaya investasi, kriteria total pemanfaatan lahan hasil *landfill mining*, penjualan RDF ke *offtaker*, pengurangan emisi karbon.
- b. Kriteria lingkungan terdiri dari kriteria peningkatan kualitas lingkungan yang ditandai dengan peningkatan kesehatan dan estetika lingkungan.
- c. Kriteria sosial terdiri dari kriteria dampak lalu lintas dan persepsi masyarakat.

2.3. Pengolahan data

2.3.1. Kriteria Ekonomi

2.3.1.1. Total Biaya Investasi:

Untuk mendapatkan manfaat sesuai dengan kriteria ekonomi adalah berdasarkan biaya investasi yang dikeluarkan. Data untuk biaya investasi ini di dapat dari perhitungan penilaian ekonomi pemanfaatan sampah menjadi RDF. Tujuan pada kriteria biaya investasi yaitu minimum, sehingga semakin rendah skala yang diberikan maka semakin baik dampak program terhadap aspek ekonomi.

2.3.1.2. Pemanfaatan Lahan

Kriteria pemanfaatan lahan yang dimaksud adalah pemanfaatan lahan pasca *landfill mining*, dimana zona-zona *landfill* yang selama ini non aktif (DLH DKI Jakarta, 2022) setelah dilaksanakannya kegiatan *landfill mining* bisa di aktifkan kembali. Kebutuhan lahan untuk *landfill* dihitung berdasarkan pada luasan lahan yang dibutuhkan untuk *landfill*. Menurut kajian *landfill mining* TPA yang dilakukan di tahun 2020, saat ini luas TPA yaitu seluas 125 ha, dimana zona *landfill* eksisting adalah 89 ha (UPST DLH DKI Jakarta, 2019). Nilai pengadaan lahan di dapatkan dari perhitungan kebutuhan lahan dikalikan dengan nilai harga tanah sesuai dengan Nilai Jual Obyek Pajak (NJOP) tahun 2021. Tujuan pada kriteria pengadaan lahan adalah minimum, sehingga semakin rendah skala yang diberikan maka semakin baik dampak program terhadap aspek ekonomi.

2.3.1.3. Pengurangan Emisi Karbon

Kriteria pengurangan emisi karbon adalah berdasarkan pada emisi karbon yang dihasilkan dari tumpukan sampah yang ada pada *landfill* eksisting. Berdasarkan (Nengsih, 2002), untuk 1 juta ton sampah menghasilkan emisi sebesar 0,005 juta ton CH₄ sehingga jika dihitung jumlah sampah di *landfill* TPA Bantargebang saat ini adalah sejumlah 39 juta ton sampah (DLH DKI Jakarta, 2011). Berdasarkan perhitungan 39 juta ton sampah pada *landfill* ini dikalikan dengan 0,005 juta ton CH₄ didapatkan hasil sejumlah 71,75 juta ton CH₄/tahun. Tujuan pada kriteria total emisi karbon adalah minimum, semakin rendah skala yang diberikan maka semakin baik dampak program terhadap aspek ekonomi.

2.3.1.4. Penjualan RDF ke *offtaker*

Kriteria penjualan RDF ke *offtaker* adalah berdasarkan pada perjanjian kerjasama antara TPA Bantargebang dengan *offtaker* (Jakarta, 2023). Saat ini sudah ada kerjasama dengan dua *offtaker* dari industry semen. Kerjasama ini adalah bentuk kesepakatan untuk pemanfaatan RDF di salah satu industri semen yang berjarak lebih kurang 10 km dari lokasi pembuatan RDF. Sesuai dengan perjanjian kerjasama tersebut, RDF yang dihasilkan di hargai senilai Rp. 300.000/ton. Angka dari penjualan RDF ke *offtaker* didapatkan dari perhitungan yang ada dalam dokumen kelayakan pemanfaatan hasil *landfill mining* yang sudah dilakukan TPA bahwa TPA Bantargebang akan menghasilkan RDF sejumlah 386 ton perhari dari 1.000 ton sampah hasil *landfill mining* (DLH DKI, 2019a). Tujuan pada kriteria-penjualan RDF adalah maksimum, sehingga semakin tinggi skala yang diberikan maka semakin baik dampak program terhadap aspek ekonomi.

2.3.2. Kriteria Lingkungan

2.3.2.1. Kriteria Kualitas Lingkungan dengan Adanya Peningkatan Kesehatan

Kriteria peningkatan kesehatan yang dimaksud dalam kajian ini adalah peningkatan kesehatan masyarakat setelah diterapkannya *landfill mining*. Kriteria peningkatan diperoleh dari hasil wawancara dengan masyarakat sekitar TPA di desa Ciketing Udik dan desa Cikiwul. Data penurunan kesehatan selanjutnya dihitung berupa angka dengan satuan rupiah dimana merupakan persentase total kerugian biaya pengobatan yang harus dikeluarkan akibat penurunan kesehatan. Kerugian penurunan kesehatan ini dapat dihindari jika alternatif kegiatan *landfill mining* diterapkan. Data nilai kerugian penurunan kesehatan akibat adanya tumpukan sampah pada *landfill* yaitu sebesar Rp 78.240.850/tahun. Tujuan pada peningkatan kesehatan adalah pada biaya yang dibutuhkan untuk pengobatan, dimana tujuan ini adalah minimum sehingga semakin rendah skala yang diberikan maka semakin baik dampak program terhadap aspek kesehatan.

2.3.2.2. Kriteria Estetika/Estetika Lingkungan

Kriteria estetika lingkungan adalah kondisi TPA akibat berkurangnya tumpukan sampah pada *landfill* setelah pemanfaatan *landfill mining* dan menggambarkan tata kelola TPA setelah *landfill mining* diterapkan. Untuk mendapatkan data kriteria lingkungan didapatkan dari hasil pengisian kuisioner yang dilakukan pada masyarakat disekitar TPA, yaitu pada desa Cikiwul, Ciketing Udik dan Sumur Batu. Dilakukan pengambilan data kuisioner ke 36 orang yang berasal dari 3 desa tersebut. Hasil dari perhitungan kuisioner ada di bawah ini:

Kriteria estetika lingkungan di lakukan dengan menggunakan skala likert yaitu skala penilaian yang digunakan untuk mengukur opini, sikap atau perilaku. Pengambilan data berdasarkan hasil survey dengan menggunakan metode wawancara terhadap masyarakat yang tinggal di sekitar TPA Bantargebang

Kriteria estetika lingkungan dihitung berdasarkan skala 1: sangat buruk, 2: buruk, 3: sedang, 4: bagus, 5: sangat bagus. Tujuan pada kriteria ini yaitu maksimum, sehingga semakin tinggi skala yang diberikan maka semakin baik kondisi lingkungan.

Alternatif tipe I pada kriteria estetika lingkungan bernilai 2 yang berarti pada kegiatan pengelolaan sampah tanpa *landfill mining* memberikan dampak estetika lingkungan yang tidak bagus. Alternatif tipe II pada kriteria estetika lingkungan bernilai 3 yang berarti pada pengelolaan sampah dengan *landfill mining* dan mengolah menjadi RDF bahan bakar di PLTSA memberikan dampak terhadap estetika lingkungan yang sedang. Alternatif tipe III pada kriteria estetika lingkungan bernilai 4 yang berarti pada tipe III pengelolaan sampah dengan *landfill mining* dan mengolah menjadi RDF dengan bekerjasama dengan *offtaker* memberikan dampak terhadap estetika lingkungan bernilai bagus. Alternatif tipe IV pada kriteria estetika lingkungan bernilai 3 yang berarti pada kegiatan pengelolaan sampah dengan memanfaatkan *fresh waste* menjadi RDF memberikan dampak terhadap estetika lingkungan bernilai sedang. Alternatif tipe V pada kriteria estetika lingkungan bernilai 5 atau bernilai sangat bagus.

2.3.3. Kriteria Sosial

Kriteria sosial terdiri dari 2 kriteria, yaitu kriteria konflik sosial dan kriteria kemacetan lalu lintas. Kriteria sosial pada kemacetan lalu lintas diakibatkan dari operasional truk pengangkut RDF dari dan menuju *offtaker*. Operasional RDF akan membutuhkan 58 truk yang tentunya akan menambah beban jalan dari dan menuju TPA Bantargebang. Skala menggunakan skala 1 sampai 5, dimana semakin tinggi skala maka semakin tinggi nilai kemacetan akibat adanya lalu lintas kendaraan ke *offtaker*. Alternatif tipe I pada kriteria kemacetan lalu lintas bernilai 1 yang pengelolaan sampah tanpa *landfill mining* akan memberikan dampak yang rendah untuk peningkatan kemacetan. Alternatif tipe II pada kriteria kemacetan lalu lintas bernilai 2 yang

artinya penerapan *landfill mining* dan mengolah menjadi RDF untuk kebutuhan bahan bakar di PLTSa akan memberikan dampak yang sangat rendah untuk peningkatan kemacetan. Alternatif tipe III pada kriteria peningkatan kemacetan bernilai 5 yang artinya penerapan *landfill mining* dan mengolah menjadi RDF dengan bekerjasama dengan *offtaker* akan memberikan dampak yang tinggi. Alternatif tipe IV pada kriteria peningkatan kemacetan bernilai 4 yang artinya penerapan program memanfaatkan *fresh waste* menjadi RDF akan memberikan dampak yang sedang. Alternatif tipe V pada kriteria peningkatan kemacetan bernilai 5 yang artinya penerapan program ini akan memberikan dampak yang sangat tinggi.

2.3.3.1. Data Kriteria Konflik Sosial

Kriteria lain adalah konflik sosial, jika kegiatan *landfill mining* menjadi RDF akan menimbulkan konflik sosial pada masyarakat maka akan bernilai nol dan jika kegiatan *landfill mining* menjadi RDF tidak menimbulkan konflik masyarakat maka akan bernilai 1. Alternatif tipe I pada kriteria tingkat terjadinya konflik sosial bernilai 1 dimana pengelolaan sampah tanpa *landfill mining* memiliki tingkat konflik yang rendah di masyarakat. Pengelolaan TPA konvensional telah dilakukan dan manfaatnya telah dirasakan oleh masyarakat terutama pemulung yang ada disekitar TPA, sehingga masyarakat cenderung menerima adanya kegiatan tersebut. Alternatif tipe II pada kriteria konflik sosial bernilai 1 dimana penerapan Tipe II masyarakat tidak terganggu aktifitasnya dalam mencari barang di TPA karena kegiatan berlangsung pada zona tidak aktif. Selanjutnya hasil *landfill mining* diolah menjadi RDF bahan bakar di PLTSa tidak mengganggu kegiatan masyarakat dan juga tidak mengurangi wilayah masyarakat yang sebagian besar adalah pemulung sehingga masyarakat masih merasakan manfaat dari TPA untuk kegiatan memulung. Alternatif tipe III pada kriteria pemanfaatan *landfill mining* menjadi RDF dan RDF dikerjasmakan dengan *offtaker* bernilai 1 dimana pelaksanaan *landfill mining* dan mengolah menjadi RDF dengan bekerjasama dengan *offtaker* tidak mempengaruhi kegiatan pemulung di zona aktif. Alternatif tipe IV pada kriteria memanfaatkan sampah *fresh waste* menjadi RDF bernilai 0 dimana penerapan kegiatan pemanfaatan *fresh waste* menjadi RDF memiliki resiko konflik sosial yang tinggi diakibatkan terganggunya pemulung akibat dari sampah yang baru datang langsung di tempatkan pada unit-unit penghasil RDF. Alternatif tipe V pada kriteria konflik sosial bernilai 0 dimana konflik sosial akan terjadi. Hal ini disebabkan karena pengelolaan sampah dengan kegiatan *landfill mining* dan *fresh*

waste untuk dijadikan RDF memiliki potensi konflik yang tinggi sehingga akan mempengaruhi tingkat penerapan pengelolaan secara keseluruhan.

2.3.3.2. Kriteria Kemacetan Lalu Lintas

Kriteria kemacetan lalu lintas akibat kendaraan operasional TPA ke *offtaker* menggambarkan peningkatan arus lalu lintas jika kegiatan pengangkutan RDF ke *offtaker* dilaksanakan. Seperti yang sudah ada dalam pembahasan pada tujuan 3, bahwa pada operasional pemanfaatan sampah menjadi RDF dengan kerjasama dengan *offtaker* akan ada peningkatan arus lalu lintas sejumlah 58 truk/hari akibat operasional truk pengangkut RDF ke *offtaker* (DLH DKI, 2019b). Hal ini tentu akan berdampak pada peningkatan kemacetan. Data kekhawatiran masyarakat akibat operasional RDF dari kegiatan pengangkutan RDF didapatkan dari data lalu lintas yang dimiliki oleh TPA pada tahun 2021. Tujuan pada kriteria peningkatan kemacetan menggunakan skala, dimana 1: sangat rendah, 2: rendah, 3: sedang, 4: tinggi, 5: sangat tinggi.

2.3.3.3. Kriteria Konflik Sosial

Kriteria lainnya adalah konflik sosial pada masyarakat akibat adanya operasional kegiatan RDF. Data untuk konflik sosial didapatkan dari data persepsi masyarakat dengan fokus pada kekhawatiran masyarakat terutama yang menggantungkan kehidupannya dari sampah yang datang ke TPA yaitu kekhawatiran pemulung. Data didapatkan dari hasil kuisioner yang dilakukan dengan 90 orang responden yang berasal dari desa Ciketing Udik, Desa Cikiwul dan Desa Sumur Batu. Kriteria konflik sosial diberikan nilai 0 (nol) dan 1 (satu). Dimana, jika kegiatan dianggap menyebabkan konflik masyarakat dan masyarakat tidak ikut merasakan manfaat kegiatan tersebut maka akan bernilai nol, jika kegiatan tersebut memberikan keuntungan kepada masyarakat dan masyarakat sangat merasakan manfaat dari kegiatan tersebut akan bernilai satu.

Pembobotan setiap kriteria dilakukan dengan menggunakan metode TOPSIS, dimana metode topsis ini memungkinkan pengguna untuk memberikan bobot pada setiap kriteria yang relevan dalam pengambilan keputusan. Hal ini memungkinkan pengambil keputusan untuk memasukkan preferensi dan tingkat kepentingan pada masing-masing kriteria (Chen, 2019). Setelah dilakukan pembobotan dengan menggunakan metode TOPSIS selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan visual promethee. Input data yang diolah menggunakan visual *Promethee* terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Estimasi Kriteria Ekonomi Pengelolaan RDF

Alternatif Pilihan	Pengadaan Lahan TPA (Trilyun /20 Tahun)	Penjualan RDF (Milyar/Tahun)	Investasi (Trilyun/20 Tahun)	Pengurangan Nilai Emisi (Juta Ton/Tahun)
Tipe I	1,25	0	0,24	+71,75
Tipe II	0,87	1,13	0,015	-25,98
Tipe III	0,625	33,28	2,00	-25,98
Tipe IV	0,625	42,27	2,0	-25,98
Tipe V	0	76,69	2,015	-52

Sumber: Data primer diolah 2023

Tabel 2. Ringkasan Hasil Kelayakan Ekonomi

Alternatif Pilihan	Persentase Pengurangan Kerugian Akibat Tumpukan Sampah	Total Nilai Kerugian (Rp/Tahun)	Minimalisasi Kerugian (Rp/Tahun)
	(A)	(B)	(C=A*B)
Tipe I	15	78240.850	11.736.128
Tipe II	35	78.240.850	27.384.298
Tipe III	70	78.240.850	54.768.595
Tipe IV	50	78.240.850	39.120.425
Tipe V	100	78.240.850	78.240.850

Sumber: Data primer diolah, 2023

Tabel 3. Matriks Analisis Multi Kriteria untuk Pengelolaan Sampah Menjadi RDF

Alternatif Pilihan	Kriteria							
	Dampak Ekonomi			Dampak Lingkungan			Dampak sosial	
	PL	PRDF	Inv	PE	PK	KL	KLL	KM
Tipe I	1,25	0	0,24	+71,75	11,736,128	2	1	1
Tipe II	0,87	1,13	0,015	-25,9	27,384,298	3	2	1
Tipe III	0,625	33,28	2,00	-25,98	54,768,595	4	5	1
Tipe IV	0,625	42,27	2,0	-25,98	39,120,425	3	4	0
Tipe V	0	76,69	2,015	-52	78,240,850	5	5	0

Sumber: Data primer diolah 2024

Tabel 4. Distribusi Nilai Phi+ dan Phi- Hasil Olahan PROMETHEE

Rank	Action	Phi	Phi +	Phi -
1	Tipe 5	0,2920	0,5997	0,3077
2	Tipe 4	0,1574	0,4699	0,3125
3	Tipe 3	0,0250	0,4025	0,3775
4	Tipe 1	-0,1849	0,3450	0,5299
5	Tipe 2	-0,2895	0,3402	0,6297

Sumber data : olah data Promethee, 2024

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan kepada hasil pengambilan data yang diperoleh dari data ekonomi berdasarkan kepada perhitungan biaya pengelolaan lingkungan, biaya investasi RDF dan biaya pendapatan dari penjualan RDF. Untuk data dampak lingkungan didapatkan dari data perhitungan data peningkatan kesehatan masyarakat dan data peningkatan kualitas lingkungan. Sedangkan untuk data sosial didapatkan dari hasil kuisioner. Data dari aspek ekonomi, lingkungan dan sosial disusun dalam bentuk matriks analisis multikriteria pengelolaan sampah menjadi RDF seperti Tabel 3.

3.1. Analisis Promethee

Pemilihan model alternatif terbaik pada PROMETHEE didasarkan pada nilai outgoing flow (ϕ +) terbesar atau nilai incoming flow (ϕ -) terkecil. Nilai *outgoing flow* menunjukkan keunggulan satu alternatif terhadap alternatif lainnya, sedangkan nilai incoming flow menunjukkan kelemahan atau kekurangan satu alternatif terhadap alternatif lainnya

(Nopriani, 2021). Alternatif yang dimaksud merupakan alternatif kebijakan pengelolaan sampah di TPA Bantargebang yang nilainya dianalisis berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Bobot masing-masing kriteria ditentukan dengan menggunakan metode TOPSIS. Di bawah ini adalah hasil dari input data dengan menggunakan visual promethee dan pembobotan pada setiap kriteria.

Selanjutnya dapat dilihat nilai flow untuk masing-masing alternatif kebijakan terlihat pada PROMETHEE flow table yang ditunjukkan pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4, alternatif kelima (kegiatan memanfaatkan *fresh waste, landfill mining* menjadi RDF dan memanfaatkan RDF untuk digunakan sebagai bahan bakar PLTSA dan menjual RDF kepada *offtaker*) merupakan alternatif terbaik berdasarkan nilai *net flow* tertinggi dibandingkan dengan alternatif lainnya. Hal ini sesuai dengan rencana TPA dalam mengelola landfill mining (R.Julainto, 2011). Selain melalui PROMETHEE flow table, hasil pemeringkatan PROMETHEE untuk ketiga alternatif juga dapat dilihat pada Gambar 1.

Scenario1	lahan	Jual RDF	Investasi	Penurunan E...	Penurunan K...	Pencemaran ...	Kemacetan	Konflik msyrkt	
Unit	Rupiah	Rupiah	Rupiah	GTon	Kasus	unit	5-point	Persepsi	
Cluster/Group	■	■	■	■	●	●	◆	◆	
Preferences									
Min/Max	min	max	min	min	min	max	max	min	
Weight	12,97	12,98	12,01	12,99	12,01	12,01	13,00	12,01	
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Statistics									
Minimum	0	0	15000000000	-52	11736128	2	1,00	0,00	
Maximum	125000000000	76690000000	201500000000	72	117361298	5	5,00	1,00	
Average	674000000000	30674000000	125400000000	-12	60245459	3	2,60	0,40	
Standard Dev.	407251764883	28539351499	922547559750	43	35820306	1	1,62	0,49	
Evaluations									
Type I	■	125000000000	0	240000000000	72	11736128	bad	very good	yes
Type 2	●	870000000000	11300000000	15000000000	-26	117361298	average	good	yes
Type 3	◆	625000000000	33280000000	200000000000	-26	54768595	good	very bad	no
Type 4	■	625000000000	42270000000	200000000000	-26	39120425	average	bad	no
Type 5	■	0	76690000000	201500000000	-52	78240850	very good	very bad	no

Gambar 1. Input Data dan Analisis dengan Visual PROMETHEE

Name	Mode: %	Lock	Hierarchical Weight
none	0,0%	<input type="checkbox"/>	0%
Ekonomi	51,0%	<input type="checkbox"/>	51%
Ekonomi	51,0%	<input type="checkbox"/>	51%
lahan	13,0%	<input type="checkbox"/>	13%
Jual RDF	13,0%	<input type="checkbox"/>	13%
Investasi	12,0%	<input type="checkbox"/>	12%
Penurunan Emnisi	13,0%	<input type="checkbox"/>	13%
Lingkungan	24,0%	<input type="checkbox"/>	24%
none	0,0%	<input type="checkbox"/>	0%
Lingkungan	24,0%	<input type="checkbox"/>	24%
Penurunan Kesehatan	12,0%	<input type="checkbox"/>	12%
Pencemaran	12,0%	<input type="checkbox"/>	12%
Sosial	25,0%	<input type="checkbox"/>	25%
Sosial	25,0%	<input type="checkbox"/>	25%
Kemacetan	13,0%	<input type="checkbox"/>	13%
Konflik msyrkt	12,0%	<input type="checkbox"/>	12%

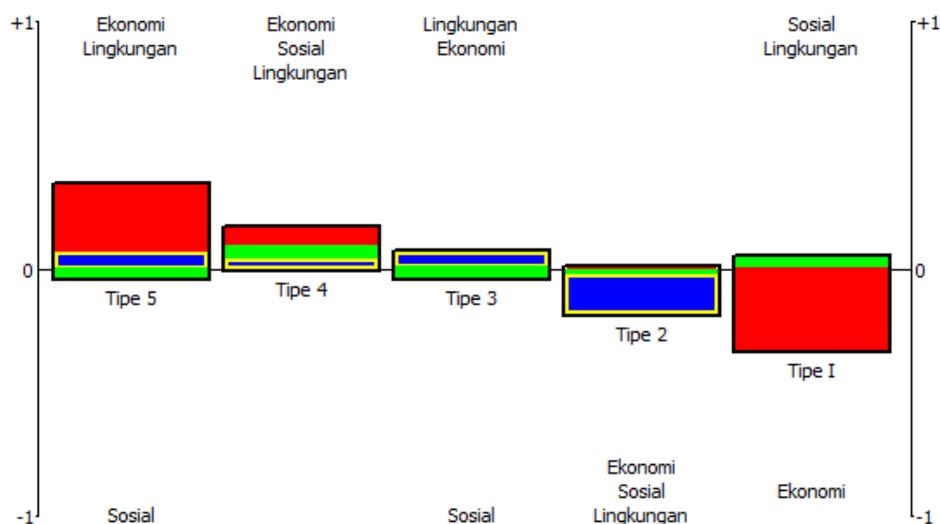
Gambar 2. Penentuan Nilai Bobot setiap Kriteria



Gambar 3. Analisis PROMETHEE II

Hasil analisis PROMETHEE II pada Gambar 3 menunjukkan nilai complete ranking. Analisis PROMETHEE II ini melakukan pemeringkatan dengan menggunakan nilai *net flow* (Fauzi, 2019). Menurut (Bjerrum-Bohr et al., 2011) PROMETHEE-II merupakan *best compromise* dalam menentukan urutan pemeringkatan model. Namun dalam penggunaan secara nyata merekomendasikan untuk mempertimbangkan PROMETHEE-II untuk pengambilan keputusan. PROMETHEE-II memang merupakan pemeringkatan lengkap yang mudah digunakan, tetapi analisis ketidaksesuaian pada PROMETHEE-I sering membantu untuk menemukan kebijakan yang tepat. Hasil analisis PROMETHEE-II pada Gambar 3 menunjukkan bahwa alternatif kelima yaitu kebijakan memanfaatkan *fresh waste*, *landfill mining waste* menjadi RDF dan memanfaatkan RDF untuk digunakan sebagai bahan bakar PLTSa dan

menjual RDF kepada *offtaker* merupakan alternatif terbaik dibandingkan dengan keempat alternatif lainnya. Hal ini dilihat berdasarkan nilai *net flow* (ϕ_n) terbesar yang terdapat pada alternatif kelima yaitu 0,2920. Nilai *net flow* juga dapat dilihat pada bar yang berwarna hijau (*outgoing flow*) dan merah (*incoming flow*). Posisi alternatif kelima berada paling atas di zona bar berwarna hijau yang mengindikasikan bahwa alternatif kelima adalah alternatif terbaik. Dari hasil analisis PROMETHEE-II menunjukkan hasil yang konsisten yaitu alternatif kelima sebagai alternatif terbaik dalam kebijakan pengelolaan sampah di TPA Bantargebang. Keunggulan dan kelemahan yang dimiliki pada alternatif kelima juga dapat dilihat dari hasil PROMETHEE *rainbow* yang ditunjukkan pada Gambar 4. Setiap irisan pada PROMETHEE *rainbow* mewakili satu kelompok kriteria dimensi keberlanjutan, ketebalan irisan menunjukkan besar kecilnya kontribusi setiap dimensi kriteria (Andreopoulou et al., 2018). Kriteria yang menjadi kekuatan dalam setiap alternatif digambarkan di bagian atas (*upward*) sedangkan kriteria yang menjadi kelemahan dalam setiap alternatif digambarkan di bagian bawah (*downward*). Perbedaan warna pada PROMETHEE *rainbow* menunjukkan dimensi keberlanjutan dari kriteria, yaitu warna biru untuk dimensi lingkungan, merah untuk dimensi ekonomi, dan hijau untuk dimensi sosial. Pengelompokan kriteria berdasarkan dimensi keberlanjutan yaitu 1) dimensi ekonomi terdiri atas kriteria biaya investasi, pemanfaatan lahan, pengurangan emisi karbon, penjualan RDF ke *offtaker*; 2) dimensi lingkungan terdiri atas kriteria kualitas lingkungan, estetika/estetika lingkungan,; dan 3) dimensi sosial terdiri atas kriteria persepsi masyarakat akibat kemacetan lalu lintas, konflik sosial.



Gambar 4. PROMETHEE Rainbow

Hasil analisis seperti yang ditampilkan pada Gambar 4 menunjukkan kekuatan alternatif kelima berorientasi pada dimensi ekonomi berdasarkan ketebalan irisan warna merah (dimensi ekonomi) lebih besar. Hal ini dapat dilihat dari keunggulan besaran pendapatan TPA Bantargebang alternatif kelima jauh lebih besar dibandingkan dengan alternatif lainnya. Keunggulan pada alternatif keempat berorientasi pada dimensi sosial yang ditunjukkan irisan yang paling tebal yaitu berwarna hijau (dimensi sosial), sedangkan kelemahannya ditunjukkan dengan irisan biru (dimensi lingkungan). Keunggulan dimensi lingkungan pada alternatif ketiga dapat dilihat dari kemampuannya mengolah sampah menjadi RDF, sehingga dapat mengurangi timbunan sampah pada landfill. Pada alternatif kedua, irisan yang paling tebal yaitu warna biru (dimensi lingkungan), namun karena posisinya digambarkan berada di bagian bawah (*downward*) irisan ini menunjukkan kelemahan dari alternatif kedua pada sisi lingkungan. Pada alternatif kesatu, irisan yang paling tebal yaitu warna merah (dimensi ekonomi), namun karena posisinya digambarkan berada di bagian bawah (*downward*) irisan ini menunjukkan kelemahan dari alternatif kesatu. Kelemahan alternatif kesatu dapat dilihat dari ketidak mampuan untuk mengurangi timbunan sampah pada landfill sehingga membutuhkan pengadaan lahan TPA yang baru, sehingga alternatif satu merupakan alternatif yang paling rendah dibandingkan alternatif lainnya. Hasil perbandingan irisan pada PROMETHEE rainbow konsisten menunjukkan alternatif kelima sebagai alternatif terbaik.

4. KESIMPULAN

Hasil olah data dengan perangkat lunak Visual Promethee didapatkan solusi terbaik yang dapat diterapkan untuk upaya pengelolaan sampah pada TPA Bantargebang yaitu pada pilihan alternatif V, dimana upaya pengelolaan sampah dilakukan dengan menerapkan program pemanfaatan sampah *fresh waste* dan *landfill mining* menjadi RDF untuk selanjutnya dikerjasamakan kepada *offtaker*. Kegiatan pengelolaan TPA dengan cara tersebut memberikan dampak manfaat ekonomi yang paling tinggi dibanding tipe lainnya, walaupun alternatif kebijakan ini membutuhkan biaya pembangunan paling besar namun banyak dari aspek lain yang lebih menguntungkan.

DAFTAR PUSTAKA

Andreopoulou, Z., Koliouka, C., Galariotis, E., & Zopounidis, C. (2018). Renewable energy sources: Using PROMETHEE II for ranking websites to support market opportunities. *Technological Forecasting and Social Change*, 131(October 2016), 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.06.007>

- Arbi, Y., Siregar, R. leonardo, & Tri Padmi Damanhuri. (2018). Kajian Pencemaran Air Tanah oleh Lindi di Sekitar Air Dingin Kota Padang. *Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 18(1), 46–52. <http://ojs.sttind.ac.id/ojs/index.php/Sain/article/view/99/73>
- Bjerrum-Bohr, N. E. J., Damgaard, P. H., Søndergaard, T., & Vanhove, P. (2011). The Momentum Kernel of Gauge and Gravity Theories. *Journal of High Energy Physics*, 2011(1). [https://doi.org/10.1007/JHEP01\(2011\)001](https://doi.org/10.1007/JHEP01(2011)001)
- Chen, P. (2019). Effects of Normalization on the Entropy-Based TOPSIS Method. *Expert Systems with Applications*, 136, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.06.035>
- Desmawati. (2010). Pengaruh Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Terhadap Kualitas Air Sumur, Kesehatan dan Sosial Ekonomi Masyarakat di Sekitar. IPB.
- DLH DKI. (2019a). Penyusunan Feasibility Study dan Detailed Engineering Design (DED) Landfill Mining Bantargebang (P. A. E. M. Pratama (ed.); 2nd ed., Issue 2). PT Arkonin Engineering Manggala Pratama.
- DLH DKI. (2019b). Penyusunan Feasibility Study dan Detailed Engineering Design (DED) Landfill Mining Bantargebang (P. A. E. M. Pratama (ed.); 1st ed., Issue 1). PT Arkonin Engineering Manggala Pratama.
- DLH DKI Jakarta. (2011). Study of DKI Waste Composition and Characteristics. In Arkonin Engineering. PT Arkonin Engineering Manggala Pratama.
- DLH DKI Jakarta. (2022). Tim pendamping dan Pengawas Independen PKS TPST Bantargebang (Issue November).
- Fauzi, A. (2019). Teknik Analisis Keberlanjutan. Gramedia Pustaka Utama.
- Jakarta, D. D. (2023). Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Dki Jakarta Laporan Akhir.
- Kuang, H., Kilgour, D. M., & Hipel, K. W. (2015). Grey-based PROMETHEE II with Application to Evaluation of Source Water Protection Strategies. *Information Sciences*, 294(October), 376–389. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2014.09.035>
- Nengsih. (2002). Penggunaan EM4 dan GT1000-WTA dalam Pembuatan Pupuk Organik Cair dan Padat dari Isi Rumen Limbah RPH.pdf.
- NOPRIANI, M. (2021). Keberlanjutan Program TPS3R di Kota Pangkalpinang: Strategi Penyelesaian Pengelolaan Sampah Perkotaan (Vol. 4, Issue 1). Ipb University.
- R.Julainto. (2011). Kebijakan di Masa Depan. Bogor Agricultural University (IPB).
- Resmianty, T., Fauzi, A. M., Hartulisetyoso, E., & Pertiwi, S. (2022). Potential Utilization of Municipal Solid Waste in Landfill Mining TPST Bantargebang Bekasi to Become Refuse Derived Fuel (RDF) Feed Stock. 12(2), 281–289.
- Tchobanoglous, & Kreith. (2002). Solid Waste. In Tchobanoglous; Kreith (Ed.), *Bulletin of Science, Technology & Society* (Second Edi, Vol. 5, Issue 2). The McGraw-Hill Companies. <https://doi.org/10.1177/027046768500500205>
- UPST DLH DKI Jakarta. (2019). Laporan Kajian Geoteknik Area TPST Bantargebang. In Laporan Kajian Geoteknik Area TPST Bantargebang.