

ANALISIS PENGELOLAAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN INDUSTRI PENGECORAN LOGAM DENGAN METODE COST BENEFIT ANALYSIS

*ANALYSIS OF HAZARDOUS AND TOXIC WASTE MANAGEMENT IN METAL CASTING
INDUSTRY USING COST BENEFIT ANALYSIS METHOD*

Dika Rahayu Widiana^{1*}, Intan Zahrotun Nisa², Agung Nugroho², Am Maisarah Disrinama²

¹Teknik Keselamatan dan Resiko, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia, 60111

²Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia, 60111

E-mail: dikawidiana@ppns.ac.id

ABSTRAK

Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang dihasilkan oleh sebuah perusahaan pengecoran logam di Jawa Timur tidak memenuhi peraturan perundangan pada beberapa aspek. Ketidaksiuaian tersebut diantaranya adalah kondisi tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 yang tidak sesuai maupun tidak adanya pengangkutan yang terjadwal sehingga menyebabkan TPS mengalami overload. Untuk meminimalisir ketidaksiuaian ini maka direncanakan alternatif pengelolaan yaitu perbaikan TPS dan melakukan penjadwalan pengangkutan limbah B3 tanpa perbaikan TPS. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan alternatif pengelolaan limbah B3 yang layak tetapi juga paling mudah untuk diterapkan. Metode yang digunakan dalam pengambilan data adalah dengan observasi dan wawancara. Untuk pemilihan alternatif pengelolaan limbah B3 yang layak digunakan metode Net Present Value (NPV) dan Benefit Cost Ratio (BCR). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh alternatif pengelolaan limbah B3 yang paling layak adalah memperbaiki TPS serta melakukan penjadwalan pengangkutan limbah B3. Hal ini dibuktikan dengan nilai NPV yang positif dan nilai BCR yang lebih dari satu.

Kata kunci: limbah bahan berbahaya dan beracun, perusahaan pengecoran logam, tempat penampungan sementara, net present value, benefit cost ratio

ABSTRACT

Hazardous and toxic waste produced by a metal foundry company in East Java did not comply with statutory regulations in several aspects. These non-conformities include the inappropriate condition of the temporary storage for hazardous and toxic waste and the absence of scheduled transportation, causing the temporary storage to experience overload. Hazardous waste management planned to minimize the discrepancy, namely repairing the temporary storage along with scheduling the transport of waste and scheduling the waste transport without improving the temporary storage. This research aims to obtain alternative hazardous waste management that is feasible but also most easy to implement. The method used in collecting data is observation and interviews. The net present value (NPV) and benefit cost ratio (BCR) methods are used To select appropriate waste management alternatives. Based

on the research results, it was found that the most feasible method for managing hazardous waste was to improve the temporary storage and scheduling the transportation of waste. The result was proven by a positive NPV value and a BCR value of more than one.

Keywords: hazardous and toxic waste, foundry, temporary storage, net present value, benefit cost ratio

2.1.PENDAHULUAN

Pengecoran logam merupakan suatu proses manufaktur yang menggunakan logam cair dan cetakan untuk menghasilkan bentuk yang mendekati bentuk geometri akhir produk jadi (Sudiyanto dan Shiddiq, 2020). Proses pengecoran logam menghasilkan produk serta sisa proses produksi yang tidak dapat digunakan lagi, salah satunya yaitu limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Sebuah perusahaan pengecoran logam di Jawa Timur menghasilkan limbah B3 yang disimpan di Tempat Penampungan Sementara (TPS) dan telah memiliki izin dari Dinas Lingkungan Hidup Kota setempat. Nisa' dkk (2023) melakukan observasi terkait pengelolaan limbah B3 di perusahaan tersebut dan menemukan beberapa temuan yang tidak sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021.

Beberapa temuan tersebut diantaranya kondisi TPS limbah B3 yang tidak sesuai peraturan dan tidak adanya pengangkutan limbah B3 secara terjadwal sehingga kondisi TPS limbah B3 *overload* hingga diletakkan di luar TPS. Paparan limbah B3 terhadap manusia dapat bersifat akut yang dapat menyebabkan kerusakan saraf, kerusakan sistem pencernaan, kerusakan sistem kardio vaskuler, kerusakan kulit, kerusakan sistem pernafasan bahkan kematian. Sedangkan paparan limbah B3 yang bersifat akut dapat menyebabkan karsinogenik, *mutagenic* dan *teratogenic* (Putra dkk., 2019).

Untuk meminimalisir efek yang dapat terjadi, Nisa' dkk. (2023) melakukan penelitian dengan memperbaiki kondisi TPS limbah B3. Pada penelitian tersebut dibuat alternatif pengelolaan limbah B3 yaitu alternatif A memperbaiki TPS dan menjadwalkan pengangkutan limbah B3 serta alternatif B yaitu membuat penambahan TPS limbah B3 agar semua limbah dapat tertampung, sehingga dapat memaksimalkan masa penyimpanan limbah B3. Kedua alternatif tersebut kemudian dikaji kelayakan secara ekonomi dengan menggunakan metode *Cost Benefit Analysis* (CBA). Metode *Cost Benefit Analysis* telah banyak digunakan berbagai bidang penelitian termasuk di bidang lingkungan, antara lain pengembangan fasilitas pengolahan sampah (Chaerul dan Rahayu, 2019), analisis dalam peningkatan metode *landfilling* tempat pemrosesan akhir sampah (Ermayendri dkk, 2022), studi kelayakan finansial dan analisis lingkungan pada proyek pembangunan perumahan di Kebumen (Santo dan Handayani, 2022), skenario pengembangan fasilitas sistem pengolahan sampah dengan pendekatan BCA di kelurahan Kedamaian Bandar Lampung (Phelia dan Ria, 2021), serta analisis potensi dan kelayakan finansial pada agroindustri biogas menggunakan *covered lagoon anaerobic reactor* termodifikasi (Hidayati dkk, 2019).

Berdasarkan hasil analisis dengan metode BCA kedua alternatif tersebut sama-sama layak. Alternatif B memiliki nilai NPV dan BCR lebih tinggi dari pada alternatif A. Akan tetapi disisi lain alternatif B membutuhkan lahan untuk penambahan kapasitas TPS sehingga alternatif A lebih mudah untuk

diterapkan karena tidak memerlukan penambahan lahan dan biaya investasi yang lebih kecil. Semakin hari harga lahan semakin mahal dan semakin sulit didapatkan. Dari hasil penelitian ini maka alternatif A akan dibandingkan dengan alternatif pengelolaan limbah B3 yang ketiga, lebih mudah dan lebih cepat untuk diterapkan, yaitu menjadwalkan pengangkutan limbah B3 tanpa melakukan perbaikan TPS. Mengingat kondisi TPS limbah B3 yang sudah *overload*. Kedua alternatif ini akan dikaji kelayakannya dengan menggunakan metode BCA. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan alternatif yang masih layak tetapi juga lebih memungkinkan untuk diterapkan.

2.2.METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan observasi di lapangan, pengambilan data sekunder dan wawancara dengan departemen *health, safety, and environment* (HSE) selama bulan April hingga Juni 2023 pada sebuah perusahaan pengecoran logam di Jawa Timur. Observasi dan wawancara bertujuan untuk melakukan identifikasi sumber, karakteristik, dan timbulan limbah B3. Tahap berikutnya adalah melakukan evaluasi tempat penyimpanan limbah B3, perancangan alternatif tempat penyimpanan sementara limbah B3, dan analisis untuk penentuan alternatif pengelolaan limbah B3 yang layak secara ekonomi.

2.1. Identifikasi Sumber, Karakteristik dan Timbulan Limbah B3

Identifikasi sumber, karakteristik dan timbulan limbah B3 dilakukan untuk mengetahui sifat dan komponen suatu limbah B3. Identifikasi ini dilakukan dengan mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

2.2. Evaluasi Tempat Penyimpanan Sementara Limbah B3

Evaluasi ini bertujuan untuk menilai apakah tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 telah memenuhi persyaratan yang diperlukan untuk mencegah timbulnya dampak negatif terhadap manusia dan lingkungan sekitar. Evaluasi dilakukan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

2.3. Perancangan Alternatif Pengelolaan Limbah B3

Perancangan tempat penyimpanan sementara limbah B3 dilakukan berdasarkan hasil evaluasi terhadap TPS limbah B3. Perancangan TPS limbah B3 ini dilakukan dengan mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Perancangan alternatif TPS limbah B3 dengan melakukan penataan ulang penempatan kemasan limbah B3, pembuatan bak penampung limbah B3 dan mempercepat pengangkutan limbah B3. Selain itu juga dilakukan penataan ulang jadwal pengangkutan limbah B3.

2.4. Analisis Kelayakan Ekonomi

Analisis kelayakan ekonomi terhadap alternatif pengelolaan limbah B3 pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Nilai Sekarang Bersih (*Net Present Value*) dan Rasio Manfaat Biaya (*Cost Benefit Ratio*). Kedua metode ini digunakan untuk menentukan pemilihan alternatif pengelolaan limbah B3 yang paling layak tidak hanya berdasarkan peraturan perundangan tetapi juga berdasarkan ekonomi. Perhitungan nilai NPV dan BCR dapat dilihat pada persamaan 1 dan 2 (Giatman, 2011)

$$NPV = -Project Cost + \frac{Cash\ In\ Flow\ 1}{(1+i)^1} + \frac{Cash\ In\ Flow\ 2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Cash\ In\ Flow\ n}{(1+i)^n} \dots (1)$$

$$Cost\ Benefit\ Ratio = \frac{Manfaat\ (Present\ Value\ Cash\ In\ Flow)}{Biaya\ yang\ Dikeluarkan\ (Investasi)} \dots\dots\dots (2)$$

Jika nilai NPV lebih besar dari 0 maka proyek diterima dan sebaliknya. Sedangkan jika nilai CBR lebih besar sama dengan 1 maka proyek dikatakan layak dan sebaliknya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi Sumber, Karakteristik dan Timbulan Limbah B3

Hasil identifikasi limbah B3 pada sebuah industri pengecoran logam di Jawa Timur diperoleh hasil bahwa limbah B3 yang dihasilkan berupa *spent pickle liquor* dengan timbulan 150 Kg/bulan, majun bekas B3 dengan timbulan 943 Kg/bulan, kemasan bekas B3 dengan timbulan 27 Kg/bulan, minyak pelumas bekas dengan timbulan 225 Kg/bulan dan sisa proses *blasting* dengan timbulan 160 Kg/bulan. *Spent pickle liquor*, kemasan bekas B3 dan sisa proses *blasting* memiliki karakteristik beracun dan berbahaya terhadap lingkungan. Sedangkan majun bekas B3 dan minyak pelumas bekas memiliki karakteristik mudah menyala (Nisa' dkk., 2023).

Spent pickle liquor juga terkategori limbah B3 yang memiliki dampak yang bersifat akut dan langsung terhadap manusia dan dapat dipastikan akan berdampak negatif terhadap lingkungan hidup. Sedangkan limbah yang lain terkategori limbah yang mengandung bahan berbahaya beracun (B3), memiliki efek tunda (*delayed effect*), dan memiliki dampak tidak langsung terhadap manusia dan lingkungan hidup serta memiliki toksisitas subkronis atau kronis (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021).

Keseluruhan limbah tersebut dihasilkan dari unit *pickling*, *machining*, *wax area*, *maintenance*, *quality control* (QC), produksi dan *finishing* dengan total timbulan sebesar 1.505 Kg/bulan. Limbah B3 terbanyak adalah majun bekas B3 yang dihasilkan dari unit *machining*, *finishing*, *wax area*, *maintenance* dan QC.

3.2. Evaluasi Tempat Penyimpanan Sementara Limbah B3

Hasil evaluasi kondisi TPS limbah B3 di sebuah perusahaan pengecoran logam yang memiliki luas 19 m² dengan ukuran dimensi 4 m x 4,75 m. dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Evaluasi TPS Limbah B3

Parameter	Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021		Kondisi Eksisting	Keterangan
	Keterangan	Pasal		
Tempat Penyimpanan Limbah B3	Limbah B3 yang disimpan terlindung dari hujan dan tertutup	52	Sebagian limbah B3 tidak diletakkan di dalam TPS limbah B3	Tidak sesuai
Simbol dan Label Limbah B3	Dilengkapi dengan simbol dan label limbah B3	52	Tidak dilengkapi simbol dan label limbah B3	Tidak sesuai
Kemasan Limbah B3	Memiliki penutup yang kuat untuk mencegah terjadinya tumpahan pada saat dilakukan pemindahan dan/atau pengangkutan	52	Sebagian limbah B3 cair tidak memiliki penutup sehingga berceceran	Tidak sesuai
Fasilitas Peralatan Penanganan Tumpahan	Fasilitas penyimpanan limbah B3 dilengkapi dengan peralatan penanganan tumpahan	59	Tidak dilengkapi peralatan penanganan tumpahan	Tidak sesuai
Fasilitas Pertolongan Pertama	Fasilitas penyimpanan limbah B3 dilengkapi dengan fasilitas pertolongan pertama	59	Tidak dilengkapi fasilitas pertolongan pertama	Tidak sesuai
Fasilitas Penyimpanan Limbah B3	Fasilitas penyimpanan limbah B3 memiliki luas ruang penyimpanan sesuai dengan jumlah limbah B3 yang disimpan	60	Luas bangunan tidak mampu menampung jumlah limbah yang disimpan	Tidak sesuai
	Saluran <i>drainase</i> ceceran/tumpahan dan bak penampung		Tidak terdapat saluran <i>drainase</i> dan bak penampung	Tidak sesuai
	Fasilitas penyimpanan limbah B3 memiliki simbol limbah B3	60	Tidak terdapat simbol limbah B3 pada fasilitas bangunan penyimpanan limbah B3	Tidak sesuai
Peralatan Penanggulangan Keadaan Darurat	Peralatan penanggulangan keadaan darurat dilengkapi dengan sistem pendeteksi dan peralatan pemadam kebakaran; dan/atau alat penanggulangan keadaan darurat lain yang sesuai	67	Tidak terdapat alat pemadam api ringan	Tidak sesuai
Sistem Pengemasan Limbah B3	Penyimpanan Limbah B3 dengan menggunakan drum dan <i>jumbo bag</i> disimpan dengan sistem blok	67	Limbah B3 yang di simpan dalam drum plastik dan karung tidak disimpan dengan sistem blok sehingga bertumpukan tidak teratur	Tidak sesuai
Masa Simpan Limbah B3	Masa simpan limbah B3	79	Tidak ditentukan masa simpan limbah B3	Tidak sesuai
Pencatatan Limbah B3	Pencatatan jenis dan jumlah limbah B3 ke dalam neraca limbah B3	80	Tidak dilakukan pencatatan neraca limbah B3	Tidak sesuai
Pelaporan limbah B3	Pelaporan dokumen pencatatan limbah B3	80	Tidak dilakukan pelaporan dokumen limbah B3	Tidak sesuai

Sumber: Nisa'dkk., 2023

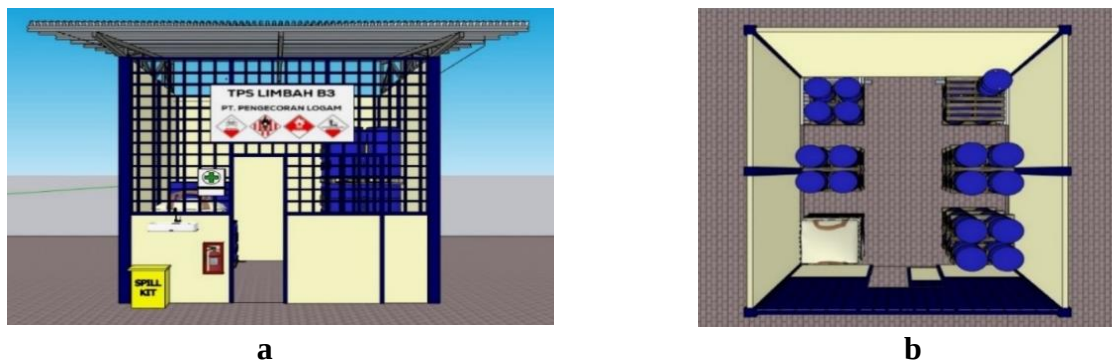
Berdasarkan Tabel 1 diperoleh bahwa terdapat ketidaksesuaian 52, 59, 60, 67, 79 dan 80. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021. Upaya perbaikan terhadap TPS limbah B3 ini perlu dilakukan dengan memperbaiki tempat, fasilitas penyimpanan limbah B3 dan sistem pengemasan, melengkapi label, fasilitas penanganan tumpahan, fasilitas pertolongan pertama, alat pemadam api ringan dan menyesuaikan masa simpan dengan peraturan.

3.3. Perencanaan Ulang Pengelolaan Limbah B3

3.3.1. Perencanaan Pengelolaan Limbah B3 Alternatif Pertama

Berdasarkan penelitian Nisa' dkk. (2023) desain TPS limbah B3 alternatif pertama menggunakan bangunan TPS limbah B3 yang sudah ada, menata ulang penempatan kemasan sesuai sistem blok dengan memperhatikan jumlah kemasan dan blok yang dibutuhkan tiap jenis limbah B3, dan membuat bak penampung untuk limbah cair jika terjadi tumpahan. Sistem pengemasan menggunakan sistem blok dimana jarak antar blok yaitu 60 cm dan setiap blok memiliki kapasitas maksimal 3 tumpukan dimana setiap tumpukan diberi alas palet.

Mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021, setiap orang/badan usaha yang menghasilkan limbah B3 wajib melakukan penyimpanan limbah B3 paling lama 90 hari sejak limbah B3 dihasilkan. Sehingga berdasarkan peraturan tersebut perlu dijadwalkan pengangkutan limbah B3 dan diidentifikasi kebutuhan-kebutuhan untuk perbaikan TPS limbah B3. Dalam peraturan yang sama, disebutkan bahwa TPS limbah B3 juga harus memiliki bak penampung yang mampu menampung cairan paling sedikit 110% dari total kapasitas limbah B3 cair. Berdasarkan hal ini maka diperlukan dua bak penampung dengan ukuran 100 cm x 100 cm x 84,7 cm untuk minyak pelumas dan dimensi 100 cm x 100 cm x 43,78 cm untuk limbah *spent pickle liquor*. TPS limbah B3 juga dilengkapi dengan fasilitas penunjang seperti APAR jenis *dry chemical powder*, kotak P3K, dan *spill kit*. Desain TPS alternatif I dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain TPS Limbah B3 Alternatif I (a) Tampak Depan dan (b) Tampak Atas

Pada gambar 1a kotak P3K, *spill kit* dan APAR diletakkan di bagian depan TPS limbah B3. Bak tampung limbah *spent pickle liquor* diletakkan di bawah *spill kit* (sebelah kiri) sedangkan bak tampung limbah minyak bekas berada di depan sisi sebelah kanan. Kedua bak tampung ini berada di bawah lantai. Pada Gambar 1b jarak terdekat antar palet adalah 60 cm, jarak palet ke dinding depan adalah 30 cm dan jarak palet ke dinding belakang adalah 20 cm.

3.3.2. Perencanaan Pengelolaan Limbah B3 Alternatif Kedua

Pada perencanaan TPS limbah B3 alternatif pertama membutuhkan lebih banyak material dan biaya, sehingga pada alternatif kedua ini yang dipilih adalah menjadwalkan pengangkutan limbah B3 untuk menghindari *overload* tanpa melakukan perbaikan TPS limbah B3. Biaya pengangkutan dihitung sesuai dengan masa simpan limbah B3. Berdasarkan perhitungan masa simpan, limbah majun bekas B3 memiliki masa simpan 30 hari, sedangkan untuk limbah lainnya memiliki masa simpan 90 hari. Setiap limbah memiliki berat minimal pengangkutan yang telah ditetapkan oleh pihak pengangkut. Limbah majun bekas B3 diangkut pada bulan kesatu dan kedua karena beratnya sudah memenuhi berat minimal pengangkutan. Sedangkan selain limbah majun bekas B3 ditetapkan pengangkutan setelah masa simpan 90 hari (bulan ketiga) karena pada saat itu beratnya telah mencapai berat minimal pengangkutan. Biaya pengangkutan dihitung sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan yaitu 30 hari sekali untuk limbah majun bekas B3 dan 90 hari sekali untuk limbah B3 yang lain. Sistem pengangkutan ini juga diterapkan pada alternatif pertama.

3.4. Studi Kelayakan Ekonomi dengan Metode *Cost Benefit Analysis*

3.4.1. Identifikasi Biaya

Penentuan harga satuan pekerjaan dan harga fasilitas TPS limbah B3 didasarkan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No.56 Tahun 2022 Perubahan Kedua Atas Peraturan Gubernur Nomor 66 Tahun 2021 Tentang Harga Satuan Pokok Kegiatan Pemerintah Provinsi Jawa Timur Tahun 2022 dan No. 30 Tahun 2022 tentang Standar Satuan Harga Barang Pemerintah Provinsi Jawa Timur Tahun 2023. Identifikasi biaya yang harus dikeluarkan untuk alternatif pertama pengelolaan limbah B3 dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 2. Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Bak Penampung

No.	Pekerjaan	Biaya
1	Penggalian tanah dan pembuatan drainase	Rp 110.893,72
2	Pekerjaan bak penampung	Rp 1.688.230,00
	Total	Rp 1.799.123,72

Tabel 3. Rencana Anggaran Biaya Fasilitas TPS limbah B3

No.	Uraian	Jumlah	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
1	Palet kayu	11	Rp 38.700	Rp 425.700
2	APAR	1	Rp 252.700	Rp 252.700
3	Spill Kit	1	Rp 321.400	Rp 321.400
4	Kotak P3K	1	Rp 67.000	Rp 67.000
	Total			Rp 1.066.800

Tabel 4. Total Biaya Pengangkutan Limbah B3

Total Biaya (Bulan ke-1)	Rp	7.215.000
Total Biaya (Bulan ke-2)	Rp	7.215.000
Total Biaya (Bulan ke-3)	Rp	13.230.350
Grand Total	Rp	27.660.350
Total Biaya Pengangkutan dalam 1 Tahun (Grand Total x 4)	Rp	110.641.400

Tabel 2 dan Tabel 3 adalah biaya investasi untuk pelaksanaan alternatif pertama pengelolaan limbah B3. Total biaya investasi yang diperlukan adalah Rp 2.865.923,72 yang merupakan penjumlahan antara biaya pembuatan bak penampung dan biaya penambahan fasilitas TPS limbah B3. Biaya investasi ini hanya dikeluarkan di awal perbaikan TPS limbah B3 saja. Tabel 4 adalah biaya pengangkutan limbah B3 selama satu tahun. Biaya pengangkutan bulan pertama dan kedua hanya untuk majun bekas limbah B3 yang memiliki masa simpan 30 hari dikarenakan memiliki timbulan yang besar. Jadi untuk limbah berupa majun ini harus diangkut setiap bulan sedangkan limbah yang lainnya memiliki masa simpan 90 hari sehingga bisa diangkut 3 bulan sekali. Pengangkutan bulan ketiga adalah untuk keseluruhan limbah B3 termasuk majun. Biaya pengangkutan limbah setiap tahunnya adalah biaya pengangkutan per tiga bulan dikalikan empat. Untuk alternatif kedua hanya memerlukan biaya pengangkutan saja seperti pada Tabel 4.

3.4.2. Identifikasi Manfaat

Manfaat dari penerapan alternatif yang pertama dan kedua dari pengelolaan limbah B3 adalah dibebaskannya denda administratif terhadap beberapa pelanggaran terkait pengelolaan limbah B3 yang telah ada. Untuk alternatif pertama dengan perbaikan TPS limbah B3 dan melakukan penjadwalan maka manfaat yang dapat diperoleh adalah terbebasnya beberapa jenis pelanggaran seperti pada Tabel 5. Sedangkan manfaat penerapan alternatif kedua adalah terbebasnya pelanggaran seperti pada Tabel 6.

Tabel 5. Jenis Pelanggaran dan Nilai Denda Administratif

No	Pelanggaran	Kriteria	Nilai
1	Tidak memenuhi ketentuan peralatan penanggulangan darurat sebagai persyaratan tempat Penyimpanan Limbah B3	Ringan	Rp 5.000.000
2	Tidak memenuhi ketentuan pengemasan Limbah B3 yang termuat dalam standar/rincian teknis Penyimpanan Limbah B3	Ringan	Rp 5.000.000
3	Tidak melakukan identifikasi Limbah B3 yang dihasilkan	Ringan	Rp 5.000.000

No	Pelanggaran	Kriteria	Nilai
4	Melakukan Penyimpanan Limbah B3 melebihi jangka waktu Penyimpanan Limbah B3	Sedang	Rp 15.000.000
5	Tidak menyusun dan menyampaikan laporan penyimpanan Limbah B3	Sedang	Rp 15.000.000
6	Tidak melakukan Penyimpanan Limbah B3 di tempat Penyimpanan Limbah B3	Berat	Rp 25.000.000
7	Tidak melakukan pencatatan nama dan jumlah Limbah B3 yang dihasilkan	Berat	Rp 25.000.000
8	Tidak melakukan Penyimpanan Limbah B3 sesuai dengan ketentuan Penyimpanan Limbah B3	Berat	Rp 25.000.000
Total			Rp 120.000.000

Tabel 6. Jenis Pelanggaran dan Nilai Denda Administratif

No.	Pelanggaran	Kriteria	Nilai
1	Tidak melakukan identifikasi Limbah B3 yang dihasilkan	Ringan	Rp 5.000.000,00
2	Melakukan Penyimpanan Limbah B3 melebihi jangka waktu Penyimpanan Limbah B3	Sedang	Rp 15.000.000,00
3	Tidak menyusun dan menyampaikan laporan penyimpanan Limbah B3	Sedang	Rp 15.000.000,00
4	Tidak melakukan pencatatan nama dan jumlah Limbah B3 yang dihasilkan	Berat	Rp 25.000.000,00
Total			Rp 60.000.000,00

Berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 6, alternatif pertama memiliki nilai manfaat yang lebih besar dari pada alternatif kedua. Hal ini dikarenakan perbaikan TPS limbah B3 yang telah ada dapat meminimalisir pelanggaran peraturan terkait pengelolaan limbah B3 sehingga denda yang seharusnya dibayarkan dapat dihilangkan.

3.4.3. Cost Benefit Analysis

Komponen biaya dan manfaat yang akan dianalisis dengan memproyeksikan selama 10 tahun kedepan, kemudian dilakukan analisis *Net Present Value* dan *Cost Benefit Ratio* dengan *discount factor* sebesar 5% sehingga dapat diketahui nilai *present value* seperti pada Tabel 7, Tabel 8, Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 7. Analisis *Net Present Value* (NPV) Alternatif Pertama

Tahun	Biaya	Manfaat	Cash in Flow	DF	Present Value
	a	b	c = b – a	d	e = c x d
0	Rp 2.865.923,72	Rp -	(Rp 2.865.923,72)	1	(Rp 2.865.923,72)
1	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	Rp 9.358.600,00	0,95	Rp 8.912.952,38
2	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	Rp 9.358.600,00	0,91	Rp 8.488.526,08
3	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	Rp 9.358.600,00	0,86	Rp 8.084.310,55
4	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	Rp 9.358.600,00	0,82	Rp 7.699.343,38
5	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	Rp 9.358.600,00	0,78	Rp 7.332.707,98
6	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	Rp 9.358.600,00	0,75	Rp 6.983.531,41
7	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	Rp 9.358.600,00	0,71	Rp 6.650.982,30
8	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	Rp 9.358.600,00	0,68	Rp 6.334.268,85
9	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	Rp 9.358.600,00	0,64	Rp 6.032.637,00
10	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	Rp 9.358.600,00	0,61	Rp 5.745.368,57
Total PV					Rp 72.264.628,51
Total Investasi					Rp 2.865.923,72
NPV					Rp 69.398.704,79

Tabel 8. Analisis *Net Present Value* (NPV) Alternatif Kedua

Tahun	Biaya	Manfaat	Cash Flow	DF	Present Value
	a	b	c = b - a	d	e = c x d
0	Rp -	Rp -	Rp -	1	-
1	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	-Rp 50.641.400,00	0,95	-Rp 48.229.904,76
2	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	-Rp 50.641.400,00	0,91	-Rp 45.933.242,63
3	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	-Rp 50.641.400,00	0,86	-Rp 43.745.945,36
4	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	-Rp 50.641.400,00	0,82	-Rp 41.662.805,11
5	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	-Rp 50.641.400,00	0,78	-Rp 39.678.862,01
6	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	-Rp 50.641.400,00	0,75	-Rp 37.789.392,39
7	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	-Rp 50.641.400,00	0,71	-Rp 35.989.897,51
8	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	-Rp 50.641.400,00	0,68	-Rp 34.276.092,87
9	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	-Rp 50.641.400,00	0,64	-Rp 32.643.897,97
10	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	-Rp 50.641.400,00	0,61	-Rp 31.089.426,64
NPV					-Rp 391.039.467,24

Berdasarkan Tabel 7 dan Tabel 8 dapat dilihat bahwa alternatif pengelolaan limbah B3 yang pertama memiliki nilai NPV lebih dari nol yaitu sebesar Rp 69.398.704,79. Sedangkan alternatif pengelolaan limbah B3 yang kedua memiliki nilai NPV negative atau kurang dari nol. Berdasarkan hal ini dapat

disimpulkan bahwa alternatif pertama memiliki kelayakan secara ekonomi untuk dilaksanakan dari pada alternatif kedua. Alternatif kedua, meskipun tidak membutuhkan investasi tetapi memiliki nilai manfaat yang lebih kecil dari pada biaya yang dikeluarkan sehingga memiliki NPV yang sangat kecil dibandingkan alternatif pertama.

Tabel 9. Analisis *Cost Benefit Ratio* (CBR) Alternatif Pertama

Tahun	Biaya	Manfaat	DF	<i>Present Value</i> Biaya	<i>Present Value</i> Manfaat
0	Rp 2.865.923,72	Rp -	1	Rp 2.865.923,72	Rp -
1	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	0,95	Rp 105.372.761,90	Rp 114.285.714,29
2	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	0,91	Rp 100.355.011,34	Rp 108.843.537,41
3	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	0,86	Rp 95.576.201,27	Rp 103.660.511,82
4	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	0,82	Rp 91.024.953,59	Rp 98.724.296,98
5	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	0,78	Rp 86.690.431,99	Rp 94.023.139,98
6	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	0,75	Rp 82.562.316,19	Rp 89.545.847,60
7	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	0,71	Rp 78.630.777,32	Rp 85.281.759,62
8	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	0,68	Rp 74.886.454,59	Rp 81.220.723,44
9	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	0,64	Rp 71.320.432,94	Rp 77.353.069,95
10	Rp 110.641.400,00	Rp 120.000.000,00	0,61	Rp 67.924.221,85	Rp 73.669.590,42
Total PV				Rp 857.209.486,71	Rp 926.608.191,50
CBR				1,08	

Tabel 10. Analisis *Cost Benefit Ratio* (CBR) Alternatif Kedua

Tahun	Biaya	Manfaat	DF	<i>Present Value</i> Biaya	<i>Present Value</i> Manfaat
0	Rp -	Rp -	1	Rp -	Rp -
1	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	0,95	Rp 105.372.761,90	Rp 57.142.857,14
2	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	0,91	Rp 100.355.011,34	Rp 54.421.768,71
3	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	0,86	Rp 95.576.201,27	Rp 51.830.255,91
4	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	0,82	Rp 91.024.953,59	Rp 49.362.148,49
5	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	0,78	Rp 86.690.431,99	Rp 47.011.569,99
6	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	0,75	Rp 82.562.316,19	Rp 44.772.923,80
7	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	0,71	Rp 78.630.777,32	Rp 42.640.879,81
8	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	0,68	Rp 74.886.454,59	Rp 40.610.361,72
9	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	0,64	Rp 71.320.432,94	Rp 38.676.534,97
10	Rp 110.641.400,00	Rp 60.000.000,00	0,61	Rp 67.924.221,85	Rp 36.834.795,21
Total PV				Rp 854.343.562,99	Rp 463.304.095,75
CBR				0,54	

Berdasarkan Tabel 9 dan Tabel 10 dapat dilihat bahwa alternatif pengelolaan limbah B3 yang pertama memiliki nilai BCR lebih dari satu yaitu sebesar 1,08. Sedangkan alternatif pengelolaan limbah B3 yang

kedua memiliki nilai BCR kurang dari satu yaitu 0.54. Berdasarkan hal ini dapat disimpulkan bahwa alternatif pertama memiliki kelayakan secara ekonomi untuk dilaksanakan dari pada alternatif kedua.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian alternatif pertama yaitu memperbaiki TPS limbah B3 dan menjadwalkan pengangkutan limbah B3 lebih layak dari pada alternatif kedua yaitu hanya melakukan penjadwalan pengangkutan limbah B3. Hal ini dibuktikan dengan nilai NPV alternatif pertama yang bernilai positif dan alternatif kedua yang bernilai negatif. Hal ini juga didukung dengan hasil analisis dengan menggunakan metode BCR dimana alternatif pertama memiliki nilai BCR lebih dari satu dan alternatif kedua memiliki nilai BCR kurang dari satu.

DAFTAR PUSTAKA

- Chaerul, M. dan S. Adi Rahayu. (2019). Cost Benefit Analysis dalam Pengembangan Fasilitas Pengolahan Sampah: Studi Kasus Kota Pekanbaru. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*. 9(3), 710-722.
- Ermayendri, D., Reflis, S. Putra Utama, M. Ramdhon, Indarwanto. (2022). Cost Benefit Analysis Dalam Peningkatan Metode Landfilling Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Studi Kasus: TPA Air Sebaku Kota Bengkulu. *Journal of Nursing and Public Health*. 10(1), 24-32.
- Giatman, M. (2011). Ekonomi Teknik. Jakarta: PT. Rajagrafindo Persada.
- Hidayati, S., T. Pratondo Utomo, E. Suroso, Z. Azalia Maktub. (2019). Analisis Potensi dan Kelayakan Finansial pada Agroindustri Biogas Menggunakan *Covered Lagoon Anaerobic Reactor* Termomodifikasi. *Industrial Journal of Technology and Management of Agroindustry*. 8(3), 218-226.
- Nisa', I.Z., D. Rahayu Widiana, A. Nugroho. (2023). Analisis Kelayakan Tempat Penyimpanan Sementara Bahan Berbahaya dan Beracun di Perusahaan Foundry dengan Metode Cost Benefit Analysis. *Journal of Safety, Health, and Environmental Engineering*. 1(1), 23-31.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur No.56 Tahun 2022 Perubahan Kedua Atas Peraturan Gubernur Nomor 66 Tahun 2021 Tentang Harga Satuan Pokok Kegiatan Pemerintah Provinsi Jawa Timur Tahun 2022. 2022. Surabaya.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur 30 Tahun 2022 tentang Standar Satuan Harga Barang Pemerintah Provinsi Jawa Timur Tahun 2023. 2022. Surabaya.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 Tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. 2021. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. 2021. Jakarta.
- Phelia, A. dan Ria, O. S. (2021). Skenario Pengembangan Fasilitas Sistem Pengolahan Sampah dengan Pendekatan Cost Benefit Analysis Di Kelurahan Kedamaian Kota Bandar Lampung. *Serambi Engineering*. 6(1), 1555-1562.
- Putra, T.I., N. Setyowati, E. Apriyanto. (2019). Identifikasi Jenis Dan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun Rumah Tangga: Studi Kasus Kelurahan Pasar Tais Kecamatan Seluma Kabupaten Seluma. *Naturalis*. 8(2), 49-61.

- Santo, T.K., dan F. Sri Handayani. (2022). Studi Kelayakan Finansial Dan Analisis Lingkungan Pada Proyek Pembangunan Perumahan Palem Putri 2 Kebumen. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*. 10(2), 121-128.
- Sudiyanto, A. dan N.Ash Shiddiq. (2020). Proses Pengecoran Logam dan Analisa Cacat. *Journal of Metalurgical Engineering and Processing Technology*, 1(1), 1-6.