

Analisis Kelayakan Tempat Penyimpanan Sementara Bahan Berbahaya dan Beracun di Perusahaan *Foundry* dengan Metode *Cost Benefit Analysis*

Intan Zahrotun Nisa¹, Dika Rahayu Widiana^{2*} dan Agung Nugroho¹

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Magister Terapan Teknik Keselamatan dan Resiko, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: dikawidiana@ppns.ac.id

Abstrak

Setiap orang atau badan yang menghasilkan limbah B3 wajib melakukan pengelolaan terhadap limbah B3 yang dihasilkannya. Perusahaan *foundry* menghasilkan limbah B3 yang harus dikelola sesuai dengan peraturan yang berlaku. Namun, berdasarkan hasil observasi menunjukkan adanya temuan-temuan yang tidak sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Kondisi *overload* pada tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 saat ini juga berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap keselamatan, kesehatan kerja, dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kelayakan ekonomi dari alternatif tempat penyimpanan sementara limbah B3 berdasarkan nilai manfaat yang didapatkan dan biaya yang dikeluarkan untuk memperbaiki kondisi saat ini pada tempat penyimpanan sementara limbah B3. Penelitian ini menggunakan metode *Cost Benefit Analysis* dengan kriteria perhitungan yaitu *Net Present Value* (NPV) dan *Cost Benefit Ratio* (CBR). Hasil analisis kelayakan menunjukkan bahwa penambahan tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 menghasilkan nilai manfaat yang lebih besar dengan hasil perhitungan nilai *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp 293.669.625,68 dimana nilai NPV > 0 dan nilai *Benefit Cost Ratio* sebesar 3,65 dimana nilai BCR CBR ≥ 1. Dari hasil analisis kelayakan dapat dinyatakan bahwa alternatif penambahan tempat penyimpanan sementara limbah B3 layak untuk dilakukan karena memberikan manfaat yang lebih banyak dibandingkan dengan alternatif lainnya.

Kata Kunci: *Benefit Cost Ratio*, Limbah B3, *Net Present Value*, Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3

Abstract

Every individual or entity that produces hazardous and toxic waste (B3 waste) is obliged to manage the waste they generate. A foundry company produces B3 waste that must be managed in accordance with the applicable regulations. However, based on observation results, there are findings that do not comply with the Minister of Environment and Forestry of the Republic of Indonesia Regulation No. 6 of 2021 concerning the Procedures and Requirements for the Management of Hazardous and Toxic Waste. The current overload condition in the temporary storage facility (TPS) for B3 waste also has the potential to cause negative impacts on safety, occupational health, and the environment. This research aims to determine the economic feasibility of alternative temporary storage facilities for B3 waste based on the benefits obtained and the costs incurred to improve the current conditions in the temporary storage facility for B3 waste. The research uses the *Cost Benefit Analysis* method with the calculation criteria being the *Net Present Value* (NPV) and the *Cost Benefit Ratio* (CBR). The feasibility analysis results show that the addition of temporary storage facilities for B3 waste results in greater benefits, with a calculated *Net Present Value* (NPV) of Rp 293,669,625.68 where the NPV value > 0, and a *Benefit Cost Ratio* of 3.65 where the BCR CBR ≥ 1. From the feasibility analysis results, it can be stated that the alternative of adding temporary storage facilities for B3 waste is feasible to be implemented because it provides more benefits compared to other alternatives.

Keywords: *Benefit Cost Ratio*, Hazardous and Toxic Waste, Hazardous and Toxic Waste Storage, *Net Present Value*

1. PENDAHULUAN

Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) mendefinisikan limbah B3 sebagai limbah yang dapat menyebabkan kerusakan serius baik pada lingkungan maupun kesehatan apabila tidak dilakukan pengelolaan limbah dengan baik (Waxman, 1996). Perusahaan *foundry* menghasilkan limbah B3 sehingga perlu dilakukan

pengelolaan yang sesuai dengan peraturan yang berlaku. Limbah B3 yang dihasilkan harus disimpan dalam TPS limbah B3. TPS limbah B3 merupakan tempat penyimpanan sementara untuk menyimpan limbah B3 sebelum dilakukan kegiatan pengelolaan selanjutnya. Berdasarkan hasil observasi menunjukkan adanya temuan ketidaksesuaian berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Selain itu, dari hasil observasi di lapangan diketahui bahwa jumlah limbah B3 terus bertambah tanpa pencatatan yang jelas, tidak ada penjadwalan pengangkutan limbah, dan penataan kemasan limbah yang tidak sesuai. Kondisi ini menyebabkan *overload* pada TPS limbah B3, berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap keselamatan, kesehatan kerja, dan lingkungan sehingga perlu dilakukan perbaikan yang sesuai dengan standar peraturan yang berlaku.

Dalam rangkaian penelitian ini, terdapat dua opsi untuk memperbaiki tempat penyimpanan limbah B3 yang akan dianalisis dari sudut pandang ekonomi. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengevaluasi keekonomian dari alternatif-alternatif penyimpanan sementara limbah B3 berdasarkan perbandingan antara nilai manfaat yang dihasilkan dan biaya yang dikeluarkan untuk melakukan perbaikan pada kondisi eksisting tempat penyimpanan sementara limbah B3. Pendekatan ini sejalan dengan pandangan Suryaningrat (2011), yang cenderung memanfaatkan konsep biaya dalam menilai dan membandingkan berbagai opsi berdasarkan kinerja finansial dari masing-masing opsi, sehingga dapat digunakan sebagai landasan dalam pengambilan keputusan. Metode *Cost Benefit Analysis* telah banyak digunakan sebagai bidang penelitian, antara lain: pengembangan fasilitas pengolahan sampah (Chaerul & Rahayu, 2019). Untuk menentukan alternatif yang paling layak, digunakan metode *Cost Benefit Analysis*. Metode *Cost Benefit Analysis* merupakan metode dengan membandingkan semua nilai manfaat dan biaya yang relevan dari alternatif yang dibuat (misalnya program, kebijakan, atau investasi modal) dan bertujuan untuk menilai secara akurat semua manfaat dan biaya yang relevan sehingga dapat menunjukkan mana alternatif yang lebih layak dilakukan berdasarkan nilai keuntungan terbesar (Lawrence and Mears, 2004). Pengambilan keputusan dalam pemilihan alternatif yang paling layak melibatkan dua alternatif. Alternatif pertama yaitu perancangan ulang *layout* tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 untuk menata ulang penempatan kemasan yang sesuai jenis limbah B3 dan standar peraturan serta mempersingkat masa simpan limbah B3, sedangkan alternatif kedua yaitu penambahan tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 agar dapat menampung semua jumlah limbah B3 yang dihasilkan dan memaksimalkan masa simpan limbah B3. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan alternatif tempat penampungan sementara limbah B3 yang paling layak dengan menggunakan metode *Net Present Value* dan *Cost Benefit Ratio*.

2. METODE

Pada penelitian ini, metodologi penelitian yang digunakan meliputi tahap identifikasi sumber, karakteristik, dan timbulan limbah B3, evaluasi tempat penyimpanan limbah B3, desain tempat penyimpanan sementara limbah B3, dan studi kelayakan dengan metode *Cost benefit Analysis*.

2.1 Identifikasi Sumber, Karakteristik dan Timbulan Limbah B3

Berdasarkan aspek keselamatan dan kesehatan kerja, identifikasi karakteristik limbah B3 dilakukan untuk mengetahui sifat dan komponen suatu limbah B3 sehingga dapat diketahui potensi bahaya dan risiko terkait dengan limbah tersebut. Dengan mengetahui potensi bahaya dan risiko dari limbah B3 dapat ditentukan langkah aman dalam penanganan tumpahan, penyimpanan, dan pengangkutan limbah B3. Selain itu, identifikasi timbulan limbah B3 bertujuan untuk mendapatkan informasi jumlah timbulan masing-masing limbah B3 dalam satu bulan guna menentukan kebutuhan kemasan limbah B3 dan masa simpan limbah B3, dalam penelitian ini berkaitan dengan perancangan tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3. Identifikasi pada dasarnya dilakukan untuk menentukan pengelolaan yang sesuai dengan karakteristik limbah B3 sehingga perusahaan pengecoran logam dapat menentukan pengelolaan limbah B3 yang efektif terutama dalam penyimpanan limbah B3 dan kepatuhan terhadap regulasi pemerintah yang berlaku. Identifikasi mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021.

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. Dengan adanya evaluasi, tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 dapat dilakukan perbaikan sehingga dapat memenuhi standar peraturan pemerintah yang berlaku. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan antara parameter dalam standar peraturan dengan kondisi *existing* tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3. Evaluasi dilakukan dengan analisis kesesuaian terhadap Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021.

2.3 Desain Tempat Penyimpanan Sementara Limbah B3

Usai melakukan evaluasi terhadap tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3, tindak lanjutnya adalah memberikan saran perbaikan yang melibatkan alternatif perancangan ulang. Perancangan ini merujuk pada Pedoman Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Proses ini juga melibatkan pertimbangan analisis biaya dan manfaat. Perancangan ulang untuk tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 dilakukan dengan melakukan langkah-langkah seperti menghitung jumlah limbah B3 yang dihasilkan, menetapkan kebutuhan kemasan dan palet, merancang fasilitas tanggap darurat seperti APAR, *spill kit*, dan kotak P3K, menentukan sistem ventilasi, merancang bak penampung untuk mengatasi tumpahan limbah B3, menetapkan kebutuhan pencahayaan, dan menentukan simbol serta label pada kemasan limbah B3 sesuai dengan jenis dan sifat limbah B3. Dalam upaya perancangan ulang TPS limbah B3, digunakan dua alternatif pendekatan yang berbeda. Alternatif A yaitu perancangan ulang *layout* TPS limbah B3 dan mempersingkat masa simpan limbah B3, alternatif B yaitu penambahan tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 dan memaksimalkan masa simpan limbah B3.

2.4 Studi Kelayakan dengan Metode *Cost Benefit Analysis*

Metode *Cost Benefit Analysis* tidak hanya berguna dalam pengambilan keputusan untuk memilih opsi terbaik di antara pilihan yang ada. Dalam konteks ini, pemilihan opsi terbaik didasarkan pada perbandingan antara manfaat siklus hidup dengan biaya yang dikeluarkan. Selain itu, metode ini juga memungkinkan perbandingan antara opsi-opsi alternatif tersebut (Indrayathi, 2016). Metode *Cost Benefit Analysis* menggunakan kriteria perhitungan seperti Nilai Sekarang Bersih (*Net Present Value*/NPV) dan Rasio Manfaat Biaya (*Cost Benefit Ratio*/CBR) untuk menentukan pilihan alternatif yang paling ekonomis.

a. *Net Present Value* (NPV)

Net Present Value (NPV) adalah hasil pengurangan antara nilai arus kas masuk saat ini dan nilai arus kas keluar yang terkait dengan suatu proyek investasi (Rumiyanto et al., 2015). Untuk mengetahui nilai *Net Present Value* (NPV) menggunakan persamaan sebagai berikut (Wiratama and Samopa, 2020).

$$NPV = -Project Cost + \frac{Cash\ In\ Flow\ 1}{(1+i)^1} + \frac{Cash\ In\ Flow\ 2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Cash\ In\ Flow\ n}{(1+i)^n} \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.4.1})$$

Dari perhitungan NPV, pengambilan keputusan tentang kelayakan dapat ditentukan.

- Jika NPV > 0, maka usulan proyek diterima
- Jika NPV < 0, maka usulan proyek ditolak

b. *Cost Benefit Ratio* (CBR)

Cost Benefit Ratio (CBR) merujuk pada perbandingan antara total nilai manfaat dan total nilai pengorbanan atau biaya suatu entitas (Wiratama and Samopa, 2020). Keberhasilan suatu proyek atau investasi dapat diukur dengan kelayakan atau kemampuannya untuk dilaksanakan jika rasio antara nilai manfaat dan biayanya melebihi angka satu, dihitung menggunakan rumus berikut.

$$Cost\ Benefit\ Ratio = \frac{Manfaat\ (PV\ Cash\ In\ Flow)}{Biaya\ yang\ Dikeluarkan\ (Investasi)} \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.4.2})$$

Dari perhitungan CBR, pengambilan keputusan tentang kelayakan dapat ditentukan.

- Jika CBR ≥ 1, maka dikatakan layak, artinya manfaat proyek lebih besar dari pada pengorbanan yang dikeluarkan.
- Jika CBR < 1 dikatakan tidak layak, berarti keuntungan proyek lebih kecil dari modal awal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Sumber, Karakteristik dan Timbulan Limbah B3

Identifikasi bertujuan untuk menentukan pengelolaan yang sesuai dengan karakteristik limbah B3 sehingga perusahaan pengecoran logam dapat menentukan pengelolaan limbah B3 yang efektif dalam penyimpanan limbah B3 sehingga dapat mematuhi standar regulasi pemerintah yang berlaku. Identifikasi mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Identifikasi sumber, karakteristik dan timbulan limbah B3 yang dihasilkan oleh perusahaan pengecoran logam diuraikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Jenis, Kode, Karakteristik, kategori, Sumber, dan Timbulan Limbah B3

Kode Limbah B3	Jenis Limbah B3	Karakteristik	Kategori*	Sumber	Timbulan (Kg/Bulan)
A309-3	<i>Spent Pickle Liquor</i>	Beracun, berbahaya terhadap lingkungan	1	Unit <i>Pickling</i>	150
B110d	Majun bekas B3	Padatan mudah menyala	2	Unit <i>Machining, Finishing, Wax Area, Maintenance, QC</i>	943
B104d	Kemasan bekas B3	Beracun, berbahaya terhadap lingkungan	2	Kemasan Penetran, <i>Pilox, Cat, Oli</i>	27
B105d	Minyak pelumas bekas	Cairan mudah menyala	2	Mesin produksi dan <i>maintenance</i> mesin	225
B323-1	Sisa Proses <i>Blasting</i>	Beracun, berbahaya terhadap lingkungan	2	Unit <i>Finishing</i>	160
TOTAL					1.505

Keterangan:

*) Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Kategori 1 : limbah B3 yang memiliki dampak yang bersifat akut dan langsung terhadap manusia dan dapat dipastikan akan berdampak negatif terhadap lingkungan hidup.

Kategori 2: limbah B3 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.

Berdasarkan Tabel 1, limbah B3 bersumber dari unit *Machining, Finishing, Wax Area, Maintenance, QC*, dan *Pickling*. Jumlah timbulan limbah B3 per bulan mencapai 1505 kg dengan total timbulan terbanyak yaitu limbah majun bekas B3 sebesar 943 kg/bulan. Jumlah tersebut sangat banyak dibandingkan dengan limbah lainnya karena dihasilkan dari lima unit yaitu *Machining, Finishing, Wax Area, Maintenance, QC*.

3.2 Evaluasi Tempat Penyimpanan Sementara Limbah B3

Dari observasi yang telah dilakukan, berikut merupakan hasil evaluasi tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 di perusahaan pengecoran logam yang diuraikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Evaluasi TPS Limbah B3

Parameter	Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021		Kondisi Existing	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> cecceran/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

Berdasarkan Tabel 2, hasil evaluasi tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 menunjukkan bahwa kondisi saat ini pada TPS limbah B3 belum memenuhi standar pada pasal 52, 59, 60, 67, 79 dan 80. Perbaikan dilakukan dengan merancang ulang TPS limbah B3 agar sesuai standar melalui dua alternatif perancangan TPS limbah B3.

3.3 Desain Tempat Penyimpanan Sementara Limbah B3 Alternatif A

Tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 memiliki luas 19 m² dengan ukuran dimensi 4 m x 4,75 m. Berdasarkan hasil evaluasi, penataan limbah B3 saat ini tidak menggunakan sistem blok sesuai peraturan dan tidak memiliki bak penampung limbah B3 cair sehingga perlu dirancang ulang. Sistem pengangkutan yang direncanakan disesuaikan juga dengan pihak pengangkutan limbah B3. Berdasarkan data timbulan limbah B3 dalam satu bulan menghasilkan limbah B3 dengan total keseluruhan 1505 kg/bulan. Jika dikonversi dalam satu hari menghasilkan 51 kg/hari. 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, untuk limbah B3 yang dihasilkan sebesar 50 kg per hari atau lebih sehingga dalam penentuan masa simpan yang ditetapkan yaitu paling lama 90 hari sejak limbah dihasilkan untuk menghindari akumulasi berlebih pada periode selanjutnya. Oleh karena itu, perhitungan volume limbah B3 yang dihasilkan dalam satu bulan diakumulasikan sesuai dengan masa simpan yaitu selama 3 bulan (90 hari) untuk menyediakan kapasitas yang cukup dalam menampung limbah B3. Berikut merupakan kebutuhan kemasan, palet, blok, dan masa simpan dari masing-masing limbah B3 yang ditunjukkan pada Tabel 3.

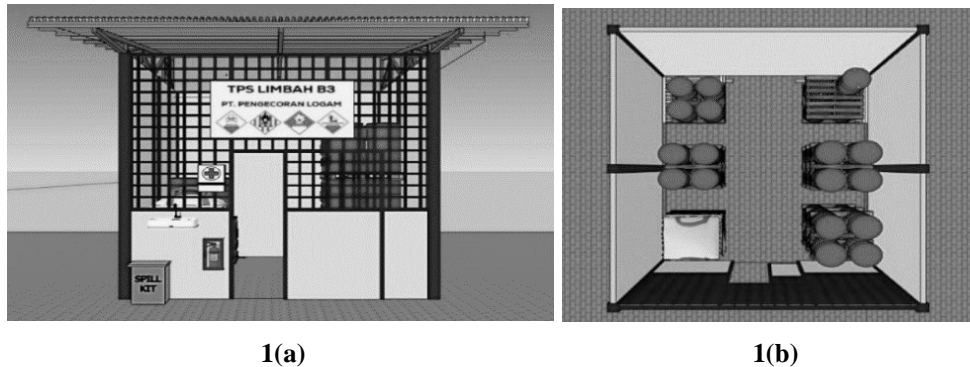
Tabel 3. Kebutuhan Kemasan, Palet, Tumpukan, Blok dan Masa Simpan Limbah B3

Jenis Limbah B3	Jumlah Kemasan	Jumlah Palet	Jumlah Tumpukan	Jumlah Blok	Masa Simpan
Minyak pelumas bekas	5 drum	2	2	1	90 hari
<i>Spent Pickle Liquor</i>	3 drum	1	1	1	90 hari
Sisa proses blasting	2 <i>jumbo bag</i>	1	2	1	90 hari
Kemasan bekas B3	8 drum	2	2	1	90 hari
Kain majun bekas B3	24 drum	6	3	2	30 hari

Berdasarkan Tabel 3, terdapat berat minimum pengangkutan untuk setiap jenis limbah sehingga dalam perencanaan ini ditentukan masa simpan limbah B3 jenis minyak pelumas bekas, *spent pickle liquor*, sisa proses *blasting*, dan kemasan bekas B3 yaitu 90 hari. Sedangkan untuk limbah majun bekas B3 ditentukan masa simpan selama 30 hari karena kapasitas ruangan hanya mampu menampung 2 blok sedangkan jumlah kebutuhan blok adalah 6 blok. Agar tidak terjadi akumulasi pada bulan selanjutnya, maka ditentukan 2 blok saja untuk limbah majun bekas B3 dan masa simpan menjadi 30 hari sehingga pengangkutan dilakukan 30 hari sekali.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021, volume bak penampung limbah B3 mampu menampung cairan paling sedikit 110% dari total kapasitas limbah B3 cair. Terdapat dua bak penampung yang berbeda ukuran karena menyesuaikan jenis dan volume limbah B3

cair. Untuk limbah minyak pelumas bekas memiliki dimensi 100 cm x 100 cm x 84,7 cm, sedangkan untuk limbah *spent pickle liquor* memiliki dimensi 100 cm x 100 cm x 43,78 cm. TPS limbah B3 juga dilengkapi dengan fasilitas penunjang seperti APAR jenis *dry chemical powder*, kotak P3K, dan *spill kit*. Desain TPS limbah B3 pada alternatif A ditunjukkan pada Gambar 1.



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

Pada Gambar 1a dan 1b 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.

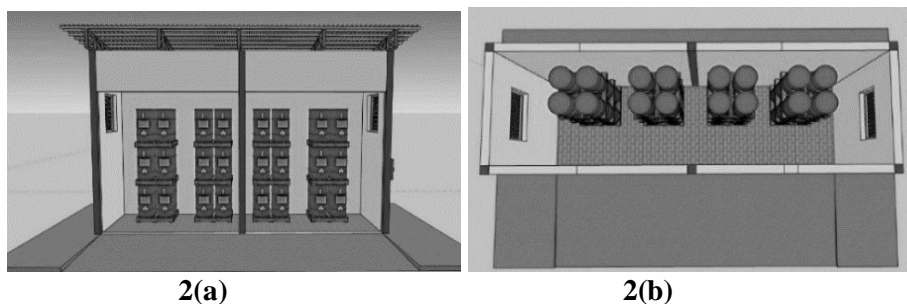
3.4 Desain Tempat Penyimpanan Sementara Limbah B3 Alternatif B

Sebelum melakukan perancangan ulang penambahan TPS limbah B3, maka perlu diperhitungkan jumlah kemasan, palet, jumlah tumpukan, jumlah blok, dan masa simpan limbah B3 yang diuraikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan Kemasan, Palet, Tumpukan, Blok dan Masa Simpan Limbah B3

Jenis Limbah B3	Jumlah Kemasan	Jumlah Palet	Jumlah Tumpukan	Jumlah Blok	Masa Simpan
Kain majun bekas B3	48 drum	12	3	4	90 hari

Pada alternatif A diketahui bahwa telah dilakukan pengurangan pada jumlah kebutuhan blok limbah majun bekas B3 menjadi 2 blok untuk menyesuaikan kapasitas ruang penyimpanan yang terbatas. Pada alternatif ini dilakukan dengan menambah TPS limbah B3 dengan luas 14 m². Berdasarkan Tabel 4, penambahan TPS dengan luas 14 m² memiliki kapasitas yang dapat menampung 4 blok limbah majun bekas B3 sisanya sehingga masa simpan dapat dimaksimalkan menjadi 90 hari, dengan begitu pengangkutan dapat dilakukan setiap 90 hari sekali. Penambahan TPS limbah B3 akan menghemat biaya pengangkutan. Pada perancangan ini akan dilakukan penambahan ruang penyimpanan untuk menampung 4 blok limbah majun bekas B3.



Gambar 2. Desain TPS Limbah B3 pada Alternatif B (a) Tampak Depan dan (b) Tampak Atas

Gambar 2a dan 2b pada alternatif B merupakan penambahan bangunan TPS limbah B3 dengan ukuran 7 m x 2 m dengan luas 14 m² guna menampung 4 blok limbah majun bekas B3 yang tidak dapat ditampung oleh TPS limbah B3 sebelumnya. Jarak antar blok menurut standar peraturan yaitu 60 cm dan maksimal tumpukan yaitu 3 tumpukan dan masing-masing kemasan limbah B3 harus diberi simbol dan label sebagai sarana identifikasi limbah B3 agar tidak bercampur. TPS limbah B3 juga dilengkapi dengan fasilitas penunjang K3 seperti APAR, *spill kit*, dan kotak P3K untuk penanggulangan keadaan darurat. Gambar 2 merupakan desain perancangan TPS limbah B3 untuk alternatif B.

3.5 Studi Kelayakan dengan Metode Cost Benefit Analysis

Dalam perancangan ini dilakukan perhitungan biaya pengeluaran dan manfaat dari alternatif A dan alternatif B. Biaya merupakan kas atau nilai yang setara dengan kas yang harus dikorbankan untuk mendapatkan barang atau jasa yang diharapkan dimasa sekarang maupun yang akan datang dapat memberikan manfaat (Hansen and Mowen, 2013). Sedangkan manfaat adalah segala sesuatu yang membuat kondisi menjadi lebih baik atau dapat meningkatkan nilai kesejahteraan. Nilai biaya dan manfaat selanjutnya digunakan dalam analisis kelayakan dengan kriteria perhitungan *Net Present Value* dan *Cost Benefit Ratio*.

Tabel 5. Komponen Biaya dan Manfaat Alternatif A dan Alternatif B

Alternatif	Jenis	Komponen	Nilai	
A	Biaya	Pembuatan bak penampung	Rp 1.799.123,72	
		Pengangkutan limbah B3	Rp 110.641.400,00	
		Perlengkapan TPS limbah B3	Rp 1.066.800,00	
B	Manfaat	Denda sanksi administrative	Rp 120.000.000,00	
		Biaya	Biaya penambahan TPS limbah B3	Rp 87.464.400,00
			Pengangkutan limbah B3	Rp 90.641.400,00
B	Manfaat	Denda sanksi administratif	Rp 120.000.000,00	
		Penghematan biaya pengangkutan	Rp 20.000.000,00	

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa masing-masing alternatif memiliki 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 6.

Tabel 6. Analisis *Net Present Value* (NPV) dan *Cost Benefit Ratio* (CBR) Alternatif A

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

Berdasarkan Tabel 6, dari hasil perhitungan NPV didapatkan nilai NPV yang diproyeksikan selama 10 tahun sebesar Rp 69.398.704,79 dimana nilai tersebut bernilai positif karena nilai NPV > 0 artinya alternatif A memberikan keuntungan saat ini sebesar Rp 69.398.704,79 sehingga layak untuk dijalankan.

Cost Benefit Ratio

Untuk mengetahui kelayakan dari perancangan pada alternatif ini, maka dilakukan perhitungan *Cost Benefit Ratio* sehingga dapat diketahui perbandingan antar nilai biaya dan manfaatnya. Adapun perhitungannya sebagai berikut.

Tabel 7. Perhitungan CBR Alternatif A

n	Biaya	Manfaat	DF	Present Value Biaya	Present Value 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				Rp857.209.486,71	Rp 926.608.191,50
CBR				1,08	

Berdasarkan Tabel 6, nilai diketahui nilai *present value* manfaat dibagi dengan *present value* biaya sehingga didapatkan nilai Cost Benefit Ratio sebesar 1,08. Cost Benefit Ratio juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4.2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Cost Benefit Ratio} &= \frac{\text{Manfaat (PV)}}{\text{Biaya (PV)}} \\
 \text{Cost Benefit Ratio} &= \frac{\text{Rp 926.608.191,50}}{\text{Rp 857.209.486,71}} \\
 \text{Cost Benefit Ratio} &= 1,08
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai 1,08 dimana jika nilai CBR > 1 menunjukkan bahwa alternatif ini memiliki nilai manfaat yang lebih besar dibandingkan dengan nilai biaya yang dikeluarkan sehingga dengan kata lain alternatif ini layak dilakukan. Berdasarkan nilai NPV dan CBR, maka alternatif A layak dilakukan.

Tabel 8. Analisis *Net Present Value* (NPV) dan *Cost Benefit Ratio* (CBR) Alternatif B

N	Biaya	Manfaat	Cash in Flow	DF	Present Value
0	Rp 87.264.400,00	Rp -	(Rp 87.464.400,00)	1	(Rp 87.464.400,00)
1	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	Rp 49.358.600,00	0,95	Rp 47.008.190,48
2	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	Rp 49.358.600,00	0,91	Rp 44.769.705,22
3	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	Rp 49.358.600,00	0,86	Rp 42.637.814,49
4	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	Rp 49.358.600,00	0,82	Rp 40.607.442,37
5	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	Rp 49.358.600,00	0,78	Rp 38.673.754,64
6	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	Rp 49.358.600,00	0,75	Rp 36.832.147,28
7	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	Rp 49.358.600,00	0,71	Rp 35.078.235,50
8	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	Rp 49.358.600,00	0,68	Rp 33.407.843,33
9	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	Rp 49.358.600,00	0,64	Rp 31.816.993,65
10	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	Rp 49.358.600,00	0,61	Rp 30.301.898,72
Total PV					Rp 381.134.025,68
Investasi					Rp 87.264.400,00
NPV					Rp 293.869.625,68

Dari hasil perhitungan NPV didapatkan nilai NPV yang diproyeksikan selama 10 tahun sebesar Rp 293.669.625,68 dimana nilai tersebut bernilai positif karena nilai NPV > 0 artinya alternatif A memberikan keuntungan saat ini sebesar Rp 293.669.625,68 sehingga layak untuk dijalankan.

Cost Benefit Ratio

Untuk mengetahui kelayakan dari perancangan pada alternatif ini, maka dilakukan perhitungan *Cost Benefit Ratio* sehingga dapat diketahui perbandingan antar nilai biaya dan manfaatnya. Adapun perhitungannya sebagai berikut.

Tabel 9. Perhitungan CBR Alternatif B

n	Biaya	Manfaat	DF	Present Value Biaya	Present Value Manfaat
0	Rp 87.264.400,00	Rp -	1	Rp 87.264.400,00	Rp -
1	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	0,95	Rp 86.325.142,86	Rp 133.333.333,33
2	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	0,91	Rp 82.214.421,77	Rp 126.984.126,98
3	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	0,86	Rp 78.299.449,30	Rp 120.937.263,79
4	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	0,82	Rp 74.570.904,10	Rp 115.178.346,47
5	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	0,78	Rp 71.019.908,67	Rp 109.693.663,31
6	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	0,75	Rp 67.638.008,25	Rp 104.470.155,53
7	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	0,71	Rp 64.417.150,72	Rp 99.495.386,22
8	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	0,68	Rp 61.349.667,35	Rp 94.757.510,68
9	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	0,64	Rp 58.428.254,62	Rp 90.245.248,27
10	Rp 90.641.400,00	Rp 140.000.000,00	0,61	Rp 55.645.956,78	Rp 85.947.855,50
Total PV				Rp787.173.264,41	Rp1.081.042.890,09

CBR	1,37
------------	------

Berdasarkan Tabel 8, nilai diketahui nilai *present value* manfaat dibagi dengan *present value* biaya sehingga didapatkan nilai Cost Benefit Ratio sebesar 1,37. Cost Benefit Ratio juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4.2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Cost Benefit Ratio} &= \frac{\text{Manfaat (PV)}}{\text{Biaya (PV)}} \\ \text{Cost Benefit Ratio} &= \frac{\text{Rp 1.081.042.890,09}}{\text{Rp 787.173.264,41}} \\ \text{Cost Benefit Ratio} &= 1,37 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai 1,37 dimana jika nilai CBR > 1 menunjukkan bahwa alternatif ini memiliki nilai manfaat yang lebih besar dibandingkan dengan nilai biaya yang dikeluarkan sehingga dengan kata lain alternatif ini layak dilakukan. Berdasarkan nilai NPV dan CBR, maka alternatif B layak dilakukan.

Tabel 9. Hasil Analisis NPV dan CBR

Alternatif	NPV	CBR
A	Rp 69.398.704,79	1,08
B	Rp 293.669.625,68	1,37

Berdasarkan Tabel 6, nilai NPV dan CBR pada semua alternatif telah memenuhi kriteria kelayakan. Nilai NPV pada alternatif B lebih besar daripada alternatif A, namun nilai CBR pada alternatif A lebih besar daripada alternatif B sehingga dapat ditentukan bahwa alternatif B dengan penambahan TPS limbah B3 merupakan alternatif yang layak dilakukan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil evaluasi TPS limbah B3 tidak memenuhi standar sesuai pasal 52, 59, 60, 67, 79 dan 80 sehingga perlu adanya perbaikan agar sesuai dengan standar yang berdasar pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021. Adanya alternatif perbaikan berupa perancangan ulang TPS limbah B3 dapat memberikan pilihan kepada perusahaan dalam menentukan alternatif yang paling layak berdasarkan aspek finansial. Berdasarkan hasil analisis kelayakan pada alternatif A dan alternatif B diperoleh nilai $NPV_B > NPV_A$. Nilai manfaat yang diperoleh alternatif B sebesar Rp 293.669.625,68 dimana nilai manfaat ini lebih besar daripada alternatif A sebesar Rp 69.398.704,79. Sedangkan untuk nilai CBR_A lebih besar daripada nilai CBR_B . Dari nilai NPV dan CBR maka dapat ditentukan bahwa alternatif B adalah yang paling layak dilakukan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Giatman, 2011. *Ekonomi Teknik*, 3rd ed. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Hansen, D.R., Mowen, M., 2013. *Akuntansi Manajerial*, 8th ed. Salemba Empat, Jakarta.
- Indrayathi, P.A., 2016. *Economic Evaluation In Health Care*. Fakultas Kedokteran Universitas Udayana.
- Lawrence, S., Mears, D.P., 2004. *Benefit-Cost Analysis of Supermax Prisons: Critical Steps and Considerations About the Authors*. Urban Institute, Washington.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021, 2021. Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, 2022. Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Rumiyanto, Irwan, H., Purbasari, A., 2015. Analisa Studi Kelayakan Penambahan Mesin CNC Baru dengan Metode NPV (Net Present Value) di PT. Usda Seroja Jaya SHipyard Batam. *PROFISIENSI* 3, 151–159.
- Suryaningrat, I.B., 2011. *Ekonomi Teknik : Teori dan Aplikasi Untuk Agroindustri*. Jember University Press, Jember.
- Waxman, M.F., 1996. *Hazardous Waste Site Operations: A Training Manual for Site Professionals*. John Wiley & Sons, Canada.
- Wiratama, A., Samopa, F., 2020. *Optimization of IS/IT Investment Using The Cost-Benefit Analysis (CBA) Method in Government Agencies*. *Jurnal IPTEK Media Komunikasi Teknologi* 24. <https://doi.org/10.31284/j.ipitek.2020.v24i2>