



Life-Cycle Cost Analyst Alternatif Perbaikan Struktur Atap Baja untuk Extended Life Bangunan (Studi Kasus: Gudang Multipurpose PT Pelabuhan Indonesia (Persero) Regional 2 Panjang)

Kristianto Usman^{a*}, Febriana Melati S.^b, Fikri Alami^a, dan Ika Kustianti^a

^aDosen Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brodjonegoro No. 1, Bandar Lampung, Lampung Indonesia 35145

^bAlumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brodjonegoro No. 1, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia 35145

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima : 1 Maret 2025

Diterbitkan : 24 Juni 2025

Kata kunci:

Gudang Multipurpose,
penebalan pelat baja, frp,
umur layan, life cycle cost

ABSTRAK

Gedung Biru saat ini diindikasikan terjadi kerusakan pada struktur atap baja akibat penurunan tanah (*settlement*) pada saat usia bangunan 25 tahun dengan sisa umur layan 25 tahun. Tujuan penelitian ini merekomendasikan perbaikan yang tepat dan ekonomi. Berdasarkan hasil pengamatan visual bangunan dan pengujian Non-Destruktive Test (NDT) dengan *hardness test* dan *ultrasonic thickness gauge test* diketahui kerusakan yang terjadi berupa korosi, kerusakan penutup baja dan baseplate yang hal ini dapat mendegrasi kekuatan struktur gedung. Analisis perkuatan struktur baja dengan SAP2000 pada profil yang mengalami overstress dilakukan perkuatan dengan dua metode. Perkuatan pertama dengan metode penebalan pelat baja dengan ketebalan 2 mm. Dua metode perkuatan, dilakukan analisis biaya siklus hidupnya terdapat enam skenario dengan berbagai asumsi. Kondisi terbaik terjadi pada skenario 5 yaitu dengan perkuatan pelapisan CFRP dan keuntungan 10% pertahun dari harga sewa dengan nilai BCR 1,41 dan NPV sebesar Rp13.394.820.285,38. Asumsi usia bangunan 50 tahun, discount rate 10%, dan nilai sisa. Keseluruhan skenario menunjukan hasil akhir memenuhi persyaratan analisis layak ekonomi dan finansial yaitu NPV>0, dan BCR>1 sehingga dinyatakan bahwa proyek renovasi Gudang dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya karena memberikan keuntungan bagi perusahaan.

1. Pendahuluan

Gudang biru dibangun sebagai gudang yang dapat digunakan untuk penyimpanan pupuk dan penyimpanan bahan kimia yang dimiliki oleh PT Pelabuhan Indonesia (Persero). Struktur atas bangunan gudang dibangun dengan rangkaian struktur baja yang terdiri atas profil-profil baja yang membentuk seperti kubah dan dilengkapi dengan gording, penutup berupa spandek, portal serta talang. Saat ini diindikasikan terjadi kerusakan konstruksi berupa penurunan tanah (*settlement*) pada bangunan gudang biru yang terjadi pada segmen kanan dan kiri gedung saat usia bangunan mencapai 26 tahun dengan sisa umur layan 24 tahun. Akibat adanya permasalahan ini mengakibatkan kondisi baseplate berubah. Selain itu, terjadi kerusakan pada rangka atap baja berupa korosi di beberapa bagian yaitu pada baseplat, gording, talang, conveyor, bracing dan profil-profil rangka portal dan penutup atap. Penutup atap berupa spandek terjadi kerusakan berupa korosi yang cukup parah sampai pengeroposan yang akan menjadi lubang.

Hasil dari analisis struktur frame yang tidak sesuai dengan kebutuhan yang menunjukkan gaya-gaya mengalami kegagalan sehingga perlu dilakukan perbaikan dan perkuatan untuk keseluruhan kerusakan struktur pada atap. Berdasarkan hasil analisis struktur perbaikan struktur yang dilakukan dengan melakukan perkuatan pada struktur atap baja dengan dua metode yaitu penebalan pelat baja dan Fiber Reinforced Polymer (FRP). Kemudian dilakukan pengecatan pada keseluruhan profil atap baja dan mengganti secara menyeluruh penutup atap baja. Perbaikan struktur proses yang sangat penting untuk mengidentifikasi masalah yang muncul, menyatukan kondisi bangunan agar dapat dideteksi sejak dini, serta merancang strategi untuk memperpanjang umur bangunan [1].

Berdasarkan hasil analisis struktur yang sudah dilakukan estimasi biaya dilakukan untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan atap baja. Estimasi biaya diperhitungkan untuk metode-metode perbaikan yang direkomendasikan, kemudian dilakukan analisis nilai ekonomis

bangunan dengan pertimbangan biaya operasional sepanjang umur hidup bangunan atau Life Cycle Cost Analysis [2]. Biaya siklus hidup dapat dipakai untuk mempertimbangkan rekomendasi yang efisien sehingga biaya dapat terkontrol mulai dari awal perencanaan, perbaikan sampai pemeliharaan gedung setelah diperbaiki [3]. Life cycle cost analysis salah satu cara menilai efektivitas biaya secara ekonomis dengan dengan menghitung biaya total selama siklus hidup bangunan sehingga dengan adanya metode ini dapat mendapat hasil manfaat yang optimal dengan biaya yang kecil [4]. Penelitian ini diperlukan untuk pemilihan cara perbaikan yang efisien dari segi teknik dan biaya berdasarkan Life Cycle Cost Analysis (LCCA). Setelah mengkaji dari segi biaya, perlu dilihat dari segi manfaat dan asumsi-asumsi yang diperhitungkan untuk melihat proyek konstruksi layak atau tidak untuk dilanjutkan sehingga keputusan perbaikan yang dipilih mejadi yang terbaik [5].

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan pendekatan kualitatif dengan studi kasus dan bersifat deskriptif. Bagian BAB ini menjelaskan rangkaian-rangkaian kegiatan yang akan dilakukan dalam pengumpulan informasi maupun pengambilan data serta melakukan pengolahan data yang telah didapat pada penelitian ini. Pengumpulan informasi dengan melakukan pengamatan secara visual di lapangan, melakukan evaluasi bangunan pada rangka atap baja gudang Gudang Multipurpose dengan metode *Non-Destructive Test* (NDT) hingga diperoleh metode perbaikan dengan atap baja yang telah rusak agar dapat memperpanjang umur layan bangunan. Selanjutnya dilakukan analisis dari segi ekonomi dengan memulai melakukan estimasi biaya perbaikan, kemudian dilakukan analisis ekonomi dengan metode *Life Cycle Cost Analysis* (LCCA) serta analisis dengan Net-Present Value (NPV) dan *Benefit Cost Ratio* (BCR).

2.1. Pengumpulan Data

Data dalam penelitian dibedakan menjadi dua jenis, yaitu primer dan sekunder. Hasil evaluasi bangunan dengan melakukan survei dan pengamatan secara langsung di lapangan merupakan bagian dari data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Hasil pengamatan secara langsung mengenai kondisi secara langsung di lapangan mengenai kondisi struktur bangunan dan kemudian dilakukan pendataan kerusakan-kerusakan yang terjadi di lapangan. Investigasi melihat kualitas material di lapangan dilakukan dengan pengujian *hardenes test* dan *ultrasonic thickness gauge test*. Data sekunder berupa gambar design awal bangunan gudang biru, Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), data harga satuan upah pekerja dan bahan untuk di Kota Bandar Lampung 2022, data Inflasi dan BI-Rate.

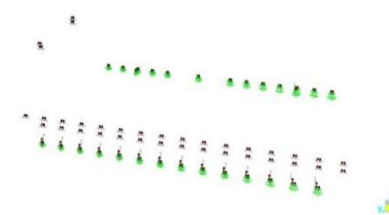
2.2. Pengolahan Data dan Analisis Data

Hasil pengamatan secara visual di lapangan terjadi kerusakan pada bagian portal rangka baja, gording dan berupa korosi yang parah hingga pengeroposan. Spandek sebagai penutup atap sudah mengalami korosi hingga sobek di beberapa titik. Kemudian dengan adanya permasalahan pada elemen struktur diputuskan untuk melakukan pengecatan ulang untuk keseluruhan profil atap dan mengganti penutup atap baja dengan Alderon.



Gambar 1. Kondisi Rangka Atap Baja Gudang

Berdasarkan hasil evaluasi bangunan diperoleh mutu baja bangunan gudang dilapangan, kemudian diperoleh hasil analisis kapasitas struktur dengan menggunakan aplikasi SAP 2000. Terdeteksi 78 elemen frame yang mengalami kegagalan (*overstress*) yang menunjukkan gaya-gaya yang terjadi memiliki *ratio* > 1. Profil yang mengalami *overstress* terdiri atas 64 profil L50.50.5 dan 14 profil L100.100.10 yang perlu diperkuat.



Gambar 2. Hasil Analisis Profil Baja yang Overstress.

Kemudian profil yang mengalami kegagalan struktur diperkuat dengan metode pertama penebalan pelat baja dan metode kedua dengan menambah bahan carbon fiber reinforced polymer (CFRP). Kemudian, estimasi biaya dilakukan berdasarkan dua metode perkuatan struktur atap baja beserta biaya pengecatan keseluruhan profil atap baja, dan pergantian penutup atap. Aspek finansial yang dianalisa dalam penelitian ini adalah life cycle cost, perhitungan Net Present Value (NPV), perhitungan Internal Rate of Return (IRR), dan Payback Period (PP) sehingga dapat dianalisis opsi terbaik dari kedua alternatif perbaikan.

a. Net Present Value (NPV)

NPV biasa digunakan untuk menghitung nilai saat ini dari semua biaya dan manfaat yang terkait dengan suatu proyek atau aset selama periode waktu tertentu, dengan mempertimbangkan tingkat diskonto yang sesuai. Total uang bersih dan kenaikannya dari uang yang masuk yang telah didikonto merupakan NPV atau *present value* [6]. Nilai NPV > 0 (bernilai positif) maka proyek dapat dikatakan layak. Nilai < 0 (bernilai negatif) maka proyek dikatakan tidak layak.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+r)^t}$$

Dimana :

NPV : Nilai bersih saat ini

- n : periode selama umur aset
 Bt : manfaat yang diperoleh pada periode waktu
 Ct : biaya yang terjadi pada periode waktu
 R : tingkat diskonto
- b. Benefit Cost Ratio (BCR)
 Analisis metode benefit cost ratio untuk membuat perbandingan alternatif. Apabila didapat nilai BCR nilai $BCR \geq 1$ maka proyek layak dilakukan. Jika $BCR < 1$, proyek tidak layak dilakukan. Kemudian, jika $BCR=1$, manfaat dan biaya sama (impas).

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^n Bt}{\sum_{t=0}^n Ct}$$
 n : periode selama umur aset
 Bt : manfaat yang diperoleh pada periode waktu
 Ct : biaya yang terjadi pada periode waktu
- c. Internal Rate of Return (IRR)
 Tingkat diskonto di mana nilai sekarang dari aliran kas masuk sama dengan nilai sekarang dari investasi awal, sehingga Net Present Value (NPV) menjadi nol biasa disebut Internal Rate of Return [7].

$$IRR = i_1 + \frac{NPV1}{(NPV1 - NPV2)} \times (i_2 - i_1)$$
 Keterangan :
 i_1 = tingkat *discount rate* yang menghasilkan NPV1
 i_2 = tingkat *discount rate* yang menghasilkan NPV2
 NPV1 = nilai NPV positif yang mendekati nol
 NPV2 = nilai NPV negatif yang mendekati nol
- d. Payback Period (PP)
 Payback Period adalah ukuran yang digunakan untuk menentukan lamanya waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal atau investasi awal melalui aliran kas masuk tahunan yang dihasilkan dari proyek tersebut [8]. Rumus untuk menghitung PP adalah sebagai berikut :

$$PP = N + \frac{k_n - CF_0}{k_{n+1}} \times 1 \text{ Tahun}$$
 Keterangan :
 N = tahun jumlah arus kas kumulatif masih negatif
 k_n = jumlah kumulatif *cashflow* sampai tahun ke n
 k_{n+1} = jumlah kumulatif *cashflow* sampai tahun ke n+1

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian untuk menjadi bahan kajian ini dilaksanakan pada Bangunan Gudang Biru PT Pelabuhan Indonesia (Persero) Regional 2 yang berlokasi di Jalan Yos Sudarso, Pidada, Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung.



Gambar 3. Lokasi Gudang Biru.

3.2 Estimasi Biaya

Biaya perkuatan yang dilakukan terdapat dua pilihan metode perbaikan. Pilihan pertama dilakukan perkuatan untuk profil rangka atap dengan melakukan penebalan pelat baja dengan tebal 2 mm. Pilihan perkuatan kedua dengan menggunakan bahan Carbon Fiber Reinforced Poliymer (CFRP). Sehingga terdapat dua metode biaya awal untuk perbaikan rangka atap baja pada bangunan gudang.

Tabel 1. Estimasi Biaya Perbaikan dan Perkuatan Metode Penebalan Pelat Baja

No	Pekerjaan	Volume	Sat	Harga Satuan	Jumlah
PEKERJAAN RENOVASI RANGKA ATAP BAJA					
1	Pengerokan cat pada rangka atap baja	11678,24296	m ²	224.947,00	2.626.985.718,68
2	Pengecatan rangka atap baja	11678,24296	m ²	232.458,00	2.715.016.314,10
3	Pekerjaan pembongkaran atap baja	22887,04333	m ²	303.730,00	6.951.481.670,04
4	Pemasangan atap spandek UPVC	22887,04333	m ²	469.337,00	10.741.736.254,47
SUB TOTAL I					23.035.219.957,29
PEKERJAAN PERKUATAN PENEBALAN PELAT 2 MM					

1	Pekerjaan Perkuatan dengan Penebalan Pelat 2 mm	45,1218	Kg	178.930	8.073.643,67
2	Pekerjaan pengecatan finishing Penebalan Pelat 2 mm	6,3228	m ²	232.458	1.469.956,16
SUB TOTAL II					9.543.599,83

(Sumber: Pengolahan Data)

Tabel 2. Estimasi Biaya Perbaikan dan Perkuatan Metode FRP

No	Pekerjaan	Volume	Sat	Harga Satuan	Jumlah
PEKERJAAN RENOVASI RANGKA ATAP BAJA					
1	Pengerokan cat pada rangka atap baja	11678,24296	m ²	224.947,00	2.626.985.718,68
2	Pengecatan rangka atap baja	11678,24296	m ²	232.458,00	2.715.016.314,10
3	Pekerjaan pembongkaran atap baja	22887,04333	m ²	303.730,00	6.951.481.670,04
4	Pemasangan atap spandek UPVC	22887,04333	m ²	469.337,00	10.741.736.254,47
SUB TOTAL I					23.035.219.957,29
PEKERJAAN PERKUATAN FIBER REINFORCED POLYMER					
1	Pekerjaan pemasangan FRP dengan epoxy Profil L50.50.5	8,192	m ²	1.558.250,00	12.765.184,00
2	Pekerjaan pemasangan FRP dengan epoxy Profil L100.100.10	1,652	m ²	1.558.250,00	2.574.229,00
3	Pekerjaan pengecatan finishing Profil L50.50.5	8,192	m ²	203.574,00	1.667.678,21
4	Pekerjaan pengecatan finishing Profil L100.100.10	1,652	m ²	203.574,00	336.304,25
SUB TOTAL II					17.343.395

(Sumber: Pengolahan Data)

3.3 Life Cycle Cost (LCC)

Pehitungan ini meliputi keseluruhan biaya-biaya LCC dalam kegiatan renovasi berat Gudang Biru. Karena pembatasan masalah dalam skripsi ini maka biaya pemeliharaan dalam perhitungan LCC hanya berfokus pada rangka atap baja berdasarkan umur layan metode perkuatannya. Biaya perbaikan yang diperhitungkan untuk perbaikan struktur atap baja dari dua metode kemudian akan dibandingkan. Metode pertama yaitu dengan penebalan pelat baja 2 mm. Kemudian metode kedua dengan FRP berbahan Carbon. Perhitungan biaya didapatkan berdasarkan analisis harga satuan. Materi LCC yang terkait dalam tugas akhir ini terdiri atas tiga komponen biaya yang

diestimasi secara terpisah yaitu berupa biaya perbaikan, biaya pemeliharaan dan biaya demolisi.

1. Biaya Awal Konstruksi

Perhitungan estimasi awal biaya konstruksi di perhitungkan untuk keseluruhan pekerjaan perbaikan gedung Gudang Biru. Pekerjaan yang diperhitungkan berupa pekerjaan persiapan, pekerjaan perkuatan atap baja, pekerjaan perkuatan kolom, pekerjaan perkuatan pelat dan pekerjaan elektrikal. Analisis perkuatan struktur telah dilakukan yang dipilih dengan metode perkuatan diantaranya penebalan pelat dan FRP pada bagian profil-profil atap baja yang mengalami kegagalan. Kemudian untuk bagian kolom dilakukan perkuatan dengan metode yaitu grouting.

Tabel 3. Biaya Awal dengan Metode Perkuatan Penebalan Pelat 2 mm

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA
SKENARIO I PERKUATAN DENGAN PENEBALAN PELAT BAJA		
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	865.698.400,00
II	RENOVASI PELAT BETON (GROUND BEAM)	3.606.947.769,00
III	RENOVASI RANGKA ATAP BAJA (PERKUATAN PENAMBAHAN PELAT)	23.044.763.557,10
IV	RENOVASI STRUKTUR BETON (PERKUATAN GROUTING)	1.283.550.071,88

IV	PEKERJAAN ELEKTRIKAL	473.916.880,00
	TOTAL SUB JUMLAH	29.274.876.677,98
	PPN 11%	3.220.236.434,58
	TOTAL	32.495.113.112,56

(Sumber: Pengolahan Data)

Tabel 4. Biaya Awal Metode FRP

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA
SKENARIO II PERKUATAN CARBON FIBER REINFORCED POLYMER		
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	865.698.400,00
II	RENOVASI PELAT BETON (GROUND BEAM)	3.606.947.769,00
III	RENOVASI RANGKA ATAP BAJA (PERKUATAN FRP)	23.052.563.352,75
IV	RENOVASI STRUKTUR BETON (PERKUATAN GROUTING)	1.283.550.071,88
IV	PEKERJAAN ELEKTRIKAL	473.916.880,00
	TOTAL SUB JUMLAH	29.282.676.473,60
	PPN 11%	3.221.094.412,10
	TOTAL	32.503.770.885,70

(Sumber: Pengolahan Data)

Biaya perbaikan skenario perkuatan dengan FRP lebih mahal dibandingkan dengan perbaikan dengan perkuatan penebalan pelat. Harga bahan FRP lebih mahal dibandingkan dengan menggunakan pelat baja. Akan tetapi untuk pemasangan di lapangan bahan FRP lebih mudah dibandingkan dengan pelat baja. Pelat baja harus menggunakan las penyambung antara baja profil atap dan pelat baja. Bahan FRP hanya membutuhkan epoxy dalam pelaksanaannya di lapangan.

2. Biaya Pemeliharaan

Biaya pemeliharaan merupakan langkah yang diambil untuk melakukan pemeliharaan sepanjang umur rencana konstruksi. Pemeliharaan konstruksi material baja dapat dilakukan dengan pengaplikasian cat ulang dengan periode 10 sampai 15 tahun [9]. Pemeliharaan untuk profil-profil atap baja

terbuat dari rangkaian baja yang dicat dengan menggunakan bahan cat khusus untuk bahan baja. Maka perawatan rutin yang dapat dilakukan yaitu melakukan pengecatan ulang selama 15 tahun sekali untuk keseluruhan profil atap baja. Pemeliharaan rutin yang dapat dilakukan untuk pemeliharaan perkuatan opsi pertama dengan melakukan pengecatan ulang secara berkala setiap 15 tahun pada bagian profil baja yang diperkuat dengan pelat tebal 2 mm. Pemeliharaan untuk opsi kedua berupa pengecatan ulang pada lapisan cat pelindung CFRP yang dilakukan secara berkala setiap 15 tahun sekali.

Tabel 5. Pemeliharaan Pengecatan Profil Rangka Atap Baja Perkuatan Penebalan Pelat Baja

Jenis Perawatan	Biaya
Pengecatan 15 Tahun sekali	
Pengecatan profil atap	Rp5.342.002.032,78
Pengecatan pelat baja	Rp 1.592.934,62
Total	Rp5.343.594.967,40

(Sumber: Pengolahan Data)

Tabel 6. Pemeliharaan Pengecatan Profil Rangka Atap Baja Perkuatan CFRP

Jenis Perawatan	Biaya
Pengecatan 15 Tahun sekali	
Pengecatan profil atap	Rp5.342.002.032,78
Pengecatan pelindung CFRP	Rp 2.195.448,26
Total	Rp5.344.197.481,04

(Sumber: Pengolahan Data)

3. Biaya Demolisi

Biaya demolisi diasumsikan 10% dari biaya investasi suatu bangunan [10].

Biaya demolisi metode I

= 10% x Total perbaikan bangunan metode perkuatan penebalan pelat baja

= 10% x Rp 32.495.113.112,56

= Rp 3.249.511.311,26

Biaya demolisi metode II

= 10% x Total perbaikan bangunan metode perkuatan penambahan lapisan CFRP

= 10% x Rp 32.503.770.885,70

= Rp 3.250.377.088,57

4. Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Pada Penelitian ini biaya operasional dan pemeliharaan tidak dihitungkan karena diasumsikan pada biaya sewa telah terbagi menjadi dua skenario keuntungan yaitu keuntungan 8% dari harga sewa. Artinya pada keuntungan 8% dan 10% masuk kedalam nilai manfaat (benefit) dengan sisa presentasinya didistribusikan kedalam biaya operasional dan pemeliharaan sehingga tidak diperhitungkan secara detail.

3.4 Studi Kelayakan Investasi Proyek

1. Manfaat

Manfaat (benefit) dari penelitian ini pemasukan dari Gudang Biru berasal dari hasil penyewaan gudang per tahunnya. Biaya sewa gudang yang diperoleh berdasarkan website resmi PELINDO yaitu Rp2.750,00 /ton/m³/hari pada tahun 2020. Berdasarkan tahun penelitian yaitu 2024 maka perlu perhitungan akibat inflasi dengan memperhitungkan tingkat diskonto (Discount Rate) sebesar 10%.Kemudian berikut harga maka sewa gudang pada tahun 2024:

Biaya sewa per hari

= biaya sewa perhari 2020 x (1+10%)²⁰²⁴⁻²⁰²⁰

= Rp 2.750,00 x (1+10%)²⁰²⁴⁻²⁰²⁰

= Rp4.026,28

Diketahui kapasitas gudang sebesar 40.000 ton, maka biaya sewa pertahunnya :

Biaya sewa per ton per hari

= Rp4.026,28 x 40.000

= Rp161.051.000,00

Biaya sewa per bulan

= Rp161.051.000,00 x 30

= Rp4.831.530.000,00

Biaya sewa per tahun

= Rp4.831.530.000,00 x 12

= Rp57.978.360.000,00

Berikut perhitungan manfaat dengan adanya proyek diasumsikan dua skenario keuntungan yaitu keuntungan 8% dari harga sewa dan keuntungan 10% dari harga sewa:

- Keuntungan 8% dari harga sewa.

Biaya sewa per tahun gudang

= Rp57.978.360.000,00

(Diasumsikan keuntungan diambil sebesar 8% di tahun pertama dan kenaikan dengan adanya inflasi sebesar 6% pertahun selama umur layan).

Berikut perhitungan keuntungan dari biaya sewa gudang pada tahun pertama. Kemudian untuk tahun selanjutnya dihitung dengan tabel terdapat pada Lampiran.

Pendapatan

= 8% x Rp57.978.360.000,00

= Rp4.638.268.800,00

Pendapatan tahun pertama

= Rp4.638.268.800,00 x ((1+6%)¹)

= Rp4.916.564.928,00

Perhitungan selanjutnya terdapat pada lampiran.

- Keuntungan 10% setiap tahun.

Biaya sewa per tahun gudang

= Rp57.978.360.000,00

Diambil keuntungan sebesar 10% setiap tahun.

(Diasumsikan keuntungan diambil sebesar 10% di tahun pertama. Berikut perhitungan keuntungan dari biaya sewa gudang pada tahun pertama.

Pendapatan tahun pertama

= 10% x Rp57.978.360.000,00

= Rp5.797.836.000,00.

2. Asumsi

- Extended Life

Perpanjangan umur layan bangunan (*extended life*) perkuatan struktur atap baja metode penebalan pelat baja dapat mencapai umur 30 tahun, sedangkan perkuatan baja metode *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) secara eksisting dapat mencapai umur 50 tahun.

- Suku Bunga

Suku bunga yang digunakan adalah suku bunga yang dipakai untuk perhitungan mengacu pada suku bunga Bank Indonesia yang biasa disebut BI Rate. Penelitian ini menggunakan suku bunga berdasarkan nilai BI-rate dalam 5 tahun terakhir. Tetapi sebagai acuan suku bunga tahun terakhir yaitu tahun 2023 sebesar 6%.

- Tingkat Diskonto

Awal mula penelitian ini diasumsikan Desember 2023 maka nilai BI Rate yang digunakan adalah sebesar 6%. Sedangkan tingkat inflasi, menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2024 nilai inflasi nasional pada Desember 2023 adalah

sebesar 2,61%. Jika tingkat suku bunga 6,5% maka diskonto dapat diasumsikan sebesar 10% karena pengasumsian lebih besar dibandingkan suku bunga pertama [11]. Nilai discount rate yang di pakai dalam penelitian ini sebesar 10%.

- Nilai Sisa

Nilai sisa yang akan diperhitungkan berdasarkan harga jual besi bekas berdasarkan besi dan baja yang ada pada konstruksi. Total biaya nilai sisa diperhitungkan keseluruhan volume besi dan baja yang ada pada konstruksi gudang saat akhir umur layan.

Besi bekas per kg = Rp5300
 Volume besi tua = 838540,24 kg
 Total penjualan besi = Rp5300 x 838540,24
 = Rp4.444.263.272,00

- Biaya Depresiasi

Depresiasi berkaitan dengan terjadinya penurunan nilai aset karena usia, keausan, dan keusangan. Dengan perhitungan metode garis lurus, biaya depresiasi dialokasikan dengan jumlah yang sama setiap tahun selama masa pakai aset. Rumus depresiasi garis lurus adalah sebagai berikut:

Biaya depresiasi = ((Harga Perolehan-Nilai Sisa))/(Umur Ekonomis)

Untuk harga perolehan hanya diperhitungkan 90% dari biaya investasi awal karena terdapat biaya demolisi atau pembongkaran sebesar 10%. Berikut hasil perhitungannya:

Perhitungan depresiasi metode penebalan pelat baja

Harga perolehan = 90% x Rp32.495.113.112,56
 = Rp29.245.601.801,30

Biaya depresiasi = ((Rp29.245.601.801,30-
 Rp4.444.263.272,00))/30
 = Rp826.711.284,31

Perhitungan depresiasi metode FRP

Harga perolehan = 90% x Rp32.503.770.885,70
 = Rp 29.253.393.797,13

Biaya depresiasi = ((Rp29.253.393.797,13-
 Rp4.444.263.272,00))/50
 = Rp4'96.182.610,50

3.5 Analisis Kelayakan Investasi

Investasi dikatakan layak maupun tidak layak jika telak ditinjau berdasarkan kelayakan ekonomi dengan melihat nilai benefit dan cost. Jika benefit yang dihasilkan lebih besar dari biaya pengeluarannya, maka proyek konstruksi dikatakan layak. Kemungkinan-kemungkinan tak terduga di masa depan dapat terjadi untuk analisis ekonomi. Penelitian ini terdapat enam skenario aliran kas (*cash flow*). Berikut *cash flow* enam skenario tersebut.

Tabel 7. Skenario Analisis Kelayakan Investasi

Metode Penebalan Pelat Baja 2 mm	Metode FRP
Skenario I Biaya Awal Konstruksi Profit 8% dari harga sewa Demolisi Nilai sisa Diskonto 10% Inflasi 6% Depresiasi Pajak	Skenario IV Biaya Awal Konstruksi Profit 8% dari harga sewa Demolisi Nilai sisa Diskonto 10% Inflasi 6% Depresiasi Pajak
Skenario II Biaya Awal Konstruksi Profit 10% dari harga sewa Demolisi Nilai sisa Diskonto 10% Depresiasi Pajak	Skenario V Biaya Awal Konstruksi Profit 10% dari harga sewa Demolisi Nilai sisa Diskonto 10% Depresiasi Pajak
Skenario III Biaya Awal Konstruksi Biaya pemeliharaan Profit 8% dari harga sewa Demolisi Nilai sisa Diskonto 10% Depresiasi Inflasi 6% Pajak	Skenario VI Biaya Awal Konstruksi Biaya pemeliharaan Profit 8% dari harga sewa Demolisi Nilai sisa Diskonto 10% Depresiasi Inflasi 6% Pajak

Hasil analisis kelayakan investasi berdasarkan enam skenario dengan melihat nilai NPV, BCR, IRR, dan PP.

Tabel 8. Rekap Hasil Analisis Kelayakan Investasi

Skenario	NPV (RP)	BCR	IRR (%)	PP (Tahun)
I				
<i>Double Discounted</i>	2.690.188.341,86	1,08	10,99	21,3
II				
<i>Single Discounted</i>	11.705.614.765,26	1,36	14,19	12,3
III				
<i>Double Discounted</i>	653.064.927,37	1,02	10,26	27,3
IV				
<i>Double Discounted</i>	4.023.599.208,90	1,12	11,31	22,1
V				
<i>Single Discounted</i>	13.394.820.285,38	1,41	14,24	12,7
VI				
<i>Double Discounted</i>	3.842.311.179,51	1,12	11,25	15,2

(Sumber: Pengolahan Data)

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis struktur bangunan Gudang Multipurpose PT Pelabuhan Indonesia (Persero) Regional 2 Panjang direncanakan perbaikan dengan dua metode perkuatan yaitu dengan metode penebalan pelat baja 2 mm dan FRP. Kemudian dilakukan analisis kelayakan investasi dengan enam rencana skenario yang memenuhi persyaratan investasi dari segi nilai NPV dan BCR sehingga dapat dikatakan Proyek Renovasi Gudang Multipurpose PT Pelabuhan Indonesia (Persero) Regional 2 Panjang layak dilanjutkan karena dapat memberikan keuntungan bagi perusahaan.

Kondisi terbaik terjadi pada skenario 5 yaitu dengan perkuatan FRP dan nilai BCR sebesar 1,41; NPV sebesar Rp13.394.820.285,38; nilai IRR sebesar 14,24%; dan periode pengembalian 12 tahun 7 bulan. Kondisi terburuk terjadi pada skenario 3 yaitu dengan perkuatan penebalan pelat baja dan nilai BCR sebesar 1,02; nilai NPV sebesar Rp653.064.927,37; nilai IRR sebesar 10,26%; dan periode pengembalian 27 tahun 3 bulan.

Daftar Pustaka

- [1] Christina, S. "Maintenance and Rehabilitation of Steel Structures: Ensuring Longevity and Structural Integrity". *Journal of Steel Structures and Constructions*, vol. 9, 2023, no. 9, hal 179.
- [2] Dwiyanto, T., Siswato, M. F., & Priyosulistyo, H., "Pengaruh Biaya Life Cycle Cost Pada Harga Sewa Kamar Budget Hotel Di Kota Yogyakarta (Studi Kasus Hotel, Hotel Asana Grove, dan Hotel Nagari)," *Inersia*, XVI(1), 2020, 49–63.
- [3] I Gede Angga Diputera, & Tjokorda Istri Praganingrum, "Analisis Life Cycle Cost Pada Proyek Pembangunan Cendana Residence," *Journal of Civil Engineering Building and Transportation*, 7(1), 2023, 157–162.
- [4] Puhessti, I. N. (2021). "Life Cycle Cost Pada Gedung Boarding House Daerah Glagahsari, Yogyakarta," *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 9(1), 2021, 18–28.
- [5] Ridwan, A. F., Romli, Z., & Soeroto, W. M., "Analisa Kelayakan Investasi Proyek Penggantian Secondary Crusher Pada Pt Berau Coal Site Binungan," *Sebatik*, 26(1), 2022, 1–8.
- [6] Riyanto, E., "Penentuan Tingkat Diskonto (Discount Rate) Dalam Penilaian Sektor Kehutanan," *Jurnal Pajak Indonesia*, 2(2), 2018, 39–48.
- [7] Safitri, "Analisis Life Cycle Cost Pada Operasional Pemeliharaan Gedung Pusat Universitas Gajah Mada Yogyakarta," Universitas Gajah Mada, 2021.
- [8] Sarimi, N. W., Tuloli, M. Y., & Kadir, Y., "Analisis Kelayakan Finansial Brt (Bus Rapid Transit) Koridor Ii Rute Kota Gorontalo - Limboto," *Composite Journal*, 1(2), 2021, 73–80.
- [9] Sujatmiko, B., Bustamin, M. O., Ardiansyah, G. N., & Unitomo, S., "Analisis Biaya Investasi Proyek Pembangunan Perumahan La Diva Green Hill Menganti Gresik," *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 5(1), 2023, 51–59.
- [10] Tampubolon, S. P. *Buku Materi Pembelajaran Struktur Baja-I*. 2. 2021. i–165.