

Pemilihan Metode Perbaikan Pneumatic Rubber Fender (PRF) Menggunakan Metode Topsis dan Analisis Kelayakan Investasi di Area Kerja Marine Operation Sumatera Bagian Selatan

Informasi Naskah

Putra Pratama Alexander
Thaij¹, Masyfuk Zuhdi
Pehlevi², Bagus Dinariyana
Dwi Putranta³

Institut Teknologi Sepuluh
November, Indonesia

putratm07@gmail.com¹,
masyfuk.pahlevi@gmail.com²,
dinariyana@yahoo.com³

Abstrak

*Pneumatic rubber fender (PRF) berfungsi sebagai bantalan pengaman pada operasi ship to ship (STS) untuk mencegah benturan antar kapal yang dapat menyebabkan kerusakan lambung, kebocoran muatan, hingga risiko kebakaran. Pada operasi kelautan di Area Sumatera Bagian Selatan, PRF digunakan untuk mendukung layanan kapal berukuran Very Large Crude Carrier (VLCC) terutama di Teluk Semangka dan Muntok. Seiring tingginya frekuensi operasi, PRF memerlukan perawatan yang tepat agar kinerjanya optimal, sehingga diperlukan pemilihan metode perbaikan yang tepat guna menghindari penurunan kualitas, downtime operasional, dan pembengkakan biaya. Penelitian ini bertujuan menentukan pemilihan metode perbaikan PRF yang cocok dengan kebutuhan, mempertimbangkan dan menghitung parameter yang tersedia, serta menganalisis kelayakan investasi perawatannya. Metodologi yang digunakan meliputi penentuan peringkat alternatif metode perbaikan menggunakan metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), serta analisis kelayakan investasi dengan metode *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Payback Period* (PP), dan *Profitability Index* (PI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa diperoleh alternatif metode perbaikan yang paling prioritas berdasarkan kriteria teknis dan ekonomi, serta diketahui tingkat kelayakan investasi perawatan PRF dalam mendukung efektivitas biaya dan keandalan operasi STS di lingkungan Pertamina Grup. Selain itu, hasil analisis memberikan rekomendasi metode perawatan swadana yang optimal untuk meningkatkan efisiensi operasional dan meminimalkan potensi gangguan pada sistem STS dan layak dalam hal investasi.*

Kata Kunci:

Pneumatic Rubber Fender (PRF), Topsis, Investasi, Marine Operation.

Abstract

*Pneumatic rubber fenders (PRFs) function as safety cushions in ship-to-ship (STS) operations to prevent collisions between ships that can cause hull damage, cargo leakage, and even fire risks. In marine operations in the Southern Sumatra Area, PRFs are used to support Very Large Crude Carrier (VLCC) sized ship services, especially in Semangka and Muntok Bays. Due to the high frequency of operations, PRFs require proper maintenance for optimal performance, so selecting the right repair method is necessary to avoid quality degradation, operational downtime, and cost overruns. This study aims to determine the selection of PRF repair methods that are suitable for the needs, considering and calculating available parameters, and analyzing the feasibility of maintenance investments. The methodology used includes ranking alternative repair methods using the *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) method, as well as analyzing investment feasibility using the *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Payback Period* (PP), and *Profitability Index* (PI) methods. The results of the study indicate that the most prioritized repair method alternatives were obtained based on technical and economic criteria, and the feasibility level of PRF maintenance investment in supporting the cost-effectiveness and reliability of STS operations within the Pertamina Group environment was identified. Furthermore, the analysis results provide recommendations for optimal self-financing maintenance methods to improve operational efficiency and minimize potential disruptions to the STS system and are feasible in terms of investment.*

Key Word:

Pneumatic Rubber Fender (PRF), Topsis, Investasi, Marine Operation.

Information Production:

© 2026 by the authors of this article. This work is licensed under an Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)



PENDAHULUAN

Salah satu komponen kunci dalam mendukung kelancaran dan keselamatan operasi maritim di pelabuhan adalah sistem proteksi kapal saat proses sandar. *Pneumatic Rubber Fender* (PRF) merupakan solusi teknis utama yang secara luas digunakan sebagai bantalan peredam energi tumbukan antara kapal dan dermaga atau antara kapal dengan kapal lain (*ship-to-ship*). PRF memiliki karakteristik fleksibel dengan kemampuan

menyerap energi tumbukan yang tinggi, sehingga efektif dalam melindungi kapal serta struktur dermaga dari kerusakan mekanis. Selain itu, PRF berkontribusi pada efisiensi waktu operasional pelabuhan dan menekan biaya pemeliharaan infrastruktur akibat benturan (Setyawan 2015).

Mempertimbangkan besarnya risiko dan biaya yang terkait dengan kerusakan PRF, PT. XYZ sebagai operator utama pelabuhan di wilayah Sumatera bagian selatan memiliki tanggung jawab strategis dalam memastikan pengelolaan aset PRF dilakukan dengan optimal. Wilayah Sumatera bagian selatan yang secara geopolitik dan geoeкономи memiliki peranan penting sebagai salah satu koridor perdagangan laut utama nasional, menuntut kesiapan dan keandalan infrastruktur pelabuhan yang tinggi. Investasi dalam perbaikan dan pemeliharaan PRF harus dilakukan dengan pertimbangan yang matang untuk meminimalkan downtime, biaya tak terduga, serta potensi risiko keselamatan yang dapat merugikan berbagai pihak (Mutmainah and Yunita 2021).

Namun, pengambilan keputusan investasi dalam perbaikan PRF bukanlah perkara sederhana karena melibatkan berbagai faktor kompleks dan multidimensional, seperti aspek teknis, finansial, risiko operasional, waktu pengerjaan, kapasitas teknis vendor, serta dampak terhadap kelancaran aktivitas pelabuhan secara keseluruhan. Adapun parameter penelitian yang diambil berupa harga, ukuran ban, las titik, material rantai, merk *coating*, Ukuran Schakle, pengalaman kerja tenaga alih daya (TAD), dan sertifikasi PRF oleh Badan Klasifikasi Indonesia (BKI). Oleh karena itu, dibutuhkan metode analisis yang komprehensif dan objektif agar dapat memberikan gambaran yang jelas dan terukur mengenai alternatif perbaikan yang tersedia. Hal ini menjadi penting untuk menghindari keputusan yang bersifat subjektif dan berisiko tinggi yang dapat berujung pada pemborosan sumber daya maupun gangguan operasional yang merugikan. Setelah mendapatkan data perhitungan yang objektif, hasil perhitungan dapat diberikan kepada level top management dan diusulkan menjadi Sistem Tata Kerja (STK) Perusahaan dan menjadi standar baku untuk perbaikan PRF kedepannya. Dalam konteks tersebut, berbagai metode pengambilan keputusan dapat digunakan untuk membantu menentukan alternatif perbaikan PRF yang paling tepat. Pendekatan yang umum digunakan antara lain metode analisis ekonomi seperti *cost-benefit analysis* (CBA) dan *net present value* (NPV), metode manajemen risiko seperti *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), serta metode pengambilan keputusan multikriteria (*multi-criteria decision making/MCDM*) seperti *Analytical Hierarchy Process* (AHP), *Simple Additive Weighting* (SAW), ELECTRE, dan TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*). Metode-metode tersebut memiliki keunggulan masing-masing, tergantung pada kompleksitas masalah, jumlah alternatif, serta banyaknya kriteria yang dipertimbangkan. Namun, pada kasus penentuan metode perbaikan PRF di PT. XYZ, diperlukan suatu metode optimal yang mampu mengevaluasi tingkat prioritas dengan berbagai parameter.

Pneumatic Rubber Fender (PRF) merupakan komponen vital dalam aktivitas sandar kapal, terutama dalam operasi *ship-to-ship* (STS) dan *ship-to-berth* (STB), yang secara langsung memengaruhi keselamatan kapal, efisiensi operasional pelabuhan, serta perlindungan aset dermaga. Meski PRF telah terbukti efektif dalam meredam gaya tumbukan, penggunaan dan pemeliharaannya di lapangan seringkali menghadapi berbagai kendala teknis dan operasional yang kompleks. Identifikasi masalah yang terjadi pada PRF selama proses instalasi dan operasional menjadi sangat penting untuk dapat merumuskan strategi investasi perbaikan yang tepat dan efisien (Intan Febrianti et al. 2024). Berdasarkan observasi dan laporan lapangan di area kerja Sumatera bagian selatan PT. XYZ, beberapa permasalahan yang sering terjadi pada *Pneumatic Rubber Fender* (PRF) meliputi kebocoran udara, kerusakan permukaan karet, penurunan tekanan internal, serta degradasi material akibat kondisi lingkungan pelabuhan yang ekstrem. Selain itu, kesalahan pemilihan tipe dan ukuran fender, instalasi yang tidak sesuai standar, serta kurangnya pemeliharaan dan inspeksi berkala juga menjadi faktor yang dapat menurunkan kinerja dan umur pakai PRF. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan gangguan operasional pelabuhan, meningkatkan risiko kerusakan kapal dan dermaga, serta menambah biaya perawatan dan penggantian fender.

Di sisi lain, pengambilan keputusan terkait metode perbaikan PRF sering kali belum dilakukan secara sistematis dan komprehensif. Penentuan alternatif perbaikan perlu mempertimbangkan berbagai aspek, seperti biaya, waktu pengerjaan, kualitas hasil perbaikan, risiko operasional, serta dampaknya terhadap aktivitas pelabuhan. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan pengambilan keputusan yang mampu membantu perusahaan dalam menentukan alternatif perbaikan yang paling efektif dan efisien.

Setelah mendapatkan hasil ranking metode perbaikan PRF lewat metode TOPSIS, akan dicari analisis kelayakan investasi pada metode tersebut dan dibandingkan dengan metode lainnya. Sehingga secara sederhana, TOPSIS mencari ranking metode tertinggi untuk kegiatan perbaikan PRF, kemudian analisis kelayakan investasi mencari keakuratan data profitabilitas, efektivitas dan efisiensi biaya perbaikan lewat *Net Present Value* (NPV), *Payback Period* (PP), *Internal Rate of Return* (IRR), serta *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengidentifikasi dan menganalisis kriteria yang berpengaruh dalam penentuan prioritas metode perawatan dan perbaikan *Pneumatic Rubber Fender* (PRF) di PT. XYZ. (2) Menentukan prioritas alternatif metode perawatan dan perbaikan *Pneumatic Rubber Fender* (PRF) berdasarkan aspek teknis, biaya, sertifikasi alat, dan pengalaman kerja. (3) Menganalisis kelayakan investasi terhadap alternatif metode perawatan dan perbaikan *Pneumatic Rubber Fender* (PRF) yang terpilih menggunakan parameter *Net Present Value* (NPV), *Payback Period* (PP), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Benefit Cost Ratio* (BCR).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif dan analitis untuk menentukan metode perbaikan *Pneumatic Rubber Fender* (PRF) yang paling tepat di area operasional pelabuhan PT XYZ wilayah Sumatera bagian selatan. Pendekatan kuantitatif dipilih karena mampu menghasilkan keputusan yang objektif berdasarkan data numerik, sedangkan metode deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi dan permasalahan yang terjadi, serta metode analitis digunakan untuk membandingkan alternatif perbaikan berdasarkan aspek biaya, waktu, risiko, dan dampak operasional. Analisis dilakukan menggunakan metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) sebagai salah satu metode *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) yang mampu memberikan pemeringkatan alternatif berdasarkan kedekatannya terhadap solusi ideal. Penelitian berbentuk studi kasus dengan memanfaatkan data primer, data sekunder, dokumentasi historis, dan evaluasi kondisi PRF sebagai dasar penyusunan rekomendasi investasi.

Penelitian dilaksanakan di area kerja *Marine Operation* PT XYZ wilayah Sumatera bagian selatan yang meliputi berbagai pelabuhan utama dan fasilitas sandar yang menggunakan PRF untuk mendukung kegiatan *ship-to-ship* (STS) dan *ship-to-berth* (STB). Lokasi dipilih karena memiliki peran strategis dalam distribusi logistik serta menghadapi risiko teknis dan investasi yang tinggi. Pelaksanaan penelitian berlangsung pada Januari 2023 hingga Desember 2025 melalui tahapan observasi lapangan, wawancara, pengumpulan dokumen teknis dan historis, analisis metode perbaikan menggunakan TOPSIS, serta analisis kelayakan investasi untuk menghasilkan rekomendasi pengelolaan aset PRF yang efektif.

Prosedur penelitian dimulai dengan studi literatur mengenai PRF, metode perbaikan, dan TOPSIS, kemudian dilanjutkan dengan identifikasi alternatif perbaikan berdasarkan kondisi lapangan. Tahap berikutnya meliputi penentuan kriteria evaluasi melalui observasi dan wawancara, penyusunan serta penyebaran kuesioner kepada teknisi, ahli, dan manajer operasional, pengolahan data menggunakan TOPSIS untuk memperoleh alternatif terbaik, analisis kelayakan investasi terhadap alternatif tersebut, serta penyusunan rekomendasi dan kesimpulan penelitian.

Populasi penelitian terdiri atas seluruh pemangku kepentingan yang terlibat dalam pemeliharaan, pengadaan, dan pengambilan keputusan investasi PRF, meliputi tim teknis operasional, tim *maintenance*, manajemen aset dan logistik, penyedia jasa atau *vendor* eksternal, serta ahli teknik perkapalan internal perusahaan. Sampel dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* dengan kriteria memiliki pengalaman minimal dua tahun dalam pengelolaan PRF, pernah terlibat dalam evaluasi perbaikan atau pengadaan PRF, serta memahami aspek teknis dan ekonomis. Jumlah responden yang direncanakan sebanyak 8–12 orang yang terdiri atas teknisi senior, supervisor, manajer operasional, dan pihak yang berwenang dalam pengambilan keputusan investasi.

Pengumpulan data mengikuti alur penelitian TOPSIS yang diawali dengan identifikasi masalah, penentuan tujuan, penginputan bobot kriteria dan alternatif, kemudian dilanjutkan dengan analisis kelayakan investasi menggunakan indikator *Net Present Value* (NPV). Jika nilai NPV lebih besar dari nol maka analisis diteruskan, sedangkan nilai NPV yang kurang atau sama dengan nol menunjukkan investasi tidak layak sehingga perlu dilakukan evaluasi. Selanjutnya, penelitian mengintegrasikan data dari *external workforce* dan *internal workforce* yang mencakup kondisi PRF, alternatif metode perbaikan, biaya investasi, dan data pendukung lainnya hingga menghasilkan rekomendasi akhir.

Variabel dependen penelitian adalah kelayakan investasi perbaikan PRF, sedangkan variabel independennya meliputi biaya perbaikan, ukuran ban, kualitas las titik, material rantai, merek *coating*, ukuran *shackle*, pengalaman kerja tenaga alih daya, dan sertifikasi Badan Klasifikasi Indonesia (BKI). Setiap variabel digunakan sebagai kriteria penilaian dalam proses TOPSIS untuk menentukan alternatif perbaikan yang paling layak secara teknis maupun ekonomis.

Analisis TOPSIS dilakukan melalui penyusunan matriks keputusan, normalisasi data, pembentukan matriks ternormalisasi berbobot, penentuan solusi ideal positif dan negatif, perhitungan jarak setiap alternatif terhadap solusi ideal menggunakan jarak *Euclidean*, penghitungan nilai preferensi relatif, hingga penentuan

alternatif terbaik berdasarkan nilai preferensi tertinggi. Setelah alternatif terbaik diperoleh, dilakukan analisis kelayakan investasi menggunakan indikator NPV, *Internal Rate of Return* (IRR), *Payback Period* (PP), dan *Benefit Cost Ratio* (BCR). Analisis ini bertujuan memastikan bahwa metode perbaikan yang dipilih tidak hanya optimal dari sisi teknis, tetapi juga memberikan keuntungan finansial, meningkatkan efektivitas operasional, serta meminimalkan risiko investasi jangka panjang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Parameter Penelitian dan Bobot Kriteria

Kode	Nama Kriteria	Sub Kriteria	Bobot (%)	Tipe	Satuan / Data Aktual	Keterangan
C1	Harga	Rp 25 juta, Rp 150 juta, Rp 164 Juta	30	Min	Rupiah (Rp)	Biaya perbaikan PRF, semakin rendah semakin baik
C2	Ukuran ban	1100/20	5	Max	Diameter (mm) / ukuran PRF	Semakin besar sesuai spesifikasi, semakin baik (1100/20)
C3	Las titik		15	Max	Jumlah titik las (titik)	Semakin banyak/kuat semakin baik
C4	Material Rantai	Alumunium, Carbon Steel, Stainless Steel	10	Max	Material rantai yang dipakai	Stainless steel, carbon steel, galvanis, alumunium
C5	Merek Coating	Nippon Paint, Jotun, Avian	5	Max	Nama merek Coating yang dipakai	Nippon Paint, Jotun, Avian
C6	Ukuran Shackle	DLT 016, DLT 022, DLT 028	10	Max	Ukuran Shackle yang dipakai	DLT 016, DLT 022, DLT 028
C7	Pengalaman kerja TAD	5 tahun, 10 tahun, 15 tahun	10	Max	Jumlah Tahun	Semakin lama pengalaman semakin baik
C8	Sertifikasi PRF/BKI	Ya atau tidak	15	Max	Jumlah sertifikasi / status (0–1)	Sertifikasi resmi sebagai indikator kualitas

Tabel 1 menunjukkan bahwa bobot terbesar terdapat pada kriteria harga sebesar 30%, yang menunjukkan bahwa aspek biaya menjadi pertimbangan utama dalam pengambilan keputusan. Kriteria las titik dan sertifikasi PRF/BKI masing-masing memiliki bobot 15%, sedangkan kriteria lainnya memiliki bobot antara 5% sampai 10%.

Tabel 2. Skala Penilaian Kriteria *Benefit*

Nilai	Keterangan	Definisi
1	Sangat Rendah / Kurang Baik	Kriteria berada pada kondisi terendah dan tidak memenuhi harapan
2	Rendah	Kriteria berada di bawah standar yang diharapkan
3	Cukup	Kriteria berada pada tingkat sedang atau memenuhi standar minimum
4	Baik	Kriteria berada di atas standar dan cukup memuaskan
5	Sangat Baik / Tertinggi	Kriteria berada pada kondisi paling optimal atau paling memenuhi harapan

Tabel 3. Skala Penilaian Kriteria *Cost*

Nilai	Keterangan	Definisi
1	Sangat Rendah / Kurang Baik	Kriteria berada pada kondisi paling optimal atau paling memenuhi harapan
2	Rendah	Kriteria berada di atas standar dan cukup memuaskan
3	Cukup	Kriteria berada pada tingkat sedang atau memenuhi standar minimum
4	Baik	Kriteria berada di bawah standar yang diharapkan
5	Sangat Baik / Tertinggi	Kriteria berada pada kondisi terendah dan tidak memenuhi harapan

Tabel 2 menerangkan tentang skala penilaian kriteria *benefit*, makin tinggi angka maka makin baik. Sedangkan pada Tabel 3 menerangkan skala penilaian kriteria *cost*, yang berarti makin tinggi penilaian maka makin tidak baik.

Tabel 4. Matriks Alternatif x Kriteria

Matrix Alternatif x Kriteria		30%	5%	15%	10%	5%	10%	10%	15%
Alternatif		Kriteria							
Benefit/Cost		Cost	Benefit	Benefit	Benefit	Benefit	Benefit	Benefit	Benefit
Kode	Nama	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	Swadana	2	5	4	5	5	5	4	5

A2	Vendor lokal	4	5	5	5	5	5	3	5
A3	Dockyard Bagus Kuning	5	5	5	5	5	5	5	5
Matrix Alternatif x Kriteria		30%	5%	15%	10%	5%	10%	10%	15%
Alternatif		Kriteria							
Benefit/Cost		Cost	Benefit	Benefit	Benefit	Benefit	Benefit	Benefit	Benefit
			t	t	t	t	t	t	t
Kode	Nama	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	Swadana	2	5	4	5	5	5	4	5
A2	Vendor lokal	4	5	5	5	5	5	3	5
A3	Dockyard Bagus Kuning	5	5	5	5	5	5	5	5
		6,708204	8,660254	8,124038	8,660254	8,660254	8,660254	7,071068	8,660254
Normalisasi		0,298142	0,57735	0,492366	0,57735	0,57735	0,57735	0,565685	0,57735
R		0,596285	0,57735	0,615457	0,57735	0,57735	0,57735	0,424264	0,57735
		0,745356	0,57735	0,615457	0,57735	0,57735	0,57735	0,707107	0,57735
Matrix Ternormalisasi Terbobot		0,089443	0,028868	0,073855	0,057735	0,028868	0,057735	0,056569	0,086603
Y		0,178885	0,028868	0,092319	0,057735	0,028868	0,057735	0,042426	0,086603
		0,223607	0,028868	0,092319	0,057735	0,028868	0,057735	0,070711	0,086603
Solusi Ideal Positif		y1+ 0,089443	y2+ 0,028868	y3+ 0,073855	y4+ 0,057735	y5+ 0,028868	y6+ 0,057735	y7+ 0,042426	y8+ 0,086603
Solusi Ideal Negatif		y1- 0,223607	y2- 0,028868	y3- 0,092319	y4- 0,057735	y5- 0,028868	y6- 0,057735	y7- 0,070711	y8- 0,086603
Jarak nilai terbobot alternatif terhadap solusi ideal positif		0	0	0	0	0	0	0,0002	0 0,014142
		0,008	0	0,000341	0	0	0	0	0 0,091329
		0,018	0	0,000341	0	0	0	0,0008	0 0,138351
Jarak nilai terbobot alternatif terhadap solusi ideal negatif		0,018	0	0,000341	0	0	0	0,0002	0 0,136165
		0,002	0	0	0	0	0	0,0008	0 0,052915
		0	0	0	0	0	0	0	0 0
Kedekatan setiap alternatif terhadap solusi ideal		Rank							
Swadana		0,905912	1						
Vendor lokal		0,366845	2						
Dockyard Bagus Kuning		0	3						

Berdasarkan matrix keputusan ternormalisasi terbobot pada tabel 4, kemudian ditentukan solusi ideal positif dan Solusi ideal negatif. Solusi ideal merupakan representasi dari kondisi terbaik yang mungkin dicapai yaitu nilai maksimum untuk setiap kriteria *benefit* dan nilai minimum untuk kriteria *cost*. Sebaliknya, Solusi ideal negative merepresentasikan kondisi terburuk, yaitu nilai minimum untuk kriteria *benefit* dan nilai maksimum untuk kriteria *cost*. Penentuan kedua Solusi ini menjadi dasar utama dalam metode TOPSIS, karena

setiap alternatif akan dievaluasi berdasarkan kedekatannya terhadap solusi ideal positif dan jaraknya dari solusi ideal negatif.

Tahap selanjutnya adalah menghitung jarak setiap alternatif terhadap solusi ideal positif dan solusi ideal negatif. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh bahwa alternatif Swadana memiliki nilai jarak terhadap Solusi ideal positif sebesar 0,014142, vendor lokal sebesar 0,091329, dan Dockyard Bagus Kuning sebesar 0,138351. Nilai ini menunjukkan bahwa alternatif Swadana memiliki jarak yang paling kecil terhadap solusi ideal positif, sehingga dapat diinterpretasikan sebagai alternatif yang paling mendekati kondisi ideal yang diharapkan oleh Perusahaan. Sebaliknya, Dockyard Bagus Kuning memiliki jarak terbesar terhadap Solusi ideal positif, yang menunjukkan bahwa alternatif tersebut relatif lebih jauh dari kondisi optimal.

Sementara itu, untuk jarak terhadap solusi negatif, diperoleh bahwa alternatif swadana memiliki nilai sebesar 0,136165, vendor lokal sebesar 0,052915, dan Dockyard Bagus Kuning sebesar 0. Nilai ini menunjukkan bahwa alternatif Swadana memiliki jarak paling besar dari solusi ideal negatif, yang berarti alternatif tersebut paling jauh dari kondisi terburuk. Sebaliknya, Dockyard Bagus Kuning memiliki nilai sebesar 0, yang menunjukkan bahwa alternatif tersebut berada pada kondisi yang paling mendekati solusi ideal negatif, sehingga menjadi alternatif dengan performa terendah dalam konteks perbandingan ini. Tahap akhir dalam metode TOPSIS adalah menghitung nilai preferensi untuk masing-masing alternatif, yang diperoleh dari perbandingan antara jarak terhadap solusi ideal negatif dengan total jarak terhadap kedua solusi ideal. Berdasarkan

Hasil perhitungan yang dirangkum dalam Tabel kedekatan alternatif terhadap solusi ideal, diperoleh bahwa alternatif Swadana memiliki nilai preferensi sebesar 0,905912, Vendor lokal sebesar 0,366845, dan Dockyard Bagus Kuning sebesar 0. Nilai preferensi ini menunjukkan besar nilai preferensi maka semakin baik alternatif tersebut dalam memenuhi seluruh kriteria yang telah ditetapkan. Berdasarkan nilai preferensi tersebut, dapat disusun peringkat alternatif di mana Swadana menempati posisi pertama sebagai alternatif terbaik, diikuti oleh vendor lokal pada posisi ke-dua, dan Dockyard Bagus Kuning pada posisi terakhir. Nilai preferensi Swadana yang mendekati 1 menunjukkan bahwa alternatif memiliki tingkat kedekatan yang sangat tinggi terhadap solusi ideal positif serta memiliki jarak yang signifikan dari solusi ideal negatif. Hal ini menunjukkan bahwa alternatif Swadana merupakan metode perbaikan *Pneumatic Rubber Fender* (PRF) yang mampu memberikan kombinasi paling optimal antara efisiensi biaya, kualitas teknis, serta kompetensi tenaga kerja dan pemenuhan standar sertifikasi yang dibutuhkan dalam operasional Perusahaan.

Net Present Value (NPV)

$$NPV(r, n) = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} = \frac{\text{Biaya perbaikan tahun 2023 sampai 2025}}{(1+0,05375)^3} = \frac{437.409.000}{1,17} = 373.830.690$$

Diketahui tingkat diskonto / suku bunga BI selama tahun 2023 hingga 2025 bervariasi antara 4,75% hingga 6 %, maka kita ambil titik tengah 5,375%.

Internal Rate of Return (IRR)

Tabel 5. Data Arus Kas Biaya Sewa PRF dan Jumlah Unit PRF yang Diperbaiki Selama Periode Analisis

No	Tahun ke -	Biaya Sewa PRF selama satu tahun (Rupiah)	Jumlah PRF yang diperbaiki (Unit)
1	0	- 437.409.000	
2	1 (tahun 2023)	4.116.000.000	7
3	2 (tahun 2024)	3.528.000.000	6
4	3 (tahun 2025)	4.116.000.000	7

Cara menghitung Biaya Sewa PRF tahunan adalah mengalikan biaya sewa bulanan seharga Rp 49 juta per unit. Pada dasarnya IRR menjelaskan berapa tingkat diskonto (r) yang membuat NPV = 0. Maka,

$$0 = -437.409.000 + \frac{4.116.000.000}{(1+r)} + \frac{3.528.000.000}{(1+r)^2} + \frac{4.116.000.000}{(1+r)^3}$$

$$IRR = 928\%$$

Payback Period (PP)

$$PP = \frac{IIC}{CF_N} = \frac{\text{Harga investasi awal PRF per unit}}{\text{Pendapatan tahunan sewa PRF per unit}} = \frac{420.000.000}{49.000.000 \times 12} = 0,71 \text{ tahun}$$

Hanya membutuhkan 8,52 bulan untuk mencapai *Break Event Point* (BEP).

Benefit Cost Ratio (BCR)

$$Net \frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} = \frac{\frac{\text{Benefit selama tahun 2023 hingga 2025}}{(1+r)^3}}{\frac{\text{Cost perbaikan PRF tahun 2023 hingga 2025}}{(1+r)^3}} = \frac{\frac{11.760.000.000}{(1+0,05375)^3}}{\frac{437.409.000}{(1+0,05375)^3}} = 26,885$$

Perbandingan NPV, IRR, PP, BCR jika memakai metode perbaikan vendor lokal dan Dockyard Bagus Kuning adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Perbandingan Hasil Analisis Kelayakan Finansial Berdasarkan Nilai NPV, IRR, PP, dan BCR pada Alternatif Swadana, Vendor Lokal, dan Dockyard Bagus Kuning

	Swadana	Vendor Lokal	Dockyard Bagus Kuning
NPV (Rp)	373.830.690	2.803.418.803	2.735.042.735
IRR (%)	928	110	107
PP (Bulan)	8,52	8,52	8,52
BCR	26,885	3,96	4,06

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai penentuan prioritas metode perawatan dan perbaikan Pneumatic Rubber Fender (PRF) di PT. XYZ dengan menggunakan metode TOPSIS dan analisis kelayakan investasi, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: (1) Kriteria yang berpengaruh dalam penentuan prioritas metode perawatan dan perbaikan Pneumatic Rubber Fender (PRF) terdiri dari delapan kriteria, yaitu harga, ukuran ban, las titik, material rantai, merk coating, Ukuran Schakle, pengalaman kerja tenaga alih daya (TAD), dan sertifikasi PRF/BKI. Berdasarkan pembobotan yang telah dilakukan, kriteria harga memiliki bobot terbesar yaitu 30%, sehingga menjadi faktor yang paling dominan dalam penentuan prioritas metode perawatan dan perbaikan PRF. (2) Prioritas alternatif metode perawatan dan perbaikan Pneumatic Rubber Fender (PRF) berdasarkan hasil perhitungan metode TOPSIS menunjukkan bahwa metode perbaikan secara swadana merupakan alternatif terbaik dengan nilai kedekatan terhadap solusi ideal sebesar 0,905912. Nilai tersebut menunjukkan bahwa alternatif swadana memiliki tingkat kedekatan tertinggi dibandingkan alternatif lainnya, sehingga menjadi prioritas utama dalam pengambilan keputusan metode perawatan dan perbaikan PRF di PT. XYZ. (3) Hasil analisis kelayakan investasi terhadap alternatif metode perbaikan swadana Pneumatic Rubber Fender (PRF) menunjukkan bahwa alternatif tersebut layak untuk diinvestasikan, dengan nilai Net Present Value (NPV) sebesar Rp 367.257.031 (terbilang tiga ratus enam puluh tujuh juta dua ratus lima puluh tujuh ribu tiga puluh satu rupiah), Benefit Cost Ratio (BCR) sebesar 26,885, Internal Rate of Return (IRR) sebesar 928%, dan Payback Period (PP) selama 0,71 tahun.

REFERENSI

- Adikoro, H. T., & Wujaningrum, F. (2022). Analisis pemilihan supplier kain Byemi Official Store dengan metode fuzzy AHP dan fuzzy TOPSIS. *Jurnal Manajemen dan Perbankan (JUMPA)*, 9(2), 38–53.
- Arjomandi, M. A., Dinmohammadi, F., Mosallanezhad, B., & Shafiee, M. (2021). A fuzzy DEMATEL-ANP-VIKOR analytical model for maintenance strategy selection of safety critical assets. *Advances in Mechanical Engineering*, 13(4), 1687814021994965.
- Astuti, W. M. K., & Sri, F. H. (2017). Studi kelayakan investasi proyek pembangunan Tower 5 Karawaci Tangerang Selatan. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 981–987. <https://jurnal.uns.ac.id/matriks/article/download/36728/23954>
- Dai, H., Li, N., Wang, Y., & Zhao, X. (2022). The analysis of three main investment criteria: NPV, IRR, and payback period. In *Proceedings of the 2022 7th International Conference on Financial Innovation and Economic Development (ICFIED 2022)* (Vol. 648, pp. 185–189). Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.220307.028>
- Farajvand, M., García-Violini, D., & Ringwood, J. V. (2023). Representative linearised models for a wave energy converter using various levels of force excitation. *Ocean Engineering*, 270, 113635. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.113635>
- Febrianti, I., Wahyuni, S., Nurhalimah, S., Situmeang, R. T., & Afrisawati. (2024). Perbandingan metode TOPSIS dan WASPAS dalam penentuan desa terbaik di Kecamatan Setia Janji. *Bridge: Jurnal Publikasi Sistem Informasi dan Telekomunikasi*, 2(2), 57–68.
- Kaluku, M. R. A., & Pakaya, N. (2017). Penerapan perbandingan metode AHP-TOPSIS dan ANP-TOPSIS mengukur kinerja sumber daya manusia di Gorontalo. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 9(2), 124–131. <https://doi.org/10.33096/ilkom.v9i2.121.124-131>
- Karatuğ, Ç., Arslanoğlu, Y., & Soares, C. G. (2022). Determination of a maintenance strategy for machinery

- systems of autonomous ships. *Ocean Engineering*, 266, 113013.
- Kaya, M. (2025). *State-of-the-art lithium-ion battery pretreatment methods for the recovery of critical metals*.
- Khusna, I. M., & Mariana, N. (2021). Sistem pendukung keputusan pemilihan bibit padi berkualitas dengan metode AHP dan TOPSIS. *Jurnal SISFOKOM (Sistem Informasi dan Komputer)*, 10(2), 162–169.
- Krisnaningsih, E., Hidayanti, N., Nuryusuf, M. R., Cahyadi, D., Dwiyatno, S., & Juniarti, A. D. (2023). Implementasi metode fuzzy TOPSIS pada pemilihan pemasok bahan baku SS400. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 9(2), 64–74. <https://doi.org/10.30656/intech.v9i2.6468>
- Liu, G., Zhang, X., Chen, X., He, Y., Cheng, L., Huo, M., Yin, J., et al. (2021). Additive manufacturing of structural materials. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 145, 100596.
- Liu, Y., Yu, C., Guo, F., Zhao, X., Shan, J., Lu, T., & Yuan, D. (2024). Multi-criteria decision-making framework (AHP-TOPSIS): Pavement preventive maintenance case study for ordinary national trunk highways. *Buildings*, 14(10), 3048.
- Lubis, J. H., & Mesran. (2023). Perbandingan metode TOPSIS dan WASPAS dalam sistem pendukung keputusan pengangkatan jabatan manager. *Journal of Information System Research (JOSH)*, 5(1), 64–78. <https://doi.org/10.47065/josh.v5i1.4359>
- Ma, Y., Du, H., Zheng, S., Zhou, Z., Zhang, H., Ma, Y., Passerini, S., & Wu, Y. (2025). High-entropy approach vs. traditional doping strategy for layered oxide cathodes in alkali-metal-ion batteries: A comparative study. *Energy Storage Materials*, 79, 104295. <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2025.104295>
- Marrivada, G. V., Chaganti, P. K., & Ravindran, S. (2019). Experimental investigation and analytical modeling of dry glass fiber braided sleeves for tensile behaviour. *Materials Today: Proceedings*, 26, 1207–1212. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.243>
- Mutmainah, I., & Yunita. (2021). Penerapan metode TOPSIS dalam pemilihan jasa ekspedisi. *Jurnal SISFOKOM (Sistem Informasi dan Komputer)*, 10(1), 86–92. <https://doi.org/10.32736/sisfokom.v10i1.1028>
- Park, S. M., Kim, H. J., Cho, H. R., Kong, K. H., Park, D. K., & Paik, J. K. (2023). Effect of pneumatic rubber fenders on the prevention of structural damage during collisions between a ship-shaped offshore installation and a shuttle tanker working side-by-side. *Ships and Offshore Structures*, 18(4), 596–608. <https://doi.org/10.1080/17445302.2022.2085898>
- Rahman, F., Furqon, M. T., & Santoso, N. (2018). Sistem pendukung keputusan penentuan prioritas perbaikan jalan menggunakan metode AHP-TOPSIS (Studi kasus: Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Ponorogo). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(11), 4365–4370. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Setyawan, B. (2015). Studi kelayakan investasi proyek automasi pabrik kelapa sawit di PT. XY. *Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri*, 8(1), 96–108.
- Sitorus, F., Cilliers, J. J., & Brito-Parada, P. R. (2019). Multi-criteria decision making for the choice problem in mining and mineral processing: Applications and trends. *Expert Systems with Applications*, 121, 393–417. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.12.001>
- Varela, G., & Tolentino, D. (2023). Cost–benefit assessment of offshore structures considering structural deterioration. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(7), 1348.
- Vittori, G., Blondeaux, P., & Mazzuoli, M. (2020). Direct numerical simulations of the pulsating flow over a plane wall. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(11), 1–11. <https://doi.org/10.3390/jmse8110893>
- Yani, Z., Gusmita, D., & Pohan, N. (2022). Sistem pendukung keputusan penerimaan karyawan. *Journal of Science and Social Research*, 5(2), 205–210.
- Yue, L., Zhang, X., Wang, Y., Li, W., Tang, Y., & Bai, Y. (2021). Cellulose nanocomposite modified conductive self-healing hydrogel with enhanced mechanical property. *European Polymer Journal*, 146, 110258. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2020.110258>
- Yuneta, T. O., Aprian, F. N., & Sinaga, S. (2024). Analisis prioritas pemilihan supplier pembelian bahan baku menggunakan metode TOPSIS pada UD. XYZ. *Jurnal TRINISTIK: Jurnal Teknik Industri, Bisnis Digital, dan Teknik Logistik*, 3(1), 32–38. <https://doi.org/10.20895/trinistik.v3i1.1409>