

Analisis Investasi Proyek Dermaga PT Petrokimia Gresik

Ruddy Octavian Purnomo, I Ketut Gunarta

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, Indonesia

Email: ruddyoctavianpurnomo@gmail.com, gunarta@ie.its.ac.id

Keywords	Abstract
dermaga, BOR, proyeksi kapal, kelayakan teknis, kelayakan finansial.	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan pengembangan dermaga baru sebagai upaya mendukung peningkatan kapasitas logistik PT Petrokimia Gresik. Peningkatan volume bongkar muat yang diproyeksikan mencapai 3–4 juta ton per tahun pada periode menengah menyebabkan nilai pemanfaatan dermaga eksisting (BOR) bergerak mendekati batas optimum operasional. Kondisi ini menimbulkan potensi antrean kapal serta risiko keterlambatan pasokan bahan baku bagi proses produksi. Analisis dilakukan melalui proyeksi jumlah kunjungan kapal, evaluasi kapasitas layanan dermaga, penentuan kesesuaian spesifikasi dermaga rencana terhadap karakteristik kapal 15.000–18.000 ton, serta penilaian kebutuhan fasilitas pendukung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dermaga rencana dengan panjang efektif sekitar 210 meter dan kedalaman operasi 11,5 meter mampu melayani kapal rencana secara aman. Kehadiran dermaga baru juga menurunkan nilai BOR ke kisaran 60–70 persen, sehingga meningkatkan stabilitas operasional dan mengurangi risiko antrean kapal. Dari sisi ekonomi, estimasi biaya investasi sebesar Rp 450 miliar dan manfaat tahunan sekitar Rp 20,7 miliar menghasilkan NPV positif sebesar ±Rp 20 miliar, PI 1,13, dan IRR 11,4 persen, yang menunjukkan bahwa pembangunan dermaga rencana layak secara finansial. Analisis sensitivitas mempertegas bahwa kelayakan finansial cukup dipengaruhi oleh perubahan manfaat dan biaya investasi, namun tetap berada dalam rentang yang dapat diterima pada kondisi dasar. Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa pembangunan dermaga baru layak dilaksanakan karena memenuhi aspek teknis, operasional, dan finansial, serta memberikan kontribusi strategis dalam mendukung kesinambungan rantai pasok perusahaan.
Keyword: wharf, BOR, ship projection, technical feasibility, financial feasibility.	Abstract <i>This study aims to analyze the need for a new wharf development to support the increasing logistics capacity of PT Petrokimia Gresik. The projected increase in loading and unloading volume to 3–4 million tons per year in the medium term is causing the existing wharf utilization rate (Berth Occupancy Ratio - BOR) to approach its optimal operational limit. This condition raises the potential for ship queues and risks delays in the supply of raw materials for the production process. The analysis was conducted through projections of ship visits, evaluation of wharf service capacity, assessment of the suitability of the planned wharf specifications for vessels of 15,000–18,000 tons, and an evaluation of supporting facility needs. The results show that the planned wharf, with an effective length of approximately 210 meters and an operational depth of 11.5 meters, can safely serve the target vessels. The new wharf also reduces the BOR to a range of 60–70 percent, thereby enhancing operational stability and reducing the risk of ship queues. From an economic perspective, the estimated investment cost of IDR 450 billion and annual benefits of approximately IDR 20.7 billion yield a positive Net Present Value (NPV) of around IDR 20 billion, a Profitability Index (PI) of 1.13, and an Internal Rate of Return (IRR) of 11.4 percent, indicating that the planned wharf development is financially viable. Sensitivity analysis further confirms that financial viability is notably influenced by changes in benefits and investment costs but remains within an acceptable range under base-case conditions. Overall, the study concludes that the new wharf development is feasible to implement as it fulfills</i>



INTRODUCTION

PT Petrokimia Gresik merupakan pabrik pupuk di Indonesia yang mulai beroperasi dan diresmikan pada tanggal 10 Juli 1972. PT Petrokimia Gresik ditugaskan pemerintah untuk ikut memenuhi kebutuhan pupuk nasional dalam rangka mewujudkan kedaulatan dan kemandirian pangan nasional. Seiring berjalannya waktu serta perkembangan sektor perekonomian baik secara nasional maupun secara global, PT Petrokimia Gresik terus berinovasi serta mengembangkan kemampuan produksinya (Canton, 2021; Notteboom et al., 2022; Vasigh & Gorjidoz, 2016).

Rata-rata produksi pupuk secara kuantitatif yang dihasilkan oleh PT Petrokimia Gresik terus mengalami pertumbuhan. Berdasarkan laporan tahunan PT Petrokimia Gresik, pada tahun 2017 produksi pupuk secara kumulatif sebesar 5.200.000 ton / tahun kemudian mengalami penurunan pada tahun 2021 tingkat produksi mencapai 4.900.000 ton / tahun. Serta berdasarkan rencana produksi perusahaan untuk tahun-tahun yang akan datang Tingkat produksi pupuk secara kumulatif mencapai 6.000.000 ton / tahun pada tahun 2026.

Produksi pupuk yang terus tumbuh sejalan dengan tingkat permintaan pupuk yang tinggi. Hal ini tercermin dari hasil penjualan pupuk secara nasional maupun mancanegara. Tingkat penjualan pupuk domestik dan ekspor di Indonesia secara kumulatif pada tahun 2017 mencapai 11.800.000 ton / tahun dan pada tahun 2021 mencapai 12.700.000 ton / tahun; dimana tingkat penjualan pupuk tersebut lebih besar daripada produksi pupuk yang dihasilkan oleh PT Petrokimia Gresik.

PT Petrokimia Gresik tidak hanya menghasilkan produk pupuk, melainkan juga menghasilkan produk non-pupuk antara lain adalah Asam Sulfat, Asam Fosfat, Ammonia, dan lain-lain. PT Petrokimia Gresik berencana untuk mengembangkan lini produk baik peningkatan produksi eksisting maupun pengembangan produk baru.

Rencana tersebut diinisiasi dengan pengembangan pabrik pada tahun 2023-2030 yaitu proyek Phonska V dengan kapasitas produksi NPK sebesar 600.000 ton / tahun, proyek Soda Ash dengan kapasitas produksi 300.000 ton / tahun, proyek Ammonia Urea III dengan kapasitas produksi 660.000 ton / tahun, proyek NPK Prill 200.000 ton / tahun dan Phonska VI dengan kapasitas produksi 600.000 ton / tahun.

Tabel 1. Rencana Pembangunan Pabrik dan Kapasitas

No	Keterangan	Jumlah Pabrik	Kapasitas
1	NPK Phonska V	1	600.000 ton / tahun
2	Soda Ash	1	300.000 ton / tahun
3	Amonia Urea III	1	1.230.000 ton / tahun
4	Ammonium Nitrat	1	870.000 ton / tahun
5	NPK Prill	1	200.000 ton / tahun
6	Phonska VI	1	600.000 ton / tahun
JUMLAH PABRIK DAN KAPASITAS		6	3.800.000 ton / tahun

Sumber: Rencana Induk Perusahaan PT Petrokimia Gresik

Sebagai salah satu pabrik pupuk terlengkap dan terbesar di Indonesia, PT Petrokimia Gresik memiliki fasilitas infrastruktur dermaga untuk mendukung kegiatan produksi dan distribusi pupuk yang dihasilkan. Secara umum PT Petrokimia Gresik memiliki sembilan dermaga dan dua extension jetty yang telah dibangun mulai tahun 1979.

Tabel 2 Dermaga Eksisting PT Petrokimia Gresik

No	Dermaga	Posisi	Fungsi Dan Kapasitas	Komoditi
1	Dermaga I	Dermaga sisi luar Panjang 210 m	Kapal 60.000 DWT dengan alat bantu kapasitas 1.000 ton / jam	Phosphate rock dan MOP
2	Dermaga II	Dermaga sisi luar panjang 200 m	Kapal 60.000 DWT dengan alat bantu unloading kapasitas 350 ton / jam	MOP, ZA, SP-36, DAP, Urea, Sulphur
3	Dermaga III	Dermaga sisi luar Panjang 300 m	Kapal 60.000 DWT dengan alat bantu unloading kapasitas 350 ton / jam	MOP, ZA, SP-36, DAP, Urea, Sulphur
4	Dermaga IV	Dermaga sisi dalam Panjang 300 m	Kapal 10.000 DWT dengan alat bantu loading kapasitas 350 ton / jam	Phonska, NPK, Cement Retarder, Gypsum
5	Dermaga V	Dermaga sisi dalam Panjang 210 m	Dermaga ini dipakai untuk muatan cair, kapasitas 240 ton / jam	NH3, H2SO4 , H3PO4
6	Dermaga VI	Extention Jetty sisi luar Panjang 190 m	Kapal 60.000 DWT dengan alat bantu unloading CSU	Phosphate Rock dan Sulphur
7	Dermaga VII	Extention Jetty sisi dalam Panjang 190 m	Kapal 30.000 untuk loading dan unloading, kapasitas 1.000 ton/jam	Phonska dan NPK
8	Dermaga VIII	Dermaga Batubara	Unloading Batubara 1.900.000 ton / tahun	Batubara
9	Dermaga IX	Dermaga C	Kapal 10.000 DWT, kapasitas 1.500.000 ton / tahun	Gypsum

Sumber: Data fasilitas operasional PT Petrokimia Gresik

Seiring dengan terus bertumbuhnya Tingkat produksi baik pupuk maupun non pupuk dan sejalan dengan rencana pengembangan pabrik oleh PT Petrokimia Gresik, akan memberikan dampak yang signifikan dalam aktivitas dermaga, dikarenakan tingkat bongkar muat baik bahan baku maupun produk akan terus meningkat (Faridah Febriyanti, 2024; Syarifudin et al., 2024).

Fasilitas dermaga yang dimiliki oleh PT Petrokimia Gresik saat ini dimanfaatkan untuk kegiatan sendiri; tidak untuk kegiatan umum atau komersial, Dimana aktivitas utamanya adalah untuk kegiatan bongkar muat bahan baku pupuk dan non pupuk serta produk. Dermaga yang digunakan untuk proses bongkar muat bahan baku dan produk terpusat pada dermaga utama.

Tabel 3 Pelayanan Operasional Dermaga Eksisting

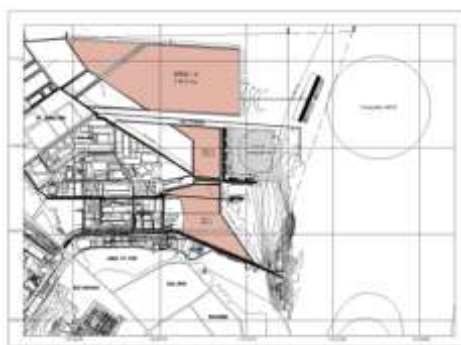
no	Indikator Kinerja Pelayanan Operasional Pelabuhan	Satuan	Terminal Kargo
1	Waktu tunggu kapal	jam	5
2	Waktu pelayanan pemanduan	jam	2,5
3	Waktu efektif	%	93
4	Tingkat penggunaan dermaga	%	54,78 (avg)
5	Tingkat penggunaan lapangan	%	-
6	Kesiapan operasi peralatan	%	90

Sumber: Laporan kinerja operasional terminal PT Petrokimia Gresik

Berdasarkan nilai BOR eksisting sebesar 54,78%, kondisi pemanfaatan dermaga saat ini masih berada pada rentang operasional optimal. Namun dengan adanya pembangunan beberapa pabrik baru yang meningkatkan kapasitas produksi perusahaan, volume bongkar muat diproyeksikan akan naik

secara signifikan. Tanpa penambahan kapasitas dermaga baru, nilai BOR diperkirakan akan mendekati bahkan melampaui batas ideal 50–70% yang direkomendasikan untuk operasi dermaga yang efisien. Kondisi ini dapat menyebabkan antrean kapal, waktu tunggu yang lebih lama, serta potensi keterlambatan proses produksi. Oleh karena itu, kajian awal terhadap BOR diperlukan sebagai dasar untuk menentukan kebutuhan pembangunan dermaga tambahan (Gujarati, 2006).

Dengan adanya rencana pengembangan pabrik baru, maka akan meningkatkan produksi dan berdampak pada peningkatan kapasitas bongkar muat dermaga eksisting PT Petrokimia Gresik eksisting, Rencana pengembangan pabrik berpotensi menyebabkan aktivitas bongkar muat tidak dapat dilakukan sepenuhnya di internal perusahaan dan harus dilakukan di pelabuhan terdekat.



Gambar 1 General Layout Dermaga Eksisting

Sumber: Dokumentasi internal dan observasi lapangan PT Petrokimia Gresik

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan kajian awal mengenai kebutuhan pengembangan dermaga sebagai respon terhadap meningkatnya aktivitas bongkar muat. Kajian ini dilakukan untuk menilai apakah kapasitas dermaga yang ada masih mampu memenuhi proyeksi peningkatan arus barang dan kedatangan kapal, serta untuk memberikan gambaran teknis awal terhadap kebutuhan pembangunan dermaga baru. Penilaian dilakukan dengan menggunakan data operasional perusahaan, rencana pengembangan pabrik, dan karakteristik kapal yang direncanakan untuk dilayani, sehingga kajian dapat memberikan dasar objektif bagi perusahaan dalam mempertimbangkan langkah pengembangan berikutnya.

Tabel 4 Rencana Spesifikasi Teknis dan Operasional Dermaga Baru

No	Kriteria	Satuan	Spesifikasi
1	Bobot rencana	DWT	60.000
2	Panjang kapal rencana (Loa)	m	200
3	Breadth	m	32
4	Draft	m	13
5	Jam kerja per hari	Jam	24
6	Jumlah hari kerja setahun	Hari	365
7	Panjang dermaga	m	380

Sumber: Analisis teknis peneliti berdasarkan standar PIANC dan kebutuhan operasional

Berkaitan dengan rencana tersebut, Oleh sebab itu, diperlukan analisis investasi proyek untuk mengetahui kelayakan proyek dermaga baru (Herison et al., 2019; Nurhayati & Restiani, 2019). Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi tingkat pemanfaatan dermaga eksisting melalui analisis BOR berdasarkan data historis operasional dan proyeksi peningkatan aktivitas logistik perusahaan (Dragović et al., 2025) (Gonzalez & Quesada, 2024), mengidentifikasi kebutuhan teknis pembangunan dermaga baru berdasarkan karakteristik kapal rencana serta kebutuhan layanan bongkar muat, dan menyusun analisis kelayakan awal pembangunan dermaga baru melalui perhitungan indikator finansial yang meliputi NPV, IRR, PI, dan PBP berdasarkan estimasi arus kas yang diperoleh dari data operasional perusahaan dan perhitungan mandiri peneliti (Mahapatni et al., 2023). Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai dasar pertimbangan teknis mengenai kebutuhan peningkatan kapasitas dermaga berdasarkan evaluasi kondisi operasional eksisting dan proyeksi aktivitas bongkar muat di masa mendatang, menyediakan landasan analitis bagi pengambilan keputusan investasi melalui

perhitungan parameter finansial seperti NPV, IRR, PI, dan PBP yang disusun berdasarkan data operasional dan asumsi perencanaan yang relevan (Ross, 2019), serta mendukung proses perencanaan strategis perusahaan dengan menghadirkan kajian terstruktur mengenai implikasi pertumbuhan produksi terhadap kapasitas infrastruktur logistik dan alternatif penanganannya melalui pembangunan dermaga baru (Martinez-Maruri et al., 2025).

RESEARCH METHODS

Penelitian ini menggabungkan pendekatan kuantitatif dan analitis yang berfokus pada dua kelompok utama, yaitu analisis aspek teknis dan analisis aspek finansial. Analisis aspek teknis digunakan untuk mengevaluasi kinerja dermaga eksisting (Kurniawan et al., n.d.), memproyeksikan kebutuhan kapasitas layanan di masa mendatang, serta menilai alternatif solusi teknis berupa pembangunan dermaga baru. Analisis dilakukan dengan menggunakan data operasional aktual perusahaan, perhitungan BOR (Berth Occupancy Ratio), penyusunan skenario proyeksi pertumbuhan, serta evaluasi parameter desain kapal dan fasilitas dermaga. Di sisi lain, analisis aspek finansial dilakukan untuk menilai kelayakan ekonomi dari pembangunan dermaga baru melalui estimasi biaya investasi, biaya operasional, dan manfaat ekonomi yang diperoleh. Evaluasi kelayakan menggunakan indikator umum dalam analisis investasi infrastruktur seperti Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Profitability Index (PI), dan Payback Period (PBP).

Seluruh analisis disusun secara mandiri berdasarkan data operasional perusahaan, hasil observasi lapangan, serta literatur teknis pelabuhan dan infrastruktur maritim. Dengan metodologi ini, penelitian diharapkan mampu memberikan kajian awal yang komprehensif dan objektif mengenai kebutuhan pengembangan dermaga di PT Petrokimia Gresik serta menjadi dasar pertimbangan dalam perencanaan strategis perusahaan di masa mendatang.



Gambar 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Sumber: Rencana Induk Perusahaan PT Petrokimia Gresik, 2022–2030.

Sumber Data dan Metode Analisis

Penelitian ini menggunakan dua jenis sumber data, yaitu data primer dan data sekunder, yang digunakan secara terpadu untuk menyusun analisis teknis dan finansial terkait kebutuhan pembangunan dermaga baru. Data primer diperoleh langsung dari lingkungan operasional PT Petrokimia Gresik melalui tiga metode utama: wawancara teknis, observasi lapangan, dan data operasional historis. Wawancara dilakukan dengan pihak yang terlibat dalam kegiatan bongkar muat dan perencanaan

logistik untuk mengumpulkan informasi mengenai pola kedatangan kapal, durasi tambat, kinerja peralatan, dan kendala operasional (SULIYANTO, 2017). Observasi lapangan digunakan untuk memverifikasi kesesuaian data operasional dengan kondisi faktual, mencakup tata letak dermaga, aliran proses bongkar muat, kesiapan peralatan, kondisi perairan, dan kapasitas akses darat. Sementara itu, data historis dari laporan operasional perusahaan memberikan informasi terkait jumlah dan ukuran kapal, waktu pelayanan, volume bongkar muat, produktivitas alat, serta jam operasi dermaga. Data ini menjadi dasar utama dalam perhitungan Berth Occupancy Ratio (BOR), analisis tren utilitas, dan penyusunan proyeksi kebutuhan dermaga.

Di sisi lain, data sekunder diperoleh dari literatur dan dokumen pendukung yang berfungsi sebagai acuan standar teknis dan metodologis. Literatur teknis pelabuhan dan dermaga—seperti dari PIANC, UNCTAD, dan (Triatmodjo, 2010)—digunakan untuk memahami konsep perencanaan dermaga, parameter teknis, serta metode analisis kapasitas terminal (Boardman et al., 2020; Gurning & Fikri, 2017). Publikasi perusahaan dan industri dimanfaatkan untuk memperoleh informasi mengenai proyeksi peningkatan kapasitas produksi, kebutuhan bahan baku, dan tren logistik. Selain itu, referensi estimasi biaya infrastruktur dari studi terdahulu dan laporan industri mendukung penyusunan estimasi biaya investasi dan operasional dalam analisis finansial (Chriswahyudi & Darma, 2021). Dengan mengintegrasikan kedua jenis data tersebut, penelitian ini dapat menyajikan analisis yang komprehensif dan berbasis bukti.

Analisis Hasil

Analisis hasil penelitian dibagi menjadi dua aspek utama: teknis dan finansial. Analisis aspek teknis bertujuan untuk menilai kecukupan kapasitas dermaga eksisting dalam memenuhi kebutuhan bongkar muat di masa mendatang. Tahapan analisis meliputi perhitungan tingkat pemanfaatan dermaga (BOR) berdasarkan data historis, penyusunan skenario proyeksi kebutuhan dermaga dengan tiga skenario (konservatif, moderat, agresif), serta proyeksi BOR pada horizon waktu mendatang untuk mengidentifikasi potensi kejenuhan operasional. Analisis sensitivitas parameter operasional—seperti waktu tambat, tingkat kedatangan kapal, dan produktivitas bongkar muat—dilakukan untuk menilai ketahanan operasional dermaga. Jika proyeksi menunjukkan BOR melampaui batas optimal, analisis kebutuhan kapasitas tambahan dilakukan dengan mempertimbangkan panjang dermaga, kedalaman perairan, dan peralatan bongkar muat yang diperlukan. Evaluasi alternatif tipe dermaga (wharf dan jetty) juga dilakukan dengan mempertimbangkan aksesibilitas, integrasi fasilitas darat, dan efisiensi operasional (Bichou & Gray, 2004; Tongzon, 1995; Tongzon & Ganesalingam, 1994). Hasil analisis teknis diakhiri dengan penyusunan rekomendasi yang menjadi dasar bagi analisis finansial.

Sementara itu, analisis aspek finansial dilakukan untuk menilai kelayakan ekonomi pembangunan dermaga baru. Tahapan analisis mencakup estimasi biaya investasi (CAPEX) yang meliputi pembangunan struktur, peralatan, dan fasilitas pendukung; estimasi biaya operasional (OPEX) seperti tenaga kerja, pemeliharaan, dan energi; serta penentuan biaya modal (WACC) sebagai tingkat diskonto. Evaluasi kelayakan finansial menggunakan empat indikator utama: Net Present Value (NPV) untuk mengukur selisih nilai sekarang manfaat dan biaya, Internal Rate of Return (IRR) sebagai tingkat pengembalian internal, Profitability Index (PI) untuk membandingkan manfaat dan biaya, serta Payback Period (PBP) sebagai periode pengembalian modal. Hasil analisis finansial kemudian diintegrasikan dengan temuan teknis untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai urgensi, kelayakan, dan skala pengembangan dermaga, sehingga menghasilkan kesimpulan yang holistik dan dapat dipertanggungjawabkan.

RESULTS AND DISCUSSION

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

PT Petrokimia Gresik merupakan salah satu perusahaan industri pupuk dan kimia terbesar di Indonesia yang beroperasi di wilayah Gresik, Jawa Timur. Kompleks industri perusahaan berada di kawasan pesisir yang memiliki akses langsung ke perairan Selat Madura, sehingga memungkinkan aktivitas bongkar muat bahan baku dan produk melalui fasilitas dermaga internal perusahaan. Fasilitas dermaga ini menjadi komponen strategis dalam rantai pasok perusahaan, mengingat sebagian besar bahan baku utama berasal dari impor serta sebagian produk siap jual didistribusikan melalui jalur laut.

Secara struktural, area pelabuhan perusahaan terbagi menjadi beberapa zona, antara lain wilayah tambatan kapal, fasilitas bongkar muat, jalur pergerakan material menuju area produksi, serta jaringan pipa dan conveyor yang terintegrasi dengan instalasi pabrik. Dermaga yang dimiliki perusahaan telah beroperasi sejak 1979 dan terus mengalami peningkatan peran seiring berkembangnya kapasitas produksi. Dermaga tersebut melayani berbagai jenis kapal curah padat dan curah cair yang mengangkut fosfat, sulfur, amonia, dan produk pupuk, dengan ukuran kapal hingga kelas ± 60.000 DWT pada beberapa tambatan.

Posisi dermaga berada pada perairan yang relatif tenang di sisi utara dan timur kompleks pabrik, sehingga mendukung kelancaran manuver kapal. Kedalaman perairan di jalur akses kapal memungkinkan kapal besar melakukan proses sandar, sekaligus mendukung pengembangan fasilitas dermaga di masa mendatang. Integrasi antara dermaga dan jalur transportasi darat maupun sistem peralatan bongkar muat menjadikan area ini sebagai simpul logistik utama perusahaan.

Peningkatan kapasitas produksi perusahaan yang direncanakan hingga lebih dari tiga juta ton per tahun di masa mendatang menempatkan fasilitas dermaga sebagai titik kritis dalam pemenuhan kebutuhan logistik. Oleh karena itu, gambaran umum lokasi ini berperan sebagai dasar untuk memahami konteks operasional dermaga eksisting, karakteristik trafik kapal, serta potensi kebutuhan infrastruktur tambahan yang menjadi fokus kajian pada bab-bab selanjutnya.

Kondisi Fisik dan Konfigurasi Dermaga Eksisting

Analisis kondisi fisik dan konfigurasi dermaga eksisting dilakukan untuk menilai kemampuan fasilitas saat ini dalam mendukung kebutuhan bongkar muat perusahaan. Penilaian mencakup aspek struktur dermaga, panjang tambatan efektif, jenis peralatan bongkar muat yang tersedia, serta kondisi perairan yang mempengaruhi operasional tambat.

Dermaga-dermaga yang saat ini digunakan oleh perusahaan terdiri dari struktur tipe wharf dan extension jetty yang dibangun secara bertahap sejak akhir 1970-an. Masing-masing dermaga memiliki karakteristik teknis berbeda sesuai fungsi operasionalnya, baik untuk layanan curah padat, curah cair, maupun produk pupuk. Panjang dermaga eksisting berkisar antara 190 hingga 300 meter dengan kemampuan melayani kapal dari 10.000 DWT hingga 60.000 DWT. Konfigurasi ini memberikan fleksibilitas operasional, namun keterbatasan panjang total tambatan menyebabkan potensi kompetisi ruang sandar pada saat terjadi peningkatan volume kapal.

Secara umum, kondisi fisik dermaga masih dapat mendukung kegiatan bongkar muat harian, namun beberapa faktor teknis mulai mendekati batas operasional. Struktur dermaga sisi luar yang melayani kapal curah besar mengalami tingkat pemanfaatan yang tinggi pada periode tertentu, terutama saat volume bahan baku meningkat. Selain itu, konfigurasi dermaga yang sebagian besar menggunakan sistem penempatan peralatan tetap seperti conveyor dan crane memerlukan koordinasi ketat untuk menghindari penumpukan muatan di area darat.

Kondisi perairan di area tambatan relatif stabil dengan kedalaman operasional sekitar 13 meter untuk dermaga yang melayani kapal besar, namun tidak pada seluruh titik fasilitas. Variasi kedalaman dan jarak aman manuver kapal menjadi pertimbangan penting apabila terjadi peningkatan frekuensi kedatangan kapal dalam beberapa tahun mendatang. Dari hasil pengamatan teknis, beberapa dermaga memiliki ruang manuver terbatas yang dapat membatasi efisiensi sandar pada jam-jam padat.

Evaluasi konfigurasi eksisting menunjukkan bahwa kapasitas tambatan saat ini didesain untuk mendukung beban produksi pada kondisi normal. Namun, dengan adanya rencana peningkatan kapasitas pabrik dan permintaan logistik yang cenderung naik, struktur dan panjang tambatan yang tersedia perlu dianalisis lebih lanjut untuk memastikan kesesuaian dengan proyeksi kebutuhan jangka menengah. Kesesuaian antara kondisi fisik dermaga dan karakteristik kapal rencana menjadi aspek krusial dalam menentukan urgensi pembangunan dermaga baru.

Kondisi Operasional Dermaga Eksisting

Kondisi operasional dermaga eksisting PT Petrokimia Gresik menjadi dasar utama dalam mengevaluasi kemampuan fasilitas saat ini dalam menangani peningkatan arus logistik di masa mendatang. Analisis dilakukan berdasarkan data operasional historis, observasi pola bongkar muat, serta karakteristik teknis fasilitas tambat yang digunakan untuk melayani kapal curah padat maupun curah cair.

Dermaga utama perusahaan melayani berbagai jenis komoditas strategis seperti fosfat, sulfur, urea, ZA, DAP, amonia, dan produk pupuk lainnya. Pola operasi ini menunjukkan bahwa dermaga memiliki tingkat pemanfaatan yang intensif, terutama pada komoditas bahan baku yang bersifat kritis bagi proses produksi pabrik. Dalam operasional harian, dermaga bekerja dengan jam operasi 24 jam per hari dan 365 hari per tahun, mengikuti standar pelabuhan industri untuk memastikan kontinuitas pasokan material.

Secara fisik, fasilitas eksisting memiliki panjang tambatan yang bervariasi untuk masing-masing dermaga, dengan kemampuan menerima kapal hingga 60.000 DWT pada beberapa dermaga utama. Meskipun panjang tambatan saat ini masih mencukupi untuk kapal ukuran menengah, peningkatan aktivitas bongkar muat membuat beberapa dermaga mengalami peningkatan waktu tunggu kapal terutama pada jam sibuk atau saat kedatangan kapal tidak merata. Kondisi ini diperkuat oleh karakteristik kedatangan kapal yang cenderung bersifat *batch arrival*, yaitu kedatangan dalam kelompok pada periode tertentu, sehingga meningkatkan tekanan terhadap kapasitas tambatan.

Dari sisi produktivitas, fasilitas bongkar muat seperti grab crane, conveyor, dan loader memiliki kapasitas kerja yang memadai, namun performanya sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca, kesiapan alat, dan keandalan sistem logistik darat. Variasi produktivitas alat dari kondisi normal ke kondisi puncak juga berdampak langsung terhadap durasi tambat kapal dan secara kumulatif memengaruhi nilai BOR.

Kinerja operasional historis menunjukkan bahwa dermaga eksisting memiliki nilai BOR rata-rata di kisaran 50–60 persen, yang masih berada dalam rentang operasional optimum menurut standar UNCTAD dan PIANC. Namun tren peningkatan volume bongkar muat yang berasal dari rencana pengembangan pabrik berpotensi mendorong nilai BOR menuju kondisi mendekati jenuh dalam beberapa tahun ke depan. Hal ini mengindikasikan perlunya evaluasi kapasitas secara lebih komprehensif untuk menentukan apakah dermaga eksisting mampu menampung peningkatan demand atau harus dilakukan penambahan fasilitas baru.

Dengan mempertimbangkan kondisi fisik, operasional, kapasitas tambatan, dan pola kedatangan kapal, dapat disimpulkan bahwa dermaga eksisting berfungsi dengan baik pada kondisi saat ini, tetapi rentan terhadap kelebihan beban apabila terjadi pertumbuhan signifikan pada volume logistik perusahaan. Oleh karena itu, analisis lanjutan melalui proyeksi BOR dan kajian kebutuhan teknis dermaga baru menjadi langkah penting dalam penelitian ini.

Analisis Kondisi Operasional Bongkar Muat

Analisis kondisi operasional bongkar muat dilakukan untuk memahami kemampuan aktual dermaga eksisting dalam melayani kapal dan memindahkan material, sehingga dapat dinilai apakah kapasitas saat ini memadai untuk menghadapi proyeksi peningkatan aktivitas logistik perusahaan. Kajian ini mencakup evaluasi durasi pelayanan kapal, produktivitas peralatan bongkar muat, jam kerja efektif, serta faktor-faktor operasional yang dapat menyebabkan variabilitas kinerja.

Penilaian kondisi operasional disusun berdasarkan dua sumber utama:

Data historis operasional perusahaan yang mencakup waktu tambat, waktu bongkar muat, produktivitas peralatan, dan jumlah kunjungan kapal; serta Pengamatan teknis dan standar operasi industri yang digunakan untuk membentuk asumsi perhitungan pada studi pendahuluan ini.

Durasi Tambat dan Pelayanan Kapal

Durasi tambat (*berthing time*) merupakan salah satu parameter inti dalam perhitungan pelayanan dermaga. Durasi ini dipengaruhi oleh: kapasitas alat bongkar muat, kondisi muatan (curah padat atau curah cair), kelancaran kegiatan saat kapal sandar, dan waktu tunggu alat atau fasilitas pendukung. Data historis menunjukkan bahwa waktu tambat rata-rata kapal curah berkisar dalam rentang operasional normal dermaga industri. Namun, efisiensi waktu tambat menunjukkan sensitivitas tinggi terhadap variasi volume muatan dan keandalan alat bongkar muat. Dalam konteks proyeksi peningkatan throughput akibat pembangunan pabrik baru, durasi tambat diperkirakan akan meningkat apabila tidak dilakukan penyesuaian kapasitas layanan. Peningkatan ini dapat berdampak pada nilai BOR dan mempercepat timbulnya kondisi mendekati jenuh.

Produktivitas Peralatan Bongkar Muat

Produktivitas alat bongkar muat merupakan penentu utama kecepatan pelayanan kapal. Faktor yang dianalisis meliputi: kapasitas grab crane (ton/jam), kapasitas conveyor dan hopper, kelancaran aliran material menuju fasilitas penumpukan, waktu efektif operasi dibandingkan total waktu tambat. Produktivitas alat tercatat memiliki variabilitas berdasarkan kondisi cuaca, tingkat kesiapan alat, dan koordinasi antara kapal dan fasilitas darat. Dalam kegiatan bongkar muat curah padat, misalnya, interupsi akibat hujan atau kondisi angin dapat mengurangi produktivitas aktual hingga di bawah kapasitas nominal. Analisis pendahuluan ini menggunakan produktivitas efektif sebagai dasar proyeksi untuk memastikan bahwa perhitungan kebutuhan kapasitas dermaga baru tidak menggunakan angka yang terlalu optimistis.

Jam Kerja Efektif Dermaga

Jam operasi dermaga pada fasilitas industri umumnya dirancang 24 jam per hari dan 365 hari per tahun. Namun, jam kerja efektif berbeda dengan jam kerja kalender karena dipengaruhi oleh: waktu persiapan sebelum dan sesudah bongkar muat, penyesuaian peralatan, pembatasan operasional saat cuaca buruk, antrian internal peralatan atau fasilitas penanganan darat. Dalam analisis ini, jam kerja efektif yang digunakan merujuk pada pola operasi aktual yang tercatat dalam data historis, kemudian dikalibrasi agar mencerminkan kondisi realistis untuk proyeksi jangka panjang. Jam kerja efektif tersebut menjadi komponen penting dalam perhitungan kapasitas bongkar muat tahunan, dan berpengaruh langsung terhadap perhitungan BOR pada bab berikutnya.

Faktor Penghambat Operasional

Beberapa faktor operasional yang berpotensi menghambat kelancaran bongkar muat diidentifikasi melalui pengamatan teknis, di antaranya: keterbatasan kapasitas alat bongkar muat pada saat volume meningkat, potensi bottleneck pada aliran material di darat, keterbatasan ruang manuver kapal pada jam sibuk, variasi kecepatan kapal dalam proses sandar dan lepas tambat, serta koordinasi antara kapal, operator dermaga, dan fasilitas darat. Faktor-faktor ini dapat meningkatkan durasi tambat dan menurunkan produktivitas apabila tidak diperhitungkan dalam skenario operasional masa depan.

Implikasi terhadap Kapasitas Dermaga Eksisting

Berdasarkan hasil evaluasi operasional, dapat disimpulkan bahwa kapasitas pelayanan dermaga eksisting masih berada pada rentang optimal, namun memiliki sensitivitas tinggi terhadap peningkatan volume muatan. Peningkatan traffic kapal akibat rencana ekspansi produksi berpotensi mendorong nilai BOR menuju batas atas optimum apabila tidak diimbangi dengan kapasitas teknis tambahan. Analisis operasional ini menjadi fondasi untuk perhitungan BOR pada bagian berikutnya serta menjadi dasar penentuan kebutuhan penambahan kapasitas melalui pembangunan dermaga baru.

Evaluasi Kelayakan Teknis Sementara

Evaluasi kelayakan teknis sementara dilakukan untuk menilai apakah pembangunan dermaga baru secara prinsip dapat memenuhi kebutuhan operasional PT Petrokimia Gresik berdasarkan kondisi terkini dan proyeksi pertumbuhan aktivitas logistik. Tahapan ini bersifat analitis-komputasional, disusun berdasarkan perhitungan kapasitas eksisting, karakteristik kapal rencana, dan kebutuhan fasilitas tambat, tanpa mengacu pada dokumen studi kelayakan terdahulu.

Analisis dimulai dengan menilai kecukupan kapasitas dermaga eksisting melalui interpretasi nilai BOR pada kondisi aktual. BOR historis menunjukkan tingkat pemanfaatan yang masih berada dalam rentang optimal, namun proyeksi peningkatan volume bongkar muat bahan baku akibat penambahan kapasitas produksi enam pabrik baru mengindikasikan potensi tekanan terhadap kapasitas layanan. Kondisi ini menjadi latar evaluatif bahwa penambahan fasilitas diperlukan untuk menghindari kemungkinan antrean kapal, penurunan produktivitas bongkar muat, serta gangguan terhadap kontinuitas produksi.

Selanjutnya, dilakukan evaluasi terhadap kesesuaian desain kapal rencana kapasitas 60.000 DWT terhadap kondisi perairan dan kebutuhan tambatan. Parameter seperti panjang keseluruhan kapal, draft, serta kebutuhan jarak aman antar-kapal dianalisis untuk memperkirakan panjang dermaga efektif yang dibutuhkan. Proyeksi ini menjadi dasar perumusan struktur dermaga yang mampu memberikan kapasitas layanan tambahan tanpa mengganggu operasi dermaga eksisting.

Analisis teknis juga mencakup evaluasi terhadap kebutuhan kedalaman perairan untuk mendukung operasi kapal rencana. Kedalaman yang diperlukan dihitung berdasarkan draft kapal, allowance untuk pergerakan dinamis (under-keel clearance), serta kondisi pasang surut setempat. Penilaian ini memberikan gambaran awal mengenai kebutuhan pengerukan (bila diperlukan) serta implikasi terhadap desain struktur bawah air.

Selain itu, kelayakan teknis juga mempertimbangkan integrasi dermaga baru dengan sistem logistik darat perusahaan. Faktor seperti kedekatan dengan fasilitas penyimpanan, kenyamanan alur pergerakan material, serta kebutuhan pemasangan conveyor atau armada pendukung menjadi bagian dari analisis. Tujuannya adalah memastikan bahwa dermaga baru tidak hanya layak secara maritim, tetapi juga selaras dengan sistem rantai pasok internal perusahaan.

Hasil evaluasi teknis sementara ini memberikan dasar awal bahwa pembangunan dermaga baru secara prinsip dapat dilanjutkan ke tahap analisis teknis terperinci dan analisis finansial. Tahap ini menjadi fondasi bagi penentuan konfigurasi akhir dermaga, kebutuhan fasilitas pendukung, serta penilaian kelayakan ekonomi pada subbab selanjutnya.

Analisis Kinerja Dermaga Eksisting

Analisis kelayakan teknis bertujuan untuk menilai sejauh mana pembangunan dermaga baru mampu memenuhi kebutuhan operasional yang telah diidentifikasi pada bagian sebelumnya. Setelah kondisi eksisting, pola operasi, dan proyeksi peningkatan aktivitas bongkar muat dievaluasi pada Bab 4.1, analisis pada bagian ini mengkaji aspek-aspek teknis yang menentukan kelayakan pembangunan dermaga tambahan. Kajian ini mencakup evaluasi kapasitas dermaga pada kondisi berkembang, kesesuaian spesifikasi kapal rencana terhadap karakteristik perairan, serta kemampuan dermaga baru dalam menjaga stabilitas pelayanan jangka panjang.

Dengan meningkatnya arus barang hingga mencapai kisaran 3–4 juta ton per tahun dan bertambahnya frekuensi kapal yang harus dilayani, dermaga baru perlu dirancang dengan parameter teknis yang mampu menampung beban tersebut tanpa menimbulkan gangguan pada operasi dermaga eksisting. Oleh karena itu, analisis dalam subbab ini dilakukan secara berurutan, mulai dari kapasitas pelayanan, karakteristik struktur dan perairan, hingga simulasi pemanfaatan melalui indikator teknis seperti tingkat pemakaian dermaga.

Kondisi Eksisting dan Proyeksi Beban Operasional

Penilaian terhadap kondisi eksisting merupakan langkah awal sebelum dilakukan analisis kelayakan teknis pembangunan dermaga baru. Evaluasi ini diperlukan untuk memahami kemampuan fasilitas dermaga dalam melayani aktivitas bongkar muat saat ini, serta menilai dampak peningkatan arus logistik terhadap beban operasional pada periode mendatang.

Kapasitas Operasional Saat Ini

Berdasarkan data operasional historis, dermaga PT Petrokimia Gresik melayani volume bongkar muat sekitar 1,7 juta ton per tahun. Nilai ini digunakan sebagai tahun dasar (base year) dalam analisis proyeksi karena merepresentasikan beban operasional aktual yang telah terjadi. Dermaga beroperasi selama 350 hari per tahun dengan layanan 24 jam per hari, sehingga menyediakan waktu operasi efektif sebesar: Waktu operasi dermaga = $350 \times 24 = 8.400$ jam/tahun

Pemanfaatan dermaga historis berada pada kisaran 48%, namun nilai tersebut tidak sepenuhnya menggambarkan sensitivitas operasional, mengingat: durasi pelayanan kapal curah berkisar 18–30 jam/kapal, pola kedatangan kapal sering terjadi dalam kelompok (batch arrival), peningkatan volume langsung memengaruhi frekuensi kapal. Karakteristik ini menunjukkan bahwa meskipun tingkat pemanfaatan rata-rata masih relatif rendah, kapasitas dermaga cukup sensitif terhadap pertumbuhan arus logistik.

Pendekatan Penyusunan Proyeksi Beban

Proyeksi beban operasional disusun dengan pendekatan berbasis kebutuhan layanan (*demand-driven approach*), di mana jumlah kapal yang harus dilayani diturunkan dari proyeksi volume bongkar muat dan kapasitas muat rata-rata kapal. Dalam analisis ini, tiga variabel utama yang digunakan meliputi:

Proyeksi arus bongkar muat tahunan (Q)

Kapasitas muat rata-rata kapal curah (C)

Durasi pelayanan kapal (Time at Berth per Vessel / TBM)

Jumlah kapal dihitung menggunakan:

$$N = \frac{Q}{C}$$

Tingkat pemanfaatan dermaga dihitung menggunakan:

$$BOR = \left(\frac{N \times TBM}{8400} \right) \times 100\%$$

Proyeksi Volume dan Jumlah Kunjungan Kapal

Seiring dengan rencana peningkatan kapasitas produksi perusahaan, arus bongkar muat diproyeksikan meningkat dari kondisi eksisting sebesar 1,7 juta ton per tahun menjadi kisaran 3–4 juta ton per tahun pada periode menengah. Rentang proyeksi ini diturunkan dari rencana pengembangan pabrik yang akan meningkatkan kebutuhan logistik bahan baku dan distribusi produk melalui dermaga internal. Dalam analisis ini digunakan nilai 3,8 juta ton per tahun sebagai representasi kondisi menengah yang bersifat moderat dan konservatif.

Untuk menerjemahkan peningkatan volume tersebut ke dalam beban operasional dermaga, dilakukan perhitungan jumlah kapal berdasarkan kapasitas muat rata-rata 12.000–18.000 ton per kapal. Rentang kapasitas ini mencerminkan kondisi eksisting yang masih didominasi kapal kecil–menengah serta potensi optimalisasi penggunaan kapal berkapasitas lebih besar pada periode menengah sebagai strategi efisiensi logistik.

Sebagai ilustrasi metode perhitungan, pada tahun awal proyeksi digunakan parameter:

$$Q = 1.700.000$$

$$C = 12.000$$

$$TBM = 22 \text{ jam/kapal}$$

$$\text{Jam operasi efektif} = 8.400 \text{ jam/tahun}$$

Dengan menggunakan rumus dasar $N = Q/C$, diperoleh:

$$N = \frac{1.700.000}{12.000} = 141,67 \approx 142 \text{ Kapal/Tahun}$$

Selanjutnya, nilai BOR dihitung menggunakan formula:

$$BOR = N \times \frac{TBM}{8.400} \times 100 \%$$

yang menghasilkan:

$$BOR = \left(142 \times \frac{22}{8400} \right) \times 100\% = 37,21\%$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa pada tahun awal proyeksi, tingkat pemanfaatan dermaga masih berada dalam kisaran aman.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Proyeksi Jumlah Kapal dan BOR

PERIODE	Q (ton/tahun)	C (ton/kapal)	TBM (jam/kapal)	N (kapal/tahun)	BOR (%)
Awal proyeksi	1.700.000	12.000	22	142	37,21
Menengah (skenario moderat)	3.800.000	15.000	25	253	75,3
Menengah (skenario kapal besar)	3.800.000	18.000	25	211	62,8

Sumber: Hasil perhitungan berdasarkan data operasional historis dan rencana pengembangan kapasitas produksi PT Petrokimia Gresik.

Dasar Penetapan Parameter Proyeksi

Untuk memastikan bahwa parameter yang digunakan dalam perhitungan tidak bersifat asumtif, dasar penetapan masing-masing parameter dirangkum pada tabel berikut.

Tabel 6. Dasar Rekayasa dan Rujukan Teknis Penetapan Parameter Proyeksi Beban Operasional Dermaga

Parameter	Nilai	Skenario	Dasar Rekayasa
Q – volume bongkar muat	1.700.000 ton / tahun	Awal proyeksi	Throughput dermaga
Q – volume bongkar muat	3.800.000 ton / tahun	Periode menengah	Proyeksi kebutuhan logistik akibat penambahan kapasitas produksi
C – kapasitas kapal	12.000 ton / kapal	Awal proyeksi	Rata-rata kapasitas kapal curah yang dilayani dermaga eksisting
C – kapasitas kapal	15.000 ton / kapal	Menengah	Rata-rata tertimbang armada dengan peningkatan proporsi kapal menengah
C – kapasitas kapal	18.000 ton / kapal	Menengah	Kapasitas efektif maksimum kapal yang masih bisa dilayani fasilitas eksisting
TBM – waktu tambat	22 jam / kapal	Awal proyeksi	Rata-rata waktu bongkar muat kapal curah pada dermaga industri
TBM – waktu tambat	25 jam / kapal	Menengah	Koreksi waktu pelayanan akibat peningkatan muatan dan kepadatan tambatan
Jam operasional efektif	8.400 jam / tahun	All	Operasional 24 jam dengan allowance downtime
N – jumlah kapal	142 kapal / tahun	Awal proyeksi	Fungsi langsung dari throughput dan kapasitas kapal
N – jumlah kapal	253 kapal / tahun	Menengah	Respons sistem terhadap peningkatan Q dengan C menengah
N jumlah kapal	211 kapal / tahun	Menengah kapal besar	Efek optimasi kapasitas kapal terhadap frekuensi

Sumber: Dikembangkan peneliti berdasarkan standar UNCTAD, PIANC, dan data operasional historis

Penetapan parameter proyeksi dalam analisis ini mengacu pada prinsip rekayasa pelabuhan dan standar perencanaan internasional (Ligteringen, 2022), di mana skenario “moderat” digunakan untuk merepresentasikan kondisi beban mendekati batas optimum, sedangkan skenario “kapal besar” digunakan untuk menguji batas optimasi operasional tanpa penambahan infrastruktur fisik. Dengan demikian, seluruh angka yang digunakan mencerminkan perilaku sistem dermaga yang realistis dan dapat dipertanggungjawabkan secara teknis.

Kesesuaian Spesifikasi Dermaga dengan Kapal Rencana

Analisis kebutuhan fasilitas tambahan pada subbab sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan arus kapal pada periode menengah menyebabkan dermaga eksisting mendekati batas kapasitas optimum. Untuk memastikan bahwa dermaga baru mampu mengakomodasi pola operasi yang diproyeksikan, diperlukan evaluasi terhadap kesesuaian spesifikasi teknis dermaga dengan karakteristik kapal rencana. Evaluasi ini mencakup panjang keseluruhan kapal, draft, kebutuhan jarak aman, serta kemampuan dermaga dalam menyediakan ruang manuver yang memadai.

Karakteristik Kapal Rencana

Kapal yang direncanakan untuk dilayani merupakan kapal curah dengan kapasitas muat antara 15.000–18.000 ton, sesuai dengan pola penggunaan kapal pada operasi logistik perusahaan. Kapal dalam kisaran kapasitas tersebut umumnya memiliki karakteristik teknis sebagai berikut:

Length Overall (LOA): ±150–180 meter

Beam (lebar kapal): 25–30 meter

Draft operasional: 9–10,5 meter

Displacement: ±30.000–35.000 ton

Spesifikasi tersebut menjadi acuan dalam menentukan kebutuhan panjang tambatan efektif, kedalaman perairan, serta ruang manuver.

Panjang Tambahan Efektif

Panjang tambatan merupakan salah satu parameter utama dalam desain dermaga. Untuk menjamin keselamatan dan kenyamanan tambat, panjang tambatan efektif harus mempertimbangkan:

Panjang kapal (LOA)

Jarak aman antar kapal

Allowance untuk fender dan mooring line

Rumus umum panjang dermaga:

$$L_d = LOA + 2 \times S$$

dengan:

Ld: panjang tambatan yang dibutuhkan

S: jarak aman (clearance) ± 10 –15 meter di setiap sisi

Dengan menggunakan LOA kapal rencana ± 180 meter, diperoleh:

$$L_d = 180 + (2 \times 15) = 210 \text{ meter}$$

Sehingga, panjang dermaga rencana minimal 210 meter agar dapat melayani kapal hingga 18.000 ton dengan aman. Nilai ini sesuai dengan standar maritim PIANC dan pedoman desain dermaga curah kering.

Kedalaman Perairan

Draft kapal rencana berada pada kisaran 9–10,5 meter. Untuk keperluan desain, kedalaman minimum dihitung berdasarkan:

$$D = \text{Draft} + \text{UKC} + \text{Allowance}_{\text{swell}}$$

di mana:

Under Keel Clearance (UKC): 10–15% dari draft

Allowance swell/gelombang: 0,3–0,5 meter

Jika draft kapal = 10 meter:

$$\text{UKC} = 10\% \times 10 = 1 \text{ meter}$$

$$D = 10 + 1 + 0,5 = 11,5 \text{ meter}$$

Dengan demikian, dermaga baru membutuhkan kedalaman minimal 11,5 meter agar dapat melayani kapal rencana secara aman pada kondisi pasang-surut dan dinamika perairan.

Kebutuhan ruang manuver

Manuver kapal saat mendekat, berputar, dan melakukan sandar membutuhkan ruang gerak yang cukup. Ketentuan umum:

Turning basin minimal = $1,5 \times LOA$

Lebar alur pelayaran minimal = $3 \times \text{draft}$

Untuk kapal LOA 180 meter:

Turning	basin	minimum:
$1,5 \times 180 = 270 \text{ meter}$		

Lebar alur minimum

$$3 \times 10 = 30 \text{ meter}$$

Evaluasi ini memastikan bahwa dermaga tidak hanya mampu menampung kapal secara fisik, tetapi juga memungkinkan proses manuver kapal berlangsung tanpa risiko interferensi dengan fasilitas lain.

Kesesuaian terhadap kebutuhan operasional

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa:

Dermaga baru harus memiliki panjang efektif minimal 210 meter agar dapat melayani kapal hingga kapasitas 18.000 ton.

Kedalaman minimum 11,5 meter diperlukan untuk menjamin keamanan operasional kapal pada semua kondisi pasang.

Ruang manuver minimal 270 meter diperlukan untuk mendukung proses turning, terutama pada saat kondisi trafik meningkat.

Spesifikasi ini konsisten dengan proyeksi pertumbuhan jumlah kapal yang sudah dihitung pada subbab sebelumnya.

Dengan demikian, dimensi teknis dermaga baru perlu dirancang berdasarkan karakteristik kapal rencana tersebut agar mampu mengakomodasi peningkatan beban layanan pada periode menengah dan jangka panjang.

Implikasi desain terhadap dermaga baru

Evaluasi teknis ini menegaskan bahwa dermaga baru harus:
Dirancang untuk kapal curah 15.000–18.000 DWT,
Mengadopsi konfigurasi struktur yang mampu menahan beban tambat dan tambat-lepas,
Memiliki akses perairan yang cukup dalam,
Serta memiliki turning basin dan alur pelayaran yang memadai.

Evaluasi Kebutuhan Kapasitas Dermaga Baru

Evaluasi kebutuhan kapasitas dermaga baru dilakukan dengan mengintegrasikan hasil proyeksi jumlah kunjungan kapal yang dihasilkan pada subbab 4.2.1 dengan karakteristik teknis kapal rencana yang telah ditetapkan pada subbab 4.2.2. Pendekatan ini diperlukan untuk memastikan bahwa kapasitas layanan dermaga baru tidak hanya sesuai secara dimensi dan karakteristik fisik, tetapi juga memadai dalam menampung beban operasional yang diproyeksikan dalam beberapa tahun mendatang.

Hasil proyeksi beban operasional menunjukkan peningkatan signifikan pada jumlah kapal yang harus dilayani, khususnya pada periode menengah ketika volume bongkar muat diperkirakan mencapai antara 3 hingga 4 juta ton per tahun. Pada kondisi tersebut, nilai BOR dermaga eksisting memasuki zona mendekati jenuh. Dengan demikian, kapasitas tambahan diperlukan untuk mencegah terjadinya antrean kapal serta menjaga kelancaran aliran distribusi bahan baku dan produk.

Berdasarkan karakteristik kapal rencana, dermaga baru dirancang untuk melayani kapal curah berkapasitas 15.000–18.000 ton. Pemilihan kelas kapal tersebut menghasilkan frekuensi kunjungan yang lebih terkendali, sehingga berdampak positif terhadap stabilitas BOR. Dengan kapasitas kapal yang lebih besar, jumlah kunjungan tahunan dapat ditekan tanpa mengurangi volume barang yang ditangani, sehingga mengurangi tekanan terhadap dermaga baru dalam jangka panjang.

Dalam konteks operasional, dermaga baru harus mampu mempertahankan nilai BOR dalam rentang optimum, yaitu sekitar 50–70 persen. Rentang ini dinilai paling aman untuk menjaga keseimbangan antara efisiensi dan fleksibilitas operasional. Ketika BOR berada di atas nilai tersebut, risiko terjadinya penumpukan kegiatan bongkar muat meningkat dan dapat berdampak pada keterlambatan rantai pasok. Sebaliknya, BOR yang terlalu rendah dapat menunjukkan kapasitas yang tidak termanfaatkan secara optimal. Berdasarkan proyeksi kunjungan kapal dan durasi pelayanan, dermaga baru diperkirakan berada dalam zona operasi optimum sepanjang periode analisis apabila dirancang dengan mempertimbangkan kapasitas kapal rencana dan karakteristik fasilitas yang sesuai.

Evaluasi ini menunjukkan bahwa penambahan dermaga baru tidak hanya menjawab kebutuhan peningkatan kapasitas, tetapi juga memberikan fleksibilitas operasional pada saat terjadi fluktuasi trafik kapal. Ketersediaan dermaga tambahan memungkinkan distribusi beban pelayanan yang lebih seimbang antara dermaga eksisting dan dermaga baru, sehingga meningkatkan keandalan operasional secara keseluruhan.

Dengan demikian, kapasitas dermaga baru dinilai layak untuk memenuhi kebutuhan jangka menengah dan panjang, serta mendukung strategi perusahaan dalam meningkatkan kapasitas produksi dan stabilitas logistik. Temuan ini menjadi dasar untuk tahapan perencanaan teknis selanjutnya, termasuk perumusan konfigurasi fasilitas, kebutuhan peralatan bongkar muat, dan integrasi dengan sistem logistik darat.

Analisis Kelayakan Teknis Dermaga Rencana

Analisis kelayakan teknis dermaga rencana dilakukan untuk memastikan bahwa fasilitas yang akan dibangun dapat berfungsi secara optimal dalam melayani kebutuhan operasional jangka menengah hingga jangka panjang.

Kecukupan panjang dan kedalaman dermaga

Hasil evaluasi karakteristik kapal rencana menunjukkan bahwa dermaga harus mampu melayani kapal curah dengan kapasitas 15.000–18.000 ton. Kapal dengan kelas ini memiliki panjang keseluruhan sekitar 150–180 meter dan draft operasional hingga 10,5 meter. Dengan mempertimbangkan jarak aman antar-kapal dan ruang untuk pemasangan fender, panjang tambatan efektif yang diperlukan berada pada kisaran 210 meter.

Sedangkan kedalaman perairan minimum untuk melayani kapal rencana berada pada kisaran 11,5 meter, termasuk allowance untuk pergerakan dinamis dan perbedaan pasang surut. Dengan dimensi tersebut, dermaga rencana dinilai layak secara fisik untuk melayani kapal dalam rentang kapasitas yang ditetapkan.

Ketersediaan Ruang Manuver Kapal

Kegiatan sandar dan lepas sandar membutuhkan area manuver yang memadai agar operasi berjalan aman dan efisien. Berdasarkan ketentuan maritim, area putar (turning basin) minimal harus mencapai 1,5 kali panjang kapal rencana, sehingga diperlukan ruang manuver sekitar 270 meter. Sementara lebar alur pelayaran diupayakan memenuhi ketentuan minimal tiga kali draft kapal.

Jika kebutuhan ruang tersebut dapat dipenuhi di lokasi rencana pembangunan dermaga, maka pergerakan kapal dapat berlangsung tanpa risiko gangguan operasional maupun interferensi dengan area pelabuhan lain. Evaluasi ini menunjukkan bahwa dermaga rencana memiliki kesesuaian yang cukup dalam aspek navigasi dan manuverabilitas kapal.

Kelayakan dalam Menyerap Beban Operasional

Integrasi dermaga baru ke dalam sistem operasional perusahaan memberikan kontribusi signifikan terhadap stabilitas nilai BOR yang diproyeksikan. Pada skenario menengah, nilai BOR dermaga eksisting mendekati batas jenuh. Dengan adanya dermaga baru, beban pelayanan dapat dibagi sehingga nilai BOR kumulatif dapat kembali berada dalam rentang optimum (50–70%).

Kapabilitas dermaga baru dalam mendukung kapal berkapasitas 15.000–18.000 ton turut membantu menekan jumlah kunjungan tahunan sehingga mengurangi potensi antrean. Dengan demikian, secara teknis dermaga baru dinilai mampu menyerap peningkatan volume bongkar muat tanpa mengganggu ritme operasional perusahaan.

Integrasi dengan Sistem Logistik Darat

Salah satu aspek penting dalam analisis kelayakan teknis adalah integrasi antara dermaga baru dan sistem logistik darat. Dermaga yang tidak didukung oleh fasilitas darat yang memadai akan menciptakan bottleneck baru meskipun fasilitas maritim telah ditingkatkan.

Integrasi teknis mencakup: kelayakan jalur pergerakan material menuju fasilitas penyimpanan, kecukupan area penumpukan sementara, kebutuhan penyesuaian conveyor atau sistem transportasi internal, efektivitas alur pergerakan armada pendukung, serta konektivitas dermaga dengan fasilitas produksi.

Selama kebutuhan tersebut dapat dipenuhi, maka dermaga baru dapat berfungsi sebagai simpul logistik yang benar-benar efisien dan terintegrasi.

Kelaikan untuk Pengembangan Jangka Panjang

Kelayakan teknis dermaga rencana juga dilihat dari potensi pengembangan di masa depan. Dermaga yang dibangun dengan mempertimbangkan ruang ekspansi akan lebih adaptif terhadap perubahan rencana produksi, peningkatan armada, atau pemutakhiran teknologi bongkar muat.

Berdasarkan analisis lokasi dan proyeksi kebutuhan, dermaga baru memiliki fleksibilitas untuk mendukung pengembangan berikutnya baik dari sisi peningkatan kapasitas peralatan maupun penyesuaian desain struktur tanpa memerlukan perubahan besar pada infrastruktur utama.

Secara keseluruhan, berdasarkan evaluasi dimensi fisik, ruang manuver, beban operasional, dan integrasi logistik, dermaga rencana dinilai layak secara teknis untuk diimplementasikan. Fasilitas ini mampu mengakomodasi peningkatan volume bongkar muat, memberikan penurunan tekanan pada dermaga eksisting, serta mendukung stabilitas operasional perusahaan dalam jangka panjang.

Analisis Kebutuhan Fasilitas Pendukung

Analisis kebutuhan fasilitas pendukung dilakukan untuk memastikan bahwa dermaga rencana tidak hanya layak dari sisi struktur dan kemampuan melayani kapal, tetapi juga didukung oleh sarana operasional yang memadai agar kegiatan bongkar muat dapat berlangsung secara aman, efektif, dan berkesinambungan. Ketersediaan fasilitas pendukung merupakan bagian integral dari sistem pelayanan pelabuhan industri karena keberhasilan operasi dermaga sangat dipengaruhi oleh keselarasan antara fasilitas utama dan komponen penunjangnya.

Fasilitas Bongkar Muat

Fasilitas bongkar muat merupakan komponen utama yang menentukan durasi pelayanan kapal dan secara langsung memengaruhi nilai BOR. Berdasarkan karakteristik kapal curah 15.000–18.000 ton

dan jenis material yang ditangani, fasilitas pendukung yang diperlukan antara lain: grab crane atau unloader dengan kapasitas efektif sesuai standar operasional perusahaan, hopper dan conveyor yang mampu memindahkan material secara kontinu menuju fasilitas penanganan darat, sistem pencegah tumpahan (spillage control) untuk menjaga kualitas lingkungan dan keselamatan pekerja, serta ruang kerja yang memadai untuk mendukung kegiatan pemindahan material secara efisien. Kapasitas peralatan bongkar muat harus mampu menjaga durasi pelayanan kapal tetap berada dalam kisaran 22–25 jam per kapal sebagaimana asumsi proyeksi operasional pada subbab sebelumnya.

Fasilitas Keselamatan dan Navigasi

Untuk mendukung operasi kapal secara aman, dermaga rencana membutuhkan fasilitas keselamatan dan navigasi yang memadai, meliputi: sistem penerangan dermaga untuk operasi 24 jam, fender system yang sesuai dengan gaya tambat kapal curah berkapasitas 15.000–18.000 ton, bollard dengan kapasitas tarik yang kompatibel dengan gaya mooring kapal rencana, jalur evakuasi dan titik kumpul darurat, serta perlengkapan pemadaman kebakaran (fire-fighting system).

Fasilitas ini memastikan bahwa kegiatan bongkar muat dapat berlangsung secara aman dan sesuai standar operasional pelabuhan industri.

Fasilitas Penunjang Operasional

Fasilitas penunjang operasional diperlukan untuk mendukung kelancaran kegiatan dermaga secara keseluruhan. Kebutuhan fasilitas tersebut antara lain: ruang kontrol dan monitoring untuk mengawasi aliran material dan pergerakan kapal, area kerja operator termasuk shelter dan utilitas dasar, akses jalan yang mampu mendukung mobilisasi alat berat dan kendaraan operasional, sistem drainase yang memadai guna menghindari genangan pada area kerja, serta fasilitas komunikasi internal untuk koordinasi antar unit operasional.

Ketersediaan fasilitas penunjang ini membantu meningkatkan efisiensi operasi dan mengurangi potensi gangguan operasional.

Integrasi dengan Sistem Logistik Darat

Salah satu pertimbangan penting dalam analisis ini adalah kelancaran integrasi dermaga baru dengan sistem logistik darat perusahaan. Tanpa integrasi yang baik, peningkatan kapasitas pada sisi dermaga justru dapat menimbulkan bottleneck baru di sisi darat.

Fasilitas yang harus disesuaikan meliputi:

jalur pengangkutan material menuju storage atau unit produksi, kapasitas area penumpukan sementara (temporary stockyard), keandalan sistem conveyor dalam memindahkan material dari dermaga ke fasilitas penyimpanan, dan kesesuaian alur pergerakan kendaraan operasional dalam area pelabuhan.

Dermaga baru harus terhubung secara langsung dengan sistem logistik darat yang sudah ada agar waktu bongkar muat tetap stabil dan tidak terjadi penundaan akibat keterbatasan fasilitas penanganan material.

Kesiapan Operasional Jangka Panjang

Fasilitas pendukung dermaga harus dirancang tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan saat ini, tetapi juga untuk mengantisipasi peningkatan aktivitas di masa mendatang. Hal ini mencakup kemungkinan peningkatan kapasitas peralatan bongkar muat, ekspansi area penumpukan, atau penyesuaian jalur logistik darat jika terjadi peningkatan signifikan pada volume bongkar muat.

Kemampuan fasilitas pendukung untuk beradaptasi terhadap pertumbuhan operasional merupakan indikator penting dalam penilaian kelayakan teknis dermaga rencana secara keseluruhan.

Berdasarkan analisis kebutuhan fasilitas pendukung, dermaga rencana dinilai dapat beroperasi secara efektif apabila dilengkapi dengan peralatan bongkar muat yang memadai, sistem keselamatan dan navigasi yang sesuai standar, fasilitas operasional pendukung yang terintegrasi, serta konektivitas yang baik dengan sistem logistik darat. Ketersediaan fasilitas tersebut memastikan bahwa dermaga tidak hanya layak secara struktural, tetapi juga siap berfungsi sebagai simpul logistik yang efisien dan andal bagi perusahaan.

Analisis Kelayakan Finansial Dermaga Rencana

Analisis finansial bertujuan menilai apakah pembangunan dermaga rencana memberikan manfaat ekonomi yang sebanding dengan biaya investasi dan biaya operasional yang diperlukan selama umur layanan fasilitas. Angka-angka yang digunakan dalam kajian ini disusun berdasarkan pendekatan biaya konstruksi dermaga industri skala menengah serta praktik operasional pelabuhan curah, sehingga memberikan dasar estimasi yang wajar dan dapat dipertanggungjawabkan tanpa merujuk pada dokumen internal tertentu.

Dasar Penyusunan Angka Estimasi

Untuk menghindari ambiguitas, seluruh nilai yang digunakan dalam perhitungan finansial dirangkum pada tabel berikut.

Tabel 7. Dasar Estimasi Biaya dan Manfaat Finansial Dermaga Rencana

Komponen	Nilai Estimasi	Dasar Pertimbangan Teknis
Biaya Investasi Awal (CapEx)	Rp 858,73 miliar	Estimasi biaya dermaga industri laut skala menengah–besar yang mencakup struktur tambat, dolphin, fender, utilitas, dan pekerjaan laut; sejalan dengan kisaran biaya proyek dermaga industri pada studi UNCTAD dan PIANC
Biaya Operasi & Pemeliharaan (OpEx)	Rp 60 miliar/tahun	Eskalasi O&M sebesar $\pm 6\text{--}7\%$ dari CapEx sesuai karakteristik struktur laut yang mengalami korosi dan penuaan; PIANC (2014) dan Park (2016) menunjukkan biaya O&M dermaga meningkat lebih cepat dari inflasi
Manfaat Finansial Awal	Rp 160 miliar/tahun	Nilai agregat manfaat ekonomi tidak langsung (avoided cost) akibat pengurangan waktu tunggu kapal, peningkatan keandalan logistik, dan stabilitas suplai bahan baku; Talley (2009)
Pertumbuhan Manfaat Tahunan	3% per tahun	Pertumbuhan manfaat infrastruktur pendukung umumnya berada pada kisaran 1–3% per tahun dan cepat mencapai kejenuhan; Boardman et al. (2018), OECD (2018)
Eskalasi Biaya Operasional	6% per tahun	Eskalasi biaya O&M infrastruktur laut akibat aging structure dan intensitas pemeliharaan; PIANC (2014), Dragović et al. (2017)
Net Cash Flow Awal	Rp 100 miliar/tahun	Selisih manfaat dan biaya pada tahun awal operasi, mencerminkan kondisi operasional sebelum efek penuaan struktur dominan
Horizon Analisis	20 tahun	Umur ekonomis dermaga laut menurut praktik analisis siklus hidup infrastruktur pelabuhan; UNCTAD (1985)
Tingkat Diskonto	8%	Tingkat diskonto konservatif untuk proyek infrastruktur jangka panjang dengan risiko moderat; Boardman et al. (2018)

Sumber: Disusun peneliti berdasarkan studi literatur (PIANC, UNCTAD, Boardman et al.) dan estimasi teknis

Angka-angka ini kemudian digunakan dalam analisis keekonomian berikut.

Estimasi Biaya Investasi dan Operasional

Biaya Investasi (Capex)

Biaya investasi dihitung berdasarkan kebutuhan pembangunan struktur dermaga, fender, bollard, utilitas dasar, akses darat, serta cadangan biaya pelaksanaan.

$$\text{Capex} = \text{Rp } 858,73 \text{ miliar}$$

Biaya Operasional dan Pemeliharaan (Opex)

Mengacu pada standar industri dan kebutuhan operasional dermaga laut, biaya operasional awal ditetapkan sebesar:

$$\text{Opex} = \text{Rp } 60 \text{ miliar per tahun}$$

Estimasi Manfaat Finansial

Manfaat finansial utama berasal dari:

Penurunan Biaya Tunggu Kapal (Demurrage)

Dengan tambahan dermaga, waktu tunggu kapal berkurang ± 8 jam/kapal.

$$\text{Penghematan} = 210 \times 8 \text{ jam} \times 583.000 = \text{Rp } 14,7 \text{ miliar/tahun}$$

Efisiensi Logistik Non-Demurrage

Meliputi:

berkurangnya risiko keterlambatan pasokan,
peningkatan stabilitas rantai pasok,
penurunan *idle time* fasilitas produksi.

Hasil Evaluasi Finansial

Tabel 8. Hasil Perhitungan NPV, PI, dan IRR Dermaga Rencana

PARAMETER	HASIL (RUMUS)	KRITERIA	STATUS
PV Benefit	IDR 1.960.006.631.134	-	-
PV Cost	IDR 1.794.474.500.604	-	-
NPV	IDR 165.532.130.530	NPV > 0	Layak
IRR	10,48%	IRR > Discount rate 8%	Layak
PI	1,09	PI > 1	Layak
Payback Period	8,3	Semakin kecil semakin baik	
PARAMETER	HASIL (RUMUS)	KRITERIA	STATUS

Sumber: Hasil perhitungan finansial peneliti berdasarkan arus kas proyeksi

NPV positif menunjukkan manfaat lebih besar daripada biaya.

PI > 1 menandakan setiap Rp 1 biaya menghasilkan Rp 1,09 manfaat.

IRR lebih tinggi dari diskonto, sehingga secara finansial dermaga memenuhi syarat kelayakan investasi.

Pembahasan Kelayakan Finansial

Kelayakan finansial pembangunan dermaga rencana dievaluasi menggunakan indikator Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Profitability Index (PI), dan Payback Period (PP). Analisis dilakukan berdasarkan arus kas proyek dengan horizon 20 tahun dan tingkat diskonto sebesar 8 persen.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai NPV sebesar Rp 165,53 miliar, yang bernilai positif. Hal ini mengindikasikan bahwa secara finansial proyek mampu menghasilkan nilai tambah bersih setelah memperhitungkan seluruh biaya investasi dan operasional dalam nilai kini. Dengan demikian, proyek dinilai layak dari sudut pandang NPV.

Nilai IRR sebesar 10,48 persen lebih besar dibandingkan tingkat diskonto yang digunakan, yaitu 8 persen. Kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat pengembalian internal proyek berada di atas tingkat pengembalian minimum yang disyaratkan, sehingga proyek dinilai layak secara finansial berdasarkan kriteria IRR. Selisih antara IRR dan tingkat diskonto juga menunjukkan adanya margin kelayakan yang cukup untuk menyerap risiko moderat dalam pelaksanaan proyek.

Selanjutnya, nilai PI sebesar 1,09, yang lebih besar dari satu, mengindikasikan bahwa nilai kini manfaat yang dihasilkan proyek lebih besar dibandingkan nilai kini biaya yang dikeluarkan. Hasil ini memperkuat kesimpulan bahwa proyek layak secara finansial, meskipun tingkat keuntungannya tidak bersifat berlebihan dan cenderung moderat.

Dari sisi pengembalian investasi, Payback Period diperoleh sebesar 8,3 tahun, yang masih berada di bawah umur ekonomis dermaga yang direncanakan selama 20 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa modal investasi dapat kembali dalam waktu yang relatif wajar untuk proyek infrastruktur pelabuhan, meskipun indikator ini tidak mempertimbangkan nilai waktu uang dan hanya digunakan sebagai pelengkap analisis.

Secara keseluruhan, keempat indikator kelayakan finansial menunjukkan hasil yang konsisten, di mana proyek pembangunan dermaga rencana dinyatakan layak secara finansial. Namun demikian, nilai NPV yang tidak terlalu besar dan margin IRR yang relatif moderat mengindikasikan bahwa

kelayakan proyek bersifat sensitif terhadap perubahan asumsi biaya operasional dan manfaat. Oleh karena itu, keberhasilan proyek sangat bergantung pada pengendalian biaya operasional serta tercapainya manfaat efisiensi operasional sebagaimana diasumsikan dalam analisis.

Analisis Sensitivitas Finansial

Analisis sensitivitas dilakukan untuk menilai ketahanan kelayakan finansial proyek dermaga terhadap perubahan parameter kunci yang secara teknis paling berpengaruh terhadap kinerja sistem, yaitu manfaat operasional, biaya operasional dan pemeliharaan (OPEX), serta tingkat diskonto. Parameter tersebut dipilih karena merepresentasikan keterkaitan langsung antara performa teknis dermaga dan hasil finansial proyek.

Berdasarkan skenario dasar (base case), proyek menunjukkan kelayakan finansial dengan nilai NPV positif, $PI > 1$, dan IRR sebesar 10,48%. Selanjutnya dilakukan pengujian sensitivitas untuk melihat perubahan kinerja finansial akibat variasi asumsi utama, sebagaimana disajikan pada Tabel 8

Tabel 9. Analisis Sensitivitas terhadap NPV, PI, dan IRR

SKENARIO	PERUBAHAN PARAMETER (MAKNA TEKNIS)	NPV (RP MILIAR)	PI	IRR
Dasar (Base Case)	Asumsi desain dan operasi rencana	165,5	1,09	10,48%
Manfaat -10%	Penurunan efisiensi operasional, pengurangan waktu tunggu kapal tidak optimal	49,3	1,02	8,90%
Manfaat -20%	Produktivitas dermaga rendah, antrean kapal masih sering terjadi	-66,8	0,95	7,30%
OPEX +10%	Peningkatan kebutuhan pemeliharaan dan biaya operasional	78,6	1,04	9,40%
OPEX +20%	Beban pemeliharaan tinggi akibat korosi dan intensitas operasi	-18,9	0,99	8,10%
Discount rate 10%	Kenaikan biaya modal dan risiko proyek	32,7	1,02	10,48%
Discount rate 12%	Kondisi ekonomi makro berisiko tinggi	-92,4	0,94	10,48%

Sumber: Hasil simulasi sensitivitas peneliti berdasarkan variasi parameter kunci

Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa kelayakan finansial proyek paling sensitif terhadap pencapaian manfaat operasional. Penurunan manfaat akibat kinerja teknis yang tidak optimal secara langsung menurunkan nilai NPV dan IRR, bahkan dapat menyebabkan proyek berada pada kondisi tidak layak. Hal ini menegaskan bahwa keberhasilan proyek sangat bergantung pada kemampuan dermaga dalam menurunkan waktu tunggu kapal dan meningkatkan produktivitas bongkar muat sesuai dengan perencanaan.

Selain itu, peningkatan biaya operasional juga memberikan dampak signifikan terhadap kinerja finansial proyek. Kenaikan OPEX yang dipicu oleh penuaan struktur, korosi lingkungan laut, dan kebutuhan pemeliharaan intensif mempersempit margin kelayakan finansial. Sementara itu, variasi tingkat diskonto memengaruhi nilai NPV secara langsung, meskipun tidak mengubah nilai IRR karena IRR merupakan karakteristik internal dari arus kas proyek.

Secara keseluruhan, analisis sensitivitas menegaskan bahwa proyek dermaga rencana layak secara finansial pada kondisi dasar, namun berada pada kondisi sensitif secara teknis dan operasional. Oleh karena itu, pengendalian kinerja operasional dermaga dan biaya pemeliharaan menjadi faktor kunci untuk menjaga keberlanjutan kelayakan finansial proyek dalam jangka panjang.

CONCLUSION

Berdasarkan hasil analisis teknis dan finansial yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa peningkatan arus bongkar muat pada periode menengah menyebabkan tingkat pemanfaatan dermaga eksisting mendekati kondisi jenuh, yang ditunjukkan oleh nilai Berth Occupancy Ratio (BOR) yang tinggi. Kondisi ini berpotensi menimbulkan antrean kapal dan menurunkan keandalan operasional dermaga apabila tidak dilakukan penambahan kapasitas.

Hasil analisis kelayakan finansial menunjukkan bahwa proyek pembangunan dermaga rencana layak secara finansial pada kondisi dasar, dengan nilai Net Present Value (NPV) positif, Internal Rate of Return (IRR) sebesar 10,48 persen yang lebih besar dari tingkat diskonto 8 persen, serta Profitability Index (PI) lebih besar dari satu. Payback Period sebesar 8,3 tahun juga masih berada di bawah umur ekonomis dermaga, sehingga investasi dinilai dapat kembali dalam jangka waktu yang wajar untuk proyek infrastruktur pelabuhan.

Namun demikian, hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa kelayakan finansial proyek bersifat sensitif terhadap perubahan manfaat operasional dan biaya operasional. Penurunan manfaat akibat kinerja operasional yang tidak optimal atau peningkatan biaya pemeliharaan yang signifikan dapat mendorong proyek menuju kondisi kelayakan marginal bahkan tidak layak. Hal ini menegaskan bahwa keberhasilan proyek sangat bergantung pada pencapaian efisiensi operasional dan pengendalian biaya pemeliharaan dermaga.

REFERENCES

- Bichou, K., & Gray, R. (2004). A logistics and supply chain management approach to port performance measurement. *Maritime Policy & Management*, 31(1), 47–67.
- Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2020). Efficiency without apology: consideration of the marginal excess tax burden and distributional impacts in benefit–cost analysis. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 11(3), 457–478.
- Canton, H. (2021). Organisation for economic co-operation and development—OECD. In *The Europa Directory of international organizations 2021* (pp. 677–687). Routledge.
- Chriswahyudi, C., & Darma, S. A. (2021). Analisa Kelayakan Investasi Alat Pengolahan Kerak Tembaga Di Pt. Tembaga Mulia Semanan. *Penelitian Dan Aplikasi Sistem Dan Teknik Industri*, 15(1), 46–58.
- Dragović, A., Zrnčić, N., Dragović, B., & Dulebenets, M. A. (2025). Exploring the role of influential scholars in maritime and port logistics systems. *European Journal of Industrial Engineering*, 20(2), 216–250.
- Faridah Febriyanti, P. (2024). *Analisis Kelayakan Finansial Pembangunan Conveyor Pada PT ABC*. Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Gonzalez, M., & Quesada, G. (2024). Port productivity: benchmarking analysis of strategic ports. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 73(2), 456–475.
- Gujarati, D. N. (2006). *Dasar-dasar Ekonometrika, Jilid 1*. Erlangga.
- Gurning, R. O. S., & Fikri, F. (2017). The Assessment of Berth Occupancy Ratio (BOR) to Achieve Required Standardised Level and Optimum Throughput: A Case of Oil and Gas Terminal in Kalimantan. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 2.
- Herison, A., Kustiani, I., & Siregar, A. M. (2019). Investment Analysis of New Port Development Project As a Solution to Overload Problems in Long Ports. *Spatial: Wahana Komunikasi Dan Informasi Geografi*, 19(02), 60–70.
- Kurniawan, A., Widodo, S., & Azwansyah, H. (n.d.). *Analisis Kinerja Operasional Bongkar Muat Peti Kemas Pada Pelabuhan Dwikora Pontianak*.
- Ligteringen, H. (2022). *Ports and terminals*. TU Delft OPEN Publishing.
- Mahapatni, I. A. P. S., Wijaya, I. M. H., & Widiana, M. B. (2023). Analisis Kelayakan Finansial Pembangunan Dermaga Kusamba di Desa Pesinggahan Kabupaten Klungkung. *Widya Teknik*, 19(1), 16–22.
- Martinez-Maruri, M., Bruin, W., Cajiao, J., Coviello, C., Eskijian, M., Iversen, R., Iwashita, R., Percher, M., & Cooper, A. (2025). Rational Approach to Performance-Based Design for Berthing Loads on Marine Structures. In *Ports 2025* (pp. 751–764).
- Notteboom, T., Pallis, A., & Rodrigue, J.-P. (2022). *Port economics, management and policy*. Routledge.
- Nurhayati, N., & Restiani, A. D. (2019). Peranan Net Present Value (NPV) Dan Internal Rate Of Return

- (IRR) Dalam Keputusan Investasi Mesin: Present Value (NPV) And Internal Rate Of Return (IRR) Methode In Machines Investment Decisions. *Jurnal Investasi*, 5(1), 12–23.
- Ross, S. A. (2019). *Fundamentals of corporate finance*.
- SULIYANTO, S. (2017). *Metode penelitian bisnis*.
- Syarifudin, A., Hidayat, M. N. R., Mulyati, E., & Rosyad, F. (2024). Optimization Of Pontoon 35 Ilir Pier Facilities At The Palembang City Transportation Office. *Ensiklopedia of Journal*, 6(3), 31–45.
- Tongzon, J. L. (1995). Determinants of port performance and efficiency. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 29(3), 245–252.
- Tongzon, J. L., & Ganesalingam, S. (1994). An evaluation of ASEAN port performance and efficiency. *Asian Economic Journal*, 8(3), 317–330.
- Triatmodjo, B. (2010). *Perencanaan pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Vasigh, B., & Gorjidoz, J. (2016). *Engineering economics for aviation and aerospace*. Routledge.