

Analisis Kelayakan Investasi Proyek EPC Pengembangan *Coal Handling Facility (CHF) Rail Loop* Serta *Train Loading System (TLS)* 6 Dan 7

Aditya Wiyanto^{1*}, Budi Santosa²

^{1,2} Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

* E-mail: 6032212142@student.its.ac.id

Information Article

History Article

Submission: 21-06-2026

Revision: 19-07-2026

Published: 25-07-2026

DOI Article:

10.62421/jibema.v4i1.592

ABSTRAK

Penelitian ini melakukan analisis risiko menggunakan dua pendekatan, yaitu kerangka deterministik berbasis skenario (optimistis, moderat, dan pesimistis) serta pendekatan simulasi Monte Carlo probabilistik untuk mengkuantifikasi distribusi nilai NPV dan IRR yang mungkin, dengan mensimulasikan variasi simultan faktor masukan. Arus kas dibangun berbasis manfaat incremental proyek (net incremental benefit) setelah pajak, bukan total revenue/OPEX korporat, dengan komponen CAPEX, OPEX, pajak, dan terminal value dinyatakan secara eksplisit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proyek ini layak secara teknis dan finansial pada kondisi dasar, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai NPV yang positif, IRR lebih besar daripada WACC, dan BCR lebih dari 1. Simulasi Monte Carlo dijalankan sebanyak 10.000 iterasi dan menunjukkan bahwa proyek ini berisiko, tetapi tidak berlebihan, dengan probabilitas pemenuhan kriteria kelayakan berada pada kisaran 58%-64% serta sebaran nilai NPV, IRR, BCR, dan PP yang cukup lebar. Oleh karena itu, strategi manajemen risiko yang kuat dan operasional harus diterapkan untuk menjaga investasi tetap stabil dan memungkinkan proyek untuk berkembang secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Kelayakan investasi, NPV, IRR, analisis sensitivitas, Monte Carlo

ABSTRACT

This study conducted a risk analysis using two approaches: a scenario-based deterministic framework (optimistic, moderate, and pessimistic) and a probabilistic Monte Carlo simulation approach to quantify the distribution of possible NPV and IRR values by simulating simultaneous variations in input factors. Cash flows were constructed based on the project's net incremental benefit after tax, rather than total corporate revenue/OPEX, with CAPEX, OPEX, tax, and terminal value components explicitly stated. The results indicate that the project is technically and financially feasible under baseline conditions, as indicated by a positive NPV value, an IRR greater than the WACC, and a BCR greater than 1. Monte Carlo simulations were run for 10,000 iterations and indicated that the project is risky, but not excessive, with a probability of meeting the feasibility criteria in the range of 58%-64% and a fairly wide spread of NPV, IRR, BCR, and PP values. Therefore, a robust and operational risk management strategy must be implemented to maintain investment stability and enable the project to develop sustainably.

Acknowledgment

Key word: *Investment feasibility, Internal Rate of Return (IRR), Monte Carlo simulation, Net Present Value (NPV), Sensitivity analysis*

©2026 Published by JIBEMA. Selection and/or peer-review under responsibility of JIBEMA

PENDAHULUAN

Pengembangan infrastruktur logistik batu bara menjadi salah satu faktor kritis untuk mendukung keandalan rantai pasok energi sekaligus kesinambungan pendapatan perusahaan batubara. *Coal Handling Facility* (CHF), *Rail Loop*, serta *Train Loading System* (TLS) merupakan titik-titik kunci yang menghubungkan aktivitas penambangan batu bara, penimbunan, pemuatan, dan transportasi kereta api dalam lingkungan PT Bukit Asam Tbk. Kapasitas transportasi logistik sering menjadi hambatan yang menyebabkan pengiriman datang terlambat dan berujung pada peningkatan biaya operasional serta hilangnya peluang pendapatan bagi perusahaan (Bottero et al., 2020; Hasyim et al., 2023).

Pengembangan *Coal Handling Facility* (CHF) dan *Train Loading System* (TLS) 6–7 pada jalur Tanjung Enim–Keramasan dirancang untuk meningkatkan kapasitas serta keandalan sistem transportasi batu bara. Fasilitas tersebut terdiri atas dua unit *Train Loading System* dengan kapasitas muat masing-masing sekitar 3.000 ton per jam dan memiliki kemampuan mendukung peningkatan kapasitas angkut hingga sekitar 20 juta ton per tahun. Kondisi ini menunjukkan bahwa proyek tersebut bukan sekadar pembangunan fasilitas baru, melainkan merupakan investasi strategis yang berperan penting dalam meningkatkan efisiensi distribusi, menjaga stabilitas operasional, serta mendukung penciptaan nilai bagi perusahaan.

Proyek *Engineering, Procurement, and Construction* (EPC) untuk pengembangan CHF *Rail Loop* serta TLS 6 dan 7 merupakan proyek infrastruktur yang bersifat padat modal dengan umur ekonomis yang panjang. Pelaksanaannya memerlukan investasi besar, koordinasi lintas disiplin, serta menghadapi berbagai ketidakpastian, seperti perubahan pendapatan perusahaan, biaya energi, biaya pemeliharaan, fluktuasi nilai tukar, kenaikan harga material, hingga potensi keterlambatan penyelesaian proyek. Oleh karena itu, pengambilan keputusan investasi tidak dapat hanya didasarkan pada aspek teknis maupun jadwal pelaksanaan, tetapi perlu didukung oleh analisis finansial yang mampu mengevaluasi pengaruh perubahan variabel utama sekaligus mempertimbangkan tingkat risiko yang mungkin terjadi. Pendekatan tersebut menjadi penting karena investasi infrastruktur memiliki arus kas jangka panjang yang mengandung ketidakpastian sehingga memerlukan evaluasi yang lebih komprehensif dibandingkan hanya menggunakan satu skenario perhitungan (Hendriyan, 2025; Huang, 2022; Miner, 2024).

Sebagai dasar penilaian investasi, diperlukan ukuran kuantitatif yang mampu membandingkan manfaat dan biaya selama umur proyek. Oleh karena itu, analisis finansial dijadikan sebagai baseline dengan menggunakan empat indikator utama, yaitu Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Benefit Cost Ratio (BCR), dan Payback Period (PP). Keempat indikator tersebut digunakan secara bersamaan karena masing-masing memberikan informasi yang saling melengkapi. NPV menunjukkan besarnya nilai tambah yang dihasilkan proyek, IRR menggambarkan tingkat pengembalian investasi, BCR mengukur efisiensi manfaat terhadap biaya, sedangkan PP menunjukkan kecepatan pengembalian modal. Penggunaan seluruh indikator secara simultan menghasilkan penilaian investasi yang lebih menyeluruh dibandingkan jika hanya mengandalkan satu indikator. Meskipun demikian, hasil analisis baseline masih bersifat deterministik karena didasarkan pada seperangkat asumsi tertentu, sehingga perlu diuji lebih lanjut melalui analisis sensitivitas dan analisis risiko (Ildarabadi & Alamatian, 2021; Karnavas et al., 2024).

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perubahan pada variabel-variabel utama dapat memengaruhi hasil kelayakan investasi. Pada proyek logistik batu bara, perubahan kecil pada CAPEX, OPEX, revenue, maupun discount rate (WACC) dapat mengubah status kelayakan proyek. Selain itu, keterlambatan penyelesaian proyek juga berpotensi memengaruhi manfaat ekonomi yang diharapkan. Melalui analisis sensitivitas, variabel yang paling berpengaruh terhadap kelayakan investasi dapat diidentifikasi sehingga manajemen dapat memfokuskan upaya pengendalian pada faktor-faktor yang memiliki dampak terbesar terhadap keberhasilan proyek. Hasil analisis ini umumnya disajikan dalam bentuk diagram tornado, switching value, maupun skenario optimistis, moderat, dan pesimistis (Noerman et al., 2024).

Selanjutnya, simulasi Monte Carlo digunakan untuk menganalisis ketidakpastian yang muncul akibat perubahan beberapa variabel secara bersamaan. Berbeda dengan analisis baseline yang menghasilkan satu nilai tunggal, metode ini menghasilkan distribusi probabilitas sehingga mampu menunjukkan peluang proyek memenuhi kriteria kelayakan pada berbagai kondisi yang mungkin terjadi. Dengan demikian, simulasi Monte Carlo tidak menggantikan analisis baseline, melainkan melengkapinya melalui pendekatan probabilistik sehingga keputusan investasi dapat dibuat berdasarkan tingkat risiko yang lebih realistis.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode studi kasus yang berfokus pada analisis kelayakan investasi proyek Engineering, Procurement, and Construction (EPC) pengembangan *Coal Handling Facility (CHF) Rail Loop* serta *Train Loading System (TLS)* 6 dan 7 di PT Bukit Asam. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian bertujuan mengukur kelayakan

investasi berdasarkan indikator finansial yang bersifat numerik, sedangkan metode studi kasus digunakan untuk memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai karakteristik proyek yang diteliti sehingga hasil analisis dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan investasi. Penelitian ini bersifat eksplanatori dan terapan karena tidak hanya menjelaskan hubungan antara variabel finansial dengan indikator kelayakan investasi, tetapi juga menghasilkan rekomendasi praktis bagi perusahaan dalam mengelola investasi dan risiko proyek (Koller et al., 2020; Senova et al., 2023).

Data yang digunakan seluruhnya merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai dokumen perusahaan, antara lain Rencana Anggaran Biaya (RAB), Bill of Quantity (BOQ), kontrak EPC, laporan keuangan, data historis operasional, data pendapatan perusahaan, dokumen perencanaan proyek, serta berbagai literatur ilmiah dan publikasi yang relevan. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah indikator kelayakan investasi yang terdiri atas Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Benefit Cost Ratio (BCR), dan Payback Period (PP). Sementara itu, variabel independen meliputi Capital Expenditure (CAPEX), Operational Expenditure (OPEX), revenue perusahaan, Weighted Average Cost of Capital (WACC), nilai tukar, inflasi, pajak, eskalasi biaya, serta risiko keterlambatan proyek yang berpotensi memengaruhi arus kas investasi.

Analisis data dilakukan secara bertahap. Tahap pertama adalah penyusunan model arus kas menggunakan pendekatan Discounted Cash Flow (DCF) untuk menghitung nilai NPV, IRR, BCR, dan PP sebagai dasar penilaian kelayakan investasi (baseline). Selanjutnya dilakukan analisis sensitivitas dengan mengubah variabel-variabel utama, yaitu CAPEX, OPEX, revenue, dan WACC pada rentang perubahan tertentu untuk mengidentifikasi faktor yang paling berpengaruh terhadap perubahan nilai kelayakan investasi. Hasil analisis sensitivitas kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan variabel yang dimasukkan ke dalam simulasi Monte Carlo (Brealey et al., 2020; Damodaran, 2025; Ross et al., 2019).

Tahap akhir penelitian menggunakan simulasi Monte Carlo untuk mengukur probabilitas kelayakan investasi berdasarkan perubahan variabel-variabel yang bersifat tidak pasti. Simulasi dilakukan dengan menetapkan distribusi probabilitas pada setiap variabel utama berdasarkan data historis, dokumen proyek, dan asumsi yang relevan, kemudian dijalankan melalui ribuan iterasi sehingga diperoleh distribusi probabilitas nilai NPV, IRR, BCR, dan PP. Hasil simulasi digunakan untuk mengetahui peluang proyek memenuhi kriteria kelayakan investasi serta mengidentifikasi tingkat risiko yang mungkin terjadi. Seluruh proses pengolahan dan analisis data dilakukan menggunakan Microsoft Excel dan Oracle Crystal Ball sehingga menghasilkan model analisis yang sistematis, transparan, serta dapat direplikasi untuk mendukung pengambilan keputusan investasi dan penyusunan strategi mitigasi risiko proyek.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Gambaran Umum Data dan Model Analisis

Penelitian menggunakan data sekunder yang diolah dalam model kelayakan investasi proyek EPC pengembangan *Coal Handling Facility (CHF) Rail Loop* serta *Train Loading System (TLS)* 6 dan 7 menggunakan Microsoft Excel. Analisis dilakukan secara bertahap, dimulai dari baseline, dilanjutkan dengan analisis sensitivitas, dan diakhiri dengan simulasi Monte Carlo (Crystal Ball) untuk mengevaluasi risiko investasi. Seluruh nilai keuangan disajikan dalam Rp juta agar lebih ringkas dan konsisten.

Model menggunakan parameter utama berupa CAPEX Rp4.510.485,92 juta, revenue tahun pertama Rp42.651.724 juta, OPEX Rp39.692.488 juta, WACC 10%, tarif pajak 22%, dan batas Payback Period (PP) 10 tahun. Sebagian besar data berasal dari laporan publik PT Bukit Asam (PTBA), sedangkan WACC ditetapkan sebagai asumsi metodologis yang kemudian diuji melalui analisis sensitivitas.

Struktur CAPEX terdiri atas biaya *engineering, procurement, construction, commissioning, contingency*, dan *Interest During Construction (IDC)*, dengan porsi terbesar berada pada procurement ($\pm 55\text{--}60\%$) karena tingginya nilai peralatan utama proyek. Dalam model, seluruh CAPEX disederhanakan sebagai investasi lump sum pada tahun ke-0.

Sementara itu, OPEX disusun dari komponen energi, tenaga kerja, pemeliharaan, spare part, dan overhead operasi. Biaya energi dan pemeliharaan menjadi komponen dominan karena karakteristik fasilitas yang beroperasi secara kontinu. OPEX diasumsikan meningkat 3,5% per tahun untuk mencerminkan eskalasi biaya energi, tenaga kerja, dan suku cadang.

Hasil Analisis Finansial Baseline

Analisis baseline dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan proyek berdasarkan asumsi dasar model menggunakan empat indikator utama, yaitu Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Benefit Cost Ratio (BCR), dan Payback Period (PP). Proyek dinyatakan layak apabila NPV bernilai positif, IRR lebih besar dari WACC, BCR lebih dari 1, serta Payback Period berada di bawah batas penerimaan manajemen (Berk & DeMarzo, 2020; Iqbal & Purwanto, 2022; Rani et al., 2022).

Tabel 1. Hasil kelayakan finansial baseline

Indikator	Kriteria	Hasil	Satuan	Status
NPV	> 0	11.179.209,20	Rp juta	Layak
IRR	> WACC	60,95%	%	Layak
BCR	> 1	1,0365	rasio	Layak
Payback Period	< 10 tahun	2 tahun	tahun	Layak

Sumber: data diolah (2026)

Hasil analisis baseline menunjukkan bahwa proyek layak secara finansial. Hal ini ditunjukkan oleh NPV sebesar Rp11.179.209,20 juta yang bernilai positif, sehingga proyek mampu menghasilkan nilai tambah. IRR sebesar 60,95% jauh melebihi WACC 10%, menandakan tingkat pengembalian investasi lebih tinggi dari tingkat pengembalian minimum yang disyaratkan. Selain itu, BCR sebesar 1,0365 (>1) menunjukkan bahwa manfaat proyek lebih besar daripada biayanya, sedangkan Payback Period selama 2 tahun berada di bawah batas penerimaan manajemen (10 tahun). Secara keseluruhan, proyek dinilai layak untuk diinvestasikan berdasarkan seluruh indikator kelayakan finansial

Tabel 2. Ringkasan arus kas baseline pada tahun terpilih

Tahun	Revenue	OPEX	CAPEX	Free Cash Flow	Cumulative FCF
0	0,00	0,00	4.510.485,92	4.510.485,92	4.510.485,92
1	42.651.724,00	39.692.488,00	0,00	2.959.236,00	1.551.249,92
	43.931.275,72	41.081.725,08	0,00	2.849.550,64	1.298.300,72
3	45.249.213,99	42.519.585,46	0,00	2.729.628,53	4.027.929,25
5	48.004.891,12	45.548.042,93	0,00	2.456.848,19	9.083.696,90
10	55.650.825,72	54.096.786,84	0,00	1.554.038,88	18.795.548,19
15	64.514.559,47	64.250.012,91	0,00	264.546,56	22.871.674,14
20	74.790.056,21	76.308.860,47	0,00	1.518.804,26	19.066.379,54

Sumber: data diolah (2026)

Ringkasan arus kas pada tabel 2 memperlihatkan bahwa investasi awal dibebankan pada tahun ke-0, sedangkan arus kas operasi mulai memberikan kontribusi positif sejak tahun pertama. Akumulasi arus kas kemudian berubah menjadi positif pada tahun ke-2. Hal ini menjelaskan mengapa payback period dalam model tercatat selama 2 tahun.

Hasil Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk menguji ketahanan kelayakan proyek terhadap perubahan CAPEX, Revenue, OPEX, dan WACC pada skenario -20%, -10%, baseline, +10%, dan +20%. Penilaian dilakukan menggunakan indikator NPV, IRR, BCR, dan Payback Period (PP).

Tabel 3. Hasil Analisis sensitifitas

Variabel	Dampak Utama	Kesimpulan
CAPEX	Kenaikan CAPEX menurunkan NPV dan IRR, sedangkan BCR dan PP relatif tetap.	Proyek tetap layak pada seluruh skenario karena NPV tetap positif dan IRR masih di atas WACC.
Revenue	Penurunan revenue menyebabkan NPV negatif, BCR < 1 , dan PP > 20 tahun. Peningkatan revenue memperbaiki seluruh indikator kelayakan.	Variabel paling sensitif yang menentukan kelayakan proyek.
OPEX	Kenaikan OPEX menurunkan NPV, IRR, dan BCR, serta memperpanjang PP. Penurunan OPEX meningkatkan seluruh indikator kelayakan.	Sangat sensitif, sehingga pengendalian biaya operasi menjadi faktor penting.
WACC	Kenaikan WACC menurunkan NPV, sedangkan	Proyek tetap layak pada seluruh

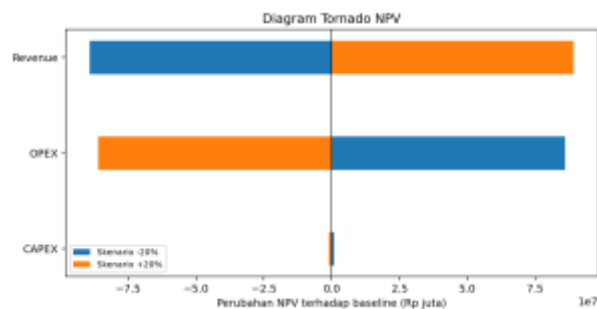
Variabel	Dampak Utama	Kesimpulan
	IRR relatif tetap dan perubahan BCR sangat kecil.	skenario, sehingga cukup tahan terhadap perubahan biaya modal.

Sumber: data diolah (2026)

Revenue merupakan faktor yang paling menentukan kelayakan investasi, diikuti oleh OPEX. Sebaliknya, perubahan CAPEX dan WACC dalam rentang pengujian masih dapat ditoleransi sehingga proyek tetap memenuhi kriteria kelayakan finansial.

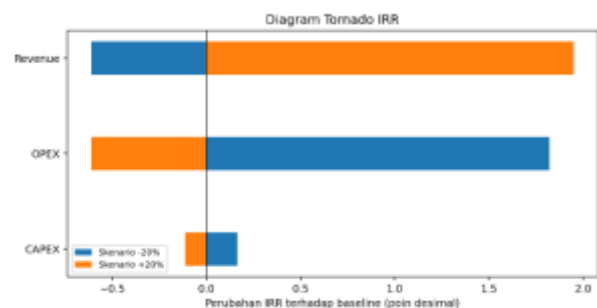
Diagram Tornado Sensitivitas

Diagram tornado digunakan untuk membandingkan tingkat pengaruh CAPEX, Revenue, dan OPEX terhadap indikator kelayakan proyek. Semakin panjang batang diagram, semakin besar pengaruh variabel tersebut terhadap hasil analisis.



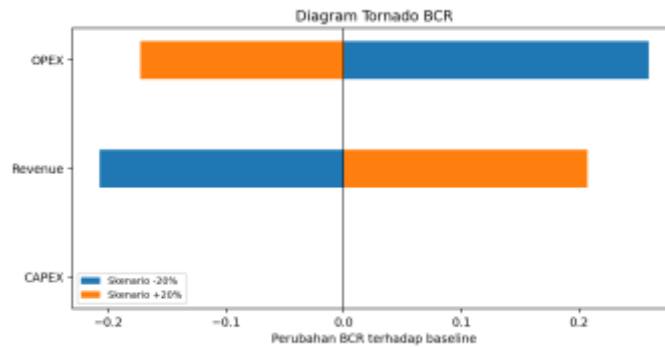
Gambar 1 Diagram tornado sensitivitas NPV

Sumber: data diolah (2026)



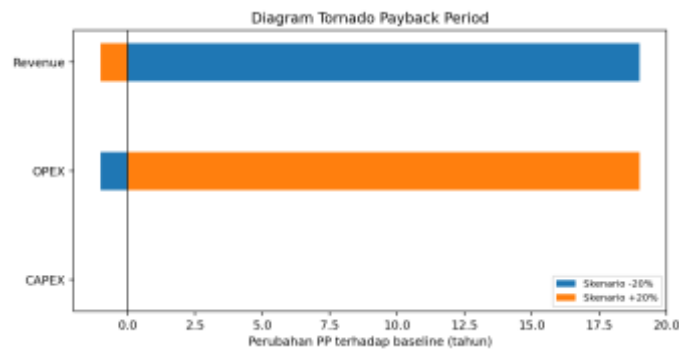
Gambar 2 Diagram tornado sensitivitas IRR

Sumber: data diolah (2026)



Gambar 3 Diagram tornado sensitivitas BCR

Sumber: data diolah (2026)



Gambar 4. Diagram tornado sensitivitas Payback Period

Sumber: data diolah (2026)

Tabel 4. Rincian Hasil

Diagram Tornado	Hasil Utama	Kesimpulan
NPV	Revenue memberikan pengaruh terbesar, diikuti OPEX dan CAPEX.	Revenue merupakan faktor utama yang menentukan perubahan nilai proyek.
IRR	Revenue dan OPEX paling memengaruhi tingkat pengembalian investasi, sedangkan CAPEX berpengaruh lebih kecil.	Kinerja arus kas operasi sangat menentukan besarnya IRR.
BCR	Revenue meningkatkan BCR, sedangkan OPEX menurunkannya. Pengaruh CAPEX relatif tidak signifikan.	BCR lebih dipengaruhi oleh manfaat dan biaya operasi dibanding investasi awal.
Payback Period (PP)	Revenue dan OPEX memengaruhi kecepatan pengembalian modal.	Peningkatan revenue dan efisiensi OPEX mempercepat PP, sedangkan penurunan revenue atau kenaikan OPEX memperlambat pengembalian investasi.

Sumber: data diolah (2026)

Diagram tornado menunjukkan bahwa **Revenue merupakan variabel paling sensitif**, diikuti **OPEX**, sedangkan **CAPEX memiliki pengaruh paling kecil** terhadap kelayakan proyek. Oleh karena itu, strategi peningkatan pendapatan dan pengendalian biaya operasi menjadi prioritas utama dalam menjaga kelayakan investasi.

PEMBAHASAN

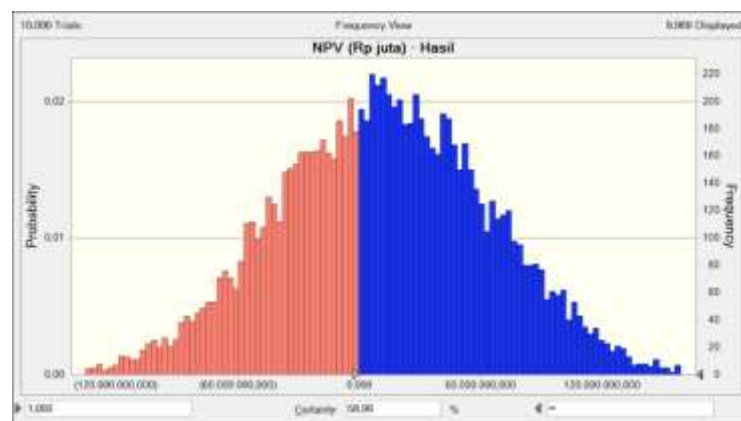
Analisis Risiko Menggunakan Simulasi Monte Carlo

Analisis risik dilakukan menggunakan metode Monte Carlo dengan bantuan perangkat lunak Oracle Crystal Ball sebanyak 10.000 trials. Simulasi ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat ketidakpastian kelayakan investasi dengan memperlakukan variabel input sebagai nilai yang mengikuti distribusi probabilitas, sehingga hasil analisis menjadi lebih representatif dibandingkan pendekatan deterministik. Variabel yang disimulasikan meliputi WACC (discount rate), CAPEX, revenue, revenue growth, OPEX, dan OPEX growth menggunakan distribusi triangular berdasarkan nilai minimum, most likely, dan maksimum. Output yang dianalisis terdiri atas *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Benefit Cost Ratio* (BCR), dan *Payback Period* (PP). Asumsi distribusi probabilitas setiap variabel disajikan pada Tabel 5 sedangkan hasil simulasi divisualisasikan pada Gambar 5.

Tabel 5. Asumsi Distribusi Variabel pada Simulasi Monte Carlo

Parameter	Nilai	Min	Most Likely	Max
WACC / discount rate	10,00%	8%	10%	12%
CAPEX	4.510.485	3.608.388	4.510.485	5.412.583
Revenue	42.651.724	34.121.379	42.651.724	51.182.068
Revenue Growth	3,00%	2%	3%	4%
OPEX	39.692.488	31.753.990	39.692.488	47.630.985
OPEX Growth	3,50%	2,8%	3,5%	4,2%

Sumber: data diolah (2026)



Gambar 5. Forecast Chart NPV Hasil Simulasi Monte Carlo

Sumber: data diolah (2026)

Hasil simulasi menunjukkan bahwa distribusi nilai NPV tersebar pada area negatif dan positif. Probabilitas NPV bernilai positif ($NPV \geq 0$) mencapai 58,96%, yang menunjukkan bahwa proyek memiliki peluang lebih besar untuk dinyatakan layak dibandingkan tidak layak. Namun demikian,

masih terdapat sekitar 41,04% kemungkinan proyek menghasilkan NPV negatif akibat ketidakpastian pada variabel input, terutama perubahan pendapatan dan biaya operasional. Hasil simulasi Monte Carlo disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Ringkasan Hasil Simulasi Monte Carlo

Indikator	Kriteria	Probabilitas
NPV	$NPV \geq 0$	58,96%
IRR	$IRR \geq 10\%$	57,14%
BCR	$BCR \geq 1$	62,12%
Payback Period	$PP \leq 10$ tahun	63,29%

Sumber: data diolah (2026)

Berdasarkan hasil simulasi, probabilitas kelayakan investasi berada pada kisaran 57,14%–63,29%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa proyek masih memiliki peluang yang cukup besar untuk memenuhi kriteria kelayakan finansial, meskipun tingkat ketidakpastiannya masih relatif tinggi. Indikator dengan probabilitas tertinggi adalah Payback Period sebesar 63,29%, diikuti BCR sebesar 62,12%, sedangkan probabilitas terendah diperoleh pada IRR sebesar 57,14%.

Hasil ini menunjukkan bahwa analisis deterministik saja belum cukup untuk menggambarkan risiko investasi. Meskipun hasil baseline menyatakan proyek layak secara finansial, simulasi Monte Carlo mengindikasikan bahwa perubahan pada variabel-variabel input dapat memengaruhi pencapaian indikator kelayakan. Temuan ini sejalan dengan hasil analisis sensitivitas yang menunjukkan bahwa revenue dan OPEX merupakan faktor yang paling memengaruhi perubahan nilai NPV, IRR, BCR, dan Payback Period. Oleh karena itu, strategi peningkatan pendapatan, pengendalian biaya operasional, serta mitigasi risiko selama implementasi proyek menjadi aspek penting untuk meningkatkan tingkat keberhasilan investasi.

Implikasi Hasil Analisis

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proyek layak secara finansial berdasarkan analisis baseline, tetapi tingkat kelayakannya sangat dipengaruhi oleh revenue dan OPEX. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa penurunan revenue atau kenaikan OPEX sebesar 10–20% dapat menyebabkan proyek menjadi tidak layak. Sebaliknya, perubahan CAPEX masih berada dalam batas toleransi sehingga dampaknya relatif lebih kecil terhadap kelayakan investasi. Selain itu, hasil simulasi Monte Carlo memperlihatkan bahwa probabilitas proyek memenuhi seluruh kriteria kelayakan masih berada pada tingkat sedang, yaitu sekitar 58–64%, sehingga terdapat risiko yang perlu dikelola. Oleh karena itu, perusahaan perlu memprioritaskan upaya menjaga peningkatan pendapatan, mengendalikan biaya operasional, serta melakukan pengelolaan risiko sejak tahap perencanaan hingga operasional agar kelayakan investasi dapat dipertahankan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kelayakan investasi proyek Engineering, Procurement, and Construction (EPC) pengembangan *Coal Handling Facility* (CHF) *Rail Loop* serta *Train Loading System* (TLS) 6 dan 7 di PT Bukit Asam Tbk., dapat disimpulkan yaitu Hasil analisis finansial (baseline) menunjukkan bahwa proyek dinyatakan layak untuk dilaksanakan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai Net Present Value (NPV) sebesar Rp11.179.209,20 juta yang bernilai positif, Internal Rate of Return (IRR) sebesar 60,95% yang lebih tinggi dari Weighted Average Cost of Capital (WACC) sebesar 10%, Benefit Cost Ratio (BCR) sebesar 1,0365 yang lebih besar dari satu, serta Payback Period (PP) selama 2 tahun, lebih cepat dibandingkan batas penerimaan manajemen yaitu 10 tahun. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proyek mampu memberikan nilai tambah dan tingkat pengembalian investasi yang memenuhi kriteria kelayakan finansial.

Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa revenue merupakan variabel yang paling berpengaruh terhadap kelayakan investasi, diikuti oleh OPEX, sedangkan CAPEX dan WACC memberikan pengaruh yang relatif lebih kecil. Penurunan revenue sebesar 10–20% maupun kenaikan OPEX sebesar 10–20% menyebabkan NPV menjadi negatif, BCR turun di bawah satu, dan Payback Period melebihi 20 tahun, sehingga proyek berubah menjadi tidak layak. Sebaliknya, perubahan CAPEX maupun WACC pada rentang $\pm 20\%$ masih menghasilkan indikator kelayakan yang memenuhi kriteria. Temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan proyek sangat bergantung pada kemampuan perusahaan menjaga pendapatan serta mengendalikan biaya operasional.

Hasil simulasi Monte Carlo menggunakan Oracle Crystal Ball menunjukkan bahwa proyek masih memiliki peluang memenuhi kriteria kelayakan, namun disertai tingkat ketidakpastian yang cukup tinggi. Probabilitas proyek memenuhi kriteria $NPV \geq 0$ sebesar 58,96%, $IRR \geq 10\%$ sebesar 57,14%, $BCR \geq 1$ sebesar 62,12%, dan Payback Period ≤ 10 tahun sebesar 63,29%. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun proyek dinilai layak berdasarkan analisis deterministik (baseline), masih terdapat risiko yang perlu dikelola karena peluang keberhasilan investasi hanya berada pada kisaran 58–64%. Oleh karena itu, pengambilan keputusan investasi tidak cukup hanya didasarkan pada hasil baseline, tetapi juga perlu mempertimbangkan analisis risiko probabilistik melalui simulasi Monte Carlo agar keputusan investasi menjadi lebih komprehensif dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Berk, J., & DeMarzo, P. (2020). *Corporate Finance* (5th ed.). Pearson Education.
- Bottero, M., Ferretti, V., & Mondini, G. (2020). Assessing Investment Projects under Risk and Uncertainty: A Cost-Benefit Analysis and Monte Carlo Simulation Approach. *GEAM: Geogegneria Ambientale e Mineraria*, 161(3), 5–15.

- Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2020). *Principles of Corporate Finance* (13th ed.). McGraw-Hill.
- Damodaran, A. (2025). *Cost of Capital by Industry (WACC)*. NYU Stern School of Business.
- Hasyim, W., Salim, A., & Setiawan, B. (2023). Analisis Kelayakan Investasi Proyek Konstruksi Menggunakan Net Present Value, Benefit Cost Ratio, Payback Period, Analisis Sensitivitas, dan Simulasi Monte Carlo. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 12(2).
- Hendriyan, F. (2025). Trucking System vs. Conveyor System for Coal Material Transportation in PT Bukit Asam Coal Mines. *Indonesian Interdisciplinary Journal of Sharia Economics*, 8(3), 15521–15534. <https://doi.org/10.31538/ijse.v8i3.8188>
- Huang, J. (2022). Application and Comparison of NPV and IRR Methods in Investment Decisions. *Advances in Economics, Business and Management Research*.
- Ildarabadi, P., & Alamatan, J. (2021). Proposing a New Function for Evaluation of the Financial Risk of Construction Projects Using Monte Carlo Method: Application on Iranian Construction Industry. *Journal of Building Engineering*, 43, 103143. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.103143>
- Iqbal, R. M., & Purwanto, H. (2022). Risk Analysis of Investment Costs in PPP Projects Using Monte Carlo Simulation. *LOGIC: Jurnal Rancang Bangun Dan Teknologi*, 22(1), 13–21.
- Karnavas, C., Fakiolas, E., & Stavropoulos, C. (2024). A New Approach of Investment Project Evaluation under Uncertainty Using Monte Carlo Simulation. *Global Opportunities and Challenges in Business and Economics*, 3(1), 1–15.
- Koller, T., Goedhart, M., & Wessels, D. (2020). *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies* (7th ed.). John Wiley & Sons.
- Miner, I. (2024). *Bukit Asam (PTBA) Builds New Facilities to Add Coal Transportation Capacity*. Indonesia Miner. <https://www.indonesiaminer.com/news/detail/2024-01-10091243-bukit-asam-ptba-builds-new-facilities-to-add-coal-transportation-capacity>
- Noerman, I., Wibowo, A., & Rahman, F. (2024). Investment Feasibility Analysis Using Discounted Cash Flow Method in Infrastructure Project Investment. *Asian Journal of Engineering, Social and Health*, 3(4).
- Rani, H. A., Amin, J., Ayob, A., & Al Rahmatillah, D. (2022). Risk Probability of Time and Cost on Building Construction Project: A Monte Carlo Simulation. *Journal of Innovation and Technology*, 3(2), 60–68.
- Ross, S. A., Westerfield, R. W., & Jaffe, J. (2019). *Corporate Finance* (12th ed.). McGraw-Hill Education.
- Senova, A., Antosova, M., & Stofkova, Z. (2023). New Approaches to Project Risk Assessment Utilizing the Monte Carlo Method. *Sustainability*, 15(2), 1006. <https://doi.org/10.3390/su15021006>