EVALUASI TEKNO EKONOMI PIPELINE DAN RTW SEBAGAI MODA PASOKAN PERTAMAX PADA FUEL TERMINAL CIBATU

Bumi Auralana Ekananda Suprapto[1]*, Ferro Aji[1]
[1]Logistik Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral AKAMIGAS
Jl. Gajah Mada No. 38 Mentul Karangboyo Cepu Blora Jawa Tengah, 58315
**E-mail*: bumiauralanae@gmail.com

ABSTRAK

Pemilihan moda pasokan merupakan bagian penting dalam menjaga kontinuitas penerimaan bahan bakar minyak serta efisiensi operasional Fuel Terminal. Dalam perencanaan Fuel Terminal Cibatu, diperlukan evaluasi terhadap alternatif moda pasokan Pertamax karena pipeline dan Rail Tank Wagon (RTW) memiliki karakteristik teknis, operasional, dan ekonomi yang berbeda. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi dan membandingkan kelayakan pipeline dan RTW sebagai alternatif moda pasokan Pertamax menuju Fuel Terminal Cibatu berdasarkan aspek teknis, operasional, dan ekonomi. Evaluasi ekonomi dilakukan menggunakan metode Discounted Cash Flow (DCF) dengan horizon analisis 20 tahun dan Minimum Attractive Rate of Return (MARR) sebesar 13%, melalui indikator Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Modified Internal Rate of Return (MIRR), Payback Period (PP), dan Benefit-Cost Ratio (BCR). Aspek teknis dan operasional dianalisis berdasarkan lead time, kebutuhan safety stock, biaya persediaan, kebutuhan lahan, fleksibilitas pasokan, serta ketergantungan terhadap pihak ketiga. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pipeline memiliki lead time 1 hari dan membutuhkan safety stock sebesar 381 KL, sedangkan RTW memiliki lead time 3 hari dengan safety stock sebesar 1.143 KL. Dari sisi ekonomi, pipeline membutuhkan CAPEX sebesar Rp13,42 miliar dan OPEX tahun pertama Rp2,55 miliar, sedangkan RTW membutuhkan CAPEX Rp254,19 miliar dan OPEX Rp118,75 miliar. Analisis DCF menghasilkan NPV pipeline sebesar Rp492,48 miliar, BCR 14,928, dan Payback Period 0,222 tahun, sedangkan RTW menghasilkan NPV negatif Rp843,37 miliar, BCR 0,3849, dan tidak mencapai pengembalian investasi selama periode analisis. Analisis sensitivitas pada MARR 8% sampai 20% juga menunjukkan bahwa pipeline tetap menghasilkan NPV positif, sedangkan RTW tetap menghasilkan NPV negatif.

Kata kunci: Discounted Cash Flow,Fuel Terminal, Pertamax, Pipeline, Rail Tank Wagon,

1. PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak merupakan salah satu komoditas yang memiliki peran penting dalam mendukung kegiatan transportasi, industri, dan aktivitas ekonomi. Ketersediaan BBM tidak hanya ditentukan oleh jumlah produk yang tersedia, tetapi juga oleh kemampuan sistem rantai pasok dalam menyalurkan produk secara tepat waktu dan berkelanjutan. Dalam sistem distribusi BBM, Fuel Terminal berperan sebagai fasilitas penerimaan, penyimpanan, dan penyaluran sebelum produk didistribusikan ke wilayah pemasaran [1]. Karena itu, keandalan moda pasokan menuju Fuel Terminal menjadi salah satu bagian penting dalam menjaga kontinuitas distribusi.

Wilayah Priangan Timur memiliki cakupan pelayanan SPBU yang luas serta kondisi geografis yang cukup beragam [2]. Distribusi Pertamax di wilayah tersebut selama ini didukung oleh Fuel Terminal Tasikmalaya. Luasnya wilayah pelayanan dan potensi gangguan pada jalur transportasi dapat memengaruhi kelancaran distribusi, sehingga diperlukan fasilitas penyangga yang lebih dekat dengan wilayah permintaan. Kondisi tersebut menjadi salah satu dasar perencanaan Fuel Terminal Cibatu untuk mendukung distribusi Pertamax di Priangan

Timur dan mengurangi ketergantungan terhadap satu titik pasokan utama.

Berdasarkan hasil perencanaan, Fuel Terminal Cibatu diproyeksikan melayani kebutuhan Pertamax sekitar 139.099 KL pada tahun pertama. Sumber pasokan utama direncanakan berasal dari Fuel Terminal Lomanis yang terhubung dengan Kilang Cilacap melalui jaringan Pipeline Cilacap-Bandung III. Pemilihan sistem pasokan menjadi bagian penting dalam perencanaan terminal karena moda yang digunakan akan memengaruhi kebutuhan infrastruktur, kontinuitas penerimaan produk, waktu pasokan, kebutuhan persediaan, serta biaya yang harus dikeluarkan selama masa operasi.

Dua alternatif moda yang dipertimbangkan untuk mendukung pasokan Pertamax menuju Fuel Terminal Cibatu adalah pipeline dan Rail Tank Wagon (RTW) [3]. Pipeline menyalurkan produk melalui jaringan perpipaan, sedangkan RTW menggunakan angkutan kereta api dengan sarana tangki untuk membawa produk menuju terminal [4]. Kedua moda memiliki karakteristik yang berbeda dari sisi kebutuhan infrastruktur, investasi awal, biaya operasional, fleksibilitas pasokan, kebutuhan lahan, waktu pengiriman, serta ketergantungan terhadap pihak lain. Perbedaan tersebut membuat penentuan moda pasokan tidak cukup dilakukan hanya berdasarkan satu aspek, tetapi perlu mempertimbangkan sisi teknis dan ekonomi secara bersamaan.

Dari sisi teknis dan operasional, pemilihan moda perlu mempertimbangkan kemampuan sistem dalam menjaga kelancaran pasokan selama kegiatan terminal berlangsung [5]. Pipeline memiliki karakteristik aliran yang lebih kontinu, sedangkan RTW bergantung pada jadwal perjalanan dan infrastruktur perkeretaapian [6]. Perbedaan pola operasi tersebut berpengaruh terhadap waktu pasokan, kebutuhan persediaan, kebutuhan lahan, serta tingkat ketergantungan terhadap pihak ketiga. Dalam hasil perencanaan Fuel Terminal Cibatu, pipeline memiliki lead time yang lebih pendek, kebutuhan lahan yang lebih kecil, serta ketergantungan terhadap pihak ketiga yang lebih rendah dibandingkan RTW.

Selain aspek teknis, keputusan pemilihan moda juga perlu mempertimbangkan keekonomian investasi [7]. Pembangunan sarana transportasi BBM membutuhkan biaya investasi dan biaya operasional yang cukup besar serta digunakan dalam jangka panjang [8]. Alternatif dengan investasi awal yang tinggi belum tentu selalu menjadi pilihan yang kurang menguntungkan jika mampu menekan biaya operasi selama umur fasilitas. Sebaliknya, moda dengan investasi awal yang lebih rendah tetap perlu dievaluasi terhadap biaya operasi dan arus kas jangka panjang. Oleh karena itu, perbandingan pipeline dan RTW memerlukan pendekatan yang mampu memperhitungkan nilai investasi, biaya operasi, serta nilai waktu uang selama periode proyek [9].

Penelitian ini menggunakan pendekatan Discounted Cash Flow (DCF) untuk mengevaluasi kelayakan ekonomi kedua alternatif. Penilaian dilakukan berdasarkan Capital Expenditure (CAPEX), Operational Expenditure (OPEX), Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Payback Period (PP), dan Benefit-Cost Ratio (BCR). Analisis dilakukan selama horizon 20 tahun dengan Minimum Attractive Rate of Return (MARR) sebesar 13%.

2. METODE

A. Lokasi dan Data Penelitian

Penelitian dilakukan pada perencanaan sistem pasokan Pertamax menuju Fuel Terminal Cibatu, Kabupaten Garut, Jawa Barat. Dua alternatif moda yang dianalisis adalah pipeline dan Rail Tank Wagon (RTW) sebagai moda penerimaan produk menuju Fuel Terminal.Data yang digunakan merupakan data sekunder yang berasal dari hasil perencanaan Fuel Terminal Cibatu, literatur, standar teknis, dan data pendukung lainnya.

Data tersebut meliputi kebutuhan Pertamax, spesifikasi infrastruktur, harga lahan,

kebutuhan investasi, biaya operasional, serta komponen biaya dari masing-masing alternatif moda. Volume Pertamax yang digunakan sebagai dasar analisis sebesar 139.099 KL pada tahun pertama. Volume penerimaan dan pendapatan diasumsikan sama untuk pipeline dan RTW, sehingga perbedaan hasil evaluasi terutama dipengaruhi oleh karakteristik teknis, kebutuhan investasi, dan biaya operasional masing-masing moda.

B. Parameter Analisis

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan aspek teknis, operasional, dan ekonomi dari kedua alternatif moda. Aspek teknis dan operasional meliputi kebutuhan infrastruktur, kontinuitas pasokan, lead time, kebutuhan lahan, kebutuhan persediaan, fleksibilitas pasokan, ketergantungan terhadap pihak ketiga, dan kompleksitas operasional.

Aspek ekonomi meliputi Capital Expenditure (CAPEX), Operational Expenditure (OPEX), serta proyeksi arus kas selama umur proyek. Parameter dasar yang digunakan meliputi throughput fee sebesar Rp450/liter, pertumbuhan volume dan pendapatan sebesar 3% per tahun, eskalasi OPEX RTW sebesar 6% per tahun, serta eskalasi OPEX pipeline sebesar 5% per tahun. Horizon analisis ditetapkan selama 20 tahun dengan MARR sebesar 13% dan nilai residu sebesar nol.

C. Prosedur Discounted Cash Flow

Metode Discounted Cash Flow (DCF) digunakan untuk mengevaluasi dan membandingkan kelayakan ekonomi pipeline dan Rail Tank Wagon (RTW). Analisis diawali dengan menghitung Capital Expenditure (CAPEX) dan Operational Expenditure (OPEX) dari masing-masing alternatif. CAPEX menggambarkan kebutuhan investasi awal, sedangkan OPEX merupakan biaya yang dikeluarkan selama kegiatan operasional. Selanjutnya, proyeksi arus kas disusun selama horizon analisis 20 tahun berdasarkan volume penerimaan Pertamax, throughput fee, pertumbuhan pendapatan, serta eskalasi biaya operasional. Arus kas setiap periode kemudian didiskontokan menggunakan Minimum Attractive Rate of Return (MARR) sebesar 13%. Parameter tersebut sesuai dengan asumsi dasar analisis yang digunakan dalam penelitian.

Kelayakan ekonomi masing-masing alternatif dievaluasi menggunakan Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Modified Internal Rate of Return (MIRR), Payback Period (PP), dan Benefit-Cost Ratio (BCR) [10]. Kelima indikator tersebut digunakan untuk menilai nilai bersih investasi, tingkat pengembalian, periode pengembalian investasi, serta perbandingan manfaat dan biaya selama umur proyek. Net Present Value (NPV) digunakan untuk menghitung nilai bersih investasi setelah mempertimbangkan nilai waktu uang. NPV dihitung menggunakan persamaan:

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

Dengan (CF_t) merupakan arus kas bersih pada periode ke-(t), (i) adalah tingkat diskonto atau MARR, (t) adalah periode waktu, dan (n) merupakan umur analisis proyek. Investasi dinilai layak apabila NPV bernilai positif, sedangkan NPV negatif menunjukkan bahwa nilai sekarang dari arus kas yang dihasilkan belum mampu menutupi investasi dan biaya pada tingkat diskonto yang digunakan.

Internal Rate of Return (IRR) merupakan tingkat diskonto yang menghasilkan NPV sama

dengan nol dan dihitung berdasarkan persamaan:

$$\mathbf{0} = \sum_{t=0}^{n} \frac{\boldsymbol{CF_t}}{(\mathbf{1} + \boldsymbol{IRR})^t}$$

Nilai IRR selanjutnya dibandingkan dengan MARR. Alternatif investasi memenuhi kriteria kelayakan apabila IRR lebih besar daripada MARR. Sebaliknya, IRR yang lebih rendah daripada MARR menunjukkan bahwa tingkat pengembalian investasi belum memenuhi tingkat pengembalian minimum yang dipersyaratkan.

Selain IRR, penelitian ini menggunakan Modified Internal Rate of Return (MIRR) sebagai indikator tambahan untuk memberikan ukuran tingkat pengembalian dengan mempertimbangkan tingkat pembiayaan dan tingkat reinvestasi arus kas positif. MIRR dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\boldsymbol{MIRR} = \left(\frac{\boldsymbol{FV}(\boldsymbol{CF^+}, \boldsymbol{r_r})}{-\boldsymbol{PV}(\boldsymbol{CF^-}, \boldsymbol{r_f})} \right)^{\frac{1}{n}} - \mathbf{1}$$

Dengan $FV(CF^+,r_r)$ merupakan nilai masa depan dari arus kas positif pada tingkat reinvestasi r_r, $PV(CF\text{-},r_f)$ merupakan nilai sekarang dari arus kas negatif pada tingkat pembiayaan r_f, dan n merupakan jumlah periode analisis. Nilai MIRR kemudian dibandingkan dengan MARR, di mana MIRR yang lebih besar daripada MARR menunjukkan tingkat pengembalian yang memenuhi tingkat minimum yang dipersyaratkan.

Payback Period (PP) digunakan untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk mengembalikan investasi awal dari arus kas bersih yang dihasilkan. Untuk arus kas tahunan yang digunakan dalam perhitungan penelitian ini, Payback Period dihitung menggunakan persamaan:

$$PP = \frac{I_0}{CF}$$

Dengan (I0) merupakan nilai investasi awal dan (CF) merupakan arus kas bersih yang digunakan dalam perhitungan periode pengembalian. Semakin pendek Payback Period, semakin cepat investasi awal dapat dikembalikan. Apabila akumulasi arus kas tidak mencapai nilai investasi awal sampai akhir horizon analisis, maka Payback Period dinyatakan tidak tercapai.

Benefit-Cost Ratio (BCR) digunakan untuk membandingkan nilai sekarang dari manfaat yang diperoleh dengan nilai sekarang dari biaya selama periode analisis. BCR dihitung menggunakan persamaan:

$$\boldsymbol{BCR} = \frac{\boldsymbol{PV}(\boldsymbol{Benefit})}{\boldsymbol{PV}(\boldsymbol{Cost})}$$

Dengan *PV(Benefit)* merupakan nilai sekarang dari seluruh manfaat ekonomi dan *PV(Cost)* merupakan nilai sekarang dari seluruh biaya. Nilai BCR lebih besar dari 1 menunjukkan bahwa nilai manfaat melebihi biaya, sedangkan BCR kurang dari 1 menunjukkan bahwa nilai manfaat lebih kecil daripada biaya yang dikeluarkan.

Hasil perhitungan NPV, IRR, MIRR, Payback Period, dan BCR kemudian dibandingkan

antara alternatif pipeline dan RTW. Hasil evaluasi ekonomi tersebut selanjutnya dianalisis bersama dengan karakteristik teknis dan operasional masing-masing moda untuk menentukan alternatif pasokan Pertamax yang lebih sesuai dalam mendukung operasional Fuel Terminal Cibatu.

3. PEMBAHASAN

A. Perbandingan Teknis dan Operasional

Evaluasi teknis dan operasional dilakukan untuk melihat kemampuan pipeline dan Rail Tank Wagon (RTW) dalam mendukung penerimaan Pertamax menuju Fuel Terminal Cibatu. Parameter yang dibandingkan meliputi risiko operasi, fleksibilitas pasokan, lead time, safety stock, biaya persediaan, ketergantungan terhadap pihak ketiga, kebutuhan lahan, dan kompleksitas perizinan [9]. Perbandingan tersebut penting karena karakteristik moda akan berpengaruh langsung terhadap kontinuitas penerimaan produk dan kebutuhan fasilitas pendukung di Fuel Terminal [10].

Tabel 1. Perbandingan Teknis dan Operasional RTW dan Pipeline

Indikator	RTW	Pipeline
Risiko operasi	Tinggi	Rendah
Fleksibilitas pasokan	Rendah	Tinggi
Lead time	3 hari	1 hari
Safety stock	1.143 KL	381 KL
Biaya persediaan/tahun	Rp5,54 miliar	Rp2,02 miliar
Ketergantungan pihak ketiga	Sangat tinggi	Rendah
Kebutuhan lahan	35.700 m²	100 m²
Kompleksitas perizinan	Sangat tinggi	Moderat

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa pipeline memiliki lead time sekitar 1 hari, lebih pendek dibandingkan RTW yang membutuhkan sekitar 3 hari. Perbedaan waktu pasokan tersebut berpengaruh terhadap besarnya persediaan pengaman yang perlu disediakan. RTW membutuhkan safety stock sebesar 1.143 KL, sedangkan pipeline sebesar 381 KL. Kondisi tersebut juga menyebabkan biaya persediaan tahunan RTW mencapai sekitar Rp5,54 miliar, sementara pipeline sebesar Rp2,02 miliar. Dengan demikian, waktu pasokan yang lebih singkat pada pipeline dapat mengurangi kebutuhan cadangan produk yang harus tersedia untuk menjaga kontinuitas operasi terminal.

Perbedaan lain terlihat pada kebutuhan lahan dan ketergantungan terhadap pihak ketiga. RTW membutuhkan lahan sekitar 35.700 m² dan memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap KAI karena kegiatan pengiriman mengikuti ketersediaan sarana, jadwal perjalanan, serta penggunaan infrastruktur perkeretaapian. Pipeline dalam rancangan ini hanya membutuhkan sekitar 100 m² lahan tambahan dan memiliki ketergantungan pihak ketiga yang lebih rendah. Kompleksitas perizinan RTW juga lebih tinggi karena melibatkan infrastruktur perkeretaapian, sedangkan pipeline tetap membutuhkan perizinan teknis tetapi berada pada tingkat yang lebih moderat.

B. Perbandingan Capital Expenditure dan Operational Expenditure

Perbedaan yang lebih besar terlihat pada biaya operasional. OPEX RTW pada tahun pertama mencapai Rp118,75 miliar, sedangkan OPEX pipeline sebesar Rp2,55 miliar. Pada RTW, biaya angkutan merupakan komponen terbesar dengan kontribusi sekitar 90,89% terhadap total OPEX. Biaya tersebut mencakup tarif angkutan, penggunaan prasarana, kru, serta perjalanan kembali. Selain itu, OPEX RTW diasumsikan mengalami eskalasi sebesar 6% per tahun. Kondisi tersebut menyebabkan biaya operasional RTW relatif tinggi selama periode analisis.

Tabel 2. Perbandingan CAPEX dan OPEX RTW dan Pipeline

Indikator	RTW	Pipeline
CAPEX	Rp254.192.250.000	Rp13.419.057.500
OPEX Tahun 1	Rp118.753.437.465	Rp2.546.721.933
OPEX Cash Tahun 1	Rp108.345.879.965	Rp2.280.213.600
Eskalasi OPEX	6%/tahun	5%/tahun

Besarnya perbedaan investasi awal antara kedua alternatif menunjukkan karakteristik infrastruktur yang berbeda. CAPEX RTW yang lebih tinggi terutama dipengaruhi oleh kebutuhan pembangunan fasilitas pendukung transportasi berbasis rel, sedangkan pipeline memanfaatkan sistem perpipaan dengan kebutuhan infrastruktur tambahan yang lebih terbatas. Namun, evaluasi pemilihan moda tidak hanya mempertimbangkan investasi awal, tetapi juga harus memperhatikan biaya operasi selama umur proyek karena komponen OPEX memberikan pengaruh terhadap akumulasi biaya jangka panjang.

Pada pipeline, OPEX tahun pertama terdiri atas biaya utilitas, pemeliharaan, tenaga kerja, dan depresiasi. Total OPEX tahun pertama sebesar Rp2,55 miliar, sedangkan OPEX tunai yang digunakan dalam penyusunan arus kas sebesar Rp2,28 miliar. Perbedaan tersebut disebabkan oleh depresiasi yang merupakan komponen biaya nonkas sehingga tidak dimasukkan sebagai pengeluaran kas dalam perhitungan arus kas.

Selain itu, OPEX pipeline dalam analisis ekonomi diasumsikan mengalami eskalasi sebesar 5% per tahun untuk mempertimbangkan peningkatan biaya operasi selama umur proyek. Meskipun mengalami kenaikan biaya tahunan, nilai OPEX pipeline tetap lebih rendah dibandingkan RTW karena tidak terdapat komponen biaya angkutan berbasis perjalanan.

Berbeda dengan RTW, sistem pipeline tidak memiliki tarif angkutan yang dikenakan berdasarkan setiap perjalanan pengiriman karena produk dialirkan melalui jaringan perpipaan tetap. Meskipun demikian, pengoperasian pipeline tetap menimbulkan biaya yang berkaitan dengan proses pemindahan dan keberlangsungan operasi, yang dalam penelitian ini tercermin melalui komponen utilitas, pemeliharaan, tenaga kerja, dan depresiasi. Dengan demikian, tidak adanya biaya angkutan per perjalanan pada pipeline tidak berarti bahwa proses penyaluran produk tidak memiliki biaya operasional, tetapi struktur biayanya berbeda dengan RTW.

Perbedaan struktur biaya tersebut menjadi salah satu faktor yang menyebabkan OPEX pipeline lebih rendah dibandingkan RTW. Pada RTW, biaya pengiriman meningkat seiring kegiatan angkutan dan penggunaan sarana serta prasarana perkeretaapian, sedangkan pada pipeline biaya operasional terutama berasal dari pengoperasian dan pemeliharaan fasilitas perpipaan.

C. Hasil Analisis Discounted Cash Flow

Analisis Discounted Cash Flow dilakukan untuk melihat kelayakan investasi masing-masing moda selama horizon 20 tahun dengan MARR sebesar 13%. Evaluasi menggunakan indikator Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Payback Period, Benefit-

Cost Ratio (BCR), dan kumulatif arus kas.

Tabel 3. Hasil Kelayakan Ekonomi RTW dan Pipeline

Indikator	RTW	Pipeline
NPV	-Rp843,37 miliar	Rp492,48 miliar
IRR	< 0%	452,4%
MIRR	-	47%
Payback Period	Tidak tercapai	0,222 tahun
BCR	0,3849	14,928
Kumulatif CF Tahun 20	-Rp2,56 triliun	Rp1,59 triliun

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa RTW menghasilkan Net Cash Flow negatif sejak tahun pertama dan kondisi tersebut berlangsung hingga akhir periode analisis. Pada tahun pertama, Net Cash Flow RTW tercatat negatif sekitar Rp45,75 miliar dan meningkat menjadi negatif Rp218,05 miliar pada tahun ke-20. Kumulatif arus kas pada akhir periode mencapai defisit sekitar Rp2,56 triliun. Kondisi ini terjadi karena OPEX cash RTW lebih besar dibandingkan pendapatan yang berasal dari throughput fee. Selain itu, asumsi eskalasi OPEX RTW sebesar 6% per tahun lebih tinggi dibandingkan pertumbuhan pendapatan sebesar 3% per tahun, sehingga selisih antara penerimaan dan biaya operasi semakin besar selama periode analisis.

Kondisi arus kas tersebut menghasilkan NPV RTW sebesar negatif Rp843,37 miliar. Nilai NPV yang negatif menunjukkan bahwa pada tingkat MARR 13%, nilai sekarang dari arus kas yang dihasilkan selama periode analisis belum mampu menutup investasi awal dan biaya operasi yang dikeluarkan. Dengan demikian, alternatif RTW belum memenuhi kriteria kelayakan ekonomi berdasarkan NPV pada asumsi yang digunakan dalam penelitian.

IRR RTW berada di bawah 0% karena arus kas bersih selama periode analisis tidak menghasilkan tingkat pengembalian investasi yang positif. Kondisi yang sama menyebabkan Payback Period tidak tercapai karena akumulasi arus kas sampai akhir horizon 20 tahun belum mampu mengembalikan investasi awal. Nilai BCR sebesar 0,3849 atau lebih kecil dari 1 juga menunjukkan bahwa nilai sekarang manfaat yang diperoleh lebih kecil dibandingkan nilai sekarang biaya yang dikeluarkan. Berdasarkan ketiga indikator tersebut, hasil negatif pada RTW menunjukkan bahwa alternatif ini belum layak secara ekonomi pada parameter dan asumsi penelitian yang digunakan.

Pipeline menunjukkan kondisi yang berbeda. Net Cash Flow pada tahun pertama sudah bernilai positif sebesar Rp60,31 miliar dan terus meningkat selama periode analisis. Kumulatif arus kas menjadi positif sejak tahun pertama dan mencapai sekitar Rp1,59 triliun pada tahun ke-20.

Dengan MARR 13%, pipeline menghasilkan NPV positif sebesar Rp492,48 miliar dan BCR sebesar 14,928. Payback Period tercapai dalam waktu sekitar 0,222 tahun atau 81 hari. Nilai IRR tercatat sebesar 452,4%, sedangkan perhitungan MIRR menghasilkan sekitar 47%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pipeline mampu menghasilkan penerimaan yang lebih besar dibandingkan biaya investasi dan operasionalnya pada asumsi yang digunakan dalam penelitian.Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa pada asumsi volume, pendapatan, biaya operasi, dan MARR yang digunakan, pipeline memiliki kelayakan ekonomi yang lebih baik dibandingkan RTW

D. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui kestabilan keputusan investasi ketika nilai MARR berubah. Pengujian dilakukan pada MARR sebesar 8%, 10%, 12%, 13%, 15%, dan 20%, kemudian nilai NPV kedua alternatif dibandingkan pada setiap skenario.

Tabel 4. Sensitivitas NPV terhadap Variasi MARR

MARR	NPV RTW	NPV Pipeline	Keputusan
8%	-Rp1.177,14 miliar	Rp720,63 miliar	Pipeline
10%	-Rp1.017,43 miliar	Rp613,11 miliar	Pipeline
12%	-Rp894,31 miliar	Rp528,24 miliar	Pipeline
13%	-Rp843,37 miliar	Rp492,48 miliar	Pipeline
15%	-Rp758,08 miliar	Rp431,53 miliar	Pipeline
20%	-Rp612,49 miliar	Rp323,29 miliar	Pipeline

Hasil sensitivitas menunjukkan bahwa perubahan MARR tidak mengubah posisi kedua alternatif. Perubahan nilai MARR memberikan pengaruh terhadap besarnya nilai NPV karena peningkatan tingkat diskonto menyebabkan nilai sekarang dari arus kas masa depan menjadi lebih kecil. Namun, perubahan tersebut tidak mengubah keputusan investasi karena pipeline tetap menghasilkan NPV positif, sedangkan RTW tetap menghasilkan NPV negatif pada seluruh skenario yang dianalisis.

Hal ini menunjukkan bahwa hasil pemilihan pipeline relatif stabil terhadap variasi tingkat pengembalian yang digunakan. Pipeline menghasilkan NPV positif pada seluruh skenario, mulai dari Rp720,63 miliar pada MARR 8% hingga Rp323,29 miliar pada MARR 20%. Sebaliknya, NPV RTW tetap bernilai negatif pada seluruh tingkat MARR yang diuji.

Nilai NPV pipeline memang menurun ketika MARR meningkat karena nilai sekarang dari arus kas masa depan menjadi semakin kecil. Namun, penurunan tersebut belum menyebabkan NPV berubah menjadi negatif pada rentang MARR yang dianalisis.

Dengan demikian, keputusan memilih pipeline tetap konsisten pada seluruh skenario tingkat diskonto. Konsistensi hasil sensitivitas tersebut memperkuat hasil evaluasi ekonomi bahwa perbedaan kinerja antara pipeline dan RTW bukan hanya dipengaruhi oleh tingkat diskonto, tetapi terutama oleh perbedaan struktur investasi dan biaya operasi masing-masing moda.

Jika hasil sensitivitas digabungkan dengan evaluasi teknis, operasional, CAPEX, OPEX, dan DCF, pipeline menunjukkan hasil yang lebih baik pada kondisi perencanaan Fuel Terminal Cibatu. Pipeline memiliki lead time lebih pendek, kebutuhan persediaan lebih rendah, kebutuhan investasi lebih kecil, biaya operasi lebih rendah, serta menghasilkan indikator kelayakan investasi yang positif.

Berdasarkan hasil tersebut, pipeline menjadi alternatif yang lebih layak dibandingkan RTW untuk mendukung pasokan Pertamax menuju Fuel Terminal Cibatu.

E. Diskusi Hasil

Pemilihan moda pasokan bahan bakar tidak hanya ditentukan oleh besarnya investasi awal, tetapi juga dipengaruhi oleh konfigurasi jaringan distribusi, biaya transportasi, kapasitas sistem, kontinuitas pasokan, serta karakteristik operasional masing-masing moda [11]. Studi mengenai perencanaan rantai pasok petroleum menunjukkan bahwa pemilihan moda transportasi perlu mempertimbangkan berbagai alternatif jaringan secara terintegrasi karena setiap moda memiliki

keunggulan dan keterbatasan dari sisi biaya maupun fleksibilitas operasi [12].

Dalam penelitian ini, evaluasi pipeline dan Rail Tank Wagon (RTW) dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknis, operasional, dan ekonomi sehingga keputusan pemilihan moda tidak hanya berdasarkan satu parameter biaya.

Dari sisi teknis dan operasional, pipeline menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan RTW. Pipeline memiliki karakteristik aliran produk yang lebih kontinu karena proses penyaluran dilakukan melalui jaringan perpipaan tetap, sedangkan RTW bergantung pada ketersediaan sarana transportasi, jadwal perjalanan, dan infrastruktur perkeretaapian.

Sistem pipeline pada distribusi produk petroleum juga berkaitan dengan pengaturan aliran produk, kapasitas jaringan, serta pengelolaan fasilitas penerima untuk menjaga efisiensi operasi dan kontinuitas pasokan. Perbedaan karakteristik tersebut menyebabkan pipeline memiliki lead time lebih pendek, kebutuhan safety stock lebih rendah, serta tingkat ketergantungan terhadap pihak ketiga yang lebih kecil. Pada penelitian ini, pipeline memiliki lead time sekitar 1 hari dengan kebutuhan safety stock sebesar 381 KL, sedangkan RTW membutuhkan lead time sekitar 3 hari dengan safety stock sebesar 1.143 KL.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa moda dengan kemampuan pasokan yang lebih kontinu dapat memberikan keuntungan operasional karena mampu mengurangi kebutuhan persediaan pengaman dan biaya penyimpanan. Dalam sistem distribusi bahan bakar, keandalan pasokan menjadi faktor penting karena gangguan penerimaan produk dapat memengaruhi keberlangsungan operasi terminal dan pelayanan distribusi ke wilayah pemasaran. Oleh karena itu, aspek teknis dan operasional perlu dipertimbangkan bersama dengan aspek ekonomi dalam menentukan alternatif moda pasokan [13].

Dari sisi ekonomi, hasil evaluasi menggunakan pendekatan Discounted Cash Flow menunjukkan bahwa pipeline memberikan kinerja investasi yang lebih baik dibandingkan RTW. Keunggulan ekonomi pipeline pada penelitian ini sejalan dengan kajian sebelumnya yang menunjukkan bahwa sistem pipeline dapat menjadi alternatif distribusi produk olahan minyak yang efisien apabila didukung oleh perencanaan logistik dan pengoperasian yang tepat

Perbedaan struktur biaya tersebut berpengaruh terhadap hasil analisis arus kas selama periode proyek. RTW menghasilkan NPV negatif sebesar Rp843,37 miliar dan BCR sebesar 0,3849, yang menunjukkan bahwa nilai manfaat ekonomi yang diperoleh belum mampu menutupi biaya investasi dan operasi selama umur proyek. Sebaliknya, pipeline menghasilkan NPV positif sebesar Rp492,48 miliar, BCR sebesar 14,928, dan Payback Period sekitar 0,222 tahun.

Analisis sensitivitas juga memperkuat hasil evaluasi ekonomi karena perubahan MARR dari 8% hingga 20% tidak mengubah keputusan pemilihan moda. Pipeline tetap menghasilkan NPV positif pada seluruh skenario, sedangkan RTW tetap menghasilkan NPV negatif [14].

Berdasarkan hasil evaluasi secara keseluruhan, pipeline menjadi alternatif yang lebih sesuai untuk mendukung pasokan Pertamax menuju Fuel Terminal Cibatu. Keunggulan pipeline tidak hanya berasal dari aspek ekonomi, tetapi juga dari kemampuan operasional dalam menyediakan sistem pasokan yang lebih kontinu, kebutuhan persediaan yang lebih rendah, serta ketergantungan terhadap pihak eksternal yang lebih kecil [15]. Dengan demikian, keputusan pemilihan moda perlu dilakukan melalui pendekatan tekno-ekonomi yang menggabungkan faktor teknis, operasional, dan finansial secara bersamaan. Meskipun pipeline memberikan keunggulan ekonomi dan operasional dalam penelitian ini, aspek keandalan dan keselamatan tetap perlu diperhatikan karena sistem perpipaan memiliki risiko seperti kebocoran, korosi, dan gangguan integritas jaringan yang membutuhkan program inspeksi dan pemeliharaan secara berkala

4. SIMPULAN

Hasil evaluasi tekno-ekonomi menunjukkan bahwa pipeline memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan Rail Tank Wagon (RTW) sebagai alternatif moda pasokan Pertamax menuju Fuel Terminal Cibatu. Dari sisi teknis dan operasional, pipeline memiliki lead time sekitar 1 hari dibandingkan RTW selama 3 hari, membutuhkan safety stock yang lebih rendah, serta memiliki kebutuhan lahan dan ketergantungan terhadap pihak ketiga yang lebih kecil. Kondisi tersebut mendukung sistem penerimaan Pertamax yang lebih kontinu dan efisien.

Dari sisi ekonomi, pipeline membutuhkan CAPEX sebesar Rp13,42 miliar dan OPEX tahun pertama sebesar Rp2,55 miliar, lebih rendah dibandingkan RTW dengan CAPEX Rp254,19 miliar dan OPEX Rp118,75 miliar. Analisis Discounted Cash Flow selama 20 tahun dengan MARR 13% menghasilkan NPV pipeline sebesar Rp492,48 miliar, BCR 14,928, dan Payback Period sekitar 0,222 tahun atau 81 hari. Sebaliknya, RTW menghasilkan NPV negatif sebesar Rp843,37 miliar, BCR 0,3849, dan tidak mencapai pengembalian investasi selama periode analisis.

Hasil analisis sensitivitas pada MARR 8% sampai 20% juga menunjukkan bahwa pipeline tetap menghasilkan NPV positif, sedangkan RTW tetap bernilai negatif pada seluruh skenario. Berdasarkan hasil tersebut, pipeline menjadi alternatif moda pasokan Pertamax yang lebih layak secara teknis, operasional, dan ekonomi untuk mendukung kegiatan penerimaan produk pada Fuel Terminal Cibatu.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] F. Surury, A. Syauqi, and W. Wahyu, "The Asian Journal of Shipping and Logistics Multi-objective optimization of petroleum product logistics in Eastern Indonesia region," *Asian J. Shipp. Logist.*, vol. 37, no. 3, pp. 220–230, 2021, doi: 10.1016/j.ajsl.2021.05.003.

[2] M. Asad, "Evaluating disruption scenarios for improving downstream oil supply chain resilience and cost minimization using Monte Carlo simulation," pp. 1–14, 2025.

[3] Chia-Nan Wang, "Sustainable Integrated Fuzzy Optimization for Multimodal Petroleum Supply Chain Design with Pipeline System," 2022.

[4] L. Kong, H. Xiao, C. Wang, X. Yuan, and M. Liu, "Applied sciences Research on the Dual-Objective Scheduling of the Pipeline Path of Liquid Terminal Resources Based on a Hybrid Algorithm," 2024.

[5] R. Qiu, Y. Liang, Q. Liao, Y. Jiao, B. Wang, and Y. Guo, "Primary logistics planning of oil products under the imbalance of supply and demand," *Pet. Sci.*, vol. 19, no. 4, pp. 1915–1925, 2022, doi: 10.1016/j.petsci.2022.03.021.

[6] R. J. Acosta-amado, "'Heliyon Optimization of petroleum products distribution via pipeline systems : Modeling and computational challenges,'" *Heliyon*, vol. 10, no. 14, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e33947.

[7] A. A. Bawono and S. Kartohardjono, "A Techno - Economic Framework for Natural Gas Pipeline Tariff Determination Under State Budget Financing : Evidence from The Semarang - Batang Open - Access Transmission Pipeline , Indonesia," vol. 49, no. 2, pp. 623–631, 2026.

[8] Putri Alifa Kholil, M. A. Budihardjo, and F. Muhammad, "'Penilaian Daur Hidup Proses Distribusi BBM di PT Pertamina (Persero) Fuel Terminal Parepare,'" vol. 20, no. 3, pp. 685–695, 2022, doi: 10.14710/jil.20.3.685-695.

[9] M. Geethani and A. Kulatunga, "Life Cycle Assessment of the Gasoline Supply Chain in Sri Lanka," 2024.

[10] D. T. Utomo and C. Dianita, "Scenario-Based Evaluation of Economic Feasibility and Risk in City Gas Networks : A Case Study From East Java , Indonesia," vol. 48, no. 2, pp. 139–147, 2025.

[11] R. Qiu, B. Zhang, W. Zhao, R. Tu, M. He, and Q. Liao, "An integrated MINLP model for multi-party coordination in downstream oil supply chain," *Pet. Sci.*, vol. 21, no. 3, pp. 2066–2079, 2024, doi: 10.1016/j.petsci.2023.12.008.

[12] A. A. Ishaq, K. B. Akande, S. T. Akinyemi, A. A. Adeniji, K. C. Malesela, and K. Oshinubi,

"Analyzing the Impact of Vandalism , Hoarding , and Strikes on Fuel Distribution in Nigeria," pp. 1–29, 2026.

[13] H. Z. Y. Liang, Q. Liao, and J. Ma, "An MILP approach for detailed scheduling of oil depots along a multi-product pipeline," *Pet. Sci.*, vol. 14, no. 2, pp. 434–458, 2017, doi: 10.1007/s12182-017-0151-8.

[14] F. Studies, "Robust integrated multi-modal network design for green petroleum distribution under uncertainty," pp. 1–24, 2026.

[15] G. Freen, S. Kousar, N. Kausar, D. Pamucar, and G. I. Oros, "Multimodal Fuzzy Downstream Petroleum Supply Chain : A Novel Pentagonal Fuzzy Optimization," 2023, doi: 10.32604/cmc.2023.032985.