DISTRIBUSI OPTIMAL PRODUK PERTAMAX DARI *FUEL TERMINAL* KEDUNGGALAR KE SPBU MENGGUNAKAN PENDEKATAN *SAVING MATRIX*

Maia Nurita Saridevi[1*], Rendy Bagus Pratama[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*: maiasaridevi2@gmail.com

ABSTRAK

Distribusi bahan bakar minyak dari *fuel terminal* ke SPBU merupakan bagian kritis dalam rantai pasok energi. Ketidakefisienan rute pengiriman berdampak langsung pada peningkatan biaya operasional dan risiko kekosongan stok di tingkat pengecer. Penelitian ini mengkaji perancangan distribusi optimal Pertamax dari *Fuel Terminal* (FT) Kedunggalar yang baru direncanakan di Kabupaten Ngawi kepada 16 SPBU dalam radius 30 km menggunakan metode *milk-run routing* dengan pendekatan *saving matrix*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 16 rute terpisah yang semula diperlukan (total 542,16 km/hari), metode ini menghasilkan 6 rute optimal dengan total jarak 387,61 km/hari menghemat 154,55 km per hari atau efisiensi 28,5%. Total biaya distribusi tahunan diestimasi sebesar Rp 1,09 miliar/tahun berdasarkan asumsi biaya operasi Rp 9.200/km. Demand harian tahun desain 2026 sebesar 117,22 kL/hari dapat dilayani oleh 6 armada mobil tangki berkapasitas 24 kL/unit. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan *saving matrix* pada distribusi BBM di wilayah semi-urban memberikan penghematan operasional yang signifikan.

Kata kunci: distribusi optimal, fuel terminal, milk-run, pertamax, saving matrix

1. PENDAHULUAN

Ketahanan energi nasional tidak hanya ditentukan oleh kapasitas produksi dan pengolahan energi, tetapi juga oleh keandalan sistem distribusi dalam menyalurkan bahan bakar dari sumber pasokan menuju titik konsumsi akhir. Dalam sistem distribusi Bahan Bakar Minyak (BBM), *Fuel Terminal* berperan sebagai fasilitas penyimpanan dan penyaluran BBM sebelum didistribusikan kepada konsumen melalui jaringan distribusi, termasuk Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). Proses distribusi dari *Fuel Terminal* menuju SPBU memerlukan perencanaan yang optimal untuk memastikan kebutuhan BBM dapat terpenuhi secara efektif dan berkelanjutan [1]. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi untuk mendukung aktivitas masyarakat dan mobilitas kendaraan, kebutuhan terhadap BBM turut mengalami peningkatan yang berdampak pada meningkatnya aktivitas dan beban pelayanan pada jaringan distribusi BBM [2]. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya perencanaan kapasitas dan pengembangan infrastruktur distribusi BBM pada wilayah yang mengalami peningkatan permintaan, sehingga kontinuitas pasokan BBM kepada konsumen dapat tetap terjaga [3].

Fuel Terminal (FT) Madiun yang beroperasi di Jawa Timur bagian barat saat ini melayani enam wilayah administratif dengan total kapasitas tampung 10.700 kL. Keterbatasan fisik terminal mendorong perencanaan terminal baru di Kabupaten Ngawi. Metode *Center of Gravity* (COG) mengidentifikasi lokasi optimal di Kecamatan Kedunggalar, Kabupaten Ngawi, pada koordinat -7,3963; 111,3391 dengan jarak 31,79 km dari FT Madiun, memenuhi ketentuan radius 30-50 km yang ditetapkan [4].

Perancangan distribusi dari terminal ke SPBU merupakan aspek paling menentukan dalam efisiensi operasional terminal. Pendekatan *direct delivery* yang mengirim satu truk ke satu

SPBU secara terpisah menghasilkan biaya transportasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan model penggabungan rute. Salah satu peneliti menyebutkan distribusi BBM di wilayah Jawa Tengah menunjukkan bahwa penerapan *vehicle routing problem* (VRP) mampu mereduksi total jarak tempuh 18-35% bergantung pada kepadatan titik tujuan [5]. Nahrysa dan Kushariyadi (2024) membuktikan bahwa *saving matrix* sebagai salah satu heuristik VRP klasik memberikan hasil yang kompetitif dengan kompleksitas komputasi yang lebih rendah, sehingga cocok untuk implementasi operasional lapangan [6].

Saving matrix merupakan pendekatan heuristik klasik untuk menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yang dikembangkan oleh Clarke dan Wright pada tahun 1964. Prinsip dasarnya adalah menggabungkan dua titik pengiriman ke dalam satu rute apabila penggabungan tersebut menghasilkan penghematan jarak dibandingkan melayani kedua titik secara terpisah dari depot, sehingga jumlah kendaraan dan total jarak tempuh dapat diminimalkan tanpa memerlukan komputasi yang kompleks. Metode ini dipilih sebagai solusi pada penelitian ini karena telah terbukti efektif pada berbagai studi distribusi BBM sebelumnya. Nahrysa dan Kushariyadi (2024) menerapkan *saving matrix* pada Fuel Terminal XYZ dan berhasil menurunkan kebutuhan mobil tangki dibandingkan pola distribusi eksisting [6]. Permatasari dan Lukmandono (2024) mengombinasikan *saving matrix* dengan *nearest neighbor* dan menunjukkan peningkatan efektivitas serta efisiensi rute distribusi [7]. Fariez Alkaisi (2019) menerapkan metode ini pada distribusi Pertalite di Integrated Terminal Semarang dan berhasil meminimasi jarak tempuh sekaligus biaya distribusi [8]. Kesederhanaan komputasi dan konsistensi hasil pada berbagai konteks distribusi BBM inilah yang mendasari pemilihan *saving matrix* sebagai metode utama pada penelitian ini.

Perencanaan distribusi BBM tidak dapat dipisahkan dari analisis permintaan yang akurat. Model proyeksi berbasis data kendaraan historis yang dikombinasikan dengan faktor *traffic multiplier* dan koreksi penetrasi kendaraan listrik menghasilkan estimasi demand yang lebih konservatif dan realistis dibandingkan ekstrapolasi linier. Demand desain FT Kedunggalar untuk tahun 2026 ditetapkan sebesar 42.786,36 kL/tahun atau 117,22 kL/hari, yang menjadi basis perancangan sistem distribusi pada penelitian ini.

Meskipun penelitian-penelitian terdahulu telah membuktikan keunggulan *saving matrix* dalam mereduksi jarak dan biaya distribusi, sebagian besar studi tersebut dilakukan pada *fuel terminal* yang telah beroperasi dengan data rute historis yang tersedia, sehingga *saving matrix* umumnya digunakan sebagai alat evaluasi terhadap rute eksisting. Penerapan *saving matrix* pada tahap perencanaan untuk *fuel terminal* baru yang belum beroperasi, dengan keterbatasan kelas jalan pada wilayah semi-urban seperti Ngawi-Magetan serta pengujian ketahanan rute terhadap skenario peningkatan permintaan musiman (*peak season*), belum banyak dibahas pada literatur yang ada. Kesenjangan inilah yang mendorong penelitian ini untuk mengaplikasikan *saving matrix* bukan sekadar sebagai alat evaluasi, melainkan sebagai dasar perancangan sistem distribusi sejak tahap perencanaan *fuel terminal*. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini berkontribusi dengan: (1) menerapkan *saving matrix* pada tahap perencanaan distribusi *fuel terminal* baru yang mempertimbangkan batasan kelas jalan sesuai Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006; dan (2) menguji kesiapan rute hasil *saving matrix* terhadap skenario kenaikan permintaan *peak season* melalui simulasi, sehingga hasil penelitian memberikan gambaran rute optimal sekaligus ketahanan operasional pada kondisi ekstrem.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) merancang rute distribusi optimal dari FT Kedunggalar kepada 16 SPBU menggunakan pendekatan *saving matrix*; (2) mengukur efisiensi jarak dan biaya yang dihasilkan; dan (3) mengevaluasi kemampuan sistem distribusi dalam menghadapi skenario peningkatan permintaan pada periode *peak season.*

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan studi kasus perencanaan FT Kedunggalar, Ngawi. Data yang digunakan meliputi: koordinat geografis 16 SPBU aktif dalam radius 30 km dari lokasi FT, demand harian masing-masing SPBU tahun desain 2026, matriks jarak antara depot dan SPBU yang diekstrak dari Google Maps, serta spesifikasi kapasitas armada mobil tangki standar Pertamina sebesar 24 kL per unit.

Subjek penelitian ini adalah Fuel Terminal (FT) Kedunggalar, sebuah *fuel terminal* Pertamax baru yang direncanakan di Kabupaten Ngawi, beserta 16 Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) aktif yang berada dalam radius layanan 30 km dari lokasi FT. Objek penelitian ini adalah sistem distribusi Pertamax dari FT Kedunggalar kepada 16 SPBU tersebut, dengan fokus pada perancangan rute distribusi optimal menggunakan pendekatan *saving matrix* serta evaluasi kesiapan sistem distribusi dalam menghadapi skenario peningkatan permintaan pada periode *peak season*.

Berdasarkan jenisnya, seluruh data yang digunakan dalam penelitian ini bersifat kuantitatif karena disajikan dalam bentuk angka dan diolah secara matematis untuk menghasilkan rute distribusi optimal. Berdasarkan macam atau sumbernya, seluruh data tergolong data sekunder, yaitu data yang tidak diperoleh penulis secara langsung melalui observasi maupun survei lapangan, melainkan telah tersedia dan dipublikasikan oleh instansi atau lembaga lain. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah teknik dokumentasi, yaitu penelusuran, pencatatan, dan pengolahan data sekunder dari dokumen resmi yang telah dipublikasikan. Demand harian tahun desain 2026 sebesar 117,22 kL/hari (42.786,36 kL/tahun) bukan merupakan hasil *capture* dari sumber eksternal, melainkan data sekunder hasil olahan yang dihitung sendiri oleh penulis melalui pendekatan *bottom-up* berbasis kecamatan. Proses perhitungan tersebut dijelaskan dan didokumentasikan secara rinci pada laporan perancangan induk FT Kedunggalar [9].

Analisis data pada penelitian ini dilakukan melalui empat tahap, yaitu pembentukan demand SPBU, penerapan metode *saving matrix*, penetapan batasan rute dan kelas jalan, serta simulasi skenario *peak season* untuk menguji kesiapan sistem distribusi. Demand Pertamax per SPBU dibentuk melalui pendekatan *bottom-up* berbasis kecamatan. Data penduduk per kecamatan dari BPS Kabupaten Ngawi dan BPS Kabupaten Magetan digunakan untuk menghitung porsi kendaraan bermotor yang dialokasikan secara proporsional. Demand dihitung menggunakan formula:

$$Demand = N \times porsi \times frekuensi \times liter \times capture \times traffic$$

Parameter survei dibedakan antara segmen kota kecil (porsi mobil 35%, motor 12%, traffic factor 1,1) dan segmen kabupaten (porsi mobil 25%, motor 8%, traffic factor 1,0-1,15). Total demand tahun desain 2026 setelah forecasting dengan pertumbuhan bersih 2,53%/tahun adalah 42.786,36 kL/tahun (117,22 kL/hari).

Metode *saving matrix* yang dikembangkan oleh Clarke dan Wright (1964) merupakan pendekatan heuristik untuk menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) [10]. Prinsip dasarnya adalah mengukur penghematan (*saving*) yang diperoleh apabila dua titik tujuan digabungkan dalam satu rute. Rumus penghematan:

$$S(i,j) = d(depot,i) + d(depot,j) - d(i,j)$$

di mana d(depot,i) adalah jarak dari depot ke titik i, d(depot,j) adalah jarak dari depot ke titik j, dan d(i,j) adalah jarak langsung antara titik i dan j. Semakin besar nilai S(i,j), semakin besar penghematan dari penggabungan rute.

Prosedur penerapan *saving matrix* meliputi: (1) pembentukan *distance matrix* antar seluruh titik; (2) konversi ke *saving matrix*; (3) pengurutan pasangan SPBU berdasarkan nilai saving tertinggi; (4) penggabungan bertahap dengan batasan kapasitas armada 24 kL per trip; dan (5) iterasi hingga seluruh 16 SPBU terpetakan ke dalam rute optimal. Metode *Saving Matrix* dapat

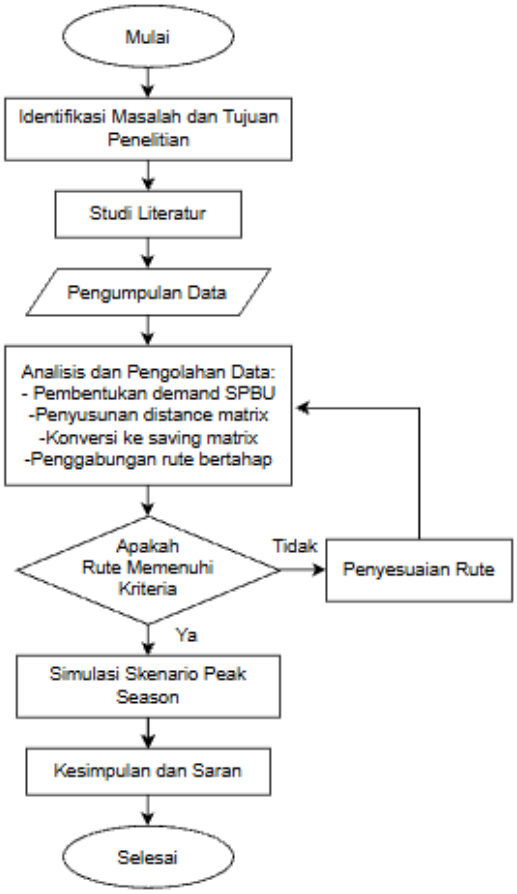
digunakan dalam penentuan rute distribusi BBM dari *Fuel Terminal* menuju SPBU untuk memperoleh rute yang lebih efisien dibandingkan rute eksisting [8].

Seluruh rute distribusi dirancang hanya melewati jalan dengan kelas minimal Kelas II (jalan nasional atau jalan provinsi) yang mampu menahan beban sumbu kendaraan hingga 10 ton, sesuai Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan. Rute melalui jalan desa atau jalan Kelas III dieliminasi dari pertimbangan meskipun secara jarak mungkin lebih pendek, karena risiko kerusakan jalan dan keselamatan operasi angkutan bahan berbahaya tidak dapat diterima. Verifikasi kelas jalan dilakukan melalui peta jaringan jalan Kementerian PUPR dan konfirmasi Google Maps [11].

Untuk menjawab rumusan masalah mengenai kesiapan sistem distribusi menghadapi peningkatan permintaan, penelitian ini menggunakan simulasi skenario deterministik (*what-if scenario simulation*). Simulasi dilakukan dengan menaikkan demand harian normal (117,22 kL/hari) sebesar 20%, 40%, dan 60% untuk merepresentasikan kondisi *peak season* seperti mudik, Lebaran, dan libur panjang. Untuk setiap skenario, jumlah trip minimum yang dibutuhkan dihitung menggunakan persamaan:

$$Trip_min = CEIL(Demand_peak / Kapasitas\ MT)$$

di mana Demand_peak adalah demand harian pada skenario *peak season* dan Kapasitas MT adalah kapasitas mobil tangki (24 kL/unit). Hasil trip minimum tersebut dibandingkan dengan kapasitas desain sistem (6 trip/hari hasil *saving matrix*) untuk menentukan status kesiapan (aman, normal, perlu *prebuild stock*, atau berada pada batas atas kapasitas). Simulasi ini juga menghitung penyesuaian *Reorder Point* (ROP) pada setiap skenario menggunakan formula ROP = (demand harian x lead time) + safety stock, sehingga strategi *pre-build stock* dapat direncanakan sebelum periode puncak berlangsung.



Gambar 1. Flowchart Tahapan Penelitian

3. PEMBAHASAN

A. Profil *Demand* SPBU

Tabel 1 menyajikan alokasi demand harian kepada 16 SPBU aktif dalam radius layanan FT Kedunggalar. Total demand harian tahun 2026 sebesar 117,22 kL/hari didistribusikan kepada SPBU yang tersebar di delapan kecamatan di Kabupaten Ngawi dan Magetan.

Tabel 1. Alokasi Demand dan Rute Distribusi per SPBU

SPBU	Jarak (km)	Demand (kL/hari)	Rute	Kapasitas MT (kL)
54.632.09	6,75	6,78	1	24
54.632.12	7,71	6,78	1	24
54.632.18	12,06	6,65	1	24
Rest Area KM 575 A	14,67	6,65	2	24
Rest Area KM 575 B	14,79	4,52	2	24
54.632.06	16,05	7,20	2	24
54.632.03	16,37	7,80	3	24
54.632.01	16,91	7,50	3	24
54.632.04	17,90	7,50	3	24
54.632.10	18,86	13,88	4	24
Gendingan Widodaren	19,33	9,12	5	24
Mantingan	19,74	6,88	5	24
54.633.06	20,22	4,71	5	24
54.633.08	21,38	6,03	6	24
54.633.11	13,39	9,36	6	24
54.633.05	24,95	5,88	6	24

Dari Tabel 1 terlihat bahwa SPBU Dadapan Klitik (Geneng) memiliki demand harian tertinggi sebesar 13,88 kL/hari karena kecamatannya tidak memiliki SPBU lain sehingga seluruh demand terkonsentrasi pada satu titik. SPBU Rest Area KM 575 B memiliki demand relatif rendah (4,52 kL/hari) karena berbagi demand dengan KM 575 A pada koridor yang sama. Variasi demand ini menjadi pertimbangan utama dalam pembentukan rute *saving matrix.*

B. Hasil Penerapan *Saving Matrix*

Penerapan *saving matrix* terhadap 16 SPBU menghasilkan 6 rute distribusi optimal. Proses penggabungan dimulai dari pasangan SPBU dengan nilai saving tertinggi, dilakukan secara bertahap dengan memeriksa batasan kapasitas armada 24 kL per trip. Tabel 3 merangkum karakteristik setiap rute hasil *saving matrix*.

Tabel 2. Karakteristik 6 Rute Optimal Hasil *Saving Matrix*

Rute	SPBU yang Dilayani	Total Jarak (km)	Total Demand (kL/hari)	Utilisasi MT (%)	Kelas Jalan
1	54.632.09, 54.632.12, 54.632.18	42,52	20,21	84,2%	Kls I-II (Jl.Nasional Maospati-Ngawi)

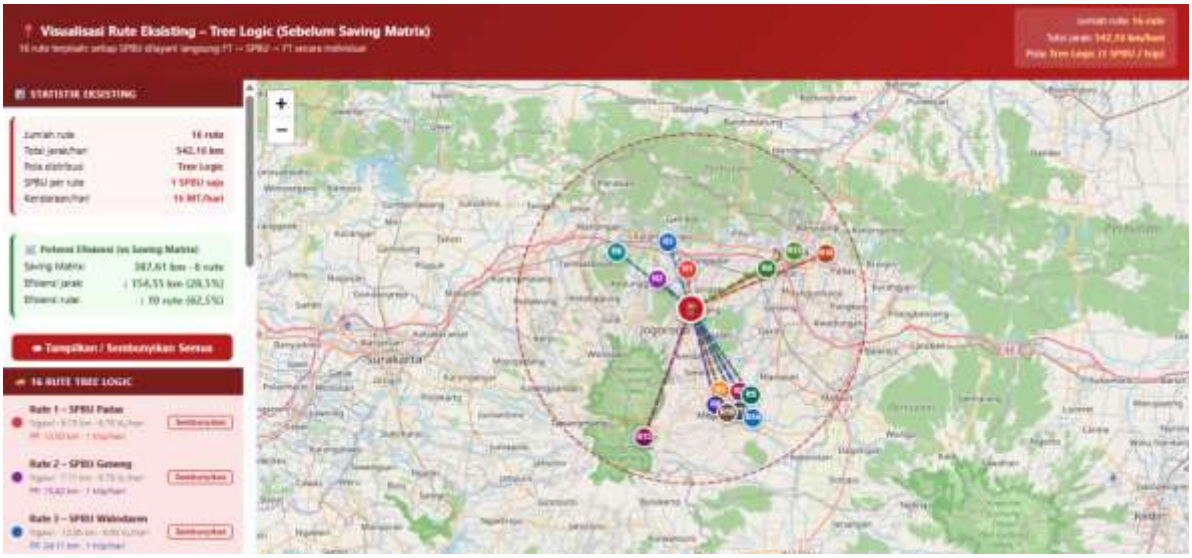
2	Rest Area KM 575 A, Rest Area KM 575 B, 54.632.06	45,51	18,37	76,5%	Kls I (Jl.Tol / Jl.Nasional)
3	54.632.03, 54.632.01, 54.632.04	55,27	22,80	95,0%	Kls I-II (Jl.Nasional & Kota Ngawi)
4	54.632.10	37,72	13,88	57,8%	Kls I (Jl.Nasional Solo-Ngawi)
5	Gendingan Widodaren, Mantingan, 54.633.06	82,06	20,71	86,3%	Kls I-II (Jl.Nasional & Provinsi Magetan-Ngawi)
6	54.633.08, 54.633.11, 54.633.05	124,63	21,27	88,6%	Kls II (Jl.Provinsi Magetan-Ngawi)
Total	16 SPBU	387,61	117,22	-	-

Dari Tabel 2, Rute 3 (Margomulyo-Karangasri-Beran Ngawi) memiliki utilisasi armada tertinggi yaitu 95,0%, menunjukkan bahwa ketiga SPBU sangat efisien dipadukan dalam satu rute karena kedudukannya yang saling berdekatan di koridor Jalan Nasional Kota Ngawi. Sebaliknya, Rute 4 (Dadapan Klitik) memiliki utilisasi terendah (57,8%) karena SPBU tersebut tidak memiliki pasangan yang menghasilkan nilai *saving* positif yang memadai.

Rute 6 (Barat-Sukomoro-Maospati) memiliki jarak terpanjang (124,63 km) karena ketiga SPBU berada di wilayah Kabupaten Magetan yang lebih jauh dari depot. Meskipun demikian, penggabungan ketiganya tetap lebih efisien dibandingkan melayaninya secara terpisah. Rute 1 adalah yang paling pendek di antara rute multi-SPBU (42,52 km) karena kedua SPBU Kedunggalar berada sangat dekat dengan depot (< 8 km).

C. Perbandingan Efisiensi: *Saving Matrix vs. Tree Logic*

Tabel 4 menyajikan perbandingan kuantitatif antara pola distribusi awal (*existing tree logic*, 16 rute terpisah) dengan hasil *saving matrix* (6 rute tergabung).

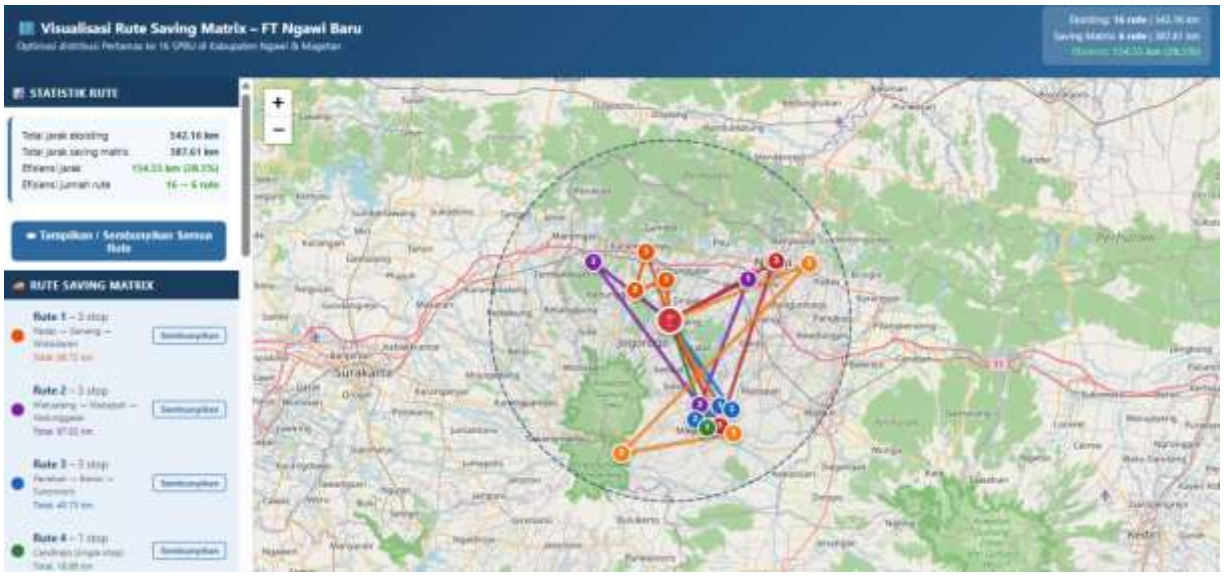


Gambar 2. Rute Pengiriman Pertamax ke SPBU Sebelum Penerapan Saving Matrix

Tabel 3. Perbandingan Efisiensi Distribusi

Parameter	Tree Logic	Saving Matrix	Efisiensi
Jumlah rute/hari	16	6	-10 rute (62,5%)
Total jarak (km/hari)	542,16	387,61	-154,55 km (28,5%)
Jumlah trip MT/hari	16	6	-10 trip/hari
Biaya operasi/hari	Rp 4.987.872	Rp 3.565.912	-Rp 1.421.960 (28,5%)
Biaya operasi/tahun	Rp 1,82 miliar	Rp 1,09 miliar	-Rp 518,5 juta

Penghematan jarak sebesar 154,55 km per hari (28,5%) setara dengan pengurangan konsumsi bahan bakar armada sekitar 77,3 liter/hari, penurunan emisi CO2 sekitar 197,6 kg/hari, serta pengurangan biaya operasional langsung sebesar Rp 1.421.960 per hari. Secara tahunan, efisiensi biaya distribusi mencapai Rp 518,5 juta, dari total Rp 1,82 miliar menjadi Rp 1,09 miliar per tahun.



Gambar 3. Rute Pengiriman Pertamax ke SPBU Setelah Penerapan Saving Matrix

Pengurangan dari 16 pergerakan menjadi 6 pergerakan armada per hari juga berdampak pada penurunan intensitas lalu lintas kendaraan berat di jalan nasional dan jalan provinsi yang dilalui. Hal ini relevan mengingat jalan Kelas II yang dilalui Rute 5 dan Rute 6 memiliki batasan muatan sumbu yang tidak jauh di atas kapasitas armada, sehingga frekuensi lintasan yang lebih rendah turut memperpanjang umur perkerasan jalan.

D. Analisis Kesiapan *Peak Season*

Sebagaimana dijelaskan pada metode simulasi skenario peak season, evaluasi kesiapan sistem distribusi terhadap peningkatan permintaan dilakukan melalui simulasi skenario deterministik terhadap tiga skenario kenaikan demand.

Demand harian normal FT Kedunggalar tahun 2026 sebesar 117,22 kL/hari diuji terhadap skenario kenaikan permintaan musiman (*peak season*). Tabel 5 menyajikan hasil analisis terhadap tiga skenario kenaikan demand.

Tabel 4. Analisis Kesiapan Distribusi pada Skenario *Peak Season*

Skenario	Demand (kL/hari)	Trip Min. (trip/hari)	Trip Desain (trip/hari)	Status Kapasitas	Keterangan
Normal	117,22	5	6	Aman	Cadangan 1 trip
Peak +20%	140,66	6	6	Normal	Tanpa cadangan
Peak +40%	164,11	7	6	Perlu Prebuild	ROP naik ke 355,49 kL
Peak +60%	187,55	8	6	Batas Atas	Prioritas SPBU rest area

Pada skenario *peak* +40%, demand harian meningkat menjadi 164,11 kL/hari sehingga membutuhkan minimal 7 trip per hari. Karena desain hanya menyiapkan 6 trip/hari, sistem perlu dikompensasi dengan strategi *pre-build stock* sebelum periode puncak. Untuk menjaga ketahanan stok selama 14 hari peak season, terminal perlu menyiapkan buffer tambahan sekitar 656,43 kL. *Reorder Point* (ROP) pada kondisi peak +40% naik dari 261,71 kL menjadi 355,49 kL.

Pada skenario peak +60%, kebutuhan distribusi mencapai 8 trip/hari yang berada pada batas atas kapasitas desain. Strategi mitigasi yang perlu diterapkan mencakup: (1) prioritas pengiriman ke SPBU rest area dan koridor tol; (2) penambahan armada sementara melalui kontrak spot; dan (3) penyesuaian jadwal dispatch untuk memaksimalkan utilisasi armada tetap. Perencanaan distribusi BBM yang hanya mempertimbangkan permintaan normal berisiko mengakibatkan kekosongan stok di SPBU strategis pada periode Lebaran dan arus mudik. Perkiraan buffer stock yang terencana merupakan komponen kritis dalam manajemen ketahanan distribusi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *saving matrix* pada distribusi Pertamax dari FT Kedunggalar menghasilkan efisiensi jarak sebesar 28,5%, sejalan dengan temuan Nahrysa dan Kushariyadi (2024) yang melaporkan penurunan kebutuhan mobil tangki setelah penerapan *saving matrix* di Fuel Terminal XYZ [6], maupun Permatasari dan Lukmandono (2024) yang mencatat peningkatan efektivitas dan efisiensi rute melalui kombinasi *saving matrix* dan *nearest neighbor* [7]. Nilai efisiensi 28,5% pada penelitian ini berada pada rentang efisiensi 18-35% yang dilaporkan pada penerapan *vehicle routing problem* untuk distribusi BBM di Jawa Tengah, mengindikasikan bahwa hasil perancangan pada FT Kedunggalar konsisten dengan pola efisiensi yang umum diperoleh metode heuristik serupa pada konteks geografis yang sebanding.

Perbedaan mendasar penelitian ini dengan sebagian besar studi terdahulu terletak pada konteks penerapannya, *saving matrix* pada penelitian ini digunakan sejak tahap perencanaan sebelum FT Kedunggalar beroperasi, sehingga hasil rute optimal dapat langsung dijadikan acuan desain kapasitas armada dan jadwal *dispatch*, alih-alih sekadar mengevaluasi rute yang sudah berjalan. Hasil analisis kesiapan *peak season* turut memperlihatkan bahwa efisiensi rute normal tidak serta-merta menjamin kesiapan menghadapi lonjakan permintaan musiman; pada skenario *peak* +40% dan +60%, sistem 6 rute memerlukan strategi tambahan berupa *pre-build stock* dan penambahan armada sementara, sebuah dimensi kesiapan operasional yang jarang dibahas pada penelitian *saving matrix* sebelumnya yang umumnya berhenti pada perbandingan jarak dan biaya pada kondisi normal.

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu diperhatikan pada penerapan lebih lanjut. Pertama, matriks jarak antar-titik diekstraksi dari estimasi Google Maps, bukan hasil pengukuran atau survei lapangan langsung, sehingga jarak aktual di lapangan berpotensi berbeda akibat kondisi jalan atau hambatan lalu lintas riil. Kedua, simulasi *peak season* yang digunakan bersifat deterministik dan belum mengakomodasi variabilitas stokastik pada pola kedatangan permintaan harian, sehingga hasil simulasi sebaiknya diperlakukan sebagai estimasi

batas atas kebutuhan operasional, bukan prediksi presisi. Keterbatasan ini membuka peluang bagi penelitian lanjutan untuk memvalidasi hasil perancangan melalui survei lapangan pasca-konstruksi serta simulasi stokastik berbasis data historis operasional aktual.

4. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang sistem distribusi optimal Pertamax dari FT Kedunggalar kepada 16 SPBU menggunakan pendekatan *saving matrix*. Tiga simpulan utama dapat ditarik dari hasil penelitian ini.

Pertama, penerapan *saving matrix* mereduksi jumlah rute dari 16 menjadi 6 rute dengan total jarak 387,61 km/hari, menghemat 154,55 km/hari (28,5%) dibandingkan pola distribusi terpisah. Penghematan biaya operasional distribusi tahunan mencapai Rp 518,5 juta, menekan total biaya dari Rp 1,82 miliar menjadi Rp 1,09 miliar per tahun.

Kedua, seluruh rute dirancang melewati jalan Kelas I dan Kelas II, memenuhi standar keselamatan operasi angkutan bahan berbahaya. Tingkat utilisasi armada per rute berkisar 57,8%-95,0%, dengan rata-rata utilisasi 81,4%, menunjukkan keseimbangan yang baik antara efisiensi armada dan fleksibilitas operasional.

Ketiga, analisis *peak season* menunjukkan bahwa sistem 6 rute mampu melayani permintaan normal hingga kenaikan 20% tanpa perubahan operasional. Pada kenaikan 40%, terminal perlu menerapkan strategi *pre-build stock* dengan buffer tambahan 656,43 kL. Pada kenaikan 60%, diperlukan penguatan dispatch dan penambahan armada sementara.

Penelitian ini merekomendasikan agar pengelola FT Kedunggalar mengadopsi sistem *saving matrix* sebagai standar perencanaan distribusi, dengan evaluasi periodik setiap tahun untuk menyesuaikan rute terhadap perubahan demand dan penambahan SPBU baru dalam radius layanan.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] F. M. Dan K. K. Putri Alifa Kholil, M. Arief Budihardjo, “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.

[2] N. K. Ardhiyanto, F. Aji, A. R. Dwicahyani, And A. Soraya, “Penentuan Capacitated Refinery Location Dalam Pendistribusian Produk Bbm Ke Fuel Terminal,” Vol. 5, No. November, Pp. 242–250, 2025.

[3] E. R. Raiky Dwi Rachman, Sono, Amirah Tsabita Mahendra, “Optimalisasi Ketersediaan Jumlah Mobil Tangki Untuk Distribusi Pertamax Ke Pertashop Pada Fuel Terminal X Optimizing The Availability Of Tank Cars For The Distribution Of Pertamax To Pertashop At Fuel,” Vol. 4, No. 6, Pp. 1691–1702, 2024, Doi: 10.59141/Comserva.V4i6.2483.

[4] H. Azmi, S. Malkhamah, And I. Muthohar, “Penentuan Lokasi Fasilitas Intermoda Menggunakan Metode Center Of Gravity Pada Jalur Rel Makassar-Garongkong,” *Semesta Tek.*, Vol. 25, No. 2, Pp. 100–108, 2022, Doi: 10.18196/St.V25i2.15357.

[5] A. Sugiono, “Peran Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai Dalam Mengurangi Permintaan Bbm Di Indonesia,” *Jtera (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, Vol. 7, No. 1, Pp. 65–72, 2022, Doi: 10.31544/Jtera.V7.I1.2022.65-72.

[6] C. P. Nahrysa And Kushariyadi, “Optimasi Rute Distribusi Bbm Guna Menentukan Kebutuhan Mobil Tangki Menggunakan Metode Saving Matrix Di Fuel Terminal Xyz,” In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Dan Mineral*, Politeknik Energi Dan Mineral Akamigas, 2024, Pp. 230–238. Doi: 10.53026/Prosidingsntem.V4i1.82.

[7] A. D. Permatasari And Lukmandono, "Implementasi Metode Saving Matrix Dan Nearest Neighbor Untuk Meningkatkan Efektivitas Dan Efisiensi Rute," *Ind. Inov. J. Tek. Ind.*, Vol. 14, No. 1, Pp. 101–106, 2024, Doi: 10.36040/Industri.V14i1.6990.

[8] K. H. S. Fariez Alkaisi, "Optimalisasi Rute Distribusi Produk Pertalite Dengan Menggunakan Metode Saving Matrix Untuk Meminimasi Jarak Tempuh Dan Biaya Distribusi (Studi Kasus: Integrated Terminal Semarang Pt Pertamina Mor Iv)," 2019.

[9] A. E. Rizaldi, R. F. Aryuda, M. N. Saridevi, And S. Lasmini, "Perencanaan Pembangunan Fuel Terminal Pertamax Baru Berbasis Fuel Terminal Existing Madiun Terminal Pertamax Baru Berbasis Fuel Terminal Existing".

[10] M. Anggraeni, O. Tazkiya, E. Mawandi, And H. Amarilies, "Optimization Of Fuel Distribution Routes For Green Logistics In Multi Compartment Vehicle Routing Problem (Mcvrp) Using Branch And Bound Algorithm," In *Proceedings Of The 13th Annual International Conference On Industrial Engineering And Operations Management (Ieom)*, Ieom Society International, 2023. Doi: 10.46254/An13.20230333.

[11] M. H. S. Putra, "Analisis Penyusunan Kelas Jalan Berdasarkan Peraturan Menteri Pupr (No. 05/Prt/M/2018) Dan Pemetaan Kelas Jalan (Menggunakan Software Arcgis) Pada Jalan Provinsi Di Wilayah Kabupaten Mojokerto," No. 05, Pp. 1–11, 2020.