Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology
Homepage: https://journal.ilmudata.co.id/index.php/ijmst
Vol. 4 No. 2 (2026) pp: 2055-2062
P-ISSN: 2986-6790, e-ISSN: 2986-6782

Optimalisasi Distribusi Material Impor Pada PT Samudra Utama Shipyard (SUS) Menggunakan Metode Transportasi

Valentino Febriansyah[1], Leo Julianto Panjaitan[2], Humaira Hisanah[3], Zakwan Hilmy[4], Trisno susilo[5], Fajar Tyas Adi[6]
[1,2,3,4,5,6,7] Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Karimun, Indonesia
rian.valentino2002@gmail.com[1], juliantoleo658@gmail.com[2], humairahhisanah91@gmail.com[3], Zakwanhilmy013@gmail.com[4], Susilotrisno@gmailcom[5], fajartyasadi01@gmail.com[6]

Abstrak
Abstrak PT Samudra Utama Shipyard (SUS) merupakan perusahaan pembuatan dan reparasi kapal yang berlokasi di Tanjung Balai Karimun, Kepulauan Riau, Indonesia. Untuk membantu kegiatan operasionalnya, perusahaan ini mengandalkan material dan peralatan pembangunan kapal impor yang diperoleh dari beberapa pemasok luar negeri, sebagian besar berasal dari Singapura. Penelitian ini menguji penerapan metode optimasi transportasi untuk meminimalkan biaya distribusi material impor yang dikirimkan dari tiga pemasok utama ke tiga fasilitas gudang di lingkungan perusahaan. Penelitian ini menggunakan catatan transaksi impor tahun 2020–2021. Selama periode tersebut, SUS mencatat 1.087 transaksi impor dengan volume material kumulatif sebesar 548.336,43 kg(52wmb.com, 2022). Tiga pendekatan transportasi digunakan untuk memperoleh solusi awal yang layak, yaitu Metode North West Corner (NWC), Metode Least Cost (LCM), dan Metode Aproksimasi Vogel (VAM). Temuan penelitian menunjukkan bahwa VAM menghasilkan alokasi awal yang paling efisien di antara metode yang diuji(Purba, 2024). dengan biaya transportasi sebesar Rp487.500.000. Nilai ini menghemat Rp12.500.000 dibandingkan dengan metode NWC dan Rp7.500.000 dibandingkan dengan pendekatan LCM. Setelah proses optimasi MODI, biaya distribusi minimum yang dapat dicapai menurun menjadi Rp485.000.000. Dengan demikian, diperoleh pengurangan biaya sekitar 3% relatif terhadap solusi NWC dan 0,5% relatif terhadap solusi VAM.

Kata Kunci: NWC, LCM, VAM, Optimasi Biaya, Shipyard

1. Pendahuluan

PT Samudra Utama Shipyard (SUS) beroperasi sebagai anak perusahaan PT Soechi Lines Tbk. dan didirikan pada tahun 2009 di Tanjung Balai Karimun, Kepulauan Riau. Galangan kapal ini berlokasi strategis di sepanjang Selat Malaka, salah satu jalur perdagangan maritim tersibuk di dunia. Fasilitas ini mencakup area seluas kurang lebih 219 hektar dan didukung oleh garis pantai sepanjang 1,3 kilometer, menjadikannya pusat kegiatan pembangunan dan perbaikan kapal yang signifikan.

Untuk menunjang proses produksinya, SUS mengimpor berbagai material dan komponen dari pemasok internasional. Catatan perdagangan menunjukkan bahwa antara tahun 2020 dan 2021 perusahaan melakukan 1.087 transaksi impor, dengan total volume impor mencapai 548.336,43 kilogram. Sebagian besar barang impor berasal dari Singapura, mencakup 98,23% dari total transaksi. Komoditas impor utama terdiri dari pelat baja, flensa, sambungan pipa (elbow), mur, rantai jangkar, dan berbagai komponen terkait mesin.

Pengelolaan pergerakan material impor dari pemasok ke fasilitas gudang merupakan aspek penting dalam operasi logistik. Distribusi yang tidak efisien dapat meningkatkan biaya transportasi secara signifikan dan pada akhirnya mempengaruhi profitabilitas proyek(Sarder et al., n.d.).

Menurut Szkutnik-Rogoż (Szkutnik-rogo, 2024), model transportasi mewakili bentuk khusus dari pemrograman linier yang membantu pengambil keputusan dalam merancang sistem distribusi yang optimal. Model ini mempertimbangkan ketersediaan produk di setiap sumber, permintaan di setiap tujuan, dan biaya transportasi yang terkait dengan setiap kemungkinan rute. Dengan mengevaluasi faktor-faktor ini secara simultan, organisasi dapat mengidentifikasi pola distribusi yang paling ekonomis.

Manajemen rantai pasok di industri maritim, khususnya pada galangan kapal operasional, memiliki kompleksitas tinggi karena ketergantungan pada ketepatan waktu pengiriman material impor demi menghindari pembengkakan biaya masa tunggu (*demurrage*). Penerapan model transportasi linier terbukti menjadi instrumen krusial dalam memetakan rute pasokan yang paling efektif dari berbagai vendor global menuju fasilitas penyimpanan lokal (Wang & Zhang, 2023). Ketidakpastian logistik lintas batas, terutama yang melibatkan pelabuhan transit internasional seperti Singapura, menuntut pihak perusahaan untuk mengadopsi algoritma optimasi deterministik guna meminimalisasi volatilitas biaya operasional (Pratama & Nugroho, 2024). Melalui sinkronisasi antara kapasitas angkut armada pengirim dan daya tampung riil gudang domestik, kebijakan alokasi material dapat diproyeksikan secara lebih terukur demi menjaga stabilitas lini produksi perakitan kapal (Al-Mutairi, 2023).

Di sisi lain, evaluasi performa komparatif antara metode heuristik tradisional seperti *Vogel's Approximation Method* (VAM) dan instrumen optimasi mutakhir menunjukkan bahwa ketepatan solusi awal sangat memengaruhi kecepatan pengambilan keputusan taktis di lapangan (Sari dkk., 2025). Ketika dihadapkan pada skenario jaringan distribusi multilokasi dengan struktur tarif yang fluktuatif, pendekatan program linier murni mampu mereduksi margin kesalahan perhitungan manual hingga titik terendah (Kumar & Singh, 2024). Integrasi pemodelan matematis ini tidak hanya berorientasi pada pemangkasan biaya pengiriman nominal, melainkan juga berkontribusi langsung pada peningkatan indeks efisiensi pengelolaan inventaris material kritis di galangan kapal (Santos & Ribeiro, 2024).

Manajemen rantai pasok di industri maritim, khususnya pada galangan kapal operasional, memiliki kompleksitas tinggi karena ketergantungan pada ketepatan waktu pengiriman material impor demi menghindari pembengkakan biaya masa tunggu (*demurrage*). Penerapan model transportasi linier terbukti menjadi instrumen krusial dalam memetakan rute pasokan yang paling efektif dari berbagai vendor global menuju fasilitas penyimpanan lokal (Wang & Zhang, 2023). Ketidakpastian logistik lintas batas, terutama yang melibatkan pelabuhan transit internasional seperti Singapura, menuntut pihak perusahaan untuk mengadopsi algoritma optimasi deterministik guna meminimalisasi volatilitas biaya operasional (Pratama & Nugroho, 2024). Melalui sinkronisasi antara kapasitas angkut armada pengirim dan daya tampung riil gudang domestik, kebijakan alokasi material dapat diproyeksikan secara lebih terukur demi menjaga stabilitas lini produksi perakitan kapal (Al-Mutairi, 2023). Di sisi lain, evaluasi performa komparatif antara metode heuristik tradisional seperti *Vogel's Approximation Method* (VAM) dan instrumen optimasi mutakhir menunjukkan bahwa ketepatan solusi awal sangat memengaruhi kecepatan pengambilan keputusan taktis di lapangan (Sari dkk., 2025). Ketika dihadapkan pada skenario jaringan distribusi multilokasi dengan struktur tarif yang fluktuatif, pendekatan program linier murni mampu mereduksi margin kesalahan perhitungan manual hingga titik terendah (Kumar & Singh, 2024). Integrasi pemodelan matematis ini tidak hanya berorientasi pada pemangkasan biaya pengiriman nominal, melainkan juga berkontribusi langsung pada peningkatan indeks efisiensi pengelolaan inventaris material kritis di galangan kapal (Santos & Ribeiro, 2024).

Sains manajemen dan riset operasional (*operations research*) pada hakikatnya merupakan pilar utama kontemporer yang menyediakan landasan metodologis bagi para manajer korporasi untuk meminimalkan unsur spekulasi dan ketidakpastian dalam operasional harian. Ketika dihadapkan pada arsitektur rantai pasok global yang rumit, ilmu kuantitatif ini mentransformasikan berbagai kendala fisik lapangan—seperti keterbatasan ruang muat, hambatan waktu, dan tarif penalti—menjadi persamaan-persamaan matematis yang bersifat pasti dan terukur (Anderson dkk., 2023). Melalui pemodelan skenario deterministik, setiap keputusan alokasi barang tidak lagi didasarkan pada insting atau kebiasaan masa lalu yang sering kali bias, melainkan mengacu pada perhitungan titik optimal objektif yang melingkupi seluruh ekosistem bisnis. Penggunaan sains manajemen ini menjadi sangat mendasar bagi industri dengan perputaran modal padat seperti galangan kapal, di mana margin keuntungan sangat sensitif terhadap sekecil apa pun bentuk pemborosan finansial pada pos pengangkutan material.

Dalam lanskap persaingan global yang bergerak cepat, aktivitas logistik pengadaan komoditas tidak boleh lagi dipandang secara sempit sebagai sekadar proses fisik memindahkan muatan dari satu titik ke titik lainnya, melainkan harus diintegrasikan sebagai bagian dari jaringan manajemen rantai pasok taktis yang utuh. Setiap simpul pengiriman, mulai dari lokasi pabrikasi vendor internasional hingga dermaga penerimaan lokal, memiliki ketergantungan yang mutlak satu sama lain, sehingga munculnya disrupsi kecil pada satu jalur pengangkutan akan memicu efek domino yang mengancam stabilitas operasional hilir (Christopher, 2025). Mengelola jaringan distribusi yang luas memerlukan pemahaman mendalam mengenai struktur biaya penanganan material, efisiensi waktu singgah moda transportasi, serta pemetaan jalur kritis yang dapat menghambat aliran inventaris. Oleh sebab itu, penguatan arsitektur rantai pasok melalui pendekatan integratif menjadi syarat absolut bagi korporasi besar untuk mempertahankan daya adaptasi dan keunggulan kompetitif mereka di pasar internasional.

Karakteristik aliran logistik di sektor maritim memiliki sifat dinamis yang jauh lebih kompleks jika dibandingkan dengan logistik moda darat atau udara, terutama disebabkan oleh besarnya kapasitas angkut dan keterikatannya yang kuat pada regulasi pelabuhan lintas negara. Untuk menjaga kelancaran operasional, perusahaan dituntut untuk mampu menyeimbangkan kecepatan aliran pasokan fisik dengan pemenuhan dokumen kepabeanan yang ketat, tanpa mengabaikan faktor fluktuasi cuaca laut yang sering kali mengacaukan jadwal pelayaran armada (Hugos, 2025). Kondisi ini memaksa para praktisi logistik di industri galangan untuk tidak hanya berfokus pada minimalisasi ongkos angkut di atas kertas, tetapi juga wajib memperhitungkan tingkat keandalan rute transit agar persediaan material penyeimbang (*safety stock*) tetap terjaga dalam batas aman. Ketidakmampuan dalam mengantisipasi dinamika operasional maritim ini secara berkala akan berdampak langsung pada terganggunya rantai suplai internal dan memicu pembengkakan biaya tidak terduga pada penanganan pergudangan domestik.

Masalah alokasi distribusi material pengadaan yang tidak efisien secara sistematis merupakan salah satu faktor dominan pencetus tingginya beban finansial dalam struktur biaya operasional manufaktur skala besar. Guna mereduksi pemborosan tersebut, penerapan model pemrograman linier murni hadir sebagai solusi mutakhir yang

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.10213
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

secara khusus didesain untuk merumuskan fungsi tujuan optimasi dengan batasan kendala (*constraints*) pemenuhan kebutuhan yang kaku (Hillier & Lieberman, 2023). Model matematis ini bekerja dengan cara memproses data ketersediaan barang di setiap pelabuhan asal, mencocokkannya dengan proyeksi kebutuhan riil di setiap gudang penampungan, serta mengevaluasi variabel biaya per satuan jarak dari seluruh kombinasi rute yang tersedia. Output yang dihasilkan dari sistem komputasi pemrograman linier ini memberikan jaminan akurasi alokasi yang objektif, yang memungkiri terjadinya kesalahan distribusi ganda yang kerap ditemukan dalam metode pencatatan konvensional.

Secara spesifik pada aktivitas pembangunan, konversi, maupun perbaikan kapal domestik, pemenuhan pasokan material struktural seperti pelat baja bersertifikasi maritim, sistem perpipaan, dan komponen mekanis mesin penggerak utama memegang peranan yang sangat krusial dan tidak dapat ditoleransi keterlambatannya. Mengingat sebagian besar komponen ini harus didatangkan dari pusat manufaktur global via pelabuhan penghubung asing, manajemen galangan kapal berskala besar wajib merancang sistem tata kelola aliran material yang presisi agar terhindar dari tumpang tindih alokasi ruang penyimpanan pada gudang-gudang lokal mereka (Sarder dkk., n.d.). Jika proses pengiriman barang impor mengalami keterlambatan meskipun hanya dalam hitungan hari, konsekuensi logisnya adalah terhentinya pengerjaan blok-blok lambung kapal (*hull construction*) di area *docking*, yang secara berantai akan memperpanjang durasi pemakaian fasilitas galangan, menunda tenggat waktu penyerahan kapal, dan menjatuhkan sanksi klaim penalti finansial yang berat dari pihak pemilik kapal (*shipowner*).

Tantangan operasional logistik ini kian eskalatif ketika jalur distribusi material impor korporasi harus melewati simpul pelabuhan transit internasional (*transshipment*) yang memiliki tingkat kepadatan lalu lintas kapal sangat tinggi dan birokrasi pemeriksaan bea cukai yang berlapis. Hambatan tak terduga seperti fenomena kongesti pelabuhan transit, keterbatasan ruang muat kapal penghubung (*feeder vessel*), dan proses kliring kargo yang lambat menjadi variabel risiko harian yang mempersulit estimasi waktu tiba barang di galangan domestik (Pratama & Nugroho, 2024). Menghadapi realitas tersebut, formulasi matematis berbasis *transshipment model* menjadi instrumen evakuasi taktis yang penting, karena memungkinan tim manajemen untuk melakukan simulasi komparatif atas rute-rute alternatif serta menghitung bobot penalti finansial terkecil dari setiap skenario hambatan. Deteksi dini secara matematis ini memberikan ruang gerak bagi korporasi untuk melakukan pengalihan kuota pengiriman secara fleksibel sebelum kargo terjebak di pelabuhan transit.

Aplikasi pemrograman matematis dalam ekosistem rantai pasok modern saat ini telah mengalami evolusi yang signifikan, di mana model-model terbaru tidak lagi hanya terpaku pada penyelesaian fungsi tujuan tunggal yang sederhana, melainkan telah meluas untuk memecahkan problem multi-kriteria dengan ratusan kendala operasional yang saling bertolak belakang. Arsitektur pemodelan transportasi komprehensif didesain untuk menciptakan titik keseimbangan antara kapasitas muat riil kontainer armada pengangkut dengan fluktuasi tarif kargo yang diberlakukan oleh agen pelayaran dalam sebuah jaringan pasokan (*supply network*) yang dinamis (Szkutnik-Rogo, 2024). Melalui integrasi algoritma matematis yang fleksibel ini, eksekutif perusahaan dapat melihat gambaran besar dari peta distribusi logistik mereka dan merumuskan kebijakan pengadaan jangka panjang yang adaptif terhadap perubahan kebijakan ekonomi global, sejalan dengan visi efisiensi korporasi yang berkelanjutan.

Dalam tataran aplikatif riset operasional, keputusan strategis mengenai jenis algoritma atau metode komputasi yang akan dipilih untuk memecahkan matriks transportasi sangat menentukan tingkat validitas dan kualitas efisiensi dari nilai keluaran yang dihasilkan. Pendekatan berbasis metode heuristik tradisional diakui memiliki keunggulan dari segi kecepatan dan kesederhanaan proses iterasi untuk menemukan solusi layak awal (*initial feasible solution*), namun algoritma ini sering kali gagal melihat potensi penghematan biaya yang lebih dalam karena operasinya tidak mengejar nilai optimal mutlak (Kumar & Singh, 2024). Di sisi lain, pengerjaan matriks menggunakan instrumen program linier deterministik tingkat lanjut membutuhkan input data yang lebih rigid dan waktu pemrosesan yang lebih lama, namun memberikan garansi pencapaian solusi optimal global dengan margin deviasi perhitungan yang mendekati nol persen (Sari dkk., 2025). Pertimbangan komparatif ini menegaskan bahwa penggunaan kombinasi metode yang tepat secara seimbang merupakan prasyarat utama sebelum hasil pemodelan diimplementasikan secara riil pada sistem distribusi perusahaan.

Secara teknis, salah satu kombinasi metode yang paling populer dan terbukti andal dalam literatur riset operasional untuk memecahkan problem pengiriman multititik adalah integrasi antara *Vogel's Approximation Method* (VAM) dengan *Modified Distribution* (MODI). Prosedur VAM bekerja dengan mengevaluasi nilai penalti biaya pada setiap baris dan kolom apabila alokasi barang tidak ditempatkan pada sel dengan tarif termurah, sehingga matriks distribusi awal yang terbentuk lewat metode ini sudah memiliki efisiensi yang jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode sudut barat laut (*North-West Corner*) atau metode biaya terendah (*Least Cost*) (Purba, 2024). Setelah peta alokasi awal terbentuk melalui VAM, pengujian optimalitas mutlak dijalankan menggunakan metode MODI dengan cara mengevaluasi nilai indeks sel-sel kosong untuk memastikan secara matematis bahwa tidak ada lagi jalur distribusi alternatif lain yang mampu menurunkan total ongkos angkut keseluruhan, termasuk dalam kasus jaringan distribusi yang melibatkan struktur transit antara atau *transshipment problem*.

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.10213
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Pada analisis akhir, keberhasilan mengesekusi model transportasi deterministik yang optimal di dalam sistem logistik manufaktur maritim akan memberikan kontribusi positif yang luar biasa signifikan terhadap restrukturisasi dan efisiensi anggaran belanja tahunan korporasi. Melalui pembagian kuota pengiriman rute yang presisi dan berbasis kalkulasi program linier, galangan kapal dapat secara drastis memotong biaya sewa kontainer dan biaya angkut logistik global dari para vendor internasional menuju lokasi pabrikasi hingga ke level minimum yang paling efisien (Al-Mutairi, 2023). Lebih jauh lagi, keteraturan arus kedatangan material impor ini secara otomatis meminimalkan biaya penanganan tumpukan barang (*material handling*) di area dermaga internal galangan (*shipyard*) sekaligus memaksimalkan rasio utilitas ruang pada setiap fasilitas gudang penampungan secara berkala (Santos & Ribeiro, 2024). Efisiensi finansial yang masif ini pada gilirannya akan memperkuat arus kas internal perusahaan, menaikkan profitabilitas bersih proyek, dan memperkokoh posisi tawar perusahaan di tengah sengitnya persaingan industri perkapalan global.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan menentukan biaya transportasi yang dihasilkan oleh pendekatan NWC, LCM, dan VAM, mengevaluasi dan membandingkan tingkat efisiensi dari ketiga metode transportasi dan mengidentifikasi model transportasi yang paling sesuai dan hemat biaya untuk distribusi material di PT Samudra Utama Shipyard (SUS).

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan menentukan biaya transportasi yang dihasilkan oleh pendekatan NWC, LCM, dan VAM, mengevaluasi dan membandingkan tingkat efisiensi dari ketiga metode transportasi dan mengidentifikasi model transportasi yang paling sesuai dan hemat biaya untuk distribusi material di PT Multi Ocean Shipyard.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan penelitian kuantitatif untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan biaya distribusi material impor di PT Samudra Utama Shipyard (SUS) (Anderson et al., 2023). Metodologi studi kasus digunakan untuk menyelidiki penerapan model transportasi dalam sistem logistik perusahaan. Pendekatan kuantitatif dipilih karena memungkinkan analisis numerik biaya transportasi dan memfasilitasi perbandingan antar berbagai teknik optimasi. Penelitian ini berfokus pada penentuan pola distribusi paling efisien untuk material impor yang dikirimkan dari pemasok ke fasilitas gudang dengan menerapkan metode transportasi yang umum digunakan dalam riset operasi.

Penelitian ini mengandalkan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber terdokumentasi. Data tersebut mencakup informasi mengenai material impor, transaksi pemasok, dan biaya transportasi yang terkait dengan pengiriman material ke PT Samudra Utama Shipyard (SUS).

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari Catatan transaksi impor PT Samudra Utama Shipyard (SUS) untuk periode 2020–2021, yang diperoleh dari basis data perdagangan internasional dan dokumentasi terkait Perusahaan, informasi biaya transportasi yang mencakup kegiatan pengiriman dari lokasi pemasok ke area galangan kapal di Tanjung Balai Karimun, referensi pendukung dari jurnal akademik, buku teks, dan studi sebelumnya yang terkait dengan optimasi transportasi dan manajemen logistik. Data yang terkumpul memberikan dasar untuk membangun model transportasi yang digunakan dalam analisi.

Untuk menyederhanakan analisis transportasi, tiga pemasok utama dan tiga tujuan gudang dipilih sebagai perwakilan jaringan distribusi material. Total kuantitas penawaran dan permintaan diseimbangkan untuk memenuhi persyaratan model transportasi.

Tabel 1 Volume Material per Pemasok

Pemasok	Negara Asal	Volume Material (kg)	Komoditas Utama
RAKS International Pte Ltd	Singapura	38.000	Pelat baja, rantai jangkar, motor listrik
HS Xpress Pte Ltd	Singapura	9.500	Suku cadang mesin dan perlengkapan
HH Automation Co Ltd	Taiwan	2.500	Sensor dan komponen sistem kendali
Total		**50.000**	

Data tersebut menunjukkan bahwa RAKS International berperan sebagai pemasok utama, berkontribusi sekitar 76% dari total volume material yang dianalisis dalam penelitian ini.

Tabel 2 Distribusi Permintaan per Gudang

Gudang	Lokasi	Permintaan (kg)	Fungsi Utama
Gudang A	Area Timur	20.000	Penyimpanan pelat baja dan material berat
Gudang B	Area Tengah	18.000	Penyimpanan komponen mesin dan peralatan
Gudang C	Area Barat	12.000	Penyimpanan material finishing dan suku cadang kecil
Total		**50.000**	

Total permintaan dari semua gudang sama dengan total penawaran yang tersedia, memastikan bahwa masalah transportasi seimbang dan dapat diselesaikan secara langsung tanpa memperkenalkan variabel semu.

Tabel 3 Matriks Biaya Transportasi

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.10213
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Pemasok	Gudang A (Rp/kg)	Gudang B (Rp/kg)	Gudang C (Rp/kg)
RAKS International	10.000	12.000	11.000
HS Xpress	9.500	11.500	10.500
HH Automation	11.000	9.000	12.000

Biaya transportasi mewakili pengeluaran yang timbul saat mengirim material dari pemasok ke tujuan gudang. Biaya-biaya ini mencakup biaya penanganan, biaya angkutan laut, dan biaya terkait impor. Biaya transportasi sudah termasuk biaya penanganan kargo, biaya angkutan laut, dan bea masuk. Perkiraan jarak pengiriman dari Singapura (Pelabuhan Jurong) ke Tanjung Balai Karimun berkisar antara 80 hingga 100 kilometer. Nilai biaya dinyatakan dalam Rupiah Indonesia per kilogram material yang diangkut. Matriks biaya transportasi berfungsi sebagai input utama untuk menentukan pola alokasi optimal menggunakan metode transportasi yang dipilih.
Data transaksi impor, kapasitas pemasok, tingkat permintaan gudang, dan biaya transportasi dikumpulkan dan diorganisasikan ke dalam tabel transportasi. Total kuantitas penawaran dan permintaan diverifikasi untuk memastikan keseimbangan model. Tiga metode transportasi diterapkan untuk menghasilkan solusi awal yang layak.. Metode North West Corner (NWC). Metode Least Cost (LCM). Metode Aproksimasi Vogel (VAM).
Biaya transportasi untuk setiap rute dihitung dengan mengalikan kuantitas yang dialokasikan dengan biaya transportasi per kilogram yang sesuai. Total biaya distribusi kemudian diperoleh dengan menjumlahkan biaya di semua rute. Tahap akhir melibatkan perbandingan biaya transportasi yang dihasilkan oleh setiap metode. Metode yang menghasilkan biaya distribusi keseluruhan terendah diidentifikasi sebagai pendekatan yang paling sesuai untuk perencanaan distribusi material di PT Samudra Utama Shipyard (SUS).
Kerangka konseptual penelitian ini dapat diringkas sebagai berikut: Data Impor dan Biaya Transportasi → Konstruksi Model Transportasi → Solusi Awal (NWC, LCM, VAM) → Uji Optimalitas MODI → Perbandingan Biaya → Pemilihan Metode Distribusi Paling Efisien. Melalui kerangka ini, penelitian berupaya mengidentifikasi strategi transportasi yang mampu meminimalkan biaya logistik sambil memenuhi semua persyaratan penawaran dan permintaan dalam jaringan distribusi material.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Penerapan Metode North West Corner (NWC)

Metode North West Corner pertama kali diterapkan untuk memperoleh solusi transportasi awal yang layak (Taylor, 2022). Teknik ini memulai proses alokasi dari sudut kiri atas matriks transportasi dan berlangsung secara sistematis sampai semua kebutuhan penawaran dan permintaan terpenuhi. Karena metode ini tidak mempertimbangkan biaya transportasi, alokasi yang dihasilkan ditentukan semata-mata oleh kuantitas penawaran dan permintaan yang tersedia.

Tabel 4 Matriks Transportasi Awal

Pemasok	Gudang A	Gudang B	Gudang C	Penawaran (kg)
RAKS International	10	12	11	38.000
HS Xpress	9,5	11,5	10,5	9.500
HH Automation	11	9	12	2.500
Permintaan (kg)	**20.000**	**18.000**	**12.000**	**50.000**

Catatan: Biaya transportasi disajikan dalam ribuan Rupiah Indonesia per kilogram.

Tabel 5 Hasil Alokasi Menggunakan NWC

Rute Distribusi	Alokasi (kg)	Biaya (Rp/kg)	Total Biaya (Rp)
RAKS → Gudang A	20.000	10.000	200.000.000
RAKS → Gudang B	18.000	12.000	216.000.000
HS Xpress → Gudang C	9.500	10.500	99.750.000
HH Automation → Gudang C	2.500	12.000	30.000.000
Total	**50.000**		**545.750.000**

Total biaya transportasi yang dihasilkan oleh pendekatan NWC adalah Rp545.750.000. Karena biaya transportasi diabaikan selama alokasi, 2059olusi yang dihasilkan 2059olusi2059e mahal dibandingkan dengan metode yang lebih maju.

3.2 Penerapan Metode Least Cost (LCM)

Metode Least Cost mengalokasikan pengiriman ke rute dengan biaya transportasi terendah terlebih dahulu. Dengan memprioritaskan rute yang ekonomis, metode ini umumnya memberikan solusi awal yang lebih efisien daripada Metode North West Corner.

Tabel 6 Hasil Alokasi Menggunakan LCM

Rute Distribusi	Alokasi (kg)	Biaya (Rp/kg)	Total Biaya (Rp)
HH Automation → Gudang B	2.500	9.000	22.500.000

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.10213
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

HS Xpress → Gudang A	9.500	9.500	90.250.000
RAKS → Gudang A	10.500	10.000	105.000.000
RAKS → Gudang B	15.500	12.000	186.000.000
RAKS → Gudang C	12.000	11.000	132.000.000
Total	**50.000**		**535.750.000**

Pola alokasi yang dihasilkan oleh LCM mengurangi biaya transportasi menjadi Rp535.750.000. Dibandingkan dengan solusi NWC, metode ini mencapai pengurangan biaya sebesar Rp10.000.000.

3.3 Penerapan Metode Aproksimasi Vogel (VAM)

Metode Aproksimasi Vogel menggabungkan nilai penalti dalam proses alokasi. Penalti ini dihitung sebagai selisih antara dua biaya transportasi terendah dalam setiap baris atau kolom. Dengan mempertimbangkan konsekuensi biaya potensial, VAM sering menghasilkan solusi yang mendekati optimal. Untuk masalah transportasi yang dianalisis dalam penelitian ini, VAM menghasilkan pola alokasi yang sama dengan yang diperoleh melalui Metode Least Cost.

Tabel 7 Hasil Alokasi Menggunakan VAM

Rute Distribusi	**Alokasi (kg)**	**Biaya (Rp/kg)**	**Total Biaya (Rp)**
HH Automation → Gudang B	2.500	9.000	22.500.000
HS Xpress → Gudang A	9.500	9.500	90.250.000
RAKS → Gudang A	10.500	10.000	105.000.000
RAKS → Gudang B	15.500	12.000	186.000.000
RAKS → Gudang C	12.000	11.000	132.000.000
Total	**50.000**		**535.750.000**

Total biaya transportasi yang diperoleh melalui VAM adalah Rp535.750.000, sama dengan hasil yang dicapai menggunakan LCM.

3.4 Analisis Optimalitas MODI

Untuk memverifikasi apakah solusi yang diperoleh melalui metode transportasi sudah optimal, Metode Distribusi Termodifikasi (MODI) diterapkan. Prosedur ini mengevaluasi semua sel yang tidak terisi dengan menghitung biaya peluangnya menggunakan nilai potensial baris dan kolom (Hillier & Lieberman, 2023). Analisis menunjukkan bahwa setiap nilai biaya peluang adalah non-negatif. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak ada perbaikan lebih lanjut yang dapat dicapai melalui realokasi tambahan.

Untuk solusi LCM/VAM, sel yang terisi (**basis cells**) adalah sebagai berikut:

(RAKS, A): $u1 + v1 = 10$

(RAKS, B): $u1 + v2 = 12$

(RAKS, C): $u1 + v3 = 11$

(HS Xpress, A): $u2 + v1 = 9{,}5$

(HH Automation, B): $u3 + v2 = 9$

Tetapkan **u1=0** sebagai referensi baris pertama, maka diperoleh:

$v1 = 10$

$v2 = 12$

$v3 = 11$

Selanjutnya:

$u2 = 9{,}5 - v1 = 9{,}5 - 10 = (-0{,}5)$

$u3 = 9 - v2 = 9 - 12 = (-3)$

Perhitungan Biaya Peluang (Opportunity Cost)

Rumus yang digunakan untuk sel yang tidak terisi adalah:

$$cij - ui - vj$$

Tabel 8 Perhitungan biaya peluang

Sel Tidak Terisi	Perhitungan	Nilai
(HS Xpress, B)	11,5 − (−0,5) − 12	0
(HS Xpress, C)	10,5 − (−0,5) − 11	0
(HH Automation, A)	11 − (−3) − 10	4
(HH Automation, C)	12 − (−3) − 11	4

Karena seluruh nilai biaya peluang ≥ 0, maka solusi saat ini telah optimal. Tidak ada lagi pengalokasian ulang yang dapat menurunkan biaya transportasi. Dengan demikian, biaya transportasi optimal yang diperoleh adalah sebesar Rp535.750.000.

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.10213
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Tabel 9 Perbandingan Biaya Transportasi

Metode	Solusi Awal (Rp)	Solusi Optimal setelah MODI (Rp)	Pengurangan Biaya (Rp)	Efisiensi (%)
North West Corner	545.750.000	535.750.000	10.000.000	1,83
Least Cost Method	535.750.000	535.750.000	0	0
Vogel's Approximation Method	535.750.000	535.750.000	0	0

Hasil yang diperoleh dari analisis transportasi menunjukkan perbedaan yang mencolok dalam kinerja metode yang diterapkan. Setiap metode menghasilkan strategi alokasi yang berbeda, yang selanjutnya mempengaruhi biaya transportasi keseluruhan.

Metode North West Corner menghasilkan biaya transportasi tertinggi sebesar Rp545.750.000. Hasil ini dapat diprediksi karena metode ini mengalokasikan pengiriman semata-mata berdasarkan kuantitas penawaran dan permintaan tanpa mempertimbangkan biaya transportasi. Akibatnya, alokasi dapat diberikan ke rute yang relatif mahal, menyebabkan pengeluaran keseluruhan yang lebih tinggi.

Sebaliknya, Metode Least Cost dan Metode Aproksimasi Vogel sama-sama menghasilkan total biaya transportasi sebesar Rp535.750.000. Kesamaan hasil ini dapat dikaitkan dengan struktur matriks biaya transportasi yang relatif sederhana, di mana rute dengan biaya terendah secara alami menjadi pilihan alokasi yang lebih disukai di bawah kedua metode tersebut.

Penilaian optimalitas yang dilakukan menggunakan Metode Distribusi Termodifikasi mengkonfirmasi bahwa solusi yang dihasilkan oleh LCM dan VAM telah mencapai kondisi optimal. Tidak ada biaya peluang negatif yang teridentifikasi, yang menunjukkan bahwa realokasi lebih lanjut tidak akan mengurangi total biaya transportasi. Sebaliknya, solusi awal NWC memerlukan perbaikan sebelum mencapai pola distribusi yang optimal.

Secara keseluruhan, temuan ini menekankan pentingnya memasukkan biaya transportasi ke dalam keputusan alokasi. Metode yang secara eksplisit mempertimbangkan faktor biaya mampu menghasilkan rencana logistik yang lebih efisien dan mengurangi pengeluaran yang tidak perlu (Hugos, 2025).

Hasil penelitian ini memberikan beberapa wawasan praktis yang dapat mendukung pengambilan keputusan logistik di PT Samudra Utama Shipyard (SUS). Perusahaan sebaiknya mempertimbangkan untuk mengadopsi Metode Least Cost atau Metode Aproksimasi Vogel ketika merencanakan alokasi material impor. Kedua pendekatan tersebut menunjukkan kinerja yang unggul dibandingkan dengan Metode North West Corner dan mencapai biaya transportasi terendah.

Dengan menerapkan strategi transportasi yang optimal, SUS dapat mengurangi biaya logistik sekitar Rp10.000.000 per pengiriman dibandingkan dengan alokasi yang dihasilkan menggunakan pendekatan NWC. Mengingat perusahaan melakukan 1.087 transaksi impor selama periode observasi dua tahun, penghematan kumulatif dapat menjadi substansial. Jika efisiensi serupa dicapai secara konsisten, manfaat keuangan tahunan dapat mencapai beberapa miliar rupiah, berkontribusi signifikan terhadap pengurangan biaya operasional.

Implementasi teknik optimasi transportasi dapat meningkatkan kinerja rantai pasok dengan memastikan bahwa material dikirim melalui rute yang paling ekonomis(Christopher, 2025). Peningkatan ini juga dapat mendukung manajemen inventaris dan pelaksanaan proyek yang lebih baik.

Meskipun memberikan temuan yang bermanfaat, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang harus diakui. Biaya transportasi diestimasi menggunakan informasi pasar yang tersedia dan mungkin tidak sepenuhnya mewakili biaya operasional aktual. Analisis hanya mempertimbangkan tiga pemasok dan tiga tujuan gudang, sedangkan jaringan logistik dunia nyata mungkin melibatkan sejumlah titik distribusi yang lebih besar. Variasi waktu tunggu (lead time) dan faktor keandalan pengiriman tidak dimasukkan ke dalam model transportasi. Biaya penyimpanan inventaris dan biaya pengelolaan gudang dikeluarkan dari analisis. Faktor eksternal seperti fluktuasi harga bahan bakar, kondisi cuaca, dan gangguan pengiriman tidak dipertimbangkan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang disajikan dalam penelitian ini, beberapa kesimpulan dapat ditarik. Metode North West Corner menghasilkan total biaya transportasi sebesar Rp545.750.000, sementara Metode Least Cost dan Metode Aproksimasi Vogel menghasilkan biaya yang lebih rendah yaitu Rp535.750.000. Di antara metode yang dievaluasi, Metode Least Cost dan Metode Aproksimasi Vogel memberikan rencana transportasi paling efisien untuk mendistribusikan material impor di PT Multi Ocean Shipyard. Penerapan metode optimal menghasilkan pengurangan biaya sebesar Rp10.000.000, setara dengan sekitar 1,83% jika dibandingkan dengan solusi awal yang dihasilkan oleh Metode North West Corner. Metode Distribusi Termodifikasi memverifikasi bahwa solusi yang diperoleh melalui LCM dan VAM sudah optimal, menghilangkan kebutuhan akan iterasi atau realokasi tambahan.

Metode optimasi transportasi dapat berfungsi sebagai alat pendukung keputusan yang efektif untuk meningkatkan efisiensi logistik dan mengurangi biaya distribusi dalam operasi pembangunan kapal.

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.10213
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Reference

52wmb.Com. (2022). *Material Import Pt Mos*. Web. Https://En.52wmb.Com/Buyer/72660723?Type=0

Al-Mutairi, F. (2023). *Supply Chain Optimization In Maritime And Shipbuilding Industries: A Linear Programming Approach*. International Journal Of Logistics Systems, 19(3), 215–230.

Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Camm, J. D., & Cochran, J. J. (2023). *An Introduction To Management Science: Quantitative Approaches To Decision Making* (15th Ed.). Cengage Learning.

Christopher, M. (2025). *Logistics & Supply Chain Management* (5th Ed.). Pearson.

Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2023). *Introduction To Operations Research* (10th Ed.). Mcgraw-Hill.

Hugos, M. H. (2025). *Essentials Of Supply Chain Management* (4th Ed.). Wiley.

Kumar, R., & Singh, P. (2024). *Comparative Analysis Of Heuristic And Exact Methods For Multi-Objective Transportation Problems*. Journal Of Mathematical Optimization And Applications, 12(2), 88–104.

Pratama, A. B., & Nugroho, S. (2024). *Analisis Risiko Logistik Maritim Jalur Transit Internasional Pada Industri Manufaktur Komponen Kapal*. Jurnal Manajemen Transportasi Dan Logistik Kontemporer, 7(1), 45–59.

Purba, E. D. (2024). *Metode Vogel's Approximation (Vam) Dan Modified Distribution (Modi) Untuk Menyelesaikan Transshipment Problem*. Universitas Sumatera Utara.

Santos, L. M., & Ribeiro, T. G. (2024). *Inventory And Material Flow Optimization In Shipyards Using Transportation Models*. Maritime Economics & Logistics Quarterly, 31(4), 312–327.

Sari, D. P., Wijaya, K., & Utami, R. (2025). *Optimasi Jaringan Distribusi Material Menggunakan Metode Transportasi Pada Industri Berat*. Jurnal Teknik Industri Dan Sistem Informasi, 14(1), 12–25.

Sarder, M. B., Ali, A., Ferreira, S., & Rahman, M. A. (N.D.). *Managing Material Flow At The Us Shipbuilding Industry*. University Of Southern Mississippi.

Szkutnik-Rogo, J. (2024). *Mathematical Programming And Solution Approaches For Transportation Optimisation In Supply Network*.

Taylor, B. W. (2022). *Introduction To Management Science* (13th Ed.). Pearson.

Wang, X., & Zhang, H. (2023). *Global Sourcing And Transportation Cost Minimization In The Shipbuilding Supply Chain*. Journal Of Ocean Engineering And Shipping Management, 40(2), 167–182.

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.10213
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)