

Optimasi Biaya Distribusi Semen Di Pt Abc Dengan Menggunakan *Mixed Integer Linear Programming* Untuk Menurunkan Biaya Distribusi

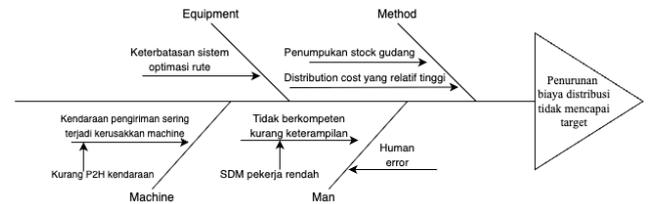
Najwa Faroh Josi
Industrial Engineering Study Program
 Telkom University
 Bandung
 Najwafhrjsi@student.telkomuniversity.ac.id

M. Nashir Ardiansyah, S.T., M.T., Ph.D
Industrial Engineering Study Program
 Telkom University
 Bandung
 Nashirardiansyah@telkomuniversity.ac.id

Dr. Iphov Kumala Sriwana S.T., M.Si., IPM
Industrial Engineering Study Program
 Telkom University
 Bandung
 Iphovkumala@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Distribusi merupakan elemen yang penting dalam manajemen rantai pasokan, terutama dalam industri semen yang berhubungan dengan produk bervolume tinggi dan permintaan yang tersebar luas. PT ABC, sebagai perusahaan solusi konstruksi terbesar di Indonesia menghadapi tantangan yang signifikan karena kelebihan pasokan semen domestik dan meningkatnya biaya distribusi. Dimana biaya distribusi mencapai 15,5%. Dengan hal itu penelitian ini bertujuan untuk Mengoptimalkan biaya distribusi semen di PT ABC menggunakan pendekatan *Mixed Integer Linear Programming* dimana guna mencapai target penurunan biaya distribusi pada tahun 2023 yaitu sebesar 10,01%. Hal ini dapat dilihat dalam metodologi yang digunakan yaitu menggabungkan antara *Distribution requirement planning* dan *Mixed Integer Linear Programming*. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa biaya distribusi berhasil diturunkan dari Rp523.913.639 menjadi Rp400.372.988 atau turun hingga menjadi 7,93% dimana hal tersebut melampaui target efisiensi. Studi ini dapat membuktikan bahwa pendekatan matematis berdasarkan *Mixed Integer Linear Programming* dapat digunakan dalam mendukung efisiensi pengiriman, meningkatkan daya saing perusahaan di pasar yang sudah jenuh, dan mendukung optimalitas biaya distribusi.

Industri semen nasional mengalami kelebihan kapasitas, mendorong perusahaan seperti PT ABC untuk merevisi strategi distribusi mereka agar tetap kompetitif. PT ABC menargetkan untuk menurunkan biaya distribusi menjadi 10,01% pada tahun 2023. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan matematis untuk mendesain ulang jaringan distribusi untuk mencapai efisiensi biaya yang optimal. Situasi ini mengindikasikan adanya kebutuhan mendesak akan perbaikan dalam proses pengiriman untuk meningkatkan efisiensi operasional. Oleh karena itu, tinjauan mendalam mengenai penyebab tidak terpenuhinya permintaan akan dilakukan dengan menggunakan diagram fishbone berikut ini:

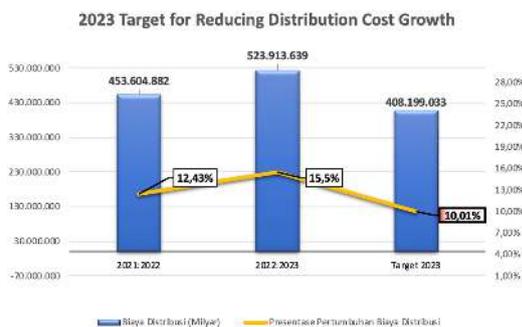


GAMBAR 2
 Diagram Fishbone

Kata kunci— Jaringan distribusi, Optimasi biaya, MILP, DRP, Rantai pasok.

I. PENDAHULUAN

Distribusi dan transportasi merupakan elemen penting dalam manajemen rantai pasokan semen. Biaya distribusi terus meningkat setiap tahunnya, sementara volume penjualan cenderung stagnan.



GAMBAR 1
 Volume Penjualan

Fishbone di atas mengidentifikasi penyebab utama di balik kegagalan PT ABC dalam mencapai target penurunan biaya distribusi. Analisis menunjukkan bahwa masalah tersebut berasal dari faktor internal, yang dapat dikategorikan ke dalam empat aspek utama yaitu: Method, Equipment, Man, dan Machine. Dalam hal method, temuan menyoroti kelebihan stok gudang dan biaya distribusi yang relatif tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem manajemen distribusi dan strategi pengendalian biaya belum berjalan secara efisien. Mengenai Man, masalah tenaga kerja muncul karena rendahnya keterampilan, kurangnya kompetensi, dan kesalahan lainnya dalam kegiatan operasional.

Pada kategori Machine, sering terjadinya kerusakan pada kendaraan pengantaran disebabkan oleh tidak adanya pengecekan pra-operasional, yang menyebabkan keterlambatan pengiriman dan meningkatkan biaya

operasional. Sementara itu, dari sisi Equipment sistem optimasi rute yang ada saat ini masih terbatas dan belum mampu merancang rute pengiriman yang efisien dan optimal. Kombinasi dari faktor-faktor tersebut menyebabkan operasional distribusi PT ABC gagal menekan biaya distribusi hingga mencapai 10,01% yang ditargetkan. Temuan ini menekankan perlunya perbaikan sistem secara menyeluruh, termasuk pengembangan keterampilan tenaga kerja, pemeliharaan kendaraan yang lebih ketat, dan adopsi sistem perencanaan rute yang lebih canggih dan responsif yang sesuai dengan kondisi distribusi secara real-time.

PT ABC Memiliki jaringan distribusi yang berasal dari pabrik tuban, dan pendistribusiannya dilakukan melalui jalur darat. Model distribusi yang ditetapkan oleh PT ABC dapat dilihat pada gambar berikut:



GAMBAR 3
Model Distribusi

PT ABC menghadapi tantangan dalam perencanaan distribusi yang mengakibatkan biaya distribusi yang tinggi. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini bertujuan untuk merancang jaringan distribusi dengan menggunakan metode DRP dan MILP. Tujuannya adalah untuk melakukan pengembangan rencana penjadwalan distribusi yang efektif untuk memenuhi permintaan di setiap distribusi PT ABC, menyelesaikan masalah biaya distribusi, dan meningkatkan efisiensi operasional perusahaan.

Permasalahan penelitian ini difokuskan bagaimana merancang jaringan distribusi dengan menggunakan metode DRP dan MILP untuk memenuhi permintaan di setiap distributor, dengan tujuan akhir untuk menentukan desain jaringan yang efektif dan mengoptimalkan biaya distribusi.

II. KAJIAN TEORI

A. Rantai Pasok

Rantai Pasokan adalah jaringan perusahaan yang bekerja sama untuk menciptakan dan mengirimkan produk ke pengguna akhir. Rantai pasokan melibatkan kontributor langsung dan tidak langsung, termasuk produsen, pemasok, distributor, transportasi, gudang, pengecer, dan bahkan pelanggan, yang semuanya bertujuan untuk memaksimalkan nilai di seluruh proses. (Chopra & Meindl).

B. Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi mencakup semua kegiatan logistik yang terkait dengan pemindahan produk dari fasilitas produksi ke konsumen akhir. Hal ini melibatkan penentuan kombinasi terbaik dari lokasi fasilitas, rute transportasi, dan alokasi permintaan untuk memastikan kualitas layanan dengan biaya minimal.

C. Manajemen Distribusi

Manajemen distribusi yang efektif dapat mengintegrasikan penempatan inventaris, pemilihan moda transportasi, dan koordinasi fasilitas. Hal ini bertujuan untuk mengurangi waktu tunggu, mengoptimalkan tingkat stok, dan mencapai daya tanggap dan efisiensi logistik.

D. Biaya Distribusi

Biaya distribusi mencakup keseluruhan biaya yang terkait dengan pengiriman barang dari produsen ke konsumen, termasuk biaya transportasi, penyimpanan, dan administrasi.

E. Perencanaan Jaringan Distribusi

Desain jaringan distribusi adalah tentang mengelola aliran barang dan jasa dari produsen ke konsumen akhir secara efisien, tepat waktu, dan dengan biaya serendah mungkin (Pelser et al., 2014).

F. Optimasi Biaya

Optimasi biaya melibatkan meminimalkan total biaya yang terkait dengan operasi rantai pasokan sambil mempertahankan kinerja. Metode seperti MILP memungkinkan pemodelan kendala yang kompleks untuk menentukan rencana distribusi yang paling hemat biaya.

G. Tujuan *Inventory*

Tujuan inventaris adalah untuk menentukan keseimbangan antara investasi inventaris dan kepuasan pelanggan.

H. Biaya Penyimpanan

Biaya penyimpanan mengacu pada biaya yang timbul dari biaya penyimpanan, biaya pemesanan, dan biaya penyiapan.

I. Safety Stock

Stok pengaman adalah persediaan tambahan yang mengakomodasi permintaan yang tidak teratur dan berfungsi sebagai cadangan.

J. Distribution Requirement Planning (DRP)

DRP adalah metode peramalan dan penjadwalan yang digunakan untuk merencanakan pengisian ulang inventaris di pusat distribusi. Metode ini memungkinkan penyesuaian pasokan dengan permintaan yang diperkirakan, sehingga memastikan kecukupan stok tanpa persediaan yang berlebihan.

K. Mixed Integer Linear Programming (MILP)

MILP adalah metode optimasi matematis yang digunakan untuk memecahkan masalah pengambilan keputusan yang melibatkan hubungan linier dan kendala bilangan bulat. Metode ini sangat cocok untuk optimasi rantai pasokan di mana variabel biner dan kontinu harus dipertimbangkan.

L. Gurobi

Gurobi adalah perangkat lunak berpemilik untuk optimasi matematika yang dikembangkan oleh Gurobi Optimization, LLC. Perangkat lunak ini digunakan untuk memecahkan berbagai masalah optimasi komersial dengan kecepatan dan kinerja tinggi.

III. METODE

Kerangka kerja pemecahan masalah dalam penelitian ini terdiri dari empat tahap utama, sebagai berikut:

A. Tahap Identifikasi Awal

Proses ini diawali dengan studi lapangan dan tinjauan literatur untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif mengenai masalah yang akan dibahas. Hasil dari tahap ini meliputi identifikasi masalah, perumusan masalah, dan penetapan tujuan penelitian, yang akan memandu arah keseluruhan proses pemecahan masalah.

B. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari jaringan distribusi PT ABC. Data sekunder diperoleh dari laporan tahunan perusahaan. Data yang dikumpulkan meliputi: Permintaan produk di setiap Distribution Center (DC) untuk tahun 2023. Data produksi, pengiriman, dan persediaan, Data lead time dan biaya distribusi. Pengolahan data meliputi: Menghitung safety stock dan biaya pemesanan, Peramalan permintaan, Menganalisis aktivitas distribusi saat ini dengan menggunakan metode DRP.

C. Tahap Analisis Data

Tahap ini meliputi: Analisis tingkat layanan, Analisis hasil peramalan, Evaluasi model distribusi yang diusulkan dan efisiensi biaya. Model yang optimal kemudian dirancang dengan menggunakan metode Mixed Integer Linear Programming (MILP) yang diintegrasikan dengan DRP. Hasil dari model diverifikasi dan divalidasi melalui wawancara atau sumber data pendukung. Jika model dianggap tidak valid, maka akan dilakukan perbaikan hingga diperoleh jaringan distribusi yang sesuai. Gambar 3. Perencanaan dan penjadwalan kegiatan distribusi berdasarkan metode Distribution Requirement Planning (DRP)

D. Tahap Kesimpulan dan Rekomendasi

Berdasarkan hasil analisis data dan pengembangan model, dilakukan penarikan kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian. Rekomendasi kemudian diberikan untuk pengembangan lebih lanjut dan penyempurnaan penelitian serupa di masa mendatang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Model Matematis

$$\min \sum_{t=0}^T \sum_{i=0}^N C_i Z_{it} + H_i I_{it} \tag{IV.1}$$

$$Q_{it} = 0 \quad \forall i=0, \dots, N, t = 1, \dots, T \tag{IV.2}$$

$$T, i = 0, \dots, N \tag{IV.3}$$

$$I_{i1} = Q_{i1} - D_{i1} - \sum_{j=0}^N K_{ij} O_{jt} \quad \forall t = 1, \dots, T, i = 0, \dots, N \tag{IV.4}$$

$$I_{it} = Q_{it} - D_{it} + I_{i,t-1} - \sum_{j=0}^N K_{ij} O_{jt}$$

$$Z_{it} M \geq Q_{it} \quad \forall t = 0, \dots, T, i = 0, \dots, N \tag{IV.5}$$

$$Q_{it} \leq Cap \quad \forall t = 0, \dots, T, i = 0, \dots, N \tag{IV.6}$$

$$O_{it} = Q_{i,t+1} + Li \quad \forall v = 0, \dots, V; t = 1, \dots, T \tag{IV.7}$$

$$I_{it} \geq SS_{it} \quad \forall t = 1, \dots, T, i = 0, \dots, N \tag{IV.8}$$

B. Hasil Optimasi

TABEL 1
Hasil Optimasi

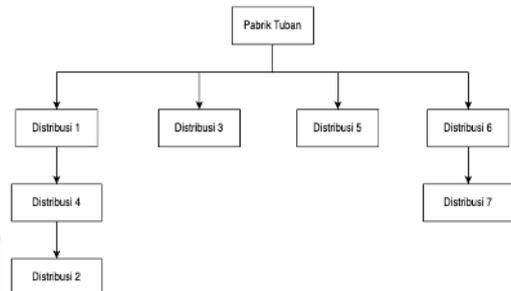
No	Distributor	Holding Cost	Set Up Cost	Objective Function	Comp. Time	Gap
1	Distributor 1	361,00	604167	4.00373e+08	46.92s	0.00%
2	Distributor 2	361,00	604167			
3	Distributor 3	361,00	604167			
4	Distributor 4	361,00	604167			
5	Distributor 5	361,00	604167			
6	Distributor 6	361,00	604167			
7	Distributor 7	361,00	604167			

Berdasarkan hasil solusi, biaya distribusi aktual perusahaan dapat dibandingkan dengan hasil optimasi yang diperoleh dari solver Gurobi, seperti yang ditunjukkan di bawah ini:

TABEL 2
Biaya Distribusi

Biaya distribusi perusahaan 2023	Biaya distribusi hasil solusi Gurobi 2023
Rp523.913.639	Rp400.372.988

Bagian berikut merupakan jaringan distribusi yang diusulkan.



GAMBAR 4
Jaringan distribusi

A. Analisis Jaringan Distribusi

Analisis menunjukkan bahwa jaringan distribusi yang diusulkan secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional dibandingkan dengan pengaturan saat ini, terutama dalam hal jarak tempuh, frekuensi pengiriman, dan pemanfaatan kapasitas. Pada kondisi saat ini, pola distribusi masih belum optimal, sehingga menyebabkan biaya operasional yang tinggi dan waktu pengiriman yang tidak efisien. Sebaliknya, jaringan yang diusulkan merealokasi pengiriman secara strategis ke tujuh distributor berdasarkan jarak, permintaan, dan kemampuan pengiriman. Hasilnya, rute distribusi menjadi lebih efisien, penggunaan armada dioptimalkan, waktu tunggu berkurang, dan pengiriman menjadi lebih andal. Selain penghematan biaya, solusi ini juga meningkatkan kecepatan layanan dan mendukung keberlanjutan dengan mengurangi emisi karbon melalui jarak tempuh yang lebih pendek.

B. Analisis Biaya Distribusi

Pada tahun 2023, biaya distribusi aktual PT ABC mencapai Rp 523.913.639. Perusahaan menetapkan target pengurangan biaya sebesar 10,01%, dengan target sebesar Rp 408.199.033. Namun, implementasi model yang diusulkan yang menggabungkan DRP dan MILP berhasil mengurangi biaya menjadi Rp 400.372.988, yang mencerminkan peningkatan sebesar 7,93%. Hasil ini menunjukkan efektivitas pendekatan DRP-MILP dalam mengoptimalkan alokasi distribusi dengan mempertimbangkan kapasitas transportasi, permintaan, dan jarak. Selain menurunkan biaya, model ini juga meningkatkan akurasi pengambilan keputusan dan meningkatkan efisiensi sumber daya. Oleh karena itu, model optimasi ini direkomendasikan sebagai sistem distribusi yang berkelanjutan untuk memperkuat daya saing jangka panjang PT ABC dalam industri semen yang semakin menantang.

V. KESIMPULAN

Studi ini berhasil mengidentifikasi masalah distribusi di PT ABC, yang masih mengandalkan sistem historis dan sering mengalami kelebihan atau kekurangan pengiriman. Dengan menggunakan metode MILP, model yang diusulkan diimplementasikan di tujuh distributor di Jawa Timur. Hasilnya, biaya distribusi berkurang dari Rp 523,9 juta menjadi Rp 400,3 juta, melebihi target yaitu 10,01% dengan efisiensi aktual sebesar 7,93%. Efisiensi ini dicapai dengan menghilangkan rute yang tidak perlu, mengoptimalkan penggunaan armada, dan menjaga kualitas layanan. Model ini direkomendasikan untuk implementasi yang berkelanjutan karena model ini dapat beradaptasi dengan fluktuasi permintaan dan mendukung digitalisasi rantai pasokan. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan variabel eksternal seperti cuaca, kondisi jalan, dan keterbatasan armada.

REFERENSI

- [1] Adib Fahrozi Abdillah. (2009). Perencanaan dan Penjadwalan Aktivitas Distribusi Hasil Perikanan Dengan Menggunakan Distribution Requirement Planning (DRP). 1–16.
- [2] Amirjabbari, Bahareh; Bhuiyan, N. A. (2014). Determining supply chain safety stock level and location Determining Supply Chain Safety Stock Level and Location.
- [3] Amreen, M. (2024). A statistical technique: normal distribution and inverse root mean square for solving transportation problem †. 42(5), 1195–1210.
- [4] Arofah, I., & Gesthantiara, N. N. (2021). Optimasi Biaya Distribusi Barang dengan Menggunakan Model Transportasi. 3(1), 1–9.
- [5] Aulia, D. (2021). The Use of Fishbone Diagram Technique to Improve Students' Writing Ability. 191–197.
- [7] Chopra, S., & Meindl, P. (2016). Supply Chain Management.
- [8] Guslan, D., Harvionita, G., & Indah, N. (2022). Perencanaan Distribusi Semen BAG dengan Distribution Requirement Planning (DRP) PT. Semen Padang. 12(01), 17–30.
- [9] Justice, D., & Hero, A. (2006). of the Graph Edit Distance. 28(8), 1200–1214.
- [10] Pedroso, J. P. (2011). Optimization with Gurobi and Python. September.
- [11] Pelsler, W. A., Vosloo, J. C., & Mathews, M. J. (2014). Analysis of energy consumption and cost distribution on a South African cement plant.
- [12] Pembimbing, D., Karningsih, P. D., & Magister, P. (2020). Optimasi Biaya Distribusi Untuk Alokasi Produksi Terintegrasi Pada Perusahaan Semen di PT. X.
- [13] Pertumbuhan, P., & Jawab, T. (2023). Embracing Challenges For Growth Recovery SIG. (2020). NILAI-NILAI KEBERLANJUTAN. Mewujudkan Nilai-Nilai Keberlanjutan Di Tengah Tantangan. Sukmo Muslim, D., & Rahma Kurnianda, N. (2020). Analisa Dan Perancangan Sistem Distribusi Material Konstruksi Berbasis Web Dengan Menggunakan MetodeObjectOriented (Studi Kasus :PT. Pembangkit Rezeki Utama) (Vol. 3). <https://jurnal.ikhafi.or.id/index.php/jukomika/304>
- [14] Suudi, M. Y., Ekonomi, J., & Suudi, M. Y. (2021). Pengaruh Bahan Baku dan Manajemen Rantai Pasok Terhadap Proses Produksi PT. Niro Ceramic Nasional Indonesia. 22(1).

[15] Wahyuni, I. (2022). Optimalisasi Biaya Distribusi Menggunakan Metode ASM dan Supply Demand Reparation Method (SDRM).

