

Optimasi Biaya Distribusi Multi-eselon untuk Multi-produk menggunakan Mix Integer Linier Programming

Optimization of Multi-echelon Distribution Costs for Multi- products using Mix Integer Linear Programming

Erika Fatma^{a,1*}, Supardi Manurung^{b,2}

^a Program Studi Manajemen Logistik Industri Elektronika, Politeknik APP Jakarta
Jln. Timbul No. 34, Cipedak, Jagakarsa, Jakarta, Indonesia

^b Balai Riset dan Standardisasi Industri Manado
Jl. Diponegoro No.6, Wenang, Kota Manado, Sulawesi Utara, Indonesia

^{1*}: rika-fatma@kemenperin.go.id, ² supardi_manru@yahoo.com

*corresponding e-mail

This is an open access article under the terms of the CC-BY-NC license

Abstract

The transportation problem is one of the fundamental problems in distribution network to minimize transportation costs by considering resource constraints and meeting the customer demand. This study aims to minimize distribution costs of a distribution networks of soft drink company using the Mix Integer Linear Programming (MILP). This optimization method considers transportation costs, material handling and transportation costs. The addition of a distribution center (DC) as a consolidation center of goods sent to retailers makes the distribution process more efficient. Facility and material handling costs in DC, can be compensated with lower transportation costs. The suggested network can reduce distribution costs by 15.29% compared to the existing methods.

Keywords : *Transportation, MILP, Distribution center, Distribution Cost*

Abstrak

Masalah Transportasi adalah salah satu masalah mendasar dari masalah aliran jaringan untuk meminimalkan biaya transportasi dengan mempertimbangkan keterbatasan sumberdaya dan pemenuhan kebutuhan permintaan. Penelitian ini bertujuan untuk meminimasi biaya distribusi pada jaringan distribusi menggunakan metode Mix Integer Linier Programming (MILP) pada perusahaan minuman ringan. Metode optimasi ini mempertimbangkan biaya transportasi, penanganan material dan biaya transportasi. Penambahan fasilitas pusat distribusi (DC) sebagai pusat konsolidasi barang yang dikirimkan ke retailer, membuat proses distribusi menjadi lebih efisien. Biaya fasilitas dan penanganan material di DC yang timbul, dapat dikompensasi dengan biaya transportasi yang menjadi lebih rendah. Pengembangan jaringan ini, dapat menurunkan biaya distribusi sebesar 15.29% dibandingkan dengan metode yang telah digunakan oleh perusahaan sebelumnya.

Kata kunci : *Transportasi, MILP, Pusat Distribusi, Biaya Distribusi*

A. Pendahuluan

Dalam lingkungan persaingan industri yang semakin kompetitif, manajemen rantai pasok menjadi sangat diperhatikan oleh para

pelaku industri. Rantai pasokan didefinisikan sebagai struktur terintegrasi yang melibatkan aktivitas pengadaan, produksi, penyimpanan, pengendalian

persediaan dan pendistribusian produk. Umumnya satu jaringan rantai pasok terdiri atas pemasok, produsen, distributor, retailer dan pelanggan. Jaringan rantai pasok ini ditandai berbagai kegiatan kompleks yang tersebar dalam berbagai fungsi organisasi. Tantangan dalam pengelolaan rantai pasok adalah untuk menciptakan koordinasi dan rantai pasok yang efektif (Bilgen, 2010).

Salah satu permasalahan dalam rantai pasok yang dihadapi oleh perusahaan adalah proses distribusi produk kepada konsumen. Dalam proses distribusi, diperlukan peranan dari beberapa pihak dalam jaringan saluran distribusi. Perencanaan jaringan distribusi dalam suatu rantai pasok bertujuan untuk mengelola alokasi pengiriman produk dan penentuan sumber pasokan dari tiap fasilitas pusat distribusi yang digunakan untuk memenuhi permintaan pelanggan pada suatu wilayah. Perencanaan distribusi produk yang tepat dapat meminimasi biaya total distribusi.

Rantai pasok adalah jaringan dinamis yang terdiri dari beberapa entitas bisnis yang memiliki tingkat ketidaktepatan yang tinggi. Sebagian besar penelitian fokus pada metode analitis yang digunakan untuk memodelkan dan memecahkan permasalahan perencanaan jaringan rantai pasok.

Pengembangan model matematis pada suatu jaringan distribusi merupakan bagian dari riset operasional, terkait pengambilan keputusan pengalokasian sumber daya yang terbatas (Fatma & Kartika, 2017). Dalam penelitian ini, dilakukan rancangan distribusi multi-produk, multi-level pada suatu pabrik minuman. Penyelesaian masalah optimum diselesaikan menggunakan model matematis Mixed Integer Linear Programming (MILP).

Penelitian tentang rancangan jaringan distribusi, telah banyak dilakukan peneliti sebelumnya. Salah satu penelitian penting, adalah Geoffrion, dkk (1974), dalam artikel ini masalah multi-komoditas diselesaikan dengan pemrograman integer campuran untuk menentukan lokasi pusat distribusi, kapasitas pusat distribusi, permintaan

pelanggan, dan aliran transportasi. Permasalahan disajikan berdasarkan metode dekomposisi benders.

Afshari & Amin (2012) menggunakan pemrograman linier integer campuran, untuk menyelesaikan permasalahan multi-tujuan, multi-lokasi untuk penentuan lokasi dalam jaringan distribusi, dalam hal ini dua pusat potensial gudang, kapasitas gudang pusat dan daerah, biaya transportasi/unit, jarak antara gudang, pelanggan. dan tingkat pelayanan.

Agarwal & Lokesh (2011) membuat pemodelan terintegrasi untuk meminimalkan biaya transportasi dengan menentukan lokasi optimal, arus, alokasi dan waktu pengiriman, distributor menerima barang dari gudang atau dari pabrik, dengan permintaan independen.

Pada sistem logistik dua tingkat, sistem distribusi terdiri dari fasilitas eselon pertama (pabrik), eselon kedua (pusat distribusi), dan tingkat ketiga yaitu suatu set pelanggan. Masalah perutean lokasi eselon dua bertujuan untuk menemukan subset dari fasilitas eselon pertama dan membangun rute kendaraan ke eselon kedua (Rahmani, dkk, 2015).

Menurut hasil survey yang dilakukan oleh Cuda, dkk (2015), dalam beberapa tahun terakhir, penelitian banyak berfokus pada penentuan rute dua tingkat. Penentuan rute dua-tingkat, diklasifikasikan sesuai jenis keputusan yang terlibat, yaitu, keputusan strategis: termasuk keputusan infrastruktur jaringan, biasanya jumlah dan lokasi fasilitas, dan keputusan taktis, termasuk penentuan rute pengiriman melalui jaringan dan alokasi pelanggan ke fasilitas perantara.

Rajkanth, dkk (2017) memaparkan model matematika optimasi biaya bertingkat dengan *mixed integer linear programming* (MILP). Biaya produksi, transportasi, dan penanganan produk diadopsi sebagai kriteria optimisasi yang harus dihitung menyeluruh pada sistem distribusi. Berbagai pemodelan jaringan juga telah diusulkan untuk optimasi distribusi yang menggabungkan beberapa pabrik, beberapa produk, pusat distribusi,

pengguna akhir, dan beberapa periode waktu. Jil et al (2008) menyajikan model matematika untuk dua tahap perencanaan transportasi dan inventaris untuk beberapa produk. Tujuan dari artikel ini adalah untuk merencanakan transportasi dan perencanaan persediaan pada kedua tahap.

B. Metode Penelitian

Model dalam penelitian ini dibangun untuk meminimasi total biaya pendistribusian multi-produk dengan mempertimbangkan biaya transportasi, biaya fasilitas dan biaya penanganan produk. Pada kasus ini, suatu perusahaan minuman, memiliki dua buah pabrik yang memproduksi tiga jenis produk berbeda secara terpisah, Untuk menyalurkan hasil produksinya, perusahaan berencana untuk menyewa beberapa fasilitas pusat distribusi (*Distribution Center/DC*)

Model yang dikembangkan menggunakan beberapa asumsi dasar yang digunakan untuk menyederhanakan lingkup masalah distribusi multi-produk dan multi-tingkat (eselon). Beberapa asumsi yang digunakan pada model matematis ini adalah:

- Kapasitas produksi untuk setiap produk pada tiap pabrik, diasumsikan tetap
- Biaya operasional distribusi terdiri dari biaya fasilitas DC, penanganan material dan biaya transportasi.
- Biaya transportasi per unit menghitung biaya BBM, yang proporsional dengan jarak tempuh kendaraan.
- Jarak antar pelanggan adalah simetris

Model Matematis

Model matematis disusun sebagai dasar penyelesaian masalah multi-produk, multi-level yang melibatkan dua pabrik, beberapa pusat distribusi (DC) dan beberapa retailer. Beberapa notasi yang digunakan di dalam artikel ini adalah:

Indeks:

- i = indeks untuk produk ke i
- j = indeks untuk pabrik ke j
- k = indeks untuk DC ke k
- l = indeks untuk retailer ke l

Parameter:

- Sij = Kapasitas produksi produk i di pabrik j
- Dil = Permintaan produk i pada retailer l
- vk = Nilai minimum dan maksimum jumlah barang yang dapat ditangani DC ke k
- fk = Biaya operasional tetap DC ke k
- vk = Biaya operasional variable DC ke k
- cijk = Biaya transportasi produk i dari pabrik j ke DC k

Variable Keputusan:

- xijk = Jumlah produk i yang dikirim dari pabrik j ke DC k
- ykl = bilangan biner (1,0), 1 jika DC k melayani retail l, 0 jika tidak
- zk = bilangan biner (1,0), 1 jika DC diperlukan di wilayah k, 0 jika tidak

Masalah pendistribusian multi-produk ini dikembangkan dari model matematis yang di tulis oleh Tsiakis dan Papageorgiou (2008), model matematis ini dikembangkan dengan mempertimbangkan biaya sewa fasilitas DC, dan biaya operasional di DC.

Secara matematis permasalahan distribusi ini, dapat diformulasikan sebagai berikut:

Fungsi Tujuan:

$$\text{Min } \sum C_{ijkl} X_{ijkl} + \sum [f_k z_k + v_k \sum D_{il} y_{kl}] \quad (1)$$

Fungsi Pembatas:

$$\sum_{j=1}^{kl} x_{ijkl} \leq \sum S_{ij} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^j x_{ijkl} = \sum D_{il} y_{kl} \quad (3)$$

$$\sum_{l=1}^k y_{kl} = 1 \quad (4)$$

$$\underline{v}_k z_k \leq \sum D_{il} y_{kl} \leq \overline{v}_k z_k \quad (5)$$

$$y_{kl} \in \{0,1\}; \forall k \in K; i \in I \quad (6)$$

$$z_k \in \{0,1\}; \forall k \in K \quad (7)$$

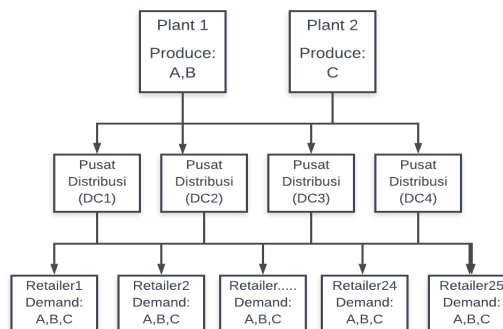
Fungsi tujuan (1) dari model matematis ini adalah meminimasi total biaya distribusi, mulai dari pabrik, hingga produk diterima di retailer. Biaya yang dipertimbangkan adalah biaya angkutan dari pabrik ke DC dan DC ke retailer, biaya tetap fasilitas DC yang digunakan dan biaya konsolidasi dan dekonsolidasi produk di DC.

Batasan permasalahan disusun untuk memastikan bahwa, seluruh kendala/batasan yang ada dalam system terpenuhi. Persamaan (2), memastikan bahwa jumlah unit produk jenis i yang dikirimkan dari pabrik i ke DC j kemudian disalurkan ke retailer k, jumlahnya tidak lebih atau sama dengan kapasitas atau jumlah unit i yang diproduksi oleh pabrik j.

Pembatas biner (6,7) berfungsi untuk memastikan bahwa setiap nilai y dan k, merupakan bilangan 1 atau bilangan 0. Bilangan 1 menyatakan fasilitas DC atau pengiriman digunakan, dan bilangan 0 jika terjadi sebaliknya.

Ilustrasi permasalahan

Ilustrasi permasalahan yang diamati pada penelitian ini, ditampilkan pada Gambar 1. Saat ini perusahaan memproduksi 3 jenis produk (tipe A, B, dan C) yang diproduksi oleh dua buah pabrik. Pabrik 1 memproduksi produk A dan B, sedangkan pabrik 2 hanya memproduksi produk C. Saat ini distribusi di-lakukan secara langsung ke 25 retailer yang tersebar di berbagai wilayah. Artikel ini menyusun usulan untuk penambahan pusat distribusi (DC). Dalam hal ini DC, dapat berperan sebagai titik transit yang akan melakukan aktivitas konsolidasi dan dekonsolidasi dari barang yang diterima dari pabrik, kemudian memisahkan dan menggabungkan sesuai dengan kebutuhan tiap retailer.



Gambar 1. Kondisi jaringan distribusi dari pabrik, pusat distribusi dan retailer saat ini

C. Hasil dan Pembahasan

Kondisi Perusahaan

Perusahaan yang diamati merupakan perusahaan minuman, yang memproduksi tiga jenis minuman dalam kemasan yang diproduksi secara terpisah oleh dua buah pabrik, satu pabrik memproduksi dua jenis minuman dan satu pabrik memproduksi satu jenis minuman. Untuk mempermudah proses distribusi, perusahaan berencana menambah pusat distribusi sebagai titik transit produk untuk melakukan aktivitas dekonsolidasi dan konsolidasi untuk memenuhi permintaan retail. Detail produk, kapasitas produksi dan permintaan retail, disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data detail kapasitas produksi pabrik aktual

Pabrik	Produk (unit)		
	Type A	Type B	Type C
Pabrik 1	9.000	9.000	0
Pabrik 2	0	0	10.000

Tabel 2. Data detail kapasitas penanganan material di DC

DC	Produk (unit)		
	Type A	Type B	Type C
DC1	1.000	1.000	1.000
DC2	2.000	2.500	2.500
DC3	2.500	3.000	3.000
DC4	2.500	3.000	3.500

Tabel 3

Data biaya operasional tetap untuk setiap DC

Biaya (juta Rp)	Pusat Distribusi			
	DC1	DC2	DC3	DC4

Sewa DC	25	28	30	32
---------	----	----	----	----

Tabel 4. Data jarak antara Pabrik dengan DC

Plant	Produk			
	DC2	DC2	DC3	DC4
Plant 1	45	33	75	96
Plant 2	93	111	42	33

Tabel 5. Data detail Permintaan Retail

Demand	Produk		
	Tipe A	Tipe B	Tipe C
Ret01	176	201	194
Ret02	560	612	698
Ret03	545	620	714
Ret04	149	164	161
Ret05	113	177	157
Ret06	703	729	837
Ret07	200	263	261
Ret08	148	166	136
Ret09	140	170	158
Ret10	197	257	268
Ret11	131	191	189
Ret12	195	213	218
Ret13	226	283	292
Ret14	132	198	195
Ret15	709	765	919
Ret16	246	262	262
Ret17	146	219	212
Ret18	220	276	273
Ret19	150	218	207
Ret20	602	670	783
Ret21	116	157	155
Ret22	241	292	310
Ret23	220	293	326
Ret24	684	739	855
Ret25	158	179	174

Tabel 6. Data jarak antara DC dengan Retail

Demand	Jarak (km)			
	DC1	DC2	DC3	DC4
Ret01	15	8	38	35
Ret02	33	20	12	43
Ret03	33	25	15	39
Ret04	19	13	14	27
Ret05	29	20	7	45
Ret06	18	9	12	31
Ret07	11	41	31	20
Ret08	10	12	25	24
Ret09	34	19	13	41
Ret10	44	27	19	11
Ret11	38	27	16	14

Ret12	15	12	43	29
Ret13	36	28	15	10
Ret14	7	14	35	22
Ret15	23	7	11	33
Ret16	13	45	33	22
Ret17	14	12	31	22
Ret18	34	18	12	38
Ret19	6	37	34	18
Ret20	33	21	14	43
Ret21	25	9	37	32
Ret22	43	27	21	6
Ret23	18	13	44	34
Ret24	28	20	10	44
Ret25	12	39	33	22

Tabel 7. Biaya Transportasi/kg/km untuk setiap produk

Biaya Angkut (dalam ribu)	Produk			
	DC1	DC2	DC3	DC4
Biaya/box/km	2	2	2	2.5

Penentuan Distribusi Optimum

Penentuan jaringan distribusi optimum, dilakukan menggunakan bantuan software optimisasi Lingo. Model matematis yang digunakan, dipecahkan menggunakan Mixed Integer Linear Programming.

Hasil penentuan perencanaan distribusi untuk pengiriman dari Pabrik ke titik pusat distribusi (DC) disajikan pada Tabel 8. Dapat dilihat, bahwa jumlah produk yang ditangani DC untuk setiap produk, tidak melampaui batas kapasitas penanganan material tiap DC (Tabel 2). Tabel 8 merupakan jumlah produk yang dikirimkan dari masing-masing DC ke retailer, sesuai dengan permintaan produk.

Tabel 8. Usulan pengiriman produk dari Plant ke DC

	Plant 1		Plant 2
	A	B	C
DC1	786	973	942
DC2	1665	2123	2099
DC3	2265	2577	2863
DC4	2391	2641	3050

Tabel 9. Usulan distribusi produk dari DC1 ke Retailer

Demand	Produk
--------	--------

	A	B	C
Ret05	226	283	292
Ret10	220	276	273
Ret18	158	179	174
Ret20	149	164	161
Ret21	113	177	157
Ret25	140	170	158

Tabel 10. Usulan distribusi produk dari DC2 ke Retailer

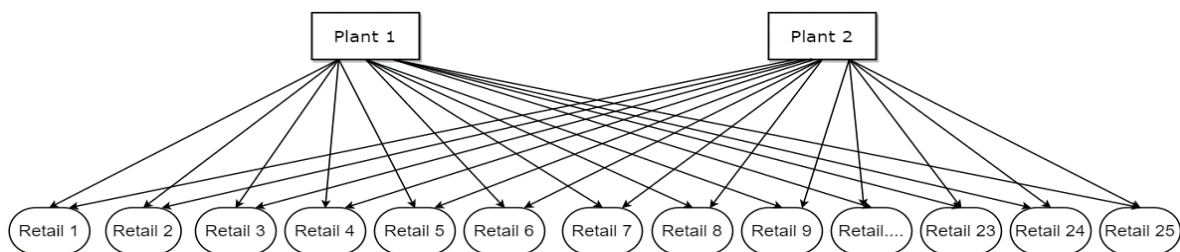
Demand	Produk		
	A	B	C
Ret02	197	257	268
Ret03	131	191	189
Ret06	132	198	195
Ret08	246	262	262
Ret11	150	218	207
Ret15	241	292	310
Ret23	200	263	261
Ret24	148	166	136

Tabel 11. Usulan distribusi produk dari DC3 ke Retailer

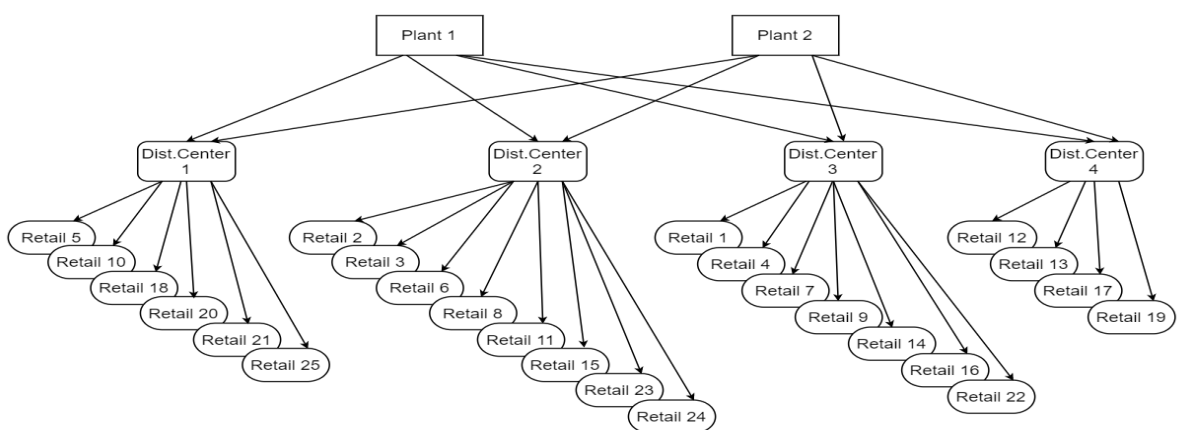
Demand	Produk		
	A	B	C
Ret01	176	201	194
Ret04	195	213	218
Ret07	709	765	919
Ret09	146	219	212
Ret14	116	157	155
Ret16	220	293	326
Ret22	703	729	837

Tabel 12. Usulan distribusi produk dari DC4 ke Retailer

Demand	Produk		
	A	B	C
Ret12	560	612	698
Ret13	602	670	783
Ret17	684	739	855
Ret19	545	620	714



Gambar 2. Kondisi jaringan distribusi produk aktual perusahaan sebelum optimasi



Gambar 3. Usulan jaringan distribusi usulan produk setelah optimasi

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, diketahui total biaya distribusi/transportasi yang dikeluarkan perusahaan menggunakan metode distribusi usulan adalah senilai Rp. 664.282.100. Total biaya ini lebih rendah dibandingkan biaya distribusi saat ini. Biaya distribusi perusahaan saat ini senilai Rp. 784.250.000.

Penambahan fasilitas pusat distribusi, (DC) walau akan menambah biaya fasilitas, dan biaya penanganan material, namun tetap akan menekan biaya total distribusi, dengan menekan biaya transportasi yang sebelumnya dilakukan secara langsung. Dengan jaringan ini, maka persediaan akan disimpan lebih dekat dengan konsumen, dan memungkinkan dilakukannya *postponement*.

D. Simpulan

Penambahan fasilitas Pusat Distribusi (DC) sebagai pusat konsolidasi barang yang akan dikirimkan ke retailer, dapat membuat proses distribusi menjadi lebih efisien. Biaya fasilitas dan penanganan material di DC yang timbul, dapat dikompensasi dengan biaya transportasi yang menjadi lebih rendah. Hasil observasi pada permasalahan di perusahaan, dapat menurunkan biaya distribusi sebesar 15.29% dibandingkan dengan metode yang telah digunakan perusahaan. Usulan penambahan DC ini juga akan memudahkan perusahaan, ketika perusahaan berencana melakukan ekspansi jaringan, menambah jumlah retailer atau jenis produk, dan melakukan *postponement*.

E. Daftar Pustaka

- Afshari, H., & Amin, N. (2012.). "A multi-objective approach for multi-commodity location within distribution network design problem." *In World Congress on Engineering 2012* (pp. 1526-1530). London, UK.:
- International Association of Engineers.
- Agarwal, G., & Lokesh, V. (2011). Designing of MultiCommodity, Multi Location Integrated Model for Effective Logistics Management. *Proceeding of the International Multi conference of Engineers and Computer Scientists*. Hong Kong: IMECS.
- Bilgen, B. (2010). Application of fuzzy mathematical programming approach to the production allocation and distribution supply chain network problem. *. Expert Systems with Applications*, 37(6), 4488-4495.
- Cuda, R., Guastaroba, G., & Speranza, M. G. (2015). "A survey on two-echelon routing problems." *. Computers & Operations Research* , 185-199.
- Fatma, E., & Kartika, W. (2017). Penjadwalan dan Penentuan Rute Distribusi Komoditas ke Wilayah Timur Indonesia. *Jurnal Optimasi Sistem Industri* 16.1, 40-49.
- Ji, P., Chen, K. J., & Yan, Q. P. (2008). A mathematical model for a multi-commodity, two-stage transportation and inventory problem. *. International Journal of Industrial Engineering*, , 15(3), 278-285.
- Rahmani, Y., C.-K., R., W., & Oulamara, A. (2015). A local search approach for the two-echelon multi-products location-routing problem with pickup and delivery. *. IFAC-PapersOnLine*, 48(3), , 193-199.
- Rajkanth, R., Srinivasan, G., & Gopalakrishnan, M. (2017, 26(1),). Material flow optimisation in a multi-echelon and multi-product supply chain. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 105-124.

