

OPTIMASI RUTE PRODUK POPOK BAYI DARI DISTRIBUTOR KE RETAIL

Study Kasus : PT UNICHARM INDONESIA

ABSTRAK

PT. UNICHARM adalah produser popok bayi dengan merk Mami Poko, permasalahan dalam mendistribusikan hasil produksinya hingga konsumen sering mengalami kendala. Keterlambatan sering terjadi karena salahnya pemilihan rute dari distributor ke retail sehingga di pasar produk ini sering terjadi kekurangan stock dan menimbulkan biaya transportasi yang tinggi. Dalam memecahkan permasalahan pendistribusian ini di pilih metode optimasi yang akan menghitung alokasi distribusi dari distributor ke retail (pasar) berikut biaya yang ditimbulkan. Hasil penelitian dari ketiga distributor telah mendapatkan alokasi sesuai kapasitas dari masing-masing ritel dengan biaya yang ditimbulkan sebesar Rp. **42.475.000,00** Semoga solusi ini bisa menjadi alternative bagi produk yang lain yang dihasilkan oleh PT.UNICHARM Indonesia.

1. Pendahuluan

Produk “Mamy Poko” salah satu popok bayi yang penjualannya sangat meningkat pesat di indonesia. Namun kondisi stock barang jenis ini sering kosong berada dipasar sehingga menimbulkan permintaan yang cukup tinggi di pasar-pasar yang menjual produk ini. Salah satu distributor yang biasa mendistribusikan produk ini sering kesulitan dengan kondisi alokasi dan pemilihan rute untuk mendistribusikannya ke retail-retail yang sudah ditetapkan sebagai daerah pemasarannya. Untuk pendistribusian di Jawa barat yaitu di Bandung beberapa masalah yang sering terjadi adalah keterlambatan barang, ketepatan kapasitas barang yang harus dikirimkan, adanya biaya tambahan sehingga menimbulkan ongkos transportasi yang cukup tinggi dan berpengaruh terhadap harga yang berlaku di masing-masing retail sehingga menjadi beban konsumen. Meskipun kisaran harga yang berbeda ini cukup kecil selisihnya tetapi efek terhadap konsumen sangat besar.

2. Identifikasi Masalah

Adapun identifikasi masalah yang diperoleh diantaranya :

1. Bagaimana mencari alternatif alokasi untuk pendistribusian popok bayi merk Mamy Poko di daerah Jawa Barat
2. Bagaimana menghitung Biaya Transportasi untuk masing-masing alternative tersebut sehingga akan diperoleh biaya yang paling minimum.

3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian Ini adalah:

1. Mendapatkan alternative alokasi pendistribusian produk”Mamy Poko” yang paling efektif .
2. Mendapatkan biaya yang paling optimun untuk setiap alternative rute yang ditimbulkan.

4. Batasan Masalah

Untuk memperjelas pembahasan yang disajikan maka adapun batasan masalah yang disajikan untuk membatasi permasalahan sebagai berikut :

1. Pada pembatasan penelitian mengenai data yang diambil hanya bulan januari 2015
2. Penelitian hanya pada empat tempat tujuan yaitu : Carefour , Borma , Alfamart , Yomart.
3. Metode untuk menentukan solusi awal menggunakan metode NWC dan LC sedangkan solusi optimum hanya menggunakan metode stepping stone.

5. Studi Literatur

Menurut Ghiani dkk (2004), sistem transportasi terbagi dua yaitu transportasi jarak jauh (*long haul transportation*) dan transportasi jarak pendek (*short haul transportation*). Pengiriman produk dari satu eselon ke eselon lain yang termasuk dalam kategori transportasi jarak jauh, biasanya dilakukan secara langsung (*direct shipping*). Sedangkan pada transportasi jarak pendek, pengiriman dilakukan secara berbagi (*sharing shipping*) sehingga satu kendaraan akan mengunjungi beberapa konsumen dalam satu rutenya. Dalam pengiriman berbagi, pengaturan rute menjadi hal yang penting untuk meminimisasi ongkos transporasi.

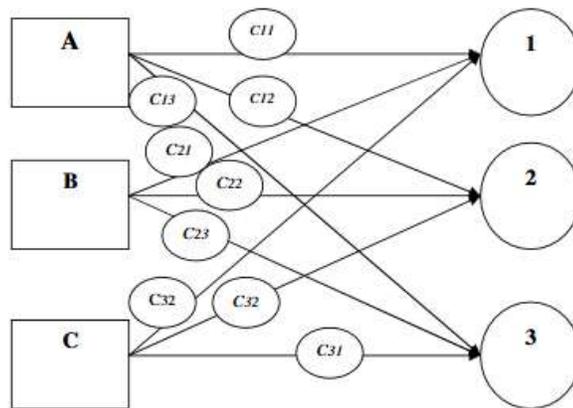
Beberapa metode yang bisa digunakan untuk mengoptimalkan rute adalah metode transportasi, analisis jaringan, dan *Vehicle Route Problem* (VRP). ketiga metode diatas yaitu Metode Transportasi, Analisa Jaringan dan Metode Vehicle Routing Problem (VRP) memiliki tujuan yang sama yaitu meminimalkan ongkos transportasi dengan mengatur atau melakukan pencarian rute terpendek. Masing-masing metode tersebut mempunyai karakteristik masing-masing. Adapun ciri atau karakteristik dari masing-masing metode adalah :

1. Metode Transportasi memiliki ciri khusus yaitu tau barang yang didistribusikan dari setiap sumber dan yang diminta oleh setiap tujuan besarnya tertentu, komoditas yang dikirim atau diangkut dari suatu sumber ke suatu tujuan besarnya sesuai dengan permintaan dan atau kapasitas sumber dan ongkos pengangkutan komoditas dari suatu sumber ke suatu tujuan, besarnya tertentu. Dari ciri ini menunjukkan bahwa komoditas yang diangkut jenisnya tertentu dari satu sumber meskipun memiliki tujuan, tidak adanya frekuensi pengiriman (pengiriman hanya sesuai dengan kapasitas yang ada di sumber dan tujuan), tidak mempertimbangkan waktu penyampaian hanya meminimalkan waktu antar sumber menuju tujuan.
2. Metode Analisis Jaringan memiliki ciri khusus untuk mengerjakan rute terpendek atau rute tercepat tidak mempertimbangkan kapasitas angkut dari moda-moda yang digunakan.

3. Metode Vehicle Routing Problem merupakan pengaturan rute kendaraan bertujuan untuk mendapatkan rute pengiriman ke semua *eselon downstream* dengan ongkos transportasi yang minimum (Bodin dkk, 1983).

Metode Transportasi

Model transportasi adalah aplikasi dari model program linear yang merupakan suatu prosedur iteratif untuk pemecahan masalah minimisasi biaya pengiriman (distribusi) dari pabrik atau sumber m ke tempat tujuan n . Selain untuk persoalan distribusi, metode ini dapat digunakan untuk menentukan lokasi fasilitas pabrik baru. Dalam hal ini dapat digambarkan pada gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2.1 model transportasi

Ada empat langkah dasar dalam model transportasi, yaitu :

- a. Menterjemahkan permasalahan menjadi bentuk tabel: pabrik pada baris dan daerah tujuan pada kolom. Setiap sel dalam tabel merupakan suatu rute pengiriman dari pabrik ke daerah tujuan.
- b. Menentukan solusi awal/layak dasar .
- c. Melakukan perbaikan pada solusi awal hingga kemungkinan perbaikan tidak mungkin dilakukan lagi (solusi optimal telah tercapai)
- d. Mengidentifikasi dan mengevaluasi solusi akhir.

Transportasi merupakan suatu model yang digunakan untuk mengatur distribusi dari sumber yang menyediakan produk yang sama ke tempat-tempat yang membutuhkan secara optimal. Alokasi produk ini harus diatur sedemikian rupa, karena terdapat perbedaan beban dari satu sumber ke suatu tempat-tempat tujuan yang berbeda-beda. Karena bentuk masalah transportasi yang khas tersebut, maka ditempatkan dalam suatu bentuk tabel khusus yang dinamakan tabel transportasi.

Dari tabel dibawah Data yang disajikan merupakan kumpulan dari survei tempat sumber dan tempat tujuan barang serta perhitungan yang akurat. Data yang didapat ialah data sekunder yaitu data yang diperoleh dengan cara membaca, melihat atau mendengarkan dari narasumber. Dari masalah yang telah disajikan dalam bentuk tabel, dapat diselesaikan melalui satu atau beberapa teknik solusi transportasi. Namun, untuk memulai proses solusi, suatu solusi dasar layak harus ditentukan. Metode untuk mencari solusi awal. akan dibicarakan di sini, yaitu *North West Corner* dan *Least Cost*.

Tabel 2 Metode *North West*

| KE \ DARI | G_1 | G_2 | G_3 | G_4 | Supply |
|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------|
| a | C_{11} X_{11} | C_{12} X_{12} | C_{13} X_{13} | C_{14} X_{14} | S_1 |
| b | C_{21} X_{21} | C_{22} X_{22} | C_{23} X_{23} | C_{24} X_{24} | S_2 |
| c | C_{31} X_{31} | C_{32} X_{32} | C_{33} X_{33} | C_{34} X_{34} | S_3 |
| Demand | D_1 | D_2 | D_3 | D_4 | $\sum_{j=1}^4 D_j = \sum_{i=1}^3 S_i$ |

Corner

Metode Least Cost

Metode Least Cost berusaha mencapai tujuan minimisasi biaya dengan alokasi sistematis kepada kotak-kotak sesuai dengan besarnya biaya transport per unit. Prosedur metode ini adalah:

1. Pilih variabel X_{ij} (kotak) dengan biaya transport (c_{ij}) terkecil dengan alokasikan sebanyak mungkin. Untuk c_{ij} terkecil, $X_{ij} = \text{minimum } [S_i, D_j]$. Ini akan menghabiskan baris i atau kolom j .
2. Dari kotak-kotak sisanya yang layak (yaitu yang tidak terisi atau tidak dihilangkan) pilih nilai c_{ij} terkecil dan alokasikan sebanyak mungkin.
3. Lanjutkan proses ini sampai semua penawaran dan permintaan terpenuhi.

Pada metode *North West Corner* dapat ditentukan pada satu acuan yaitu terletak pada pojok kiri atas, kemudian berjalan menurut alur yang tepat. Sedangkan metode *Least Cost* sebaliknya, metode *Least Cost* tidak ada titik acuan karena metode *Least Cost* menentukan titik acuan pada biaya terkecil lebih dahulu kemudian bergerak menurut alur yang tepat. Hal ini terdapat pada tabel 3 sebagai berikut :

Tabel.3 Metode *Least cost*

| KE \ DARI | G_1 | G_2 | G_3 | G_4 | Supply |
|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------|
| a | C_{11} X_{11} | C_{12} X_{12} | C_{13} X_{13} | C_{14} X_{14} | S_1 |
| b | C_{21} X_{21} | C_{22} X_{22} | C_{23} X_{23} | C_{24} X_{24} | S_2 |
| c | C_{31} X_{31} | C_{32} X_{32} | C_{33} X_{33} | C_{34} X_{34} | S_3 |
| Demand | D_1 | D_2 | D_3 | D_4 | $\sum_{j=1}^4 D_j = \sum_{i=1}^3 S_i$ |

Keterangan :

(C_{ij}) : Beban uang bensin setiap melakukan pengiriman barang (1 liter bensin =Rp4500).

(X_{ij}): Banyaknya barang akan dikirim pada setiap swalayan atau agen toko (dalam Kg)

(S_i) : Kapasitas/daya tampung penyimpanan pada setiap pabrik/depo (dalam Kg).

(D_j) : Kapasitas/daya tampung penyimpanan pada setiap swalayan atau agen toko (dalam kilogram).

Berikut ini akan disajikan perumusan masalah bila kebutuhan sama, lebih besar ataupun lebih kecil dari kapasitas yang telah disediakan. Setelah masalah dirumuskan, maka dapat diselesaikan dengan langkah-langkah berikut ini :

a. Perumusan masalah bila kebutuhan sama dengan kapasitas, dapat dilihat dari persamaan berikut :

Fungsi tujuan : minimumkan Total biaya =

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n C_{ij} X_{ij} \dots (2.5)$$

Batasan-batasan

$$I \quad \sum_{j=1}^n X_{ij} = S_i \quad (i = 1,2,3..m)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = D_j \quad (j = 1,2,3..n)$$

II

$$III \quad X_{ij} \geq 0$$

Pada rumusan di atas semua kebutuhan dapat dipenuhi, semua kapasitas sumber dialokasi harus positif.

b. Bila kebutuhan lebih kecil dari kapasitas, dapat dari persamaan berikut:

Fungsi tujuan : minimumkan Total biaya =

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \dots (2.6)$$

Batasan-batasan :

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = S_i \quad (i = 1,2,3..m)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq D_j \quad (j = 1,2,3..n)$$

$$X_{ij} \geq 0$$

Pada rumusan ini tidak semua kebutuhan bisa dipenuhi meskipun kapasitas sumber telah digunakan sepenuhnya.

Setelah solusi layak dasar diperoleh kemudian dilakukan perbaikan untuk mencapai solusi optimum. Dari dua metode solusi optimum yang akan dibahas, penelitian ini hanya menggunakan metode *Stepping Stone*.

Metode *Stepping Stone*

Metode *Stepping Stone* adalah salah satu solusi optimum untuk melanjutkan solusi dasar awal. Metode *Stepping Stone* merupakan cara mengubah penyelesaian awal menjadi pemecahan yang optimal. Cara ini digunakan untuk mengevaluasi biaya transportasi dengan mengubah rute yang belum terpakai. Langkah berikutnya adalah menekan ke bawah biaya transport dengan memasukan variable nonbasis (yaitu alokasi barang ke kotak kosong) ke dalam solusi. Proses evaluasi variable nonbasis yang memungkinkan terjadinya perbaikan solusi dan kemudian mengalokasikan kembali dinamakan *Stepping Stone*. Setiap kotak kosong menunjukkan suatu variable *nonbasis*. Bagi variable nonbasis yang akan memasuki solusi dan harus memberi sumbangan dalam penurunan nilai fungsi. Hal ini dapat ditunjukkan pada proses jalur tertutup atau *Loop*. Beberapa hal penting yang perlu disebutkan dengan penyusunan jalur *Stepping Stone*.

1. Arah yang diambil baik searah maupun berlawanan arah dengan jarum jam adalah tidak penting dalam membuat jalur tertutup
2. Hanya ada satu jalur tertutup untuk kotak kosong.
3. Jalur hanya mengikuti kotak terisi (terjadi perubahan arah), kecuali pada kotak kosong yang sedang dievaluasi.
4. Baik kotak terisi maupun kosong dapat dilewati dalam penyusunan jalur tertutup.
5. Suatu jalur dapat melintasi dirinya.
6. Sebuah penambahan dan sebuah pengurangan yang sama besar harus kelihatan pada setiap baris dan kolom pada jalur itu.

Adapun tujuan dari jalur ini adalah untuk mempertahankan kendala penawaran dan permintaan sambil melakukan alokasi ulang barang ke suatu kotak kosong. Semua kotak kosong dievaluasi dengan cara yang sama untuk menentukan apakah kotak tersebut dapat menurunkan biaya dan karena itu menjadi calon *entering variable*.

Entering variable ialah kotak kosong yang mempunyai nilai negatif pada jalur penambahan dan pengurangan biaya. Solusi optimum dapat terlihat jika nilai dari C_{ij} adalah positif. Dalam kasus ini terdapat *dummy*, pada metode NWC kotak *dummy* tidak mengalami perubahan sedangkan pada LC kotak *dummy* dengan nilai C_{ij} sama dengan nol, merupakan nilai – nilai kembar yang biaya terkecil. Bila ada nilai dari perubahan biaya mempunyai nilai penurunan yang sama, maka kita bisa memilih secara sembarang.

POM (Metode Transportasi)

Transportation Method (metode/model transportasi) digunakan untuk mencari biaya transportasi total minimal. Perbedaan biaya transportasi per satuan dari masing-masing lokasi sumber ke lokasi tujuan, perbedaan jumlah maksimal barang yang dapat diangkut dari setiap sumber serta perbedaan jumlah kebutuhan barang di tiap-tiap tujuan, menjadi variabel yang menentukan biaya total minimum. Ada beberapa teknik dalam metode transportasi, namun yang populer adalah teknik *stepping stone* dengan kaidah kiri atas – kanan bawah (*Northwest Corner Method*), artinya iterasi (perhitungan) dilakukan secara bertahap dengan dimulai dari

kiri atas ke kanan bawah. Teknik lainnya adalah *Vogel's Approximation Method* dan *Least Cost Method*.

6. Pengumpulan Dan Pengolahan Data

Berdasarkan dari hasil survei kami, data yang diperoleh ialah data beban barang yang didistribusikan ke tempat tujuan. Biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan tergantung pada beban tersebut. Hal itu sudah diperhitungkan oleh perusahaan. Data yang kedua dari permasalahan ini adalah banyaknya jumlah barang pengiriman, hal ini sangat terkait oleh data yang pertama, dimana jumlah barang yang akan dikirim harus sesuai.

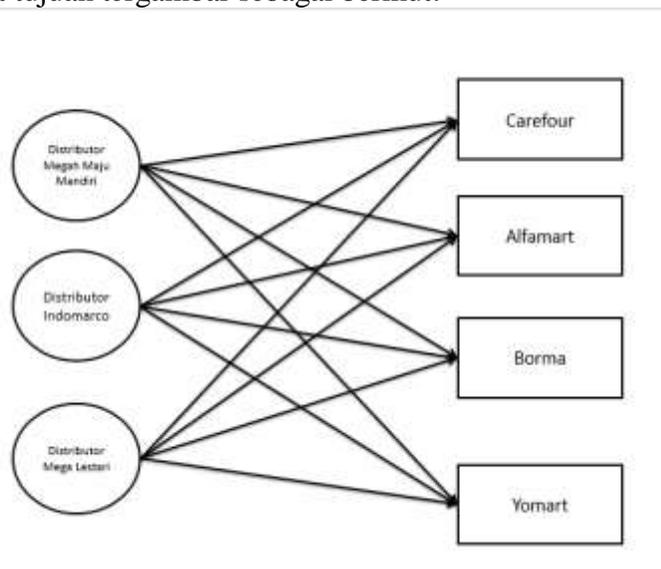
Dari hasil survey yang kami lakukan di sistributor dan retail yang ada di sebagian wilayah Jawa Barat di peroleh :

1. Kapasitas masing-masing retail

Data kapasitas retail

1. Carefour (C), terletak di daerah Kiaracandong, Bandung.
2. Alfamart (A), terletak di daerah Gedebage, Bandung.
3. Borma (B), terletak di jl. Setiabudi, Bandung.
4. Yomart (Y), terletak di jl. Jakarta, Bandung.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diketahui terdapat empat jenis pengiriman barang dari tiga distributor. Empat pengiriman barang diantaranya : Carefour (C), Alfamart (A), Borma (B), dan Yomart (Y) sedangkan tiga distributor yaitu : Megah Maju Mandiri, Indomarco, dan Mega Lestari. Alur pengiriman produk distributor ke tempat tujuan tergambar sebagai berikut:



Gambar 1 Alur Pengiriman Produk

Proses distribusi dilakukan pengiriman dengan jangka waktu yang ditentukan. Dalam proses pengiriman, perusahaan perlu mempertimbangkan jarak yang ditempuh karena hal ini terkait oleh jumlah barang yang akan dikirim ke tempat tujuan. Sedangkan masalah-masalah diluar perhitungan (masalah tak terduga) yang dihadapi pengangkut barang ialah kemacetan di jalan, kerusakan pada kendaraan, kejadian yang tak terduga dan kenaikan harga bahan bakar minyak (BBM), hal ini dapat pula mempengaruhi pada setiap pengiriman.

Pada data tersebut banyaknya jumlah pengiriman barang dilakukan dengan jangka waktu yang telah ditentukan oleh ritel atau toko tersebut, hal ini tidak menguntungkan pada perusahaan karena pengangkut barang tidak memperhitungkan jarak yang ditempuh dan masalah tak terduga pada setiap pengiriman.

Pada analisa, setiap tempat tujuan memiliki kapasitas yang berbeda, dari yang besar hingga terkecil, hal ini tergantung dari tempat dan keperluan/kebutuhan para konsumen. Terlihat pada table berikut :

Tabel 4 Daya Tampung Setiap Swalayan

| Tempat tujuan | Kapasitas/daya tampung |
|---------------|------------------------|
| Carefour | 2.500 |
| Alfamart | 850 |
| Borma | 1.800 |
| Yomart | 2.000 |
| Jumlah | 7.150 |

Sumber : Tempat Tujuan

Sedangkan daya tampung pada setiap distributor memiliki kapasitas yang berbeda-beda pula, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya :

- a. Luasnya tempat pabrik
- b. Agar setiap didistributor memiliki tempat cadangan untuk menampung banyaknya jumlah produk dan lain sebagainya. Hal itu tersaji sebagai berikut:

Tabel 5 Daya Tampung Setiap Distributor

| Distributor | Kapasitas/daya tampung |
|--------------------|------------------------|
| Megah Maju Mandiri | 1.200 |
| Indomarco | 3.450 |
| Mega Lestari | 2.000 |
| Jumlah | 7.150 |

Ada pula beban yang diperhitungkan dari jarak yang ditempuh oleh kendaraan pengangkut, beban dalam hal ini bahan bakar minyak (BBM) yang satuannya adalah liter. Dapat pula diperhitungkan dengan harga saat ini yaitu, Rp 7.600/liter. Pengiriman barang seharusnya diperhitungkan seminimal mungkin agar perusahaan mendapat pengeluaran sedikit dan keuntungan yang cukup besar dari pengiriman.

Pengolahan Data

Perhitungan dilakukan secara manual dengan memisahkan beberapa variabel dari data pengiriman. Ambil data pengiriman barang dan kapasitas atau daya tampung dari empat swalayan.

Tabel 7 Keseluruhan Data

| Distributor | Swalayan/pasar | | | | Penawaran |
|-------------------|----------------|----------|-------|--------|-----------|
| | Carrefour | Alfamart | Borma | Yomart | |
| Mega Maju Mandiri | 80 | 75 | 50 | 65 | 1200 |
| Indomarco | 100 | 85 | 45 | 35 | 3450 |
| Mega Lestari | 65 | 70 | 55 | 80 | 2500 |
| Permintaan | 2500 | 850 | 1800 | 2000 | 7150 |

Langkah-langkah :

Untuk menyelesaikan persoalan transportasi, harus dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Tentukan solusi fisibel basis awal
2. Tentukan *entering variabel* dari variabel-variabel *nonbasis*. Bila semua variabel sudah memenuhi kondisi optimum, STOP. Bila belum, lanjutkan ke langkah
3. Tentukan *leaving variabel* diantara variabel-variabel basis yang ada, kemudian hitung solusi yang baru. Kembali ke langkah 2.

Langkah 1 : menentukan solusi fisibel basis awal ada tiga metode yang biasa digunakan untuk menentukan solusi fisibel basis awal yaitu:

a. North West Corner (NWC)

North West Corner atau pojok kiri atas di dapat dari hasil pengalokasian pada tempat yang mempunyai ongkos yang diawali dari pojok kiri atas, lalu alokasikan ongkos tersebut semaksimal mungkin agar terpenuhi secara kapasitas unit. Berikut adalah tabel hasil dari *North West Corner*,

Tabel 8 *North West Corner*

| Distributor | Swalayan/pasar | | | | Penawaran |
|-------------------|----------------|-----------|------------|------------|-----------|
| | Carrefour | Alfamart | Borma | Yomart | |
| Mega Maju Mandiri | 80 1200 | 75 - | 50 - | 65 - | 1200 |
| Indomarco | 100 1300 | 85 850 | 45 1300 | 35 - | 3450 |
| Mega Lestari | 65 - | 70 - | 55 500 | 80 2000 | 2500 |
| Permintaan | 2500 | 850 | 1800 | 2000 | 7150 |

Tabel diatas menjelaskan pengalokasian metode *North West Corner* dimulai dari kotak paling kiri atas yaitu pengalokasian sebanyak mungkin tanpa melanggar batasan yang ada ialah jumlah penawaran dan permintaan. Untuk kotak paling kiri pada tabel 8 jumlah penawarannya sejumlah 1.200 dan jumlah permintaannya adalah 2.500, jadi untuk kotak ini dapat dialokasikan sejumlah 1.200 (terkecil antara penawaran dan permintaan) begitu pun dengan selanjutnya.

Dari uraian diatas, metode *North West Corner* mendapatkan solusi awal:

$$\begin{aligned} Z &= 8000 (1200) + 10000 (1300) + 4500 (1300) + 5500 (500) + 8000 (2000) \\ &= 9.600.000 + 13.000.000 + 5.850.000 + 2.750.000 + 1.600.000 \\ &= \text{Rp } 47.200.000,- \end{aligned}$$

b. Least Cost Method

Untuk metode *Least Cost* sangatlah berbeda dengan metode *North West Corner*. Metode ini memperhitungkan beban biaya terlebih dahulu agar mencapai tujuan minimasi biaya dengan alokasi sistematis kepada kotak-kotak sesuai dengan besarnya biaya transport per unit.

Pada metode *North West Corner* dapat ditentukan pada satu acuan yaitu terletak pada pojok kiri atas, kemudain berjalan menurut alur yang tepat. Sedangkan metode *Least Cost* sebaliknya, metode *Least Cost* menentukan titik acuan pada biaya terkecil dahulu kemudian bergerak menurut alur yang tepat.

Tabel 9 *Least Cost*

| Distributor | Swalayan/pasar | | | | Penawaran |
|-------------------|----------------|----------|-------|--------|-----------|
| | Carrefour | Alfamart | Borma | Yomart | |
| Mega Maju Mandiri | 80 | 75 | 50 | 65 | 1200 |
| Indomarco | 100 | 85 | 45 | 35 | 3450 |
| Mega Lestari | 65 | 70 | 55 | 80 | 2500 |
| Permintaan | 2500 | 850 | 1800 | 2000 | 7150 |

Pengalokasian pada metode *Least Cost* dimulai pada kotak dengan biaya terendah dilanjutkan dengan kotak biaya terendah selanjutnya yang belum terpenuhi nilai penawaran dan permintaannya. Pada tabel 9 masalah yang dibahas, kotak yang mempunyai biaya terendah adalah 35.

Dari uraian tersebut metode *Least Cost* mendapatkan solusi awal yaitu:

$$\begin{aligned} Z &= 7500 (850) + 5000 (350) + 4500 (1450) + 3500 (2000) + 6500 (2500) \\ &= 6.375.000 + 1.750.000 + 6.525.000 + 7.000.000 + 16.250.000 \\ &= \text{Rp } 37.900.000,- \end{aligned}$$

c. Vogel Aproximation Method (VAM)

Cara ini merupakan cara yang terbaik dibandingkan dengan kedua cara di atas. Langkah-langkah pengerjaannya adalah:

1. Hitung *penalty* untuk tiap kolom dan baris dengan jalan mengurangi elemen ongkos terkecil dari yang kedua terkecil.
2. Selidiki kolom/baris dengan *penalty* terbesar. Alokasikan sebanyak mungkin pada variabel dengan ongkos terkecil, sesuaikan *supply* dengan *demand*, kemudian tandai kolom atau baris yang sudah terpenuhi. Kalau ada 2 buah kolom/baris yang terpenuhi secara simultan, pilih salah satu untuk ditandai, sehingga *supply/demand* pada baris/kolom yang tidak terpilih adalah nol. Setiap baris/kolom dengan *supply/demand* sama dengan nol, tidak akan terbawa lagi dalam perhitungan *penalty* berikutnya.
3. a. Bila tinggal 1 kolom/baris yang belum ditandai, STOP.
 b. Bila tinggal 1 kolom/baris dengan *supply/demand* positif yang belum ditandai, tentukan variabel basis pada kolom/baris dengan cara ongkos terkecil (least cost)
 c. Bila semua baris dan kolom yang belum ditandai mempunyai *supply* dan *demand* sama dengan nol, tentukan variabel-variabel basis yang berharga nol dengan cara ongkos terkecil. Kemudian STOP.
 d. Jika 3, b, dan c tidak terjadi, hitung kembali *penalty* untuk baris/kolom yang belum ditandai. Kembali ke nomor 2.

Tabel 10 *Vogel Approximation Method*

| Distributor | Swalayan/pasar | | | | Penawaran |
|-------------------|----------------|----------|-------|--------|-----------|
| | Carrefour | Alfamart | Borma | Yomart | |
| Mega Maju Mandiri | 80 | 75 | 50 | 65 | 1200 |
| Indomarco | 100 | 85 | 45 | 35 | 3450 |
| Mega Lestari | 65 | 70 | 55 | 80 | 2500 |
| Permintaan | 2500 | 850 | 1800 | 2000 | 7150 |

Opportunity Cost distributor

| | | | | | |
|-------------------|----|----|----|----|----|
| Mega Maju Mandiri | 15 | 25 | 25 | 5 | 5 |
| Indomarco | 10 | 40 | 15 | 15 | 15 |
| Mega Lestari | 10 | 10 | 10 | 5 | - |

Opportunity Cost Swalayan/ritel

| | | | | |
|-----------|----|---|---|----|
| Carrefour | 15 | 5 | 5 | 30 |
| Alfamart | 15 | 5 | 5 | - |
| Borma | 15 | 5 | 5 | - |
| Yomart | 15 | 5 | - | - |

Solusi fisibel dari metode pendekatan Vogel:

$$\begin{aligned}
Z &= 75 (850) + 50 (350) + 45 (1450) + 35 (2000) + 65 (2500) \\
&= 63.750 + 17.500 + 65.250 + 70.000 + 162.500 \\
&= \text{Rp } 37.900.000,-
\end{aligned}$$

Langkah 2 dan 3: Menentukan *entering variabel* dan *leaving variabel* adalah tahap berikutnya dari teknik pemecahan persoalan transportasi, setelah solusi fisibel basis awal diperoleh. Ada dua cara yang bisa digunakan dalam menentukan *entering* dan *leaving* variabel ini, yaitu dengan menggunakan metode *stepping stone* atau metode *multipliers*.

a. Metode *stepping stone*

Untuk menentukan *entering* dan *leaving* variabel ini, terlebih dahulu harus dibuat suatu loop tertutup bagi setiap variabel nonbasis loop tersebut berawal dan berakhir pada variabel *nonbasis* tadi, dimana tiap sudut haruslah merupakan titik-titik yang ditempati oleh variabel-variabel basis dalam tabel transportasi.

Berikut kita lihat kembali tabel terakhir yang diperoleh dari cara northwest corner, Tabel 4.1

Tabel 11 Solusi Fisibel Basis Awal

| Distributor | Swalayan/pasar | | | | Penawaran |
|-------------------|----------------|----------|-------|--------|-----------|
| | Carrefour | Alfamart | Borma | Yomart | |
| Mega Maju Mandiri | 80 | 75 | 50 | 65 | 1200 |
| Indomarco | 100 | 85 | 45 | 35 | 3450 |
| Mega Lestari | 65 | 70 | 55 | 80 | 2500 |
| Permintaan | 2500 | 850 | 1800 | 2000 | 7150 |

$$\begin{aligned}
\text{Sampai di sini diperoleh solusi awal } Z &= 8000 (1200) + 10000 (1300) + 4500 (1300) \\
&+ 5500 (500) + 8000 (2000) \\
&= 9.600.000 + 13.000.000 + 5.850.000 + 2.750.000 + 1.600.000 \\
&= \text{Rp } 47.200.000,-
\end{aligned}$$

Dalam hal ini *loop* digunakan untuk memeriksa apakah diperoleh penurunan ongkos (*z*) jika variabel nonbasis dimasukan menjadi basis. Dengan cara memeriksa semua variabel *nonbasis* yang terdapat dalam suatu iterasi itulah kita dapat menentukan *entering variable*.

Entering variabel

$$X_{12} = 75 - 85 + 100 - 80 = 10$$

$$X_{13} = 50 - 45 + 100 - 45 = 25$$

$$X_{14} = 65 - 80 + 55 - 45 + 100 - 80 = 15$$

$$X_{24} = 35 - 45 + 55 - 80 = -35$$

$$X_{31} = 65 - 55 + 45 - 100 = -45$$

$$X_{32} = 70 - 55 + 45 - 85 = -25$$

Iterasi 1

Tabel 12 Penambahan dan Penurunan Ongkos, Iterasi 1

| Distributor | Swalayan/pasar | | | | Penawaran |
|-------------------|----------------|----------|-------|--------|-----------|
| | Carrefour | Alfamart | Borma | Yomart | |
| Mega Maju Mandiri | 80 | 75 | 50 | 65 | 1200 |
| Indomarco | 100 | 85 | 45 | 35 | 3450 |
| Mega Lestari | 65 | 70 | 55 | 80 | 2500 |
| Permintaan | 2500 | 850 | 1800 | 2000 | 7150 |

$$\begin{aligned}
 Z &= 8000(1200) + 10000(1300) + 8500(850) + 4500(1300) + 5500(500) + 8000(2000) \\
 &= 9.600.000 + 13.000.000 + 7.225.000 + 5.850.000 + 2.750.000 + 16.000.000 \\
 &= \text{Rp. } 54.425.000,-
 \end{aligned}$$

Entering variabel

$$X_{12} = 75 - 80 + 100 - 85 = 10$$

$$X_{13} = 50 - 80 + 100 - 45 = 25$$

$$X_{14} = 65 - 80 + 100 - 85 + 70 - 80 = -10$$

$$X_{24} = 35 - 80 + 70 - 85 = -60$$

$$X_{31} = 65 - 70 + 85 - 100 = -20$$

Iterasi 2

Tabel 13 Penambahan dan Penurunan Ongkos, Iterasi 2

| Distributor | Swalayan/pasar | | | | Penawaran |
|-------------------|----------------|----------|-------|--------|-----------|
| | Carrefour | Alfamart | Borma | Yomart | |
| Mega Maju Mandiri | 80 | 75 | 50 | 65 | 1200 |
| Indomarco | 100 | 85 | 45 | 35 | 3450 |
| Mega Lestari | 65 | 70 | 55 | 80 | 2500 |
| Permintaan | 2500 | 850 | 1800 | 2000 | 7150 |

$$\begin{aligned}
 Z &= 8000(1200) + 10000(1300) + 8500(350) + 4500(1800) + 7000(500) + 8000(2000) \\
 &= 1.600.000 + 13.000.000 + 2.975.000 + 8.100.000 + 3.500.000 + 16.000.000 \\
 &= \text{Rp. } 45.175.000,-
 \end{aligned}$$

Entering variabel

$$X_{12} = 75 - 80 + 100 - 85 = 10$$

$$X_{13} = 50 - 80 + 100 - 45 = 25$$

$$X_{24} = 35 - 45 + 55 - 80 = -35$$

$$X_{31} = 65 - 80 + 65 - 80 = -30$$

Iterasi 3

Tabel 14 Penambahan dan Penurunan Ongkos, Iterasi 3

| Distributor | Swalayan/pasar | | | | Penawaran |
|-------------------|----------------|----------|-------|--------|-----------|
| | Carrefour | Alfamart | Borma | Yomart | |
| Mega Maju Mandiri | 80 | 75 | 50 | 65 | 1200 |
| | 850 | - | - | 350 | |
| Indomarco | 100 | 85 | 45 | 35 | 3450 |
| | 1650 | 0 | 1800 | - | |
| Mega Lestari | 65 | 70 | 55 | 80 | 2500 |
| | - | 850 | 0 | 1650 | |
| Permintaan | 2500 | 850 | 1800 | 2000 | 7150 |

$$\begin{aligned}
 Z &= 8000 (850) + 6500 (350) + 10000 (1650) + 4500 (1800) + 7000 (850) + 8000 (1650) \\
 &= 6.800.000 + 2.275.000 + 16.500.000 + 8.100.000 + 5.950.000 + 13.200.000 \\
 &= \text{Rp. } 52.825.000,-
 \end{aligned}$$

Entering variable

$$X_{12} = 75 - 85 + 100 - 80 = 10$$

$$X_{13} = 50 - 80 + 100 - 45 = 25$$

$$X_{24} = 35 - 80 + 65 - 100 = -80$$

Iterasi 4

Tabel 15 Penambahan dan Penurunan Ongkos, Iterasi 4

| Distributor | Swalayan/pasar | | | | Penawaran |
|-------------------|----------------|----------|-------|--------|-----------|
| | Carrefour | Alfamart | Borma | Yomart | |
| Mega Maju Mandiri | 80 | 75 | 50 | 65 | 1200 |
| | 0 | - | - | 1200 | |
| Indomarco | 100 | 85 | 45 | 35 | 3450 |
| | 1650 | 0 | 1800 | - | |
| Mega Lestari | 65 | 70 | 55 | 80 | 2500 |
| | 850 | 850 | 0 | 800 | |
| Permintaan | 2500 | 850 | 1800 | 2000 | 7150 |

$$\begin{aligned}
 Z &= 6500 (1200) + 100 (1650) + 45 (1800) + 6500 (850) + 7000 (850) + 8000 (800) \\
 &= 7.800.000 + 16.500.000 + 11.700.000 + 5.525.000 + 5.950.000 + 6.400.000 \\
 &= \text{Rp } 53.875.000,-
 \end{aligned}$$

Tabel 16 Penambahan dan Penurunan Ongkos

| Distributor | Swalayan/pasar | | | | Penawaran |
|-------------------|----------------|----------|-------|--------|-----------|
| | Carrefour | Alfamart | Borma | Yomart | |
| Mega Maju Mandiri | 80 | 75 | 50 | 65 | 1200 |
| | 0 | - | - | 1200 | |
| Indomarco | 100 | 85 | 45 | 35 | 3450 |
| | 850 | 0 | 1800 | 800 | |
| Mega Lestari | 65 | 70 | 55 | 80 | 2500 |
| | 1650 | 850 | 0 | 0 | |
| Permintaan | 2500 | 850 | 1800 | 2000 | 7150 |

Dari perhitungan selanjutnya jalur tertutup mempunyai nilai positif, maka tidak ada lagi tahap selanjutnya artinya tabel 16 telah mendapat solusi optimum. Meskipun nilai dari solusi optimum sama tetapi solusi awal *Least Cost* lebih cepat daripada *North West Corner*. Terbukti, metode *Least Cost* hanya melakukan jalur tertutup pada iterasi 1 sedangkan *North West Corner* melakukan sampai iterasi 4.

$$\begin{aligned}
 Z &= 6500(1200) + 10000(850) + 4500(1800) + 3500(800) + 6500(1650) + 7000(850) \\
 &= 7.800.000 + 8.500.000 + 8.100.000 + 2.800.000 + 10.725.000 + 5.950.000 \\
 &= \text{Rp. } 43.875.000,-
 \end{aligned}$$

7. Kesimpulan

Berdasarkan data yang kami dapatkan dari ketiga distributor, kami menyimpulkan bahwa :

1. Alokasi kapasitas untuk masing-masing distributor :
 - a. Distributor Mega Maju Mandiri harus memenuhi permintaan dari Carrefour sebanyak 1200 Carton Mamy Poko.
 - b. Distributor Indomarco harus memenuhi permintaan dari Carrefour 800 Carton Mamy Pokok, Alfamart 850 Carton Mamay Poko, Borma 600 Carton, dan Yomart 1200 carton
 - c. Distributor Mega Lestari harus memenuhi permintaan dari Carrefour 500 carton, Borma 1200 karton,dan Yomart 800 carton.
2. Biaya transportasi yang optimum yang ditimbulkan sebesar Rp 42.475.000.

8. Referensi

- Anugerah, Media, Pengantar Riset Operasional. Penerbit : Gunadarma, 1993.
- Dimiyati, Tjutju Tarliah Ahmad. 2010. *Operation Research Model-Model Pengambilan Keputusan*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Hillier, Frederick S ; Lieberman, Gerald J. 1994. *Pengantar Riset Operasi*. Jakarta : Erlangga.

- Ghiani, G, Laporte, G dan Musmanno, R (2004); Introduction to logistic System Planning and Control. John Wiley & Son, U.K
- Prawirosentono, Suyadi. 2001. *Manajemen Operasi Analisis dan Studi Kasus*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Ridho, Herni, Aziz, Annisa, (2015) Penggunaan Metode Transportasi Untuk Mengoptimalkan Biaya Optimum Dari Distributor ke Riter, STIMLOG