

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Cynthia Dewi (2004) dalam penelitiannya yang berjudul “Pengoptimalan Rute dan Jadwal Kendaraan di PT X” membahas tentang permasalahan belum adanya prosedur penentuan rute dan penjadwalan pengiriman barang di PT X yang merupakan suatu perusahaan yang bergerak dibidang logistik. Penyelesaian masalah penentuan rute dan penjadwalan kendaraan (*Vehicle Routing and Scheduling Problem*) ini adalah dengan menggunakan metode penghematan *Clarke-Wright*.

Hasil dari penyelesaian masalah ini adalah tersusunnya rencana jadwal kendaraan dan rute yang harus dilalui kendaraan yang akan mengirimkan pesanan ke masing-masing toko dalam satu hari selama seminggu. Dari perhitungan diperoleh total jarak tempuh kendaraan menjadi 11,11% lebih pendek, utilitas volume kendaraan menjadi 11,8 % lebih besar, utilitas berat kendaraan menjadi 15,37 % lebih kecil, dan jumlah kendaraan yang dipakai menjadi 11,58% lebih sedikit daripada sebelumnya. Hasil perbandingan tersebut telah diuji signifikansi dengan menggunakan α sebesar 10 %, dan didapatkan bahwa hasil tersebut telah signifikan.

Josef Hernawan Nudu (2007) dengan jurnal yang berjudul “Kombinasi Strategi Distribusi untuk Menurunkan Biaya Logistik” memperlihatkan bahwa untuk memperoleh keuntungan yang memadai dalam kompetisi yang ketat, PT Fonterra Brands Indonesia (FBI) perlu menekan biaya produksi serendah mungkin. Salah satu caranya adalah dengan menurunkan biaya logistik. Penurunan biaya logistik dapat dilakukan dengan memperbaiki sistem distribusi. Strategi distribusi yang dibahas adalah distribusi reguler, *Cross Docking*, dan *Direct Plan Delivery* dengan perolehan hasil biaya logistik secara berturut-turut sebesar Rp 151.396.100,00, Rp 59.996.060,00 dan Rp 21.200.000,00. Pemilihan kombinasi strategi distribusi yang tepat dapat menurunkan biaya logistik.

Ella Levana Puspanegara (2009) dalam penelitiannya yang berjudul “*Supply Chain Management* pada Proses Manajemen Distribusi dan Transportasi untuk Meminimasi Waktu dan Biaya Pengiriman” ini membahas rute dan moda transportasi yang diterapkan oleh PT Holcim Indonesia Tbk dan alternatif perbaikannya untuk meminimasi biaya distribusi. Hasil penelitian yang didapatkan adalah penghematan

biaya distribusi sebesar 65,66 % untuk total biaya distribusi dan 11,37 % untuk lama waktu distribusi.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada objek yang diteliti dan penggunaan prosedur pengurutan rute yang terbentuk. Rute yang terbentuk akan diurutkan kembali dengan menggunakan beberapa prosedur pengurutan rute diantaranya: *farthest insert*, *nearest insert*, *nearest neighbor*, dan *sweep*. Perubahan urutan ini bertujuan untuk mengetahui dampak perubahan urutan terhadap biaya transportasinya. Selain itu, penelitian ini juga membahas alternatif sistem jaringan transportasi yang dikombinasikan dengan pembentukan rute dengan metode penghematan *Clarke-Wright* sebagai strategi distribusi yang dapat menurunkan biaya transportasi.

2.2 Manajemen Logistik

2.2.1 Pengertian Manajemen Logistik

Manajemen logistik merupakan bagian dari proses *supply chain* yang berfungsi untuk merencanakan, melaksanakan, dan mengendalikan keefisienan dan keefektifan penyimpanan dan aliran barang, pelayanan dan informasi terkait dari titik permulaan (*point of origin*) hingga titik konsumsi (*point of consumption*) dalam tujuannya untuk memenuhi kebutuhan para pelanggan (<http://id.wikipedia.org/wiki/Logistik>).

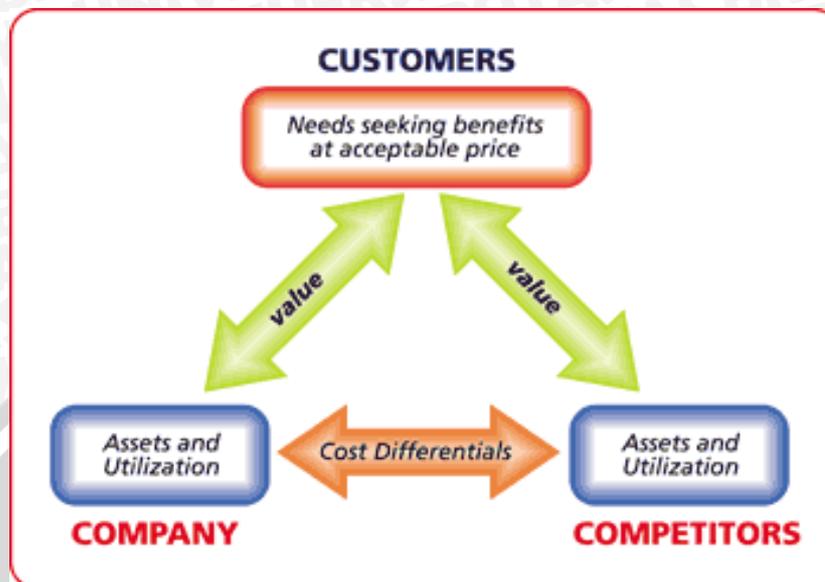
Menurut Bowersox (1978:13), manajemen logistik didefinisikan sebagai proses pengelolaan yang strategis terhadap pemindahan dan penyimpanan barang, suku cadang, dan barang jadi dari para *supplier*, di antara fasilitas-fasilitas perusahaan dan kepada para langganan.

Dari berbagai pengertian yang ada, semua merujuk pada satu tujuan manajemen logistik, yakni menyampaikan barang jadi dan bermacam-macam material dalam jumlah yang tepat pada waktu dibutuhkan, dalam keadaan yang dapat dipakai, ke lokasi dimana barang tersebut dibutuhkan dan dengan total biaya terendah (Bowersox, 1978:13).

2.2.2 Pengaruh Manajemen Logistik pada Keunggulan Kompetitif Perusahaan

Menurut Indrajit (2003), logistik dianggap sebagai suatu proses yang sangat penting, karena dengan pengelolaan yang efektif dan efisien akan menjadi salah satu sumber keunggulan kompetitif yang dapat diciptakan oleh perusahaan. Dasar-dasar kesuksesan dalam kompetisi digambarkan pada sebuah model sederhana yang dinamakan sebagai *the triangular linkage of the company* atau *the Three C's* yaitu

customers, competitors dan *company*. Adapun hubungan keterkaitan di antara ketiganya dapat dilihat pada Gambar 2.1:



Gambar 2.1 Keunggulan Kompetitif Model C
Sumber: Indrajit (2003)

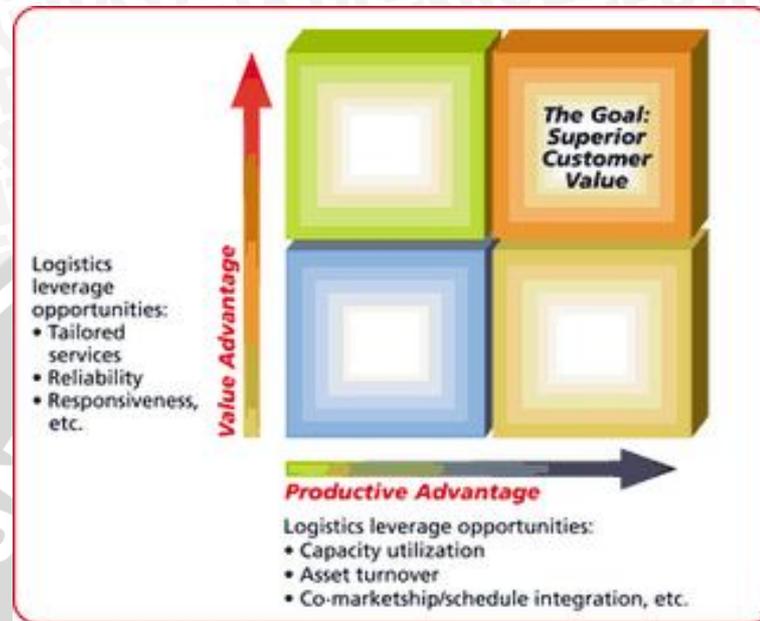
Penanganan manajemen logistik yang baik akan bermuara pada terbentuknya keunggulan kompetitif perusahaan. Sumber dari keunggulan kompetitif tersebut, pertama terletak pada kemampuan perusahaan membedakan dirinya sendiri di depan mata konsumen dari para pesaingnya (*value advantage*). Kedua, dengan cara bekerja berbiaya rendah yang berarti memperoleh laba yang lebih tinggi (*productivity* atau *cost advantage*).

Pada *value advantage*, perusahaan harus mampu membedakan produknya dengan produk kompetitornya, bila tidak barang atau produknya akan menjadi “barang komoditas” biasa dan konsumen akan cenderung membeli jenis barang tersebut yang harganya paling murah. Untuk mendapatkan *value advantage* ini, maka perusahaan harus menciptakan nilai tertentu dan biasanya harus dilakukan pada suatu segmen pasar tertentu (Indrajit, 2003).

Pada *productivity advantage*, biasanya makin besar volume produksi suatu barang, biaya per satuan barang akan makin kecil karena *fixed cost* dibagi lebih merata dengan angka pembagi yang lebih besar, sedangkan *variable cost* per satuan barang akan tetap, sehingga total *cost* per satuan barang akan mengecil. Oleh karena itu, kenaikan *market share* akan menaikkan volume produksi dan selanjutnya akan menurunkan biaya produksi per satu satuan barang. Namun, cara menurunkan biaya

produksi tidak hanya dengan menaikkan market share, tetapi dapat juga dengan menurunkan biaya logistik (Indrajit, 2003).

Opsi-opsi yang tersedia dalam hubungan antara *value advantage* dan *productivity advantage* dapat dilihat pada Gambar 2.2:



Gambar 2.2 Keunggulan Kompetitif melalui Logistik
Sumber: Indrajit (2003)

Perusahaan yang menempati kotak kiri bawah dalam matriks tersebut berada pada posisi paling tidak menguntungkan, karena tidak mempunyai keunggulan apapun atau sangat minim. Untuk dapat bersaing, caranya adalah harus bergerak ke kanan atau ke atas. Dalam matriks tersebut terlihat bahwa fungsi logistik dapat membantu untuk meningkatkan, baik *value advantage* maupun *productivity advantage*.

2.2.3 Komponen Sistem Manajemen Logistik

Menurut Gitosudarmo & Mulyono (2000:21) atau pun juga Bowersox (1978:63), manajemen logistik disusun berdasarkan paling tidak ada 5 komponen yang membentuk sistem logistik, yaitu:

1. Struktur lokasi fasilitas (*location*)
2. Transportasi (*transportation*)
3. Persediaan (*inventory*)
4. Komunikasi (*communication*)
5. Pengelolaan/penanganan (*handling*) dan penyimpanan (*storage*)

2.2.3.1 Struktur Lokasi Fasilitas (*Location*)

Jaringan fasilitas yang dipilih merupakan suatu hal yang fundamental bagi hasil akhir logistiknya. Jumlah dan pengaturan dari fasilitas yang dioperasikan dalam perusahaan mempunyai hubungan langsung dengan kemampuan pelayanan terhadap penggunaan akhir produk, barang, serta terhadap biaya logistiknya. Jaringan fasilitas suatu perusahaan merupakan suatu kegiatan logistik dengan ke mana dan melalui mana material atau produk-produk diangkut. Seleksi terhadap alternatif lokasi yang unggul dapat memberikan banyak keuntungan yang kompetitif karena efisiensi logistik dapat dicapai dengan baik. Hal ini tidak terlepas dari hubungan langsung dengan kemampuan pelayanan dan dibatasi oleh jaringan fasilitas.

2.2.3.2 Transportasi

Kegiatan transportasi merupakan kegiatan penghubung dalam jaringan fasilitas. Sistem logistik memandang kegiatan transportasi dengan 4 faktor yang memegang peran cukup penting, yaitu biaya, kecepatan, pelayanan, dan konsistensi. Biaya transportasi merupakan pembayaran sesungguhnya yang dikeluarkan untuk pengangkutan di antara dua tempat. Faktor kecepatan merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu tugas pengangkutan dari tempat asal ke tempat tujuan. Faktor pelayanan merupakan suatu kegiatan servis yang diberikan terhadap barang perusahaan selama dalam kegiatan pemindahan barang. Konsistensi pelayanan merupakan hal yang cukup penting dibidang transportasi dengan menunjukkan prestasi waktu yang teratur. Konsistensi transportasi mempengaruhi keterkaitan antara persediaan bahan baku, persediaan barang jadi, persediaan penjualan serta resiko-resiko yang harus dipertimbangkan.

Dalam merancang sistem logistik hendaklah dimatangkan antara kebijakan biaya, kecepatan pemindahan, pelayanan yang diberikan dan konsistensi transportasi demi kebaikan pelaksanaan manajemen logistik terpadu.

2.2.3.3 Persediaan

Kebutuhan akan transportasi diantara berbagai fasilitas didasarkan atas kebijakan jumlah persediaan yang ditetapkan perusahaan. Jumlah persediaan yang diterapkan dapat berlainan pada tiap kurun waktunya. Tujuan dari integrasi persediaan ke dalam sistem logistik adalah untuk mempertahankan jumlah produk yang serendah mungkin yang sesuai dengan sasaran pelayanan untuk konsumen.

2.2.3.4 Komunikasi

Komunikasi merupakan suatu sumber informasi, ide, konsep, gagasan yang diberikan dari pihak yang satu kepada pihak yang lain. Kecepatan arus informasi juga berkaitan langsung dengan integrasi dari keberadaan struktur fasilitas, kegiatan transportasi, kebijakan jumlah persediaan, pengelolaan dan penyimpanan. Semakin efisien desain suatu sistem logistik suatu perusahaan, maka semakin peka terhadap gangguan-gangguan dalam arus informasi. Mutu dan informasi yang tepat waktu merupakan faktor penentu yang utama dari kestabilan sistem.

2.2.3.5 Pengelolaan dan Penyimpanan

Keempat komponen dasar dari suatu sistem logistik (lokasi fasilitas, kemampuan transportasi, alokasi persediaan, dan jaringan komunikasi) ini dapat dipengaruhi oleh berbagai alternatif pengaturan desain, yang masing-masing mempunyai efektivitas. Pengelolaan dan penyimpanan berhubungan dengan kebijakan jumlah persediaan yang selektif diantara lokasi fasilitas, kegiatan transportasi, alokasi persediaan, dan jaringan komunikasi yang digunakan. Hal ini membuat kegiatan pengelolaan dan penyimpanan menjadi suatu struktur sistem bagi arus barang yang terpadu.

2.3 Transportasi dalam Manajemen Logistik

2.3.1 Pengertian Transportasi

Menurut Chopra & Meindl (2001:262), transportasi merupakan perpindahan produk dari satu lokasi ke lokasi lain atau dari permulaan rantai pasok hingga sampai ke tangan konsumen. Transportasi memiliki peran penting dalam setiap rantai pasok karena jarang ditemui suatu produk yang dibuat dan dikonsumsi pada tempat yang sama.

Transportasi meliputi berbagai metode perpindahan barang yang bervariasi ke luar perusahaan. Untuk perusahaan pada umumnya, transportasi merupakan salah satu komponen yang menyerap biaya paling tinggi, yaitu berkisar antara 30 % hingga 60 % dari total biaya pendistribusian produk (Arnold,1998:328).

Seperti yang sudah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, bahwa transportasi merupakan salah satu komponen penting yang perlu diperhatikan dalam sistem logistik, maka efektivitas dan efisiensi dalam transportasi akan menjadi keunggulan kompetitif bagi suatu perusahaan. Dengan biaya transportasi yang rendah, suatu perusahaan dapat menurunkan harga jual produk dan meningkatkan keuntungannya.

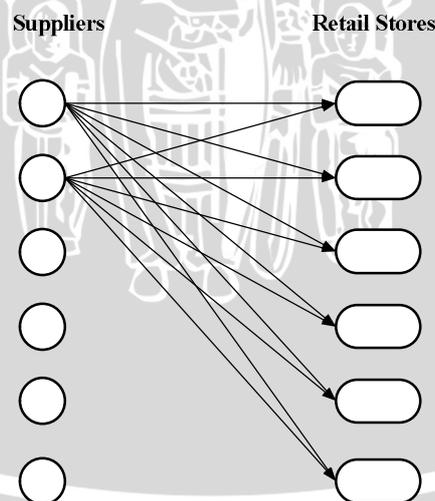
2.3.2 Desain Jaringan dalam Transportasi

Transportasi memiliki berbagai desain jaringan yang mempengaruhi performa dalam manajemen rantai pasok. Pemilihan desain jaringan yang tepat akan dapat mengurangi pemborosan biaya dalam aktivitas transportasi. Penentuan desain jaringan dapat dilakukan dengan cara membangun sarana prasarana yang berkaitan dengan keputusan pelaksanaan transportasi dengan menentukan jadwal dan rute transportasi.

Adapun macam-macam desain jaringan yang dapat dipilih, dengan berbagai kekurangan dan kelebihan masing-masing desain (Chopra & Meindl, 2001:270):

1. *Direct Shipment Network*

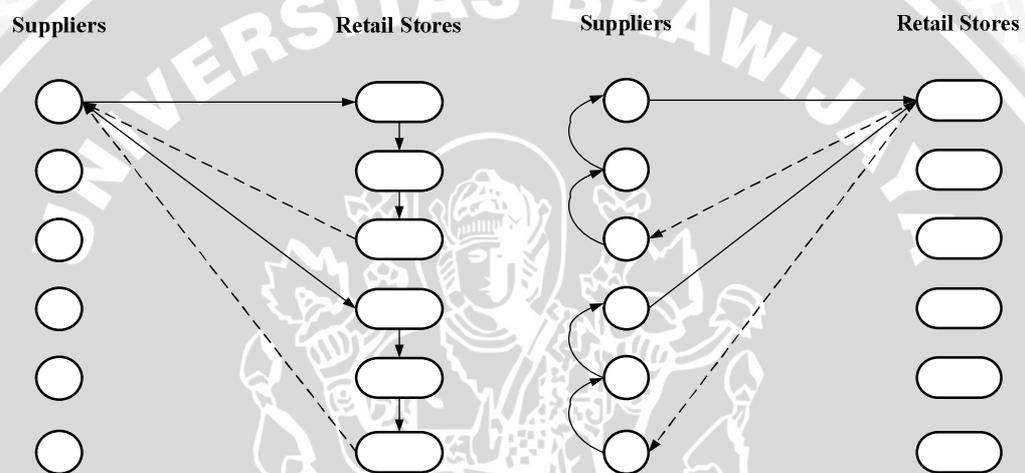
Pada *direct shipment network*, rute setiap pengiriman dilakukan secara langsung dari *supplier* ke *retailer*, sehingga yang diperlukan hanya menentukan jumlah barang dan moda transportasi yang akan dipakai. Kelebihan menggunakan desain jaringan ini adalah untuk mengeliminasi jumlah *warehouse* dan untuk memudahkan kegiatan operasional dan koordinasi. Selain itu, waktu transportasi dari *supplier* ke *retailer* menjadi singkat karena setiap pengiriman dilakukan secara langsung. Kekurangan dari sistem ini adalah tingginya persediaan yang akan dikeluarkan. Desain jaringan *direct shipment network* disajikan pada Gambar 2.3:



Gambar 2.3 *Direct Shipment Network*
Sumber: Chopra & Meindl (2001:270)

2. *Direct Shipping with Milk Runs*

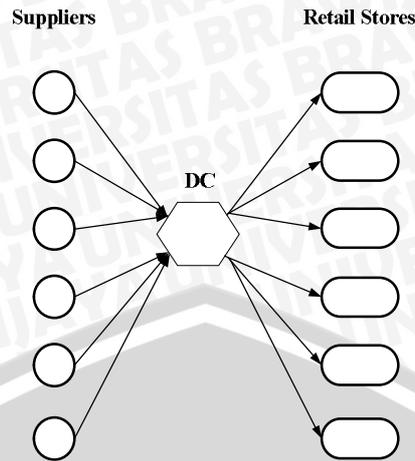
Milk runs merupakan rute pengiriman produk dari satu *supplier* ke beberapa *retailers* atau dari beberapa *suppliers* ke satu *retailer*. Untuk itu yang diperlukan adalah menentukan rute dari masing-masing *milk runs*. Kelebihan dari desain jaringan ini adalah dapat mengurangi jumlah *warehouse* dan biaya pengiriman. Hal ini dikarenakan pengiriman dapat dilakukan ke beberapa *retailer* dengan menggunakan satu truk. Desain ini memiliki kekurangan yaitu meningkatnya kerumitan koordinasi yang dilakukan. Desain jaringan *direct shipping with milk runs* ditunjukkan pada Gambar 2.4:



Gambar 2.4 *Direct Shipping with Milk Runs*
Sumber: Chopra & Meindl (2001:271)

3. *All Shipments via Central Distribution Center*

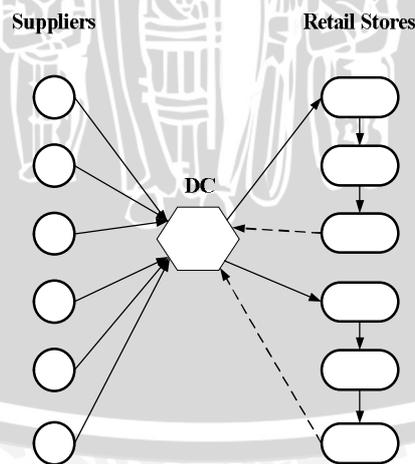
Pada desain jaringan *all shipments via central distribution center*, pihak *supplier* tidak menyalurkan secara langsung ke *retailer*, melainkan melalui *distribution center* (DC) pada tiap-tiap *region* yang telah ditentukan. Kelebihan sistem ini adalah *supplier* tidak perlu mengeluarkan biaya transportasi yang tinggi untuk menjangkau semua *retailer* karena semua pengiriman dialokasikan ke DC. Di sisi lain, pihak DC akan menerima keuntungan dari segi ekonomis bila pengiriman dilakukan dalam jumlah yang besar. Adapun kerugian dari desain jaringan ini adalah meningkatnya *handling* pada DC, tingginya biaya persediaan dan kompleksitas koordinasi yang tinggi. Desain jaringan *all shipments via central distribution center* ditunjukkan pada Gambar 2.5:



Gambar 2.5 All Shipments via Central Distribution Center
 Sumber: Chopra & Meindl (2001:272)

4. *Shipping via Distribution Center Using Milk Runs*

Penggunaan *Milk runs* juga dapat dilakukan melalui perantara *distribution center* jika jumlah produk yang akan dikirim ke retailer dalam jumlah sedikit. Kelebihan desain jaringan ini adalah biaya transportasi yang rendah untuk pengiriman dalam jumlah sedikit, sedangkan kekurangannya adalah semakin rumitnya tingkat koordinasi yang dilakukan. Desain jaringan *Shipping via Distribution Center Using Milk Runs* disajikan pada Gambar 2.6 di bawah ini:



Gambar 2.6 Shipping via Distribution Center Using Milk Runs
 Sumber: Chopra & Meindl (2001:273)

5. *Tailored Network*

Tailored Network merupakan kombinasi dari berbagai desain sebelumnya yang bertujuan mengurangi biaya pengiriman dan meningkatkan respon dalam rantai pasok. Penggunaan sistem ini disesuaikan dengan kondisi yang ada, misalnya barang dalam jumlah besar yang dipesan oleh *retail* dengan kapasitas besar dapat dikirim secara langsung (*direct shipment network*), atau jika permintaan barang dalam jumlah sedikit oleh *retail* dengan kapasitas kecil dapat dilakukan melalui DC. Desain jaringan ini sangat kompleks karena adanya perbedaan prosedur dalam pengiriman pada tiap-tiap produk dan *retailer*. Keuntungan dari sistem ini adalah pihak *supplier* akan lebih selektif dalam menentukan rute dan moda transportasi untuk meminimalkan biaya transportasi, sedangkan kerugiannya adalah kompleksitas koordinasi yang tinggi.

2.3.3 Moda Transportasi

Menurut Arnold (1998:331), secara umum moda transportasi dibagi ke dalam lima jalur, yaitu *rail* (kereta api), *road* (jalan raya), *air* (penerbangan udara), *water* (jalan air), dan *pipelines* (saluran pipa).

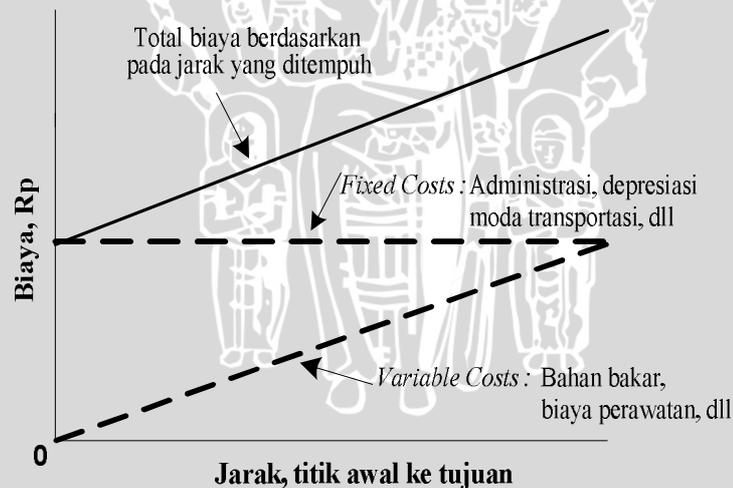
Masing-masing moda transportasi ini mempunyai kelebihan dan kekurangan terhadap kegiatan logistik di perusahaan. Berikut karakteristik yang dimiliki masing-masing moda transportasi menurut Gitosudarmo & Mulyono (2000:39) atau pun juga Pujawan (2005:178):

1. Kereta api, dengan karakteristik:
 - 1) Membutuhkan biaya tetap tinggi, sedangkan biaya variabel rendah
 - 2) Bisa mengangkut barang dengan berat dan *volume* yang besar
 - 3) Fleksibilitas waktu kirim rendah dan jaringannya (rel) terbatas
2. Truk, dengan karakteristik:
 - 1) Membutuhkan biaya tetap rendah, sedangkan biaya variabel sedang
 - 2) Fleksibilitas waktu dan rute pengiriman tinggi
 - 3) *Volume* barang yang bisa diangkut cukup besar sesuai dengan batas kapasitas kendaraan dan kondisi prasarana fisik jalan
3. Penerbangan udara (pesawat), dengan karakteristik:
 - 1) Kecepatan pengiriman produknya tinggi
 - 2) Kemampuan mengangkut barang terbatas
 - 3) Fleksibilitas rute pengiriman sangat rendah

4. Kapal laut (*Vessel*), dengan karakteristik:
 - 1) Membutuhkan biaya tetap sedang, sedangkan biaya variabelnya rendah (biaya tetap lebih tinggi bila dibandingkan dengan moda transportasi melalui jalan raya, tetapi lebih rendah bila dibandingkan dengan moda transportasi melalui kereta api)
 - 2) Mampu membawa barang dalam jumlah besar
 - 3) Fleksibilitas waktu kirim dan rute pengiriman rendah
5. Saluran pipa (*pipeline*), dengan karakteristik:
 - 1) Membutuhkan biaya tetap yang tinggi, sedangkan biaya variabelnya rendah
 - 2) Kapasitas dan jaringannya sangat terbatas
 - 3) Digunakan untuk mengangkut gas dan cairan

2.3.4 Biaya Transportasi

Biaya transportasi merupakan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk mendistribusikan produknya. Biaya transportasi dapat dibagi menjadi dua, yaitu *fixed cost* dan *variable cost*. Menurut Ballou (2004:186), hubungan fungsi biaya angkut terhadap jarak yang ditempuh ditunjukkan pada Gambar 2.7 di bawah ini:



Gambar 2.7 Fungsi Biaya Angkut terhadap Jarak
Sumber: Ballou (2004:186)

Berdasarkan Gambar 2.7, rumusan untuk menghitung biaya transportasi adalah sebagai berikut:

$$\text{Transportation Cost} = \text{Fixed Cost} + \text{Variable Cost}$$

$$= a + b \cdot \sum_{i=1}^n X_i \quad (2-1)$$

dengan : $a = \text{fixed cost / bulan (Rp)}$
 $b = \text{variable cost / km (Rp)}$
 $x = \text{jarak yang ditempuh (km)}$

2.3.5 Permasalahan dalam Transportasi

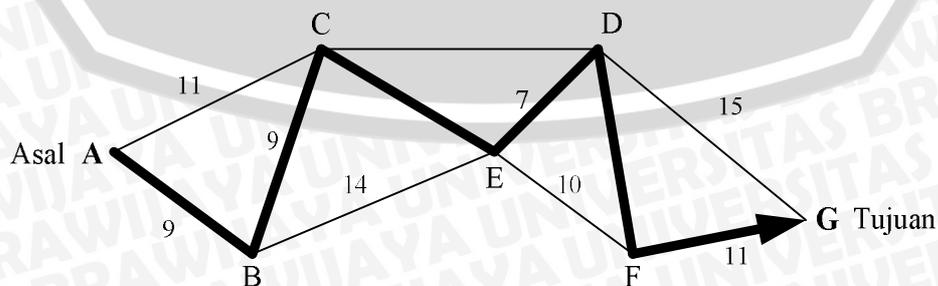
Salah satu keputusan penting yang berkaitan dengan transportasi pada suatu sistem logistik adalah bagaimana menentukan rute dan menjadwalkan pengiriman produk ke konsumen. Hal yang harus diputuskan yaitu konsumen mana yang akan dilayani dan urutan konsumen tersebut akan dikunjungi.

Tujuan utama dari pemilihan rute dan penjadwalan adalah kombinasi yang akan meminimasi biaya dengan mengurangi jumlah kendaraan yang diperlukan, jarak yang ditempuh kendaraan dan lama waktu pengiriman setiap kendaraan. Selain itu juga mengurangi kesalahan pelayanan seperti pengiriman yang tertunda (Chopra & Meindl, 2001:284).

Dengan kata lain, penjadwalan distribusi produk dilakukan dengan menugaskan kendaraan dengan jumlah kendaraan seminimal mungkin untuk melayani kota-kota dengan urutan rute yang telah ditetapkan dan waktu pengiriman yang singkat. Sedangkan menurut Bowersox (2002:226), terdapat 3 tipe dalam menentukan rute, yaitu:

1. Tempat-tempat asal-tujuan terpisah

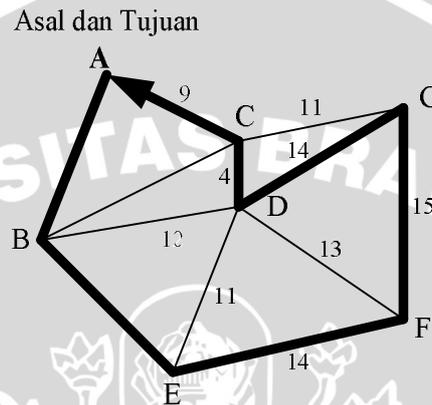
Tujuan tipe *routing* ini adalah memilih urutan pemberhentian yang dapat meminimalkan jarak sementara tetap mengunjungi semua lokasi. Data yang dibutuhkan adalah tempat asal, daftar semua lokasi pengantaran, dan suatu ukuran tentang jarak maupun lamanya waktu antara semua lokasi tersebut. Contoh jaringan *routing* terpisah tempat asal-tujuan terpisah disajikan pada Gambar 2.8:



Gambar 2.8 Contoh Jaringan *Routing* Terpisah Tempat Asal-Tujuan
 Sumber: Bowersox (2002:226)

2. Tempat-tempat asal-tujuan yang bersamaan

Pada tipe ini, *routing* yang dilakukan adalah mengirimkan sebuah kendaraan untuk banyak pengantaran dan/atau penjemputan/pengambilan yang akhirnya kembali ke lokasi semula. Faktor yang menyulitkan adalah perlunya kembali ke tempat asal sebagai tujuan akhir. Situasi ini pada umumnya disebut sebagai *travelling salesman problem*. Contoh jaringan *routing* tempat asal dan tujuan bersamaan ditunjukkan pada Gambar 2.9:



Gambar 2.9 Contoh Jaringan *Routing* Tempat Asal dan Tujuan Bersamaan
Sumber: Bowersox (2002:230)

3. *Routing* dengan batas-batas kapasitas kendaraan

Tipe ketiga dari prosedur *routing* ini adalah menambah batas-batas kapasitas kendaraan pada prosedur penyelesaian. Masalahnya adalah menjadwalkan sejumlah kendaraan yang terbatas, tetapi harus tetap memperhatikan hal-hal berikut :

- 1) Kebutuhan pengantaran ke semua tempat tujuan harus dipenuhi
- 2) Kapasitas kendaraan tidak boleh dilanggar
- 3) Total waktu atau jarak yang ditempuh oleh suatu kendaraan tertentu tidak boleh melebihi jumlah yang telah ditentukan sebelumnya.

Sebuah syarat atau kendala yang lazim terdapat pada tipe masalah ini adalah jumlah kendaraan dalam armada ini dibatasi kapasitas maksimum yang berlainan. Tujuan prosedur pemecahan ini adalah untuk memilih penugasan kendaraan dan *routing* yang sebaik mungkin.

Salah satu prosedur untuk menyelesaikan permasalahan pada tipe ini adalah dengan menggunakan metode penghematan (*Savings Method*).

2.4 Metode Penghematan *Clarke-Wright* (*Clarke-Wright Savings Approach*)

Permasalahan penentuan rute biasanya merupakan permasalahan *NP-Hard Problem* dimana penyelesaian dengan metode eksak seringkali akan memakan waktu yang cukup lama untuk menyelesaikannya, terlebih lagi jika melibatkan jumlah input data yang besar. Oleh karena itu, banyak para ahli yang merancang penyelesaian suatu permasalahan dengan menggunakan metode heuristik.

Metode heuristik ini lebih dapat diterapkan ke permasalahan nyata yang melibatkan jumlah input data yang besar dan menghasilkan perhitungan yang lebih praktis dan lebih cepat karena adanya batasan pencarian dengan mengurangi jumlah alternatif yang ada (Padmawidjaja, 2005:13).

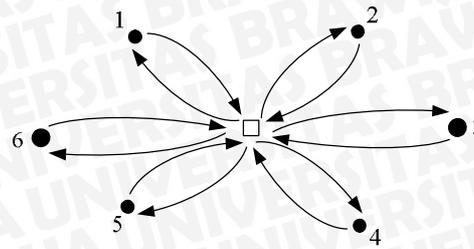
Salah satu metode heuristik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam transportasi untuk menentukan rute dan jadwal distribusi produk ini adalah dengan menggunakan metode penghematan *Clarke-Wright* (*Clarke-Wright Savings Approach*) atau biasa disebut dengan metode *Savings Matrix*. Metode ini dikembangkan oleh *Clarke-Wright* dengan tujuan untuk meminimalkan total jarak tempuh atau waktu atau biaya dengan mempertimbangkan armada yang digunakan.

Menurut Battarra (2007:6), metode penghematan *Clarke-Wright* ini dapat menjadwalkan kendaraan untuk mendistribusikan produk dari gudang central ke beberapa area pengiriman. Metode ini juga mudah untuk di implementasikan dengan cepat untuk permasalahan yang kompleks.

Kelebihan dari metode *saving matrix* ini terletak pada kemudahan untuk dimodifikasi jika terdapat batasan waktu pengiriman atau batasan lainnya dan dapat memberikan solusi yang praktis dan cepat. Meskipun hasil yang diberikan tidak menjamin bahwa hasil merupakan solusi optimal (*non optimizing*), tetapi metode ini dapat memberikan hasil yang lebih baik untuk menyelesaikan penjadwalan pengiriman dengan berbagai pembatas yang ada (Chopra & Meindl, 2001:297).

Metode Penghematan *Clarke-Wright* merupakan suatu prosedur pertukaran, dimana sekumpulan rute pada setiap langkah ditukar untuk mendapatkan sekumpulan rute yang lebih baik. Secara garis besar, berikut prosedur pada metode ini:

1. Mengasumsikan bahwa setiap permintaan dari konsumen dilayani oleh satu kendaraan, sehingga setiap konsumen memiliki rute tersendiri yang dilayani oleh kendaraan yang berbeda (Bowersox, 2002:233). Untuk formulasi inisialisasi rute awal untuk prosedur penghematan *Clarke-Wright* di tunjukkan pada Gambar 2.10 berikut ini:



Gambar 2.10 Formulasi Inisialisasi Rute untuk Prosedur *Clarke-Wright*
 Sumber: Turner (2000:176)

- Mengidentifikasi matriks jarak dari *plant* ke masing-masing daerah distribusi. Selain itu, jika data biaya transportasi antara dua titik lokasi diketahui, maka data biaya ini dapat digunakan untuk perhitungan menggantikan data jarak.

	P_0						
P_1		P_1					
...			...				
P_i	$d_{0,i}$			P_i			
...					...		
P_j				$d_{i,j}$		P_j	
...							...
P_n							P_n

Dimana:

P_0 = pabrik/gudang yang menyuplai produk ke masing-masing konsumen

P_i = konsumen ke i

P_j = konsumen ke j

$d_{0,i}$ = jarak dari pabrik/gudang ke konsumen i atau sebaliknya

$d_{i,j}$ = jarak dari konsumen i ke konsumen j atau sebaliknya

- Mengidentifikasi matriks penghematan (*Saving Matrix*). Penghematan ini dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Bowersox, 2002:234):

$$S_{i,j} = d_{0,i} + d_{0,j} - d_{i,j} \tag{2-2}$$

dengan:

$S_{i,j}$ = nilai penghematan jarak dari konsumen i ke konsumen j

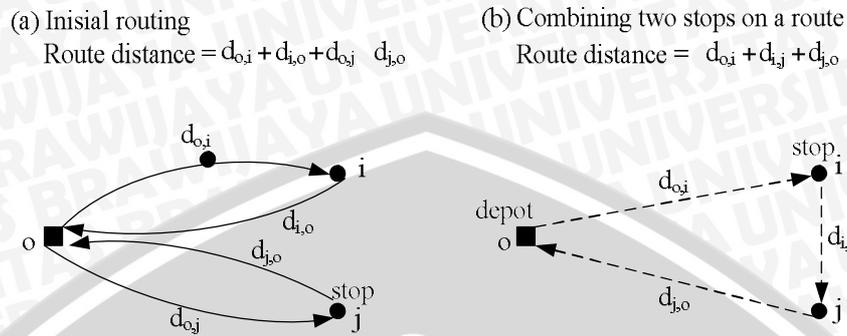
$d_{0,i}$ = jarak dari pabrik/gudang ke konsumen i

$d_{0,j}$ = jarak dari pabrik/gudang ke konsumen j

$d_{i,j}$ = jarak dari konsumen i ke konsumen j



Nilai penghematan ini diperoleh dari mengkombinasikan konsumen i dengan rute o-i-o dan konsumen j dengan rute o-j-o menjadi rute tunggal o-i-j-o, sesuai dengan Gambar 2.11:



Gambar 2.11 Penghematan Jarak melalui Kombinasi Pemberhentian i dan j
Sumber: Ballou (2004:244)

Berikut hasil matriks penghematan yang dikembangkan oleh *Clarke-Wright*:

q	$t_{0,j}$						
q_1	2	P_1					
q_i	2		P_i				
...	2			...			
q_j	2		$t_{i,j}$		P_j		
...	2				...		
...	2					...	
q_n	2						P_n

Dimana:

- q_i = permintaan konsumen ke i
- q_j = permintaan konsumen ke j
- P_i = konsumen ke i
- P_j = konsumen ke j
- $t_{0,j}$ = inisial awal untuk konsumen j
- $t_{i,j}$ = inisial kombinasi konsumen i dan j

Nilai-nilai pada $t_{i,j}$ menunjukkan apakah kombinasi konsumen P_i dengan P_j berada dalam satu rute atau tidak. Petunjuk ini mempunyai nilai-nilai sebagai berikut:

- $t_{i,j} = 0$ Jika konsumen tidak dihubungkan pada satu rute kendaraan
- $t_{i,j} = 1$ Jika dua konsumen dihubungkan pada satu rute kendaraan
- $t_{i,j} = 2$ Jika konsumen dilayani oleh satu kendaraan langsung dari gudang sentral

Untuk inisial awal ditetapkan $t_{o,i}$ atau $t_{o,j} = 2$ yang berarti bahwa satu kendaraan dipakai untuk melayani masing-masing konsumen.

4. Mengalokasikan *retail* ke armada atau rute. Pada tahap ini dilakukan dengan mengkombinasikan 2 kota yang menghasilkan *saving* terbesar dan memeriksa apakah 2 kota tersebut dapat dilayani oleh kendaraan yang sama atau tidak. Dua kota dapat dilayani oleh satu kendaraan yang sama, jika:

- 1) Permintaan pada dua konsumen tidak melebihi dari kapasitas alat angkutnya
- 2) Nilai $t_{o,i}$ dan $t_{o,j} > 0$
- 3) P_i dan P_j belum dialokasikan pada jalur kendaraan yang sama (belum pernah digabungkan dengan yang lain)

Kombinasi ini dilakukan hingga tidak terdapat lagi kota yang bisa digabungkan dengan batasan kapasitas kendaraan yang tersedia.

5. Setelah memilih sebuah sel yang terdapat dua rute yang dapat dikombinasikan menjadi satu rute tunggal, maka pada sel (i,j) yang memiliki nilai *saving* terbesar dilakukan *update* sebagai berikut:

$$t_{ij} = 1, \text{ kemudian menghitung } t_{oi} \rightarrow t_{oi} + t_{ij} = 2 \quad (2-3)$$

$$t_{oj} \rightarrow t_{oj} + t_{ij} = 2 \quad (2-4)$$

Setelah itu nilai permintaan (q) juga disesuaikan untuk mengetahui total berat/*volume* pengiriman, yaitu:

$$q_i^* = q_j^* = q_i + q_j \quad (2-5)$$

dengan:

q_i = *volume* sebelum perubahan rute

q_i^* = *volume* sesudah perubahan rute

6. Mengurutkan *retail*/konsumen dalam rute yang terbentuk. Perubahan urutan pengiriman akan memberi dampak yang signifikan terhadap jarak yang ditempuh oleh kendaraan tersebut. Terdapat beberapa prosedur pengurutan rute, diantaranya (Chopra & Meindl, 2001:289):

- 1) *Farthest insert*

Caranya adalah mengevaluasi tambahan jarak yang minimum pada suatu titik yang disisipkan, kemudian memilih titik yang memiliki jarak terbesar dari tambahan jarak yang minimum untuk disisipkan pada rute terakhir.

2) *Nearest insert*

Nearest insert merupakan kebalikan dari prosedur *farthest insert* yang mana setelah mengevaluasi tambahan jarak yang minimum pada suatu titik yang disisipkan, kemudian memilih titik yang memiliki jarak terkecil dari tambahan jarak yang minimum untuk disisipkan pada rute terakhir.

3) *Nearest neighbor*

Caranya adalah menambahkan titik yang paling dekat dengan titik terakhir yang dikunjungi.

4) *Sweep*

Pada prosedur ini, salah satu titik dipilih dan diputar ke titik yang lain searah atau berlawanan dengan jarum jam hingga semua titik terlewati.

