

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Distribusi dan Transportasi

2.1.1 Distribusi

Distribusi adalah kegiatan untuk memindahkan produk dari pihak supplier kepada konsumen dalam bentuk suatu *supply chain*. Distribusi merupakan suatu kunci keuntungan yang akan diperoleh perusahaan karena distribusi secara langsung akan mempengaruhi biaya dari *supply chain* dan kebutuhan konsumen, jaringan distribusi yang tepat dapat digunakan untuk mencapai berbagai macam dari kebutuhan supply chain mulai dari biaya yang rendah dan respon yang tinggi terhadap permintaan konsumen, istilah distribusi sama dengan *place* (penempatan) yaitu aktivitas penyaluran atau penempatan barang (produk) dari produsen ke konsumen. Perpindahan material terjadi pada semua siklus proses manufaktur produk, baik itu sebelum maupun sesudah proses produksi (Lubis.2004)

Distribusi dibedakan menjadi dua antara lain :

1. Distribusi langsung adalah penyaluran atau penjualan barang yang dilakukan secara langsung oleh produsen ke konsumen yang dilakukan tanpa pihak perantara.
2. Distribusi tak langsung adalah penyaluran atau penjualan barang dari produsen kepada konsumen melalui perantara. Perantara yang terlibat kegiatan jual beli adalah pedagang, agen, makelar, dan komisioner.

Berdasarkan definisi diatas, maka distribusi adalah upaya perusahaan dalam memenuhi seluruh permintaan konsumen dengan melakukan penyaluran barang (produk) atau jasa baik secara langsung maupun tak langsung dengan menggunakan alat transportasi. Distribusi juga meliputi kegiatan pergudangan, transportasi, persediaan dan penanganan pemesanan yang didalamnya dilakukan juga kegiatan seperti pengawasan, pencatatan, proses pemesanan dan transportasi.

2.1.2 Lembaga saluran distribusi

Menurut Winardi (1989) menjelaskan bahwa “saluran distribusi merupakan suatu kelompok perantara yang berhubungan erat satu sama lain dan menyalurkan produk – produk kepada pembeli”.

Sedangkan Philip Kotler (1997) mengemukakan bahwa : “ saluran distribusi adalah serangkaian organisasi yang saling tergantung dan terlibat dalam proses untuk menjadikan suatu barang atau jasa siap untuk digunakan”. Agar suatu kegiatan penyaluran barang dapat berjalan dengan baik (efektif dan efisien) maka para pemakai saluran pemasaran harus mampu melakukan tugas penting, yaitu:

1. Penelitian, yaitu melakukan pengumpulan informasi penting untuk perencanaan dan kelancaran pertukaran.
2. Promosi, yaitu pengembangan dan penyebaran informasi yang persuasif mengenai penawaran.
3. Kontak, yaitu melakukan pencarian dan menjalin hubungan dengan pelanggan.
4. Penyelarasan, yaitu mempertemukan penawaran yang sesuai dengan permintaan pelanggan termasuk kegiatan seperti pengolahan, penelitian dan pengemasan.
5. Negosiasi, yaitu melakukan usaha untuk mencapai persetujuan akhir mengenai harga dan lain – lain sehubungan dengan penawaran sehingga pemindahan kepemilikan bisa dilaksanakan.
6. Distribusi fisik, yaitu penyediaan sarana transportasi dan penyimpanan barang.
7. Pembiayaan, yaitu penyediaan permintaan dan pembiayaan dana untuk menutup biaya dari saluran pemasaran tersebut.
8. Pengambilan resiko, yaitu melakukan perkiraan mengenai resiko sehubungan dengan pelaksanaan pekerjaan saluran tersebut.

Ada beberapa alternatif saluran (tipe saluran) yang dapat dipakai. Biasanya alternatif saluran tersebut didasarkan pada golongan barang konsumsi dan barang industri

1. Barang konsumsi adalah barang – barang yang dibeli untuk dikonsumsi. Pembeliannya didasarkan atas kebiasaan membeli dari konsumen. Jadi, pembeliannya adalah konsumen akhir, bukan pemakai industri karena barang – barang tersebut tidak diproses lagi, melainkan dipakai sendiri (Basu Swasta 1984:96)
2. Barang industri adalah barang – barang yang dibeli untuk diproses lagi atau untuk kepentingan industri. Jadi pembeli barang industri ini adalah perusahaan, lembaga, atau organisasi, termasuk non laba (Basu Swasta, 1984:97)

Berdasarkan pengertian diatas, maka seperti halnya *oxy-fuel* merupakan golongan barang industri, sebab pembelian *oxy-fuel* ini digunakan untuk proses produksi beberapa pabrik tersebut.

2.1.3 Transportasi

Transportasi adalah pemindahan manusia atau barang dari suatu tempat ke tempat tujuan. Proses transportasi merupakan gerakan dari tempat asal (tempat awal pengangkutan dimulai), menuju ke tempat tujuan (tempat dimana kegiatan pengangkutan diakhiri). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya transportasi, yaitu ketersedianya muatan yang diangkut, ketersedianya sebagai alat angkutannya, dan adanya jalan yang dapat dilalui (Nasution, 1996)

Transportasi merupakan kunci utama dalam rantai persediaan, karena produk jarang diproduksi dan dikonsumsi pada tempat/lokasi yang sama. Transportasi adalah komponen biaya yang signifikan dari kebanyakan pengeluaran (Nasution, 1996). Transportasi juga sangat berperan penting dalam sebuah siklus perusahaan, khususnya perusahaan yang bergerak dibidang pendistribusian yang memprioritaskan keberlangsungan usahanya pada pengiriman produk hingga tiba di konsumen dengan tepat waktu, tepat pada tujuan yang

ditentukan sebelumnya dan barang diterima oleh konsumen dalam keadaan kondisi baik.

Transportasi dikatakan baik, apabila perjalanan cukup cepat, tidak mengalami kemacetan, frekuensi pelayanan cukup, aman, bebas dari kemungkinan kecelakaan dan kondisi pelayanan yang nyaman. Kondisi transportasi yang ideal sangat ditentukan oleh berbagai faktor yang menjadi komponen transportasi ini, yaitu kondisi prasarana (jalan), sistem jaringan jalan, kondisi sarana (kendaraan) dan sikap mental pemakai fasilitas transportasi tersebut.

Manajemen transportasi dan distribusi merupakan pengolahan terhadap kegiatan untuk pergerakan suatu produk dari satu lokasi ke lokasi lain yang dimana pergerakan tersebut biasanya membentuk atau menghasilkan suatu jaringan. Pada kebanyakan produk, peran jaringan distribusi sangatlah vital. Jaringan distribusi dan transportasi ini memungkinkan produk pindah dari lokasi dimana mereka diproduksi ke lokasi konsumen yang sering kali dibatasi oleh jarak yang jauh. Kemampuan untuk mengirim produk ke konsumen secara tepat waktu, dalam jumlah yang sesuai dan dalam kondisi yang sangat baik menentukan apakah pada akhirnya produk tersebut kompetitif di pasar. Kemampuan untuk mengolah jaringan distribusi ini merupakan suatu komponen unggulan kompetitif yang sangat penting bagi kebanyakan industri.

Untuk menciptakan keunggulan kompetisi, perusahaan tidak lagi menggunakan cara tradisional dalam mendistribusikan produk. Perkembangan teknologi dan inovasi dalam distribusi memungkinkan perusahaan untuk menciptakan kecepatan waktu kirim serta efisiensi yang tinggi dalam jaringan distribusi mereka. Tekanan kompetisi serta kebutuhan konsumen yang tinggi memaksa perusahaan untuk melakukan berbagai perbaikan dalam kegiatan distribusi dan transportasi.

Dalam pemenuhan kebutuhan konsumen, prinsip ekonomi “mengeluarkan biaya yang seminimal mungkin agar dapat menghasilkan keuntungan yang maksimal” harus dipegang erat oleh pelaku usaha transportasi untuk mencapai pendapatan yang optimal. Begitu juga dalam pendistribusian *oxy-fuel* yang sangat

bergantung pada biaya dalam jaringan distribusi dan transportasi, karena jalur distribusi yang digunakan adalah jalur darat maka harus diketahui variable biaya – biaya yang akan muncul didalamnya serta komponen lain yang membentuknya.

2.1.4 Transportasi dalam *Supply Chain*

Transportasi dalam supply chain diartikan sebagai aktifitas pergerakan produk dari satu lokasi ke lokasi lain dalam satu rantai pasokan. Pengelolaan kegiatan transportasi yang efektif dan efisien akan memastikan pengiriman barang dari perusahaan ke pelanggan dengan tepat waktu, tepat jumlah, tepat kualitas, dan tepat penerima. Selain itu biaya transportasi merupakan komponen biaya terbesar dalam struktur biaya logistic. Tidak kurang dari 60% dari total biaya logistic perusahaan merupakan biaya transportasi.

Ada 2 kunci di dalam transportasi yang berlangsung disuatu rantai persediaan :

- 1) Pengiriman adalah pihak yang memerlukan bergeraknya produk antara dua lokasi didalam rantai persediaan.
- 2) Pengangkut adalah pihak yang memindahkan atau mengangkut produk.

2.1.5 Fungsi Dasar Distribusi dan Transportasi

Pada umumnya distribusi dan transportasi banyak dikenal dengan berbagai istilah seperti manajemen distribusi, manajemen logistic, dan distribusi fisik. Namun pada dasarnya fungsi dari distribusi dan transportasi adalah menyalurkan produk dari lokasi dimana barang diproduksi sampai dimana pelayanan kepada konsumen serta purna jual yang memuaskan

Dalam manajemen distribusi perusahaan umumnya melakukan fungsi dasar dari distribusi yakni :

- 1- Melakukan segmentasi dan melakukan target service level.
Segmentasi konsumen dilakukan berdasarkan kontribusi revenue terhadap perusahaan dengan memahami karakteristik dan kontribusi tiap konsumen

atau area distribusi agar perusahaan mampu mengoptimalkan alokasi persediaan dan kecepatan pelayanan terhadap konsumen.

2- Menentukan mode transportasi yang digunakan

Pemilihan mode transportasi harus diperhitungkan secara mendetail, karena pada dasarnya setiap transportasi yang digunakan memiliki keunggulan dan kelemahan, bisa dari segi biaya maupun dari segi kecepatan, pemilihan juga bisa dilakukan dengan kombinasi beberapa jenis transportasi bergantung pada situasi yang dihadapi.

3- Penjadwalan dan penentuan rute pengiriman.

Pihak perusahaan sebagai distributor dituntut untuk menentukan kapan kendaraan harus berangkat dan rute mana saja yang harus dilalui untuk memenuhi seluruh permintaan konsumen. Karena tuntutan permintaan yang tinggi maka pengambilan keputusan atas pengiriman akan berpengaruh besar terhadap keberhasilan dan reputasi perusahaan.

2.2 Penyusunan Rute Kendaraan

Masalah penentuan rute, merupakan masalah operasional dalam transportasi. Seorang distribusi di dalam perusahaan harus mampu memutuskan konsumen mana yang harus dikunjungi terlebih dahulu dan menentukan bagaimana urutan kunjungan yang dilalui armada. Distribusi juga harus menentukan jenis kendaraan yang digunakan untuk mengirim produk ke seluruh pelanggan dan memastikan tidak adanya kendaraan yang kelebihan muatan dengan memastikan pengiriman yang dilakukan tidak melebihi batas waktu pelayanan yang diberikan pelanggan.

Tujuan dari pemilihan rute yang tepat adalah menentukan kombinasi yang tepat, yang dapat meminimasi biaya dengan mengurangi jarak tempuh kendaraan dan lama waktu pengiriman setiap kendaraan, serta mengurangi kesalahan pelayanan seperti pengiriman yang terlambat. Biaya yang dimaksud adalah biaya modal dan biaya operasional kendaraan.

Klasifikasi masalah penentuan rute didasarkan karakteristik pengiriman, misalnya ukuran armada pengiriman, dimana depot armada berada, kapasitas kendaraan, tujuan penentuan rute sebagai berikut :

1. *Travelling Salesman Problem (TSP)*, merupakan kasus yang paling sederhana dimana sebuah kendaraan mengunjungi semua *node* yang ada.
2. *Multiple Travelling Salesmen Problem (MTSP)*, karakteristik MTSP adalah setiap *node* dapat hanya dilayani satu kendaraan namun satu kendaraan dapat melayani lebih dari satu *node*.
3. *Vehicle Routing Problem (VRP)*, merupakan masalah penentuan rute dimana diadakan beberapa pembatasan misalnya kapasitas dari beberapa kendaraan atau waktu pengiriman serta ada kemungkinan permintaan atau situasi yang berubah – ubah.
4. *Chinasse Postman Problem (CPP)*, pada masalah ini permintaan pelayanan lebih banyak terjadi di sepanjang *arc* daripada yang terjadi di *node* atau permintaan sangat tinggi sehingga permintaan tiap *node* sukar dikelompokkan.

Walaupun terdapat berbagai macam cara untuk menyelesaikan permasalahan distribusi, satu hal yang pasti adalah penentuan rute sangatlah sulit diselesaikan, yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pendekatan – pendekatan perhitungan berdasarkan metode yang dipilih dan penelitian sebelumnya.

2.3 *Vehicle Routing Problem (VRP)*

Kallehauge dkk. (2001) mendefinisikan permasalahan *m-TSP* sebagai salah satu variasi dari TSP, dimana terdapat *m-salesman* mengunjungi sejumlah kota dan tiap kota hanya dapat dikunjungi oleh tepat satu *salesman* saja. Tiap *salesman* berawal dari suatu depot dan pada akhir perjalanannya juga harus kembali ke depot tersebut.

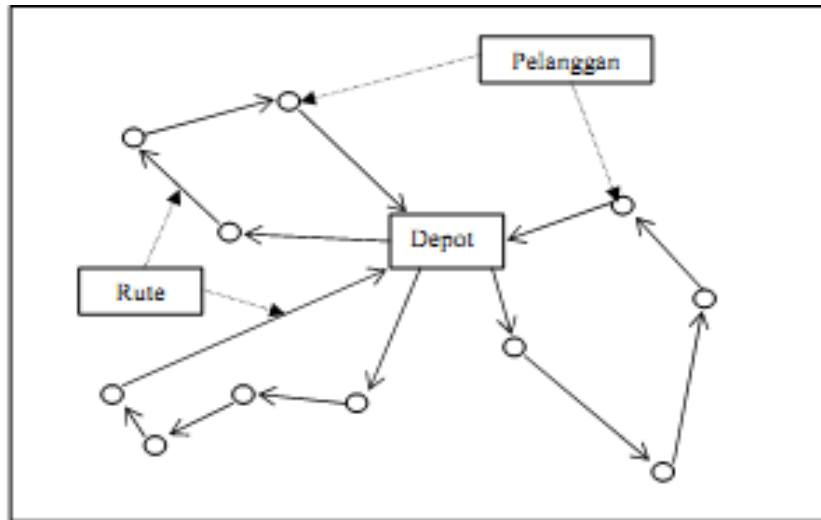
Permasalahan *m-TSP* sering disebut sebagai *vehicle routing problem (VRP)*, dimana sebuah kota diasosiasikan sebagai sebuah *demand* atau konsumen,

dan tiap kendaraan yang dipakai untuk pendistribusian dianggap memiliki kapasitas tertentu. Total jumlah *demand* dalam suatu rute, tidak boleh melebihi kapasitas dari kendaraan yang digunakan. Hal ini membuat VRP disebut juga *Capacitated Vehicle Routing Problem*. *Vehicle Routing Problem* (VRP) juga didefinisikan sebagai suatu pencarian solusi yang meliputi penentuan sejumlah rute, dimana masing – masing rute dilalui oleh satu kendaraan yang berawal dan berakhir di depot asalnya, sehingga permintaan semua konsumen terpenuhi dengan tetap menemui kendala operasional yang ada dan juga meminimalisasikan biaya transportasi global (Toth dan Vigo 2002). Tujuan dari VRP adalah mengantarkan prroduk pada sekelompok konsumen yang diketahui permintaannya dengan hanya mengabiskan biaya yang minimum. *Output* dari masalah ini adalah rute yang berbiaya rendah dan layak untuk setiap kendaraan.

Asumsi yang biasa digunakan dalam *vehicle routing problem standart* adalah setiap kendaraan yang mempunyai kapasitas sama dan jumlah kendaraan tidak terbatas, dan beberapa karakteristik dari permasalahan VRP adalah sebagai berikut :

- a. Perjalanan kendaraan berawal dan berakhir dari dan ke depot awal.
- b. Ada sejumlah tempat yang semuanya harus dikunjungi dan dipenuhi permintaannya tepat satu kali.
- c. Jika kapasitas kendaraan sudah terpakai dan tidak dapat melayani tempat berikutnya, kendaraan dapat kembali ke depot untuk memenuhi kapasitas kendaraan dan melayani tempat berikutnya.

Contoh penyelesaian VRP diberikan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 contoh penyelesaian VRP dengan 3 rute.

Karakteristik konsumen dalam VRP :

- Menempatkan *road graph* dimana konsumen berada.
- Adanya *demand* dalam berbagai tipe dan harus diantarkan ke tempat konsumen.
- Terdapat periode waktu (*time window*) dimana konsumen dapat melayani.
- Waktu yang dibutuhkan untuk mengantarkan barang ke lokasi konsumen (*loading time*) hal tersebut dapat berhubungan dengan jenis kendaraan yang digunakan.
- Sejumlah kendaraan tersedia digunakan untuk melayani konsumen.

Terdapat empat tujuan umum VRP, yaitu :

- Meminimalkan biaya transportasi global, terkait dengan jarak dan biaya tetap yang berhubungan dengan kendaraan.
- Meminimalkan jumlah kendaraan (pengemudi) yang diperlukan untuk melayani semua konsumen.
- Menyeimbangkan rute, untuk waktu perjalanan dan jalan kendaraan.

Prins (2001) menggambarkan permasalahan VRP sebagai suatu *undirected network* $G = (V, E)$, dengan sebuah node set $V = \{0, 1, \dots, n\}$, dan sebuah *edge set* E . Node 0 adalah sebuah depot, dengan sejumlah kendaraan yang mempunyai

kapasitas yang sama atau identik, Q . Tiap klien node $i > 0$, memiliki suatu *demand non negatif* q_i , dan tiap *edge* $[i, j]$ memiliki biaya *non negatif* $c_{ij} = c_{ji}$. Permasalahan VRP bertujuan untuk menentukan suatu *set trips* kendaraan dengan total biaya minimal, dimana tiap *trip* berawal dan berakhir di depot, tiap klien dikunjungi tepat satu kali, total *demand* yang dibawa oleh tiap kendaraan tidak melebihi kapasitas kendaraan Q , dan biaya dari tiap *trip* tidak melebihi *upper limit* L , yang telah ditentukan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Prins (2001), variabel keputusannya adalah jumlah kendaraan.

Thangiah (1995) merumuskan model *mixed-integer programming* untuk permasalahan VRP. Parameter yang digunakan antara lain: K sebagai nomer kendaraan, N sebagai nomer konsumen (0 menunjukkan depot), C_i menunjukkan konsumen i , CO menyatakan depot. Selanjutnya V_k sebagai rute kendaraan k , c_{ijk} adalah biaya *travel* antara konsumen i dan j untuk kendaraan k , q_{ik} menyatakan total *demand* kendaraan k sampai konsumen i , dan v_k adalah kapasitas maksimum kendaraan k .

Sedangkan, variabelnya didefinisikan sebagai :

$$Y_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{jika konsumen } i \text{ dilayani oleh kendaraan } k \\ 0, & \text{jika tidak demikian} \end{cases}$$

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{jika kendaraan } k \text{ dari konsumen } i \text{ langsung ke konsumen } j \\ 0, & \text{jika tidak demikian} \end{cases}$$

Forumulasi *mixed – integer programming* untuk VRP ini adalah :

Fungsi tujuan :

$$\text{Min } \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \sum_{k=1}^K c_{ij} x_{ijk} \quad (1)$$

Dengan kendala – kendala :

$$\sum_{i=0}^N q_{ik} y_{ik} \leq v_k, k = 1, \dots, K \quad (2)$$

$$Y_{ik} = 0 \text{ atau } 1; i = 1, 2, \dots, N; k = 1, 2, \quad (3)$$

$$X_{ijk} = 0 \text{ atau } 1; i = 1, 2, \dots, N; k = 1, 2, \dots, K \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^K y_{ik} = \begin{cases} K, & i = 0 \\ 1, & i = 1, \dots, N \end{cases} \quad (5)$$

$$\sum_{i=0}^N x_{ijk} = y_{jk}, j = 0, \dots, N; k = 1, \dots, K \quad (6)$$

$$\sum_{j=0}^N x_{ijk} = y_{ik}, i = 1, \dots, N; k = 1, \dots, K \quad (7)$$

Tujuan dari model ini adalah untuk meminimalkan total biaya *travel*. Kendala (2) membatasi bahwa total jumlah *demand* yang dibawa oleh kendaraan *k* tidak boleh melebihi kapasitas dari kendaraan tersebut. Kendala (5) menunjukkan bahwa tiap konsumen hanya dapat dilayani oleh satu kendaraan saja. Kendala (6) dan (7) digunakan untuk memastikan bahwa tiap konsumen dikunjungi oleh kendaraan yang sama dengan yang sudah dijadwalkan untuk konsumen tersebut.

Sedangkan, Kallehauge dkk.(2001) memodelkan VRP sebagai :

$$\text{Fungsi tujuan : } \quad \text{Min} \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^{N+1} \sum_{j=0}^{N+1} c_{ij} x_{ijk} \quad (8)$$

Dengan kendala – kendala :

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^{N+1} x_{ijk} = 1; \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^N d_i \sum_{j=0}^{N+1} x_{ijk} \leq v_k; \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (10)$$

$$\sum_{j=0}^{N+1} x_{ojk} = 1; \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (11)$$

$$\sum_{i=0}^{N+1} x_{ihk} - \sum_{j=0}^{N+1} x_{hjk} = 0; \quad h = 1, 2, \dots, N; k = 1, 2, \dots, K \quad (12)$$

$$\sum_{i=0}^{N+1} x_{i,N+1,k} = 1; \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (13)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\}; \quad i = 1, 2, \dots, N+1; k = 1, 2, \dots, K \quad (14)$$

Kendala (9) yaitu untuk menunjukkan bahwa tiap konsumen hanya dapat dilayani oleh satu kendaraan saja. Kendala (10) yaitu membatasi bahwa total jumlah demand yang dibawa oleh kendaraan k , tidak boleh melebihi kapasitas dari kendaraan tersebut. Kendala (11)–(13) digunakan untuk memastikan bahwa tiap kendaraan berangkat dari depot 0, dan setelah selesai melayani konsumen, kendaraan tersebut akan pergi, serta pada akhirnya, kendaraan tersebut akan kembali ke depot $N+1$. Pada model yang dibuat oleh Tangiah (1995), tidak terdapat kendala yang mempunyai kegunaan seperti kendala (11)–(13).

2.4 *Vehicle Routing Problem dengan Time Windows*

Menurut Kallehauge dkk. (2001), *vehicle routing problem* dengan *time windows* (VRPTW) adalah perluasan dari VRP. Jika pada VRP ditambahkan *time window* pada masing–masing konsumen, maka permasalahan tersebut menjadi VRPTW. Untuk VRPTW, selain adanya kendala kapasitas kendaraan, terdapat tambahan kendala yang mengharuskan kendaraan untuk melayani tiap konsumen pada *time frame* tertentu. Kendaraan boleh datang sebelum *time window* “opens”, tetapi konsumen tersebut tidak dapat dilayani sampai *time window* “opens”. Kendaraan tidak diperbolehkan untuk datang setelah *time window* “closed”.

Tangiah (1995) mendefinisikan VRPTW sebagai permasalahan untuk menjadwalkan sekumpulan kendaraan, dengan kapasitas dan *travel time* terbatas, dari *central depot* ke sekumpulan konsumen yang tersebar secara geografis, dengan *demand* diketahui, dalam *time windows* tertentu. *Time windows* adalah *two sided*, yang berarti bahwa tiap konsumen harus dilayani saat atau setelah *earliest time*, dan sebelum *latest time* dari konsumen tersebut. Jika kendaraan datang ke konsumen sebelum *earliest time* dari konsumen tersebut, maka akan menghasilkan *idle* atau waktu tunggu. Kendaraan yang datang ke konsumen setelah *latest time* adalah *tardy*. Terdapat pula waktu pelayanan yang diperlukan untuk melayani tiap konsumen. Biaya rute dari suatu kendaraan adalah total dari waktu *travel* (proporsional dengan jarak), waktu tunggu, dan waktu pelayanan, yang diperlukan untuk mengunjungi sekumpulan konsumen.

Homberger dkk. (1999) mendefinisikan permasalahan VRPTW sebagai berikut: n konsumen akan dilayani dari sebuah depot, dengan sejumlah kendaraan yang memiliki kapasitas, Q , yang sama. Untuk tiap konsumen i , $i=1, 2, \dots, n$, terdapat *demand* q_i , waktu pelayanan s_i , dan *service time window* $z_i=[e_i, f_i]$. *Lower bound* e_i merupakan waktu paling awal untuk melakukan pelayanan, dan *upper bound* f_i , waktu paling lambat untuk melakukan pelayanan. *Demand* q_i dari konsumen i harus dipenuhi dengan sekali pelayanan saja, dalam batas *time window* z_i . Sebagai tambahan, e_0 merupakan waktu paling awal untuk kendaraan berangkat dari depot, $i=0$, dan f_0 merupakan waktu paling lambat untuk kendaraan kembali ke depot. Data mengenai lokasi dari depot, dan konsumen, jarak terpendek d_{ij} , serta waktu *travel* d_{ij} antara dua lokasi, diketahui. Tujuannya untuk menentukan jadwal rute yang *feasible*, yaitu pertama untuk meminimalkan jumlah kendaraan, dan kedua untuk meminimalkan total jarak travel. Konsumen tidak dapat dilayani diluar *time window* mereka masing-masing. Tetapi kendaraan diperbolehkan untuk datang sebelum *lower bound* dari *time window*. Apabila hal ini terjadi, maka kendaraan harus menunggu sampai batas waktu paling awal pelayanan tersebut dapat dilakukan.

Ketiga definisi VRPTW diatas, membahas VRPTW dengan *hard time windows*, yaitu tiap kendaraan diperbolehkan untuk sampai ke konsumeni sebelum waktu pelayanan paling awal konsumen tersebut (e_i), tetapi tidak diperbolehkan datang melewati batas waktu pelayanan paling akhir konsumen itu (l_i). Bila kendaraan datang ke konsumen i sebelum batas waktu e_i , maka akan dikenakan waktu tunggu sampai batas waktu e_i tersebut.

Untuk memodelkan VRPTW, Tangiah (1995) memperkenalkan beberapa parameter yang perlu ditambahkan, yaitu: R_k sebagai total waktu rute untuk kendaraan k , t_{ij} untuk waktu *travel* antara konsumen i dan j (proporsional dengan jarak *Euclidean*), t_i menyatakan waktu kedatangan di konsumen i , f_i sebagai waktu pelayanan di konsumen i , w_i adalah waktu tunggu sebelum melayani konsumen i , $w_i = \max\{0, (e_i - t_i)\}$, e_i sebagai waktu paling awal untuk pelayanan di konsumen i , dan l_i adalah waktu paling akhir untuk pelayanan di konsumen i .

Seperti halnya dengan VRP, fungsi tujuan VRPTW yaitu meminimalkan total biaya *travel* semua kendaraan (1). Sedangkan semua kendalanya juga sama dengan kendala VRP [(2)-(7)], tetapi perlu ditambahkan beberapa kendala lagi yang berhubungan dengan kendala *time windows*. Kendala-kendala yang perlu ditambahkan tersebut adalah:

$$\sum_{i=0}^N \sum_{i=0}^N y_{ik} (t_{ij} + f_i + w_i) \leq R_k ; k = 1, \dots, K \quad i, j = 1, \dots, N \quad (15)$$

$$t_j \geq t_i + w_i + f_i + t_{ij} - M(1 - x_{ijk}) ; \quad i, j = 1, \dots, N; k = 1, \dots, K \quad (16)$$

$$e_i \leq t_i < l_i ; i = 1, \dots, N \quad (17)$$

$$t_i \geq 0 ; i = 1, \dots, N \quad (18)$$

Kendala (15) digunakan untuk memastikan bahwa tiap kendaraan melayani semua konsumen yang dijadwalkan untuk kendaraan tersebut, tanpa melebihi waktu travel dari kendaraan tersebut. Kendala (16) untuk memastikan waktu kedatangan dari kedua konsumen adalah *compatible*. M merupakan bilangan riil yang sangat besar. Kendala (17) mengharuskan kendaraan untuk

sampai di tiap–tiap konsumen selama batas *time window* dari konsumen tersebut. Kendala (18) memastikan bahwa waktu kedatangan kendaraan ketiap konsumen selalu positif.

Untuk memodelkan VRPTW, Kallehauge dkk. (2001) juga menambahkan beberapa kendala ke model permasalahan VRP sebelumnya, yaitu yang terdapat pada persamaan [(8) – (14)]. Kendala yang ditambahkan tersebut adalah :

$$t_i + t_{ij} - M(1 - x_{ijk}) \leq t_j \quad ; i, j = 0, 1, \dots, N + 1 ; k = 1, 2, \dots, K \quad (19)$$

$$e_i \leq t_i \leq l_i \quad ; i = 0, 1, \dots, N + 1 \quad (20)$$

Parameter *tij* yang digunakan pada model ini memiliki arti yang berbeda dari parameter *tij* yang digunakan pada model yang dibuat oleh Tangiah. Pada model yang dibuat oleh Kallehauge dkk. (2001) ini, *tij* berarti suatu waktu yang dimiliki oleh setiap *arc(i, j)*, dimana $i \neq j$. Jadi, *tij* pada model ini memuat waktu perjalanan antara konsumen *i* dan *j*, waktu tunggu di konsumen *i*, serta waktu pelayanan di konsumen *i*. Kendala (19) yaitu untuk memastikan bahwa waktu kedatangan dari kedua konsumen adalah *compatible*. Kendala (26) mengikut sertakan depot sedangkan kendala (16) hanya untuk konsumen saja, tanpa mengikut sertakan depot. Sedangkan kendala (20) yaitu untuk mengharuskan kendaraan untuk sampai di tiap–tiap konsumen selama batas *time window* dari konsumen tersebut. Perbedaan antara kendala (17), dan (20) adalah, bahwa kendala (20) mengikut sertakan depot, sedangkan kendala (17) hanya untuk konsumen saja.

Permasalahan untuk mendapatkan hasil solusi yang optimal dari pemecahan VRP (*Vehicle Routing Problem*) menjadi bertambah jika terdapat penambahan kendala (*constraints*) pada kasus yang harus diselesaikan. Kendala – kendala tersebut termasuk batasan waktu (*Time Windows*), jenis kendaraan angkut yang berbeda – beda kapasitas angkutnya, total waktu maksimal operator kendaraan dalam pengiriman, hambatan – hambatan selama diperjalanan, waktu istirahat operator kendaraan ketika dalam pengiriman dan lain sebagainya. Dari pendekatan untuk memecahkan masalah VRP terdapat dua metode yang paling

sederhana dan umum digunakan yaitu *sweep method* dan *saving method*, kedua metode tersebut memiliki teknik penyelesaian VRP secara *heuristic*.

2.5 Metode Saving

Metode Saving Matrix pada hakekatnya adalah metode untuk meminimalkan jarak atau waktu atau ongkos dengan mempertimbangkan kendala – kendala yang ada dengan langkah - langkah yang harus dikerjakan sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi matrik jarak
2. Mengidentifikasi matrik penghematan (*saving*)
3. Mengalokasikan konsumen ke kendaraan atau rute
4. Mengurutkan konsumen dalam rute yang sudah terdefinisi

2.6 Peneliti Terdahulu

Sebagai referensi literatur yang mendukung tugas akhir ini, penulis menggunakan referensi dari beberapa jurnal dan skripsi antara lain :

1. Rizky Muhammad Alhamad (2014)

Dalam Peelitiannya ini perhitungan menggunakan saving matrix dalam menentukan rute dan jadwal distribusi bbm di depo balongan. Hasil yang diperoleh hasil penghemtan pada jumlah truk yang semula 135 truk dengan kapasitas bermacam – macam menjadi 68 truk dengan kapasitas 32.000Kl dan 68 rute dari 141 SPBU.

2. Arvianto A., Setiawan A.H., dan Saptadi S. (2014)

Penelitian terhadap pengiriman bahan bakar menggunakan kapal dengan adanya varian kapasitas tangki yang digunakan (*heterogenous fleet*), dan adanya mekanisme jam pelayanan saat loading dikonsumen (*time windows*) pada Vehicle routing problem. Selanjutnya diperoleh hasil kecepatan muat produk adalah sama yaitu 200 kl/jam, yang berbeda adalah jumlah produk yang dimuat untuk masing – masing tanker adalah tidak bersamaan, yaitu tanker 2.000Kl pada jam ke-12, tanker 4.750Kl pada jam ke-25, dan tanker 8.750Kl pada jam ke -45. Adanya perbedaan waktu

mulai/berangkat disebabkan oleh adanya jumlah produk yang harus dimuat ke dalam kapal, sehingga semakin banyak produk yang dimuat maka waktu yang dibutuhkan semakin lama. Artinya tidak ada jaminan bahwa semakin kecil kapasitas kapal yang digunakan akan menjamin biaya yang dikeluarkan semakin kecil.