

## BAB II STUDI PUSTAKA

### 2.1 Transportasi

#### 2.1.1 Pengertian Transportasi

Transportasi merupakan pergerakan suatu produk dari suatu lokasi ke lokasi lain yang mempresentasikan awal dari suatu rangkaian *supply chain* sampai kepada konsumen. Transportasi sangat penting karena suatu produk jarang diproduksi dan digunakan dalam lokasi yang sama. (Copra, 2010)

Kata transportasi berasal dari bahasa latin yaitu *transportare* yang mana *trans* berarti mengangkat atau membawa. Jadi transportasi adalah membawa sesuatu dari satu tempat ke tempat lain. Dalam transportasi ada dua unsur yang terpenting yaitu pemindahan/pergerakan (*movement*) dan secara fisik mengubah tempat dari barang (*comodity*) dan penumpang ke tempat lain.<sup>1</sup>

Menurut Nasution (2008) terdapat unsur-unsur pengangkutan atau transportasi meliputi atas:

1. Ada muatan yang diangkut.
2. Tersedia kendaraan sebagai alat angkut.
3. Jalan atau jalur dapat dilalui.
4. Ada terminal asal dan terminal tujuan.
5. Tersedianya sumber daya manusia dan organisasi atau manajemen yang menggerakkan kegiatan transportasi tersebut.

---

<sup>1</sup> Andriansyah. 2015. *Manajemen Transportasi Dalam Kajian Dan Teori*. Jakarta Pusat: Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Prov. Dr. Moestopo Beragama. hal. 1

### 2.1.2 Fungsi dan Manfaat Transportasi

Transportasi berfungsi sebagai sektor penunjang dan perangsang pembangunan (*the promoting sector*) dan pemberi jasa (*the servicing sektor*) bagi perkembangan ekonomi. (Nasution, 2015)

Untuk menunjang perkembangan ekonomi yang mantap, perlu dicapai keseimbangan antara penyedia dan permintaan jasa angkutan. Jika penyedia jasa angkutan lebih kecil daripada permintaannya, maka akan terjadi kemacetan arus barang yang dapat menimbulkan kegoncangan harga di pasaran. Sebaliknya, jika penawaran jasa angkutan melebihi permintaannya, maka akan menimbulkan persaingan tidak sehat yang akan menyebabkan banyak perusahaan angkutan rugi dan menghentikan kegiatannya sehingga penawaran jasa angkutan berkurang, selanjutnya menyebabkan ketidاكلancaran arus barang dan keguncangan harga di pasaran.

Manfaat pengangkutan dapat dilihat dari berbagai segi kehidupan masyarakat, yang dapat dikelompokkan dalam manfaat ekonomi, sosial politik dan kewilayahan.

#### 1. Manfaat ekonomi

Kegiatan ekonomi bertujuan memenuhi kebutuhan manusia dengan menciptakan manfaat. Pengangkutan adalah salah satu jenis kegiatan yang menyangkut peningkatan kebutuhan manusia dengan mengubah letak geografis orang maupun barang. Dengan angkutan, bahan baku dibawa menuju tempat produksi dan dengan angkutan jumlah hasilnya diproduksi dibawa ke pasar. Selain itu, dengan angkutan pula konsumen datang ke pasar atau tempat pelayanan kebutuhan yang seperti rumah sakit, pusat rekreasi dan lain-lain.

#### 2. Manfaat sosial

Manusia pada umumnya hidup bermasyarakat dan berusaha hidup selaras satu sama lain serta setiap orang harus menyisihkan waktu untuk kegiatan sosial. Untuk kepentingan hubungan sosial ini, sarana pengangkutan sangat membantu dan menyediakan berbagai kemudahan antara lain (a) pelayanan untuk perorangan maupun kelompok, (b) pertukaran atau penyampaian informasi, (c) perjalanan

untuk rekreasi, (d) perluasan jangkauan perjalanan sosial, (e) bantuan dalam memperluas kota atau memancarkan pendudukan menjadi kelompok yang lebih kecil.

### 3. Manfaat politik dan keamanan

Scammer 1974 menyebutkan beberapa manfaat politis pengangkutan yang dapat berlaku bagi negara manapun termasuk Indonesia yaitu sebagai berikut:

- a. Pengangkutan menciptakan persatuan nasional yang semakin kuat dengan dengan meniadakan isolasi.
- b. Pengangkutan menyebabkan pelayanan kepada masyarakat dapat dikembangkan atau diperluas dengan lebih merata pada setiap bagian wilayah suatu negara.
- c. Keamanan negara terhadap serangan dari luar yang tidak dikehendaki mungkin sekali bergantung pada pengangkutan yang efisien, yang memudahkan mobilisasi segala daya (kemampuan dan ketahanan) nasional serta memungkinkan perpindahan pasukan selama masa perang.
- d. Sistem pengangkutan yang efisien memungkinkan negara memindahkan dan mengangkut penduduk dari daerah yang mengalami bencana alam dengan cepat.

### 4. Manfaat kewilayahan

Bagi daerah perkotaan, pengangkutan memegang peranan yang sangat menentukan. Kota yang baik dapat ditandai antara lain dengan melihat kondisi pengangkutannya. Pengangkutan yang aman dan lancar selain mencerminkan keteraturan kota, juga mencerminkan kelancaran kegiatan perekonomian kota. Perwujudan kegiatan pengangkutan yang baik adalah dalam bentuk tata jaringan jalan dengan segala kelengkapannya yakni rambu lalu lintas, lampu lalu lintas, marka jalan, petunjuk jalan, trotoar dan lain-lain.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Nasution, M.N. 2015. *Manajemen Transportasi*. Edisi ke 4. Bogor: Ghalia Indonesia. Hal 7-11

### 2.1.3 Moda Transportasi

Moda transportasi merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan alat angkut yang digunakan untuk berpindah tempat dari satu tempat ke tempat lain, ragam moda transportasi yaitu moda darat yang menggunakan transportasi jalan raya, dan kereta api, transportasi laut, transportasi udara, dan penggunaan pipa.

1. Transportasi darat terdiri atas:

a. Transportasi jalan raya

Transportasi jalan raya meliputi transportasi yang menggunakan alat angkut berupa manusia, binatang, sepeda motor, bus, truk, dan kendaraan bermotor lainnya. Tenaga penggerak yang digunakan adalah tenaga manusia, binatang, uap, BBM, dan, diesel.

b. Transportasi jalan rel

Dalam transportasi jalan rel ini digunakan angkutan berupa kereta api, yang terdiri dari lokomotif, gerbong (kereta barang), dan kereta penumpang. Tenaga penggeraknya berupa tenaga uap, diesel, dan tenaga listrik.

2. Transportasi air terdiri atas:

a. Transportasi air pedalaman

Transportasi ini menggunakan alat angkutan berupa kano, sampan, *motor boat*, dan kapal. Jalan yang dilaluinya berupa kanal, danau, dan sungai. Tenaga penggeraknya adalah pendayung, layar, tenaga uap, BBM, dan diesel.

b. Transportasi laut

Dalam transportasi laut digunakan alat angkutan berupa perahu, kapal api/uap, dan kapal mesin. Jalan yang dilaluinya adalah laut, samudra dan teluk. Sedangkan tenaga penggeraknya adalah tenaga uap, BBM, dan diesel.

3. Transportasi Udara

Pengertian pesawat udara di Indonesia menurut Undang-Undang No. 83 Tahun 1958 adalah setiap alat yang dapat memperoleh daya angkat dari udara, kemudian pada Undang-Undang No. 2 Tahun 1962, pesawat udara diartikan sebagai semua alat angkut yang dapat

bergerak dari atas tanah atau air ke udara atau ke angkasa atau sebaliknya.<sup>3</sup>

#### 4. Angkutan Pipa

Angkutan pipa merupakan moda yang umumnya digunakan untuk bahan berbentuk cair atau pun gas, pipa digelar diatas tanah, ditanam pada kedalaman tertentu di tanah atau pun digelar melalui dasar laut.

### 2.1.4 Biaya transportasi

Biaya adalah faktor yang menentukan dalam transportasi untuk penetapan tarif, alat kontrol agar dapat pengoperasian mencapai tingkat efektifitas dan efisien. (Salim, 2000)

Biaya transportasi adalah biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan proses transportasi. Biaya tersebut berupa biaya penyedia prasarana, biaya penyedia sarana, biaya operasional transport. (Sentosa, 2018)

1. Biaya sebagai dasar penentuan tarif jasa angkutan / transportasi didasarkan pada biaya pelayanan yang terdiri dari:
  - a. Biaya langsung
  - b. Biaya tidak langsung
 

Oleh karena itu biaya pelayanan (cost of service) sebagai dasar untuk struktur pentarifan.
  
2. Biaya modal dan biaya operasional
  - a. Biaya modal (*capital cost*) adalah biaya yang digunakan untuk investasi inisial (*initial investment*) serta peralatan lainnya termasuk didalamnya bunga uang (*interest rate*).
  - b. Biaya operasional (*operasional cost*) adalah biaya yang dikeluarkan untuk pengelolaan transportasi. Yang termaksud dalam biaya operasional adalah:
    1. Biaya pemeliharaan kendaraan
    2. Biaya transportasi yaitu: bahan bakar, oli, upah, serta biaya terminal (tol, pak ogah, parkir, dll).

---

<sup>3</sup> Setiani, Baiq 2015. Jurnal Ilmiah Widya. *Prinsip-prinsip Pokok Pengelolaan Jasa Transportasi Udara*, 3, 103-109

3. Biaya umum antara lain: biaya kantor, gaji, biaya humas, biaya akuntansi lainnya.<sup>4</sup>

### 2.1.5 Rute Transportasi

Pengertian rute menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah (a) jarak atau arah yang harus diturut (ditempuh, dilalui); (b) jalan yang ditempuh (dilalui); dan (c) jalur angkutan yang menghubungkan dua tempat. Sedangkan transportasi adalah perpindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan kendaraan. Oleh sebab itu rute transportasi merupakan jalur perpindahan yang harus ditempuh kendaraan atau angkutan dari satu tempat ke tempat lain.

## 2.2 Problem Pemilihan Rute (*Routing Problem*)

Problem pemilihan rute (*routing problem*) adalah bagian dari problem logistik dan rantai pasok yang sering dijumpai baik sebagai problem personal atau problem penting pada skala industri. Sebagai problem personal, kesalahan pemilihan rute mungkin tidak berdampak jika kerugian akibat harus terjebak di kemacetan dan kehilangan waktu dapat ditoleransi, atau berdampak hanya pada kekecewaan sesaat, atau justru berdampak sangat serius jika keterlambatan yang terjadi terkait dengan jadwal penting, misalnya jadwal penerbangan. Pada skala industri, kesalahan pemilihan rute akan berdampak bukan hanya secara finansial akibat pemborosan bahan bakar, tetapi juga non finansial yang berujung pada kekecewaan pelanggan.<sup>5</sup>

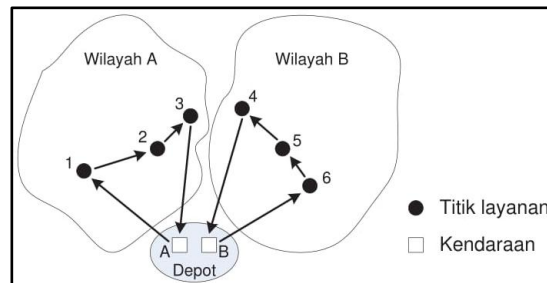
Penelitian Wibisono et al. (2017) pada sebuah perusahaan distributor *consumer goods* membuktikan satu contoh. Pada penelitian ini, ditemukan bahwa perusahaan membagi wilayah operasi kendaraan berdasarkan area, misalnya A dan B (Gambar 2.1). Kendaraan yang melayani masing-masing area operasi berangkat dari gudang pusat (depot) yang sama. Mobil A melayani konsumen 1, 2, dan 3, sedangkan mobil B melayani konsumen 4,5,dan 6. Jika pada suatu hari konsumen 2 tidak perlu dilayani (tidak ada permintaan dari konsumen 2 pada hari itu), mobil A tetap melayani konsumen

<sup>4</sup> Salim, Abbas. 2000. *Manajemen Transportasi*. Jakarta: PT raja Grafindo Persada. Hal 39-40

<sup>5</sup> Wibisono, Eric. 2018. *Logika Logistik*. Yogyakarta: Graha Ilmu. hal. 3

1 dan 3, meskipun sebenarnya konsumen 3 yang lokasinya berdekatan dengan konsumen 4 di wilayah B dapat dilayani oleh mobil B jika kapasitas mobil B masih tersedia. Jika pada suatu hari ada permintaan dari konsumen 3 tapi tidak ada dari konsumen 1 dan 2 mobil A tetap berangkat melakukan pengiriman ke konsumen 3 meskipun jika konsumen 3 dapat dilayani mobil B dan mobil A dapat diistirahatkan pada hari itu. Pengaturan yang tidak efisien menyebabkan pemborosan hasil perhitungan menunjukkan dengan pengaturan armada logistik yang tepat, penghematan yang didapat dalam satu hari mencapai 54% dari biaya operasional, atau rata-rata 24% dalam satu bulan pada bulan yang diambil sebagai sampel penelitian.<sup>6</sup>

Gambar 2.1 contoh problem pengaturan rute pada kasus distribusi



Contoh pada kasus perusahaan distribusi semata disebabkan ketidaktahuan perusahaan akan adanya metode tertentu dalam pengaturan rute sehingga perusahaan memilih metode yang mudah diimplementasikan.<sup>7</sup>

### 1. *Shortest Path Problem (SPP)*

*Shortest Path Problem (SPP)* adalah model jarak optimal antara dua titik dalam suatu jaringan (*network*) yang berisi beberapa titik yang saling terhubung. Optimal berarti terpendek/tercepat/termurah, tergantung dari bagaimana efisiensi jalur diformulasikan. Jaringan dari problem dapat bersifat searah (*directed*) atau dua arah (*undirected*).

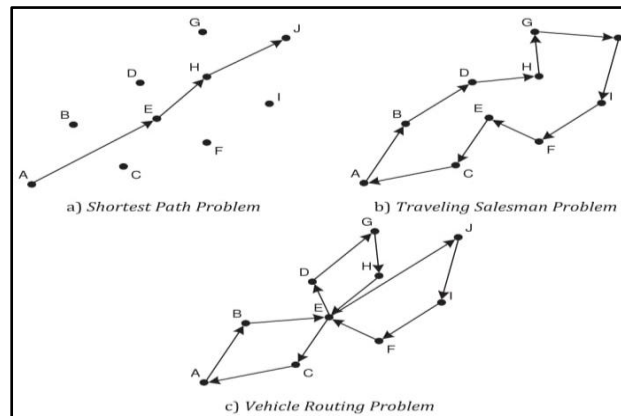
SPP disebut sebagai modal dasar problem pengaturan rute karena dua hal: pertama, problem ini memiliki kompleksitas lebih rendah dibanding model lainnya seperti *Traveling Salesman Problem (TSP)* atau *Vehicle*

<sup>6</sup> Ibid, hal. 3-4.

<sup>7</sup> Ibid, hal. 6.

*Routing Problem* (VRP); kedua, spp dapat menjadi dasar dari pengembangan model lain yang lebih kompleks. Ilustrasi perbedaan antara SPP, TSP, dan VRP ditunjukkan pada Gambar 2.2.<sup>8</sup>

Gambar 2.2 Perbedaan SPP, TSP, dan VRP



## 2. Traveling Salesman Problem (TSP)

Berbeda dengan SPP yang mencari jarak terpendek antara dua titik, pada TSP mencari rute terpendek yang melintasi semua titik sekali saja dan berakhir di titik awal dimana perjalanan dimulai. Dalam konteks logistik, *salesman* dapat berupa sumber daya lain misalnya truk, kapal, atau armada transportasi lainnya dengan tugas serupa yaitu melakukan pengiriman ke sejumlah titik layanan atau pelanggan.<sup>9</sup>

### a. Penyelesaian TSP dengan enumerasi

Untuk mengilustrasikan suatu problem TSP, perhatikan sebuah jejaring titik layanan A s.d. G pada Gambar 2.3. Ketujuh titik layanan ini digambarkan pada sistem koordinat *Cartesian* dan data koordinat masing-masing titik dapat dilihat pada Tabel 2.1. Jarak antar-titik adalah jarak *euclidean* atau jarak garislurus terdekat antara dua titik yang dapat dihitung dengan persamaan pythagoras. Karena menggunakan prinsip *euclidean* maka jarak dari A ke B dan sebaliknya,

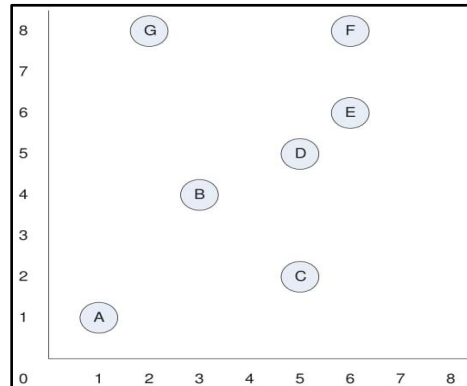
<sup>8</sup> Ibid, hal. 7.

<sup>9</sup> Ibid, hal. 33.



dari B ke A adalah sama atau simetris. Data matriks jarak lengkapnya ada di Tabel 2.2.<sup>10</sup>

Gambar 2.3 Contoh Problem TSP dengan 7 Titik



Tabel 2.1 Data Koordinat contoh 7 titik TSP

Titik	Koordinat
A	1, 1
B	3, 4
C	5, 2
D	5, 5
E	6, 6
F	6, 8
G	2, 8

Tabel 2.2 Data matriks jarak contoh 7 titik TSP

	A	B	C	D	E	F	G
A	-	3.6	4.1	5.7	7.1	8.6	7.1
B	3.6	-	2.8	2.2	3.6	5.0	4.1
C	4.1	2.8	-	3.0	4.1	6.1	6.7
D	5.7	2.2	3.0	-	1.4	3.2	4.2
E	7.1	3.6	4.1	1.4	-	2.0	4.5
F	8.6	5.0	6.1	3.2	2.0	-	4.0
G	7.1	4.1	6.7	4.2	4.5	4.0	-

Teknik enumerasi artinya mencoba semua kombinasi rute yang ada kemudian memilih rute yang menghasilkan total jarak terpendek. Jumlah Kombinasi yang dihasilkan oleh 7 titik adalah sebanyak 7! (tujuh faktorial) atau 5040 rute (A-B-C-D-E-F-G-A, A-B-C-D-E-G-F-A, dst.). Total jarak dari rute A-B-C-D-E-F-G-A adalah 23,9.

<sup>10</sup> Ibid, hal. 36.

Dengan cara yang sama total jarak rute A-B-C-D-E-F-G-A dapat dihitung dengan hasil 27,9. Jika titik awal layanan dipilih B, maka rute yang dapat dihasilkan antara lain B-A-C-D-E-F-G-B dengan jarak 22,2, atau B-A-C-D-E-G-F-B dengan jarak 25,6.<sup>11</sup>

b. Model Heuristik TSP

Metode heuristik berorientasi pada proses pemecahan masalah melalui beberapa aturan yang sederhana dan efisien. Sederhanadisini artinya mudah dipahami dan diterapkan, sedangkan efisien berarti tidak membutuhkan waktu itu yang panjang. Cukup banyak model heuristik yang telah dikembangkan untuk TSP, seperti heuristik *nearest-neighbor*, dan *sweep*.

1) Heuristik *nearest neighbor*

Heuristik *nearest neighbor* (NN) membentuk rute TSP melalui pemilihan titik terdekat berikutnya hingga semua titik masuk ke dalam rute sebelum kembali ke titik pertama.<sup>12</sup>

2) Heuristik *Sweep*

Heuristik *Sweep* bekerja dengan bantuan garis imajiner yang berputar seperti jarum pada layar radar mengelilingi titik-titik problem dengan titik awal sebagai pusatnya. Sumbu nol derajat dan putaran jarum dapat ditentukan sendiri sebagai patokan memulai heuristik. Meskipun pilihan sumbu nol dan putaran jarum akan berpengaruh ke hasil akhir penentuan rute, tidak akan ada kombinasi yang dapat menjamin hasil terbaik.<sup>13</sup>

### 3. *Vehicle Routing Problem (VRP)*

*Vehicle Routing Problem (VRP)* adalah problem pengaturan rute bagi beberapa sumber daya alam mengunjungi titik-titik layanan, dimana tiap sumber daya berangkat dari depot yang sama, mengunjungi beberapa titik dalam satu rute hanya sekali dengan memperhatikan batasan-batasan operasional tertentu, kemudian kembali ke depot.<sup>14</sup>

---

<sup>11</sup> Ibid, hal. 37-38.

<sup>12</sup> Ibid, hal. 46.

<sup>13</sup> Ibid, hal. 50.

<sup>14</sup> Ibid, hal. 74.

a. Pendekatan enumerasi untuk VRP

Enumerasi pada VRP jauh lebih kompleks daripada TSP dengan adanya faktor kendaraan yang menyebabkan kombinasi tidak hanya terjadi pada rute tetapi juga dipengaruhi oleh kombinasi kendaraan. Kombinasi kendaraan dapat melayani titik tergantung dari jumlah kendaraan, kapasitasnya, dan *demand* di tiap titik. Jika pada TSP hanya ada satu fokus problem yaitu mengatur urutan titik dalam satu rute, pada VRP tahapan penyelesaian problem terbagi dua yaitu: pertama, pengelompokan titik untuk dilayani oleh kendaraan tanpa melanggar batasan kapasitas kendaraan; kedua, pengaturan rute di dalam tiap kelompok titik yang terbentuk.<sup>15</sup>

Setelah tahap pengelompokan selesai, barulah masuki tahap kedua yaitu pengaturan rute. Pada tahap ini, problem telah tereduksi menjadi kasus TSP bagi tiap kendaraan dan berbagai teknik yang sudah dibahas sebelumnya dapat diterapkan.

b. Model Heuristik VRP

Dengan membandingkan dua model pengaturan rute yaitu TSP dan VRP, dapat disimpulkan bahwa TSP adalah bentuk khusus dari VRP dan hanya satu sumber daya berkapasitas tak terbatas. Dengan kata lain, VRP adalah generalisasi dari TSP. Sebagai generalisasi dari model lain, maka kompleksitas model tersebut setidaknya akan sama atau lebih tinggi daripada kompleksitas model turunannya.

1) Heuristik *Nearest Neighbor*

Penerapan heuristik *Nearest Neighbor* (NN) dalam VRP cukup mudah dan pada prinsipnya dilakukan dengan membentuk rute TSP dengan batasan kapasitas. Dimulai dari kendaraan pertama keluar dari depot, titik terdekat dari depot dikunjungi, kemudian dilanjutkan dengan kunjungan ke titik terdekat berikutnya, demikian seterusnya hingga kapasitas kendaraan tidak mencukupi. Setelah rute pertama terbentuk, prosedur kemudian diulangi dengan kendaraan berikutnya mengunjungi titik terdekat yang belum dilayani. Proses ini berulang hingga semua titik masuk ke dalam salah satu rute kendaraan. Secara

---

<sup>15</sup> Ibid, hal. 79.

prosedural, algoritma NN dapat ditulis dalam langkah-langkah berikut:

- a) Ambil kendaraan baru dan pilih titik terdekat dari depot yang belum terlayani. Akumulasikan besarnya permintaan dititik tersebut.
- b) Lanjutkan ke titik terdekat berikutnya dan akumulasikan permintaan di titik yang baru dengan jumlah sebelumnya. Jika nilai akumulasi masih lebih kecil daripada kapasitas kendaraan, ulangi langkah dua. Jika tidak, ke langkah tiga.
- c) Tutup siklus rute dengan kembali ke depot. Jika masih ada titik yang belum dilayani, kembali ke langkah satu. Jika semua titik sudah dilayani, selesai.<sup>16</sup>

## 2) Clarke-Wright's *saving algorithm*

Heuristik lain yang mampu menghasilkan total jarak lebih relatif baik daripada kedua heuristik sebelumnya adalah Clarke-Wright's *saving algorithm* (CW) yang dikembangkan oleh G. Clarke dan J.W. Wright di tahun 1964. Heuristik CW atau lebih dikenal dengan metode *Saving Matrix*, mendasarkan langkah-langkahnya secara terstruktur dalam suatu algoritme dan bukan sekedar menerapkan aturan singkat bernuansa *rule-of-thumb* seperti halnya NN. Variabel kunci dari CW adalah nilai penghematan dari kombinasi tiga titik yang melibatkan satu depot dan dua titik layanan.

$$S_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$$

Di mana:

$s_{ij}$ : nilai penghematan dari pasangan titik i ke titik j

$c_{i0}$ : jarak dari depot ke titik i

$c_{0j}$ : jarak dari depot ke titik j

$c_{ij}$ : jarak antara titik i dan titik j

Untuk mengilustrasikan prinsip penghematan dari CW, perhatikan Gambar 2.4. sebelum menghitung nilai penghematan untuk tiap pasangan dua titik ij, asumsikan untuk melayani masing-masing titik i dan j dibutuhkan dua kendaraan di mana tiap kendaraan akan mendatangi satu titik kemudian kembali ke depot. Model layanan seperti ini tentu tidak efisien, karena itu untuk tiap

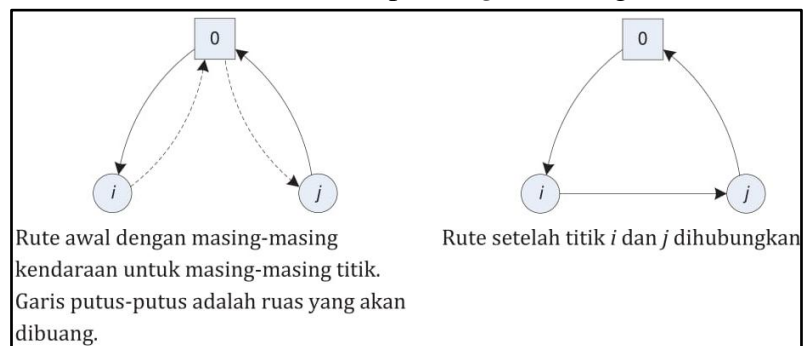
---

<sup>16</sup> Ibid, hal. 93-94.

titik akan dihilangkan satu perjalanan dari/ke depot sehingga akan terbuang dua ruas dari/ke depot senilai  $c_{i0}$  dan  $c_{0j}$ , setelah itu titik  $i$  dan  $j$  akan digabungkan yang berakibat pada penambahan total jarak sebesar  $c_{ij}$ .

Dengan kata lain, dengan menghubungkan titik  $i$  dan  $j$ , akan didapatkan penghematan (*saving*) total jarak akibat hilangnya ruas  $i0$  dan  $0j$ , meskipun ada penambahan ruas  $ij$ . Semakin besar nilai penghematan, semakin besar pula kemungkinan penggabungan ruas terjadi karena CW bekerja dengan cara menggabungkan ruas-ruas dalam rute berdasarkan urutan nilai penghematan.<sup>17</sup>

Gambar 2.4 Ilustrasi konsep *saving* dalam algoritme CW



<sup>17</sup>Ibid, hal. 97-98.