



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMALISASI PEMILIHAN RUTE PERJALANAN PADA
DISTRIBUSI SEPEDA KUNING DI KAMPUS
UNIVERSITAS INDONESIA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**ASROVI NUR IHSAN
0806454166**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Asrovi Nur Ihsan

NPM : 0806454166

Tanda Tangan : 

Tanggal : 21 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Asrovi Nur Ihsan
Npm : 0806454166
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tesis : Optimalisasi Pemilihan Rute Perjalanan Pada
Distribusi Sepeda Kuning Di Universitas
Indonesia Kota Depok

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Nahry, MT (.....)
Pembimbing : Dr. Ir. R. Jachrizal Sumabrata, PhD (.....)
Penguji : Ir. Ellen S.W. Tangkudung, M.Sc (.....)
Penguji : Ir. Martha Leni Siregar, M.Sc (.....)

Ditetapkan di : Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia,
Depok

Tanggal : 21 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Nahry, MT dan Dr. Ir. R. Jachrizal Soemabrata, PhD selaku pembimbing, yang telah menyediakan waktu dalam penyusunan skripsi ini;
2. Mas Madani beserta tim selaku kordinator sepeda kuning, yang telah membantu dalam pengumpulan data skripsi ini;
3. Kedua orang tua dan keluarga saya, yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
4. Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 21 Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Asrovi Nur Ihsan

NPM : 0806454166

Program Studi : Teknik Sipil

Departemen : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Optimalisasi Pemilihan Rute Perjalanan pada Distribusi Sepeda Kuning di
Kampus Universitas Indonesia**

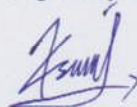
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 21 Juni 2012

Yang menyatakan



(Asrovi Nur Ihsan)

ABSTRAK

Nama : Asrovi Nur Ihsan
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Optimalisasi Pemilihan Rute Perjalanan pada Distribusi Sepeda Kuning di Kampus Universitas Indonesia

Sepeda kuning yang terdapat di Universitas Indonesia merupakan salah satu sarana yang mendukung mahasiswa dalam menjalankan aktivitas dimana sepeda kuning tersebut didistribusikan ke setiap selter pada pagi hari dan dikumpulkan kembali ke titik pengumpul pada sore hari. Metode penyelesaian permasalahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Vehicle Routing Problem (VRP)*. Beberapa skenario dibuat untuk mendapatkan perbandingan rute distribusi dengan kondisi eksisting. Berbagai skenario tersebut dibuat berdasarkan pada jumlah titik pengumpul dan lokasi dari titik pengumpul. Hasil dari penelitian ini adalah diperolehnya pola distribusi yang paling optimal yaitu pada skenario empat dengan pusat distribusi terletak di selter PAU Rektorat dan selter Teknik.

Kata Kunci:
Optimalisasi, rute distribusi

ABSTRACT

Name : Asrovi Nur Ihsan
Major : Civil Engineering
Title : Optimization of Route Selection on Bicycle Distribution in Campus of Universitas Indonesia

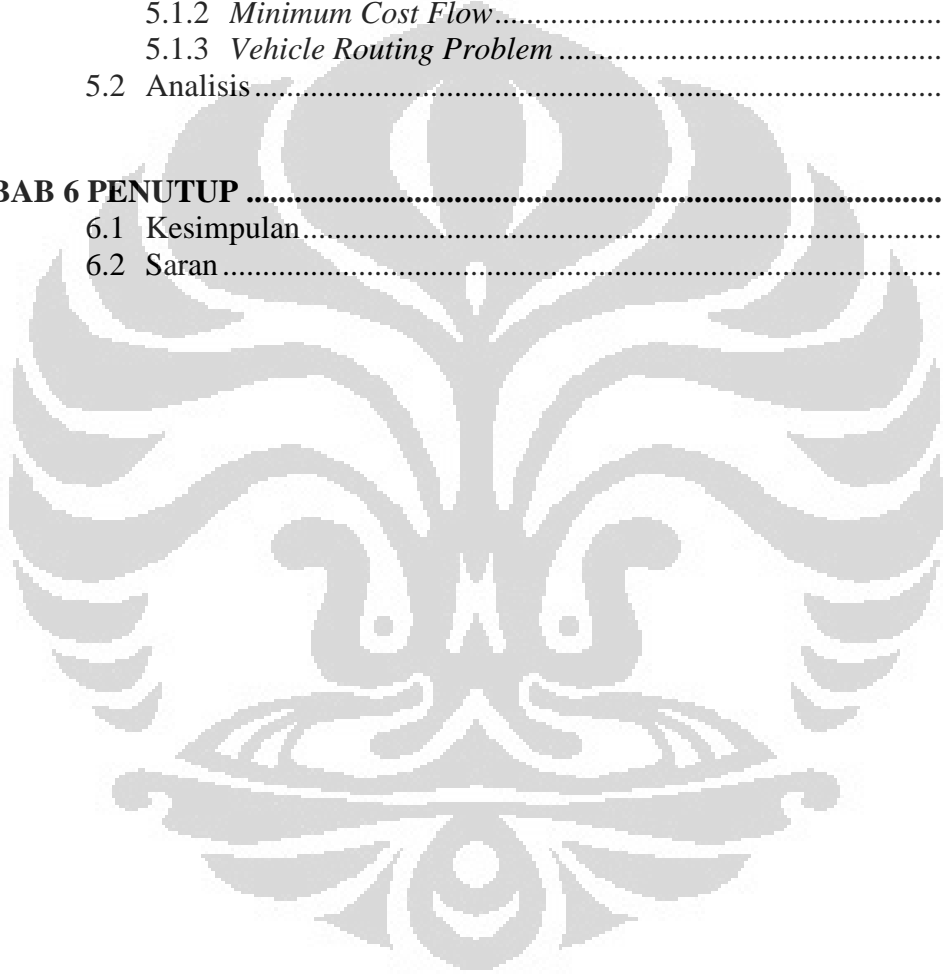
Bicycle in Universitas Indonesia is one of the facilities supporting students in carrying out activities which are distributed to each shelter in the morning and returned to the collecting point in the afternoon. Problem solving methods used in this study is the *Vehicle Routing Problem (VRP)*. Several scenarios are made to obtain comparisons of distribution route with the existing condition. The scenarios are created based on the number and the location of the collecting points. The results of this study is to obtain the optimum distribution pattern that is in the scenario four with the centers of distribution located at PAU Rectorate building shelter and Faculty of Engineering shelter.

Keyword:
Optimization, route of distribution

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Teori <i>Graph</i>	6
2.1.1 Definisi <i>Graph</i>	6
2.1.2 Definisi Rute	8
2.2 Macam-Macam <i>Graph</i> Menurut Arah dan Bobotnya	9
2.3 Optimalisasi.....	11
2.3.1 Definisi Masalah Optimalisasi	11
2.3.2 Macam-Macam Permasalahan Optimalisasi.....	11
2.3.3 Permasalahan Rute Terpendek.....	11
2.3.4 Penyelesaian Masalah Optimalisasi	13
2.4 <i>Shortest Path</i>	13
2.5 <i>Minimum Cost Flow</i>	14
2.6 <i>Vehicle Routing Problem (VRP)</i>	15
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Alur Penelitian.....	20
3.2 Tahapan Persiapan.....	21
3.3 Tahapan Pengumpulan Data.....	22
3.4 Tahapan Pengembangan Model	26
3.5 Tahapan Analisis	27
BAB 4 PENGEMBANGAN MODEL	30
4.1 Pendahuluan	30
4.2 Pembuatan <i>Network Kerja</i>	31
4.3 Penentuan Jarak Terpendek.....	34

4.4	Pembuatan Skenario Rute Distribusi.....	35
4.5	Pengelompokan Titik Distribusi.....	36
4.6	Pengaturan rute Distribusi.....	38
4.7	Simulasi Skenario Rute Distribusi.....	40
4.8	Analisis dan Perbandingan Hasil Setiap Skenario Model dengan Eksisting	41
BAB 5 ANALISIS HASIL		42
5.1	Hasil Permodelan.....	42
5.1.1	<i>Shortest Path</i>	42
5.1.2	<i>Minimum Cost Flow</i>	44
5.1.3	<i>Vehicle Routing Problem</i>	48
5.2	Analisis.....	53
BAB 6 PENUTUP		55
6.1	Kesimpulan.....	55
6.2	Saran.....	55

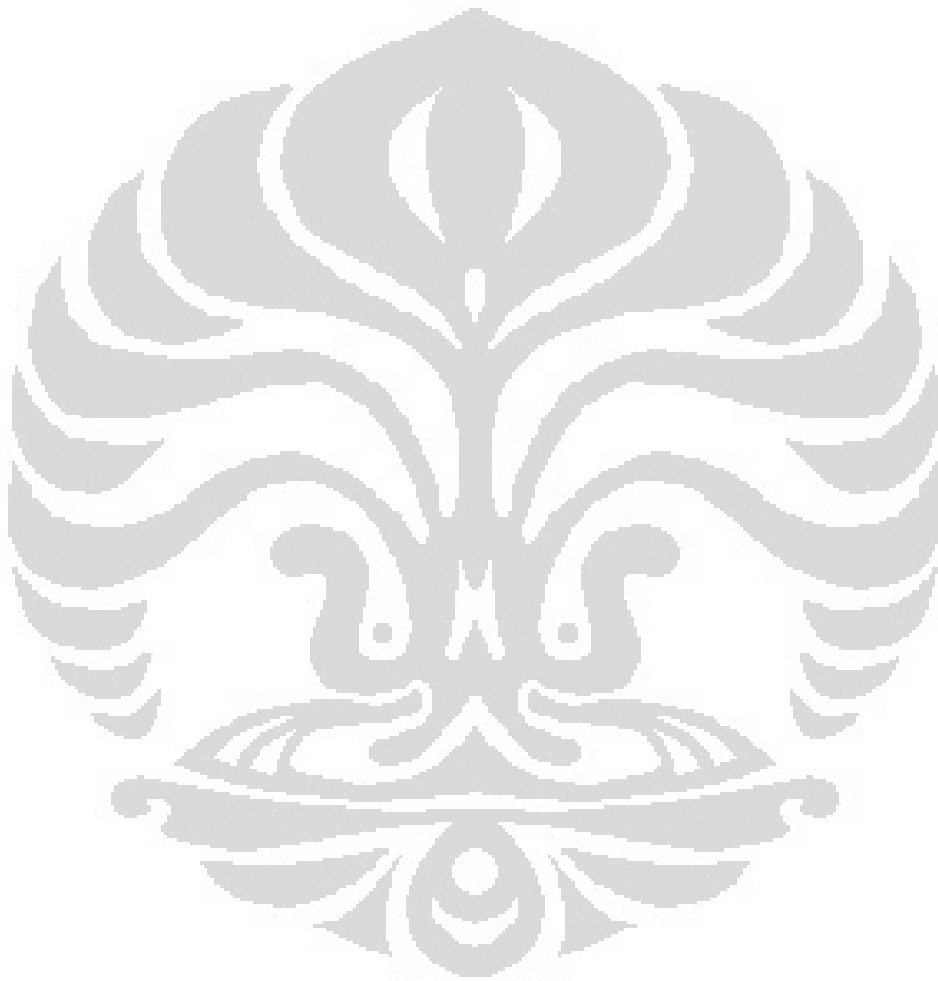


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Contoh <i>Graph G</i>	7
Gambar 2.2. Ruas Ganda dan <i>Loop</i>	7
Gambar 2.3. Contoh <i>Graph G</i> dan <i>Subgraph G'</i>	8
Gambar 2.4. <i>Graph</i> Berarah dan Berbobot.....	9
Gambar 2.5. <i>Graph</i> Tidak Berarah dan Berbobot.....	10
Gambar 2.6. <i>Graph</i> Berarah dan Tidak Berbobot.....	10
Gambar 2.7. <i>Graph</i> Tidak Berarah dan Tidak Berbobot	10
Gambar 2.8. <i>Graph</i> ABCDEFG.....	12
Gambar 2.9. Contoh Solusi dari VRP	17
Gambar 3.1. Alur Penelitian	20
Gambar 3.2. Peta yang Telah Diberi Penomoran.....	25
Gambar 3.3. Pengembangan Model.....	26
Gambar 4.1. Tahapan Pengembangan Model	31
Gambar 4.2. <i>Network</i> Kerja	33
Gambar 5.1. Hasil Rute Distribusi Skenario Satu.....	48
Gambar 5.2. Hasil Rute Distribusi Skenario Dua	49
Gambar 5.3. Hasil Rute Distribusi Skenario Tiga	49
Gambar 5.4. Hasil Rute Distribusi Skenario Empat	49
Gambar 5.5. Hasil Rute Distribusi Skenario Lima	50
Gambar 5.6. Hasil Rute Distribusi Skenario Enam	50
Gambar 5.7. Hasil Rute Distribusi Skenario Tujuh	50
Gambar 5.8. Hasil Rute Distribusi Skenario Delapan	51
Gambar 5.9. Hasil Rute Distribusi Skenario Sembilan.....	51
Gambar 5.10. Hasil Rute Distribusi Skenario Sepuluh.....	51
Gambar 5.11. Hasil Rute Distribusi Skenario Sebelas.....	52
Gambar 5.12. Pola Rute Distribusi pada Skenario Empat.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Pendataan Jumlah Sepeda yang Didistribusikan pada Pagi Hari.....	24
Tabel 3.2. Pendataan Panjang Rute Jalan	24
Tabel 4.1. Kapasitas Sepeda di Setiap Titik Pengumpul	37
Tabel 4.2. Jumlah Sepeda yang Diberikan Untuk Setiap Titik Distribusi	39
Tabel 5.1. Matriks Jarak Terpendek Hasil Program <i>Shortest Path</i>	43
Tabel 5.2. Solusi Optimasi Rute Distribusi	52



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sepeda kuning yang terdapat di Universitas Indonesia merupakan salah satu sarana yang mendukung mahasiswa dalam menjalankan aktivitas. Sepeda kuning tersebut digunakan oleh mahasiswa untuk melakukan perpindahan tempat dari suatu lokasi ke lokasi yang ingin dituju olehnya. Tidak seluruh lokasi yang terdapat di kampus Universitas Indonesia dapat dikunjungi secara langsung, oleh karena itu dibuat selter-selter sepeda kuning yang mewakili lokasi-lokasi tertentu yang menjadi tempat tujuan dari mahasiswa. Lokasi-lokasi tersebut meliputi fakultas, perpustakaan, tempat ibadah, asrama mahasiswa dan lain sebagainya yang menjadi pusat kegiatan mahasiswa. Dengan adanya sepeda kuning di dalam kampus Universitas Indonesia diharapkan dapat mempermudah mahasiswa untuk melakukan aktivitas.

Pada pagi hari sepeda kuning didistribusikan ke setiap selter sebelum digunakan oleh mahasiswa. Dari tempat pengumpul sepeda-sepeda tersebut akan didistribusikan. Setelah selter terisi oleh sepeda kuning maka setiap mahasiswa bisa menggunakannya. Jika suatu waktu terdapat selter yang kekurangan sepeda kuning maka akan dilakukan penambahan sepeda pada selter tersebut, sehingga perlu dilakukan kordinasi yang baik antar petugas sepeda kuning agar setiap selter terisi dengan sepeda kuning secara seimbang sesuai dengan kebutuhan. Kemudian pada sore hari setiap sepeda kuning yang ada pada selter akan diangkut dengan menggunakan kendaraan pengangkut sepeda menuju ke tempat pengumpul. Jenis kendaraan yang digunakan untuk mengangkut sepeda adalah mobil dan motor roda tiga bak terbuka. Masing-masing kendaraan hanya ada satu buah.

Distribusi sepeda kuning dilakukan setiap hari. Sehingga perlu untuk diatur agar distribusi yang dilakukan lebih efisien. Jika efisiensi bisa ditingkatkan maka akan menghasilkan kerja yang lebih optimal. Efisiensi dapat dilakukan dengan membuat rute terpendek, waktu tercepat atau biaya termurah dari distribusi sepeda kuning berdasarkan pada lokasi masing-masing tempat pengumpul.

Kampus Universitas Indonesia memiliki 18 selter sepeda kuning dengan titik pengumpul sebanyak lima tempat. Dari tempat pengumpul tersebut sepeda kuning akan didistribusikan ke setiap selter. Dalam melakukan distribusi ini diperlukan optimalisasi agar waktu yang dibutuhkan untuk bekerja menjadi lebih singkat. Sebagai contoh kasus adalah pihak pengelola sepeda kuning yang ingin menambah jumlah sepeda namun terkendala karena penambahan sepeda akan memperlama proses pengumpulan sepeda tersebut dan pihak kordinator sepeda kuning menyatakan sudah tidak mungkin apabila sepeda kuning ditambah karena akan membuat waktu kerja mereka menjadi tidak sesuai. Dari contoh kasus tersebut optimalisasi menjadi penting agar waktu yang dibutuhkan untuk bekerja bisa efektif dan pada akhirnya penambahan sepeda kuning pun dapat dilakukan. Optimalisasi penting untuk dilakukan agar distribusi dapat berjalan dengan cepat sampai pada tujuan dan mempermudah dalam proses distribusi tersebut.

Dari uraian di atas maka penulis tertarik untuk membahas Optimalisasi Pemilihan Rute Perjalanan pada Distribusi Sepeda Kuning di Kampus Universitas Indonesia.

1.2 Perumusan Masalah

Kampus Universitas Indonesia telah menyediakan alat bantu transportasi yang praktis untuk digunakan oleh mahasiswa yaitu sepeda kuning. Dengan adanya sepeda kuning mahasiswa dapat melakukan perjalanan ke lokasi yang dituju lebih mudah dibandingkan dengan harus menunggu kedatangan bus kuning atau dengan berjalan kaki. Namun sebelum digunakan oleh mahasiswa sepeda kuning tersebut harus didistribusikan terlebih dahulu dari tempat pengumpul menuju ke selter-selter sepeda. Pada sore hari sepeda kuning akan dikumpulkan kembali ke dalam tempat pengumpul. Adapun masalah yang timbul dari latar belakang adalah mencari rute terpendek dari pusat distribusi sepeda kuning ke setiap selter sebelum digunakan oleh mahasiswa sehingga distribusi dapat dilakukan dengan optimal. Selanjutnya perlu dibuat beberapa alternatif skenario distribusi terkait jumlah dan lokasi titik pengumpul dalam rangka mencari sistem sistem distribusi yang terbaik.

1.3 Tujuan Penelitian

Tugas akhir ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem distribusi sepeda kuning di kampus Universitas Indonesia pada kondisi yang ada saat ini dan mencari berbagai alternatif yang dapat memperbaiki sistem saat ini.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat mengoptimalkan rute distribusi sepeda kuning ke setiap selter sebelum digunakan oleh mahasiswa.
2. Dapat diaplikasikan pada masalah-masalah optimalisasi kasus sederhana lainnya.

1.5 Batasan Penelitian

Pada tugas akhir ini terdapat batasan penelitian sebagai berikut:

1. Selter sepeda kuning diasumsikan sebagai titik (node) yang mewakili jaringan jalan di kampus Universitas Indonesia.
2. Jarak antar selter merupakan rute antar node.
3. Jarak antar node ditentukan berdasarkan kondisi aktual, tidak semata berdasarkan panjang ruas jalan di atas peta.
4. Distribusi yang diamati adalah pada pagi hari saat sepeda kuning didistribusikan ke beberapa selter sepeda.
5. Aplikasi pemrograman yang dipakai adalah LINGO (Version = 10.0).

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan meliputi :

Bab I Pendahuluan, berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka, berisi tentang tinjauan pustaka yang berkaitan dengan *Shortest Path*, *Minimum Cost Flow (MCF)* dan *Vehicle Routing Problem (VRP)* . Pada bab ini akan

dibahas teori dari para pakar mengenai *Shortest Path*, *Minimum Cost Flow (MCF)* dan *Vehicle Routing Problem (VRP)*. Baik yang tertuang dalam buku, laporan penelitian serta artikel dalam jurnal penelitian.

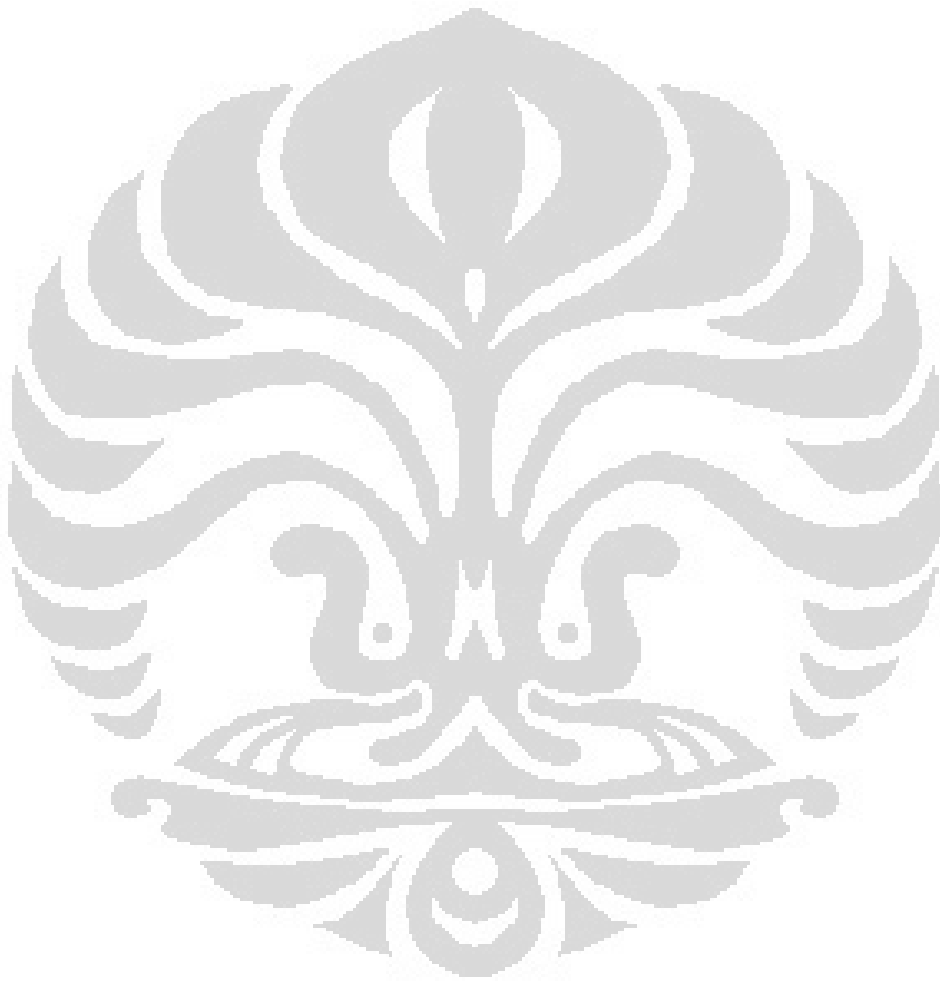
Bab III Metode Penelitian, berisi tentang metode penelitian yang digunakan untuk melakukan penelitian mengenai Optimalisasi Pemilihan Rute Perjalanan pada Distribusi Sepeda Kuning di Kampus Universitas Indonesia, yaitu menggunakan teori *Shortest Path*, *Minimum Cost Flow (MCF)* dan *Vehicle Routing Problem (VRP)*. Pada bagian ini diuraikan tentang desain penelitian yang digunakan. Begitu pula metode pengumpulan data yang digunakan untuk memperoleh hasil yang diinginkan. Pada bab ini juga diuraikan tentang rencana pengolahan dan analisis dari data yang telah diperoleh.

Bab IV Pengembangan Model, berisi tentang pengembangan model matematis maupun grafis dari permasalahan sistem pengaturan distribusi sepeda kuning.

Bab V Analisa Hasil, berisi tentang analisa dari solusi model. Hasil dari analisa diharapkan dapat memberikan masukan rute yang paling optimal dalam distribusi sepeda kuning dari titik pengumpul ke setiap selter pada pagi hari sebelum digunakan oleh mahasiswa.

Bab VI Kesimpulan dan Saran, berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan. Pada bagian kesimpulan akan ditampilkan hasil-hasil simpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini. Sementara pada bagian saran akan diungkapkan tentang rekomendasi terhadap penentuan rute dari distribusi

sepeda kuning serta hal lainnya yang terkait dengan penelitian ini.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menguraikan dasar-dasar teori yang melandasi *Minimum Cost Flow (MCF)* dan *Vehicle Routing Problem (VRP)*. Pembahasan mengenai teori-teori yang terkait tidak terbatas pada lingkup *Minimum Cost Flow (MCF)* dan *Vehicle Routing Problem (VRP)*, tetapi juga meliputi faktor-faktor yang berpengaruh pada *Minimum Cost Flow (MCF)* dan *Vehicle Routing Problem (VRP)*. Dasar teori yang digunakan tidak hanya bersumber dari buku tetapi juga dari laporan penelitian, artikel dalam jurnal penelitian dan sumber lainnya.

MCF dan VRP sering digunakan untuk menyelesaikan permasalahan logistik. Logistik mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap biaya dan keputusan suatu perusahaan, logistik juga berpengaruh untuk menghasilkan level pelayanan kepada konsumen yang berbeda-beda. Tujuan akhir manajemen logistik adalah mendapatkan sejumlah barang atau jasa yang tepat pada tempat dan waktu yang tepat, serta kondisi yang diinginkan dengan memberikan kontribusi terbesar bagi perusahaan.

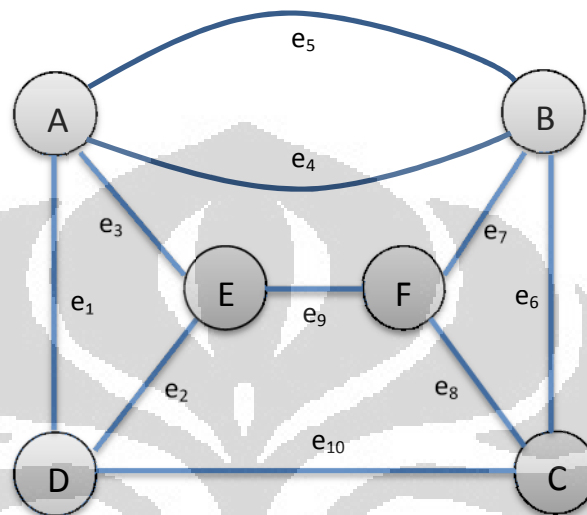
2.1 Teori Graph

2.1.1 Definisi Graph

Graph adalah satu set titik (*nodes*) dan satu set ruas (*link*) (Minieka, 1978). Titik-titik (*nodes*) yang ada pada suatu *graph* dihubungkan satu sama lain melalui ruas (*link*). Suatu *graph* G terdiri atas himpunan tidak kosong dari elemen-elemen yang disebut titik (*node*), dan suatu daftar pasangan *node* yang tidak terurut disebut ruas (*link*). Himpunan *node* dari suatu *graph* G dinotasikan dengan V , dan daftar himpunan *link* dari *graph* tersebut dinotasikan dengan E . Untuk selanjutnya suatu *graph* G dapat dinotasikan dengan $G = (V, E)$ artinya *graph* G memiliki V *nodes* dan E *link*.

1. *Nodes* (titik) : $V =$ himpunan *nodes* yang terbatas dan tidak kosong.
2. *Link* (ruas) : $E =$ himpunan *link* yang menghubungkan sepasang *nodes*.

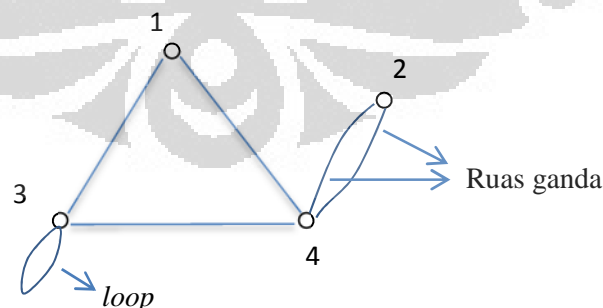
Simpul-simpul pada *graph* dapat merupakan objek sembarang seperti kota, atom-atom suatu zat, nama anak, jenis buah, komponen alat elektronik dan sebagainya. *Link* dapat menunjukkan hubungan (relasi) sembarang seperti rute penerbangan, jalan raya, sambungan telepon, ikatan kimia, dan lain-lain. Contoh dari suatu *graph* G dapat digambarkan seperti berikut :



Gambar 2.1. Contoh *Graph* G

Gambar 2.1. menunjukkan *graph* G dengan $V = \{A, B, C, D, E, F\}$ dan $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_{10}\}$.

Dua *link* atau lebih yang menghubungkan pasangan *node* yang sama disebut ruas ganda, dan sebuah *link* yang menghubungkan sebuah *node* ke dirinya sendiri disebut *loop*.

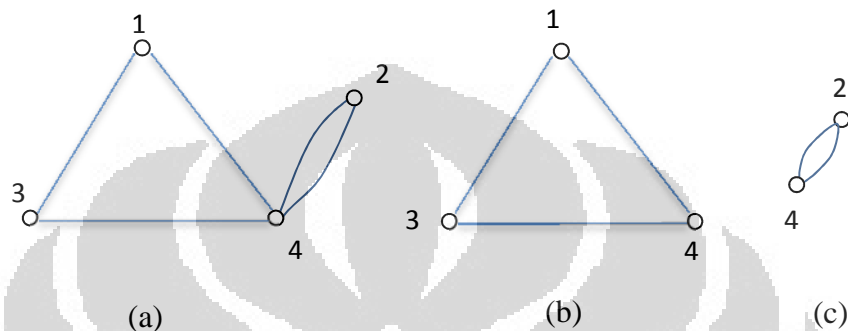


Gambar 2.2. Ruas Ganda dan *Loop*

Misal G suatu *graph* dengan himpunan *node* V dan himpunan *link* E . Suatu *subgraph* G' adalah suatu himpunan pasangan berurutan (V', E') dimana V'

merupakan himpunan bagian dari V dan E' adalah himpunan bagian dari E . Dengan kata lain, *subgraph* dari G adalah suatu *graph* yang semua titiknya anggota V dan semua anggota ruasnya anggota E .

Jika G suatu *graph* terhubung seperti pada gambar 2.2, dengan $V = \{1, 2, 3, 4\}$ dan $E = \{(1,3), (1,4), (2, 4), (3,3), (3,4), (4,2)\}$, maka berikutnya adalah contoh dari *subgraph* G' yang ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Contoh *Graph* G dan *Subgraph* G'

Gambar 2.3. (a) merupakan *subgraph* G' dari *graph* G , dengan himpunan *node* $V' = \{1, 2, 3, 4\}$ yang merupakan himpunan bagian dari V dan himpunan bagian dari $E' = \{(1,3), (1,4), (2,4), (3,4), (4,2)\}$ yang merupakan himpunan bagian dari E . Gambar 2.3 (b) juga merupakan *subgraph* G' dari *graph* G dengan himpunan *node* $V' = \{1, 3, 4\}$ dan himpunan *link* $E' = \{(1,3), (1,4), (3,4)\}$ yang masing-masing merupakan himpunan bagian dari V dan E . Gambar 2.3 (c) juga merupakan *subgraph* G' dari *graph* G dengan himpunan *node* $V' = \{2, 4\}$ dan himpunan *link* $E' = \{(2,4), (4,2)\}$ yang masing-masing merupakan bagian dari V dan E .

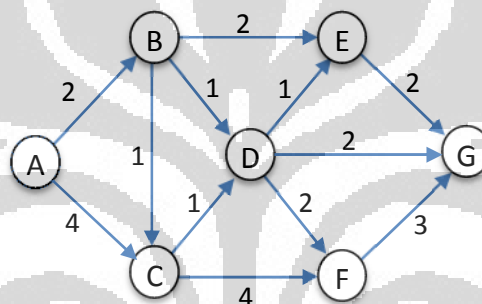
2.1.2 Definisi Rute

Suatu rute dalam *graph* G adalah barisan *node* – *node* dan *link* – *link* yang dimulai dan diakhiri oleh suatu *node* (Evans dan Minieka, E, 1992). Rute juga dapat diartikan sebagai suatu perjalanan (dalam sebuah *graph*) dari *node* satu ke *node* lain yang terhubung dengan suatu *link*. Semakin banyak *node* dan *link* pada suatu *network* maka akan menyulitkan dalam pencarian rute terpendek dalam *network* tersebut.

2.2 Macam-Macam *Graph* Menurut Arah dan Bobotnya

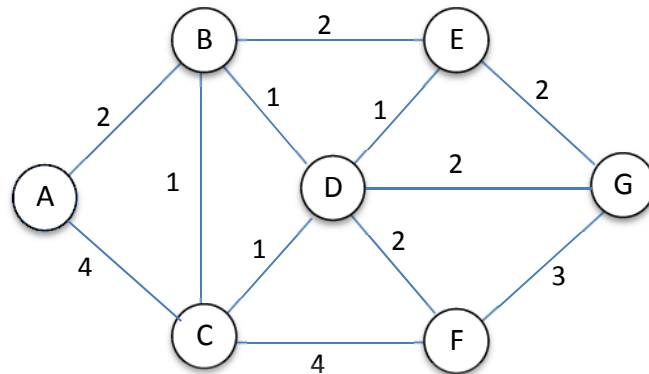
Menurut arah dan bobotnya, *graph* dibagi menjadi empat bagian, yaitu :

1. *Graph* berarah dan berbobot : setiap link mempunyai arah (yang ditentukan dengan anak panah) dan bobot. Gambar 2.4. dibawah ini adalah contoh *graph* berarah dan berbobot yang terdiri dari tujuh *node* yaitu node A, B, C, D, E, F, G. *Node* A mempunyai dua *link* yang masing-masing menuju ke *node* B dan *node* C, *node* B mempunyai tiga *link* yang masing-masing menuju ke *node* C, *node* D dan *node* E. Bobot antara *node* A dan *node* B pun telah di ketahui yaitu sebesar 2.



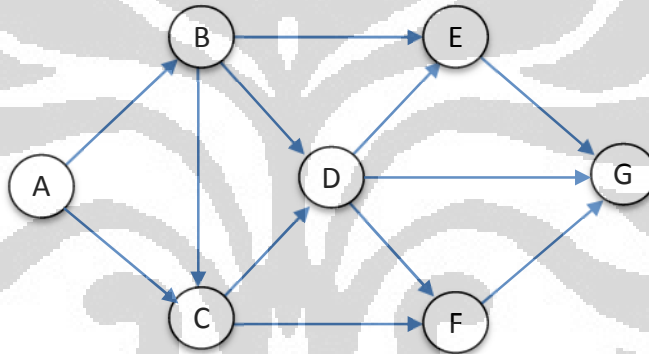
Gambar 2.4. *Graph* Berarah dan Berbobot

2. *Graph* tidak berarah dan berbobot : setiap *link* tidak mempunyai arah tetapi mempunyai bobot. Gambar 2.5. adalah contoh *graph* tidak berarah dan berbobot. *Graph* terdiri dari tujuh *node* yaitu *node* A, B, C, D, E, F, G. *Node* A mempunyai dua *link* yang masing-masing berhubungan dengan *node* B dan *node* C, tetapi dari masing-masing link tersebut tidak mempunyai arah. *Link* yang menghubungkan *node* A dan *node* B mempunyai bobot yang telah diketahui begitu pula dengan *link-link* yang lain.



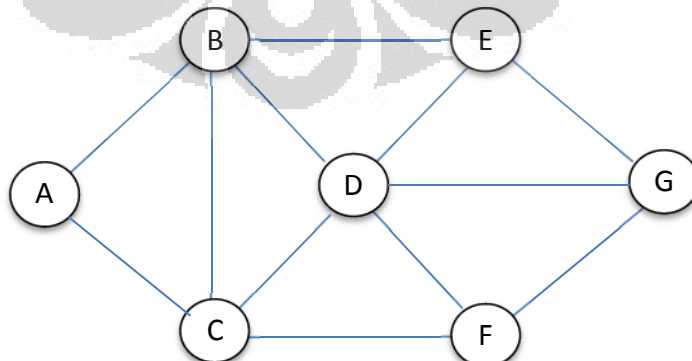
Gambar 2.5. *Graph* Tidak Berarah dan Berbobot

3. *Graph* berarah dan tidak berbobot : setiap link mempunyai arah tetapi tidak mempunyai bobot. Gambar 2.6. adalah contoh *graph* berarah dan tidak berbobot.



Gambar 2.6. *Graph* Berarah dan Tidak Berbobot

4. *Graph* tidak berarah dan tidak berbobot : setiap *link* tidak mempunyai arah dan tidak berbobot. Contoh gambar 2.7. adalah *graph* tidak berarah dan tidak berbobot.



Gambar 2.7. *Graph* Tidak Berarah dan Tidak Berbobot

2.3 Optimalisasi

2.3.1 Definisi Masalah Optimalisasi

Optimalisasi adalah suatu proses untuk mencapai hasil yang optimal (nilai efektif yang dapat dicapai). Dalam disiplin matematika optimalisasi merujuk pada studi permasalahan yang mencoba untuk mencari nilai minimal atau maksimal dari suatu fungsi riil. Untuk dapat mencapai nilai optimal, baik minimal atau maksimal tersebut, secara sistematis dilakukan pemilihan nilai variabel *integer* atau riil yang akan memberikan solusi optimal. Nilai optimal adalah nilai yang didapat melalui suatu proses dan dianggap menjadi solusi jawaban yang paling baik dari semua solusi yang ada.

2.3.2 Macam-Macam Permasalahan Optimalisasi

Permasalahan yang berkaitan dengan optimalisasi sangat kompleks dalam kehidupan sehari-hari. Nilai optimal yang di dapat dalam optimalisasi dapat berupa besaran panjang, waktu, jarak, dan lain-lain. Berikut ini adalah termasuk beberapa persoalan optimalisasi :

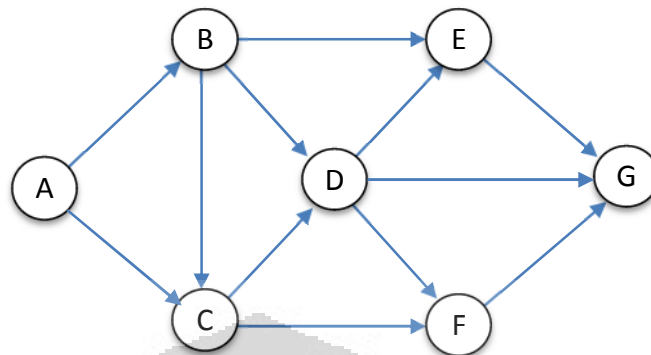
1. Menentukan lintasan terpendek dari suatu tempat ke tempat yang lain.
2. Menentukan jumlah pekerja seminimal mungkin untuk melakukan suatu proses produksi agar pengeluaran biaya pekerja dapat diminimalkan dan hasil produksi tetap maksimal.
3. Mengatur rute kendaraan umum agar semua lokasi dapat dijangkau.
4. Mengatur rute jaringan kabel telepon agar biaya pemasangan kabel tidak terlalu besar dan penggunaannya tidak boros.

Selain contoh di atas, masih banyak lagi persoalan lainnya yang terdapat dalam berbagai bidang.

2.3.3 Permasalahan Rute Terpendek

Masalah rute terpendek merupakan masalah yang berkaitan dengan penentuan *link-link* dalam sebuah jaringan yang membentuk rute terdekat antara sumber dan tujuan. Tujuan dari permasalahan rute terpendek adalah mencari rute yang memiliki jarak terdekat antara titik asal dan titik tujuan. Dibawah ini

merupakan gambar suatu *graph* ABCDEFG yang memiliki permasalahan mengenai pencarian rute terpendek :



Gambar 2.8. *Graph* ABCDEFG

Gambar di atas memiliki permasalahan dalam pencarian rute terpendek yaitu ketika kita melakukan perjalanan dari kota A menuju ke kota G. Untuk menuju ke kota G, dapat dipilih beberapa rute yang tersedia :

$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow G$

$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow F \rightarrow G$

$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow G$

$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow G$

$A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow G$

$A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow F \rightarrow G$

$A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow G$

$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow G$

$A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow G$

$A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow F \rightarrow G$

$A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow G$

$A \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow G$

Berdasarkan data di atas kemudian dapat dihitung panjang rute terpendek berdasarkan kemungkinan-kemungkinan perjalanan tersebut. Apabila jarak antar rute belum diketahui, jarak dapat dihitung berdasarkan koordinat kota-kota tersebut, kemudian menghitung jarak terpendek yang dapat dilalui. Pada kasus di kota-kota besar maka pencarian rute terpendek biasanya dihitung berdasarkan waktu tempuh bukan terhadap jarak antara rute.

2.3.4 Penyelesaian Masalah Optimalisasi

Secara umum, penyelesaian masalah pencarian rute terpendek dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu metode konvensional dan metode heuristik. Metode konvensional dihitung dengan perhitungan matematis biasa, sedangkan metode heuristik dihitung dengan menggunakan pendekatan.

1. Metode Konvensional

Metode konvensional adalah metode yang menggunakan perhitungan matematika eksak. Ada beberapa metode konvensional yang biasa digunakan untuk melakukan pencarian rute terpendek, diantaranya : algoritma *Dijkstra*, algoritma *Floyd-Warshall*, dan algoritma *Bellman-Ford*.

2. Metode Heuristik

Metode Heuristik adalah suatu metode yang menggunakan pendekatan dalam melakukan pencarian dalam optimasi. Ada beberapa algoritma pada metode heuristik yang biasa digunakan dalam permasalahan optimasi, diantaranya *Genetic Algorithm*, *Ant Colony Optimization*, *Fuzzy*, *Neural Network*, *Tabu Search*, *Simulated Annealing*, dan lain-lain.

2.4 Shortest Path

Setiap path dalam suatu graph mempunyai nilai yang dihubungkan dengan nilai *path* tersebut, yang nilainya adalah jumlah dari nilai *edge path* tersebut. Dari ukuran dasar ini dapat dirumuskan masalah seperti “ mencari lintasan terpendek antara dua *node* dan meminimumkan biaya”. Lintasan terpendek antara dua *node* dari 1 ke 2 dalam jaringan adalah lintasan *graph* berarah sederhana dari 1 ke 2 dengan sifat dimana tidak ada lintasan lain yang memiliki nilai terendah.

Banyak bidang penerapan mensyaratkan untuk menentukan lintasan terpendek berarah dari asal ke tujuan di dalam suatu distribusi aliran berarah. Algoritma yang diberikan dapat dimodifikasi dengan mudah untuk menghadapi lintasan berarah pada setiap iterasinya.

Suatu versi yang lebih umum dari masalah lintasan terpendek adalah menentukan lintasan terpendek dari sembarang *node* menuju ke setiap *node* lainnya. Pilihan lain adalah membuang kendala tak negatif bagi “jarak”. Suatu kendala lain dapat juga diberlakukan dalam suatu masalah lintasan terpendek.

Model perhitungan Shortesr Path secara matematis dapat dibuat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Minimize } \sum_{(i,j) \in A} c_{ij}x_{ij}$$

$$\sum_{(j:(i,j) \in A)} x_{ij} - \sum_{(j:(j,i) \in A)} x_{ji} = \begin{cases} 1 & \text{untuk } i = 1 \\ 0 & \text{untuk } i \in N - \{1, n\} \\ -1 & \text{untuk } i = n \end{cases}$$

$$\sum_{(i,j) \in A} t_{ij}x_{ij} \leq T$$

$$x_{ij} = 0 \text{ atau } 1 \quad \text{untuk seluruh } (i, j) \in A.$$

Dimana :

(i, j) adalah *link/ ruas*

C_{ij} adalah biaya yang dikeluarkan untuk melakukan perjalanan dari *node* i ke j

t_{ij} adalah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perjalanan dari *node* i ke j

x_{ij} adalah nilai 1 atau 0, bernilai 1 apabila ruas dilalui dan bernilai 0 apabila ruas tidak dilalui

2.5 Minimum Cost Flow

Biaya pada ruas dalam arus jaringan adalah perkalian antara arus *link-link* dengan biaya satuannya. Biaya pada arus adalah jumlah dari arus biaya pada *link*. Andaikan sebuah *directed network* (jaringan berarah) G, terdiri atas beberapa *node* $N = \{1, 2, \dots, n\}$ dan beberapa *directed arcs* $A = \{(i, j), (j, k), \dots, (k, l)\}$ dan saling terhubung pada *node* N. *Link* (i, j) disebut *incident* dari *node* i ke j. Dengan demikian diperoleh bahwa jaringan memiliki *n node* dan *n link*.

$G = (N, A)$ menjadi jaringan berarah dengan biaya c_{ij} dan kapasitas u_{ij} terhubungkan pada setiap *link* $(i, j) \in A$. Kemudian digabungkan dengan masing-masing *node* $i \in N$ dimana $b(i)$ memiliki besaran yang mengindikasikan besarnya *supply* (penyediaan) atau *demand* (permintaan). Untuk setiap *node* i dalam jaringan G , jumlah $b(i)$ adalah ketersediaan barang ($b(i) > 0$) atau permintaan barang ($b(i) < 0$). *Node* dengan $b(i) > 0$ sering disebut *sources* (sumber), dan *node* dengan $b(i) < 0$ sering disebut tujuan. Jika $b(i) = 0$, maka tidak ada barang yang tersedia pada *node* i dan tidak diperlukan. Pada permasalahan ini *node* i sering disebut *intermediate* (perantara) *node*. Untuk setiap *link* (i, j) , x_{ij} adalah jumlah arus pada *link* (asumsikan $x_{ij} \geq 0$) dan c_{ij} adalah biaya pengiriman sepanjang *link*.

Dengan mengasumsikan bahwa total penyediaan barang sama dengan total permintaan di dalam jaringan maka dapat dibuat model secara matematis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Minimum } z(x) &= \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij} \\ \text{Subject to} \\ \sum_{\{j: (i,j) \in A\}} x_{ij} - \sum_{\{j: (j,i) \in A\}} x_{ji} &= b(i) \quad \text{untuk semua } i \in N \\ 0 \leq x_{ij} &\leq u_{ij} \quad \text{untuk semua } (i, j) \in A \end{aligned}$$

(i, j) adalah *link/ ruas*

C_{ij} adalah biaya yang dikeluarkan untuk melakukan perjalanan dari *node* i ke j

U_{ij} adalah *capacity*

2.6 Vehicle Routing Problem (VRP)

Suatu perusahaan harus dapat mengoptimalkan sistem distribusinya agar dapat bersaing dengan perusahaan sejenis lainnya. Salah satu caranya adalah dengan pengoptimalan transportasi. Salah satu permasalahan dalam transportasi adalah *Vehicle Routing Problems* (VRP) yaitu merancang m set rute kendaraan dengan biaya rendah dimana tiap kendaraan berawal dan berakhir di depot, setiap konsumen hanya dilayani sekali oleh sebuah kendaraan, serta total permintaan

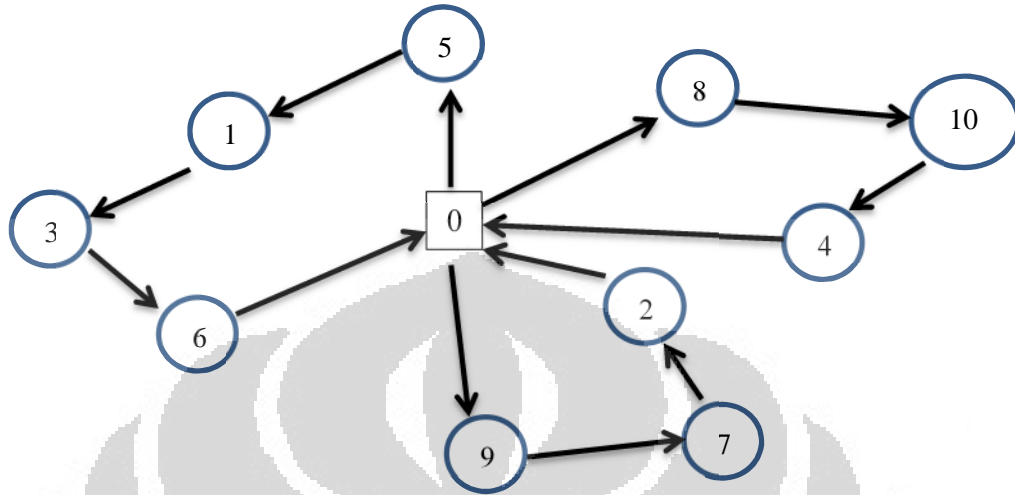
yang dibawa tidak melebihi kapasitas kendaraan. Transportasi ini memberikan kontribusi biaya $1/3$ sampai $2/3$ dari total biaya distribusi.

Vehicle Routing Problem (VRP) diperkenalkan pertama kali oleh Dantziq dan Ramser pada tahun 1959 dan semenjak itu telah dipelajari secara luas. VRP ini memegang peranan penting pada manajemen distribusi dan telah menjadi salah satu permasalahan dalam optimalisasi kombinasi yang dipelajari secara luas. VRP merupakan manajemen distribusi barang yang memperhatikan pelayanan, periode waktu tertentu, sekelompok konsumen dengan sejumlah kendaraan yang berlokasi pada satu atau lebih depot yang dijalankan oleh sekelompok pengemudi, menggunakan *road network* yang sesuai. Solusi dari sebuah VRP yaitu menentukan sejumlah rute, yang masing-masing dilayani oleh suatu kendaraan yang berasal dan berakhir pada depotnya, sehingga kebutuhan pelanggan terpenuhi, semua permasalahan operasional terselesaikan dan biaya transportasi secara umum diminimalkan.

Oleh Fisher, VRP didefinisikan sebagai sebuah pencarian atas cara penggunaan yang efisien dari sejumlah *vehicle* yang harus melakukan perjalanan untuk mengunjungi sejumlah tempat untuk mengantar dan/atau menjemput orang/barang. Istilah *customer* digunakan untuk menunjukkan pemberhentian untuk mengantar dan/atau menjemput orang/barang. Setiap *customer* harus dilayani oleh satu *vehicle* saja. Penentuan pasangan *vehicle-customer* ini dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas *vehicle* dalam satu kali angkut, untuk meminimalkan biaya yang diperlukan. Biasanya, penentuan biaya minimal erat kaitannya dengan jarak yang minimal.

Vehicle routing problem terkait dengan permasalahan bagaimana mendatangkan pelanggan dengan menggunakan kendaraan yang ada. Istilah lain untuk masalah ini adalah *Vehicle Scheduling Problem*, *Vehicle Dispatching Problem*, atau *Delivery Problem*. *Vehicle Routing Problem* adalah sebuah *hard combinatorial optimisation problem*. Permasalahan ini erat kaitannya dengan permasalahan *Travelling Salesman Problem*. *Vehicle Routing Problem* menjadi *Travelling Salesman Problem* pada saat hanya terdapat satu alat angkut yang kapasitasnya tak hingga.

Gambar dibawah ini menunjukkan solusi dari sebuah permasalahan VRP dalam bentuk *graph*. Pada gambar, *node* 0 melambangkan depot (kota asal), dan *node* 1-10 melambangkan *customer*.



Gambar 2.9. Contoh Solusi dari VRP

Terdapat empat tujuan umum VRP, yaitu :

- Meminimalkan biaya transportasi global, terkait dengan jarak dan biaya tetap yang berhubungan dengan kendaraan
- Meminimalkan jumlah kendaraan (atau pengemudi) yang dibutuhkan untuk melayani semua konsumen
- Menyeimbangkan rute, untuk waktu perjalanan dan muatan kendaraan
- Meminimalkan penalti akibat *service* yang kurang memuaskan dari konsumen

Vehicle Routing digambarkan dengan jaringan jalan, yang kemudian, dituangkan dalam sebuah *graph*, baik *graph* berarah $G = (V, A)$, *graph* tidak berarah $G = (V, E)$ maupun *graph* campuran $G = (V, A \cup E)$. penggunaan bentuk *graph* ini disesuaikan dengan daerah yang akan dikunjungi kendaraan pengangkut. *Graph* tidak berarah digunakan jaringan jalan skala besar, meliputi negara, dan negara bagian atau provinsi. Sedangkan *graph* berarah digunakan untuk jaringan jalan skala kecil, misal untuk menggambarkan jalan-jalan dalam kota.

Node/titik menggambarkan depot, pelanggan ataupun persimpangan jalan. Himpunan *verteks* dilambangkan dengan $V = (V_0, \dots, V_n)$. Titik V_0 mewakili pusat, dimana terdapat kendaraan pengangkut identik sejumlah k dengan kapasitas Q . Sedangkan titik lainnya melambangkan kota atau pelanggan, yang memiliki permintaan di *node*. Arc atau *edge* menggambarkan jalan-jalan yang ada. *Edge* dapat bersifat berarah $(i,j) \in A$, dimana $A = \{(v_i, v_j): i \neq j, v_i, v_j \in V\}$ dan tidak berarah $e \in E$. Biaya dan jarak perjalanan dibandingkan oleh C_{ij} , yang didefinisikan pada A , sedangkan waktu non-negatif dilambangkan oleh t_{ij} , yang juga didefinisikan pada A .

Setiap *verteks* v_i dalam V diasosiasikan dengan sejumlah barang q_i , yang akan diantarkan oleh satu kendaraan. VRP bertujuan untuk menentukan sejumlah k rute kendaraan dengan total biaya yang minimum, bermula dan berakhir di sebuah depot. Adapun setiap titik dalam V dikunjungi tepat sekali oleh satu kendaraan jadi biaya dari solusi masalah ini S adalah : $F_{VRP(S)} = \sum_{i=1}^k C(R_i)$

Secara matematis model VRP dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{Minimize } \sum_{1 \leq k \leq K} \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij}^k$$

Subject to:

$$\sum_{1 \leq k \leq K} x_{ij}^k = y_{ij}$$

$$\sum_{1 \leq j \leq n} y_{ij} = 1$$

$$\sum_{1 \leq i \leq n} y_{ij} = 1$$

$$\sum_{1 \leq j \leq n} y_{ij} = K$$

$$\sum_{1 \leq i \leq n} y_{ij} = K$$

Untuk $i = 2, 3, \dots, n$,

Untuk $j = 2, 3, \dots, n$,

$$\sum_{2 \leq i \leq n} \sum_{1 \leq j \leq n} d_i x_{ij}^k \leq u$$

Untuk seluruh $k = 1, 2, \dots, K$

$$\sum_{i \in Q} \sum_{j \in Q} y_{ij} \leq |Q| - 1$$

Untuk setiap $Q \{ 2, 3, \dots, n \}$

Dimana :

$$y_{ij} = 0 \text{ atau } 1$$

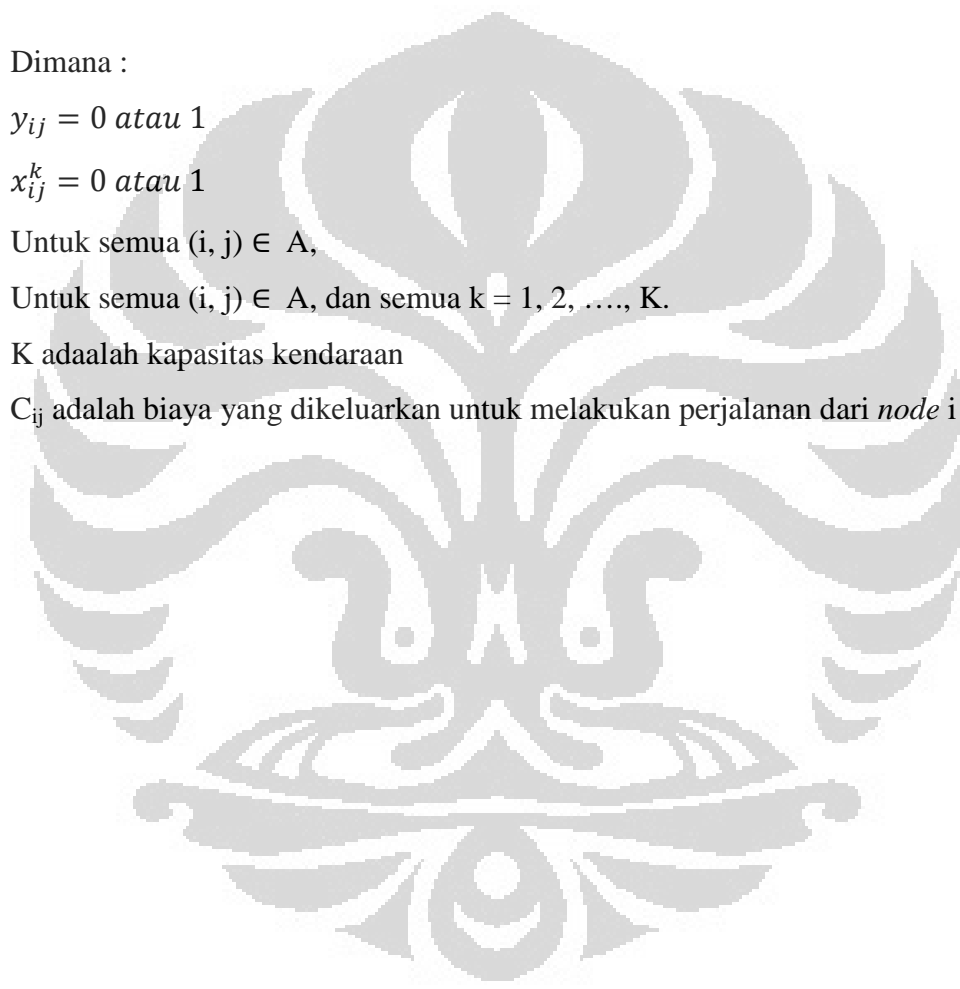
$$x_{ij}^k = 0 \text{ atau } 1$$

Untuk semua $(i, j) \in A$,

Untuk semua $(i, j) \in A$, dan semua $k = 1, 2, \dots, K$.

K adalah kapasitas kendaraan

C_{ij} adalah biaya yang dikeluarkan untuk melakukan perjalanan dari *node* i ke j

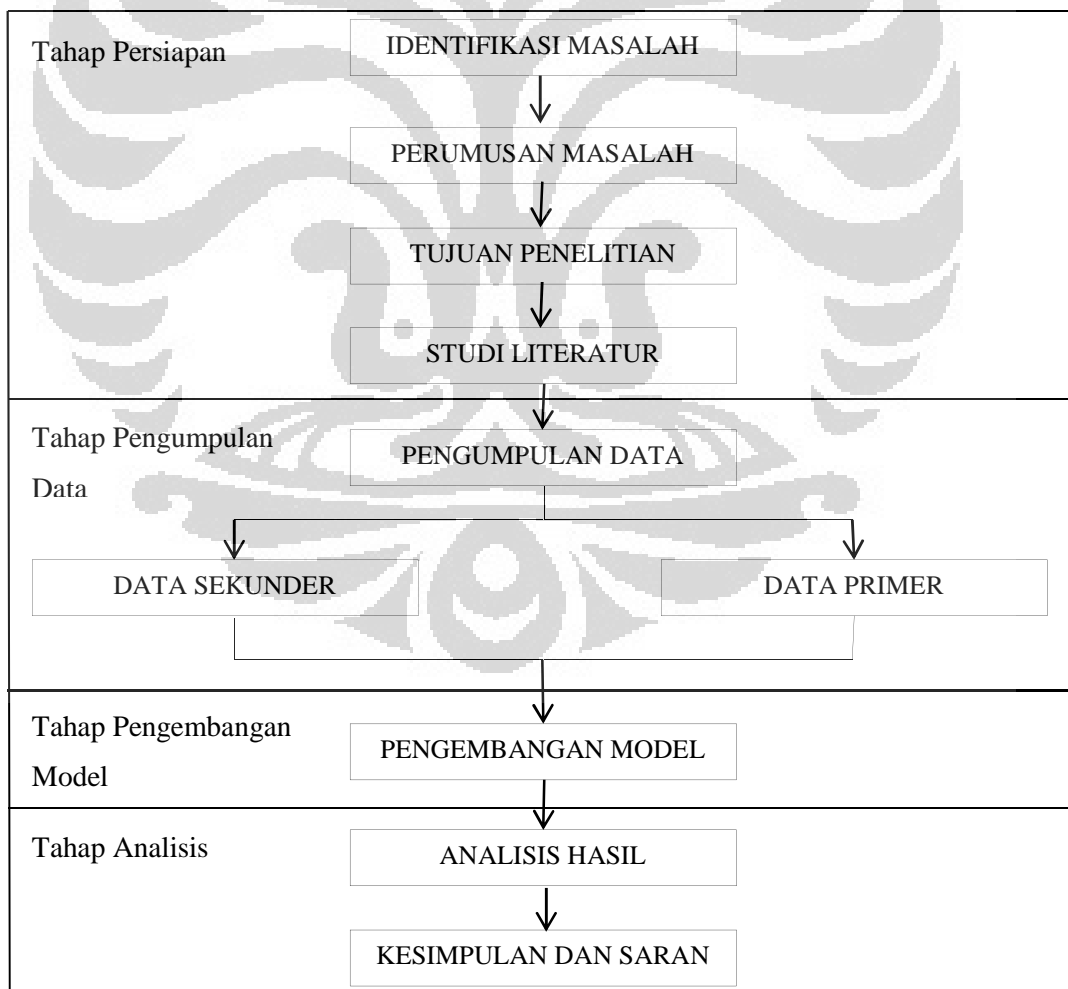


BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui rute yang paling optimal ketika mendistribusikan sepeda kuning sebelum digunakan oleh mahasiswa serta pengumpulannya kembali ke dalam tempat pengumpul. Proses untuk mencapai tujuan tersebut kemudian dituangkan menjadi suatu metode penelitian lengkap dengan pola analisis observasi serta pengumpulan data yang diperlukan untuk melukiskan hubungan tersebut. Oleh karena itu metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Deskriptis Analitis.

Atas dasar metode yang digunakan pada penelitian ini, dapat dibuat suatu alur kegiatan metode kerja penelitian seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1. Alur Penelitian

Secara garis besar alur dalam proses penelitian ini terbagi menjadi empat tahap yaitu tahap persiapan, pengumpulan data, pengembangan model dan analisis. Keempat tahap tersebut menjadi acuan dalam proses penyelesaian penelitian ini. Di dalam keempat tahapan tersebut terbagi lagi menjadi beberapa alur di dalamnya. Dengan adanya alur penelitian seperti ini maka dapat mempermudah untuk melakukan penelitian serta memperjelas langkah-langkah yang harus dilakukan dari proses awal hingga penelitian ini selesai dilakukan.

3.2 Tahapan Persiapan

Tahapan ini dimulai dengan melakukan identifikasi masalah dari penelitian yang dilakukan. Dari tinjauan yang telah dilakukan diketahui bahwa ada permasalahan yang dapat dibahas mengenai distribusi sepeda kuning di Universitas Indonesia. Distribusi yang dilakukan ternyata tidak bersumber hanya dari satu lokasi pengumpul. Dengan adanya lokasi pengumpul yang lebih dari satu maka untuk melakukan optimalisasi dalam distribusi sepeda harus dilakukan perhitungan yang baik agar distribusi dapat dilakukan secara efisien. Dari masing-masing lokasi pengumpul tersebut akan dibuat zona pengumpulan sepeda. Agar distribusi dapat dilakukan secara efisien maka pada masing-masing zona hanya dapat mendistribusikan sepeda satu kali ke setiap selter yang ada pada zona tersebut.

Kemudian dibuat perumusan masalah agar permasalahan tersebut menjadi jelas dan pembahasan tidak terlalu luas. Perumusan ini dilakukan dengan melihat permasalahan-permasalahan yang ada ketika melakukan distribusi sepeda kuning. Saat ini kampus Universitas Indonesia memiliki 18 selter dengan lima tempat pengumpul sepeda. Beberapa selter dijadikan sebagai tempat pengumpul untuk mempermudah proses distribusi. Dengan adanya lima tempat pengumpul ini akan dicari rute yang efisien dalam distribusi sepeda kuning pada pagi hari untuk diletakkan pada selter-selter sepeda serta pengumpulannya kembali ke tempat pengumpul tersebut.

Wilayah dari penelitian ini adalah kampus Universitas Indonesia yang berlokasi di Depok. Agar dapat mengoptimalkan distribusi dari sepeda kuning di Universitas Indonesia maka akan dilakukan pengamatan terhadap seluruh selter

yang ada di dalam kampus beserta jarak antar selter yang satu dengan selter yang lainnya. Distribusi yang diamati adalah saat pengisian selter sepeda kuning di pagi hari, sebelum digunakan oleh mahasiswa, dan pengumpulan kembali ke beberapa tempat pengumpul di sore hari.

Kemudian dibuat tujuan penelitian yang akan dilakukan dari permasalahan yang telah dirumuskan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pemecahan masalah dengan solusi yang optimal menggunakan *Minimum Cost Flow (MCF)* dan *Vehicle Routing Problem (VRP)* pada persoalan distribusi sepeda kuning dengan mencari rute terpendek n-buah *node* dalam pengelompokan beberapa zona. Pengelompokan zona tersebut dibuat berdasarkan pada tempat pengumpul sepeda. Pengoptimalan yang ingin dicapai adalah mengefisienkan panjang jalur yang dilewati dari *node* asal ke *node* lain yang dituju dengan hanya melewati semua *node* satu kali pada masing-masing zona.

Langkah terakhir yang dilakukan pada tahapan persiapan adalah studi literatur. Untuk lebih memahami penelitian ini maka pendalaman materi perlu dilakukan dengan membaca buku, jurnal, laporan penelitian dan lain sebagainya. Studi literatur yang dilakukan antara lain memahami teori dasar yang digunakan, cara menyelesaikan permasalahan penelitian, metode yang digunakan dan lain sebagainya. Studi literatur ini penting untuk dilakukan karena menjadi modal dasar penyelesaian dalam sebuah penelitian. Studi literatur juga membantu dalam persiapan memperkirakan data-data yang dibutuhkan dalam proses penelitian.

3.3 Tahapan Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data merupakan tahapan kedua dari proses penelitian ini. Data-data yang dibutuhkan dibagi menjadi dua bagian yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data utama yang dibutuhkan dalam penelitian. Sedangkan data sekunder adalah data-data yang mendukung dalam penelitian. Pengumpulan data dengan cara survei literatur dan observasi lapangan. Observasi lapangan dilakukan untuk memperoleh data primer dan survei literatur untuk memperoleh data sekunder. Untuk mengetahui ketepatan dari data yang diperoleh dan melengkapi kekurangan data dalam penelitian ini maka dilakukan wawancara dengan pihak kordinator pengelola dari sepeda kuning tersebut.

Survei literatur merupakan pengambilan data yang dilakukan berdasarkan informasi yang diperoleh dari suatu sumber. Sumber tersebut dapat berupa laporan dan lain sebagainya. Data yang diperoleh dari survei literatur ini harus memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Karena apabila data tersebut ternyata tidak akurat atau tidak menggambarkan kondisi di lapangan maka hasil dari pengolahan data yang dilakukan nanti akan memiliki hasil yang tidak baik pula. Oleh karena itu penting untuk mendapatkan data yang akurat agar hasil yang diperoleh juga memiliki tingkat akurasi yang baik. Dalam penelitian ini survei literatur akan dilakukan dengan melihat informasi-informasi terkait data yang dibutuhkan dari laporan pengelola sepeda kuning. Selain itu data-data lain yang dibutuhkan juga dapat diperoleh dari gedung rektorat Universitas Indonesia seperti data-data mengenai panjang jalan, peta Universitas Indonesia, dan posisi seluruh selter sepeda.

Selain survei literatur pengambilan data juga dilakukan dengan cara observasi di lapangan. Observasi lapangan merupakan pengambilan data yang dilakukan dengan langsung melakukan tinjauan pada lokasi penelitian. Cara ini menghasilkan tingkat akurasi yang baik dari data-data yang diperoleh. Dalam sebuah penelitian, observasi lapangan penting untuk dilakukan. Data yang diperoleh dengan cara ini memiliki akurasi yang baik karena pengambilan data langsung pada lokasi yang diamati dan data yang diperoleh tentunya telah menggambarkan permasalahan yang terjadi pada lokasi tersebut. Observasi lapangan juga dapat dijadikan sebagai pengecekan tingkat akurasi dari data-data literatur yang telah diperoleh. Data yang diambil dari observasi lapangan adalah kapasitas sepeda dari masing-masing selter dan sepeda yang tersisa di masing-masing selter sesaat sebelum dikirim ke tempat pengumpul. Selain itu dengan observasi lapangan juga dapat dilakukan pengecekan panjang jalan di area kampus Universitas Indonesia yang dapat dilalui untuk pengiriman sepeda kuning ke setiap selter.

Data-data yang diambil dari observasi lapangan dapat dilakukan dengan cara melakukan pencatatan. Pencatatan tersebut dilakukan dengan menentukan kebutuhan apa saja yang diperlukan dalam sebuah penelitian. Contoh dari cara

pengambilan data dengan observasi lapangan dapat dilakukan dengan membuat tabel sebagai berikut:

Tabel 3.1. Pendataan Jumlah Sepeda yang Didistribusikan pada Pagi Hari

No	Selter
1	Fakultas Teknik
2	Fakultas Ekonomi
3	Pusgiwa
4	Dst

Tabel 3.1. merupakan tabel pencatatan jumlah sepeda yang digunakan oleh mahasiswa pada pagi hari dari setiap selter yang ada. Data ini diperlukan untuk mengetahui kebutuhan jumlah sepeda yang akan digunakan oleh mahasiswa disetiap selter. Pencatatan ini diperlukan paling tidak sampai dengan satu jam setelah sepeda kuning telah didistribusikan ke masing-masing selter.

Untuk mendapatkan panjang jarak yang akurat maka dilakukan pengukuran lapangan untuk mendapatkan panjang setiap ruas jalan yang ada di Universitas Indonesia. Pengukuran yang dilakukan harus memiliki akurasi dan tingkat ketelitian yang tinggi karena data panjang ruas jalan ini merupakan data dasar yang akan dimasukkan kedalam proses pengembangan model. Oleh karena itu diperlukan suatu pengukuran lapangan dengan hasil yang diperoleh dituangkan dalam tabel rekap data seperti pada tabel 3.2. dibawah ini :

Tabel 3.2. Pendataan Panjang Rute Jalan

No	Rute Jalan	
	Selter Awal	Selter Tujuan
1	Fakultas Teknik	Fakultas Ekonomi
2	Fakultas Ekonomi	Fakultas Teknik
3	Pusgiwa	Fakultas Teknik
4	Dst	

Pada tabel 3.2. diketahui bahwa selter awal sebagai lokasi titik asal dan selter tujuan sebagai lokasi titik yang dituju. Untuk mempermudah melakukan pencatatan dari hasil pengukuran dilapangan maka dapat dilakukan dengan menggunakan peta lokasi setempat. Dari peta yang ada setiap ruas jalan diberi

penomeran sebagai bentuk penamaan setiap ruas jalan yang akan diukur. Cara tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.2. Peta yang Telah Diberi Penomeran

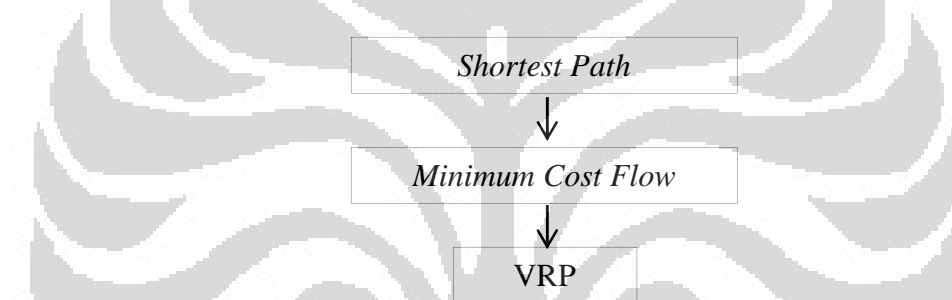
Cara selanjutnya untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan wawancara kepada pihak yang bersangkutan dari penelitian ini. Contohnya adalah melakukan wawancara dengan kordinator dari pengelola sepeda kuning. Data-data yang dapat diperoleh dari cara ini adalah kapasitas sepeda dari setiap selter, rute distribusi sepeda pada pagi hari sebelum digunakan oleh mahasiswa, jenis dan jumlah kendaraan pengangkut yang digunakan untuk mempermudah dalam distribusi sepeda, kapasitas dari kendaraan pengangkut dan permasalahan mengenai distribusi sepeda kuning.

Dari data-data tersebut nantinya akan diproses agar mendapatkan rute yang optimal untuk distribusi sepeda pada pagi hari sebelum digunakan oleh mahasiswa dan untuk pengumpulan kembali ke lokasi tempat pengumpul. Namun sebelum proses tersebut dilakukan maka ditentukan terlebih dahulu variabel-variabel yang mempengaruhi dan dimasukkan dalam proses perhitungan. Penentuan variabel ini dipilih berdasarkan dari data-data yang diperoleh dari proses pengumpulan data tersebut. Data-data yang mempengaruhi dalam distribusi sepeda akan dimasukkan sebagai variabel. Untuk mengetahui rute terpendek sebenarnya ada dua faktor yang mempengaruhinya yaitu jarak dan waktu. Namun dalam penelitian ini telah ditentukan dari kedua faktor tersebut

yang digunakan dalam menentukan rute terpendek adalah faktor jarak. Faktor jarak dipilih karena dalam kawasan Universitas Indonesia tidak terdapat lampu pengatur lalu lintas dan jarang terjadi kemacetan sehingga faktor yang menentukan untuk mencari rute terpendek adalah berdasarkan pada jarak masing-masing rute. Oleh karena itu dipilih faktor panjang rute sebagai variabel pencarian rute terpendek.

3.4 Tahapan Pengembangan Model

Tahap pengembangan model adalah tahap dimana permasalahan distribusi dibentuk menjadi formula matematis dan grafis. Dalam penelitian ini tahap pengembangan model terbagi menjadi tiga langkah yaitu perhitungan *Shortest Path*, *Minimum Cost Flow* dan VRP.



Gambar 3.3. Pengembangan Model

Tahap awal dari pengembangan model ini adalah mencari jarak terpendek dari setiap titik pengumpul ke seluruh selter yang ada. Panjang jarak tersebut dihitung berdasarkan pada data yang diperoleh dari survei panjang setiap ruas jalan eksisting. Panjang jarak yang diperoleh merupakan panjang jarak terpendek dari selter awal ke selter tujuan. Untuk mempermudah pembacaan dari hasil *shortest path* yang telah diperoleh maka nilai-nilai tersebut dibuat kedalam bentuk matriks.

Dalam pembuatan tabel matriks diketahui bahwa yang menjadi lokasi titik asal adalah kolom yang berada disebelah kiri tabel dan yang menjadi lokasi titik tujuan adalah baris yang terletak di atas tabel. Kotak didalam tabel matriks berisi panjang jarak terpendek dari lokasi asal ke lokasi tujuan. Jika didalam tabel matriks berisi angka nol maka angka tersebut menunjukkan bahwa tidak adanya perjalanan yang dilakukan atau lokasi yang dituju sama dengan titik asal.

Setelah pengembangan model *shortest path* selesai dilakukan maka masuk kedalam tahap selanjutnya yaitu pengembangan model *Minimum Cost Flow*. Permodelan MCV bertujuan untuk mengetahui pembagian zona dalam pengumpulan sepeda ke masing-masing lokasi pengumpul. Setelah pembagian zona diperoleh kemudian dilakukan optimasi rute dengan menggunakan model VRP untuk mengetahui rute perjalanan yang paling optimal dari masing-masing zona tersebut.

Dalam proses pengembangan model dilakukan terlebih dahulu identifikasi variabel yang akan digunakan. Variabel yang digunakan adalah variabel yang mempengaruhi penelitian seperti jarak antar titik-titik distribusi, kebutuhan di titik-titik pengguna dan kapasitas dari kendaraan pengangkut. Solusi model dilakukan dengan menggunakan software untuk mengetahui rute yang paling optimal dalam melakukan distribusi sepeda kuning. Software yang digunakan adalah LINGO yang dapat menyelesaikan permasalahan seperti MCF dan VRP. Software ini dapat menghitung rute yang paling efisien untuk dilalui dengan menggunakan variabel seperti jarak, waktu, atau biaya dengan jumlah kendaraan yang digunakan lebih dari satu unit.

3.5 Tahapan Analisis

Tahapan analisis merupakan tahapan untuk melakukan evaluasi terhadap sistem distribusi saat ini membandingkan dengan berbagai skenario yang dibentuk. Pada alur penelitian yang dilakukan tahapan analisis merupakan tahapan terakhir dari proses penelitian ini. Tahapan ini dimulai dengan menganalisis hasil yang diperoleh dari proses pencarian rute terpendek dari distribusi sepeda kuning di kampus Universitas Indonesia. Analisis tersebut dapat dilakukan dengan membandingkan rute eksisting yang diberlakukan saat ini dengan rute hasil optimasi. Analisis ini dilakukan dengan dasar data-data yang telah diperoleh, sehingga semakin baik data yang digunakan maka semakin baik pula hasil yang diperoleh.

Rute terpendek yang diperoleh dari hasil perhitungan selanjutnya digunakan untuk melakukan pertimbangan-pertimbangan terkait dengan kendaraan yang digunakan sebagai alat pengangkut. Kendaraan yang digunakan

sebagai alat pengangkut tersebut dapat memiliki pengaruh yang besar pula terkait dengan efektivitas pekerjaan yang dilakukan karena berkaitan erat dengan kapasitas yang dimiliki oleh kendaraan pengangkut. Sebagai contoh adalah apabila kapasitas dari kendaraan pengangkut hanya dapat memuat jumlah yang kecil dari suatu barang yang ingin diangkut maka kendaraan tersebut bisa saja bergerak beberapa kali pada lokasi yang sama hanya untuk mengangkut barang yang masih tertinggal akibat dari kapasitas angkut yang kecil. Hal tersebut membuat perjalanan yang dilakukan menjadi tidak efisien akibat adanya pergerakan yang sama pada lokasi-lokasi tertentu. Pada sistem transportasi barang hal seperti ini akan dihindari karena akan menghasilkan pekerjaan yang tidak optimal.

Banyaknya lokasi pengumpul mempengaruhi rute terpendek yang akan dihasilkan. Lokasi pengumpul tersebut akan memecah rute menjadi beberapa bagian dalam proses pengumpulan kembali sepeda kuning. Rute yang dihasilkan akan berbeda-beda karena tergantung pada lokasi tempat pengumpulannya. Rute dari distribusi tersebut akan melewati selter-selter sepeda kuning dan hanya akan melewatinya satu kali saja untuk setiap selter. Lokasi-lokasi dari tempat pengumpul telah diketahui berdasarkan pada data-data yang diperoleh. Tempat pengumpul memiliki lokasi yang tetap dengan kapasitas daya tampung tertentu. Oleh karena itu diperlukan analisis yang baik dalam penentuan rute dari tempat pengumpul tersebut.

Setelah proses analisis telah selesai maka dapat diperoleh kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan yang diberikan harus memiliki hubungan terkait dengan tujuan penelitian atau kesimpulan harus dapat menjawab tujuan dari penelitian yang ingin dicapai. Dalam penelitian ini hasil yang ingin dicapai adalah didapatkannya pola distribusi dengan rute yang efektif untuk mendistribusikan sepeda kuning di daerah kampus Universitas Indonesia. Jika pihak pengelola telah memiliki rute distribusi dari sepeda tersebut maka hasil yang diperoleh dari penelitian dapat dibandingkan dengan rute yang sudah ada. Apabila hasil rute yang diperoleh ternyata sama dengan rute yang telah digunakan maka distribusi sepeda kuning dapat dikatakan telah dilakukan dengan efisien dan optimal. Namun jika rute yang dihasilkan ternyata berbeda dengan rute yang telah

tigunakan maka rute tersebut bisa dijadikan pilihan untuk diterapkan. Dari kedua contoh pernyataan di atas maka dapat diperoleh kesimpulan dalam penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan yang dibuat dapat berupa pernyataan bahwa rute distribusi yang sudah ada ternyata telah efektif atau bahkan tidak efektif. Kesimpulan tersebut harus didukung dengan alasan dari berbagai analisis yang sudah dilakukan.

Kemudian dari hasil penelitian yang diperoleh dapat dikembangkan menjadi saran-saran yang dapat dilakukan untuk lebih meningkatkan efektivitas distribusi sepeda kuning. Saran yang diberikan juga harus mempertimbangkan fisibilitas dari lokasi penelitian. Jika saran yang diberikan ternyata tidak dapat diterapkan pada lokasi penelitian maka akan menjadi pernyataan yang sia-sia. Saran yang mungkin diberikan dalam penelitian ini bisa berupa perubahan rute, perubahan kapasitas kendaraan pengangkut dll.

Penarikan kesimpulan serta saran dalam penelitian ini merupakan bagian akhir dari proses penelitian yang dilakukan. Diharapkan dari penelitian yang dilakukan dapat memberikan hasil yang bermanfaat dan dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dalam melakukan distribusi sepeda kuning pada pagi hari sebelum digunakan oleh mahasiswa dan pada sore hari saat pengumpulan kembali ke lokasi tempat pengumpul. Dari efisiensi yang dilakukan dapat diperoleh kinerja yang lebih optimal sehingga dapat mempercepat proses pekerjaan dan memaksimalkan hasil yang diperoleh.

BAB 4 PENGEMBANGAN MODEL

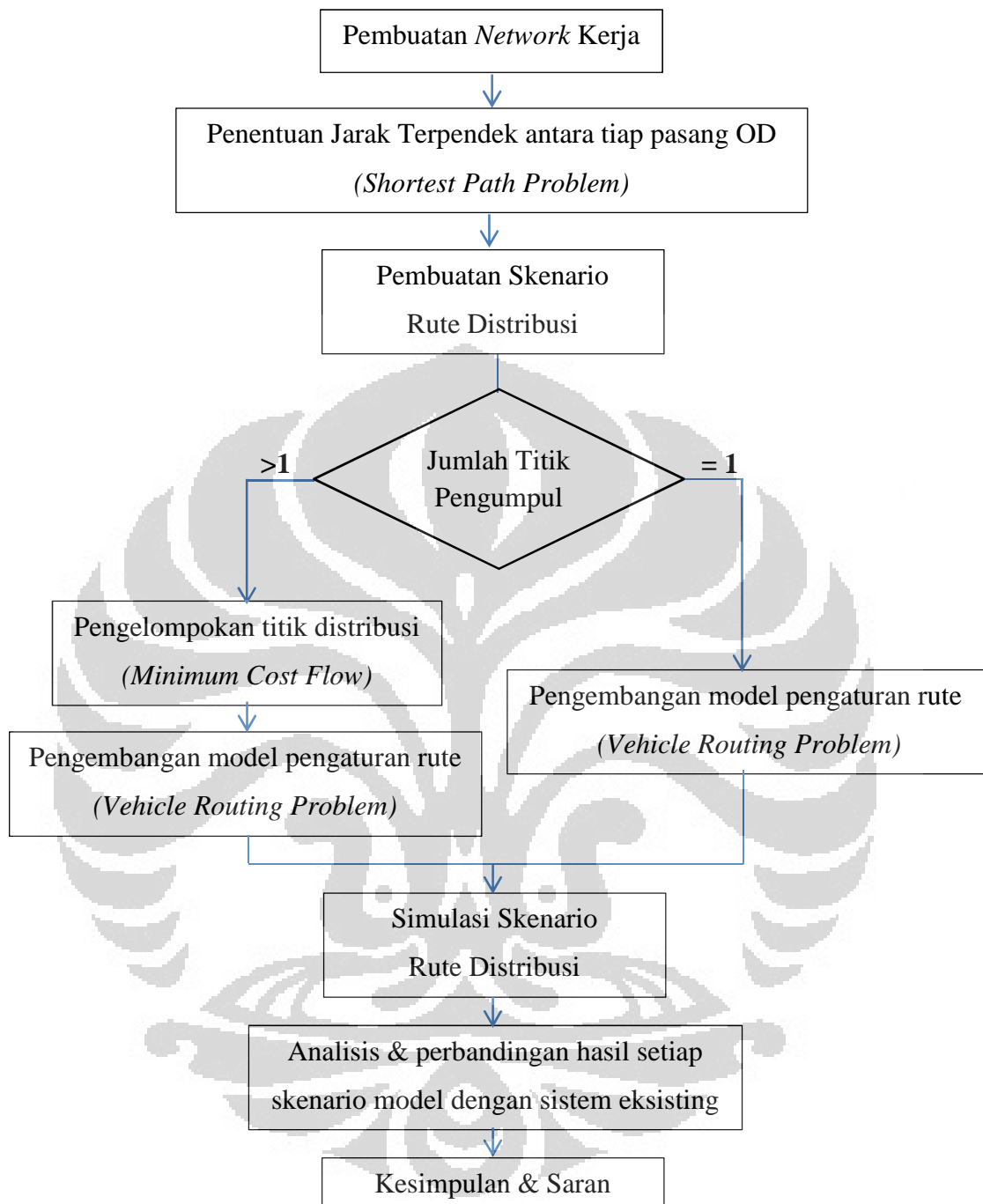
4.1 Pendahuluan

Pada penelitian ini model yang dikembangkan adalah model matematis untuk mengetahui rute distribusi sepeda kuning yang lebih optimal dari kondisi eksisting. Optimisasi dapat diperoleh dengan melihat panjang jarak rute dari setiap alternative model yang dibuat. Semakin pendek jarak rute distribusi sepeda kuning maka semakin optimal rute pada model yang dibentuk.

Pengembangan model merupakan tahapan ketiga dalam metode penelitian ini. Model dikembangkan dengan menggunakan aplikasi *software shortest path* dan LINGO. Aplikasi *software shortest path* digunakan untuk mencari jarak terpendek dan LINGO untuk mencari pengelompokan distribusi serta rute distribusinya.

Sebelum model dapat dikembangkan maka data-data yang diperlukan pada penelitian ini didapatkan terlebih dahulu yaitu pada tahapan pengumpulan data. Pengumpulan data merupakan tahapan kedua dalam metode penelitian ini sebelum tahapan pengembangan model. Data-data tersebut antara lain panjang jarak setiap ruas jalan di Universitas Indonesia, kapasitas/daya tampung disetiap titik pengumpul dan jumlah sepeda yang didistribusikan dari setiap titik pengumpul. Setelah data-data tersebut didapatkan maka tahapan pengembangan model bisa dilakukan.

Hasil akhir dari pengembangan model ini adalah diperolehnya rute distribusi beserta panjang perjalanan yang dilakukan untuk setiap permodelan yang dilakukan. Permodelan tersebut merupakan alternatif/skenario yang dibuat untuk mencari kemungkinan rute perjalanan yang lebih optimal dari kondisi eksisting. Hasil tersebut diperoleh dengan melewati beberapa tahapan yang ada didalam tahap pengembangan model. Tahapan-tahapan tersebut merupakan urutan dari pekerjaan yang harus dilalui. Secara garis besar, tahapan pengembangan model dapat dilihat pada bagan dibawah ini :



Gambar 4.1. Tahapan Pengembangan Model

4.2 Pembuatan *Network Kerja*

Network merupakan serangkaian simpul-simpul/titik-titik, yang dalam hal ini berupa persimpangan, lokasi pengumpul sepeda dan selter sepeda kuning, yang dihubungkan dengan ruas-ruas jalan. Untuk mempermudah mengenal

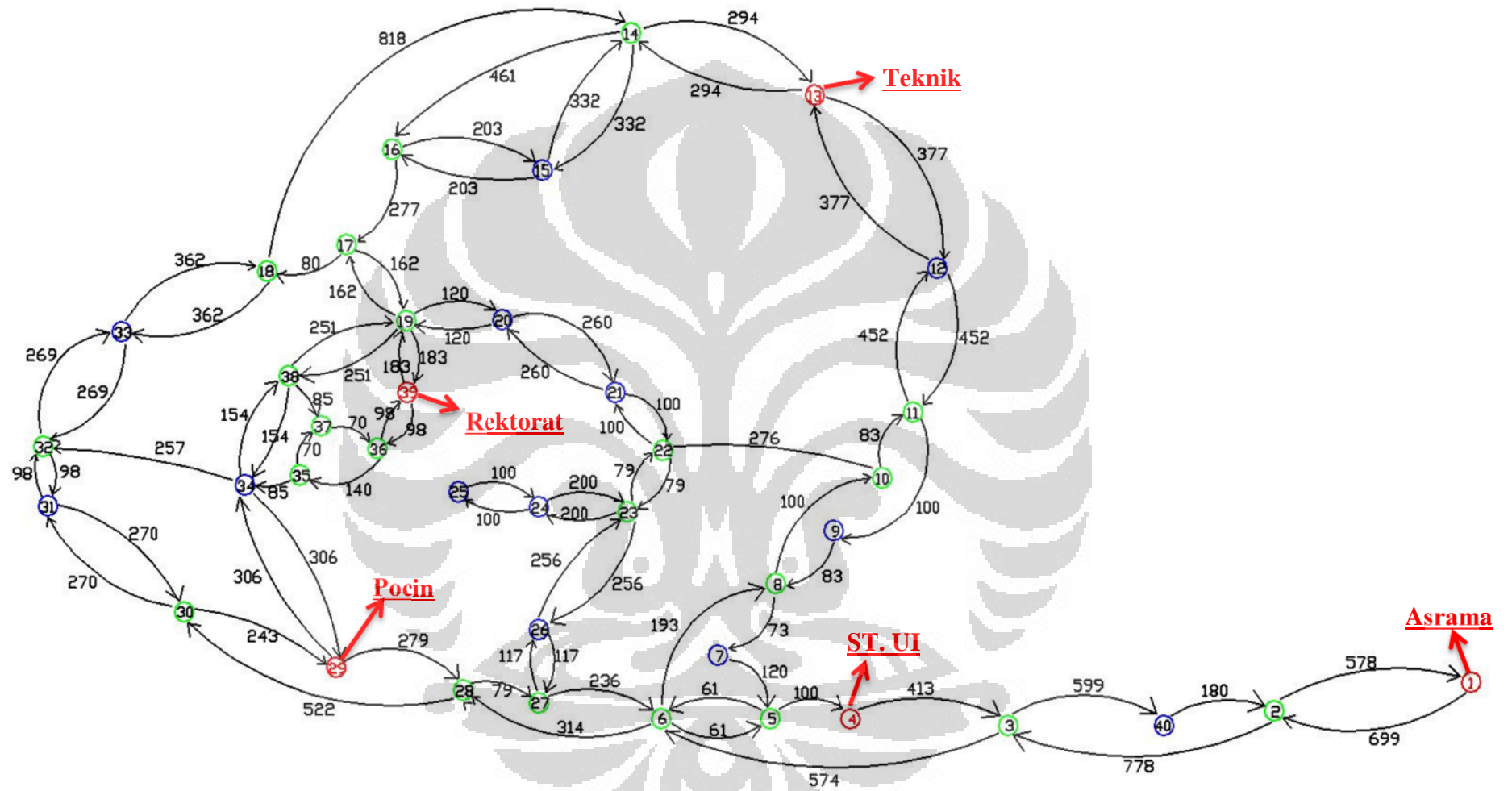
jaringan maka ruas-ruas ataupun simpul-simpul diberi nomor atau nama tertentu. Penomoran/ penamaan dilakukan sedemikian sehingga dapat dengan mudah dikenal dalam bentuk model jaringan jalan. Model jaringan jalan merupakan penyederhanaan dari jaringan jalan yang ada di lokasi eksisting. Model ini dapat disederhanakan berbentuk ruas-ruas yang lurus, ataupun mengikuti keadaan sebenarnya.

Dalam penelitian ini *Network* merupakan model grafis yang menjadi dasar untuk melakukan perhitungan *Shortest Path*, *Minimum Cost Flow* dan *Vehicle Routing Problem*. *Network* yang digambar memiliki arah pada setiap ruas jalan agar dapat memberikan informasi yang jelas bagi pembaca. Didalam gambar *network* selain kode yang diberikan pada setiap titik, panjang ruas pun juga diberikan pada setiap ruas jalan.

Network dibuat berdasarkan pada jaringan jalan yang ada di lapangan sehingga dengan adanya gambar *network* dapat memperjelas dan mempermudah dalam pembuatan suatu permodelan. Data dasar yang digunakan untuk membuat *network* ini adalah panjang setiap ruas jalan yang diperoleh dari hasil survei eksisting. Data-data tersebut dapat dilihat pada lampiran tabel A-1.

Network yang telah dibuat dalam penelitian ini memiliki 40 titik dan 81 ruas sebagai gambaran jaringan jalan di Universitas Indonesia. Setiap ruas memiliki arah dan besaran panjang jalan. Pada jaringan jalan di Universitas Indonesia terdapat beberapa ruas jalan yang hanya memiliki satu arah saja seperti jalan dari arah balai sidang menuju ke FKM dan FISIP menuju ke FIB. Sedangkan Titik-titik pada *network* diberi notasi berupa angka untuk mempermudah pembacaan.

Network yang telah dibuat sedikit dimodifikasi untuk mempermudah dalam penyelesaian model. Modifikasi tersebut seperti posisi selter yang berada dekat persimpangan maka dibuat menyatu dengan simpang tersebut. Semakin banyak titik dan ruas pada *network* yang dibuat maka akan semakin lama model tersebut untuk diselesaikan. *Network* yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.2. Network Kerja

Keterangan :

- : Titik selter
- : Simpang, bundaran atau putaran balik
- : Titik pengumpul

4.3 Penentuan Jarak Terpendek

Tahap pertama adalah pencarian path terpendek (*shortest path*) dari satu titik asal menuju satu titik tujuan. Path terpendek dicari berdasarkan jaringan jalan yang telah digambarkan pada *network* kerja. Dari beberapa path yang memungkinkan akan diperoleh satu path dengan jarak yang paling pendek. Untuk menyelesaikan tahapan ini, digunakan alat bantu berupa program aplikasi *Shortest Path*. Data yang dijadikan sebagai masukan atau *input* adalah ruas jalan beserta titik – titik yang dihubungkan serta panjang jarak setiap ruasnya. Data-data tersebut dapat dilihat pada lampiran tabel B-1. *Input* yang dimasukkan ke dalam program aplikasi *shortest path* adalah sebagai berikut :

1. Ruas dalam jaringan, yang disebut sebagai LINK.
2. Panjang jarak antara satu titik dengan titik lainnya, yang dinotasikan dengan C.
3. Titik – titik yang dihubungkan dalam suatu ruas, dinotasikan NODE1 untuk titik awal dan NODE2 adalah untuk yang menjadi tujuan.

Jumlah titik dan jumlah ruas yang dimasukan ke dalam program aplikasi *shortest path* adalah 40 titik dan 81 ruas. Setelah seluruh data dimasukan maka jarak terpendek dicari dengan memilih terlebih dahulu titik asal yang ingin dicari jarak terpendeknya. Setelah titik asal tersebut telah ditentukan maka titik yang lainnya akan menjadi titik tujuan dan secara otomatis program aplikasi *shortest path* akan mencari jarak terpendek untuk seluruh titik tujuan.

Output yang dihasilkan dari tahap pertama ini dituangkan dalam suatu matriks panjang jarak yang selanjutnya akan dijadikan sebagai input pada tahapan berikutnya (tahap kedua). Matriks panjang jarak tersebut dapat dilihat pada bab lima mengenai analisis hasil.

4.4 Pembuatan Skenario Rute Distribusi

Sebelum masuk ke dalam proses permodelan MCF dan VRP maka ditentukan terlebih dahulu skenario yang akan dilakukan. Skenario yang dibuat ini bertujuan untuk mencari pola rute distribusi yang paling optimal. Dari berbagai skenario yang memungkinkan maka dipilih hanya beberapa skenario saja sebagai perbandingan dan optimasi yang akan dilakukan. Skenario dibuat dengan melihat pada jumlah titik pengumpul yang berfungsi untuk mendistribusikan sepeda dan lokasi dari titik pengumpul tersebut sesuai dengan kondisi eksisting. Atas dasar dua faktor tersebutlah skenario pada penelitian ini dibuat.

Pada kondisi eksisting terdapat lima titik pengumpul dan tujuh titik distribusi. Titik pengumpul tersebut antara lain :

1. Asrama
2. Stasiun UI
3. Pocin
4. PAU Rektorat
5. Teknik

Sedangkan untuk titik distribusi yaitu :

1. MIPA
2. FKM
3. MUI
4. Pusgiwa
5. Psikologi
6. FISIP
7. Perpus Baru

Skenario-skenario yang dilakukan antara lain sebagai berikut :

- Skenario 1 : kondisi eksisting, distribusi dari titik pengumpul PAU Rektorat
- Skenario 2 : distribusi dari lima titik pengumpul
- Skenario 3 : distribusi dari titik pengumpul PAU Rektorat dan Pocin

- Skenario 4 : distribusi dari titik pengumpul PAU Rektorat dan Teknik
- Skenario 5 : distribusi dari titik pengumpul PAU Rektorat dan Stasiun UI
- Skenario 6 : distribusi dari titik pengumpul Pocin dan Stasiun UI
- Skenario 7 : distribusi dari titik pengumpul Pocin dan Teknik
- Skenario 8 : distribusi dari titik pengumpul Stasiun UI dan Teknik
- Skenario 9 : distribusi dari titik pengumpul Pocin
- Skenario 10 : distribusi dari titik pengumpul Teknik
- Skenario 11 : distribusi dari titik pengumpul Stasiun UI

4.5 Pengelompokan Titik Distribusi

Tahap kedua merupakan tahapan pengelompokan titik distribusi dengan menggunakan model *Minimum Cost Flow (MCF)* dengan alat bantu perhitungan yaitu berupa program LINGO. Pada tahapan ini, variabel-variabel yang berpengaruh dibentuk menjadi model matematis permasalahan MCF. Variabel yang dimasukkan kedalam penyelesaian MCF ini adalah panjang jarak.

Tidak seluruh skenario melewati proses pengelompokan titik distribusi karena tujuan dari tahap ini adalah untuk mendapatkan pengelompokan distribusi dari beberapa titik pengumpul. Jadi apabila model yang ingin diselesaikan hanya memiliki distribusi dari satu titik pengumpul saja maka tidak perlu lagi menggunakan tahap pengelompokan ini. Hal ini dapat terjadi karena tidak adanya pengelompokan untuk distribusi hanya dari satu titik pengumpul.

Algoritma penyelesaian masalah MCF selanjutnya diterjemahkan ke dalam bahasa pemrograman LINGO. Dalam penerjemahan tersebut, data yang menjadi *input* adalah matriks panjang jarak yang telah diperoleh dari tahap *shortest path*. Dalam model matematis MCF terdapat beberapa istilah, diantaranya sebagai berikut :

- *Warehouse*
Warehouse adalah lokasi tempat pengumpul
- *Customer*

Customer adalah lokasi tempat tujuan

➤ *Capacity*

Capacity adalah kapasitas

➤ *Demand*

Demand adalah kebutuhan

➤ *Cost*

Cost adalah biaya yang dikeluarkan

Data yang dimasukkan dalam model program MCF antara lain:

1. Jumlah dan nama *warehouse*
2. Jumlah dan nama *customer*
3. Kapasitas dari setiap *warehouse*
4. Jumlah *demand* dari setiap *customer*
5. Matriks biaya (diperoleh dari matriks jarak)

Tabel 4.1. Kapasitas Sepeda di Setiap Titik Pengumpul

TITIK PENGUMPUL	KAPASITAS
ASRAMA	8
STASIUN UI	50
POCIN	50
PAU REKTORAT	131
TEKNIK	50

Jumlah *demand* dari setiap *customer* diisi dengan nilai angka satu karena setiap pengantaran distribusi dilakukan hanya satu kali saja ke setiap lokasi tujuan. Penyelesaian model dilakukan dengan cara menjalankan model komputasi pada LINGO. Lama proses *running* dan *solving* berbeda-beda dari skenario yang telah dibuat. Semakin banyak data yang dimasukkan maka semakin lama proses *running* dan *solving* yang dihasilkan. Dari langkah tersebut, diperoleh suatu *solution report* yang menjadi dasar sebelum mencari rute distribusi sepeda kuning usulan. Hasil tersebut adalah pengelompokan distribusi dari beberapa titik pengumpul sebagai dasar proses pada tahap penentuan rute yaitu untuk mencari *Vehicle Routing Problem*. Selain itu didapatkan pula biaya terkecil untuk melakukan distribusi pada model yang dibuat. Biaya tersebut dapat diketahui dari besar jarak distribusi yang dihasilkan.

Hasil tersebut diperoleh setelah hasil *running* selesai. Distribusi dapat dikelompokkan dengan melihat nilai *solving* dari program yang digunakan. Nilai volume pada hasil *solving* menyatakan bahwa rute tersebut dilewati atau tidak. Hanya ada dua nilai yang akan muncul pada volume hasil *solving* yaitu bernilai satu atau nol. Jika volume bernilai satu maka rute tersebut dilewati dan apabila bernilai nol maka rute tersebut tidak dilewati. Oleh karena itu dari angka-angka yang muncul pada nilai volume hasil *solving* program dipetakan terlebih dahulu untuk mendapatkan pengelompokan distribusi pada setiap titik pengumpul.

4.6 Pengaturan Rute Distribusi

Tahap berikutnya adalah tahapan penentuan rute dengan menggunakan model *Vehicle Routing Problem* dengan alat bantu perhitungan yaitu berupa program VRP pada LINGO. Tahap ketiga ini bertujuan untuk mencari distribusi sepeda kuning dari masing-masing titik pengumpul, baik setelah melalui tahapan pengelompokan bagi titik pengumpul yang lebih dari satu ataupun tidak melalui tahapan pengelompokan karena hanya memiliki satu titik pengumpul. Dari hasil tahapan inilah dapat diketahui hasil dari skenario yang dilakukan memiliki hasil yang lebih optimal atau tidak jika dibandingkan dengan kondisi eksisting.

Algoritma solusi permasalahan VRP selanjutnya diterjemahkan ke dalam bahasa pemrograman LINGO. Karena program yang digunakan sama seperti model MCF yaitu LINGO maka bentuk pemrogramannya VRP pun tidak terlalu berbeda jauh dengan MCF. Dalam penerjemahan tersebut, data yang menjadi *input* adalah matriks panjang jarak yang telah diperoleh dari tahap *shortest path*. Dalam model matematis VRP terdapat beberapa istilah, diantaranya sebagai berikut :

- *City*
City adalah lokasi tempat titik pengumpul dan lokasi tempat tujuan distribusi
- *Dist*
Dist adalah matriks panjang jarak lokasi asal ke lokasi tujuan
- *VCAP*
VCAP adalah kapasitas dari kendaraan pengangkut

Data yang dimasukkan kedalam model program VRP antara lain:

1. Jumlah *city*
2. Jumlah kebutuhan sepeda disetiap lokasi tujuan
3. Matriks panjang jarak beserta lokasi asal dan tujuannya

Tabel 4.2. Jumlah Sepeda yang Diberikan Untuk Setiap Titik Distribusi

TITIK DISTRIBUSI	JUMLAH SEPEDA YANG DIBERIKAN
MIPA	5
FKM	5
MUI	5
PUSGIWA	7
PSIKO	7
FISIP	7
PERPUS PUSAT	5
ASRAMA	4
STASIUN UI	20
POCIN	20
PAU REKTORAT	10
TEKNIK	20

City pertama adalah lokasi tempat mulainya distribusi atau titik pengumpul. Sedangkan *city* selanjutnya adalah lokasi tujuan. Panjang jarak lokasi asal ke lokasi tujuan yang dimasukkan kedalam program berdasarkan pada data matriks dasar panjang jarak hasil dari permodelan *shortest path*. Kapasitas kendaraan yang dimasukkan adalah kapasitas pengangkut sepeda kuning sebesar empat belas buah sepeda dalam satu kendaraan pengangkut.

Penyelesaian model dilakukan dengan cara menjalankan model komputasi pada LINGO. Lama proses running dan solving berbeda-beda dari skenario yang telah dibuat. Hal ini sama seperti pada model MCF yaitu karena semakin banyak data yang dimasukkan maka akan semakin lama proses running dan solving yang dihasilkan. Dari langkah tersebut, akan diperoleh suatu *solution report* yang menjadi dasar perbandingan analisis dari berbagai skenario yang telah dibuat. Hasil tersebut adalah total panjang distribusi dari masing-masing skenario.

Hasil tersebut diperoleh setelah hasil *running* selesai. Panjang distribusi dapat dilihat dari nilai *solving* pada *solution report* program yang digunakan. Setiap perjalanan dinotasikan dengan menggunakan angka sesuai urutan *city* yang

dimasukan. Sebagai contoh adalah (1, 4) Angka pertama adalah lokasi asal dan angka kedua adalah lokasi tujuan. Nilai X pada hasil *solution report* menyatakan bahwa rute tersebut dilewati atau tidak. Hanya ada dua nilai yang akan muncul pada hasil X *solution report* yaitu bernilai satu atau nol. Jika volume bernilai satu maka rute tersebut dilewati dan apabila bernilai nol maka rute tersebut tidak dilewati. Oleh karena itu dari angka-angka yang muncul pada nilai X hasil *solution report* harus dipetakan terlebih dahulu untuk mendapatkan total distribusi pada setiap titik pengumpul.

4.7 Simulasi Skenario Rute Distribusi

Skenario yang telah dibuat kemudian disimulasikan dengan menggunakan model yang telah ditentukan. Hasil dari model tersebut dicatat untuk setiap skenario agar dapat dibandingkan hasil yang satu dengan hasil yang lainnya. Simulasi ini dilakukan sesuai dengan tahapan pengembangan model yang telah dijelaskan diatas.

Hasil akhir dari proses permodelan adalah terbentuknya pola distribusi sepeda kuning dari setiap skenario. Dari pola yang dihasilkan diperoleh pula total panjang rute distribusi. Hasil ini digunakan untuk mengetahui optimalisasi yang dihasilkan dari setiap skenario yang telah dibuat. Jika total jarak distribusi yang dihasilkan dari suatu skenario lebih besar dibandingkan dengan kondisi eksisting maka dapat dikatakan bahwa skenario tersebut tidak optimal. Namun sebaliknya jika total jarak distribusi yang dihasilkan dari suatu skenario lebih kecil dibandingkan dengan kondisi eksisting maka dapat dikatakan bahwa skenario tersebut lebih optimal dibandingkan dengan kondisi eksisting. Dari hasil inilah maka dipilih satu hasil dengan total jarak distribusi yang paling pendek sebagai bentuk pola distribusi yang paling optimal.

Sebelum melakukan analisis maka hasil dari permodelan yang telah diperoleh harus divalidasi terlebih dahulu. Validasi dilakukan dengan cara melakukan perbandingan total panjang jarak distribusi dari hasil permodelan skenario eksisting dengan total panjang jarak distribusi kondisi eksisting. Hasil permodelan diperoleh dengan cara penggunaan program dan hasil kondisi eksisting dengan cara manual berdasarkan kondisi di lapangan. Hasil

perbandingan tersebut haruslah memiliki nilai yang sama atau memiliki perbedaan yang sangat kecil akibat dari faktor pembulatan pada pemrograman.

Jika validasi telah sesuai maka dilakukan tahapan selanjutnya yaitu Analisis dan Perbandingan Hasil Setiap Skenario Model dengan Eksisting. Namun apabila validasi belum tercapai maka dilakukan proses pemeriksaan pada model yang telah dibuat. Pemeriksaan tersebut meliputi pemeriksaan pada seluruh tahapan yaitu mulai dari tahap pertama sampai dengan pemeriksaan pada tahap ketiga. Perbandingan dari hasil setiap skenario model dengan kondisi eksisting dilakukan untuk melihat seberapa besar optimalisasi yang diperoleh jika hasil skenario memiliki nilai total panjang jarak distribusi yang lebih kecil dengan kondisi eksisting.

4.8 Analisis dan Perbandignan Hasil Setiap Skenario Model dengan Eksisting

Setelah pengembangan model selesai dilakukan maka hasil yang diperoleh akan dianalisis dengan membandingkan hasil dari setiap skenario model yang dihasilkan dengan kondisi eksisting. Diharapkan dari beberapa skenario yang dibuat mendapatkan hasil yang lebih optimal dibandingkan dengan kondisi eksisting. Selanjutnya akan dipilih satu hasil dengan optimalisasi distribusi sepeda kuning terbaik sebagai sebuah solusi distribusi yang lebih baik. Secara lebih detail analisis dari hasil yang diperoleh akan dibahas pada bab lima.

BAB 5

ANALISIS HASIL

5.1 Hasil Permodelan

Dari permodelan yang dilakukan diperoleh hasil akhir berupa rute distribusi sepeda kuning. Dari beberapa skenario yang ditentukan maka hasil distribusi dari masing-masing skenario tersebut akan dibandingkan untuk mendapatkan rute distribusi sepeda kuning yang paling optimal dilihat dari panjang jarak distribusinya. Secara garis besar untuk bisa memperoleh hasil tersebut harus melalui tahap permodelan sebagai berikut:

1. *Shortest Path*
2. *Minimum Cost Flow*
3. *Vehicle Routing Problem*

5.1.1 *Shortest Path*

Hasil yang diperoleh dari permodelan *shortest path* adalah rute jarak terpendek dari satu titik yang ditinjau menuju ke titik lainnya. Hasil ini diperoleh berdasarkan pada *network* kerja yang telah dibuat. Rute jarak terpendek yang didapat dalam penelitian ini dapat dilihat pada lampiran E.

Hasil permodelan *shortest path* dapat dibentuk kedalam sebuah matriks. Titik yang ditinjau berjumlah sebanyak delapan belas buah dari total titik sebanyak 41 buah yang berada didalam *network*. Titik yang ditinjau tersebut merupakan titik-titik lokasi dari selter sepeda kuning. Dari pemrograman yang dilakukan dengan program aplikasi *shortest path* diperoleh hasil dari setiap titik selter sepeda kuning sebagai berikut :

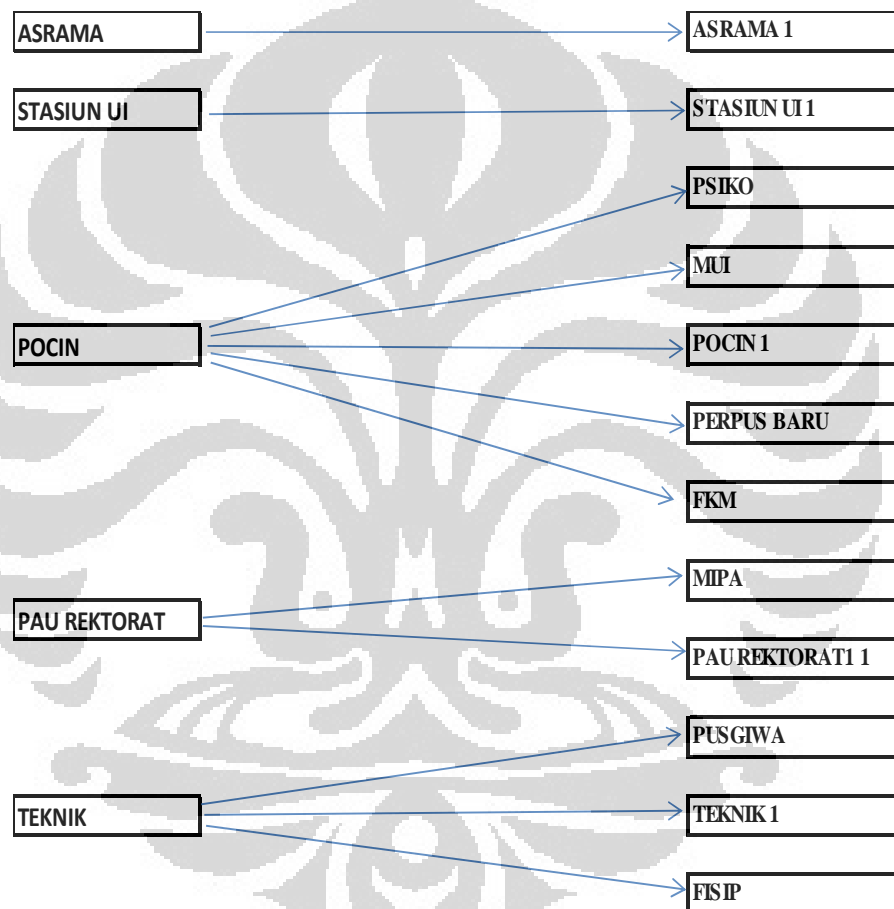
Tabel 5.1. Matriks Jarak Terpendek Hasil Program *Shortest Path*

	ASRAMA	WIRAMAKARA	STASIUN UI	FISIP	PSIKO	MUI	PERPUS BARU	POCIN	FIB	PAU DANAU	FKM	BALAI SIDANG	MIPA	PAU REKTORAT	PERPUS LAMA	PUSGIWA	TEKNIK	FE
ASRAMA	0	2077	2212	2527	2316	2561	2899	3130	2720	2999	3157	3436	3524	3283	2980	3882	3256	2879
WIRAMAKARA	758	0	1693	2008	1798	2042	2380	2611	2201	2480	2638	2917	3005	2764	2461	3363	2736	2360
STASIUN UI	1770	1012	0	1463	1253	1497	1835	2066	1656	1935	2093	2372	2460	2219	1916	2817	2191	1815
FISIP	2145	1388	376	0	156	794	738	1416	559	838	1443	1344	1543	1122	819	1721	1095	718
PSIKO	1990	1232	220	657	0	691	1029	1260	850	1129	1287	1566	1654	1413	1110	2011	1385	1009
MUI	2284	1526	514	829	619	0	456	1432	435	556	1459	1220	1419	998	695	2185	1559	1181
PERPUS BARU	2740	1982	970	1285	1075	456	0	1470	379	100	1519	1164	1364	942	639	2151	2014	1637
POCIN	2525	1767	755	1070	860	475	931	0	910	1031	661	306	832	713	831	2103	1799	1422
FIB	2719	1961	949	1264	1054	435	379	1091	0	479	1140	785	984	563	260	1772	1734	1616
PAU DANAU	2840	2082	1070	1385	1175	556	100	1570	479	0	1619	1264	1463	1042	739	2251	2114	1737
FKM	3038	2280	1268	1583	1373	988	1444	513	1423	1544	0	819	367	1226	1344	1879	1842	1935
BALAI SIDANG	2831	2073	1061	1376	1166	781	1164	306	785	1264	355	0	526	407	525	1797	1759	1728
MIPA	3405	2647	1635	1950	1740	1355	1811	880	1790	1911	367	1186	0	1593	1711	1512	1475	1852
PAU REKTORAT	3154	2396	1384	1699	1489	998	942	629	563	1042	678	323	787	0	303	1575	1537	1914
PERPUS LAMA	2979	2221	1209	1524	1314	695	639	831	260	739	880	525	724	303	0	1512	1474	1851
PUSGIWA	3700	2943	1931	1555	1711	1457	1401	1353	1022	1501	1289	1047	922	825	762	0	626	1003
TEKNIK	3074	2316	1305	929	1085	1723	1668	1905	1488	1768	1842	1599	1475	1377	1314	626	0	377
FE	2696	1940	928	552	708	1346	1290	1968	1111	1390	1995	1896	1852	1674	1371	1003	377	0

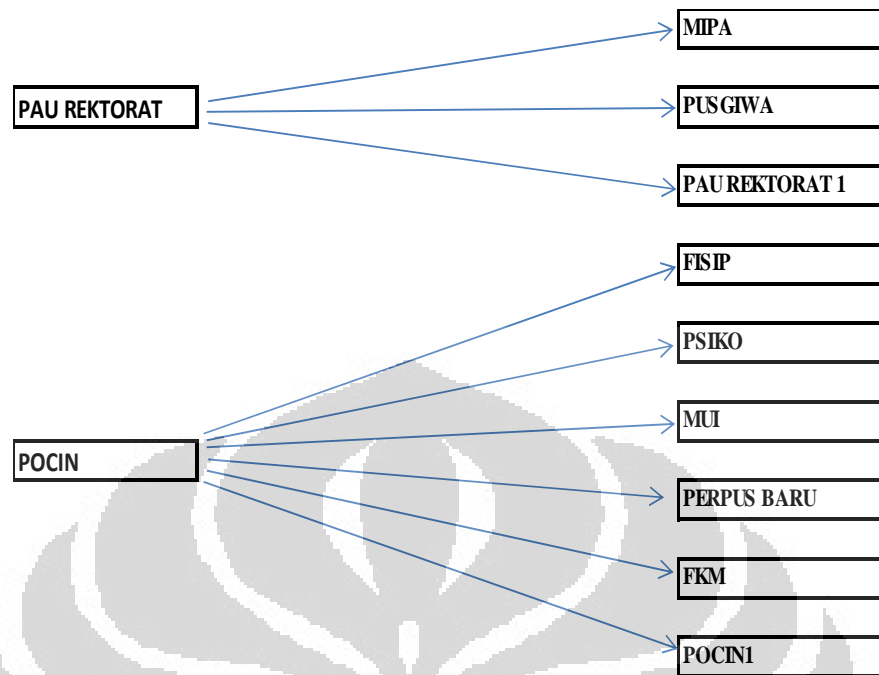
5.1.2 Minimum Cost Flow

Hasil yang diperoleh dari pemrograman *minimum cost flow* adalah pengelompokan distribusi sepeda berdasarkan titik pengumpul dari masing-masing skenario. Tidak seluruh skenario melalui tahap ini. Hanya skenario yang memiliki perencanaan distribusi lebih dari satu titik pengumpul yang akan diproses terlebih dahulu dengan model *minimum cost flow*. Hasil dari pengelompokan berdasarkan skenario yang dilakukan adalah sebagai berikut :

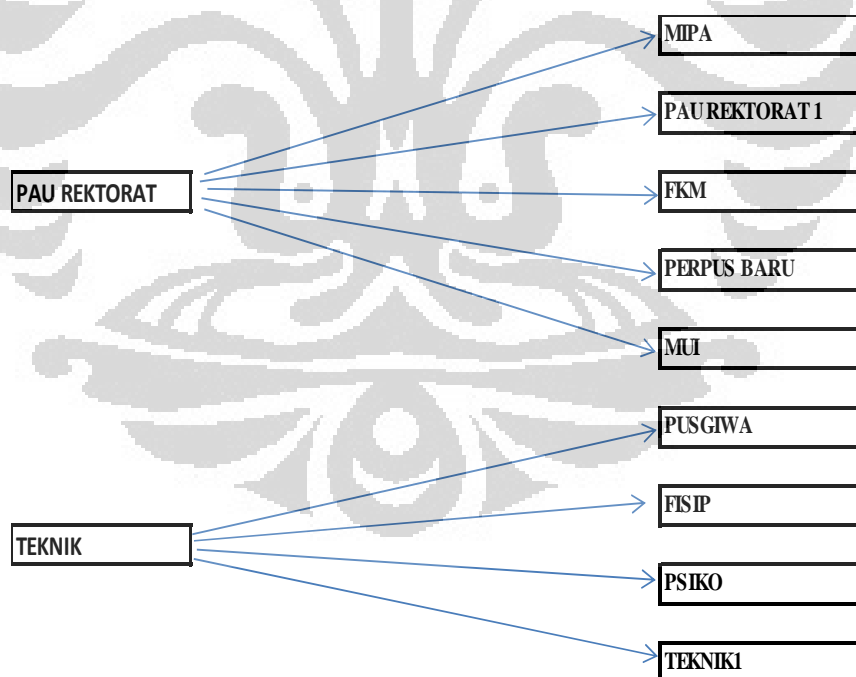
➤ Skenario dua



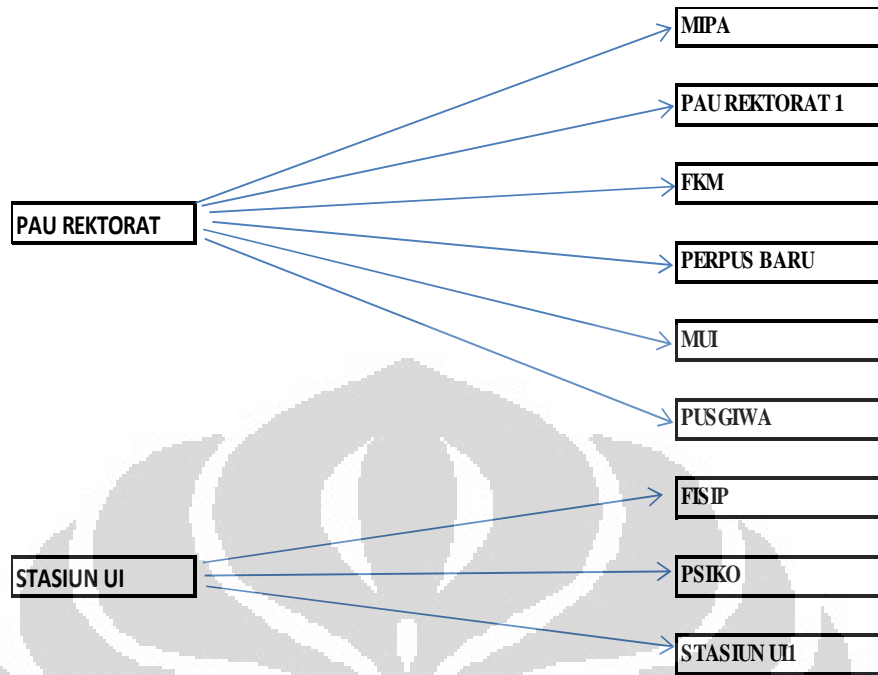
➤ Skenario tiga



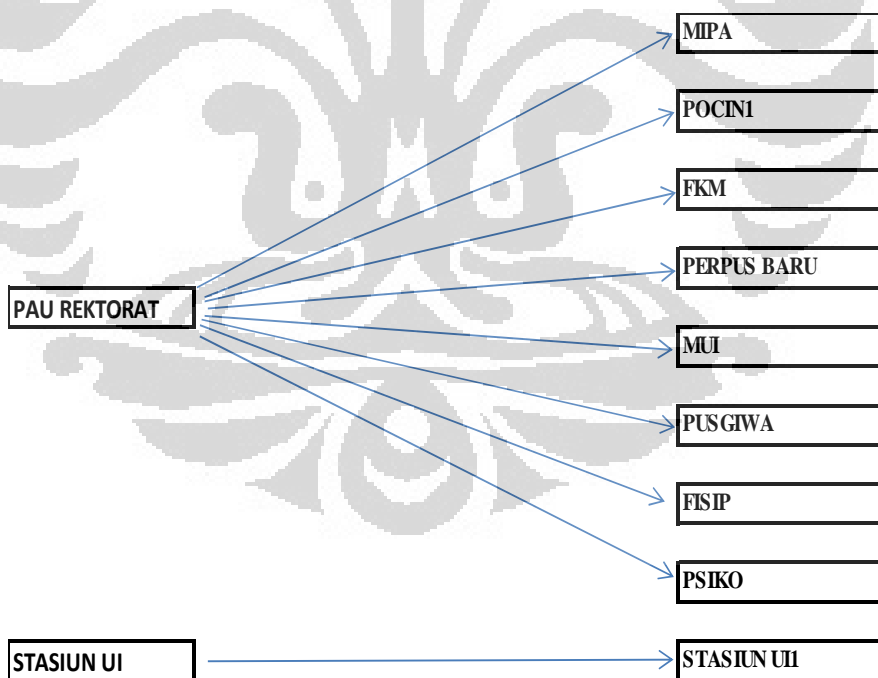
➤ Skenario empat



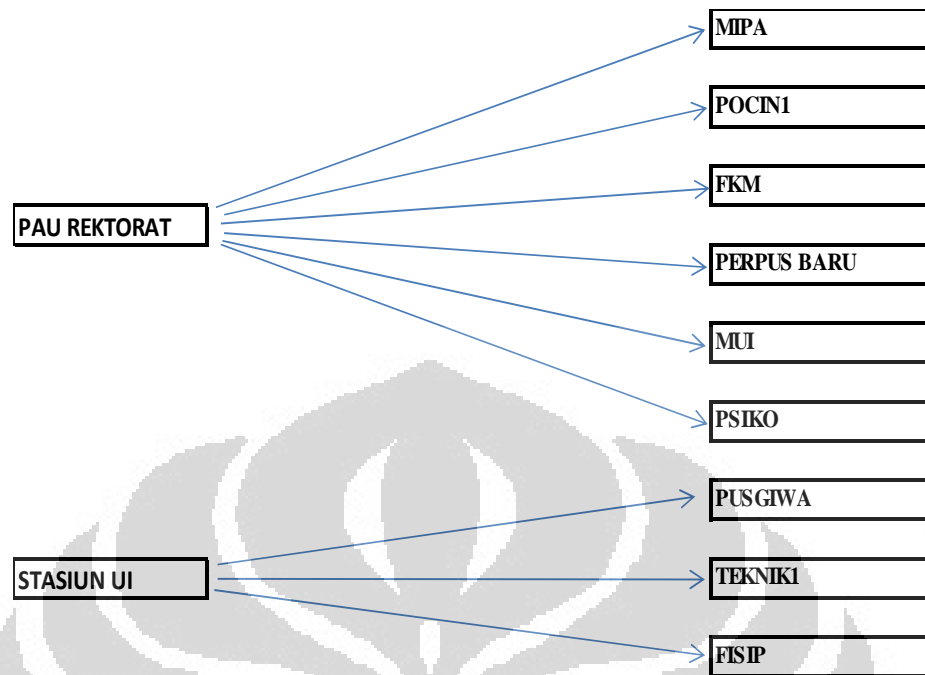
➤ Skenario lima



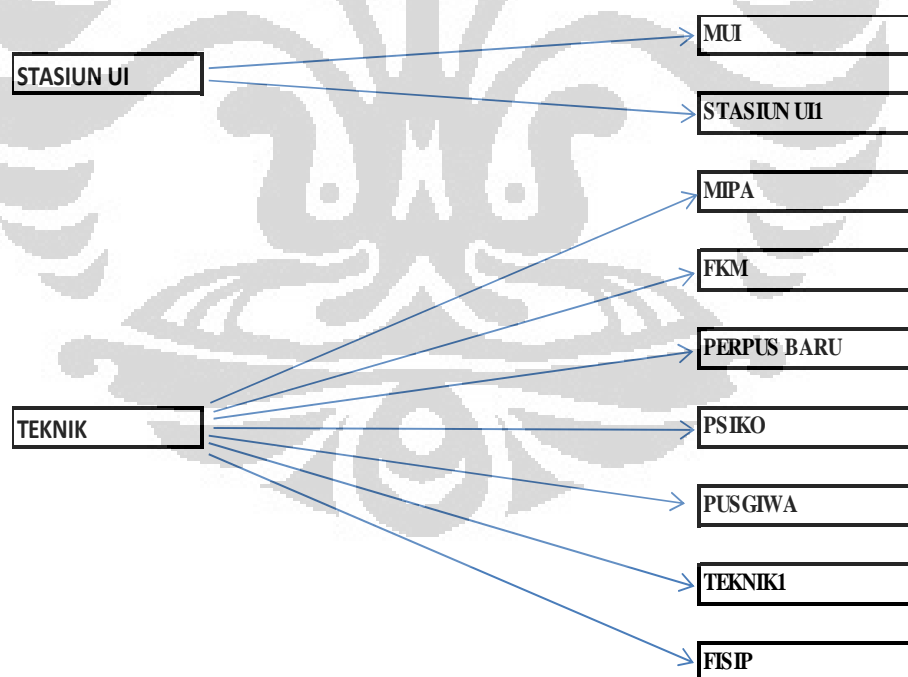
➤ Skenario enam



➤ Skenario tujuh



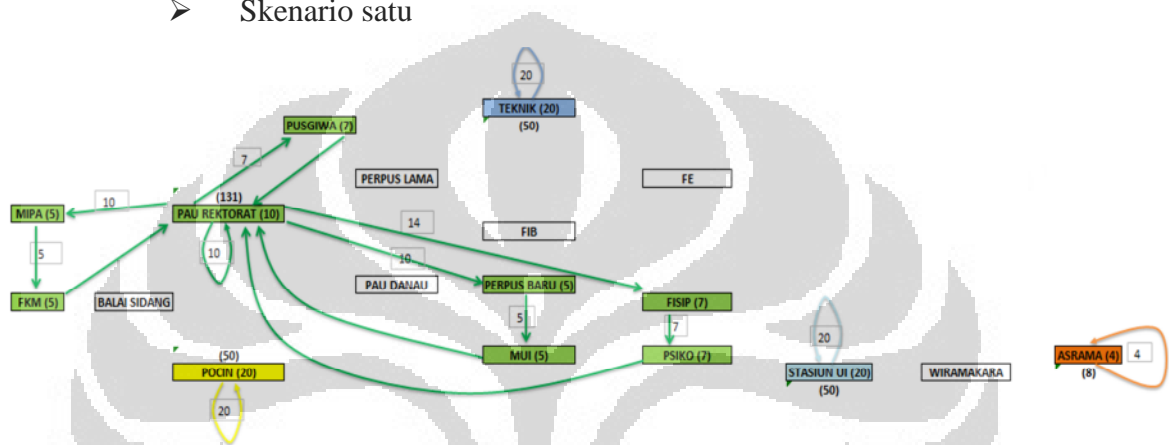
➤ Skenario delapan



5.1.3 Vehicle Routing Problem

Hasil yang diperoleh setelah melakukan pemrograman *vehicle routing problem* adalah rute distribusi dari setiap titik pengumpul. Untuk mempermudah dalam pembacaan hasil yang diperoleh maka dibuat gambar distribusi dari masing-masing skenario. Hasil yang diperoleh merupakan rute distribusi dengan menggunakan satu jenis mobil kendaraan. Berikut adalah hasil yang telah digambarkan dari setiap skenario :

➤ Skenario satu

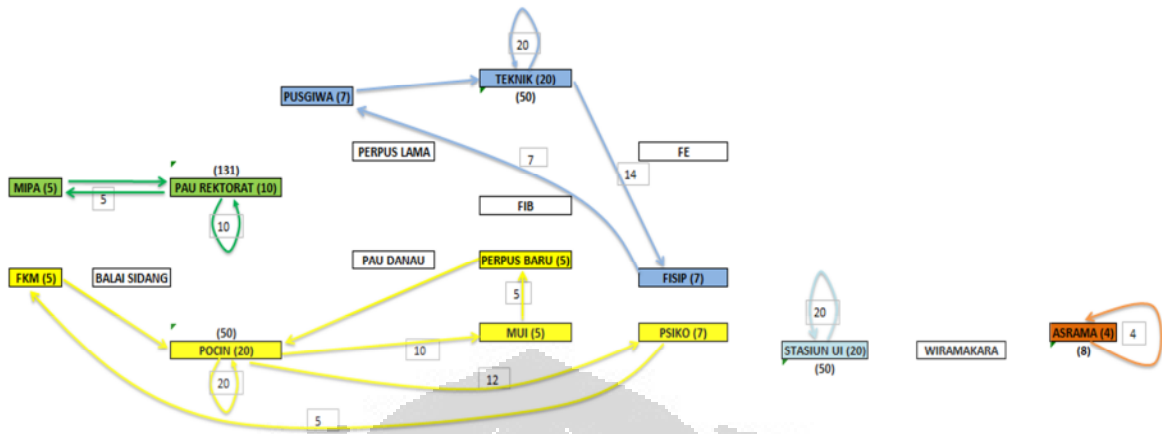


Gambar 5.1. Hasil Rute Distribusi Skenario Satu

Keterangan :

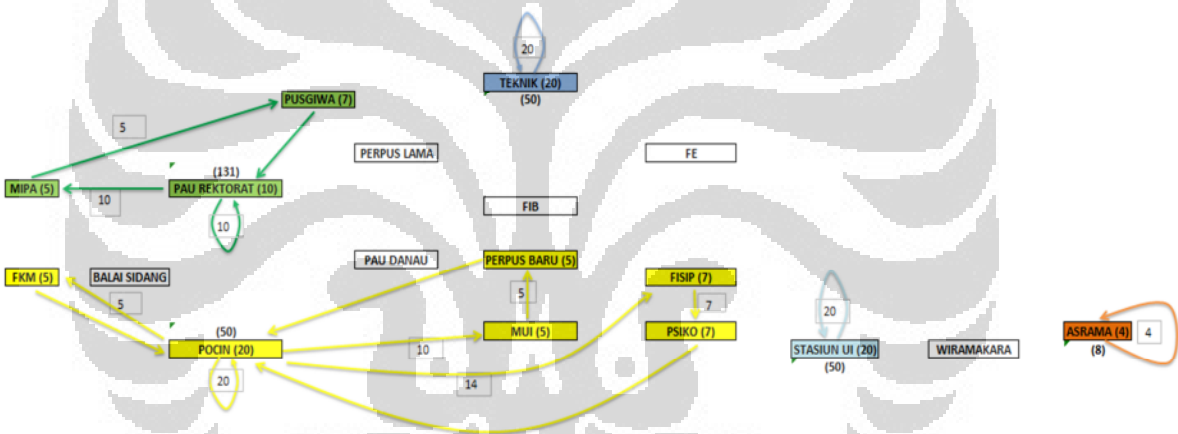
- Rute dari titik pengumpul PAU Rektorat
- Rute dari titik pengumpul Pocin
- Rute dari titik pengumpul Stasiun UI
- Rute dari titik pengumpul Fakultas Teknik
- Rute dari titik pengumpul Asrama

➤ Skenario dua



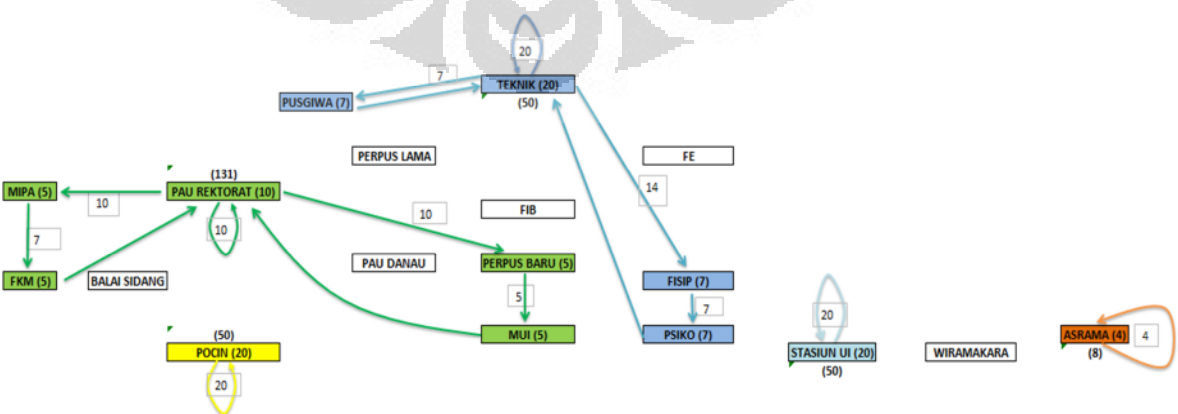
Gambar 5.2. Hasil Rute Distribusi Skenario Dua

➤ Skenario tiga



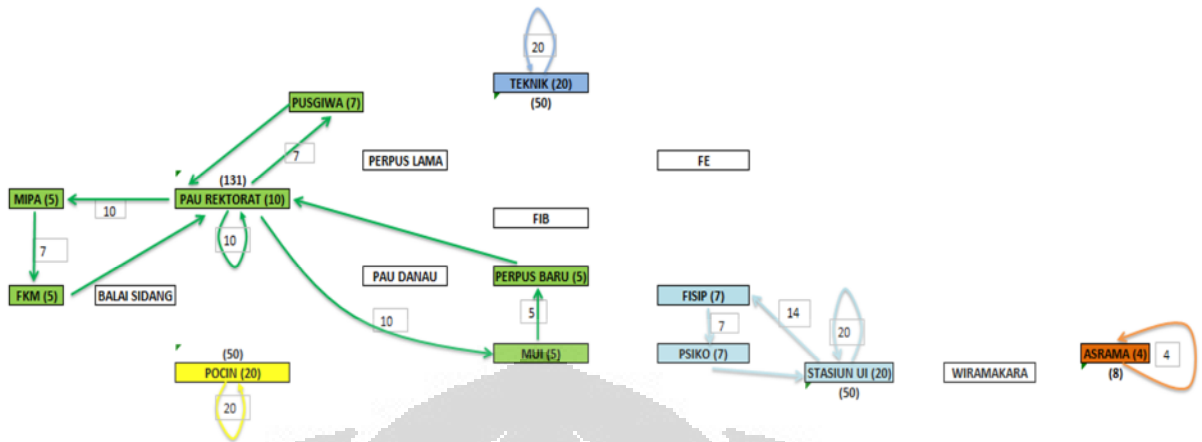
Gambar 5.3. Hasil Rute Distribusi Skenario Tiga

➤ Skenario empat



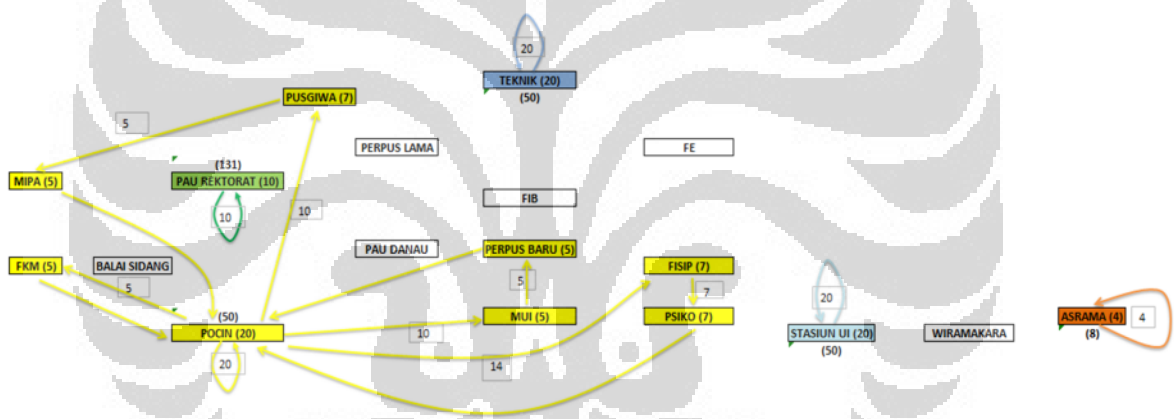
Gambar 5.4. Hasil Rute Distribusi Skenario Empat

➤ Skenario lima



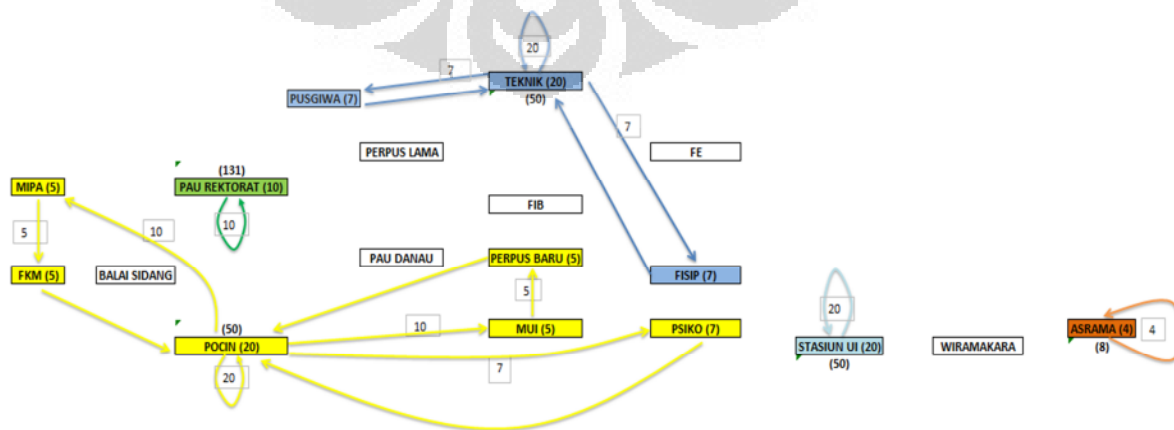
Gambar 5.5. Hasil Rute Distribusi Skenario Lima

➤ Skenario enam



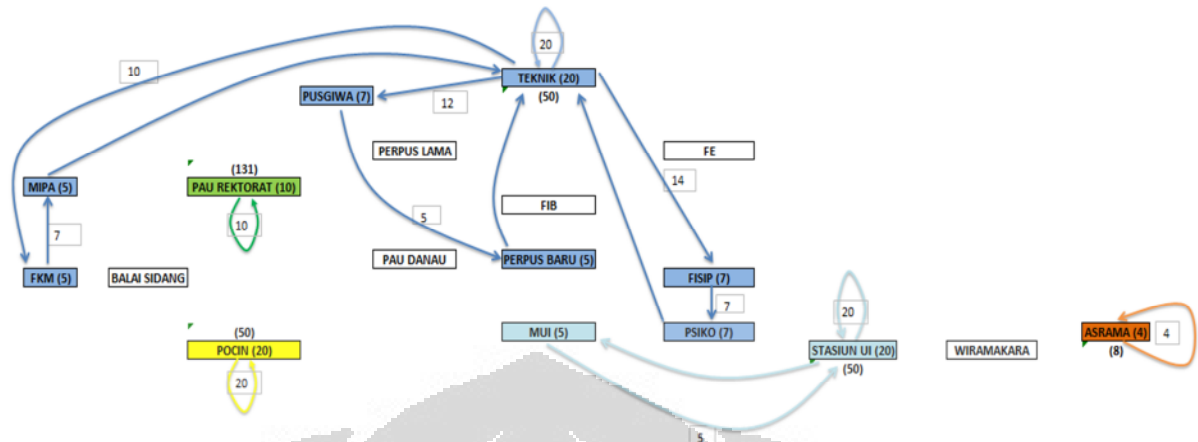
Gambar 5.6. Hasil Rute Distribusi Skenario Enam

➤ Skenario tujuh



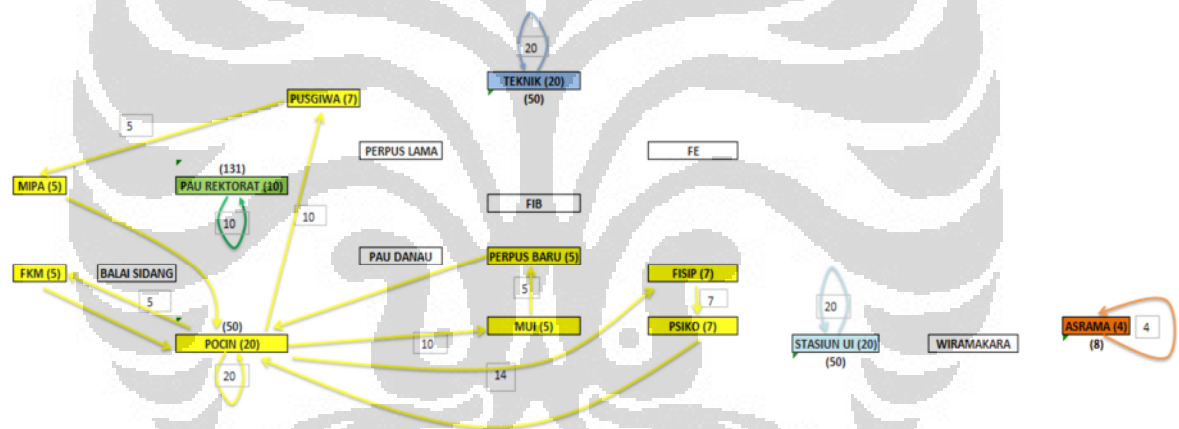
Gambar 5.7. Hasil Rute Distribusi Skenario Tujuh

➤ Skenario delapan



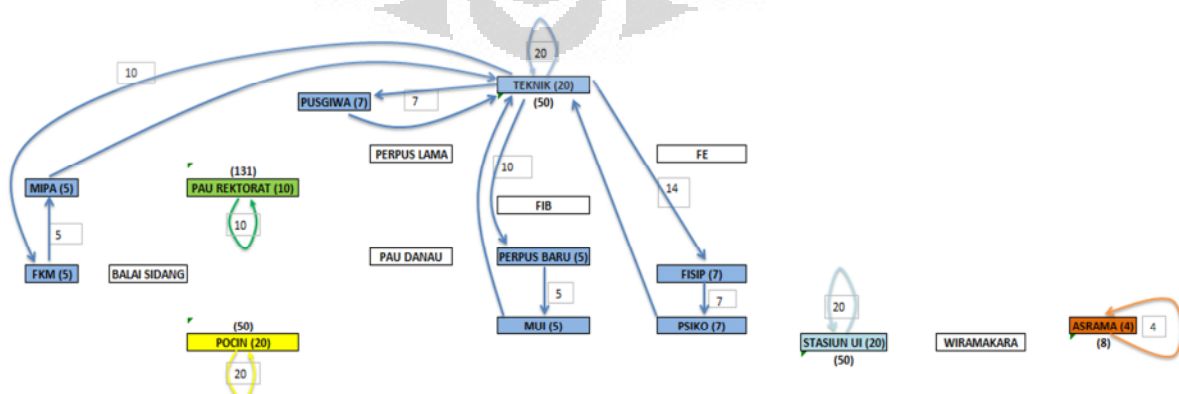
Gambar 5.8. Hasil Rute Distribusi Skenario Delapan

➤ Skenario sembilan



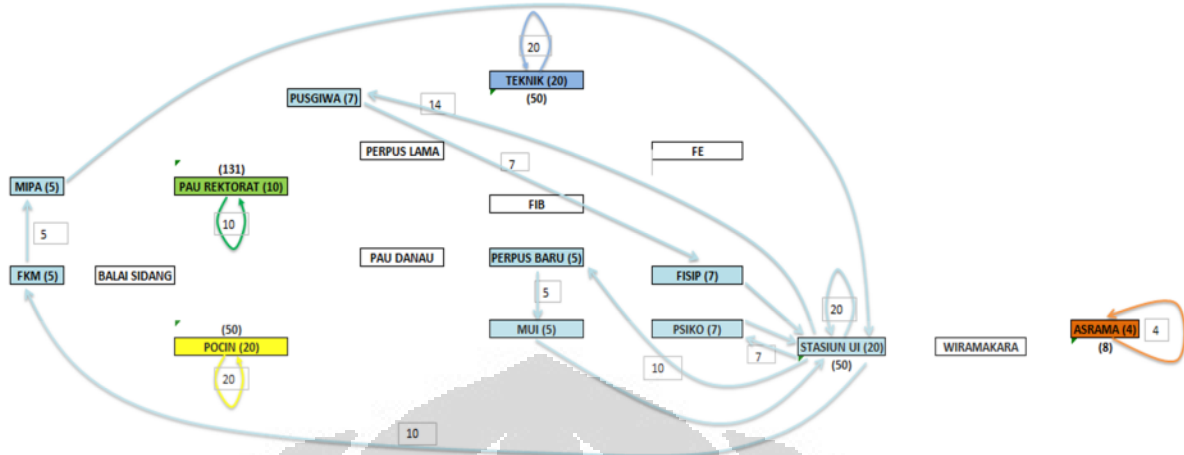
Gambar 5.9. Hasil Rute Distribusi Skenario Sembilan

➤ Skenario sepuluh



Gambar 5.10. Hasil Rute Distribusi Skenario Sepuluh

➤ Skenario sebelas



Gambar 5.11. Hasil Rute Distribusi Skenario Sebelas

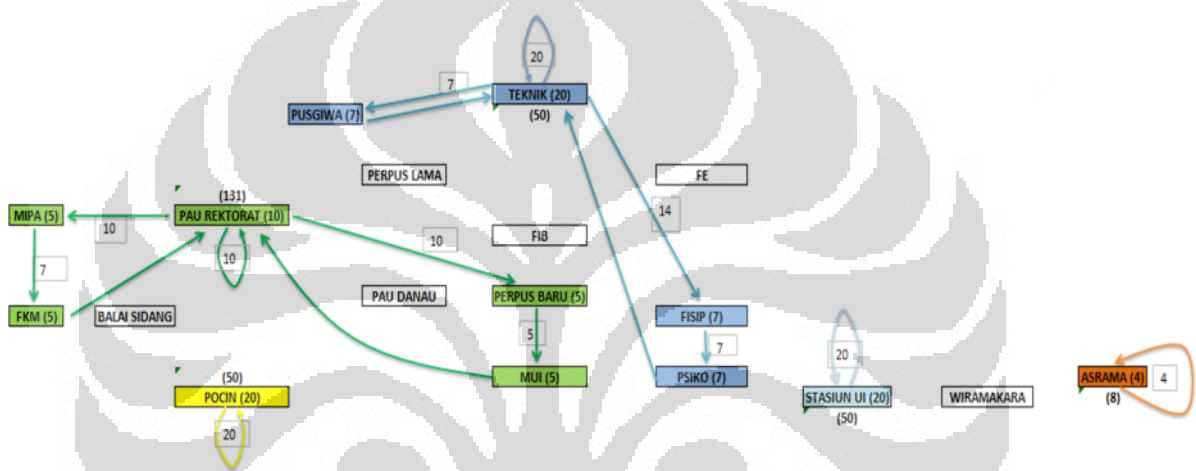
Selain rute perjalann yang diperoleh dari hasil VRP didapatkan pula panjang rute distribusi untuk setiap skenario. Untuk mendapatkan perbandingan biaya yang dikeluarkan dalam pembelian bahan bakar pada setiap skenario maka diasumsikan kendaraan pengangkut dapat menempuh jarak dalam 1 liter bensin sejauh 9 km. Harga bensin yang dipakai dengan jenis bahan bakar premium sebesar Rp 4.500 per liter. Dari perhitungan yang dilakukan maka diketahui besar biaya yang dapat dihemat dalam melakukan optimasi pada skenario terbaik yang dipilih. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5.2. Solusi Optimasi Rute Distribusi

SKENARIO	TITIK DISTRIBUSI	PANJANG RUTE	BIAYA	PERBEDAAN DENGAN EKSISTING
SKENARIO 1	EKSISTING (REKTORAT)	10444 m	Rp 46998	-
SKENARIO 2	5 TITIK PENGUMPUL	10717 m	Rp 48227	-2.62 %
SKENARIO 3	PAUREKTORAT&POCIN	9185 m	Rp 41333	12.05 %
SKENARIO 4	PAUREKTORAT&TEKNIK	8498 m	Rp 38243	18.63 %
SKENARIO 5	PAUREKTORAT&STUI	9015 m	Rp 40568	13.68 %
SKENARIO 6	POCIN&STUI	8694 m	Rp 39123	16.76 %
SKENARIO 7	POCIN&TEKNIK	9509 m	Rp 42791	8.95 %
SKENARIO 8	STUI&TEKNIK	12207 m	Rp 54931	-16.88 %
SKENARIO 9	POCIN	8694 m	Rp 39123	16.76 %
SKENARIO 10	TEKNIK	11089 m	Rp 49902	-6.18 %
SKENARIO 11	STASIUNUI	13121 m	Rp 59046	-25.64 %

5.2 Analisis

Proses pemilihan rute distribusi terbaik dilakukan dengan cara membandingkan panjang rute distribusi eksisting dengan panjang rute dari berbagai skenario yang ada. Jika skenario yang dilakukan menghasilkan panjang rute lebih kecil dibandingkan dengan kondisi eksisting maka skenario tersebut dapat dipertimbangkan sebagai sistem usulan atau perbaikan. Dari hasil yang diperoleh, skenario empat merupakan skenario yang memiliki hasil rute distribusi yang paling optimal dengan panjang jarak sebesar 8498 meter. Bentuk distribusi pada skenario empat dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 5.12. Pola Rute Distribusi pada Skenario Empat

Dari hasil yang diperoleh terlihat bahwa distribusi sepeda kuning yang dilakukan dengan dua titik pengumpul menghasilkan rata-rata panjang rute lebih kecil dibandingkan dengan satu titik pengumpul dan tiga titik pengumpul. Hal ini menyatakan apabila distribusi dilakukan dari dua titik maka akan memperoleh rute perjalanan yang lebih efisien. Semakin banyak titik distribusi maka akan menghasilkan panjang rute perjalanan yang semakin besar. Hal ini dikarenakan oleh banyaknya perjalanan yang dilakukan seiring dengan bertambahnya titik pengumpul. Oleh karena itu pada hasil skenario yang dilakukan dengan jumlah titik pengumpul sebanyak tiga buah menghasilkan panjang jarak yang lebih besar dibandingkan dengan skenario dengan dua titik pengumpul.

Distribusi yang dilakukan dari satu titik pengumpul ternyata menghasilkan panjang rute perjalanan yang lebih besar pula. Hasil ini menyatakan

bahwa distribusi yang dilakukan hanya dari satu titik saja menghasilkan distribusi yang belum efektif.

Dari setiap skenario yang dilakukan, panjang rute distribusi terbesar dihasilkan oleh skenario sebelas dimana distribusi dilakukan dari titik pengumpul Stasiun UI . Jika melihat gambar peta lokasi setiap selter maka dapat dikatakan bahwa titik/selter Stasiun UI tidak berada pada lokasi yang sentris terhadap mayoritas titik-titik selter. Karena letak tersebutlah yang menyebabkan hasil distribusi dengan titik Stasiun UI sebagai titik pengumpul memiliki hasil rute distribusi terpanjang.

Distribusi yang dilakukan hanya dari titik Pocin pada skenario sembilan memiliki hasil rute yang cukup baik. Jika dibandingkan dengan pola distribusi hanya dengan satu titik distribusi maka titik Pocin yang memiliki hasil terbaik. Hal ini disebabkan oleh letak titik/selter Pocin yang hampir sentris terhadap titik-titik selter. Jumlah kendaraan untuk melakukan distribusi disesuaikan dengan jumlah titik pengumpul yang digunakan untuk mendistribusikan sepeda kuning. Sehingga dapat dikatakan bahwa satu titik distribusi memiliki satu kendaraan pengangkut.

Secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa faktor yang mempengaruhi panjang rute distribusi adalah posisi titik pengumpul dan jumlah titik distribusi. Pada kasus ini distribusi yang paling optimal dihasilkan oleh skenario dengan dua titik distribusi.

Dari optimalisasi panjang rute, dapat dihitung penghematan biaya bahan bakar kendaraan. Optimalisasi yang dilakukan pada skenario empat dapat menghemat biaya bahan bakar kendaraan sebesar $\pm 18,63$ % dari pola distribusi eksisting.

BAB 6

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Diperoleh pola distribusi yang paling optimal adalah pada skenario empat dengan pusat distribusi/ titik pengumpul terletak di selter PAU Rektorat dan selter Teknik. Titik pengumpul lainnya (selter Pocin, Asrama dan Stasiun UI) pada skenario empat ini tetap menyuplai sepeda kuning namun hanya untuk dirinya sendiri. Panjang rute distribusi pada skenario empat adalah sebesar 8498 meter.
2. Faktor yang mempengaruhi panjang rute distribusi adalah posisi titik pengumpul dan jumlah titik distribusi. Menambah jumlah titik pengumpul tidak selalu menghasilkan panjang rute yang lebih baik.
3. Penghematan biaya bahan bakar yang diperoleh jika menerapkan distribusi dengan pola skenario empat adalah sebesar 18,63 % dilihat dari selisih jarak distribusi yang dibandingkan dengan kondisi eksisting.

6.2 Saran

Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar optimasi untuk distribusi sepeda kuning di Universitas Indonesia. Namun penelitian ini dapat dikembangkan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi. Saran yang diberikan pada penelitian ini antara lain:

1. Untuk mendapatkan perhitungan yang lebih sesuai dengan kondisi eksisting terkait kebutuhan sepeda yang digunakan oleh mahasiswa pada pagi hari maka diperlukan data awal berupa *demand* dari setiap selter yang ada sebagai dasar perhitungan VRP.

DAFTAR REFERENSI

- Minieka, Edward., (1978), *Optimization Algorithms for Networks and Graphs*, Dekker.
- Ahuja, Ravinda K, Magnanti, Thomas L and Orlin, James B., (1993), *Network Flows*, Prentice Hall.
- Nahry., (2010). *Pengembangan Model Optimasi Sistem Distribusi Komoditas untuk Meningkatkan Efisiensi Sistem Distribusi BUMN-PSO*. Disertasi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Depok: Universitas Indonesia.
- Angelelli, E., Speranza, M.G., (2002). *The Application of A Vehicle Routing Model to A Waste-Collection Problem: Two Case Studies*. Journal of Operational Research Society, 53 (2002), 944-952.
- Hiller., (2001), *Introduction to Operations Research*, seventh edition. Mc Graw Hill.
- Taha, Hamdy A., (2007), *Operations Research: An Introduction*, eighth edition, Prentice Hall.
- Christian, Joseph., (2011), *Analisis Sistem Pengangkutan Sampah Kota Makassar Dengan Metode Penyelesaian Vehicle Routing Problem*. Laporan Penelitian, Universita Hasanuddin.
- Chen, Zixia, Xuan., (2007), *VRP Based on Improved Niche Isolation Genetic Algorithm*, Center for Research in Modern Business Zhejiang Gongshang University, Hangzhou,310018, China.
- Qun , Wu., (2010), *VRP Optimization of Intensive Distribution in Enterprise Sales Logistics*, Research Center of Cluster and enterprise development, Jiangxi University of Finance & Economics, Nanchang330013, China.
- Li-min, ZHI et al., (2009), *VRP Problem with Time Windows in the Logistics and Distribution Solved by Immune Genetic Algorithm*, Zhengjiang Watercraft College; 2 PLA University of Science and Technology.
- Gurzi, Pasquale.,(2011), *Minimum Cost Flow Based R&WA Algorithm For Dispersion and OSNR Limited All-Optical Networks*, Computer Science Department, Vrije Universiteit Brussel, Brussels, Belgium.
- Sirivongpaisal, Nikorn., (1999), *Minimum cost flow in a supply chain problem using a stochastic linear programming approach*, Thesis, The University of Texas at Arlington, Texas.

Wayne, Kevin D., (2002), *A Polynomial Combinatorial Algorithm for Generalized Minimum Cost Flow*, Mathematics of Operations Research.

Rétvári, Gábor et al., (2007), *On Shortest Path Representation*, IEEE/ACM Transactions On Networking.

Shi, Ning., (2010), *K Constrained Shortest Path Problem*, IEEE Transactions On Automation Science And Engineering.

Noda, Antonio S., & Martin, Carlos G., (2009), *Shortest Path Simplex Algorithm With A Multiple Pivot Rule: A Comparative Study*, Universidad de la laguna.

LINGO (Versi 10.0) [Computer Software]. Chicago: LINDO System Inc.





LAMPIRAN A
DATA SURVEI LAPANGAN PANJANG
SETIAP RUAS JALAN UI



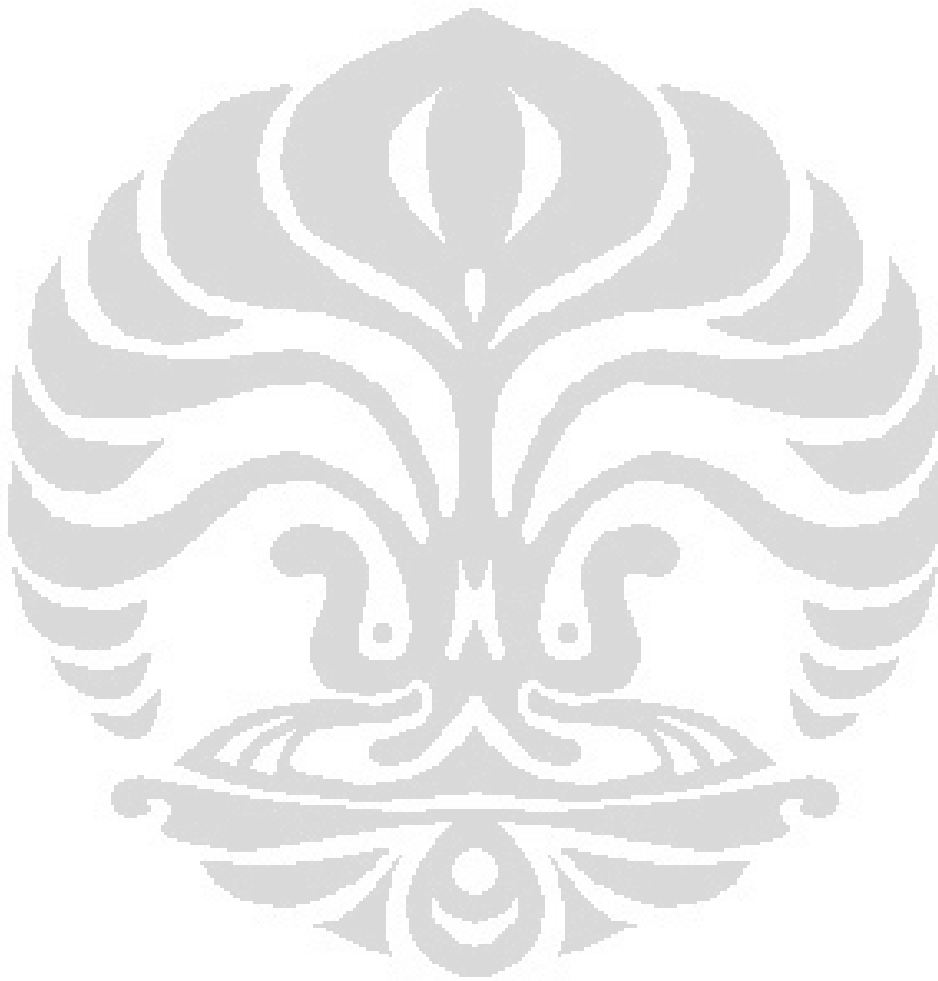
Gambar A-1. Peta Dasar Jalan Eksisting

Tabel A-1. Data Panjang Ruas Jalan

No	Panjang	Satuan
1	109.5	m
2	239.5	m
3	104.2	m
4	348	m
5	183.1	m
6	192.5	m
7	513	m
8	598.7	m
9	179.7	m
10	448.6	m
11	129.2	m
12	60.8	m
13	384	m
14	60.5	m
15	314	m
16	278.8	m
17	243	m
18	270	m
19	98.4	m
20	269.2	m
21	117.4	m
22	245	m
23	277.2	m
24	225.1	m
25	236.1	m
26	266	m
27	55.8	m
28	332.2	m
29	203.2	m
30	161.7	m
31	183.1	m
32	98	m
33	139.7	m
34	85.3	m
35	305.7	m
36	154.2	m
37	250.7	m
38	120.12	m
39	228.3	m
40	242.8	m

Tabel A-1. Data Panjang Ruas Jalan

No	Panjang	Satuan
41	186.9	m
42	79.4	m
43	255.7	m
44	116.9	m
45	257	m
46	276	m





LAMPIRAN B
INPUT DATA FORTRAN

Tabel B-1. Input Data-Data Fortran

LINK	NODE 1	NODE 2	C	C
LINK 1	2	1	C 1	578
LINK 2	1	2	C 2	699
LINK 3	40	2	C 3	180
LINK 4	3	40	C 4	599
LINK 5	2	3	C 5	778
LINK 6	4	3	C 6	413
LINK 7	5	4	C 7	100
LINK 8	7	5	C 8	120
LINK 9	8	7	C 9	73
LINK 10	3	6	C 10	574
LINK 11	5	6	C 11	61
LINK 12	6	5	C 12	61
LINK 14	27	6	C 14	236
LINK 15	6	8	C 15	193
LINK 16	8	10	C 16	100
LINK 17	9	8	C 17	83
LINK 18	10	11	C 18	83
LINK 19	11	9	C 19	100
LINK 20	11	12	C 20	452
LINK 21	12	11	C 21	452
LINK 22	12	13	C 22	377
LINK 23	13	12	C 23	377
LINK 24	13	14	C 24	294
LINK 25	14	13	C 25	294
LINK 26	14	15	C 26	332
LINK 27	15	14	C 27	332
LINK 28	14	16	C 28	461
LINK 29	16	15	C 29	203
LINK 30	15	16	C 30	203
LINK 31	16	17	C 31	277
LINK 32	17	19	C 32	162
LINK 33	19	17	C 33	162
LINK 34	17	18	C 34	80
LINK 35	18	14	C 35	818
LINK 36	33	18	C 36	362
LINK 37	18	33	C 37	362
LINK 38	32	33	C 38	269
LINK 39	33	32	C 39	269
LINK 40	31	32	C 40	98
LINK 41	32	31	C 41	98

Lanjutan Tabel B-1. Input Data-Data Fortran

LINK	NODE 1	NODE 2	C	C
LINK 42	30	31	C 42	270
LINK 43	31	30	C 43	270
LINK 44	28	30	C 44	522
LINK 45	30	29	C 45	243
LINK 46	29	28	C 46	279
LINK 47	28	27	C 47	79
LINK 48	27	26	C 48	117
LINK 49	26	27	C 49	117
LINK 50	26	23	C 50	256
LINK 51	23	26	C 51	256
LINK 52	23	24	C 52	200
LINK 53	24	23	C 53	200
LINK 54	25	24	C 54	100
LINK 55	24	25	C 55	100
LINK 56	23	22	C 56	79
LINK 57	22	23	C 57	79
LINK 58	10	22	C 58	276
LINK 59	22	21	C 59	100
LINK 60	21	22	C 60	100
LINK 61	21	20	C 61	260
LINK 62	20	21	C 62	260
LINK 63	20	19	C 63	120
LINK 64	19	20	C 64	120
LINK 65	39	19	C 65	183
LINK 66	19	39	C 66	183
LINK 67	19	38	C 67	251
LINK 68	38	19	C 68	251
LINK 69	34	38	C 69	154
LINK 70	38	34	C 70	154
LINK 71	35	37	C 71	70
LINK 72	38	37	C 72	85
LINK 73	37	36	C 73	70
LINK 74	36	39	C 74	98
LINK 75	39	36	C 75	98
LINK 76	36	35	C 76	140
LINK 77	35	34	C 77	85
LINK 78	29	34	C 78	306
LINK 79	34	29	C 79	306
LINK 80	34	41	C 80	257
LINK 81	6	28	C 81	314



LAMPIRAN C
MODEL *MINIMUM COST FLOW*
PADA LINGO

**Lampiran C-1. Model *Minimum Cost Flow* pada LINGO
Skenario 4**

```
model:
! A 2 Warehouse, 9 Customer
  Transportation Problem;
SETS:
  WAREHOUSE / PAUREKTORAT, TEKNIK/ : CAPACITY;
  CUSTOMER / FISIP, PSIKO, MUI, PERPUSBARU, FKM, MIPA, PUSGIWA,
  PAUREKTORAT1, TEKNIK1/ : DEMAND;
  ROUTES( WAREHOUSE, CUSTOMER) : COST, VOLUME;
ENDSETS

! The objective;
[OBJ] MIN = @SUM( ROUTES: COST * VOLUME);

! The demand constraints;
@FOR( CUSTOMER( J): [DEM]
  @SUM( WAREHOUSE( I): VOLUME( I, J)) >=
  DEMAND( J));

! The supply constraints;
@FOR( WAREHOUSE( I): [SUP]
  @SUM( CUSTOMER( J): VOLUME( I, J)) <=
  CAPACITY( I));

! Here are the parameters;
DATA:
  CAPACITY = 131, 50 ;
  DEMAND = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1;
  COST =
1699, 1489, 998, 942, 678, 787, 1575, 0, 1537,
929, 1085, 1723, 1668, 1842, 1475, 626, 1377, 0;
ENDDATA
end
```

—



LAMPIRAN D
MODEL *VEHICLE ROUTING PROBLEM*
PADA LINGO

Lampiran D-1. Model *Vehicle Routing Problem* pada LINGO Skenario 1

MODEL:

```

! The Vehicle Routing Problem (VRP);

!*****;
! WARNING: Runtimes for this model ;
! increase dramatically as the number;
! of cities increase. Formulations ;
! with more than a dozen cities ;
! WILL NOT SOLVE in a reasonable ;
! amount of time! ;
!*****;

SETS:
! Q(I) is the amount required at city I,
  U(I) is the accumulated delivers at city I ;
  CITY/1..9/: Q, U;

! DIST(I,J) is the distance from city I to city J
  X(I,J) is 0-1 variable: It is 1 if some vehicle
  travels from city I to J, 0 if none;
  CXC( CITY, CITY): DIST, X;
ENDSETS

DATA:
! city 1 represent the common depo;
  Q = 0 7 5 5 5 5 7 7 10;

! distance from city I to city J is same from city
  J to city I distance from city I to the depot is
  0, since the vehicle has to return to the depot;

  DIST = ! To City;
! PAUREKTORAT PSIKO MUI PERPUSBARU FKM MIPA PUSGIWA FISIP
PAUREKTORAT1 From;
0 1489 998 942 678 787 1575 1699 0! PAUREKTORAT;
1413 0 691 1029 1287 1654 2011 657 1413! PSIKO;
998 619 0 456 1459 1419 2185 829 998! MUI;
942 1075 456 0 1519 1364 2151 1285 942! PERPUSBARU;
1226 1373 988 1444 0 367 1879 1583 1226! FKM;
1593 1740 1355 1811 367 0 1512 1950 1593! MIPA;
825 1767 1457 1401 1289 922 0 1611 825! PUSGIWA;
1122 156 794 738 1443 1543 1721 0 1122! FISIP;
0 1489 998 942 678 787 1575 1699 0;! PAUREKTORAT1;

! VCAP is the capacity of a vehicle ;
  VCAP = 14;
ENDDATA

! Minimize total travel distance;
  MIN = @SUM( CXC: DIST * X);

```

```

! For each city, except depot....;
@FOR( CITY( K) | K #GT# 1:

! a vehicle does not travel inside itself,...;
X( K, K) = 0;

! a vehicle must enter it,... ;
@SUM( CITY( I) | I #NE# K #AND# ( I #EQ# 1 #OR#
Q( I) + Q( K) #LE# VCAP): X( I, K)) = 1;

! a vehicle must leave it after service ;
@SUM( CITY( J) | J #NE# K #AND# ( J #EQ# 1 #OR#
Q( J) + Q( K) #LE# VCAP): X( K, J)) = 1;

! U( K) is at least amount needed at K but can't
exceed capacity;
@BND( Q( K), U( K), VCAP);

! If K follows I, then can bound U( K) - U( I);
@FOR( CITY( I) | I #NE# K #AND# I #NE# 1:
U( K) >= U( I) + Q( K) - VCAP + VCAP *
( X( K, I) + X( I, K)) - ( Q( K) + Q( I))
* X( K, I);
);

! If K is 1st stop, then U( K) = Q( K);
U( K) <= VCAP - ( VCAP - Q( K)) * X( 1, K);

! If K is not 1st stop...;
U( K) >= Q( K) + @SUM( CITY( I) |
I #GT# 1: Q( I) * X( I, K));
);

! Make the X's binary;
@FOR( CXC: @BIN( X));

! Minimum no. vehicles required, fractional
and rounded;
VEHCLF = @SUM( CITY( I) | I #GT# 1: Q( I)) / VCAP;
VEHCLR = VEHCLF + 1.999 -
@WRAP( VEHCLF - .001, 1);

! Must send enough vehicles out of depot;
@SUM( CITY( J) | J #GT# 1: X( 1, J)) >= VEHCLR;
END

```

Lampiran D-2. Model Vehicle Routing Problem pada LINGO
Skenario 4 – PAU Rektorat

MODEL:

```

! The Vehicle Routing Problem (VRP);

!*****;
! WARNING: Runtimes for this model ;
! increase dramatically as the number;
! of cities increase. Formulations ;
! with more than a dozen cities ;
! WILL NOT SOLVE in a reasonable ;
! amount of time! ;
!*****;

SETS:
! Q(I) is the amount required at city I,
  U(I) is the accumulated delivers at city I ;
  CITY/1..8/: Q, U;

! DIST(I,J) is the distance from city I to city J
  X(I,J) is 0-1 variable: It is 1 if some vehicle
  travels from city I to J, 0 if none;
  CXC( CITY, CITY): DIST, X;
ENDSETS

DATA:
! city 1 represent the common depo;
  Q = 0 5 5 5 5 10 6 14;

! distance from city I to city J is same from city
  J to city I distance from city I to the depot is
  0, since the vehicle has to return to the depot;

  DIST = ! To City;
!
  PAUREKTORAT MUI PERPUSBARU FKM MIPA PAUREKTORAT1
  POCIN POCIN1From;
  0 998 942 678 787 0 629 629! PAUREKTORAT;
  998 0 456 1459 1419 998 1432 1432! MUI;
  942 456 0 1519 1010 942 1470 1470! PERPUSBARU;
  1226 988 1444 0 367 1226 513 513! FKM;
  1593 1355 1811 367 0 1593 880 880! MIPA;
  0 998 942 678 787 0 629 629!
  PAUREKTORAT1;
  713 475 931 661 832 713 0 0! POCIN;
  713 475 931 661 832 713 0 0! POCIN1;

! VCAP is the capacity of a vehicle ;
  VCAP = 14;
ENDDATA

! Minimize total travel distance;

```



```

MIN = @SUM( CXC: DIST * X);

! For each city, except depot....;
@FOR( CITY( K) | K #GT# 1:

! a vehicle does not travel inside itself,...;
X( K, K) = 0;

! a vehicle must enter it,... ;
@SUM( CITY( I) | I #NE# K #AND# ( I #EQ# 1 #OR#
Q( I) + Q( K) #LE# VCAP): X( I, K)) = 1;

! a vehicle must leave it after service ;
@SUM( CITY( J) | J #NE# K #AND# ( J #EQ# 1 #OR#
Q( J) + Q( K) #LE# VCAP): X( K, J)) = 1;

! U( K) is at least amount needed at K but can't
exceed capacity;
@BND( Q( K), U( K), VCAP);

! If K follows I, then can bound U( K) - U( I);
@FOR( CITY( I) | I #NE# K #AND# I #NE# 1:
U( K) >= U( I) + Q( K) - VCAP + VCAP *
( X( K, I) + X( I, K)) - ( Q( K) + Q( I))
* X( K, I);
);

! If K is 1st stop, then U( K) = Q( K);
U( K) <= VCAP - ( VCAP - Q( K)) * X( 1, K);

! If K is not 1st stop...;
U( K) >= Q( K) + @SUM( CITY( I) |
I #GT# 1: Q( I) * X( I, K));
);

! Make the X's binary;
@FOR( CXC: @BIN( X));

! Minimum no. vehicles required, fractional
and rounded;
VEHCLF = @SUM( CITY( I) | I #GT# 1: Q( I)) / VCAP;
VEHCLR = VEHCLF + 1.999 -
@WRAP( VEHCLF - .001, 1);

! Must send enough vehicles out of depot;
@SUM( CITY( J) | J #GT# 1: X( 1, J)) >= VEHCLR;
END

```

Lampiran D-3. Model *Vehicle Routing Problem* pada LINGO
Skenario 4 - Teknik

MODEL:

```

! The Vehicle Routing Problem (VRP);

!*****;
! WARNING: Runtimes for this model ;
! increase dramatically as the number;
! of cities increase. Formulations ;
! with more than a dozen cities ;
! WILL NOT SOLVE in a reasonable ;
! amount of time! ;
!*****;

SETS:
! Q(I) is the amount required at city I,
  U(I) is the accumulated delivers at city I ;
  CITY/1..9/: Q, U;

! DIST(I,J) is the distance from city I to city J
  X(I,J) is 0-1 variable: It is 1 if some vehicle
  travels from city I to J, 0 if none;
  CXC( CITY, CITY): DIST, X;
ENDSETS

DATA:
! city 1 represent the common depo;
  Q = 0 7 7 7 4 6 14 6 14;

! distance from city I to city J is same from city
  J to city I distance from city I to the depot is
  0, since the vehicle has to return to the depot;

  DIST = ! To City;
!
  TEKNIK PSIKO PUSGIWA FISIP ASRAMA STASIUNUI1
  STASIUNUI2 TEKNIK TEKNIK1 From;
  0 1113 710 957 3103 1333 1333 0 0! TEKNIK;
  1469 0 2179 657 1990 220 220 1469 1469! PSIKO;
  654 1767 0 1611 3741 1971 1971 654 654!
  PUSGIWA;
  1178 156 1888 0 2145 376 376 1178 1178! FISIP;
  3339 2316 4049 2527 0 2212 2212 3339 3339!
  ASRAMA;
  2275 1253 2985 1463 1770 0 0 2275 2275!
  STASIUNUI;
  2275 1253 2985 1463 1770 0 0 2275 2275!
  STASIUNUI1;
  0 1113 710 957 3103 1333 1333 0 0! TEKNIK;
  0 1113 710 957 3103 1333 1333 0 0;!
  TEKNIK1;

! VCAP is the capacity of a vehicle ;

```

```

VCAP = 14;
ENDDATA

! Minimize total travel distance;
MIN = @SUM( CXC: DIST * X);

! For each city, except depot....;
@FOR( CITY( K) | K #GT# 1:

! a vehicle does not travel inside itself,...;
X( K, K) = 0;

! a vehicle must enter it,... ;
@SUM( CITY( I) | I #NE# K #AND# ( I #EQ# 1 #OR#
Q( I) + Q( K) #LE# VCAP): X( I, K)) = 1;

! a vehicle must leave it after service ;
@SUM( CITY( J) | J #NE# K #AND# ( J #EQ# 1 #OR#
Q( J) + Q( K) #LE# VCAP): X( K, J)) = 1;

! U( K) is at least amount needed at K but can't
exceed capacity;
@BND( Q( K), U( K), VCAP);

! If K follows I, then can bound U( K) - U( I);
@FOR( CITY( I) | I #NE# K #AND# I #NE# 1:
U( K) >= U( I) + Q( K) - VCAP + VCAP *
( X( K, I) + X( I, K)) - ( Q( K) + Q( I))
* X( K, I);
);

! If K is 1st stop, then U( K) = Q( K);
U( K) <= VCAP - ( VCAP - Q( K)) * X( 1, K);

! If K is not 1st stop...;
U( K) >= Q( K) + @SUM( CITY( I) |
I #GT# 1: Q( I) * X( I, K));
);

! Make the X's binary;
@FOR( CXC: @BIN( X));

! Minimum no. vehicles required, fractional
and rounded;
VEHCLF = @SUM( CITY( I) | I #GT# 1: Q( I)) / VCAP;
VEHCLR = VEHCLF + 1.999 -
@WRAP( VEHCLF - .001, 1);

! Must send enough vehicles out of depot;
@SUM( CITY( J) | J #GT# 1: X( 1, J)) >= VEHCLR;
END

```



LAMPIRAN E
HASIL PERMODELAN *SHORTEST PATH*

**Lampiran E-1. Hasil Permodelan *Shortest Path*
Asrama**

(Lokasi Asal)	(Lokasi Tujuan)	(Rute Asal - Tujuan)
ASRAMA 1 40	WIRAMAKARA 40	=> 1 2 3
ASRAMA 1 5 4	STASIUN UI 4	=> 1 2 3 6
ASRAMA 1 10 11	FISIP 9	=> 1 2 3 6 8
ASRAMA 1 7	PSIKO7	=> 1 2 3 6 8
ASRAMA 1 27 26	MUI 26	=> 1 2 3 6 28
ASRAMA 1 6 8	PERPUS BARU 24	=> 1 2 3
ASRAMA 1 28 30	POCIN 29	=> 1 2 3 6
ASRAMA 1 10 22	FIB 21	=> 1 2 3 6 8
ASRAMA 1 8 22	PAU DANAU 25	=> 1 2 3 6
ASRAMA 1 30 31	FKM 31	=> 1 2 3 6 28
ASRAMA 1 6 28	BALAI SIDANG 34	=> 1 2 3
ASRAMA 1 30 31	MIPA 33	=> 1 2 3 6 28
ASRAMA 1 6 8	PAU REKTORAT 39	=> 1 2 3
ASRAMA 1 6 8	PERPUS LAMA 20	=> 1 2 3
ASRAMA 1 8 10	PUSGIWA 15	=> 1 2 3 6
ASRAMA 1 8 10	TEKNIK 13	=> 1 2 3 6
ASRAMA 1 10 11	FE 12	=> 1 2 3 6 8

**Lampiran E-2. Hasil Permodelan *Shortest Path*
Wiramakara**

WIRAMAKARA	40	ASRAMA	1	=>	40	2	1
WIRAMAKARA	40	STASIUN UI	4	=>	40	2	3
6 5	4						
WIRAMAKARA	40	FISIP	9	=>	40	2	3 6
8 10	11	9					
WIRAMAKARA	40	PSIKO	7	=>	40	2	3 6
8 7							
WIRAMAKARA	40	MUI	26	=>	40	2	3 6
28 27	26						
WIRAMAKARA	40	PERPUS BARU		=>	40	2	
3 6	8	10 22 23	24				
WIRAMAKARA	40	POCIN	29	=>	40	2	3
6 28	30	29					
WIRAMAKARA	40	FIB	21	=>	40	2	3 6
8 10	22	21					
WIRAMAKARA	40	PAU DANAU	25	=>	40	2	3
6 8	10	22 23 24	25				
WIRAMAKARA	40	FKM	31	=>	40	2	3 6
28 30	31						
WIRAMAKARA	40	BALAI SIDANG		=>	40	2	
3 6	28	30 29 34					
WIRAMAKARA	40	MIPA	33	=>	40	2	3 6
28 30	31	32 33					
WIRAMAKARA	40	PAU REKTORAT		=>	40	2	
3 6	8	10 22 21	20		19	39	
WIRAMAKARA	40	PERPUS LAMA		=>	40	2	
3 6	8	10 22 21	20				
WIRAMAKARA	40	PUSGIWA	15	=>	40	2	3
6 8	10	11 12 13	14 15				
WIRAMAKARA	40	TEKNIK	13	=>	40	2	3
6 8	10	11 12 13					
WIRAMAKARA	40	FE	12	=>	40	2	3 6
8 10	11	12					

**Lampiran E-3. Hasil Permodelan *Shortest Path*
Stasiun UI**

STASIUN UI 4 1	ASRAMA	1	=>	4	3	40	2
STASIUN UI 4	WIRAMAKARA	40	=>	4	3	40	
STASIUN UI 4 11 9	FISIP	9	=>	4	3	6	8 10
STASIUN UI 4	PSIKO	7	=>	4	3	6	8 7
STASIUN UI 4 26	MUI	26	=>	4	3	6	28 27
STASIUN UI 4 8 10	PERPUS BARU	24	=>	4	3	6	
STASIUN UI 4 30 29	POCIN	29	=>	4	3	6	28
STASIUN UI 4 22 21	FIB	21	=>	4	3	6	8 10
STASIUN UI 4 10 22	PAU DANAU	25	=>	4	3	6	8
STASIUN UI 4 31	FKM	31	=>	4	3	6	28 30
STASIUN UI 4 28 30	BALAI SIDANG	34	=>	4	3	6	
STASIUN UI 4 31 32	MIPA	33	=>	4	3	6	28 30
STASIUN UI 4 8 10	PAU REKTORAT	39	=>	4	3	6	
STASIUN UI 4 8 10	PERPUS LAMA	20	=>	4	3	6	
STASIUN UI 4 10 11	PUSGIWA	15	=>	4	3	6	8
STASIUN UI 4 10 11	TEKNIK	13	=>	4	3	6	8
STASIUN UI 4 11 12	FE	12	=>	4	3	6	8 10

**Lampiran E-4. Hasil Permodelan *Shortest Path*
FISIP**

FISIP 9	ASRAMA	1	=>	9	8	7	5	4
3	40	2	1					
FISIP 9	WIRAMAKARA	40	=>	9	8	7	5	
4	3	40						
FISIP 9	STASIUN UI	4	=>	9	8	7	5	4
FISIP 9	PSIKO7		=>	9	8	7		
FISIP 9	MUI	26	=>	9	8	10	22	23
FISIP 9	PERPUS BARU	24	=>	9	8	10	22	
23	24							
FISIP 9	POCIN	29	=>	9	8	7	5	28
30	29							
FISIP 9	FIB	21	=>	9	8	10	22	21
FISIP 9	PAU DANAU	25	=>	9	8	10	22	23
24	25							
FISIP 9	FKM	31	=>	9	8	7	5	28
31								30
FISIP 9	BALAI SIDANG	34	=>	9	8	10	22	
21	20	19	38	34				
FISIP 9	MIPA	33	=>	9	8	10	22	21
19	17	18	33					20
FISIP 9	PAU REKTORAT	39	=>	9	8	10	22	
21	20	19	39					
FISIP 9	PERPUS LAMA	20	=>	9	8	10	22	
21	20							
FISIP 9	PUSGIWA	15	=>	9	8	10	11	12
13	14	15						
FISIP 9	TEKNIK	13	=>	9	8	10	11	12
13								
FISIP 9	FE	12	=>	9	8	10	11	12

**Lampiran E-5. Hasil Permodelan *Shortest Path*
PSIKO**

PSIKO7 2	ASRAMA	1	=>	7	5	4	3	40
PSIKO7 40	WIRAMAKARA	40	=>	7	5	4	3	
PSIKO7	STASIUN UI	4	=>	7	5	4		
PSIKO7 9	FISIP	9	=>	7	5	6	8	10 11
PSIKO7	MUI	26	=>	7	5	28	27	26
PSIKO7 10	PERPUS BARU	24	=>	7	5	6	8	
PSIKO7	POCIN	22 23 24 29	=>	7	5	28	30	29
PSIKO7 21	FIB	21	=>	7	5	6	8	10 22
PSIKO7 22	PAU DANAU	25 23 24 25	=>	7	5	6	8	10
PSIKO7	FKM	31	=>	7	5	28	30	31
PSIKO7 29	BALAI SIDANG	34 34	=>	7	5	28	30	31 32
PSIKO7 33	MIPA	33	=>	7	5	28	30	31 32
PSIKO7 10	PAU REKTORAT	39 22 21 20	=>	7	5	6	8	
PSIKO7 10	PERPUS LAMA	20 22 21 20	=>	7	5	6	8	
PSIKO7 11	PUSGIWA	15 12 13 14 15	=>	7	5	6	8	10
PSIKO7 11	TEKNIK	13 12 13	=>	7	5	6	8	10
PSIKO7 12	FE	12	=>	7	5	6	8	10 11

**Lampiran E-6. Hasil Permodelan *Shortest Path*
MUI**

MUI	26	ASRAMA	1	=>	26	27	6	5	4
	3	40	2						
MUI	26	WIRAMAKARA	40	=>	26	27	6	5	
	4	3	40						
MUI	26	STASIUN UI	4	=>	26	27	6	5	4
MUI	26	FISIP	9	=>	26	27	6	8	10
	9								11
MUI	26	PSIKO7		=>	26	27	6	8	7
MUI	26	PERPUS BARU	24	=>	26	23	24		
MUI	26	POCIN	29	=>	26	27	6	28	30
	29								
MUI	26	FIB	21	=>	26	23	22	21	
MUI	26	PAU DANAU	25	=>	26	23	24	25	
MUI	26	FKM	31	=>	26	27	6	28	30
									31
MUI	26	BALAI SIDANG	34	=>	26	23	22	21	
	20	19	38						
MUI	26	MIPA	33	=>	26	23	22	21	20
	17	18	33						19
MUI	26	PAU REKTORAT	39	=>	26	23	22	21	
	20	19	39						
MUI	26	PERPUS LAMA	20	=>	26	23	22	21	
	20								
MUI	26	PUSGIWA	15	=>	26	27	6	8	10
	11	12	13						
MUI	26	TEKNIK	13	=>	26	27	6	8	10
	11	12	13						
MUI	26	FE	12	=>	26	27	6	8	10
	12								11

**Lampiran E-7. Hasil Permodelan *Shortest Path*
Perpus Baru**

PERPUS BARU	24	ASRAMA	1	=>	24	23	26
27 6	5	4 3	40	2	1		
PERPUS BARU	24	WIRAMAKARA	40	=>	24	23	
26 27	6	5 4 3	40				
PERPUS BARU	24	STASIUN UI	4	=>	24	23	26
27 6	5	4					
PERPUS BARU	24	FISIP	9	=>	24	23	26 27
6 8	10	11 9					
PERPUS BARU	24	PSIKO7		=>	24	23	26 27
6 8	7						
PERPUS BARU	24	MUI	26	=>	24	23	26
PERPUS BARU	24	POCIN	29	=>	24	23	22
21 20	19	38 34	29				
PERPUS BARU	24	FIB	21	=>	24	23	22 21
PERPUS BARU	24	PAU DANAU	25	=>	24	25	
PERPUS BARU	24	FKM	31	=>	24	23	22 21
20 19	38	34 32	31				
PERPUS BARU	24	BALAI SIDANG	34	=>	24	23	
22 21	20	19 38	34				
PERPUS BARU	24	MIPA	33	=>	24	23	22 21
20 19	17	18 33					
PERPUS BARU	24	PAU REKTORAT	39	=>	24	23	
22 21	20	19 39					
PERPUS BARU	24	PERPUS LAMA	20	=>	24	23	
22 21	20						
PERPUS BARU	24	PUSGIWA	15	=>	24	23	22
21 20	19	17 18	14 15				
PERPUS BARU	24	TEKNIK	13	=>	24	23	26
27 6	8	10 11	12 13				
PERPUS BARU	24	FE	12	=>	24	23	26 27
6 8	10	11 12					

**Lampiran E-8. Hasil Permodelan *Shortest Path*
POCIN**

POCIN	29	ASRAMA	1	=>	29	28	27	6
5	4	3	40	2	1			
POCIN	29	WIRAMAKARA		40	=>	29	28	27
6	5	4	3	40				
POCIN	29	STASIUN UI	4	=>	29	28	27	6
5	4							
POCIN	29	FISIP	9	=>	29	28	27	6
10	11	9						8
POCIN	29	PSIKO7		=>	29	28	27	6
7								8
POCIN	29	MUI	26	=>	29	28	27	26
POCIN	29	PERPUS BARU		24	=>	29	28	27
26	23	24						
POCIN	29	FIB	21	=>	29	28	27	26
22	21							23
POCIN	29	PAU DANAU	25	=>	29	28	27	26
23	24	25						
POCIN	29	FKM	31	=>	29	34	32	31
POCIN	29	BALAI SIDANG		34	=>	29	34	
POCIN	29	MIPA	33	=>	29	34	32	33
POCIN	29	PAU REKTORAT		39	=>	29	34	38
37	36	39						
POCIN	29	PERPUS LAMA		20	=>	29	34	38
19	20							
POCIN	29	PUSGIWA	15	=>	29	34	38	19
17	18	14	15					
POCIN	29	TEKNIK		13	=>	29	28	27
8	10	11	12	13				6
POCIN	29	FE	12	=>	29	28	27	6
10	11	12						8

**Lampiran E-9. Hasil Permodelan *Shortest Path*
FIB**

FIB	21	ASRAMA	1	=>	21	22	23	26	27
	6	5	4	3	40	2	1		
FIB	21	WIRAMAKARA		40	=>	21	22	23	26
	27	6	5	4	3	40			
FIB	21	STASIUN UI	4	=>	21	22	23	26	27
	6	5	4						
FIB	21	FISIP	9	=>	21	22	23	26	27
	8	10	11	9					6
FIB	21	PSIKO7		=>	21	22	23	26	27
	8	7							6
FIB	21	MUI	26	=>	21	22	23	26	
FIB	21	PERPUS BARU		24	=>	21	22	23	24
FIB	21	POCIN		29	=>	21	20	19	38
	29								34
FIB	21	PAU DANAU	25	=>	21	22	23	24	25
FIB	21	FKM	31	=>	21	20	19	38	34
	31								32
FIB	21	BALAI SIDANG		34	=>	21	20	19	38
	34								
FIB	21	MIPA	33	=>	21	20	19	17	18
									33
FIB	21	PAU REKTORAT		39	=>	21	20	19	39
FIB	21	PERPUS LAMA		20	=>	21	20		
FIB	21	PUSGIWA	15	=>	21	20	19	17	18
	14	15							
FIB	21	TEKNIK		13	=>	21	20	19	17
	14	13							18
FIB	21	FE	12	=>	21	22	23	26	27
	8	10	11	12					6

**Lampiran E-10. Hasil Permodelan *Shortest Path*
PAU Danau**

PAU DANAU 25	ASRAMA	1	=>	25	24	23	26
27 6	5 4 3	40	2	1			
PAU DANAU 25	WIRAMAKARA	40	=>	25	24	23	
26 27	6 5 4	3 40					
PAU DANAU 25	STASIUN UI	4	=>	25	24	23	26
27 6	5 4						
PAU DANAU 25	FISIP	9	=>	25	24	23	26 27
6 8	10 11 9						
PAU DANAU 25	PSIKO7		=>	25	24	23	26 27
6 8	7						
PAU DANAU 25	MUI	26	=>	25	24	23	26
PAU DANAU 25	PERPUS BARU		24 =>	25	24		
PAU DANAU 25	POCIN	29	=>	25	24	23	22
21 20	19 38 34	29					
PAU DANAU 25	FIB	21	=>	25	24	23	22 21
PAU DANAU 25	FKM	31	=>	25	24	23	22 21
20 19	38 34 32	31					
PAU DANAU 25	BALAI SIDANG		34 =>	25	24	23	
22 21	20 19 38	34					
PAU DANAU 25	MIPA	33	=>	25	24	23	22 21
20 19	17 18 33						
PAU DANAU 25	PAU REKTORAT		39 =>	25	24	23	
22 21	20 19 39						
PAU DANAU 25	PERPUS LAMA		20 =>	25	24	23	
22 21	20						
PAU DANAU 25	PUSGIWA	15	=>	25	24	23	22
21 20	19 17 18	14 15					
PAU DANAU 25	TEKNIK	13	=>	25	24	23	26
27 6	8 10 11	12 13					
PAU DANAU 25	FE	12	=>	25	24	23	26 27
6 8	10 11 12						

**Lampiran E-11. Hasil Permodelan *Shortest Path*
FKM**

FKM	31	ASRAMA	1	=>	31	30	29	28	27
	6	5	4	3	40	2	1		
FKM	31	WIRAMAKARA		=>	31	30	29	28	
	27	6	5	4	3	40			
FKM	31	STASIUN UI	4	=>	31	30	29	28	27
	6	5	4						
FKM	31	FISIP	9	=>	31	30	29	28	27
	8	10	11	9					6
FKM	31	PSIKO7		=>	31	30	29	28	27
	8	7							6
FKM	31	MUI	26	=>	31	30	29	28	27
									26
FKM	31	PERPUS BARU		=>	31	30	29	28	
	27	26	23	24					
FKM	31	POCIN	29	=>	31	30	29		
FKM	31	FIB	21	=>	31	30	29	28	27
	23	22	21						26
FKM	31	PAU DANAU	25	=>	31	30	29	28	27
	26	23	24	25					
FKM	31	BALAI SIDANG		=>	31	30	29		34
FKM	31	MIPA	33	=>	31	32	33		
FKM	31	PAU REKTORAT	39	=>	31	30	29		34
	38	37	36	39					
FKM	31	PERPUS LAMA	20	=>	31	30	29		34
	38	19	20						
FKM	31	PUSGIWA	15	=>	31	32	33	18	14
	15								
FKM	31	TEKNIK	13	=>	31	32	33	18	14
	13								
FKM	31	FE	12	=>	31	30	29	28	27
	8	10	11	12					6

**Lampiran E-12. Hasil Permodelan *Shortest Path*
BALAI SIDANG**

BALAI SIDANG	34	ASRAMA	1	=>	34	29	28
27 6	5	4 3	40	2	1		
BALAI SIDANG	34	WIRAMAKARA	40	=>	34	29	
28 27	6	5 4	3	40			
BALAI SIDANG	34	STASIUN UI	4	=>	34	29	28
27 6	5	4					
BALAI SIDANG	34	FISIP	9	=>	34	29	28
6 8	10	11 9					
BALAI SIDANG	34	PSIKO7		=>	34	29	28
6 8	7						
BALAI SIDANG	34	MUI	26	=>	34	29	28
26							
BALAI SIDANG	34	PERPUS BARU	24	=>	34	38	
19 20	21	22 23	24				
BALAI SIDANG	34	POCIN	29	=>	34	29	
BALAI SIDANG	34	FIB	21	=>	34	38	19
21							
BALAI SIDANG	34	PAU DANAU	25	=>	34	38	19
20 21	22	23 24	25				
BALAI SIDANG	34	FKM	31	=>	34	32	31
BALAI SIDANG	34	MIPA	33	=>	34	32	33
BALAI SIDANG	34	PAU REKTORAT	39	=>	34	38	
37 36	39						
BALAI SIDANG	34	PERPUS LAMA	20	=>	34	38	
19 20							
BALAI SIDANG	34	PUSGIWA	15	=>	34	38	19
17 18	14	15					
BALAI SIDANG	34	TEKNIK	13	=>	34	38	19
17 18	14	13					
BALAI SIDANG	34	FE	12	=>	34	29	28
6 8	10	11 12					

**Lampiran E-13. Hasil Permodelan *Shortest Path*
MIPA**

MIPA 33	ASRAMA	1	=>	33	32	31	30	29
28	27	6	5	4	3	40	2	1
MIPA 33	WIRAMAKARA		=>	33	32	31	30	
29	28	27	6	5	4	3	40	
MIPA 33	STASIUN UI	4	=>	33	32	31	30	29
28	27	6	5	4				
MIPA 33	FISIP	9	=>	33	32	31	30	29
27	6	8	10	11	9			
MIPA 33	PSIKO7		=>	33	32	31	30	29
27	6	8	7					
MIPA 33	MUI	26	=>	33	32	31	30	29
27	26							
MIPA 33	PERPUS BARU		=>	33	32	31	30	
29	28	27	26	23	24			
MIPA 33	POCIN	29	=>	33	32	31	30	29
MIPA 33	FIB	21	=>	33	32	31	30	29
27	26	23	22	21				
MIPA 33	PAU DANAU	25	=>	33	32	31	30	29
28	27	26	23	24	25			
MIPA 33	FKM	31	=>	33	32	31		
MIPA 33	BALAI SIDANG		=>	33	32	31	30	
29	34							
MIPA 33	PAU REKTORAT		=>	33	32	31	30	
29	34	38	37	36	39			
MIPA 33	PERPUS LAMA		=>	33	32	31	30	
29	34	38	19	20				
MIPA 33	PUSGIWA	15	=>	33	18	14	15	
MIPA 33	TEKNIK	13	=>	33	18	14	13	
MIPA 33	FE	12	=>	33	18	14	13	12

**Lampiran E-14. Hasil Permodelan *Shortest Path*
PAU REKTORAT**

PAU REKTORAT	39	ASRAMA	1	=>	39	36	35
34	29	28	27	6	5	4	3
40	2						
1							
PAU REKTORAT	39	WIRAMAKARA	40	=>	39	36	
35	34	29	28	27	6	5	4
3							
40							
PAU REKTORAT	39	STASIUN UI	4	=>	39	36	35
34	29	28	27	6	5	4	
PAU REKTORAT	39	FISIP	9	=>	39	36	35
29	28	27	6	8	10	11	9
PAU REKTORAT	39	PSIKO	7	=>	39	36	35
29	28	27	6	8	7		
PAU REKTORAT	39	MUI	26	=>	39	19	20
22	23	26					
PAU REKTORAT	39	PERPUS BARU	24	=>	39	19	
20	21	22	23	24			
PAU REKTORAT	39	POCIN	29	=>	39	36	35
34	29						
PAU REKTORAT	39	FIB	21	=>	39	19	20
21	22	23	24	25			
PAU REKTORAT	39	PAU DANAU	25	=>	39	19	20
21	22	23	24	25			
PAU REKTORAT	39	FKM	31	=>	39	36	35
32	31						
PAU REKTORAT	39	BALAI SIDANG	34	=>	39	36	
35	34						
PAU REKTORAT	39	MIPA	33	=>	39	19	17
33							
PAU REKTORAT	39	PERPUS LAMA	20	=>	39	19	
20							
PAU REKTORAT	39	PUSGIWA	15	=>	39	19	17
18	14	15					
PAU REKTORAT	39	TEKNIK	13	=>	39	19	17
18	14	13					
PAU REKTORAT	39	FE	12	=>	39	19	17
14	13	12					

**Lampiran E-15. Hasil Permodelan *Shortest Path*
PERPUS LAMA**

PERPUS LAMA	20	ASRAMA	1	=>	20	21	22
23 26	27	6 5 4	3	40	2	1	
PERPUS LAMA	20	WIRAMAKARA	40	=>	20	21	
22 23	26	27 6 5	4	3	40		
PERPUS LAMA	20	STASIUN UI	4	=>	20	21	22
23 26	27	6 5 4					
PERPUS LAMA	20	FISIP	9	=>	20	21	22 23
26 27	6	8 10 11	9				
PERPUS LAMA	20	PSIKO7		=>	20	21	22 23
26 27	6	8 7					
PERPUS LAMA	20	MUI	26	=>	20	21	22 23
26							
PERPUS LAMA	20	PERPUS BARU	24	=>	20	21	
22 23	24						
PERPUS LAMA	20	POCIN	29	=>	20	19	38
34 29							
PERPUS LAMA	20	FIB	21	=>	20	21	
PERPUS LAMA	20	PAU DANAU	25	=>	20	21	22
23 24	25						
PERPUS LAMA	20	FKM	31	=>	20	19	38 34
32 31							
PERPUS LAMA	20	BALAI SIDANG	34	=>	20	19	
38 34							
PERPUS LAMA	20	MIPA	33	=>	20	19	17 18
33							
PERPUS LAMA	20	PAU REKTORAT	39	=>	20	19	
39							
PERPUS LAMA	20	PUSGIWA	15	=>	20	19	17
18 14	15						
PERPUS LAMA	20	TEKNIK	13	=>	20	19	17
18 14	13						
PERPUS LAMA	20	FE	12	=>	20	19	17 18
14 13	12						

**Lampiran E-16. Hasil Permodelan *Shortest Path*
PUSGIWA**

PUSGIWA	15	ASRAMA	1	=>	15	14	13	12	
11	9	8	7	5	4	3	40	2	1
PUSGIWA	15	WIRAMAKARA	40	=>	15	14	13		
12	11	9	8	7	5	4	3	40	
PUSGIWA	15	STASIUN UI	4	=>	15	14	13	12	
11	9	8	7	5	4				
PUSGIWA	15	FISIP	9	=>	15	14	13	12	11
9									
PUSGIWA	15	PSIKO7		=>	15	14	13	12	11
9	8	7							
PUSGIWA	15	MUI	26	=>	15	16	17	19	20
21	22	23	26						
PUSGIWA	15	PERPUS BARU	24	=>	15	16	17		
19	20	21	22	23	24				
PUSGIWA	15	POCIN	29	=>	15	16	17	19	
38	34	29							
PUSGIWA	15	FIB	21	=>	15	16	17	19	20
21									
PUSGIWA	15	PAU DANAU	25	=>	15	16	17	19	
20	21	22	23	24	25				
PUSGIWA	15	FKM	31	=>	15	16	17	18	33
32	31								
PUSGIWA	15	BALAI SIDANG	34	=>	15	16	17		
19	38	34							
PUSGIWA	15	MIPA	33	=>	15	16	17	18	33
PUSGIWA	15	PAU REKTORAT	39	=>	15	16	17		
19	39								
PUSGIWA	15	PERPUS LAMA	20	=>	15	16	17		
19	20								
PUSGIWA	15	TEKNIK	13	=>	15	14	13		
PUSGIWA	15	FE	12	=>	15	14	13	12	

**Lampiran E-17. Hasil Permodelan *Shortest Path*
TEKNIK**

TEKNIK	13	ASRAMA	1	=>	13	12	11	9
8	7	5	4	3	40	2	1	
TEKNIK	13	WIRAMAKARA		=>	13	12	11	
9	8	7	5	4	3	40		
TEKNIK	13	STASIUN UI	4	=>	13	12	11	9
8	7	5	4					
TEKNIK	13	FISIP	9	=>	13	12	11	9
TEKNIK	13	PSIKO7		=>	13	12	11	9
7								8
TEKNIK	13	MUI	26	=>	13	12	11	9
10	22	23	26					8
TEKNIK	13	PERPUS BARU		=>	13	12	11	
9	8	10	22	23	24			
TEKNIK	13	POCIN		=>	13	14	16	17
19	38	34	29					
TEKNIK	13	FIB	21	=>	13	12	11	9
10	22	21						8
TEKNIK	13	PAU DANAU	25	=>	13	12	11	9
8	10	22	23	24	25			
TEKNIK	13	FKM	31	=>	13	14	16	17
33	32	31						18
TEKNIK	13	BALAI SIDANG		=>	13	14	16	
17	19	38	34					
TEKNIK	13	MIPA	33	=>	13	14	16	17
33								18
TEKNIK	13	PAU REKTORAT	39	=>	13	14	16	
17	19	39						
TEKNIK	13	PERPUS LAMA		=>	13	14	16	
17	19	20						
TEKNIK	13	PUSGIWA	15	=>	13	14	15	
TEKNIK	13	FE	12	=>	13	12		

Lampiran E-18. Hasil Permodelan *Shortest Path*
FE

FE	12	ASRAMA	1	=>	12	11	9	8	7
	5	4	3	40	2	1			
FE	12	WIRAMAKARA	40	=>	12	11	9	8	
	7	5	4	3	40				
FE	12	STASIUN UI	4	=>	12	11	9	8	7
	5	4							
FE	12	FISIP	9	=>	12	11	9		
FE	12	PSIKO7		=>	12	11	9	8	7
FE	12	MUI	26	=>	12	11	9	8	10
	23	26							22
FE	12	PERPUS BARU	24	=>	12	11	9	8	
	10	22	23	24					
FE	12	POCIN	29	=>	12	11	9	8	7
	5	28	30	29					
FE	12	FIB	21	=>	12	11	9	8	10
	21								22
FE	12	PAU DANAU	25	=>	12	11	9	8	10
	22	23	24	25					
FE	12	FKM	31	=>	12	11	9	8	7
	28	30	31						5
FE	12	BALAI SIDANG	34	=>	12	11	9	8	
	10	22	21	20	19	38	34		
FE	12	MIPA	33	=>	12	13	14	16	17
	33								18
FE	12	PAU REKTORAT	39	=>	12	11	9	8	
	10	22	21	20	19	39			
FE	12	PERPUS LAMA	20	=>	12	11	9	8	
	10	22	21	20					
FE	12	PUSGIWA	15	=>	12	13	14	15	
FE	12	TEKNIK	13	=>	12	13			



LAMPIRAN F
MCV SOLUTION REPORT

Lampiran F-1. MCV Solution Report
Skenario 4

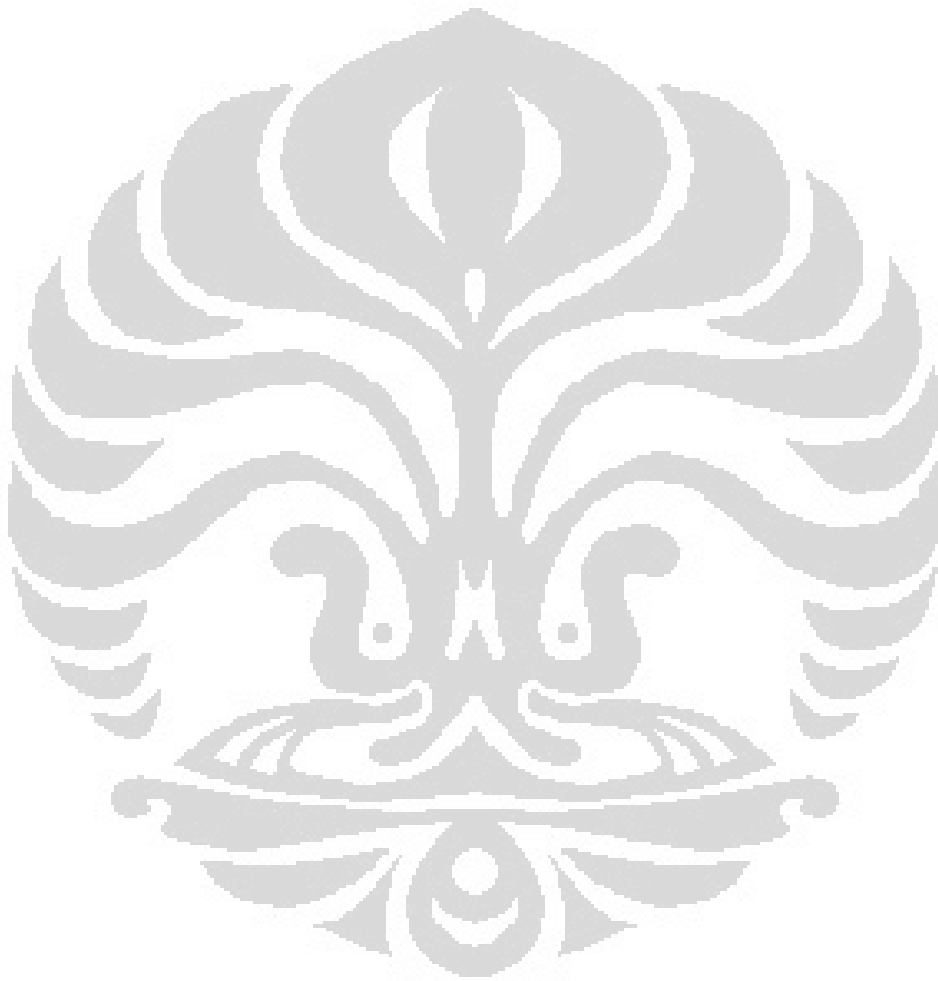
Global optimal solution found.

Objective value: 6045.000

Total solver iterations: 9

Variable	Value	Reduced Cost
CAPACITY(PAUREKTORAT)	131.0000	0.000000
CAPACITY(TEKNIK)	50.00000	0.000000
DEMAND(FISIP)	1.000000	0.000000
DEMAND(PSIKO)	1.000000	0.000000
DEMAND(MUI)	1.000000	0.000000
DEMAND(PERPUSBARU)	1.000000	0.000000
DEMAND(FKM)	1.000000	0.000000
DEMAND(MIPA)	1.000000	0.000000
DEMAND(PUSGIWA)	1.000000	0.000000
DEMAND(PAUREKTORAT1)	1.000000	0.000000
DEMAND(TEKNIK1)	1.000000	0.000000
COST(PAUREKTORAT, FISIP)	1699.000	0.000000
COST(PAUREKTORAT, PSIKO)	1489.000	0.000000
COST(PAUREKTORAT, MUI)	998.0000	0.000000
COST(PAUREKTORAT, PERPUSBARU)	942.0000	0.000000
COST(PAUREKTORAT, FKM)	678.0000	0.000000
COST(PAUREKTORAT, MIPA)	787.0000	0.000000
COST(PAUREKTORAT, PUSGIWA)	1575.000	0.000000
COST(PAUREKTORAT, PAUREKTORAT)	0.000000	0.000000
COST(PAUREKTORAT, TEKNIK1)	1537.000	0.000000
COST(TEKNIK, FISIP)	929.0000	0.000000
COST(TEKNIK, PSIKO)	1085.000	0.000000
COST(TEKNIK, MUI)	1723.000	0.000000
COST(TEKNIK, PERPUSBARU)	1668.000	0.000000
COST(TEKNIK, FKM)	1842.000	0.000000
COST(TEKNIK, MIPA)	1475.000	0.000000
COST(TEKNIK, PUSGIWA)	626.0000	0.000000
COST(TEKNIK, PAUREKTORAT1)	1377.000	0.000000
COST(TEKNIK, TEKNIK1)	0.000000	0.000000
VOLUME(PAUREKTORAT, FISIP)	0.000000	770.0000
VOLUME(PAUREKTORAT, PSIKO)	0.000000	404.0000
VOLUME(PAUREKTORAT, MUI)	1.000000	0.000000
VOLUME(PAUREKTORAT, PERPUSBARU)	1.000000	0.000000
VOLUME(PAUREKTORAT, FKM)	1.000000	0.000000
VOLUME(PAUREKTORAT, MIPA)	1.000000	0.000000
VOLUME(PAUREKTORAT, PUSGIWA)	0.000000	949.0000
VOLUME(PAUREKTORAT, PAUREKTORAT)	1.000000	0.000000
VOLUME(PAUREKTORAT, TEKNIK1)	0.000000	1537.000
VOLUME(TEKNIK, FISIP)	1.000000	0.000000
VOLUME(TEKNIK, PSIKO)	1.000000	0.000000
VOLUME(TEKNIK, MUI)	0.000000	725.0000
VOLUME(TEKNIK, PERPUSBARU)	0.000000	726.0000
VOLUME(TEKNIK, FKM)	0.000000	1164.000
VOLUME(TEKNIK, MIPA)	0.000000	688.0000
VOLUME(TEKNIK, PUSGIWA)	1.000000	0.000000
VOLUME(TEKNIK, PAUREKTORAT1)	0.000000	1377.000
VOLUME(TEKNIK, TEKNIK1)	1.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
OBJ	6045.000	-1.000000
DEM(FISIP)	0.000000	-929.0000
DEM(PSIKO)	0.000000	-1085.0000
DEM(MUI)	0.000000	-998.0000
DEM(PERPUSBARU)	0.000000	-942.0000
DEM(FKM)	0.000000	-678.0000
DEM(MIPA)	0.000000	-787.0000
DEM(PUSGIWA)	0.000000	-626.0000
DEM(PAUREKTORAT1)	0.000000	0.000000
DEM(TEKNIK1)	0.000000	0.000000
SUP(PAUREKTORAT)	126.0000	0.000000
SUP(TEKNIK)	46.00000	0.000000





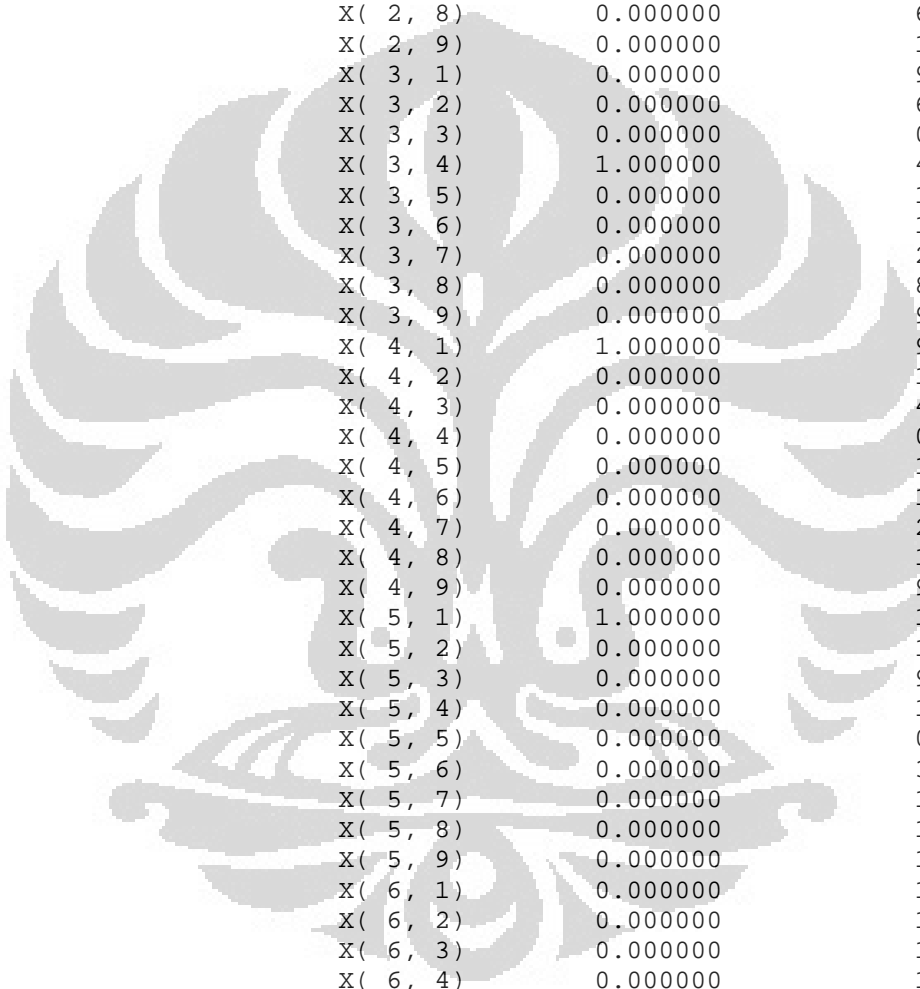
LAMPIRAN G
VRP SOLUTION REPORT

Lampiran G-1. VRP Solution Report
Skenario 1

Global optimal solution found.
 Objective value: 10444.00
 Extended solver steps: 0
 Total solver iterations: 38

Variable	Value	Reduced Cost
VCAP	14.00000	0.000000
VEHCLF	3.642857	0.000000
VEHCLR	4.000000	0.000000
Q(1)	0.000000	0.000000
Q(2)	7.000000	0.000000
Q(3)	5.000000	0.000000
Q(4)	5.000000	0.000000
Q(5)	5.000000	0.000000
Q(6)	5.000000	0.000000
Q(7)	7.000000	0.000000
Q(8)	7.000000	0.000000
Q(9)	10.00000	0.000000
U(1)	0.000000	0.000000
U(2)	14.00000	0.000000
U(3)	5.000000	0.000000
U(4)	10.00000	0.000000
U(5)	10.00000	0.000000
U(6)	5.000000	0.000000
U(7)	7.000000	0.000000
U(8)	7.000000	0.000000
U(9)	10.00000	0.000000
DIST(1, 1)	0.000000	0.000000
DIST(1, 2)	1489.000	0.000000
DIST(1, 3)	998.0000	0.000000
DIST(1, 4)	942.0000	0.000000
DIST(1, 5)	678.0000	0.000000
DIST(1, 6)	787.0000	0.000000
DIST(1, 7)	1575.000	0.000000
DIST(1, 8)	1699.000	0.000000
DIST(1, 9)	0.000000	0.000000
DIST(2, 1)	1413.000	0.000000
DIST(2, 2)	0.000000	0.000000
DIST(2, 3)	691.0000	0.000000
DIST(2, 4)	1029.000	0.000000
DIST(2, 5)	1287.000	0.000000
DIST(2, 6)	1654.000	0.000000
DIST(2, 7)	2011.000	0.000000
DIST(2, 8)	657.0000	0.000000
DIST(2, 9)	1413.000	0.000000
DIST(3, 1)	998.0000	0.000000
DIST(3, 2)	619.0000	0.000000
DIST(3, 3)	0.000000	0.000000
DIST(3, 4)	456.0000	0.000000
DIST(3, 5)	1459.000	0.000000
DIST(3, 6)	1419.000	0.000000
DIST(3, 7)	2185.000	0.000000

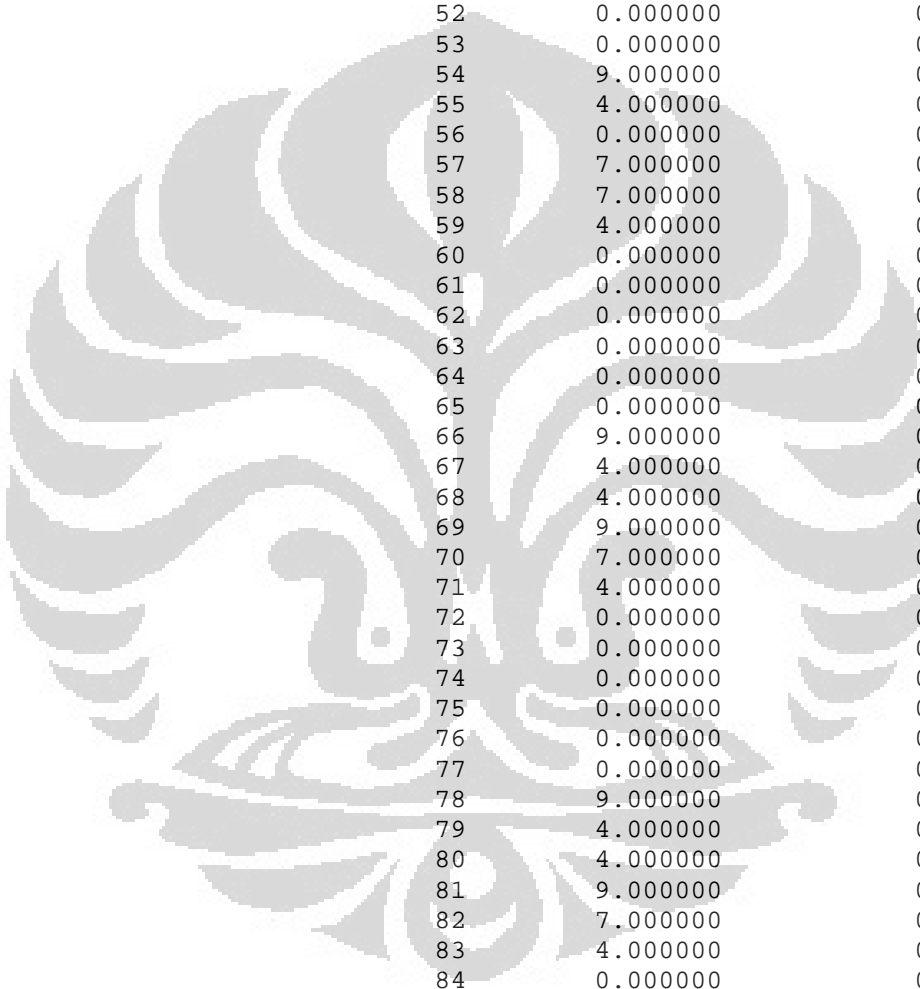
DIST(3, 8)	829.0000	0.000000
DIST(3, 9)	998.0000	0.000000
DIST(4, 1)	942.0000	0.000000
DIST(4, 2)	1075.0000	0.000000
DIST(4, 3)	456.0000	0.000000
DIST(4, 4)	0.000000	0.000000
DIST(4, 5)	1519.0000	0.000000
DIST(4, 6)	1364.0000	0.000000
DIST(4, 7)	2151.0000	0.000000
DIST(4, 8)	1285.0000	0.000000
DIST(4, 9)	942.0000	0.000000
DIST(5, 1)	1226.0000	0.000000
DIST(5, 2)	1373.0000	0.000000
DIST(5, 3)	988.0000	0.000000
DIST(5, 4)	1444.0000	0.000000
DIST(5, 5)	0.000000	0.000000
DIST(5, 6)	367.0000	0.000000
DIST(5, 7)	1879.0000	0.000000
DIST(5, 8)	1583.0000	0.000000
DIST(5, 9)	1226.0000	0.000000
DIST(6, 1)	1593.0000	0.000000
DIST(6, 2)	1740.0000	0.000000
DIST(6, 3)	1355.0000	0.000000
DIST(6, 4)	1811.0000	0.000000
DIST(6, 5)	367.0000	0.000000
DIST(6, 6)	0.000000	0.000000
DIST(6, 7)	1512.0000	0.000000
DIST(6, 8)	1950.0000	0.000000
DIST(6, 9)	1593.0000	0.000000
DIST(7, 1)	825.0000	0.000000
DIST(7, 2)	1767.0000	0.000000
DIST(7, 3)	1457.0000	0.000000
DIST(7, 4)	1401.0000	0.000000
DIST(7, 5)	1289.0000	0.000000
DIST(7, 6)	922.0000	0.000000
DIST(7, 7)	0.000000	0.000000
DIST(7, 8)	1611.0000	0.000000
DIST(7, 9)	825.0000	0.000000
DIST(8, 1)	1122.0000	0.000000
DIST(8, 2)	156.0000	0.000000
DIST(8, 3)	794.0000	0.000000
DIST(8, 4)	738.0000	0.000000
DIST(8, 5)	1443.0000	0.000000
DIST(8, 6)	1543.0000	0.000000
DIST(8, 7)	1721.0000	0.000000
DIST(8, 8)	0.000000	0.000000
DIST(8, 9)	1122.0000	0.000000
DIST(9, 1)	0.000000	0.000000
DIST(9, 2)	1489.0000	0.000000
DIST(9, 3)	998.0000	0.000000
DIST(9, 4)	942.0000	0.000000
DIST(9, 5)	678.0000	0.000000
DIST(9, 6)	787.0000	0.000000
DIST(9, 7)	1575.0000	0.000000
DIST(9, 8)	1699.0000	0.000000
DIST(9, 9)	0.000000	0.000000
X(1, 1)	0.000000	0.000000
X(1, 2)	0.000000	1489.0000
X(1, 3)	1.000000	998.0000



X(1, 4)	0.000000	942.0000
X(1, 5)	0.000000	678.0000
X(1, 6)	1.000000	787.0000
X(1, 7)	1.000000	1575.0000
X(1, 8)	1.000000	1699.0000
X(1, 9)	1.000000	0.000000
X(2, 1)	1.000000	1413.0000
X(2, 2)	0.000000	0.000000
X(2, 3)	0.000000	691.0000
X(2, 4)	0.000000	1029.0000
X(2, 5)	0.000000	1287.0000
X(2, 6)	0.000000	1654.0000
X(2, 7)	0.000000	2011.0000
X(2, 8)	0.000000	657.0000
X(2, 9)	0.000000	1413.0000
X(3, 1)	0.000000	998.0000
X(3, 2)	0.000000	619.0000
X(3, 3)	0.000000	0.000000
X(3, 4)	1.000000	456.0000
X(3, 5)	0.000000	1459.0000
X(3, 6)	0.000000	1419.0000
X(3, 7)	0.000000	2185.0000
X(3, 8)	0.000000	829.0000
X(3, 9)	0.000000	998.0000
X(4, 1)	1.000000	942.0000
X(4, 2)	0.000000	1075.0000
X(4, 3)	0.000000	456.0000
X(4, 4)	0.000000	0.000000
X(4, 5)	0.000000	1519.0000
X(4, 6)	0.000000	1364.0000
X(4, 7)	0.000000	2151.0000
X(4, 8)	0.000000	1285.0000
X(4, 9)	0.000000	942.0000
X(5, 1)	1.000000	1226.0000
X(5, 2)	0.000000	1373.0000
X(5, 3)	0.000000	988.0000
X(5, 4)	0.000000	1444.0000
X(5, 5)	0.000000	0.000000
X(5, 6)	0.000000	367.0000
X(5, 7)	0.000000	1879.0000
X(5, 8)	0.000000	1583.0000
X(5, 9)	0.000000	1226.0000
X(6, 1)	0.000000	1593.0000
X(6, 2)	0.000000	1740.0000
X(6, 3)	0.000000	1355.0000
X(6, 4)	0.000000	1811.0000
X(6, 5)	1.000000	367.0000
X(6, 6)	0.000000	0.000000
X(6, 7)	0.000000	1512.0000
X(6, 8)	0.000000	1950.0000
X(6, 9)	0.000000	1593.0000
X(7, 1)	1.000000	825.0000
X(7, 2)	0.000000	1767.0000
X(7, 3)	0.000000	1457.0000
X(7, 4)	0.000000	1401.0000
X(7, 5)	0.000000	1289.0000
X(7, 6)	0.000000	922.0000
X(7, 7)	0.000000	0.000000
X(7, 8)	0.000000	1611.0000

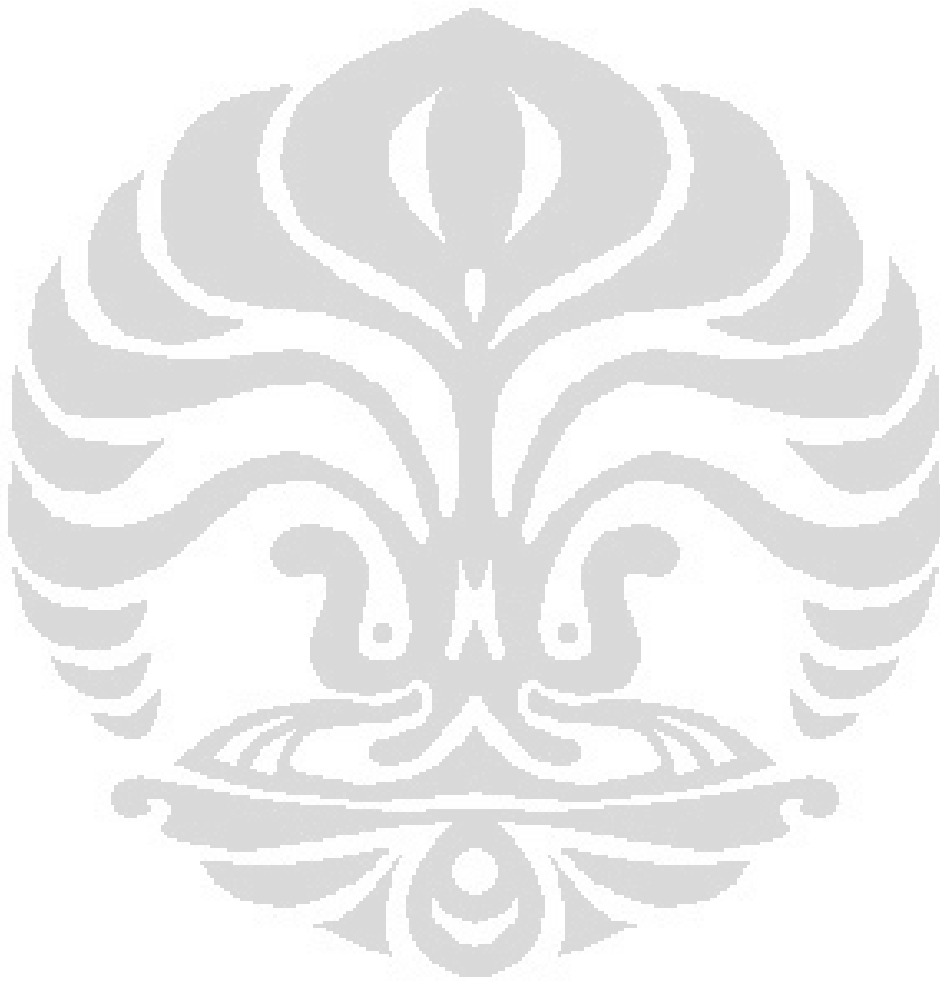
X(7, 9)	0.000000	825.0000
X(8, 1)	0.000000	1122.000
X(8, 2)	1.000000	156.0000
X(8, 3)	0.000000	794.0000
X(8, 4)	0.000000	738.0000
X(8, 5)	0.000000	1443.000
X(8, 6)	0.000000	1543.000
X(8, 7)	0.000000	1721.000
X(8, 8)	0.000000	0.000000
X(8, 9)	0.000000	1122.000
X(9, 1)	1.000000	0.000000
X(9, 2)	0.000000	1489.000
X(9, 3)	0.000000	998.0000
X(9, 4)	0.000000	942.0000
X(9, 5)	0.000000	678.0000
X(9, 6)	0.000000	787.0000
X(9, 7)	0.000000	1575.000
X(9, 8)	0.000000	1699.000
X(9, 9)	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	10444.00	-1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000
5	16.00000	0.000000
6	11.00000	0.000000
7	11.00000	0.000000
8	16.00000	0.000000
9	14.00000	0.000000
10	0.000000	0.000000
11	11.00000	0.000000
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	0.000000
16	0.000000	0.000000
17	0.000000	0.000000
18	0.000000	0.000000
19	4.000000	0.000000
20	9.000000	0.000000
21	7.000000	0.000000
22	7.000000	0.000000
23	4.000000	0.000000
24	0.000000	0.000000
25	0.000000	0.000000
26	0.000000	0.000000
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	0.000000
29	5.000000	0.000000
30	0.000000	0.000000
31	9.000000	0.000000
32	14.00000	0.000000
33	12.00000	0.000000
34	12.00000	0.000000
35	9.000000	0.000000
36	4.000000	0.000000
37	0.000000	0.000000
38	0.000000	0.000000



39	0.000000	0.000000
40	0.000000	0.000000
41	5.000000	0.000000
42	14.000000	0.000000
43	9.000000	0.000000
44	0.000000	0.000000
45	12.000000	0.000000
46	12.000000	0.000000
47	9.000000	0.000000
48	4.000000	0.000000
49	0.000000	0.000000
50	0.000000	0.000000
51	0.000000	0.000000
52	0.000000	0.000000
53	0.000000	0.000000
54	9.000000	0.000000
55	4.000000	0.000000
56	0.000000	0.000000
57	7.000000	0.000000
58	7.000000	0.000000
59	4.000000	0.000000
60	0.000000	0.000000
61	0.000000	0.000000
62	0.000000	0.000000
63	0.000000	0.000000
64	0.000000	0.000000
65	0.000000	0.000000
66	9.000000	0.000000
67	4.000000	0.000000
68	4.000000	0.000000
69	9.000000	0.000000
70	7.000000	0.000000
71	4.000000	0.000000
72	0.000000	0.000000
73	0.000000	0.000000
74	0.000000	0.000000
75	0.000000	0.000000
76	0.000000	0.000000
77	0.000000	0.000000
78	9.000000	0.000000
79	4.000000	0.000000
80	4.000000	0.000000
81	9.000000	0.000000
82	7.000000	0.000000
83	4.000000	0.000000
84	0.000000	0.000000
85	0.000000	0.000000
86	0.000000	0.000000
87	0.000000	0.000000
88	0.000000	0.000000
89	0.000000	0.000000
90	9.000000	0.000000
91	4.000000	0.000000
92	4.000000	0.000000
93	9.000000	0.000000
94	7.000000	0.000000
95	7.000000	0.000000
96	0.000000	0.000000
97	0.000000	0.000000

98	0.000000	0.000000
99	0.000000	0.000000
100	1.000000	0.000000



Lampiran G-2. VRP Solution Report
Skenario 4 – PAU Rektorat

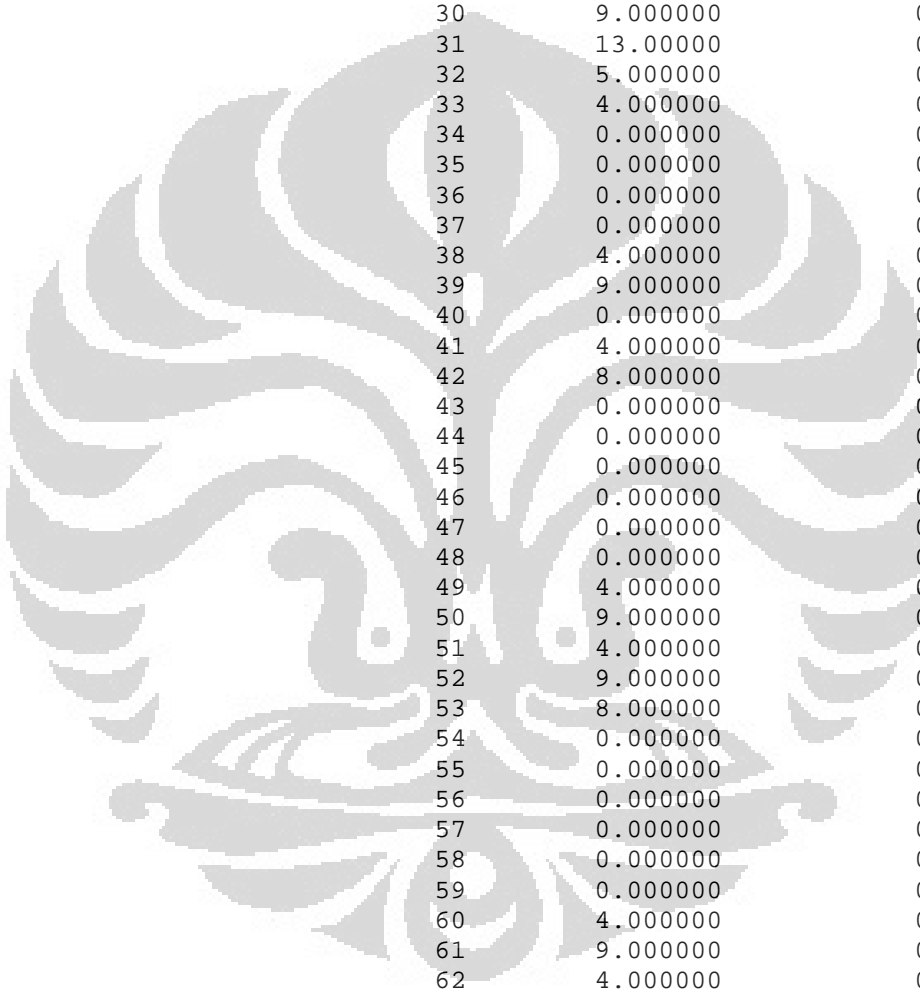
Global optimal solution found.
 Objective value: 7460.000
 Extended solver steps: 0
 Total solver iterations: 281

Variable	Value	Reduced Cost
VCAP	14.00000	0.000000
VEHCLF	3.571429	0.000000
VEHCLR	4.000000	0.000000
Q(1)	0.000000	0.000000
Q(2)	5.000000	0.000000
Q(3)	5.000000	0.000000
Q(4)	5.000000	0.000000
Q(5)	5.000000	0.000000
Q(6)	10.00000	0.000000
Q(7)	6.000000	0.000000
Q(8)	14.00000	0.000000
U(1)	0.000000	0.000000
U(2)	10.00000	0.000000
U(3)	5.000000	0.000000
U(4)	10.00000	0.000000
U(5)	5.000000	0.000000
U(6)	10.00000	0.000000
U(7)	6.000000	0.000000
U(8)	14.00000	0.000000
DIST(1, 1)	0.000000	0.000000
DIST(1, 2)	998.0000	0.000000
DIST(1, 3)	942.0000	0.000000
DIST(1, 4)	678.0000	0.000000
DIST(1, 5)	787.0000	0.000000
DIST(1, 6)	0.000000	0.000000
DIST(1, 7)	629.0000	0.000000
DIST(1, 8)	629.0000	0.000000
DIST(2, 1)	998.0000	0.000000
DIST(2, 2)	0.000000	0.000000
DIST(2, 3)	456.0000	0.000000
DIST(2, 4)	1459.000	0.000000
DIST(2, 5)	1419.000	0.000000
DIST(2, 6)	998.0000	0.000000
DIST(2, 7)	1432.000	0.000000
DIST(2, 8)	1432.000	0.000000
DIST(3, 1)	942.0000	0.000000
DIST(3, 2)	456.0000	0.000000
DIST(3, 3)	0.000000	0.000000
DIST(3, 4)	1519.000	0.000000
DIST(3, 5)	1010.000	0.000000
DIST(3, 6)	942.0000	0.000000
DIST(3, 7)	1470.000	0.000000
DIST(3, 8)	1470.000	0.000000
DIST(4, 1)	1226.000	0.000000
DIST(4, 2)	988.0000	0.000000
DIST(4, 3)	1444.000	0.000000
DIST(4, 4)	0.000000	0.000000

DIST(4, 5)	367.0000	0.000000
DIST(4, 6)	1226.000	0.000000
DIST(4, 7)	513.0000	0.000000
DIST(4, 8)	513.0000	0.000000
DIST(5, 1)	1593.000	0.000000
DIST(5, 2)	1355.000	0.000000
DIST(5, 3)	1811.000	0.000000
DIST(5, 4)	367.0000	0.000000
DIST(5, 5)	0.000000	0.000000
DIST(5, 6)	1593.000	0.000000
DIST(5, 7)	880.0000	0.000000
DIST(5, 8)	880.0000	0.000000
DIST(6, 1)	0.000000	0.000000
DIST(6, 2)	998.0000	0.000000
DIST(6, 3)	942.0000	0.000000
DIST(6, 4)	678.0000	0.000000
DIST(6, 5)	787.0000	0.000000
DIST(6, 6)	0.000000	0.000000
DIST(6, 7)	629.0000	0.000000
DIST(6, 8)	629.0000	0.000000
DIST(7, 1)	713.0000	0.000000
DIST(7, 2)	475.0000	0.000000
DIST(7, 3)	931.0000	0.000000
DIST(7, 4)	661.0000	0.000000
DIST(7, 5)	832.0000	0.000000
DIST(7, 6)	713.0000	0.000000
DIST(7, 7)	0.000000	0.000000
DIST(7, 8)	0.000000	0.000000
DIST(8, 1)	713.0000	0.000000
DIST(8, 2)	475.0000	0.000000
DIST(8, 3)	931.0000	0.000000
DIST(8, 4)	661.0000	0.000000
DIST(8, 5)	832.0000	0.000000
DIST(8, 6)	713.0000	0.000000
DIST(8, 7)	0.000000	0.000000
DIST(8, 8)	0.000000	0.000000
X(1, 1)	0.000000	0.000000
X(1, 2)	0.000000	998.0000
X(1, 3)	1.000000	942.0000
X(1, 4)	0.000000	678.0000
X(1, 5)	1.000000	787.0000
X(1, 6)	1.000000	0.000000
X(1, 7)	1.000000	629.0000
X(1, 8)	1.000000	0.000000
X(2, 1)	1.000000	998.0000
X(2, 2)	0.000000	0.000000
X(2, 3)	0.000000	456.0000
X(2, 4)	0.000000	1459.000
X(2, 5)	0.000000	1419.000
X(2, 6)	0.000000	998.0000
X(2, 7)	0.000000	1432.000
X(2, 8)	0.000000	1432.000
X(3, 1)	0.000000	942.0000
X(3, 2)	1.000000	456.0000
X(3, 3)	0.000000	0.000000
X(3, 4)	0.000000	1519.000
X(3, 5)	0.000000	1010.000
X(3, 6)	0.000000	942.0000
X(3, 7)	0.000000	1470.000

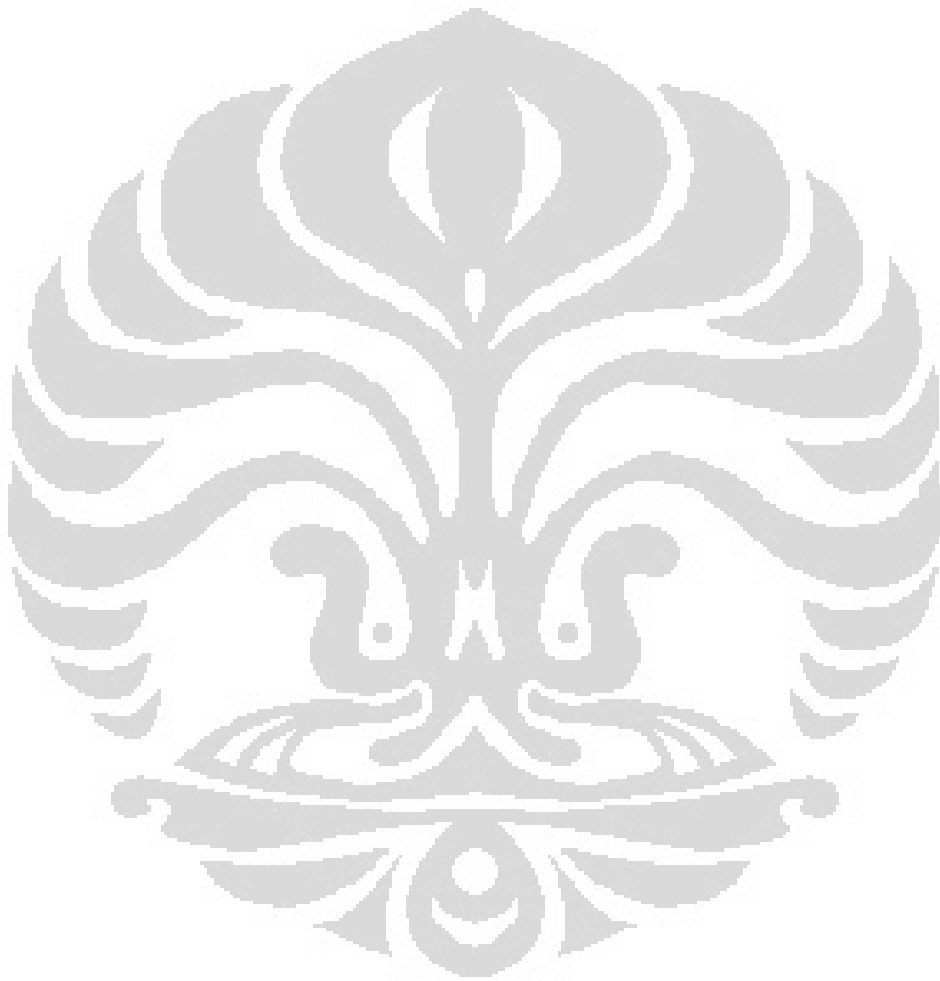
X(3, 8)	0.000000	1470.000
X(4, 1)	1.000000	1226.000
X(4, 2)	0.000000	988.0000
X(4, 3)	0.000000	1444.000
X(4, 4)	0.000000	0.000000
X(4, 5)	0.000000	367.0000
X(4, 6)	0.000000	1226.000
X(4, 7)	0.000000	513.0000
X(4, 8)	0.000000	513.0000
X(5, 1)	0.000000	1593.000
X(5, 2)	0.000000	1355.000
X(5, 3)	0.000000	1811.000
X(5, 4)	1.000000	367.0000
X(5, 5)	0.000000	0.000000
X(5, 6)	0.000000	1593.000
X(5, 7)	0.000000	880.0000
X(5, 8)	0.000000	880.0000
X(6, 1)	1.000000	0.000000
X(6, 2)	0.000000	998.0000
X(6, 3)	0.000000	942.0000
X(6, 4)	0.000000	678.0000
X(6, 5)	0.000000	787.0000
X(6, 6)	0.000000	0.000000
X(6, 7)	0.000000	629.0000
X(6, 8)	0.000000	629.0000
X(7, 1)	1.000000	713.0000
X(7, 2)	0.000000	475.0000
X(7, 3)	0.000000	931.0000
X(7, 4)	0.000000	661.0000
X(7, 5)	0.000000	832.0000
X(7, 6)	0.000000	713.0000
X(7, 7)	0.000000	0.000000
X(7, 8)	0.000000	0.000000
X(8, 1)	1.000000	0.000000
X(8, 2)	0.000000	475.0000
X(8, 3)	0.000000	931.0000
X(8, 4)	0.000000	661.0000
X(8, 5)	0.000000	832.0000
X(8, 6)	0.000000	713.0000
X(8, 7)	0.000000	0.000000
X(8, 8)	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	7460.000	-1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	9.000000	0.000000
7	14.00000	0.000000
8	9.000000	0.000000
9	13.00000	0.000000
10	5.000000	0.000000
11	4.000000	0.000000
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	0.000000
16	0.000000	0.000000



17	4.000000	0.000000
18	9.000000	0.000000
19	4.000000	0.000000
20	8.000000	0.000000
21	0.000000	0.000000
22	0.000000	0.000000
23	0.000000	0.000000
24	0.000000	0.000000
25	0.000000	0.000000
26	0.000000	0.000000
27	9.000000	0.000000
28	14.000000	0.000000
29	0.000000	0.000000
30	9.000000	0.000000
31	13.000000	0.000000
32	5.000000	0.000000
33	4.000000	0.000000
34	0.000000	0.000000
35	0.000000	0.000000
36	0.000000	0.000000
37	0.000000	0.000000
38	4.000000	0.000000
39	9.000000	0.000000
40	0.000000	0.000000
41	4.000000	0.000000
42	8.000000	0.000000
43	0.000000	0.000000
44	0.000000	0.000000
45	0.000000	0.000000
46	0.000000	0.000000
47	0.000000	0.000000
48	0.000000	0.000000
49	4.000000	0.000000
50	9.000000	0.000000
51	4.000000	0.000000
52	9.000000	0.000000
53	8.000000	0.000000
54	0.000000	0.000000
55	0.000000	0.000000
56	0.000000	0.000000
57	0.000000	0.000000
58	0.000000	0.000000
59	0.000000	0.000000
60	4.000000	0.000000
61	9.000000	0.000000
62	4.000000	0.000000
63	9.000000	0.000000
64	4.000000	0.000000
65	0.000000	0.000000
66	0.000000	0.000000
67	0.000000	0.000000
68	0.000000	0.000000
69	0.000000	-629.0000
70	0.000000	-713.0000
71	4.000000	0.000000
72	9.000000	0.000000
73	4.000000	0.000000
74	9.000000	0.000000
75	4.000000	0.000000

76	8.000000	0.000000
77	0.000000	0.000000
78	0.000000	0.000000
79	0.000000	0.000000
80	0.000000	0.000000
81	1.000000	0.000000



Lampiran G-3. VRP Solution Report
Skenario 4 – Fakultas Teknik

Global optimal solution found.
 Objective value: 13996.00
 Extended solver steps: 0
 Total solver iterations: 16

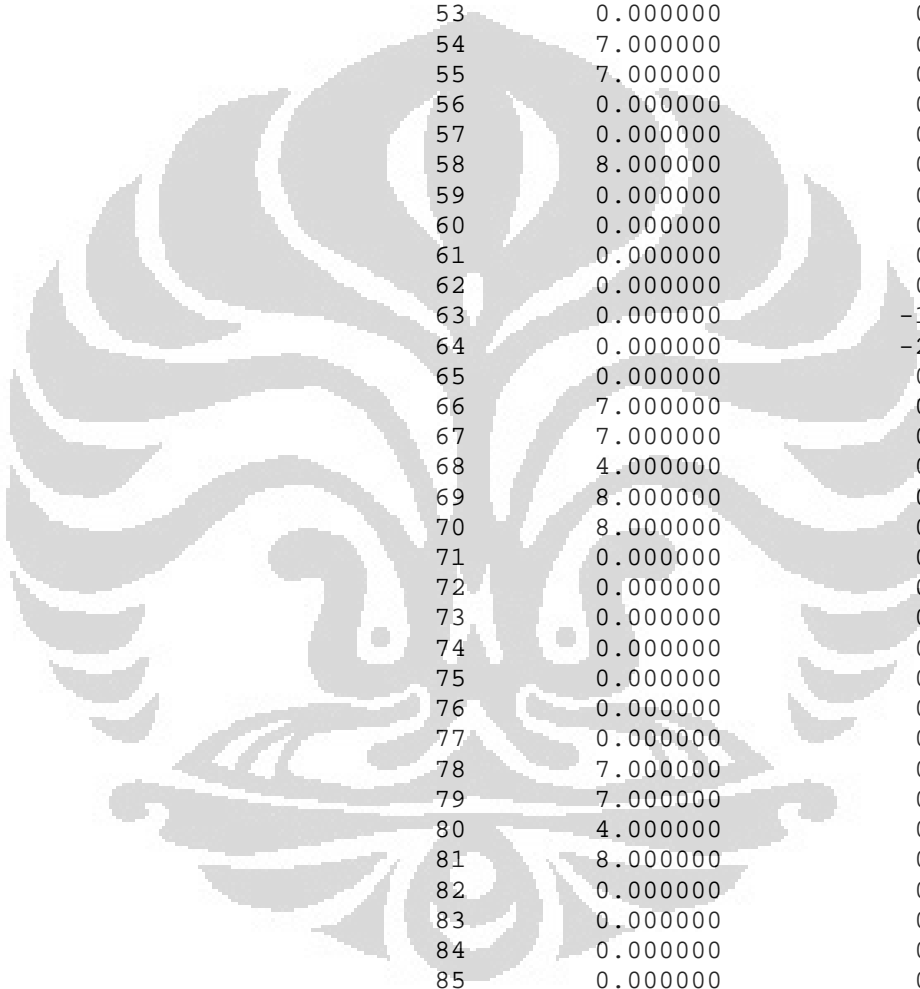
Variable	Value	Reduced Cost
VCAP	14.00000	0.000000
VEHCLF	4.642857	0.000000
VEHCLR	5.000000	0.000000
Q(1)	0.000000	0.000000
Q(2)	7.000000	0.000000
Q(3)	7.000000	0.000000
Q(4)	7.000000	0.000000
Q(5)	4.000000	0.000000
Q(6)	6.000000	0.000000
Q(7)	14.00000	0.000000
Q(8)	6.000000	0.000000
Q(9)	14.00000	0.000000
U(1)	0.000000	0.000000
U(2)	14.00000	0.000000
U(3)	7.000000	0.000000
U(4)	7.000000	0.000000
U(5)	10.00000	0.000000
U(6)	6.000000	0.000000
U(7)	14.00000	0.000000
U(8)	6.000000	0.000000
U(9)	14.00000	0.000000
DIST(1, 1)	0.000000	0.000000
DIST(1, 2)	1113.000	0.000000
DIST(1, 3)	710.0000	0.000000
DIST(1, 4)	957.0000	0.000000
DIST(1, 5)	3103.000	0.000000
DIST(1, 6)	1333.000	0.000000
DIST(1, 7)	1333.000	0.000000
DIST(1, 8)	0.000000	0.000000
DIST(1, 9)	0.000000	0.000000
DIST(2, 1)	1469.000	0.000000
DIST(2, 2)	0.000000	0.000000
DIST(2, 3)	2179.000	0.000000
DIST(2, 4)	657.0000	0.000000
DIST(2, 5)	1990.000	0.000000
DIST(2, 6)	220.0000	0.000000
DIST(2, 7)	220.0000	0.000000
DIST(2, 8)	1469.000	0.000000
DIST(2, 9)	1469.000	0.000000
DIST(3, 1)	654.0000	0.000000
DIST(3, 2)	1767.000	0.000000
DIST(3, 3)	0.000000	0.000000
DIST(3, 4)	1611.000	0.000000
DIST(3, 5)	3741.000	0.000000
DIST(3, 6)	1971.000	0.000000
DIST(3, 7)	1971.000	0.000000
DIST(3, 8)	654.0000	0.000000

DIST(3, 9)	654.0000	0.000000
DIST(4, 1)	1178.000	0.000000
DIST(4, 2)	156.0000	0.000000
DIST(4, 3)	1888.000	0.000000
DIST(4, 4)	0.000000	0.000000
DIST(4, 5)	2145.000	0.000000
DIST(4, 6)	376.0000	0.000000
DIST(4, 7)	376.0000	0.000000
DIST(4, 8)	1178.000	0.000000
DIST(4, 9)	1178.000	0.000000
DIST(5, 1)	3339.000	0.000000
DIST(5, 2)	2316.000	0.000000
DIST(5, 3)	4049.000	0.000000
DIST(5, 4)	2527.000	0.000000
DIST(5, 5)	0.000000	0.000000
DIST(5, 6)	2212.000	0.000000
DIST(5, 7)	2212.000	0.000000
DIST(5, 8)	3339.000	0.000000
DIST(5, 9)	3339.000	0.000000
DIST(6, 1)	2275.000	0.000000
DIST(6, 2)	1253.000	0.000000
DIST(6, 3)	2985.000	0.000000
DIST(6, 4)	1463.000	0.000000
DIST(6, 5)	1770.000	0.000000
DIST(6, 6)	0.000000	0.000000
DIST(6, 7)	0.000000	0.000000
DIST(6, 8)	2275.000	0.000000
DIST(6, 9)	2275.000	0.000000
DIST(7, 1)	2275.000	0.000000
DIST(7, 2)	1253.000	0.000000
DIST(7, 3)	2985.000	0.000000
DIST(7, 4)	1463.000	0.000000
DIST(7, 5)	1770.000	0.000000
DIST(7, 6)	0.000000	0.000000
DIST(7, 7)	0.000000	0.000000
DIST(7, 8)	2275.000	0.000000
DIST(7, 9)	2275.000	0.000000
DIST(8, 1)	0.000000	0.000000
DIST(8, 2)	1113.000	0.000000
DIST(8, 3)	710.0000	0.000000
DIST(8, 4)	957.0000	0.000000
DIST(8, 5)	3103.000	0.000000
DIST(8, 6)	1333.000	0.000000
DIST(8, 7)	1333.000	0.000000
DIST(8, 8)	0.000000	0.000000
DIST(8, 9)	0.000000	0.000000
DIST(9, 1)	0.000000	0.000000
DIST(9, 2)	1113.000	0.000000
DIST(9, 3)	710.0000	0.000000
DIST(9, 4)	957.0000	0.000000
DIST(9, 5)	3103.000	0.000000
DIST(9, 6)	1333.000	0.000000
DIST(9, 7)	1333.000	0.000000
DIST(9, 8)	0.000000	0.000000
DIST(9, 9)	0.000000	0.000000
X(1, 1)	0.000000	0.000000
X(1, 2)	0.000000	1113.000
X(1, 3)	1.000000	710.0000
X(1, 4)	1.000000	957.0000

X(1, 5)	0.000000	3103.000
X(1, 6)	1.000000	1333.000
X(1, 7)	1.000000	0.000000
X(1, 8)	1.000000	0.000000
X(1, 9)	1.000000	0.000000
X(2, 1)	1.000000	1469.000
X(2, 2)	0.000000	0.000000
X(2, 3)	0.000000	2179.000
X(2, 4)	0.000000	657.0000
X(2, 5)	0.000000	1990.000
X(2, 6)	0.000000	220.0000
X(2, 7)	0.000000	220.0000
X(2, 8)	0.000000	1469.000
X(2, 9)	0.000000	1469.000
X(3, 1)	1.000000	654.0000
X(3, 2)	0.000000	1767.000
X(3, 3)	0.000000	0.000000
X(3, 4)	0.000000	1611.000
X(3, 5)	0.000000	3741.000
X(3, 6)	0.000000	1971.000
X(3, 7)	0.000000	1971.000
X(3, 8)	0.000000	654.0000
X(3, 9)	0.000000	654.0000
X(4, 1)	0.000000	1178.000
X(4, 2)	1.000000	156.0000
X(4, 3)	0.000000	1888.000
X(4, 4)	0.000000	0.000000
X(4, 5)	0.000000	2145.000
X(4, 6)	0.000000	376.0000
X(4, 7)	0.000000	376.0000
X(4, 8)	0.000000	1178.000
X(4, 9)	0.000000	1178.000
X(5, 1)	1.000000	3339.000
X(5, 2)	0.000000	2316.000
X(5, 3)	0.000000	4049.000
X(5, 4)	0.000000	2527.000
X(5, 5)	0.000000	0.000000
X(5, 6)	0.000000	2212.000
X(5, 7)	0.000000	2212.000
X(5, 8)	0.000000	3339.000
X(5, 9)	0.000000	3339.000
X(6, 1)	0.000000	2275.000
X(6, 2)	0.000000	1253.000
X(6, 3)	0.000000	2985.000
X(6, 4)	0.000000	1463.000
X(6, 5)	1.000000	1770.000
X(6, 6)	0.000000	0.000000
X(6, 7)	0.000000	0.000000
X(6, 8)	0.000000	2275.000
X(6, 9)	0.000000	2275.000
X(7, 1)	1.000000	0.000000
X(7, 2)	0.000000	1253.000
X(7, 3)	0.000000	2985.000
X(7, 4)	0.000000	1463.000
X(7, 5)	0.000000	1770.000
X(7, 6)	0.000000	0.000000
X(7, 7)	0.000000	0.000000
X(7, 8)	0.000000	2275.000
X(7, 9)	0.000000	2275.000

X(8, 1)	1.000000	0.000000
X(8, 2)	0.000000	1113.000
X(8, 3)	0.000000	710.0000
X(8, 4)	0.000000	957.0000
X(8, 5)	0.000000	3103.000
X(8, 6)	0.000000	1333.000
X(8, 7)	0.000000	1333.000
X(8, 8)	0.000000	0.000000
X(8, 9)	0.000000	0.000000
X(9, 1)	1.000000	0.000000
X(9, 2)	0.000000	1113.000
X(9, 3)	0.000000	710.0000
X(9, 4)	0.000000	957.0000
X(9, 5)	0.000000	3103.000
X(9, 6)	0.000000	1333.000
X(9, 7)	0.000000	1333.000
X(9, 8)	0.000000	0.000000
X(9, 9)	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	13996.00	-1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000
5	14.00000	0.000000
6	0.000000	0.000000
7	11.00000	0.000000
8	15.00000	0.000000
9	7.000000	0.000000
10	15.00000	0.000000
11	7.000000	0.000000
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	0.000000
16	0.000000	0.000000
17	0.000000	0.000000
18	7.000000	0.000000
19	4.000000	0.000000
20	8.000000	0.000000
21	0.000000	0.000000
22	8.000000	0.000000
23	0.000000	0.000000
24	0.000000	0.000000
25	0.000000	0.000000
26	0.000000	0.000000
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	0.000000
29	0.000000	0.000000
30	7.000000	0.000000
31	4.000000	0.000000
32	8.000000	0.000000
33	0.000000	0.000000
34	8.000000	0.000000
35	0.000000	0.000000
36	0.000000	0.000000
37	0.000000	0.000000
38	0.000000	0.000000
39	0.000000	0.000000



40	0.000000	0.000000
41	6.000000	0.000000
42	13.000000	0.000000
43	13.000000	0.000000
44	0.000000	0.000000
45	6.000000	0.000000
46	14.000000	0.000000
47	6.000000	0.000000
48	4.000000	0.000000
49	0.000000	0.000000
50	0.000000	0.000000
51	0.000000	0.000000
52	0.000000	0.000000
53	0.000000	0.000000
54	7.000000	0.000000
55	7.000000	0.000000
56	0.000000	0.000000
57	0.000000	0.000000
58	8.000000	0.000000
59	0.000000	0.000000
60	0.000000	0.000000
61	0.000000	0.000000
62	0.000000	0.000000
63	0.000000	-1333.000
64	0.000000	-2275.000
65	0.000000	0.000000
66	7.000000	0.000000
67	7.000000	0.000000
68	4.000000	0.000000
69	8.000000	0.000000
70	8.000000	0.000000
71	0.000000	0.000000
72	0.000000	0.000000
73	0.000000	0.000000
74	0.000000	0.000000
75	0.000000	0.000000
76	0.000000	0.000000
77	0.000000	0.000000
78	7.000000	0.000000
79	7.000000	0.000000
80	4.000000	0.000000
81	8.000000	0.000000
82	0.000000	0.000000
83	0.000000	0.000000
84	0.000000	0.000000
85	0.000000	0.000000
86	0.000000	0.000000
87	0.000000	0.000000
88	0.000000	0.000000
89	0.000000	0.000000
90	7.000000	0.000000
91	7.000000	0.000000
92	4.000000	0.000000
93	8.000000	0.000000
94	0.000000	0.000000
95	8.000000	0.000000
96	0.000000	0.000000
97	0.000000	0.000000
98	0.000000	0.000000

99	0.000000	0.000000
100	1.000000	0.000000

