



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

**ALGORITMA ANT COLONY SYSTEM UNTUK
MENYELESAIKAN MULTI DEPOT VEHICLE
ROUTING PROBLEM DENGAN
VARIABEL TRAVEL TIME**

Rosyid Hadi Nugroho
NRP 2210100160

Dosen Pembimbing
Nurlita Gamayanti, S.T., M.T.
Prof. Ir. Abdullah Alkaff, M.Sc., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 141599

**ANT COLONY SYSTEM ALGORITHM TO SOLVE MULTI
DEPOT VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH
TRAVEL TIME VARIABLE**

Rosyid Hadi Nugroho
NRP 2210100160

Advisor
Nurlita Gamayanti, S.T., M.T.
Prof. Ir. Abdullah Alkaff, M.Sc., Ph.D.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

**ALGORITMA ANT COLONY SYSTEM UNTUK
MENYELESAIKAN MULTI DEPOT
VEHICLE ROUTING PROBLEM
DENGAN VARIABEL
TRAVEL TIME**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,


Nurlita Gamayanti, S.T., M.T.
NIP. 1978 12 01 2002 12 2002


Prof. Ir. Abdullah Alkaff, M.Sc., Ph.D.
NIP. 1955 01 23 1980 03 1002

**SURABAYA
JANUARI, 2015**

**ALGORITMA *ANT COLONY SYSTEM* UNTUK
MENYELESAIKAN *MULTI DEPOT*
VEHICLE ROUTING PROBLEM
DENGAN VARIABEL
*TRAVEL TIME***

Nama : Rosyid Hadi Nugroho
Pembimbing I : Nurlita Gamayanti, S.T., M.T.
Pembimbing II : Prof. Ir. Abdullah Alkaff, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Seiring dengan berkembangnya dunia industri yang menjadikan masalah distribusi produk bertambah kompleks, perusahaan dituntut untuk dapat melakukan distribusi secara efisien. Penelitian ini membahas tentang optimasi pada distribusi hasil produksi yang mencakup sistem perancangan rute dan penentuan urutan pelayanan konsumen. Permasalahan tersebut dimodelkan sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan *time window*. Seiring dengan meningkatnya permintaan konsumen, suatu perusahaan dapat memiliki lebih dari satu depo untuk memenuhi permintaan. Kasus seperti ini selanjutnya dimodelkan sebagai *Multi Depot Vehicle Routing Problem* (MDVRP). Terdapat dua tahapan untuk menyelesaikan MDVRP yaitu *clustering* dan *assignment*. Dalam *clustering* digunakan metode *Simplified Parallel Assignment*, sedangkan untuk *assignment* digunakan metode *Ant Colony System*. Pada akhir penelitian, metode *Ant Colony System* dibandingkan dengan metode *Simulated Annealing* dan *Particle Swarm Optimization*. Dari hasil simulasi metode *Particle Swarm Optimization* mampu menghasilkan *travel time* minimum. Sedangkan hasil algoritma *ant colony system* terbukti tidak mengalami perubahan yang signifikan saat mengalami perubahan parameter, termasuk perubahan permintaan konsumen dan persediaan depo.

Kata kunci: *Ant Colony System*, *assignment*, *clustering*, MDVRP, optimisasi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

***ANT COLONY SYSTEM ALGORITHM TO SOLVE
MULTI DEPOT VEHICLE ROUTING
PROBLEM WITH TRAVEL
TIME VARIABLE***

Name : Rosyid Hadi Nugroho
Advisor : Nurlita Gamayanti, S.T., M.T.
Prof. Ir. Abdullah Alkaff, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

With the growing business and hence increase in the complexity of products distribution, minimizing the cost of logistics becomes a significant factor in reducing the overall cost. This research discuss about optimization of products distribution including route planning-system and assignment of the daily products delivery. This problem can be modelled as Vehicle Routing Problem (VRP) with time window. As the increasing of consumer's demands, the company may have more than one storehouse / depot in a city. Thus, it can be modelled as Multi Depot Vehicle Routing Problem (MDVRP). There are two step to solve MDVRP, those are clustering and assignment. In the clustering problem, Simplified Parallel Assignment was used while to solve the assignment problem, Ant Colony System was used in this research. At the end of this research, two others method were used for comparison, those are are Simulated Annealing and Particle Swarm Optimization. As the result of simulation, Particle Swarm Optimization methods has proven give the best result with minimum travel time, while the excellence of ACS itself is not showing a major change of travel time in the change of parameter including consumer demand and depot capacity.

Keywords: *Ant Colony System, assignment, clustering, MDVRP, optimization.*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Segala Puji bagi Allah SWT atas segala nikmat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul: ***“Algoritma Ant Colony System Untuk Menyelesaikan Multi Depot Vehicle Routing Problem Dengan Variabel Travel Time”***. Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk mencapai Gelar Sarjana Teknik pada Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Pada kesempatan yang berbahagia ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu baik secara langsung maupun tidak langsung, hingga penelitian Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Khususnya kepada Ibu, Bapak, Mbak Fatma dan Mbak Nita. Terimakasih atas doa dan dukungannya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terima kasih juga kepada Ibu Nurlita Gamayanti dan Bapak Abdullah Alkaff selaku dosen pembimbing penulis yang terus memberikan bimbingan terbaiknya kepada penulis. Terima kasih kepada Mas Vonda (e49) dan Ojan (e50) yang telah membantu pembuatan program. Terima kasih kepada teman-teman anggota Laboratorium Analisa Sistem yang telah banyak membantu penulis, teman-teman e50, khususnya Partai Humor e50 yang terus memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini, mohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dalam pengembangan keilmuan ke depannya.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN

JUDUL	
LEMBAR PERNYATAAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Relevansi	6
BAB II DASAR TEORI	7
2.1. Permasalahan Jaringan	7
2.2. <i>Graph</i>	8
2.2.1. Notasi <i>Graph</i>	8
2.2.2. <i>Node</i>	8
2.2.3. <i>Arc</i>	9
2.3. <i>Routing Problem</i>	9
2.3.1. TSP	10
2.3.2. VRP	10
2.3.3. VRPTW	12
2.3.4. MDVRPTW	13
2.4. Strategi Menentukan Depo	13
2.4.1. <i>Simplified Parallel Assignment</i>	14
2.4.2. <i>Simplified Assignment</i>	15
2.4.3. <i>Cyclic Assignment</i>	16
2.4.4. <i>Coefficient Propagation</i>	16

2.4.5. <i>Three Chrriteria Clustering</i>	17
2.4.6. <i>Sweep Assignment</i>	17
2.5. Penyelesaian <i>Vehicle Routing Problem</i>	18
2.5.1. Solusi Eksak.....	18
2.5.2. Heuristik.....	18
2.5.3. Metaheuristik.....	19
2.6. <i>Ant Colony Optimization (ACO)</i>	19
2.6.1. <i>State Transition Rule</i>	20
2.6.2. <i>Local Pheromone Update</i>	21
2.6.3. <i>Global Pheromone Update</i>	21
2.7. Algoritma Dijkstra.....	21
BAB III PERANCANGAN SISTEM	23
3.1. Pengembangan Model MDVRPTW	23
3.1.1. Model Matematis MDVRPTW	23
3.1.2. Alur Pengerjaan MDVRPTW	25
3.2. Pemodelan Jalan Dalam Bentuk <i>Graph</i>	27
3.3. Penentuan Nilai Waktu Tempuh.....	29
3.4. Tahapan <i>Simplified Parallel Assignment</i>	30
3.5. Tahapan <i>Ant Colony System</i>	31
3.5.1. Inialisasi Feromon	31
3.5.2. <i>State Transition Rule</i>	32
3.5.3. <i>Local Pheromone Update</i>	32
3.5.4. <i>Global Pheromone Update</i>	33
3.6. Parameter <i>Tuning ACS</i>	33
3.7. Perancangan Perangkat Lunak.....	34
3.8. Perancangan <i>Graphical User Interface (GUI)</i>	34
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM	39
4.1 Pengumpulan Data.....	39
4.1.1 Data Ruas Jalan.....	39
4.1.2 Data Aturan Ruas Jalan.....	40
4.1.3 Data Lokasi Konsumen dan Depo	40
4.1.4 Data Rute Pelayanan Konsumen.....	40
4.2 Pengolahan Data	40
4.2.1 Pengolahan Data Jalan	40
4.2.2 Pengolahan Data Pemesanan Pelanggan.....	41
4.3 Pengujian Algoritma	41

4.4	Pemilihan Parameter Ant Colony System	43
4.4.1	Pengaruh Nilai Parameter ACS	46
4.4.2	Hasil Pemilihan Parameter ACS	48
4.5	Hasil Simulasi	48
4.5.1	Hasil <i>Clustering</i>	48
4.5.2	Hasil Optimasi Depo 1	49
4.5.3	Hasil Optimasi Depo 2	57
4.5.4	Hasil Optimasi Depo 3	60
4.6	Analisa Sensitivitas	64
4.7	Perbandingan Dengan Metode Lain	70
BAB V PENUTUP		73
5.1.	Kesimpulan	73
5.2.	Saran	73
DAFTAR PUSTAKA		75
LAMPIRAN.....		77
A.	Tabel data jaringan jalan di Surabaya.....	77
B.	Tabel karakteristik ruas jalan Surabaya	97
RIWAYAT HIDUP		117

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 3.1 Atribut ruas jalan	28
Tabel 3.2 Atribut aturan ruas jalan	28
Tabel 4.1 Data depot pengujian	41
Tabel 4.2 Data konsumen pengujian	41
Tabel 4.3 Data uji parameter ACS.....	44
Tabel 4.4 Nilai parameter terbaik	48
Tabel 4.5 Hasil perbandingan 3 metode	70

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 1.1	Flowchart alur penelitian 5
Gambar 2.1	<i>Graph</i> dengan lima buah <i>node</i> 8
Gambar 2.2	Aliran pada <i>graph</i> 9
Gambar 2.3	Perancangan rute pada TSP 10
Gambar 2.4	VRP dengan tiga rute 11
Gambar 2.5	MDVRP dengan dua depot dan lima rute 13
Gambar 2.6	<i>Flowchart</i> pengerjaan MDVRPTW 13
Gambar 2.7	Strategi <i>Simplified Assignment</i> 15
Gambar 2.8	Strategi <i>Cyclic Assignment</i> 16
Gambar 2.9	Strategi <i>Coefficient Propagation</i> 17
Gambar 2.10	Strategi <i>Three Chriteria Clustering</i> 17
Gambar 2.11	Strategi <i>Sweep Assignment</i> 18
Gambar 2.12	Perjalanan semut dari sarang menuju sumber makanan melalui lintasan terpendek 19
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> pengerjaan MDVRPTW 25
Gambar 3.2	Ilustrasi pengerjaan MDVRPTW 26
Gambar 3.3	Jaringan jalan dengan aturan belokan 27
Gambar 3.4	Representasi jaringan jalan dalam bentuk <i>graph</i> .. 29
Gambar 3.5	Skema perangkat lunak 34
Gambar 3.6	Tampilan awal GUI. 35
Gambar 3.7	<i>Window input data depot</i> 36
Gambar 3.8	<i>Window input data konsumen</i> 37
Gambar 3.9	<i>Window parameter ACS</i> 38
Gambar 4.1	Rute kendaraan 1 depot 1 51
Gambar 4.2	Rute kendaraan 2 depot 1 53
Gambar 4.3	Rute kendaraan 3 depot 1 54
Gambar 4.4	Rute kendaraan 4 depot 1 55
Gambar 4.5	Rute kendaraan 5 depot 1 57
Gambar 4.6	Rute kendaraan 1 depot 2 58
Gambar 4.7	Rute kendaraan 2 depot 2 60
Gambar 4.8	Rute kendaraan 1 depot 3 61
Gambar 4.9	Rute kendaraan 2 depot 3 63
Gambar 4.10	Rute kendaraan 3 depot 3 64
Gambar 4.11	Grafik sensitivitas parameter α 65

Gambar 4.12	Grafik sensitivitas parameter β	65
Gambar 4.13	Grafik sensitivitas parameter ρ	66
Gambar 4.14	Grafik sensitivitas parameter γ	67
Gambar 4.15	Grafik sensitivitas parameter q_0	67
Gambar 4.16	Grafik sensitivitas parameter jumlah semut	68
Gambar 4.17	Grafik sensitivitas kenaikan permintaan konsumen	69
Gambar 4.18	Grafik sensitivitas kenaikan kapasitas depo	69
Gambar 4.19	Grafik perbandingan <i>travel time</i> antar metode	70
Gambar 4.20	Grafik perbandingan jumlah kendaraan yang digunakan	71

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Distribusi hasil produksi yang efisien merupakan bagian penting dalam sektor ekonomi terutama karena tingginya biaya yang harus ditanggung demi kepuasan pelanggan serta sedapat mungkin menggunakan sumber daya yang minimal. Pada dekade terakhir ini, penelitian menunjukkan bahwa 10% sampai 15% dari harga suatu barang merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk distribusi barang tersebut [1]. Sumber lain yang berasal dari *U.S. Bureau of Labor Statistics* memperkirakan bahwa usaha pada bidang distribusi hasil produksi tumbuh hingga 56.000 pekerjaan tiap tahunnya, dari hal itu menunjukkan meningkatnya bisnis di bidang perdagangan dan logistik. Berdasarkan hal tersebut diperlukan upaya untuk menemukan cara optimal demi tercapainya distribusi barang yang efisien [2].

Optimasi pengiriman pada penelitian ini merupakan salah satu jenis permasalahan yang terdapat pada *Vehicle Routing Problem (VRP)*. VRP bertujuan untuk dapat menentukan n set rute kendaraan dengan biaya terendah dimana tiap kendaraan berawal dari satu depo, melayani ke konsumen, kemudian kembali ke depo awal. Kendala yang sering dijumpai pada VRP antara lain : kapasitas kendaraan, waktu pelayanan (*time windows*), jarak tempuh maksimum, waktu tempuh maksimum, dan lain-lain. Pada kasus ini, *Multi Depot Vehicle Routing Problem (MDVRP)* menjabarkan *Single Depot VRP* dengan memiliki depo lebih dari satu dimana kendaraan mula-mula berangkat.

Permasalahan pada VRP termasuk dalam kategori *NP-hard problem*. Permasalahan jenis ini dapat diselesaikan dengan metode heuristik. Metode heuristik dapat memberikan solusi yang valid dan efisien dalam proses pencarian namun tidak menekankan pada pembuktian apakah solusi yang didapatkan adalah benar. Dalam penelitian ini digunakan metode *Ant Colony System*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah pola distribusi produk yang ada pada perusahaan Cleo Surabaya. Perusahaan ini merasa pola pengiriman produk kepada konsumen

kurang efisien dan belum terintegritas. Perusahaan Cleo Surabaya memiliki tiga gudang di kota Surabaya yang pemesanannya masih dilakukan di masing-masing gudang. Dengan pemodelan *Multi Depot Vehicle Routing Problem* pemesanan akan dilakukan melalui kantor pusat. Kemudian kantor pusat yang akan menentukan pembagian gudang mana yang akan melayani konsumen tertentu.

Dengan penelitian ini, metode *Ant Colony System* akan digunakan untuk menentukan urutan pelayanan konsumen dan penentuan rute pengiriman produk yang efisien. Secara lebih terperinci, dalam penelitian ini akan dibahas tentang perencanaan rute masing-masing armada dalam mengirimkan produk kepada konsumen yang tersebar di beberapa titik yang berasal dari lebih dari satu depo, sekaligus mendapatkan total jarak tempuh minimal.

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal antara lain:

- a. Keluaran dari penelitian hanya diimplementasikan pada kota Surabaya, Jawa Timur, Indonesia.
- b. Kapasitas dari kendaraan pengangkut bersifat homogen atau memiliki kapasitas yang sama untuk semua kendaraan.
- c. Pemesanan pengiriman dilaksanakan satu hari sebelum hari pengiriman. Pada hari berikutnya, persediaan barang di depo diasumsikan penuh kembali.
- d. *Plant* yang digunakan dalam penelitian adalah pengiriman produk air minum dalam kemasan “Cleo” yang memiliki 3 depo di Surabaya. Data konsumen dalam penelitian ini merupakan hasil asumsi dengan alasan rahasia perusahaan.
- e. Jumlah permintaan tiap konsumen tidak pernah melebihi kapasitas kendaraan pengangkut.

1.4 Tujuan

Tujuan disusunnya tugas akhir ini adalah untuk mengoptimalkan proses distribusi produk dari depo ke konsumen melalui pemodelan *Multi Depot Vehicle Routing Problem*.

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut :

- a. Pendefinisian topik penelitian dan masalah
Pada tahap ini topik penelitian ditentukan dan didefinisikan apa yang ingin dicapai dari penelitian ini. Masalah didefinisikan sesuai dengan topik yang akan dipakai.
- b. Studi literatur
Dilakukan untuk lebih menguasai tentang bahasan yang ada dalam penelitian ini. Studi literatur yang dilakukan adalah dengan cara melakukan kajian tentang VRP dan *Ant Colony System* dari berbagai sumber seperti : buku teks, diktat perkuliahan, jurnal ilmiah, dan materi *e-book*.
- c. Perumusan masalah
Pada tahap ini penelitian difokuskan dalam ruang lingkup *Multi Depot Vehicle Routing Problem* yang diselesaikan menggunakan metode *Ant Colony System* dengan perangkat lunak Matlab.
- d. Pengumpulan data
Pada tahap ini dilakukan pendefinisian data apa saja yang diperlukan untuk mendapat solusi pada kegiatan distribusi. Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil data secara langsung ke perusahaan yang menangani proses distribusi produk.
- e. Pengolahan data
Tahap pengolahan data adalah perancangan solusi rute dan urutan pelayanan konsumen terbaik dari setiap proses distribusi produk. Pencarian solusi ini menggunakan algoritma *Ant Colony System* dengan bantuan perangkat lunak Matlab.
- f. Analisa solusi
Tahap analisa dilakukan untuk melihat urutan pelayan konsumen dan solusi rute yang didapat dengan pendekatan *Ant Colony System* dan perbandingan hasilnya dengan menggunakan pendekatan yang telah dipakai sebelumnya.
- g. Kesimpulan
Tahap kesimpulan dilakukan untuk menyatakan hasil tahapan analisa dan penelitian secara keseluruhan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan buku tugas akhir kali ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Dalam bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, sistematika penulisan, dan relevansi.

BAB 2 : DASAR TEORI

Dalam bab ini berisi landasan teori yang menunjang penelitian ini meliputi urutan pengiriman dan penyusunan rute distribusi. Secara umum, pembahasan difokuskan pada VRP mulai dari definisi umum dan modelnya, teknik pencarian solusi melalui algoritma heuristik. Dalam hal ini pembahasan mendalam diutamakan mengenai metode *Ant Colony System*. Selain itu dalam bab ini akan disajikan teori penunjang VRP seperti teori jaringan, penyelidikan operasi, dan lain-lain.

BAB 3 : PERANCANGAN SISTEM

Dalam bab ini dijelaskan mengenai perancangan perangkat lunak dengan Matlab, metode pengambilan data, dan bagan perancangan keseluruhan sistem dalam penelitian ini.

BAB 4 : PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Dalam bab ini dijelaskan mengenai hasil simulasi dari program dan analisisnya. Selain itu, digambarkan rute hasil simulasi pada peta Surabaya.

BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan hasil penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian ini.

1.7 Relevansi

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada bidang ilmu pengetahuan serta bidang distribusi produk secara nyata. Pada bidang ilmu pengetahuan, hasil dari penelitian ini diharapkan mampu menjadi referensi tentang analisa jaringan dan penyelidikan operasi yang selanjutnya dapat dikembangkan dengan menggunakan metode lain. Sedangkan dalam bidang distribusi di industri, hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan perbaikan mekanisme pengiriman produk ke konsumen melalui upaya ilmiah yang diharapkan dapat mengoptimalkan proses pengiriman sehingga dapat memaksimalkan keuntungan perusahaan.

BAB 2

DASAR TEORI

Pada bab ini akan dibahas beberapa teori yang digunakan sebagai penunjang dan landasan untuk mengerjakan tugas akhir.

2.1 Permasalahan Jaringan

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering bertemu dengan berbagai macam contoh jaringan mulai dari jaringan tenaga listrik, jaringan pesawat telepon, jaringan rel kereta api, hingga jaringan lalu lintas kendaraan. Pada semua contoh tersebut, terdapat hal yang harus disalurkan dari satu ke titik yang lainnya, misalnya tenaga listrik, produk konsumen, pesan dan lain sebagainya. Hal ini dilakukan dengan tujuan melakukan pelayanan kepada konsumen dengan baik dan bagaimana memaksimalkan fasilitas transmisi dan distribusi secara efektif. Selanjutnya untuk mengatasi permasalahan sehari-hari tersebut dapat dimodelkan ke dalam berbagai teori jaringan yang ada.

Secara umum, jaringan terdiri dari sejumlah titik yang terhubung satu dengan yang lainnya dan terdapat aliran di dalamnya. Pembahasan masalah jaringan akan dibawa ke suatu bentuk *graph*.

Ada beberapa teknik optimasi yang dapat diaplikasikan pada permasalahan sistem yang biasa ditemui dalam dunia nyata yang dinyatakan dalam bentuk *graph* [3], diantaranya adalah :

- a. Lintasan terpendek, bagaimana menemukan rute dalam jaringan dengan jarak terpendek.
- b. Aliran maksimum, apabila dalam sebuah jaringan terdapat kapasitas dalam alirannya, bagaimana cara menentukan jumlah produk yang dikirimkan pada *arc* tersebut tanpa melebihi batasan kapasitas *arc*.
- c. Biaya minimum, dicari aliran dari sejumlah *node* ke sejumlah *node* dalam suatu aringan dengan total biaya minimum.
- d. Lain-lain, yang merupakan variasi teknik optimasi di atas.

2.2 Graph

Suatu graph terdiri dari kumpulan *node* atau disebut juga *vertex* dan kumpulan *arc* atau disebut juga dengan *edge*. Informasi yang disertakan dalam *graph* menjelaskan batasan-batasan serta kondisi *arc* dan *node* dalam *graph* tersebut [3].

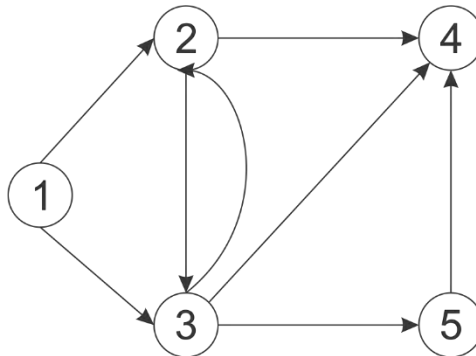
2.2.1 Notasi graph

Graph G adalah pasangan dari himpunan *node* dan *arc* ditulis dengan notasi $G = (N,A)$, N = himpunan *node* (titik simpul) atau *vertex*, $A \in N \times N$; himpunan *arc* (cabang) atau *edge*. Contoh:

$$N = \{1,2,3,4,5\}$$

$$A = \{ (1,2) (1,3) (2,3) (2,4) (3,2) (3,4) (3,5) (5,4) \}$$

$$A \in N \times N$$



Gambar 2.1 Graph dengan lima buah *node*

2.2.2 Node

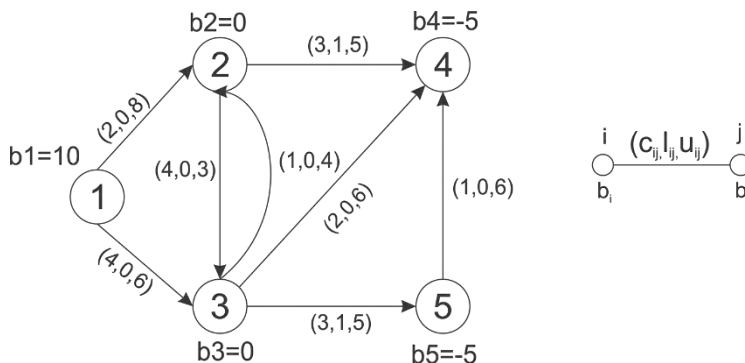
Informasi yang terdapat dalam *node* ialah kapasitas. Kapasitas node I didefinisikan (b_i). Berdasarkan kapasitasnya, *node* dapat dibagi menjadi 3 macam :

- Node* sumber (memiliki pasokan) apabila $b_i > 0$
- Node* tujuan (memiliki permintaan) apabila $b_i < 0$
- Node* transit (hanya dilewati) apabila $b_i = 0$

2.2.3 Arc

Apabila pada suatu *graph* terdapat aliran, maka akan terbentuk jaringan. Di dalam *arc* menyimpan informasi apakah suatu aliran mungkin atau tidak, dan apabila mungkin apakah itu aliran yang terbaik atau tidak.

Batas kapasitas *arc* antara *node* i dan j terdiri dari batas kapasitas maksimum aliran yang diijinkan dinotasikan dengan u_{ij} dan batas minimum aliran dengan l_{ij} . Besar aliran antara *node* i dan j dinotasikan dengan x_{ij} . Contoh:



Gambar 2.2 Aliran pada *graph*

2.3 Routing Problem

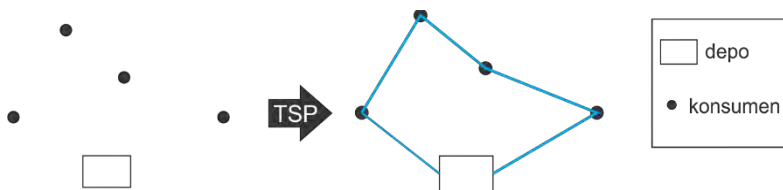
Permasalahan *routing* dapat dijelaskan secara sederhana, diberikan himpunan *node* dan *arc* yang harus dilayani. Tidak ada larangan atau batasan kapan *node-node* tersebut harus dilayani. Fungsi tujuan dari permasalahan ini ialah meminimalkan biaya distribusi dan membangkitkan rute pengiriman yang mungkin. Rute diartikan sebagai urutan dari lokasi yang harus dikunjungi oleh kendaraan pengangkut dalam rangka memenuhi permintaan [4].

Pada perkembangan selanjutnya, *routing problem* memiliki sifat-sifat kendala yang makin berkembang dan penyelesaiannya membutuhkan perhitungan yang kompleks. Dasar *routing problem* yang dibahas dalam bab ini adalah *Traveling Salesman Problem* (TSP), *Vehicle Routing Problem* (VRP), *Vehicle Routing Problem with Time*

Window (VRPTW), dan *Multi Depot Vehicle Routing Problem with Time Window*(MDVRPTW).

2.3.1 TSP

TSP adalah salah satu contoh yang paling banyak dipelajari dalam optimasi kombinatorial. TSP dapat dinyatakan sebagai permasalahan dalam mencari jarak minimal sebuah rute tertutup terhadap sejumlah n kota dimana kota-kota yang ada hanya dikunjungi sekali. Sampai saat ini belum ada suatu metode eksak yang dapat menjamin keberhasilan nilai optimal untuk sebarang masalah dalam *polynomial computation time* [5]. TSP dikarakteristikan kedalam kelas NP-Hard, dimana dalam menyelesaikannya dibutuhkan metode heuristic seperti algoritma genetika, *tabu search*, dan lain sebagainya.



Gambar 2.3 Perancangan rute pada TSP

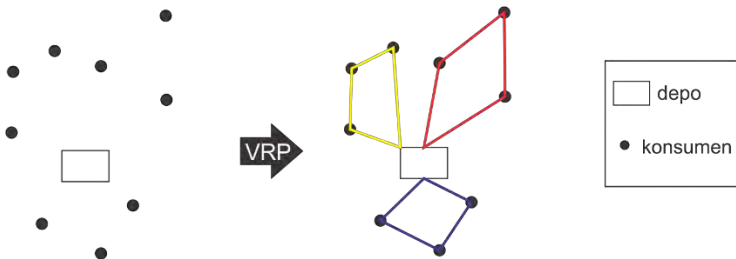
2.3.2 VRP

VRP terdiri dari penentuan rute kendaraan yang melayani beberapa pelanggan. Setiap kendaraan memiliki kapasitas angkut, dan setiap pelanggan memiliki permintaan. Tiap pelanggan dikunjungi tepat satu kali dan total permintaan tiap rute tidak boleh melebihi kapasitas angkut kendaraan [4]. Dalam VRP sendiri dikenal pula istilah depo, dimana tiap kendaraan harus berangkat dan kembali ke depo itu. Hal tersebutlah yang menyebabkan VRP sering disebut sebagai permasalahan m-TSP.

Permasalahan ini termasuk dalam kategori *NP-Hard Problem*, yang berarti waktu komputasi yang digunakan akan semakin sulit dan banyak seiring dengan meningkatnya ruang lingkup masalah. Tujuan yang ingin dicapai adalah meminimalkan total jarak tempuh dan meminimalkan jumlah kendaraan yang digunakan. VRP sendiri memiliki beberapa variasi kendalanya dalam implementasi pada dunia nyata.

Kendala-kendala tersebut berpengaruh pada munculnya jenis-jenis VRP, antara lain :

- a. *Capacitated VRP (VRP)*
Faktor : setiap kendaraan mempunyai kapasitas yang terbatas.
- b. *VRP With Time Windows (VRPTW)*
Faktor : pelanggan harus dilayani dengan waktu tertentu
- c. *Multiple Depot VRP (MDVRP)*
Faktor : distributor memiliki banyak depo
- d. *VRP With Pick-Up and Delivery (VRPPD)*
Faktor : pelanggan diperbolehkan mengembalikan barang ke depo asal
- e. *Split Delivery VRP (SDVRP)*
Faktor : pelanggan dilayani dengan kendaraan berbeda
- f. *Stochastic VRP (SVRP)*
Faktor : munculnya *random values* (seperti jumlah pelanggan, jumlah permintaan, waktu perjalanan atau waktu pelayanan).
- g. *Periodic VRP*
Faktor : pengantaran hanya dilakukan di hari tertentu



Gambar 2.4 VRP dengan tiga rute

Terdapat empat tujuan dalam VRP [6], yaitu :

- a. Meminimalkan biaya transportasi global, terkait dengan jarak, waktu tempuh, termasuk juga biaya tetap yang berhubungan dengan kendaraan.
- b. Meminimalkan jumlah kendaraan atau pengemudi yang dibutuhkan untuk melayani seluruh konsumen.
- c. Menyeimbangkan rute, untuk waktu perjalanan dan muatan kendaraan.

- d. Meminimalkan penalty akibat pelayanan yang kurang memuaskan dari konsumen.

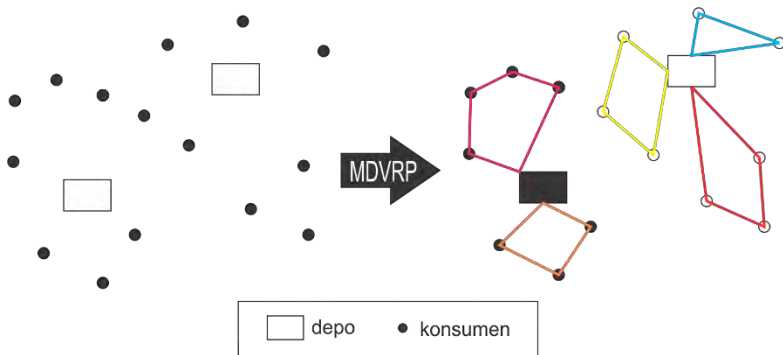
2.3.3 VRPTW

VRPTW merupakan perluasan dari VRP dimana selain adanya kendala kapasitas kendaraan, terdapat tambahan kendala yang mengharuskan kendaraan untuk melayani tiap konsumen pada *time frame* tertentu [4].

VRPTW didefinisikan sebagai permasalahan untuk menjadwalkan sekumpulan kendaraan, dengan kapasitas dan *travel time* terbatas, dari depo pusat ke sebuah himpunan konsumen yang tersebar secara geografis, dengan *demand* diketahui, dalam *time windows* tertentu. *Time windows* adalah *two sided*, yang berarti bahwa tiap konsumen harus dilayani saat atau setelah *time window* “open”, dan sebelum *time window* “closed” dari konsumen tersebut. Jika kendaraan datang ke konsumen sebelum *time window* “open” dari konsumen tersebut, maka akan menghasilkan idle atau waktu tunggu. Kendaraan yang datang ke konsumen setelah *time window* “closed” dianggap *tardy* dan dapat dikenai *penalty*. Terdapat pula waktu pelayanan yang diperlukan untuk melayani tiap konsumen. Biaya rute dari suatu kendaraan adalah total dari *travel time* (proporsional dengan jarak), waktu tunggu, dan waktu pelayanan, yang diperlukan untuk mengunjungi suatu himpunan konsumen.

2.3.4 MDVRPTW

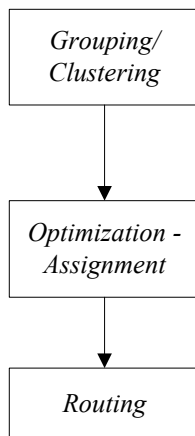
MDVRPTW merupakan cabang dari VRP dimana suatu perusahaan logistik memiliki lebih dari satu depo, dengan demikian akan memungkinkan untuk mengirim produk ke satu titik konsumen dari kombinasi kedua lokasi depo tersebut [4]. Tujuan dari MDVRP ini adalah menentukan himpunan rute perjalanan kendaraan yang berasal dari dua atau lebih terminal untuk melayani ke beberapa daerah permintaan sambil meminimalkan total jarak yang ditempuh.



Gambar 2.5 MDVRP dengan dua depo dan lima rute

2.4 Strategi Menentukan Depo

Pada kasus MDVRPTW dimana terdapat lebih dari satu depo, maka sebelum menjalankan optimasi (*routing & assignment*) harus dibuat suatu metode untuk menentukan gugus [8]. Suatu gugus terdiri dari satu *node* depo dengan beberapa *node* konsumen. Berikut adalah strategi menentukan depo :



Gambar 2.6 Flowchart pengerjaan MDVRPTW [7]

2.4.1 Simplified Parallel Assignment

Dalam metode ini dinamakan parallel karena urgensi dari masing-masing konsumen diperhitungkan sembari memperhitungkan faktor kedekatan dengan depo. Metode ini membandingkan biaya (*travel time*) antara konsumen dengan depo terdekat dan konsumen dengan depo lainnya. Konsumen yang memiliki prioritas pertama ialah konsumen dengan nilai μ maksimum [8]. Konsumen dengan nilai μ paling tinggi dikelompokkan dengan depo yang terdekat (satu gugus dengan depo terdekat). Agar metode ini dapat bekerja dengan baik dengan kendala time window, urgensi μ dari masing-masing pelanggan ditentukan melalui persamaan berikut :

$$\mu_c = Closeness(c, dc'(c)) - Closeness(c, dc''(c)) \quad c \in C \quad (2.1)$$

Dimana :

μ_c = urgensi masing-masing konsumen

$d(c, dep'(c))$ = jarak antara konsumen c dengan depo terdekat.

$d(c, dep''(c))$ = jarak antara konsumen c dengan depo terdekat nomor dua.

Closeness dipengaruhi oleh nilai afinitas dan jarak, persamaan *closeness* dicari melalui persamaan :

$$Closeness(i, j) = \frac{d(i, j)}{Afinitas(i, j)} \quad j \in D, i \in C \quad (2.2)$$

Sedangkan afinitas(i, j) diperoleh dari persamaan :

$$Afinitas(i, d) = \left\{ \frac{\sum_{j \in C(d) \cup \{d\}} e^{-(DTW(i, j) + TV_{ij})}}{|C|} \right\} \quad d \in D \mid i, j \in C \quad (2.3)$$

Dimana :

D = himpunan depo dalam MDVRPTW

C = himpunan konsumen dalam MDVRPTW

$C(d)$ = himpunan dari konsumen yang telah dikelompokkan dengan depo d .

TV_{ij} = adalah *travel time* antara i dengan j .

DTW mengukur jarak dalam *time window* dari konsumen dengan konsumen yang lain atau dengan depo :

$$DTW(i, j) = \begin{cases} e_j - l_i & \text{si } l_i < e_j \\ e_i - l_j & \text{si } l_j < e_i \\ 0, & \text{untuk yang lain} \end{cases} \quad (2.4)$$

Dimana l adalah waktu awal *time window* dan e adalah waktu berakhirnya *time window*.

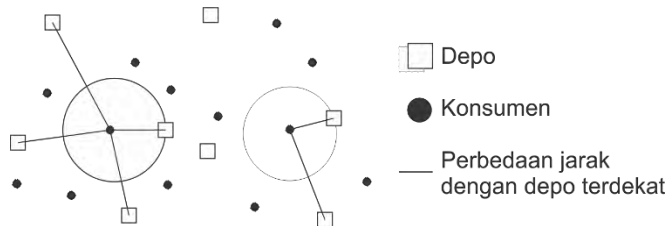
Apabila perhitungan hanya berdasarkan pada *time window*, idealnya konsumen dikelompokkan dengan depo yang memiliki konsumen dengan kendala *time window* yang berdekatan, dengan cara demikian suatu depo dapat memaksimalkan afinitasnya. Sebaliknya, apabila perhitungan hanya didasarkan pada jarak, seorang konsumen akan dikluster dengan depo terdekat.

Kompleksitas dari keseluruhan metode ini adalah $O(3CD+CD^2+C^2D)$, dimana C adalah jumlah konsumen dan D adalah jumlah depo.

2.4.2 Simplified Assignment

Serupa dengan metode *parallel assignment*, metode ini bekerja dengan memulai mencari nilai μ dari masing-masing konsumen, konsumen dengan μ tertinggi akan dikumpulkan dengan depo terdekat [9]. Perbedaannya adalah μ diperoleh melalui persamaan :

$$\mu_c = d(c, dc'') - d(c, dc') \quad (2.5)$$



Gambar 2.7 Strategi *Simplified Assignment*

Dimana :

$d(c,dc'')$ adalah jarak konsumen c dengan depo terdekat kedua.

$D(c,dc')$ adalah jarak konsumen c dengan depo terdekat.

2.4.3 Cyclic Assignment

Prosedur dari metode ini adalah menetapkan satu pelanggan pada masing-masing depo secara siklik. Pertama masing-masing depo dikluster dengan konsumen terdekat. Kemudian, pada masing-masing depo, dari konsumen terdekat selanjutnya pada konsumen-konsumen yang belum dikluster. Secara umum, metode ini memiliki kekurangan dalam menentukan gugus dari depo yang terakhir.



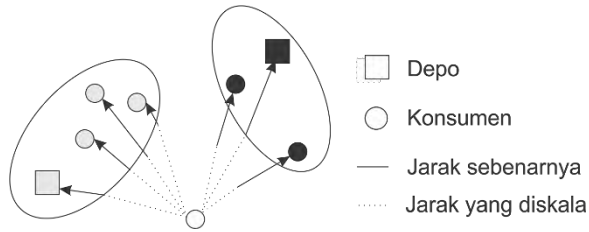
Gambar 2.8 Strategi *Cyclic Assignment*

Kompleksitas dari metode ini adalah $O(dc+c^2)$ c adalah jumlah konsumen dan d adalah jumlah depo.

2.4.4 Coefficient Propagation

Cara dimana pelanggan dimasukkan ke sebuah gugus didefinisikan dengan mengasosiasikan gaya tarik koefisien dengan sebuah gugus yang sudah terbentuk sebelumnya. Koefisien disini dinyatakan dalam variabel jarak. Jika konsumen atau depo memiliki gaya tarik koefisien kurang dari 1, ini berarti memperpendek jarak dengan konsumen yang lainnya (menarik).

Sebaliknya bila nilai gaya tarik koefisien lebih dari satu, jaraknya berubah menjadi lebih besar (menolak). Apabila nilai gaya tarik koefisien bernilai satu, jaraknya tetap.

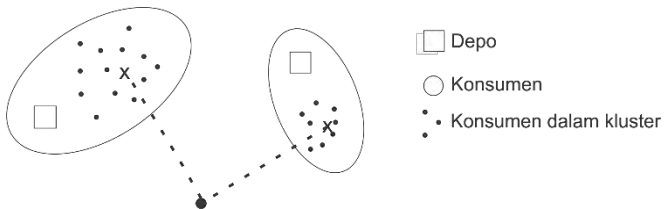


Gambar 2.9 Strategi *Coefficient Propagation*

Kompleksitas dari metode ini adalah $O(c^3+c^2d)$, dimana c adalah jumlah konsumen dan d adalah jumlah depo.

2.4.5 Three Criteria Clustering

Kriteria-kriteria yang digunakan pada metode ini adalah jarak rata-rata dengan kluster, jarak ke konsumen terdekat pada masing-masing kluster, dan perbedaan jarak rata-rata konsumen-konsumen pada sebuah kluster.



Gambar 2.10 Strategi *Three Criteria Clustering*

Kompleksitas dari metode ini adalah $O(3dc^2+3c^2d^2+cd^2)$, dimana c adalah jumlah dari konsumen dan d adalah jumlah depo.

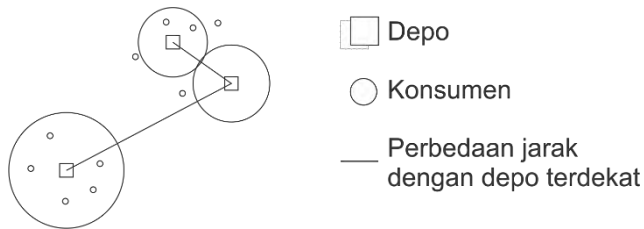
2.4.6 Sweep Assignment

Pada metode ini, konsumen ditarik kearah depo dengan jumlah permintaan tak terpenuhi yang paling tinggi. Pertama tentukan terlebih dahulu D^* , depo dengan jumlah permintaan tak terpenuhi paling tinggi. Urgensi didapat dengan melihat perbedaan antara mengelompokkan

konsumen dengan depo terdekat dan konsumen dengan D^* . pada kasus ini urgensi diperoleh melalui persamaan :

$$\mu_c = d(c, D^*) - d(c, Dc) \quad (2.6)$$

Nilai urgensi yang besar berarti lebih baik menempatkan konsumen dengan depo terdekat daripada dengan depo D^* . Kompleksitas dari metode ini adalah $O(3dc+c^2d+d(d^2+dc+c))$, dimana c adalah jumlah konsumen dan d adalah jumlah depo.



Gambar 2.11 Strategi *Sweep Assignment*

2.5 Penyelesaian *Vehicle Routing Problem*

Pada dasarnya terdapat 3 metode untuk menyelesaikan VRP, diantaranya adalah [10] :

2.5.1 Solusi Eksak

Pada solusi eksak dilakukan pendekatan dengan menghitung setiap solusi yang mungkin hingga solusi terbaik yang diperoleh. Contoh dari penyelesaian eksak ini adalah *branch and bound* dan *branch and cut*. Kelemahan dari penyelesaian ini adalah dibutuhkan waktu komputasi yang lama karena memperhitungkan setiap solusi yang mungkin.

2.5.2 Heuristik

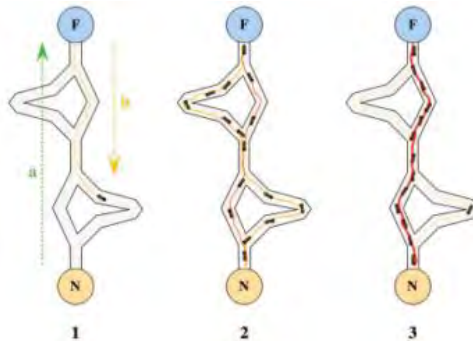
Metode ini memberikan satu cara untuk menyelesaikan permasalahan optimasi yang lebih sulit dan waktu penyelesaian yang lebih cepat daripada solusi eksak. Contoh metode ini antara lain : *saving based*, *matching based*, *multiroute improvement heuristic*, dan lain-lain.

2.5.3 Metaheuristik

Metaheuristik adalah suatu metode untuk melakukan eksplorasi yang lebih dalam pada daerah yang menjanjikan dari ruang solusi yang ada. Kualitas metode ini lebih baik daripada yang terdapat pada penyelesaian heuristik klasik. Contoh metaheuristik adalah *genetic algorithm*, *particle swarm optimization*, *simulated annealing*, *tabu search*, dan sebagainya.

2.6 Ant Colony Optimization (ACO)

Ant Colony Optimization (ACO) adalah suatu metode penyelesaian masalah optimasi yang berupa kumpulan beberapa algoritma yang menggunakan teknik probabilistik dan prinsip komunikasi koloni semut dalam mencari makanan [5]. Konsep ACO pertama kali diperkenalkan melalui algoritma *Ant System (AS)* pada tahun 1992 oleh Marco Dorigo dalam disertasinya.



Gambar 2.12 Perjalanan semut dari sarang menuju sumber makanan melalui lintasan terpendek [5]

Terinspirasi oleh cara koloni semut dalam mencari rute ke sumber makanan, metode ini meniru sistem komunikasi koloni semut yang meninggalkan zat kimia yang disebut feromon di rute-rute perjalanan mereka. Setiap semut memulai tournya melalui sebuah titik yang dipilih secara acak (setiap semut memiliki titik awal yang berbeda). Secara berulang kali, satu-persatu titik yang ada dikunjungi oleh semut dengan tujuan untuk menghasilkan sebuah tour. Pemilihan titik-titik yang akan dilaluinya didasarkan pada suatu fungsi probabilitas, dinamai aturan transisi status (*state transition rule*), dengan

mempertimbangkan *visibility* (invers dari jarak) titik tersebut dan jumlah Feromon yang terdapat pada ruas yang menghubungkan titik tersebut. Semut yang menemukan sumber makanan, akan meninggalkan feromon di rute saat kembali ke koloninya.

Semut lain yang mencium feromon di suatu rute, akan cenderung untuk mengikuti rute tersebut jika kandungan feromonn cukup padat. Semakin padat kandungan feromonn pada suatu rute, semakin besar kemungkinan semut lain mengikuti rute tersebut.

Feromonn akan mengalami penguapan seiring berjalannya waktu. Rute yang pendek akan mengandung feromonn yang cukup padat, karena waktu yang digunakan untuk pulang-pergi (tiap kali pulang ke koloninya, semut selalu meninggalkan feromon) dari koloni ke sumber makanan lebih sedikit, yang menyebabkan penguapan feromonn menjadi minimal [11].

Dalam dunia nyata, semut mencari jalan secara acak, menemukan makanan, dan kembali ke sarang sambil meninggalkan jejak feromon. Jika semut lain menemukan jalur tersebut, maka mereka tidak akan berjalan secara acak lagi tetapi mulai mengikuti jejak feromon yang kemudian menguatkan jejak tersebut. jejak feromon tersebut akan memudar seiring berjalannya waktu. Untuk jalur-jalur yang panjang, jejak tersebut akan mulai memudar karena jarang dilalui, sedangkan untuk jalur-jalur yang pendek, jejak tersebut akan mempunyai ketebalan feromon yang tinggi dan membuat jalur tersebut yang akan dipilih dan jalur yang panjang akan ditinggalkan.

2.6.1 State Transition Rule

State transition rule yang digunakan dalam pemilihan node awal dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$v = \begin{cases} \arg \max_{j \in U_k} [(\tau_{ij})(\eta_{ij})^\beta], & q \leq q_0 \quad (\text{eksploitasi}) \\ V, & q \geq q_0 \quad (\text{eksplorasi}) \end{cases} \quad (2.7)$$

Dimana τ_{ij} adalah feromon pada arc (i,j), η_{ij} adalah invers dari jarak pada arc (i,j), U_k merupakan himpunan *node* yang belum dikunjungi oleh semut ke-k yang berada pada node i, dan β adalah sebuah parameter yang menentukan hubungan antara feromon dan biaya ($\beta > 0$). Sedangkan q adalah variabel acak antara 0 dan 1, q_0 parameter yang menentukan tingkat eksploitasi dan eksplorasi ($0 \leq q_0 \leq 1$).

2.6.2 Local Pheromone Update

Setiap kali membentuk *tour*, semut-semut tersebut akan melewati *arc* yang ada dan merubah besarnya feromon dengan persamaan:

$$\tau_{ij}^{new} = \tau_{ij}^{old} + (1 - \rho)\tau_0 \quad (2.8)$$

Dengan

$$\Delta\tau_{ij} = \tau_0 = (n \cdot L_{NN})^{-1} \quad (2.9)$$

L_{NN} adalah panjang *tour*

2.6.3 Global Pheromone Update

Setelah semua semut menyelesaikan sebuah *tour*, tingkat feromon akan diperbarui dengan menerapkan *global updating rule* dengan persamaan :

$$\tau_{ij}^{new} = (1 - \gamma)\tau_{ij}^{old} + \gamma\Delta\tau_{ij} \quad (2.10)$$

$$\Delta\tau_{ij} = \frac{(A-B)+(A-C)}{A} \quad (2.11)$$

Dimana:

- $A = \text{Cost } 3^{\text{rd}} \text{ BestIteration} = \text{Cost (total travel time)}$ terbaik ke-3 pada tiap iterasi.
- $B = \text{Cost of the Best Solution} = \text{Cost (total travel time)}$ terbaik secara keseluruhan.
- $C = \text{Cost Best Iteration} = \text{Cost (total travel time)}$ terbaik pada tiap iterasi.

2.7 Algoritma Dijkstra

Persoalan lintasan terpendek yaitu menemukan lintasan terpendek antara *node* i dan *node* j [3]. Lintasan i - j dikatakan terpendek apabila lintasan ini memiliki biaya terkecil disbanding lintasan lain dari i ke j .

Persoalan ini biasanya direpresentasikan dalam bentuk *graph*. *Graph* yang digunakan dalam pencarian dalam pencarian lintasan terpendek adalah graf berbobot, yaitu graf yang setiap sisinya diberikan suatu nilai yang menyatakan jarak, waktu tempuh, atau biaya. Algoritma

yang sering digunakan untuk menyelesaikan masalah ini adalah algoritma Dijkstra.

Algoritma Dijkstra ditemukan oleh seorang ilmuwan di bidang computer berkebangsaan Belanda, bernama Edsger Dijkstra. Algoritma ini dapat digunakan untuk mencari lintasan terpendek pada sebuah graf berarah maupun tak berarah.

Cara kerja algoritma ini memakai strategi *greedy*, dimana pada setiap langkah dipilih *arc* dengan bobot terkecil yang menghubungkan sebuah *node* yang sudah terpilih dengan *node* lain yang belum dipilih. Dijkstra membutuhkan parameter *node* sumber dan *node* tujuan. Hasil dari algoritma ini adalah jarak terpendek dari *node* sumber ke *node* tujuan beserta rutenya. Secara sederhana, algoritma Dijkstra dapat diilustrasikan dengan *pseudocode* berikut :

algorithm Dijkstra;

begin

$S := \emptyset; \bar{S} := N;$

$d(i) := \infty$ for each node $i \in N;$

$d(s) := 0$ and $\text{pred}(s) := 0$

while $|S| < n$ **do**

begin

let $i \in \bar{S}$ be a node for which $d(i) = \min \{d(j) : j \in \bar{S}\};$

$S := S \cup \{i\};$

$\bar{S} := \bar{S} - \{i\};$

for each $(i,j) \in A(i)$ **do**

if $d(j) > d(i) + c_{ij}$ **then** $d(j) := d(i) + c_{ij}$ and $\text{pred}(j) := i;$

end;

end;

BAB 3 PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan tentang pengembangan model dari *Multi Depot Vehicle Routing Problem with Time Window*, cara pemodelan jaringan jalan, dan tahapan penyelesaian menggunakan Matlab.

3.1 Pengembangan Model MDVRPTW

Untuk dapat membuat pemodelan MDVRPTW adalah membuat model matematis yang meliputi fungsi tujuan dan fungsi kendala MDVRPTW. Kemudian dibuat flowchart tahapan penyelesaian MDVRPTW tersebut.

3.1.1 Model Matematis MDVRPTW

Secara matematis fungsi tujuan dan fungsi kendala dalam MDVRPTW adalah sebagai berikut :

Fungsi Tujuan :

$$\sum_{k=1}^V \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N x_{ijk} \cdot t_{ij} + w_{jk} \quad (3.1)$$

Fungsi Kendala :

A. Flow Constraint

- a. Setiap *node* konsumen dikunjungi sekali oleh kendaraan pengangkut

$$\sum_{k=1}^V \sum_{i=0}^N \sum_{j=1}^N x_{ijk} = 1 \quad (3.2)$$

$$\sum_{k=1}^V \sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^N x_{ijk} = 1 \quad (3.3)$$

- b. Setiap kendaraan berangkat dari depo dan kembali ke depo

$$\sum_{k=1}^V \sum_{i=0}^N \sum_{j=1}^N x_{ijk} = 1 \quad (j = M + 1, \dots, n) \quad (3.4)$$

$$(i = M + 1, \dots, n)$$

$$\sum_{k=1}^V \sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^N x_{ijk} = 1 \quad (3.5)$$

B. Capacity Constraint

- a. Total produk yang diangkut oleh kendaraan pengangkut tidak melebihi kapasitas maksimumnya (Q)

$$\sum_{i=1}^V d_i \sum_{k=1}^V \sum_{j=1}^N x_{ijk} \leq Q \quad (3.6)$$

C. Time Window Constraint

- a. Setiap kendaraan harus patuh pada kendala *time window* di tiap *node* termasuk depo

$$x_{ij} (b_{ij} + t_{ij}) \leq e_j \quad (3.7)$$

$$b_i = a_i + s_i \quad (3.8)$$

$$a_j = \max\{l_j, b_i + t_{ij}\} \quad (3.9)$$

$$l_j > b_i + t_{ij} \rightarrow w_j = l_j - (b_i + t_{ij}) \quad (3.10)$$

$$l_j < b_i + t_{ij} \rightarrow w_j = 0 \quad (3.11)$$

- b. Setiap kendaraan mulai *service* pada *time window* tiap *node*

$$l_i \leq a_i \leq e_i \quad (3.12)$$

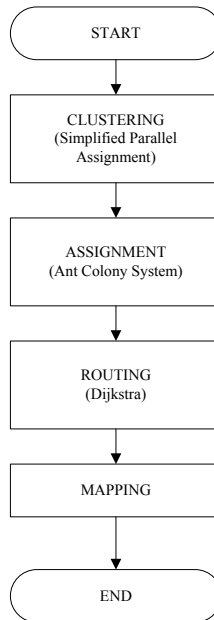
Keterangan :

- N = Himpunan *node* konsumen
V = Himpunan Kendaraan pengangkut
Q = Kapasitas maksimum tiap kendaraan pengangkut
d_i = Jumlah permintaan *node* konsumen ke i
t_{ij} = Waktu tempuh (*travel time*) dari *node* ke i ke *node* j

- w_{jk} = Waktu tunggu (*waiting time*) kendaraan pengangkut k di *node* j
 x_{ij} $\begin{cases} = 1; & \text{jika kendaraan pengangkut } k \text{ mengunjungi } \textit{node } j, \text{ segera setelah } \textit{node } i, i \neq j \\ = 0; & \text{untuk kondisi lainnya} \end{cases}$
 b_j = Waktu selesai *service* di *node* j
 a_i = Waktu mulai *service* di *node* i
 s_i = Waktu *service* di *node* i
 l_j = Waktu awal (buka) *time window* di *node* j
 e_i = Waktu akhir (tutup) *time window* di *node* i

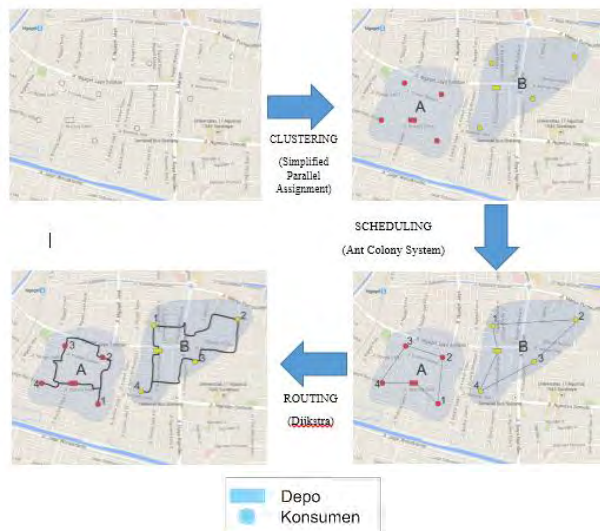
3.1.2 Alur Pengerjaan MDVRPTW

Pada penyelesaian permasalahan ini secara garis besar akan dibagi ke empat bagian seperti dicantumkan pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Flowchart pengerjaan MDVRPTW

- Clustering : merupakan tahapan untuk mengumpulkan sejumlah konsumen dengan sebuah depo agar menjadi *Single Depot VRPTW*. Kumpulan dari sebuah depo dan sejumlah konsumen selanjutnya disebut sebagai gugus.
- Assignment : tahapan untuk menentukan urutan kunjungan mulai dari konsumen pertama, kedua, ketiga, hingga konsumen terakhir dalam sebuah gugus.
- Routing : dalam sebuah rute pengiriman, terdapat banyak alternatif jalan yang dapat ditempuh dari sebuah depo ke konsumen pertama, atau dari sebuah konsumen ke konsumen selanjutnya, tahapan ini akan menentukan melalui jalan mana pengiriman akan dilakukan agar mencapai rute optimal yakni rute dengan jarak terpendek.
- Mapping : agar data hasil optimasi dapat ditampilkan secara menarik dan mudah dipahami oleh pengguna, maka dibuatlah rute yang akan menghubungkan antar node (depo-konsumen/konsumen-konsumen) sesuai hasil perhitungan dalam algoritma dijkstra pada sebuah peta geografis.



Gambar 3.2 Ilustrasi pengerjaan MDVRPTW

3.2 Pemodelan Jalan Dalam Bentuk *Graph*

Untuk mengatasi permasalahan yang ada dalam jalanan nyata seperti belokan atau *turn restriction* maka perlu dilakukan perubahan terhadap pemodelan jaringan jalan yang ada [12]. Perubahan yang dilakukan adalah *node* yang digunakan merupakan segmen jalan, sedangkan *arc* menyatakan hubungan antara tiap segmen, dengan besarnya biaya adalah jarak dari segmen awal. Sebagai contoh adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3 Jaringan jalan dengan aturan belokan [13]

Tabel untuk jaringan jalan pada Gambar 3.1 adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Atribut ruas jalan

kode ruas	node asal	node tujuan	travel_time
101	2	1	4
102	1	2	4
103	2	4	5
104	4	2	6
105	2	3	3
106	3	2	3
107	2	5	3
108	5	2	3

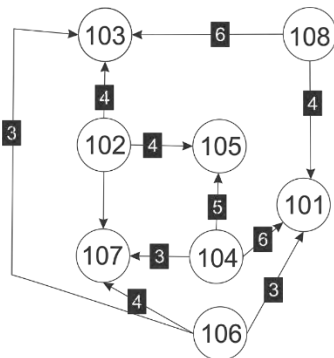
Tabel 3.2 Atribut aturan ruas jalan

kode_ruas	next_ruas
102	103
102	105
102	107
104	101
104	105
104	107
106	101
106	103
106	107
108	101
108	103

Pada tabel atribut ruas jalan terdapat kolom kode_ruas yang menunjukkan kode ruas jalan, kolom node_asal, kolom node_tujuan, dan kolom travel_time yang menyatakan jarak dari ruas jalan dalam satuan waktu.

Pada tabel atribut aturan ruas jalan terdapat kolom kode_ruas dan next_ruas yang menyatakan jalan yang bisa dilalui dengan mematuhi aturan belokan yang ada.

Dari jaringan jalan di atas maka pemodelan dalam dapat dibentuk *graph* sebagai berikut :



Gambar 3.4 Representasi jaringan jalan dalam bentuk *graph*

3.3 Penentuan Nilai Waktu Tempuh (*travel time*)

Variabel utama yang digunakan pada penelitian ini adalah jarak yang dinyatakan dalam satuan waktu atau biasa disebut waktu tempuh (*travel time*). Data *travel time* dari penelitian ini diambil dari lampiran penelitian sebelumnya (Akhmad Fajar Nurul Alam, 2011).

Untuk menentukan nilai waktu tempuh dalam penelitian ini dibutuhkan variabel data volume kendaraan (q), kecepatan rata-rata (v) yang digunakan kendaraan saat kondisi kepadatan k pada setiap *arc* berdasarkan pada mode persamaan *greenshield*.

Kemudian dengan menggunakan kecepatan pada tiap *arc*, maka *travel time* dapat dicari melalui persamaan :

$$TT = \frac{L}{v} \quad (3.13)$$

Sehingga setiap *arc* yang menghubungkan *node* memiliki waktu tempuh yang nantinya akan digunakan untuk proses optimisasi.

3.4 Tahapan *Simplified Parallel Assignment*

Prosedur yang digunakan untuk menyelesaikan *Multi Depot Vehicle Routing Problem* adalah sebagai berikut [8] :

- Mencari konsumen terdekat dari masing-masing depo. Konsumen terdekat ini selanjutnya diasosiasikan ke depo tersebut C(d).
- Untuk masing-masing konsumen, selanjutnya dicari 2 depo terdekat.
- Memanggil *time window* C(d) atau konsumen yang sebelumnya sudah diasosiasikan ke depo.
- Untuk masing-masing konsumen, dicari nilai DTW atau derajat kesamaan *time window* dengan 2 C(d) terdekat.

$$DTW(i, j) = \begin{cases} e_j - l_i & \text{si } l_i < e_j \\ e_i - l_j & \text{si } l_j < e_i \\ 0, & \text{untuk yang lain} \end{cases} \quad (3.14)$$

Dimana

l_j = Waktu awal (buka) *time window* di *node* j

e_i = Waktu akhir (tutup) *time window* di *node* i

- e) Selanjutnya adalah menentukan afinitas dengan 2 depo terdekat melalui persamaan :

$$Afinitas(i, d) = \left\{ \frac{\sum_{j \in C(d) \cup \{d\}} e^{-(DTW(i,j) + TV_{ij})}}{|C|} \right\} d \in D | i, j \in C \quad (3.15)$$

Dimana :

D = himpunan depo dalam MDVRPTW

C = himpunan konsumen dalam MDVRPTW

C(d)=himpunan dari konsumen yang telah dikelompokkan dengan depo d.

- f) Menentukan *closeness* melalui persamaan :

$$Closeness(i, j) = \frac{d(i, j)}{Afinitas(i, j)} \quad j \in D, i \in C \quad (3.16)$$

- g) Mencari μ_c melalui persamaan :

$$\mu_c = Closeness(c, dc'(c)) - Closeness(c, dc''(c)) \quad c \in C \quad (3.17)$$

Dimana :

μ_c = urgensi masing-masing konsumen

- h) Konsumen dengan nilai μ_c tertinggi berhak dikelompokkan dengan depo terdekat.
- i) Apabila persediaan pada depo terdekat sudah habis, maka konsumen selanjutnya akan dikelompokkan dengan depo terdekat kedua.

3.5 Tahapan *Ant Colony System*

Prosedur algoritma *assignment* menggunakan metode *Ant Colony System* adalah sebagai berikut [12] :

- a) Langkah 1: Menentukan parameter ACS
- b) Langkah 2: Membangkitkan inisial solusi hasil dari *clustering*
- c) Langkah 3: inisial solusi disimpan sebagai *1st solution*.
- d) Langkah 4: Membentuk solusi berdasarkan *state transition rule* dan melakukan *local pheromone update*.
 - Banyak semut = banyaknya Semut+1
- e) Langkah 5: Jika jumlah semut > jumlah max semut maka semut= 2 dan melakukan langkah 6.
 - Jika jumlah semut ≤ jumlah max semut maka lakukan langkah 4.
- f) Langkah 6: Mengurutkan solusi ke-2 sampai dengan jumlah max semut, solusi terbaik akan disimpan sebagai *2nd solution* .
- g) Langkah 7: Menerapkan *Global Pheromone Update*

- h) Langkah 8: Mencatat solusi terbaik sejauh ini dan disimpan sebagai 1^{st} solution pada generasi berikutnya. iterasi = iterasi +1
- (Jika jumlah iterasi jumlah Max iterasi) maka berhenti
 - (Jika jumlah iterasi jumlah Max iterasi) maka kembali ke langkah 4.
- i) Langkah 9: Berhenti

3.5.1 Inisialisasi Feromon

Inisialisasi jumlah feromon pada setiap *arc* ditentukan melalui persamaan berikut :

$$\tau_0 = \frac{1}{N \cdot L_{NN}} \quad (3.18)$$

Dimana N adalah jumlah *node* dan L_{NN} adalah *total travel time* dari hasil *clustering*.

3.5.2 State Transition Rule

Setiap semut yang berada pada *node* i akan melanjutkan perjalanannya menuju *node* j dan akan melewati *arc* (i,j) berdasarkan *state transition rule* berikut :

Jika $q \leq q_0$ (eksploitasi) maka :

$$v = \arg \max_{j \in U_k} \left[(\tau_{ij})(\eta_{ij})^\beta \right] \quad (3.19)$$

Dimana:

q = bilangan acak yang bernilai antara 0 sampai dengan 1

U_k = himpunan *node* yang belum dikunjungi saat berada pada *node* i

τ_{ij} = jumlah feromon pada *arc* (i,j)

η_{ij} = Nilai *visibility* yang merupakan saving dari kombinasi dua titik i dan j pada satu perjalanan sebagai kebalikan pelayanan pada dua tur yang berbeda.

$$\eta_{ij} = d_{0i} + d_{0j} - d_{ij} \quad (3.20)$$

α = parameter yang menentukan pengaruh relatif feromon

β = parameter yang menentukan pengaruh relative nilai *visibility*

Sedangkan jika $q > q_0$ (eksplorasi) maka

$$v = P_{ij} = \frac{(\tau_{ij})(\eta_{ij})^\beta}{\sum_{j \in U_k} (\tau_{ij})(\eta_{ij})^\beta} \quad (3.21)$$

Dimana P_{ij} merupakan probabilitas semut dari *node* i menuju *node* j .

3.5.3 Local Pheromone Update

Setiap kali melewati *arc* (i,j) , semut-semut akan memperbaharui jumlah feromon pada *arc* (i,j) berdasarkan *local pheromone update* berikut :

$$\tau_{ij}^{new} = \tau_{ij}^{old} + (1 - \rho)\tau_0 \quad (3.22)$$

$$\tau_0 = \frac{1}{N.LNN} \quad (3.23)$$

3.5.4 Global Pheromone Update

Setelah semua semut telah membentuk solusinya masing-masing, maka *arc-arc* yang membentuk 1^{st} *solution* dan 2^{nd} *solution* pada setiap iterasi akan berubah jumlah feromonnya berdasarkan *global pheromone update* berikut :

$$\tau_{ij}^{new} = (1 - \gamma)\tau_{ij}^{old} + \gamma\Delta\tau_{ij} \quad (3.24)$$

$(i,j) \in \text{tour}$ pada 1^{st} *solution* dan 2^{nd} *solution*, dimana :

$$\Delta\tau_{ij} = \frac{(A-B)+(A-C)}{A} \quad (3.25)$$

Dimana:

$A = \text{Cost } 3^{rd} \text{ BestIteration} = \text{Cost (total travel time)}$ terbaik ke-3 pada tiap iterasi.

$B = \text{Cost of the Best Solution} = \text{Cost (total travel time)}$ terbaik secara keseluruhan.

$C = \text{Cost BestIteration} = \text{Cost (total travel time)}$ terbaik pada tiap iterasi.

3.6 Parameter Tuning ACS

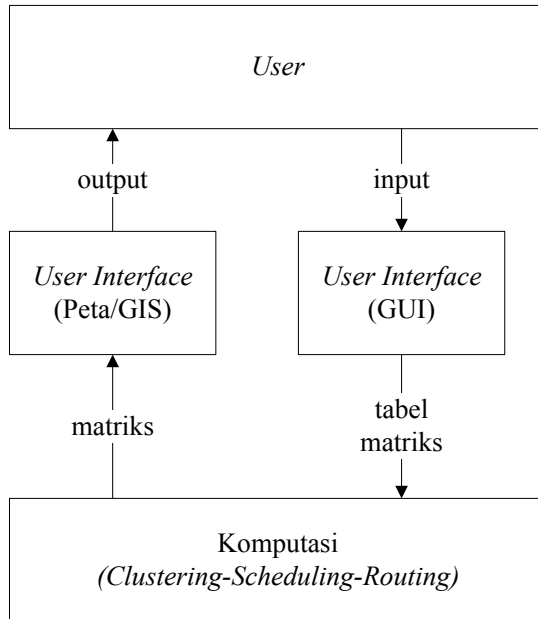
Dalam penelitian yang dilakukan oleh Landgraaf et al. [14], terdapat dua setting parameter yang berbeda, yaitu parameter tuning dan parameter control. Parameter tuning merupakan pengaturan parameter yang dimasukkan secara manual oleh user sebelum menjalankan program, sedangkan parameter control ialah parameter yang berubah sesuai perhitungan saat algoritma dijalankan. Parameter tuning dalam penelitian ini meliputi seluruh nilai yang tercantum dalam window parameter ACS sesuai gambar 3.8.

Parameter-parameter dalam algoritma Ant Colony System dipilih sedemikian sehingga didapat hasil optimasi terbaik. Parameter-parameter tersebut antara lain adalah :

- α = Parameter yang menentukan pengaruh relatif feromon
 - β = Parameter yang menentukan pengaruh relatif nilai visibility
 - ρ = nilai penguapan per waktu penyimpanan feromon
 - τ = jumlah feromon
 - γ = keawetan pheromon
 - q_0 = Parameter yang menentukan kepentingan relatif antara eksploitasi dan eksplorasi.
- Jumlah semut = Banyaknya agen semut yang digunakan dalam optimasi
- Max Iteration = nilai yang menunjukkan setelah iterasi ke berapa program akan dihentikan.
- Vehicle Capacity = menunjukkan jumlah beban maksimum yang dapat diangkut oleh satu buah armada pengirim.

3.7 Perancangan Perangkat Lunak

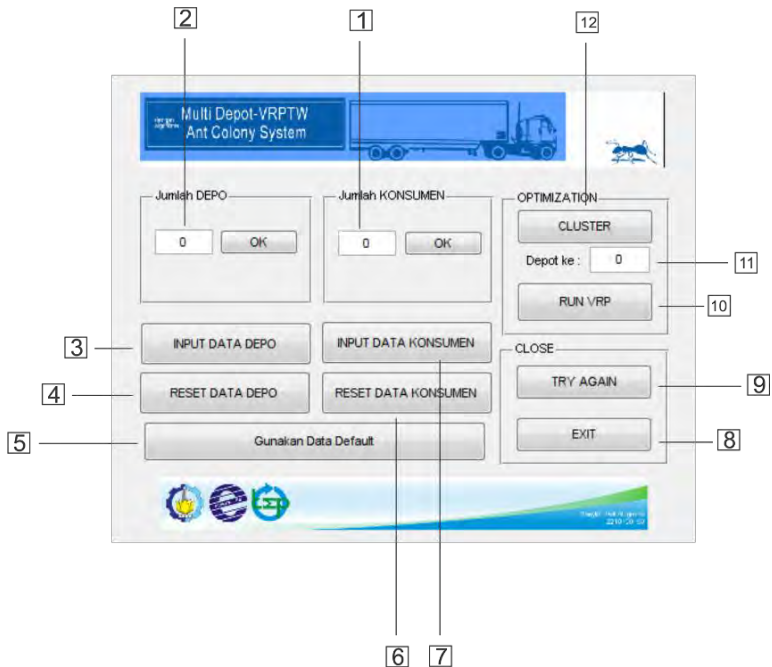
Perancangan perangkat lunak ini terbagi menjadi beberapa bagian. Pada bagian awal ialah pembuatan database jaringan jalan yang berupa tabel-tabel. Untuk menggunakan database tersebut digunakan GUI untuk memasukkan data ke proses optimasi.



Gambar 3.5 Skema perangkat lunak

3.8 Perancangan *Graphical User Interface* (GUI)

Untuk memudahkan *user* memakai aplikasi ini, maka untuk memasukkan data input akan digunakan GUI sebagai antarmukanya. Tampilan awal GUI adalah sebagai berikut.

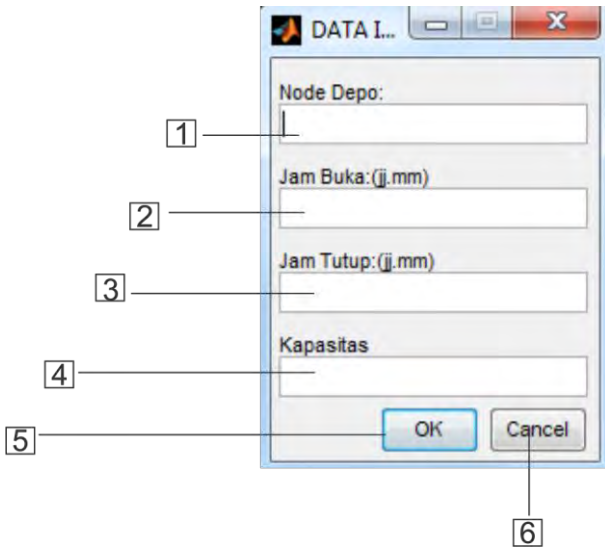


Gambar 3.6 Tampilan awal GUI

Fungsi dari masing-masing komponen adalah sebagai berikut :

1. Untuk memasukkan data jumlah konsumen.
2. Untuk memasukkan data jumlah depo.
3. Untuk memanggil window input data depo.
4. Untuk mengosongkan memori data depo.
5. Untuk memanggil data depo dan data konsumen yang sebelumnya sudah disimpan di *coding* matlab.
6. Untuk mengosongkan memori data konsumen.
7. Untuk memanggil *window input data konsumen*.
8. Untuk mengakhiri program.
9. Untuk mengosongkan seluruh memori dan memulai program dari awal.
10. Untuk menjalankan optimasi *ant colony system* dan dijkstra pada masing-masing depo dan memanggil window parameter ACS.

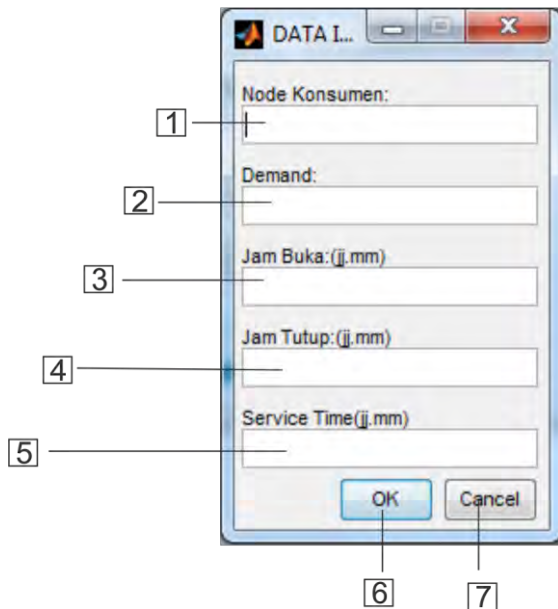
11. Untuk memasukkan depo ke berapa yang akan diproses terlebih dahulu.
12. Untuk menjalankan program clustering dengan menggunakan metode *simplified parallel assignment*.



Gambar 3.7 *Window input data depot*

Fungsi dari masing-masing komponen adalah sebagai berikut :

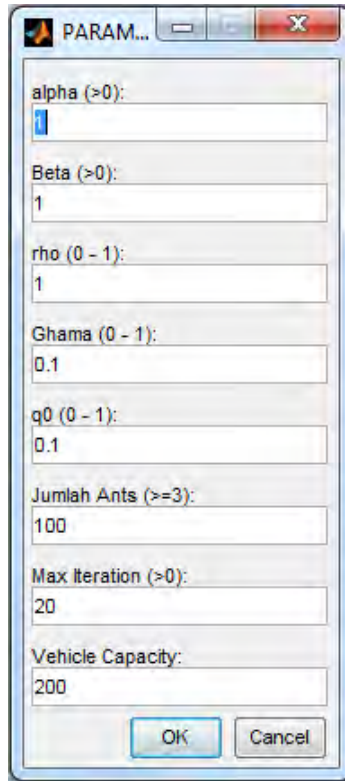
1. Untuk memasukkan *node* depo, keterangan *node* depo dapat dilihat pada lampiran.
2. Untuk memasukkan waktu kapan depo tersebut mulai melayani permintaan konsumen.
3. Untuk memasukkan waktu kapan depo tersebut berhenti melayani permintaan konsumen.
4. Untuk memasukkan persediaan atau kapasitas harian dari depo tersebut.
5. Untuk mengkonfirmasi data yang dimasukkan telah benar.
6. Untuk kembali pada GUI awal.



Gambar 3.8 *Window input data konsumen*

Fungsi dari masing-masing komponen adalah sebagai berikut :

1. Untuk memasukkan *node* konsumen, keterangan *node* dapat dilihat pada lampiran.
2. Untuk memasukkan jumlah permintaan dari konsumen per satuan.
3. Untuk memasukkan waktu kapan konsumen tersebut dapat menerima pengiriman barang.
4. Untuk memasukkan waktu terakhir konsumen tersebut dapat menerima pengiriman barang.
5. Untuk memasukkan lamanya proses bongkar muat barang.
6. Untuk mengkonfirmasi data yang dimasukkan telah benar.
7. Untuk kembali pada GUI awal.



Gambar 3.9 *Window parameter ACS*

Window parameter ACS berisikan sekumpulan parameter sesuai yang tercantum pada sub bab 3.6.1.

BAB 4

PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Bab ini menjelaskan tentang tahap pengumpulan data, pengolahan data, implementasi, dan pengujian algoritma pada perangkat lunak yang telah dibuat.

4.1 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data jaringan jalan di kota Surabaya yang berupa waktu tempuh (*travel time*) yang menyatakan jarak antar dua buah node. Data yang digunakan dalam penelitian menggunakan data dari penelitian sebelumnya oleh Akhmad Fajar Nurul Alam, 2011.

Data yang digunakan dibedakan menjadi dua kelompok data. Kelompok data pertama ialah kelompok data statis, yaitu data yang tidak mengalami perubahan dalam waktu yang lama. Kelompok data statis meliputi :

1. Data ruas jalan
2. Data aturan jalan
3. Data lokasi konsumen dan depo
4. Data jarak antar konsumen
5. Data jenis barang

Sedangkan yang termasuk dalam kelompok data dinamis adalah data transaksi seperti data pelanggan, alamat pemesanan, jumlah pemesanan, waktu pelayanan, lama pelayanan, serta urutan kunjungan yang dilakukan masing-masing armada untuk melayani seluruh pelanggan.

4.1.1 Data Ruas Jalan

Untuk data ruas jalan dalam penelitian ini digunakan data hasil penelitian sebelumnya yakni pada tugas akhir Hendra pada tahun 2004. Pengkodean data jalan dilakukan pada jalan arteri dan jalan kolektor yang berkaitan dengan data konsumen, dan dapat dilihat pada halaman lampiran.

4.1.2 Data Aturan Ruas Jalan

Data aturan ruas jalan dibutuhkan untuk mengetahui ruas jalan mana saja yang dapat dilalui dari suatu ruas jalan. Dari data aturan dapat terlihat apakah jalan tersebut satu arah atau dua arah. Data aturan ruas jalan diperoleh melalui survey lapangan.

4.1.3 Data Lokasi Konsumen dan Depo

Pada penelitian ini data lokasi depo menggunakan data depo perusahaan air minum dalam kemasan CLEO yang memiliki 3 buah depo di kota Surabaya yaitu di jalan H.R. Muhammad, Baliwerti, dan Jagir Wonokromo. Sedangkan untuk lokasi konsumen, data bersifat intuitif dan dimasukkan secara acak. Atribut nomor node merupakan asumsi, sehingga alamat node konsumen maupun depo ditentukan dengan penyesuaian nomor agar posisinya tidak jauh berbeda dengan lokasi aslinya.

4.1.4 Data Rute Pelayanan Konsumen

Untuk mendapatkan rute pelayanan konsumen, data konsumen yang sebelumnya dimasukkan secara acak akan dihitung menggunakan optimasi Ant Colony System.

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dibagi menjadi 2 bagian, yakni pengolahan data jalan dan pengolahan data pelayanan konsumen. Masing-masing dijelaskan sebagai berikut :

4.2.1 Pengolahan Data Jalan

Seperti dijelaskan pada sub bab permodelan jaringan jalan, data jaringan jalan pada kota Surabaya dimulai dengan menentukan node-node di atas peta. Node-node tersebut merupakan representasi dari titik persimpangan, titik belokan dan titik pertemuan dua jalan.

Setelah didapatkan data node, langkah selanjutnya ialah melakukan pengkodean ruas jalan. Pada tabel ruas jalan terdapat kolom node asal dan tujuan yang berkaitan dengan tabel node.

Selanjutnya ialah menentukan aturan jalan yang disimpan dalam tabel `next_ruas` serta penyusunan tabel jalan yang memberikan informasi mengenai nama jalan dari tiap-tiap ruas yang dikodekan.

4.2.2 Pengolahan Data Pemesanan Pelanggan

Data pemesanan oleh pelanggan dimasukkan melalui GUI yang telah dijelaskan pada sub bab perancangan *graphical user interface* (GUI). Data yang telah dimasukkan akan ditampilkan melalui command window matlab yang tersaji dalam bentuk matriks.

4.3 Pengujian Algoritma

Dalam pengujian ini digunakan data pesanan yang diasumsikan telah dilakukan satu hari sebelum hari pengiriman. Data depo dan konsumen disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.1 Data depo pengujian

Nama	Node	Persediaan	Time Begin	Time End
Depo 1	66	450	7:00	15:00
Depo 2	277	500	7:00	17:00
Depo 3	322	500	7:00	17:00

Tabel 4.2 Data konsumen pengujian

Nama	Node	Permintaan	Time Begin	Time End
Konsumen 1	1	25	7:00	8:00
Konsumen 2	7	30	7:00	8:00
Konsumen 3	12	20	7:00	8:00
Konsumen 4	21	35	9:00	9:00
Konsumen 5	46	30	8:00	10:00
Konsumen 6	60	45	7:00	10:00
Konsumen 7	95	50	7:00	8:00
Konsumen 8	135	35	7:00	8:00
Konsumen 9	177	50	8:00	11:00
Konsumen 10	189	40	7:00	11:00
Konsumen 11	210	55	8:00	10:00

Tabel 4.2 Data konsumen pengujian

Nama	Node	Permintaan	Time Begin	Time End
Konsumen 12	244	15	8:00	11:00
Konsumen 13	256	25	7:00	9:00
Konsumen 14	289	35	8:00	9:00
Konsumen 15	315	50	7:00	8:00
Konsumen 16	333	55	8:00	12:00
Konsumen 17	376	20	8:00	10:00
Konsumen 18	402	25	7:00	10:00
Konsumen 19	355	45	7:00	8:00
Konsumen 20	400	35	7:00	12:00
Konsumen 21	235	20	8:00	9:00
Konsumen 22	104	50	9:00	11:00
Konsumen 23	144	30	11:00	12:00
Konsumen 24	140	20	9:00	11:00
Konsumen 25	101	30	12:00	13:00
Konsumen 26	254	45	14:00	15:00
Konsumen 27	141	35	10:00	12:00
Konsumen 28	221	15	13:00	14:00
Konsumen 29	174	10	9:00	10:00
Konsumen 30	264	15	10:00	11:00
Konsumen 31	248	20	7:00	9:00
Konsumen 32	298	20	7:00	9:00
Konsumen 33	386	20	7:00	9:00
Konsumen 34	39	20	7:00	9:00
Konsumen 35	81	20	7:00	9:00

Tabel 4.2 Data konsumen pengujian

Nama	Node	Permintaan	Time Begin	Time End
Konsumen 36	44	20	8:00	10:00
Konsumen 37	62	20	8:00	10:00
Konsumen 38	28	20	8:00	10:00
Konsumen 39	4	20	10:00	10:00
Konsumen 40	113	20	8:00	10:00
Konsumen 41	106	20	9:00	12:00
Konsumen 42	181	20	9:00	12:00
Konsumen 43	175	20	9:00	12:00
Konsumen 44	205	20	9:00	12:00
Konsumen 45	161	20	9:00	12:00
Konsumen 46	292	20	10:00	12:00
Konsumen 47	242	20	10:00	12:00
Konsumen 48	399	20	10:00	12:00
Konsumen 49	408	20	10:00	12:00
Konsumen 50	296	20	10:00	12:00

4.4 Pemilihan Parameter *Ant Colony System*

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 50 node konsumen, dan jumlah iterasi maksimal 20, sedangkan untuk nilai $\alpha, \beta, \rho, \gamma$, serta q_0 bervariasi. Tujuan pengujian yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh terhadap rute optimum dengan adanya variasi dari parameter-parameter Ant Colony System. Nilai yang dibandingkan dari pengujian ini adalah: total *travel time*, jumlah kendaraan akhir, dan waktu komputasi

Tabel 4.3 Data uji parameter ACS

Uji Alfa ($\alpha = x, \beta = 1, \rho = 1, \gamma = 0.1, q_0 = 0.1, \text{Ants} = 100$)

	0.1			0.3			0.5			0.7			0.9			1.1		
Depo 1	4:06	8	90.9	3:56	8	67.2	3:43	7	67.4	3:28	5	65.2	3:39	7	71.4	3:37	7	69.5
Depo 2	1:01	3	33.6	1:04	3	33.9	0:58	3	27.3	0:58	3	27.2	0:53	2	27	0:56	2	26.7
Depo 3	1:08	3	35.4	1:06	4	40.1	1:07	3	34.8	0:58	3	34.6	0:59	3	33.6	1:00	3	35

Uji Beta ($\alpha = 1, \beta = x, \rho = 1, \gamma = 0.1, q_0 = 0.1, \text{Ants} = 100$)

	0.1			0.3			0.5			0.7			0.9			1.1		
Depo 1	3:31	6	70.9	3:35	6	75.8	3:49	5	66.4	3:19	6	70.1	3:39	6	75.9	3:19	7	70.9
Depo 2	0:52	3	33	0:54	2	30	0:53	2	30.6	0:52	3	33.1	0:52	2	34.6	0:53	2	31
Depo 3	0:58	3	37.9	1:05	4	36.1	1:00	4	41.7	1:03	4	39.6	0:57	3	54.5	1:03	3	49.2

Uji Rho ($\alpha = 1, \beta = 1, \rho = x, \gamma = 0.1, q_0 = 0.1, \text{Ants} = 100$)

	0.1			0.3			0.5			0.7			0.9			1		
Depo 1	3:34	7	105	3:30	7	90.7	3:31	7	82.3	3:52	8	83.1	3:34	7	80	3:40	6	130
Depo 2	0:53	2	28.3	0:57	2	29.1	0:59	2	29.4	0:53	3	34.3	0:57	2	28.2	0:53	3	33.5
Depo 3	1:01	4	40.3	0:58	3	55.2	0:56	3	47.3	1:02	3	43.2	0:59	3	38.2	0:59	4	49.9

Uji Gama ($\alpha = 1, \beta = 1, \rho = 1, \gamma = x, q_0 = 0.1, \text{Ants} = 100$)

	0.1			0.3			0.5			0.7			0.9			1		
Depo 1	3:20	6	92.6	3:07	6	93.6	3:04	7	96.7	2:58	6	93.9	3:10	6	93.9	3:36	8	110
Depo 2	0:45	2	38.3	0:44	2	37.8	0:47	2	38	0:43	2	40.6	0:46	2	47.3	0:52	2	41.1
Depo 3	0:53	3	53.4	0:53	3	60.3	0:53	3	67.1	0:52	4	48.1	0:52	4	53.9	1:04	4	52.8

Uji q_0 ($\alpha = 1, \beta = 1, \rho = 1, \gamma = 0.1, q_0 = x, \text{Ants} = 100$)

	0.1			0.3			0.5			0.7			0.9			0.95		
Depo 1	3:39	6	112	3:36	6	91.2	3:24	6	92.1	3:31	7	97.9	3:32	6	92.6	3:23	6	94
Depo 2	0:52	2	29	0:51	2	41	0:54	3	28.7	0:55	3	28.8	0:50	2	28.7	0:54	3	34.7
Depo 3	0:59	4	38.8	1:02	3	39.7	1:05	4	39.6	0:59	3	38	0:57	3	36.6	0:58	3	38.1

Uji Jumlah Ants ($\alpha = 1, \beta = 1, \rho = 1, \gamma = 0.1, q_0 = 0.1$)

	50			100			150			200			250			300		
Depo 1	3:27	7	71.3	3:18	7	66.3	3:28	6	71.3	3:28	7	78.3	3:31	6	93.3	3:12	7	80.5
Depo 2	0:56	2	27.9	0:57	3	28.7	0:50	2	43.6	0:49	2	34	0:52	2	29.7	0:53	2	30.2
Depo 3	0:56	3	37.2	0:59	4	39	0:57	4	47.9	0:56	3	42.6	0:54	3	45.2	0:57	3	48.8

Keterangan : = Total *travel time* (jj:mm) = waktu komputasi (s)
 = Jumlah kendaraan = hasil terbaik

4.4.1 Pengaruh Nilai Parameter ACS

Setelah dilakukan beberapa percobaan terhadap program yang telah dibuat terlihat bahwa parameter-parameter dalam ACS memberikan hasil optimasi yang berbeda-beda dan memiliki hubungan satu sama lain.

- **Parameter α dan β**

Parameter α merupakan parameter beban intensitas jejak semut atau beban feromon. Parameter β merupakan parameter visibilitas atau biasa disebut parameter informasi lokal. Kedua parameter tersebut adalah parameter utama yang ada dalam *Ant Colony System*. Dalam mencari makanan, semut menerapkan pencarian dengan metode pencarian jalur terpendek. Sebuah koloni semut dapat menemukan jalur optimum pada saat pergi mencari makanan dan kembali ke sarangnya. Semut-semut tersebut berjalan dengan meninggalkan feromon. Feromon yang ditinggalkan oleh semut dalam mencari makanan digunakan oleh semut lain untuk mengetahui jalan mana yang lebih baik disbanding dengan semua jalan yang ada.

Semut akan lebih memilih jalan memiliki kadar feromon yang kuat. Itu berarti bahwa jalan tersebut merupakan jalur optimum yang hampir kebanyakan semut melewati jalur tersebut, sedangkan jalan yang jarang dilalui kadar feromonnya lama-kelamaan akan berkurang sehingga semut lain tidak akan memilih jalur tersebut.

Nilai parameter α dan β mempengaruhi nilai P , dimana P merupakan probabilitas dari kota i ke kota j . Semakin besar nilai keduanya, semakin besar pula probabilitas dari kota yang sekarang ke kota berikutnya. Ini berarti nilai parameter α dan β berbanding lurus dengan nilai P . Jika salah satu parameter yang digunakan mendekati nol berarti hanya mengandalkan feromon saja atau informasi lokal saja.

- **Parameter ρ dan τ**

Parameter ρ merupakan parameter faktor pelupa feromon. Nilai parameter akan mempengaruhi nilai τ , dimana τ merupakan intensitas pheromone. Intensitas pheromone setiap kota berbeda-beda. Setiap iterasi yang dilakukan menyebabkan perubahan pada intensitas tersebut.

Jadi setiap iterasi diadakan pembaharuan nilai intensitas tersebut. Semakin besar nilai ρ akan memperkecil nilai τ , sedangkan semakin kecil nilai ρ akan memperbesar nilai τ . Ini berarti nilai ρ berbanding terbalik dengan nilai τ . Semakin besar nilai ρ , maka intensitas pheromone menjadi lebih kecil sedangkan semakin kecil nilai ρ , maka intensitas pheromone menjadi lebih besar.

- **Parameter γ**

Feromon yang tersisa dalam sebuah *arc* dipengaruhi oleh nilai pada parameter γ , relasi ini terdapat pada persamaan :

$$\tau_{ij}^{new} = (1 - \gamma)\tau_{ij}^{old} + \gamma\Delta\tau_{ij} \quad (4.1)$$

Berdasarkan tabel 4.4, nilai γ yang optimal menunjukkan nilai yang relatif kecil (depo 1=0.3, depo 2=0.1, depo 3=0.5). Semakin besar nilai γ akan membuat perhitungan pencarian solusi terbaik menjadi semakin rumit.

- **Parameter q_0**

Parameter q_0 memberikan pengaruh pada pemilihan eksploitasi atau eksplorasi. Berdasarkan tabel 4.3, dengan nilai q_0 yang besar, mekanisme ACS akan cenderung melakukan eksploitasi terhadap solusi dari *previous best solution*. Semakin kecil nilai q_0 akan membuat mekanisme ACS cenderung melakukan eksplorasi pada solusi-solusi baru.

- **Parameter jumlah semut**

Berdasarkan persamaan :

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}(t) \quad (4.2)$$

Dimana m adalah jumlah semut yang digunakan dalam optimasi, parameter τ sangat dipengaruhi oleh jumlah semut yang digunakan. Terlalu banyak semut yang digunakan akan meningkatkan kompleksitas perhitungan, dan menghasilkan penggabungan yang cepat pada percobaan sub-optimal. Pada sisi lain, terlalu sedikit semut akan membatasi hasil kerjasama secara sinergi.

4.4.2 Hasil Pemilihan Parameter ACS

Parameter-parameter terbaik yang didapat dari depo 1, depo, dan depo 3 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Nilai parameter terbaik

	α	β	ρ	γ	q_0	Ants
Depo 1	0.7	0.7	0.3	0.7	0.95	300
Depo 2	0.9	0.9	0.1	0.7	0.9	200
Depo 3	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9	200

4.5 Hasil Simulasi

Setelah didapat parameter terbaik, selanjutnya parameter tersebut yang akan digunakan untuk melakukan pengujian akhir. Hasil dari pengujian terakhirnya adalah sebagai berikut.

4.5.1 Hasil *Clustering*

Setelah memasukkan data depo dan data konsumen, proses berikutnya ialah melakukan *clustering*. Dari metode *simplified parallel assignment* yang digunakan dalam program ini akan menghasilkan hasil *clustering* sebagai berikut :

- Depo 1 (22 konsumen):
189 174 113 46 62 60 141 81 44 39 28 140
101 4 21 254 12 7 235 144 1 104
- Depo 2 (13 konsumen):
408 95 399 296 135 292 242 205 244 161 181 175
106
- Depo 3 (15 konsumen) :
210 386 248 289 298 264 221 355 256 315 402 400
333 177 376

Angka-angka yang dicetak miring adalah node konsumen yang harus dilayani oleh masing-masing depo yang bersangkutan.

4.5.2 Hasil Optimasi Depo 1

- a) Posisi node = 'Mayjen HR Muhammad' 'Girilaya' 'Jarak' 'Simogunung' 'Darmo Permai I' 'Kupang Indah' 'Tanjung Sari' 'Raya Dukuh Kupang' 'Kupang Indah X' 'Raya Sukomanunggal' 'Putat Gede' 'Satelit Selatan' 'Gunung Sari' 'Jajar' 'Darmo Indah Selatan' 'Satelit Selatan' 'Hayam Wuruk' 'Darmo Harapan' 'Raya Darmo Indah' 'Achmad yani' 'Kebon Sari Tengah' 'Tandes' 'Kebon Sari'
- b) *Travel time* = 2 jam 54 menit
- c) Jumlah kendaraan = 5
- d) Waktu komputasi = 90.1408 s

- Rute Kendaraan 1 = 66 44 60 39 28 140 144 66

Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi Surabaya menjadi :

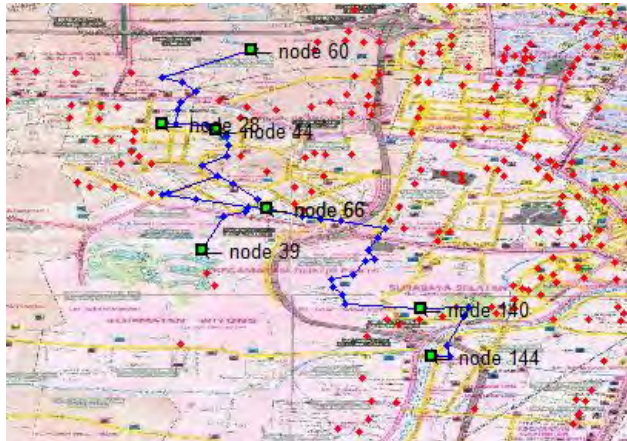
66 → 62 → 52 → 46 → 38 → 404 → 51 → 50 → 44 → 41 → 32 → 33 → 34 → 37 → 36 → 25 → 60 → 25 → 36 → 37 → 34 → 33 → 32 → 41 → 44 → 50 → 51 → 404 → 38 → 46 → 52 → 62 → 66 → 58 → 56 → 49 → 39 → 49 → 56 → 58 → 391 → 27 → 30 → 46 → 38 → 404 → 51 → 50 → 44 → 41 → 32 → 28 → 32 → 41 → 44 → 50 → 51 → 404 → 38 → 46 → 52 → 62 → 66 → 77 → 85 → 381 → 121 → 118 → 110 → 117 → 107 → 101 → 90 → 91 → 94 → 96 → 140 → 170 → 169 → 154 → 156 → 144 → 156 → 154 → 169 → 170 → 140 → 96 → 94 → 91 → 90 → 101 → 107 → 117 → 110 → 118 → 121 → 381 → 77 → 66.

Dan jika dinyatakan dalam nama jalannya adalah sebagai berikut:

(DEPO 66)'Kupang Indah' 'Kupang Indah' 'Darmo Baru Barat' 'Darmo Baru Barat' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal'

'Satelit Selatan'(44) 'Satelit Selatan' 'Raya Satelit Indah'
'Raya Satelit Indah' 'Raya Satelit Indah' 'Tandes"Tandes'
'Tanjung Sari' 'Tanjung Sari' 'Tandes' (60) 'Tandes' 'Raya
'Satelit Indah' 'Raya Satelit Indah' 'Raya Satelit Indah"Satelit
Selatan' 'Satelit Selatan' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya
Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal'
'Darmo Baru Barat"Darmo Baru Barat' 'Kupang Indah' 'Kupang
Indah' 'Mayjen HR Muhammad' 'Putat Gede' 'Putat Gede'
'Putat Gede' 'Putat Gede"Putat Gede' (39) 'Putat Gede'
'Mayjen HR Muhammad' 'Mayjen HR Muhammad' 'Darmo
Permai I' 'Darmo Permai I' 'Darmo Baru Barat' 'Raya
Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal'
'Raya Sukomanunggal' 'Satelit Selatan' (28) 'Satelit Selatan'
'Satelit Selatan"Satelit Selatan' 'Satelit Selatan' 'Satelit Selatan'
'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya
Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Darmo Baru Barat'
'Darmo Baru Barat' 'Kupang Indah' 'Kupang Indah' 'Mayjen
HR Muhammad"Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono"Mayjen
Sungkono' 'Dukuh Pakis ' 'Dukuh Pakis ' 'Dukuh Pakis '
'Jajar' 'Jajar' (140) 'Jajar' 'Jajar' 'Jajar' 'Golf' 'Golf'(144)
Gunung Sari' 'Kebon Agung' 'Kebon Agung' 'Kebon Agung'
'Agung' 'Agung' 'Kebon Agung' 'Kebon Agung' 'Kebon
Agung' 'Gunung Sari"Golf' 'Golf' 'Jajar' 'Jajar' 'Jajar'
'Jajar' 'Jajar' 'Dukuh Pakis' 'Dukuh Pakis ' 'Dukuh Pakis '
'Mayjen Sungkono"Mayjen Sungkono' 'Mayjen HR
Muhammad'(DEPO 66)

Jika dinyatakan dalam peta adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Rute kendaraan 1 depo 1

- Rute Kendaraan 2 = 66 21 12 235 104 66

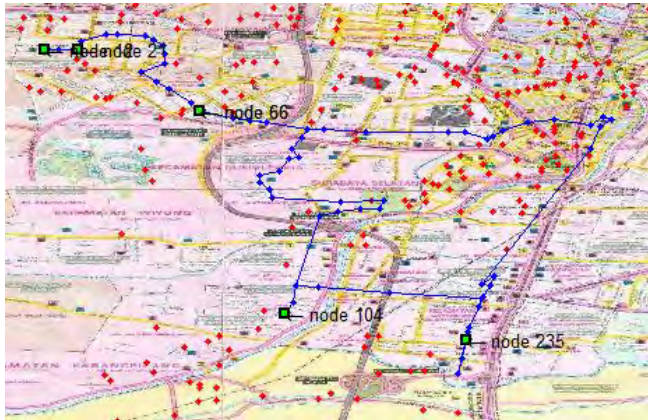
Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi Surabaya menjadi :

66 → 62 → 52 → 46 → 38 → 404 → 51 → 50 → 44
→ 41 → 32 → 28 → 22 → 21 → 15 → 12 → 15 →
21 → 22 → 28 → 32 → 41 → 44 → 50 → 51 → 404
→ 38 → 46 → 52 → 62 → 66 → 77 → 85 → 381 →
121 → 129 → 157 → 380 → 234 → 254 → 390 → 268 →
289 → 314 → 347 → 355 → 361 → 353 → 346 → 245 →
263 → 258 → 251 → 378 → 377 → 236 → 222 → 229 →
235 → 377 → 378 → 247 → 172 → 125 → 114 → 112 →
104 → 112 → 114 → 127 → 137 → 151 → 169 → 170 →
140 → 96 → 94 → 91 → 90 → 101 → 107 → 117 →
110 → 118 → 121 → 381 → 77 → 66

Dan jika dinyatakan dalam nama jalannya adalah sebagai berikut:

(DEPO 66)'Kupang Indah' 'Kupang Indah' 'Darmo Baru Barat'
'Darmo Baru Barat' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya
Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal'
'Satelit Selatan' 'Satelit Selatan' 'Satelit Selatan' 'Satelit
Selatan' 'Satelit Selatan' 'Darmo Harapan' (21) 'Darmo Harapan'
'Darmo Harapan' (12) 'Darmo Harapan' 'Satelit Selatan' 'Satelit
Selatan' 'Satelit Selatan' 'Satelit Selatan' 'Satelit Selatan' 'Raya
Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal'
'Raya Sukomanunggal' 'Darmo Baru Barat' 'Darmo Baru Barat'
'Kupang Indah' 'Kupang Indah' 'Mayjen HR Muhammad'
'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono'
'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono'
'Mayjen Sungkono' 'Adityawarman' 'Kutei' 'Kutei' 'Kutei'
'Kutei' 'Bengawan' 'Bengawan' 'Darmo Kali' 'Dinoyo' 'Ngagel'
'Ngagel' 'Ngagel' 'Achmad Yani' 'Achmad Yani' 'Achmad
Yani' 'Achmad Yani' 'Achmad Yani' 'Achmad Yani' 'Achmad
Yani' (235) 'Achmad Yani' 'Achmad Yani' 'Achmad Yani'
'Achmad Yani' 'Achmad Yani' 'Gayung Kebon Sari' 'Gayung
Kebon Sari' 'Gayung Kebon Sari' (104) 'Kebon Sari' 'Kebon
Sari' 'Kebon Sari' 'Kebon Sari' 'Jambangan' 'Karah'
'Karah' 'Karah' 'Kebon Agung' 'Gunung Sari' 'Golf' 'Golf'
'Jajar' 'Jajar' 'Jajar' 'Jajar' 'Jajar' 'Dukuh Pakis' 'Dukuh
Pakis' 'Dukuh Pakis' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono'
'Mayjen HR Muhammad'(DEPO 66)

Jika dinyatakan dalam peta adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2 Rute kendaraan 2 depo 1

- Rute Kendaraan 3 = 66 1 7 4 101 254 66

Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi Surabaya menjadi :

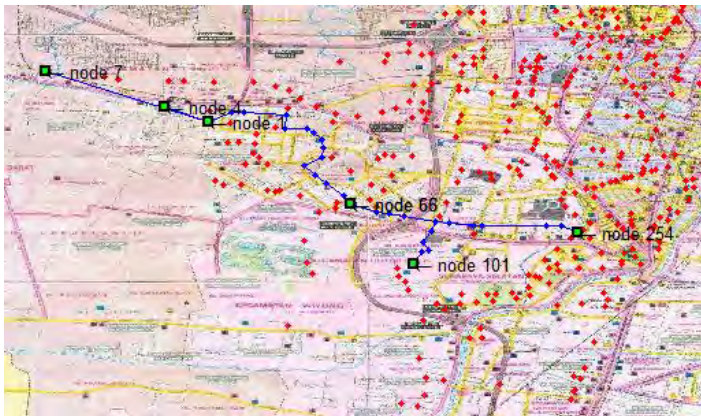
66 → 62 → 52 → 46 → 38 → 404 → 51 → 50 → 44
 → 41 → 32 → 33 → 17 → 14 → 1 → 7 → 1 → 4
 → 1 → 14 → 17 → 33 → 32 → 41 → 44 → 50 → 51
 → 404 → 38 → 46 → 52 → 62 → 66 → 77 → 85 →
 381 → 121 → 118 → 110 → 117 → 107 → 101 → 107 →
 117 → 110 → 118 → 121 → 129 → 157 → 380 → 234 →
 254 → 234 → 380 → 157 → 147 → 129 → 121 → 381 →
 77 → 66

Dan jika dinyatakan dalam nama jalannya adalah sebagai berikut:

(DEPO 66)'Kupang Indah' 'Kupang Indah' 'Darmo Baru Barat'
 'Darmo Baru Barat' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya
 Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal'

'Satelit Selatan' 'Satelit Selatan' 'Raya Satelit Indah' 'Raya Satelit Utara' 'Darmo Indah Selatan' 'Darmo Indah Selatan' 'Raya Satelit Utara' (1) 'Raya Satelit Indah'(7) 'Satelit Selatan' 'Satelit Selatan' (4) 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Darmo Baru Barat' 'Darmo Baru Barat' 'Kupang Indah' 'Kupang Indah' 'Mayjen HR Muhammad' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Dukuh Pakis ' 'Dukuh Pakis ' 'Dukuh Pakis ' 'Jajar' 'Jajar' 'Jajar' 'Jajar' 'Dukuh Pakis' 'Dukuh Pakis ' 'Dukuh Pakis ' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono'(101) 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Adityawarman' 'Adityawarman' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono'(254) 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen HR Muhammad' (DEPO 66)

Jika dinyatakan dalam peta adalah sebagai berikut:



Gambar 4.3 Rute kendaraan 3 depo 1

- Rute Kendaraan 4 = 66 81 141 66

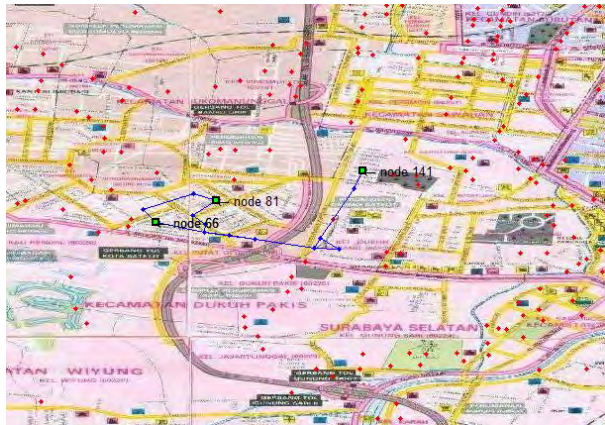
Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi Surabaya menjadi :

66 → 62 → 75 → 81 → 74 → 78 → 77 → 85 → 381
 → 121 → 123 → 132 → 141 → 132 → 123 → 129 → 121
 → 381 → 77 → 66

Dan jika dinyatakan dalam nama jalannya adalah sebagai berikut:

(DEPO 66)'Kupang Indah' 'Kupang Indah XVII' 'Kupang Indah X' 'Raya Kupang Jaya' (81) 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Kupang Jaya' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Raya Dukuh Kupang' 'Raya Dukuh Kupang' 'Raya Dukuh Kupang' 'Raya Dukuh Kupang' (141) 'Raya Dukuh Kupang' 'Raya Dukuh Kupang' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen HR Muhammad'(DEPO 66)

Jika dinyatakan dalam peta adalah sebagai berikut:



Gambar 4.4 Rute kendaraan 4 depo 1

- Rute Kendaraan 5 = 66 62 189 46 113 174 66

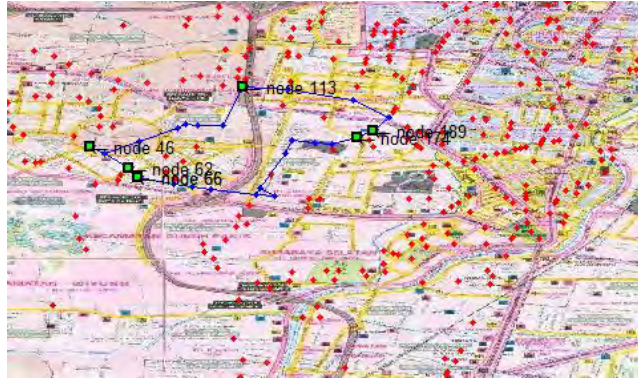
Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi Surabaya menjadi :

66 → 62 → 66 → 77 → 85 → 381 → 121 → 123 → 132
 → 141 → 152 → 164 → 174 → 189 → 174 → 164 → 152
 → 141 → 132 → 123 → 129 → 121 → 381 → 77 → 66
 → 62 → 52 → 46 → 52 → 67 → 79 → 83 → 87 → 99
 → 113 → 134 → 173 → 198 → 189 → 174 → 164 → 152
 → 141 → 132 → 123 → 129 → 121 → 381 → 77 → 66

Dan jika dinyatakan dalam nama jalannya adalah sebagai berikut:

(DEPO 66)'Kupang Indah' 'Kupang Indah' (62) 'Mayjen HR Muhammad' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Raya Dukuh Kupang' 'Raya Dukuh Kupang' 'Raya Dukuh Kupang' 'Putat Jaya' 'Jarak' 'Jarak' 'Girilaya' 'Girilaya' (189) 'Jarak' 'Jarak' 'Putat Jaya' 'Raya Dukuh Kupang' 'Raya Dukuh Kupang' 'Raya Dukuh Kupang' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen HR Muhammad' 'Kupang Indah' 'Kupang Indah' 'Darmo Baru Barat' 'Darmo Baru Barat' (46) 'Kupang Baru' 'Kupang Baru' 'Kupang Baru' 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Kupang Jaya' 'Simogunung' 'Banyu Urip' (113) 'Banyu Urip' 'Banyu Urip' 'Girilaya' 'Girilaya' 'Jarak' (174) 'Jarak' 'Putat Jaya' 'Raya Dukuh Kupang' 'Raya Dukuh Kupang' 'Raya Dukuh Kupang' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen HR Muhammad' (DEPO 66)

Jika dinyatakan dalam peta adalah sebagai berikut:



Gambar 4.5 Rute kendaraan 5 depo 1

4.5.3 Hasil Optimasi Depo 2

- Posisi node = 'Kramat Gantung' 'Jaksa Agung Suprpto' 'Simorejo II' 'Pecindilan' 'Gang Besar' 'Pacuan Kuda' 'Indrapura' 'Semarang' 'Tidar' 'Anjasmoro' 'Kali Butuh' 'Petemon Kali' 'Petemon Barat' 'Simorejo II'
 - Travel time* = 0 jam 43 menit
 - Jumlah akhir kendaraan = 2
 - Waktu komputasi = 43.982 s
- Rute Kendaraan 1 = 277 242 161 244 181 106 175 399 277

Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi Surabaya menjadi :

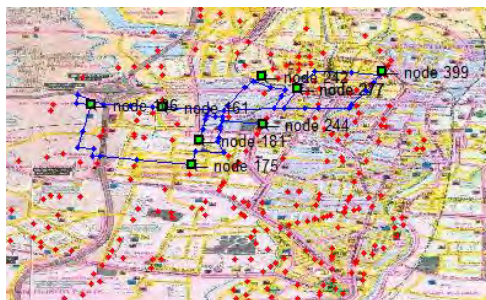
277 → 267 → 260 → 265 → 270 → 255 → 237 → 242 →
237 → 224 → 407 → 206 → 191 → 161 → 191 → 206 →
205 → 204 → 244 → 204 → 205 → 406 → 190 → 188 →
186 → 181 → 186 → 188 → 190 → 191 → 161 → 148 →
130 → 120 → 98 → 95 → 106 → 102 → 97 → 111 →

108 → 116 → 138 → 175 → 178 → 207 → 197 → 394 →
 200 → 395 → 204 → 205 → 206 → 260 → 287 → 409 →
 330 → 335 → 349 → 403 → 357 → 399 → 357 → 334 →
 295 → 277

Dan jika dinyatakan dalam nama jalannya adalah sebagai berikut:

(DEPO 277)'Baliwerti' 'Praban' 'Bubutan' 'Bubutan' 'Raden Saleh' 'Raden Saleh' 'Semarang' 'Semarang'(242) 'Semarang' 'Semarang' 'Semarang' 'Kali Butuh' 'Kali Butuh' 'Kali Butuh' (161) 'Kali Butuh' 'Arjuna' 'Arjuna' 'M'Anjasmoro' 'Anjasmoro'(244) 'Arjuna' 'Tidar' 'Tidar' 'Tentara Pelajar' 'Tentara Pelajar' 'Kawi' 'Kawi' (181) 'Tentara Pelajar' 'Tentara Pelajar' 'Tentara Pelajar' 'Kali Butuh' 'Kali Butuh' 'Kali Butuh' 'Asem Raya' 'Asem Raya' 'Dupak Rukun' 'Simorejo II'(106) 'Simorejo' 'Simorejo' 'Simorejo' 'Simomulyo' 'Petemon Barat' 'Petemon Barat' 'Petemon Barat' (175) 'Petemon Kali' 'Kedung Anyar' 'Arjuna' 'Arjuna' 'Arjuna' 'Arjuna' 'Arjuna' 'Arjuna' 'Arjuna' 'Arjuna' 'Kranggan' 'Praban' 'Genteng Kali' 'Genteng Kali' 'Undaan Kulon' 'Undaan Kulon' 'Undaan Kulon' 'Undaan Kulon' (399) 'Pecindilan' 'Pecindilan' 'Jagalan' 'Pasar Besar' 'Pahlawan' (DEPO 277)

Jika dinyatakan dalam peta adalah sebagai berikut:



Gambar 4.6 Rute kendaraan 1 depo 2

- Rute Kendaraan 2 = 277 95 135 296 205 292 408 277

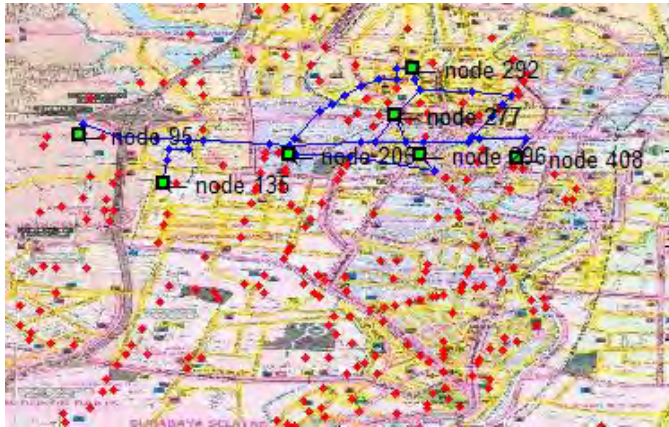
Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi Surabaya menjadi :

277 → 267 → 260 → 206 → 191 → 161 → 148 → 130 → 120 → 98 → 95 → 98 → 120 → 130 → 148 → 146 → 142 → 139 → 136 → 135 → 136 → 139 → 142 → 146 → 148 → 161 → 191 → 206 → 260 → 287 → 296 → 310 → 249 → 405 → 205 → 206 → 407 → 224 → 237 → 242 → 259 → 271 → 282 → 283 → 292 → 293 → 295 → 277 → 287 → 409 → 330 → 335 → 342 → 365 → 408 → 365 → 342 → 335 → 349 → 403 → 357 → 334 → 295 → 277

Dan jika dinyatakan dalam nama jalannya adalah sebagai berikut:

(DEPO 277)'Baliwerti' 'Praban' 'Kranggan' 'Kali Butuh' 'Kali Butuh' 'Kali Butuh' 'Kali Butuh' 'Asem Raya' 'Asem Raya' 'Dupak Rukun' 'Dupak Rukun' (95) 'Asem Raya' 'Asem Raya' 'Kali Butuh' 'Tembok Buntaran' 'Tidar' 'Pacuan Kuda' 'Pacuan Kuda' 'Pacuan Kuda' 'Pacuan Kuda' (135) 'Pacuan Kuda' 'Pacuan Kuda' 'Tidar' 'Tembok Buntaran' 'Kali Butuh' 'Kali Butuh' 'Kali Butuh' 'Kranggan' 'Praban' 'Tunjungan' (296) 'Tunjungan' 'Embong Malang' 'Tidar' 'Tidar' (205) 'Arjuna' 'Semarang' 'Semarang' 'Semarang' 'Semarang' 'Semarang' 'Pasar Turi' 'Pasar Turi' 'Bubutan' 'Indrapura' (292) 'Pahlawan' 'Pahlawan' 'Pahlawan' 'Kramat Gantung' 'Genteng Kali' 'Genteng Kali' 'Undaan Kulon' 'Ambengan' 'Ambengan' (408) 'Agung Suprpto' 'Agung Suprpto' 'Ambengan' 'Ambengan' 'Undaan Kulon' 'Undaan Kulon' 'Undaan Kulon' 'Jagalan' 'Pasar Besar' 'Pahlawan' (DEPO 277)

Jika dinyatakan dalam peta adalah sebagai berikut:



Gambar 4.7 Rute kendaraan 2 depo 2

4.5.4 Hasil optimasi depo 3

- Posisi node = ‘Jagir Wonokromo’ ‘Kembang Kuning’ ‘Dr.Sutomo’ ‘Indragiri’ ‘Kutei’ ‘Ciliwung’ ‘Indragiri’ ‘Kembang Kuning’ ‘Dinoyo’ ‘Pulo Wonokromo’ ‘Raya Darmo’ ‘Hayam Wuruk’ ‘Hayam Wuruk’ ‘Darmo Kali’ ‘Gunung Sari’ ‘Jagir Wonogromo’
 - Travel time* = 0 jam 52 menit
 - Jumlah kendaraan = 3
 - Waktu komputasi = 65.0578 s
- Rute kendaraan 1= 322 355 315 289 256 400 322

Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi Surabaya menjadi :

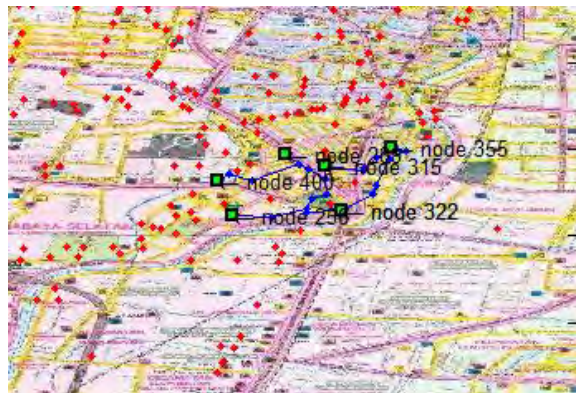
322 → 345 → 346 → 353 → 361 → 355 → 347 → 341 →
339 → 315 → 316 → 382 → 298 → 289 → 298 → 382 →
316 → 318 → 308 → 305 → 279 → 256 → 279 → 305 →

308 → 318 → 316 → 382 → 298 → 269 → 254 → 400 →
254 → 269 → 298 → 382 → 316 → 318 → 308 → 305 →
304 → 322

Dan jika dinyatakan dalam nama jalannya adalah sebagai berikut:

(DEPO 322)'Ngagel' 'Ngagel' 'Ngagel' 'Ngagel' 'Dinoyo'
'Darmo Kali' (355) 'Darmo Kali' 'Darmo Kali' 'Juwono'
'Raya Darmo' (315) 'Diponegoro' 'Diponegoro' 'Diponegoro'
'Diponegoro' (289) 'Diponegoro' 'Diponegoro' 'Wonokromo'
'Wonokromo' 'Wonokromo' 'Pulo Wonokromo' 'Pulo
Wonokromo' 'Pulo Wonokromo' (256) 'Pulo Wonokromo'
'Wonokromo' 'Wonokromo' 'Wonokromo' 'Diponegoro'
'Diponegoro' 'Ciliwung' 'Adityawarman' 'Hayam Wuruk'
'Hayam Wuruk' 'Adityawarman' (400) 'Ciliwung'
'Diponegoro' 'Diponegoro' 'Wonokromo' 'Wonokromo'
'Wonokromo' 'Wonokromo' 'Jagir Wonokromo'(DEPO 322)

Jika dinyatakan dalam peta adalah sebagai berikut:



Gambar 4.8 Rute kendaraan 1 depo 3

- Rute kendaraan 2 = 322 333 210 386 298 248 264 221 322

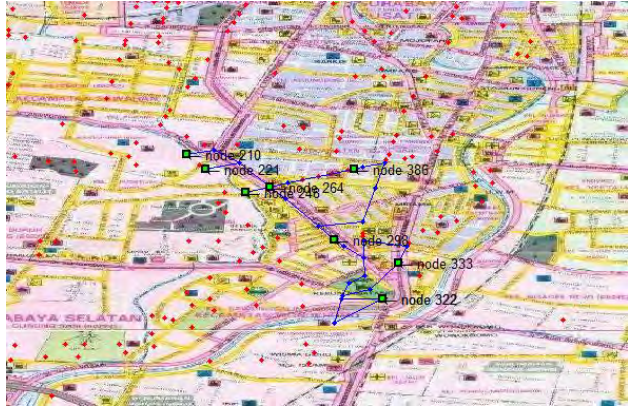
Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi Surabaya menjadi :

322 → 299 → 304 → 305 → 319 → 333 → 339 → 315 →
 316 → 382 → 298 → 289 → 401 → 264 → 243 → 231 →
 210 → 231 → 243 → 264 → 273 → 386 → 312 → 324 →
 384 → 314 → 289 → 298 → 289 → 401 → 264 → 248 →
 264 → 243 → 221 → 243 → 264 → 401 → 289 → 298 →
 382 → 316 → 318 → 308 → 305 → 304 → 322

Dan jika dinyatakan dalam nama jalannya adalah sebagai berikut:

(DEPO 322)'Stasiun Wonokromo' 'Wonokromo'
 'Wonokromo' 'Darmo Kali' 'Darmo Kali' 'Darmo Kali' (333)
 'Juwono' 'Raya Darmo' 'Diponegoro' 'Diponegoro'
 'Diponegoro' 'Diponegoro' 'Diponegoro' 'Diponegoro'
 'Diponegoro' 'Banyu Urip Wetan V' 'Banyu Urip Wetan V'
 (210) 'Diponegoro' 'Diponegoro' 'Dr. Sutomo' 'Dr. Sutomo'
 'Dr. Sutomo' (386) 'Dr. Sutomo' 'Raya Darmo' 'Raya Darmo'
 'Kutei' 'Diponegoro' 'Diponegoro' 'Diponegoro' (298)
 'Diponegoro' 'Indragiri' 'Indragiri' 'Diponegoro' (248)
 'Khoirul Anwar' 'Khoirul Anwar' 'Diponegoro' (221)
 'Diponegoro' 'Diponegoro' 'Diponegoro' 'Diponegoro'
 'Diponegoro' 'Wonokromo' 'Wonokromo' 'Wonokromo'
 'Wonokromo' 'Jagir Wonokromo'(DEPO 322)

Jika dinyatakan dalam peta adalah sebagai berikut:



Gambar 4.9 Rute kendaraan 2 depo 3

- Rute kendaraan 3 = 322 177 402 376 322

Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi Surabaya menjadi :

322 → 299 → 304 → 305 → 308 → 276 → 250 → 227 →
214 → 208 → 195 → 177 → 195 → 208 → 402 → 208 →
214 → 227 → 250 → 276 → 308 → 305 → 304 → 322 →
376 → 322

Dan jika dinyatakan dalam nama jalannya adalah sebagai berikut:

(DEPO 322)'Stasiun Wonokromo' 'Wonokromo' 'Wonokromo'
'Wonokromo' 'Joyoboyo' 'Joyoboyo' 'Joyoboyo' 'Joyoboyo'
'Joyoboyo' 'Gunung Sari' 'Gunung Sari' 'Gunung Sari' (177)
'Gunung Sari' 'Hayam Wuruk' 'Hayam Wuruk' (402)
'Joyoboyo' 'Joyoboyo' 'Joyoboyo' 'Joyoboyo' 'Joyoboyo'

'Wonokromo' 'Wonokromo' 'Jagir Wonokromo' 'Jagir
Wonokromo' 'Jagir'(376) 'Wonokromo' (DEPO 322)

Jika dinyatakan dalam peta adalah sebagai berikut:



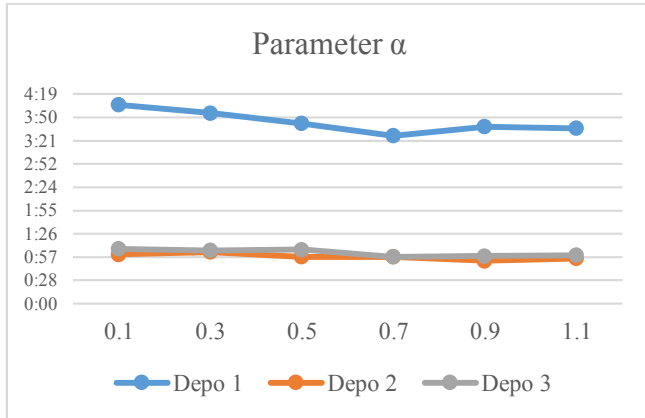
Gambar 4.10 Rute kendaraan 3 depo 3

4.6 Analisa Sensitivitas

Analisis sensitivitas merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui akibat dari perubahan parameter-parameter sistem terhadap perubahan kinerja sistem dalam menghasilkan hasil optimasi. Analisa sensitivitas dilakukan dengan melihat nilai *travel time* dari variasi parameter ACS. Data yang dianalisa sensitivitasnya hanya pada data depo 1 saja, dikarenakan pada data depo 2 dan 3 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

- **Parameter α**

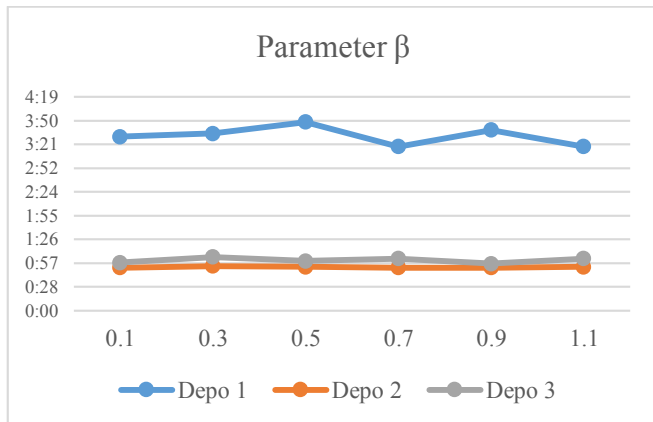
Pada data depo 1, nilai parameter optimum ialah 0.7. Kenaikan parameter α sebesar 200% secara bertahap dari $\alpha=0.1$ hingga $\alpha=0.7$ menunjukkan penurunan nilai *travel time* hingga pada titik 3:28. Kemudian mengalami kenaikan nilai *travel time* pada nilai $\alpha=0.9$ dan $\alpha=1.1$. Pada data depo 2 dan depo 3 perubahan nilai α tidak memberikan perubahan yang signifikan.



Gambar 4.11 Grafik sensitivitas parameter α

- **Parameter β**

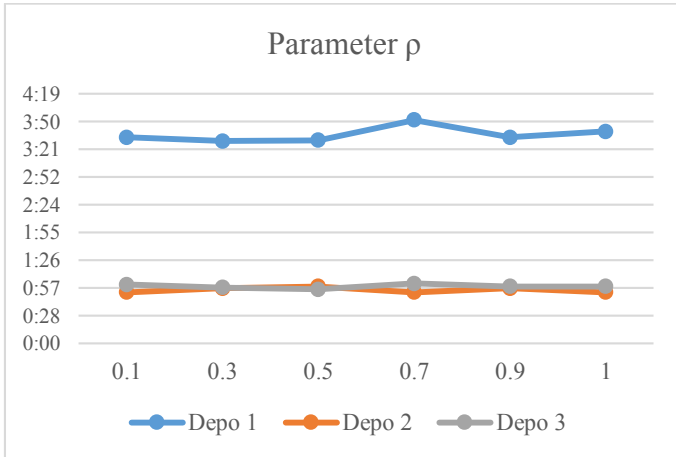
Analisa sensitivitas parameter β terlihat signifikan hanya pada data depo 1 saja. Pada daerah sekitar nilai optimum, variabel *travel time* mengalami penurunan serta kenaikan. Nilai parameter $\pm 200\%$ dari nilai parameter optimum mengakibatkan perubahan $\pm 7.5\%$ pada nilai *travel time*.



Gambar 4.12 Grafik sensitivitas parameter β

- **Parameter ρ**

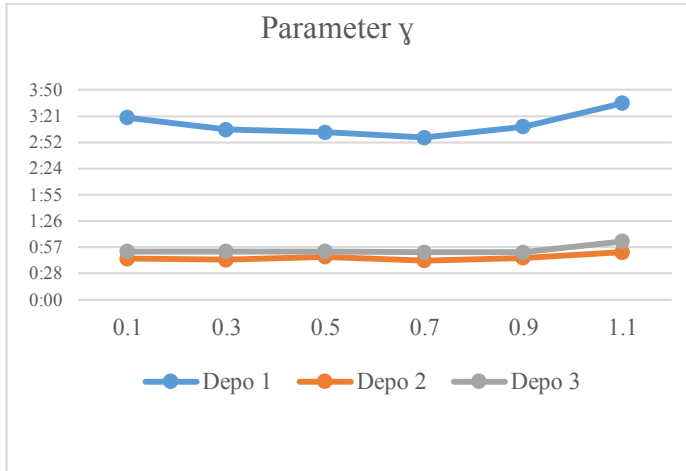
Pada data depo 1, dengan nilai $\rho = 0.1$, $\rho = 0.3$, hingga $\rho = 0.5$ nyaris tidak memperlihatkan perubahan nilai pada travel time. Perubahan nilai sebesar $\pm 9.0\%$ terjadi interval nilai $0.5-0.7$ dan $0.7-0.9$. Sedangkan pada data depo 2 dan data depo 3 tetap tidak menunjukkan perubahan nilai yang signifikan yaitu hanya berkisar $\pm 1.7\%$



Gambar 4.13 Grafik sensitivitas parameter ρ

- **Parameter γ**

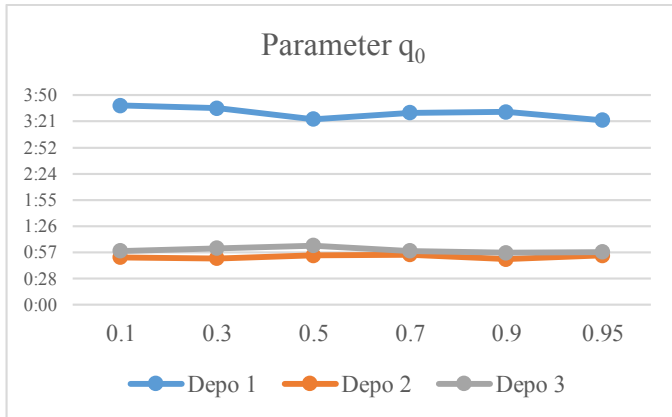
Pada analisa parameter γ (data depo 1) menunjukkan grafik berpola cekung dengan titik puncak bawah pada nilai parameter $\gamma = 0.7$. pada nilai optimum ini nilai travel time ialah sebesar 2:58. Sedangkan perbedaan nilai travel time terbesar terjadi pada nilai $\gamma = 0.7$ dan $\gamma = 1.1$ yaitu sebesar 38 detik.



Gambar 4.14 Grafik sensitivitas parameter γ

- **Parameter q_0**

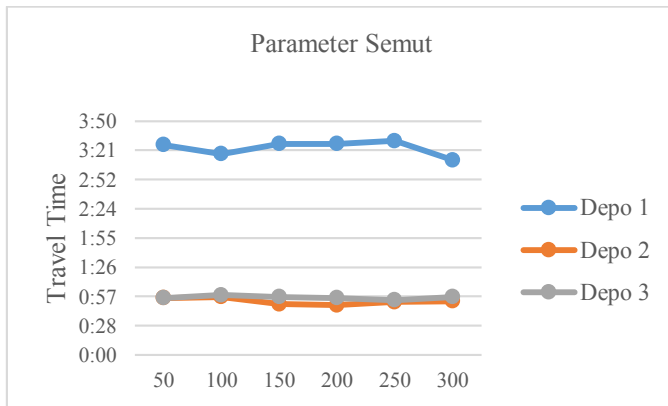
Analisa sensitivitas parameter q_0 tidak menunjukkan perubahan nilai *travel time* yang signifikan, baik pada data depo 1, 2, dan 3. Perubahan nilai *travel time* terbesar terjadi pada data depo 1 dengan nilai $q_0=0.9$ dan $q_0=0.95$ yaitu hanya sebesar 4.2%.



Gambar 4.15 Grafik sensitivitas parameter q_0

- **Parameter jumlah semut**

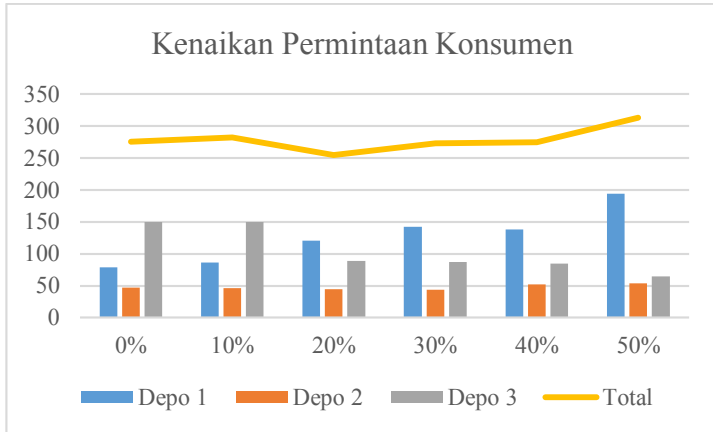
Pada analisa jumlah semut, nilai *travel time* minimum terjadi pada jumlah semut terbanyak. Pada depo 1 nilai *travel time* minimum terjadi pada jumlah semut=300 sedangkan pada data depo 2 dan data depo 3 nilai *travel time* minimum terjadi pada jumlah semut = 250. Untuk perubahan *travel time* di tiap nilai parameter jumlah semut sendiri tidak terjadi secara signifikan, yaitu sebesar $\pm 3.3\%$ pada tiap kenaikan jumlah semut sebesar 100%.



Gambar 4.16 Grafik sensitivitas parameter jumlah semut

- **Sensitivitas terhadap kenaikan permintaan konsumen**

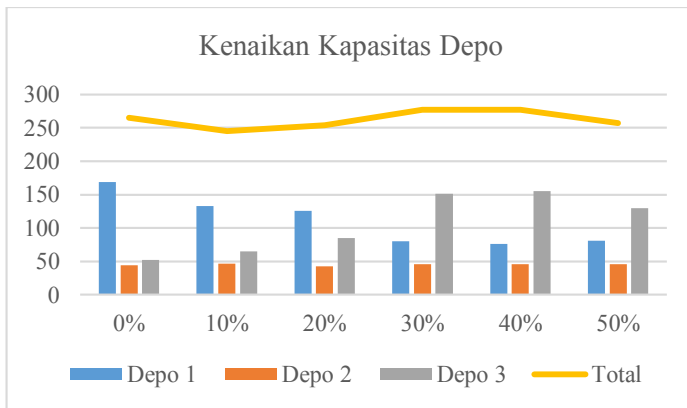
Pada pengujian ini, kapasitas depo dinaikkan sebesar 50% terlebih dahulu. Setelah itu jumlah permintaan konsumen dinaikkan secara bertahap mulai dari 10%, 20%, 30%, 40%, hingga 50%. Nampak dari hasil analisa, algoritma *ant colony system* mampu menghasilkan solusi yang tidak berubah secara signifikan. Kenaikan jumlah permintaan konsumen dari 0% hingga 50% hanya menyebabkan kenaikan *travel time* sebesar 13.4%.



Gambar 4.17 Grafik sensitivitas kenaikan permintaan konsumen

- **Sensitivitas terhadap kenaikan kapasitas depo**

Pada pengujian ini, jumlah permintaan konsumen dibuat konstan dengan jumlah depo yang divariasikan. Kapasitas depo dinaikkan dari nilai 0%,10%,20%,30%,40%, hingga 50%. Apabila dilihat dari total *travel time*, dari keenam data yang diambil menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Perbedaan nilai *travel time* terbesar terjadi pada interval 20%-30% yang mengakibatkan kenaikan nilai *travel time* sebesar 9.05%.



Gambar 4.18 Grafik sensitivitas kenaikan kapasitas depo

4.7 Perbandingan Dengan Metode Lain

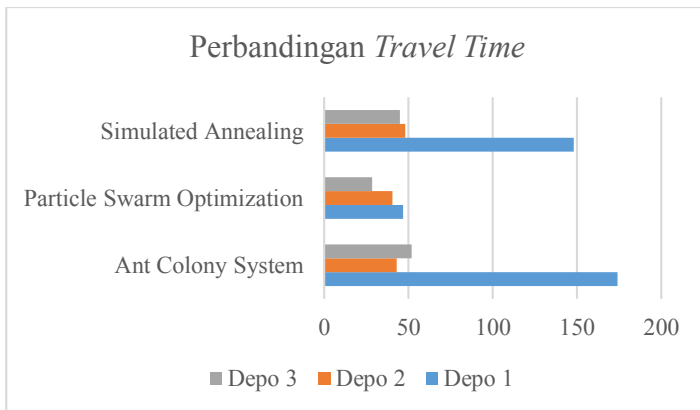
Dalam penelitian ini metode ACS akan dibandingkan dengan dua metode lain, yakni metode *particle swarm optimization* [15] dan metode *simulated annealing* [16]. Berikut adalah hasil perbandingannya:

Tabel 4.5 Hasil perbandingan 3 metode

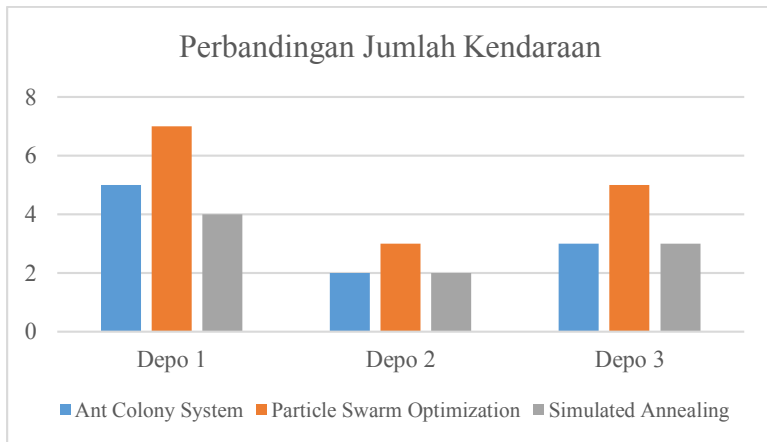
	Ant Colony System		Particle Swarm Optimization		Simulated Annealing	
	Travel Time	Number of Vehicles	Travel Time	Number of Vehicles	Travel Time	Number of Vehicles
Depo 1	174 menit	5	47 menit	7	148 menit	4
Depo 2	43 menit	2	40 menit	3	48 menit	2
Depo 3	52 menit	3	28 menit	5	45 menit	3
Total	269 menit	10	115 menit	15	241 menit	9

Keterangan :

- = *travel time*
- = jumlah kendaraan



Gambar 4.19 Grafik perbandingan *travel time* antar metode



Gambar 4.20 Grafik perbandingan jumlah kendaraan yang digunakan

Dari tiga metode yang dibandingkan, yakni *ant colony system*, *particle swarm optimization*, dan *simulated annealing*, terlihat bahwa metode *particle swarm optimization* menghasilkan *travel time* terpendek dibanding dua metode yang lain dengan total *travel time* 115 menit yang akan dilayani oleh 15 kendaraan pengangkut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5 PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut :

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Metode *simplified parallel assignment* dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan clustering dengan mempertimbangkan jarak konsumen ke depo dan *time window* konsumen maupun depo.
2. Penggunaan parameter *ant colony system* yang sesuai akan menghasilkan solusi dengan *travel time* terpendek.
3. Dari perbandingan tiga metode, metode *particle swarm optimization* menghasilkan rute dengan *travel time* minimum, yaitu 154 menit lebih cepat daripada algoritma *ant colony system*. Sedangkan hasil algoritma *ant colony system* terbukti tidak mengalami perubahan yang signifikan saat mengalami perubahan parameter, termasuk perubahan permintaan konsumen dan persediaan depo.

5.2 Saran

Adapun saran yang diajukan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlu dicari optimasi jaringan distribusi menggunakan metode yang berbeda sebagai pembandingan algoritma *ant colony system*.
2. Penelitian yang telah dilaksanakan dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan fungsi tujuan lain, variabel yang lain, dan kendala yang lain.
3. Dalam hal penyajian hasil optimasi dapat dikembangkan lagi menggunakan aplikasi *Geographic Information System (GIS)* yang lain yang lebih informatif dan dinamis.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

Kode_	Node_	Node_	Kode_	Nama Jalan
Ruas	From	To	Jalan	
1	257	220	1	Raya Waru
2	220	257	1	Raya Waru
3	192	220	2	Letjend Sutoyo
4	220	192	2	Letjend Sutoyo
5	192	149	2	Letjend Sutoyo
6	149	192	2	Letjend Sutoyo
7	149	124	2	Letjend Sutoyo
8	124	149	2	Letjend Sutoyo
9	220	222	1	Raya Waru
10	222	220	1	Raya Waru
11	222	229	5	Achmad Yani
12	229	235	5	Achmad Yani
13	235	377	5	Achmad Yani
14	377	236	5	Achmad Yani
15	236	222	5	Achmad Yani
16	377	378	5	Achmad Yani
17	378	377	5	Achmad Yani
18	378	247	5	Achmad Yani
19	247	251	5	Achmad Yani
20	251	378	5	Achmad Yani
21	251	245	5	Achmad Yani
22	245	263	5	Achmad Yani
23	263	258	5	Achmad Yani
24	258	251	5	Achmad Yani
25	263	379	5	Achmad Yani
26	379	263	5	Achmad Yani
27	379	285	5	Achmad Yani
28	286	379	5	Achmad Yani
29	285	286	5	Achmad Yani
30	222	193	4	Gerbang Tol Waru
31	193	222	4	Gerbang Tol Waru
32	193	183	4	Gerbang Tol Waru
33	183	193	4	Gerbang Tol Waru
34	183	167	4	Gerbang Tol Waru
35	167	183	4	Gerbang Tol Waru
36	167	389	4	Gerbang Tol Waru
37	389	167	4	Gerbang Tol Waru
38	389	124	4	Gerbang Tol Waru
39	124	389	4	Gerbang Tol Waru
40	199	193	4	Gerbang Tol Waru
41	193	199	6	Dukuh Menanggal

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

Kode	Node	Node	Kode	Nama Jalan
Ruas	From	To	Jalan	
42	229	199	6	Dukuh Menanggal
43	199	229	6	Dukuh Menanggal
44	124	92	3	Raya Taman
45	92	124	3	Raya Taman
46	92	70	3	Raya Taman
47	70	92	3	Raya Taman
48	70	63	3	Raya Taman
49	63	70	3	Raya Taman
50	63	53	3	Raya Taman
51	53	63	3	Raya Taman
52	53	31	3	Raya Taman
53	31	53	3	Raya Taman
54	199	155	7	Raya Taman Indah
55	155	199	7	Raya Taman Indah
56	155	159	7	Raya Taman Indah
57	159	155	7	Raya Taman Indah
58	159	168	8	Gayungan II
59	168	159	8	Gayungan II
60	168	235	8	Gayungan II
61	235	168	8	Gayungan II
62	168	172	9	Gayung Sari
63	172	168	9	Gayung Sari
64	247	172	10	Gayung Kebon Sari
65	172	247	10	Gayung Kebon Sari
66	172	125	10	Gayung Kebon Sari
67	125	172	10	Gayung Kebon Sari
68	114	125	10	Gayung Kebon Sari
69	125	114	10	Gayung Kebon Sari
70	112	114	11	Kebon Sari
71	114	112	11	Kebon Sari
72	104	112	11	Kebon Sari
73	112	104	11	Kebon Sari
74	89	104	12	Raya Pagesangan
75	104	89	12	Raya Pagesangan
76	76	89	12	Raya Pagesangan
77	89	76	12	Raya Pagesangan
78	73	76	12	Raya Pagesangan
79	76	73	12	Raya Pagesangan
80	61	73	12	Raya Pagesangan
81	73	61	12	Raya Pagesangan
82	144	125	22	Kebon Sari Tengah
83	125	144	22	Kebon Sari Tengah
84	156	144	23	Agung
85	144	156	23	Agung
86	154	156	24	Kebon Agung
87	156	154	24	Kebon Agung
88	169	154	24	Kebon Agung

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

Kode_	Node_	Node_	Kode_	Nama Jalan
Ruas	From	To	Jalan	
89	154	169	24	Kebon Agung
90	170	169	24	Kebon Agung
91	169	170	24	Kebon Agung
92	261	285	21	Ketintang
93	285	261	21	Ketintang
94	226	261	21	Ketintang
95	261	226	21	Ketintang
96	196	226	21	Ketintang
97	226	196	21	Ketintang
98	137	127	19	Karah
99	127	137	19	Karah
100	151	137	19	Karah
101	137	151	19	Karah
102	169	151	19	Karah
103	151	169	19	Karah
104	180	169	19	Karah
105	169	180	19	Karah
106	196	180	19	Karah
107	180	196	19	Karah
108	114	127	17	Jambangan
109	127	114	17	Jambangan
110	42	26	13	Mastrip
111	26	42	13	Mastrip
112	45	42	13	Mastrip
113	42	45	13	Mastrip
114	59	42	13	Mastrip
115	42	59	13	Mastrip
116	69	59	13	Mastrip
117	59	69	13	Mastrip
118	72	69	13	Mastrip
119	69	72	13	Mastrip
120	93	72	13	Mastrip
121	72	93	13	Mastrip
122	105	93	13	Mastrip
123	93	105	13	Mastrip
124	109	105	13	Mastrip
125	105	109	13	Mastrip
126	122	109	13	Mastrip
127	109	122	13	Mastrip
128	140	122	14	Gunung Sari
129	122	140	14	Gunung Sari
130	170	140	14	Gunung Sari
131	140	170	14	Gunung Sari
132	170	177	14	Gunung Sari
133	177	170	14	Gunung Sari
134	177	195	14	Gunung Sari
135	195	177	14	Gunung Sari

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

Kode	Node	Node	Kode	Nama Jalan
Ruas	From	To	Jalan	
136	195	208	14	Gunung Sari
137	208	195	14	Gunung Sari
138	140	96	27	Golf
139	96	140	27	Golf
140	96	94	27	Golf
141	94	96	27	Golf
142	117	107	28	Jajar
143	107	117	28	Jajar
144	107	101	28	Jajar
145	101	107	28	Jajar
146	101	90	28	Jajar
147	90	101	28	Jajar
148	90	91	28	Jajar
149	91	90	28	Jajar
150	91	94	28	Jajar
151	94	91	28	Jajar
152	117	110	29	Dukuh Pakis
153	110	117	29	Dukuh Pakis
154	110	118	29	Dukuh Pakis
155	118	110	29	Dukuh Pakis
156	118	121	29	Dukuh Pakis
157	121	118	29	Dukuh Pakis
158	147	145	31	Kencana Sari
159	145	147	31	Kencana Sari
160	145	118	30	Bukit Kencana
161	118	145	30	Bukit Kencana
162	208	194	25	Hayam Wuruk
163	194	208	25	Hayam Wuruk
164	194	209	25	Hayam Wuruk
165	209	194	25	Hayam Wuruk
166	209	228	25	Hayam Wuruk
167	228	209	25	Hayam Wuruk
168	400	228	25	Hayam Wuruk
169	228	400	25	Hayam Wuruk
170	400	254	25	Hayam Wuruk
171	254	400	25	Hayam Wuruk
172	269	254	32	Adityawarman
173	254	269	32	Adityawarman
174	254	234	32	Adityawarman
175	234	254	32	Adityawarman
176	208	214	15	Joyoboyo
177	214	208	15	Joyoboyo
178	214	227	15	Joyoboyo
179	227	214	15	Joyoboyo
180	227	250	15	Joyoboyo
181	250	227	15	Joyoboyo
182	250	276	15	Joyoboyo

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

<u>Kode</u> Ruas	<u>Node</u> From	<u>Node</u> To	<u>Kode</u> Jalan	Nama Jalan
183	276	250	15	Joyoboyo
184	276	308	15	Joyoboyo
185	308	276	15	Joyoboyo
186	305	279	20	Pulo Wonokromo
187	279	305	20	Pulo Wonokromo
188	279	256	20	Pulo Wonokromo
189	256	279	20	Pulo Wonokromo
190	256	232	20	Pulo Wonokromo
191	232	256	20	Pulo Wonokromo
192	232	213	20	Pulo Wonokromo
193	213	232	20	Pulo Wonokromo
194	213	196	20	Pulo Wonokromo
195	196	213	20	Pulo Wonokromo
196	286	284	26	Wonokromo
197	284	299	26	Wonokromo
198	299	286	26	Wonokromo
199	299	304	26	Wonokromo
200	304	299	26	Wonokromo
201	304	305	26	Wonokromo
202	305	304	26	Wonokromo
203	305	308	26	Wonokromo
204	308	305	26	Wonokromo
205	308	318	26	Wonokromo
206	318	308	26	Wonokromo
207	318	316	26	Wonokromo
208	316	318	26	Wonokromo
209	109	35	16	Menganti
210	35	109	16	Menganti
211	72	47	18	Kebraon
212	47	72	18	Kebraon
213	208	402	25	Hayam Wuruk
214	402	208	25	Hayam Wuruk
215	31	29	168	Ngelom
216	29	31	168	Ngelom
217	29	26	168	Ngelom
218	26	29	168	Ngelom
219	29	45	169	Wonocolo
220	45	29	169	Wonocolo
221	45	61	169	Wonocolo
222	61	45	169	Wonocolo
223	61	65	169	Wonocolo
224	65	61	169	Wonocolo
225	65	64	169	Wonocolo
226	64	65	169	Wonocolo
227	64	71	169	Wonocolo
228	71	64	169	Wonocolo
229	70	71	169	Wonocolo

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

Kode	Node	Node	Kode	Nama Jalan
Ruas	From	To	Jalan	
230	71	70	169	Wonocolo
231	234	380	33	Mayjen Sungkono
232	380	234	33	Mayjen Sungkono
233	380	157	33	Mayjen Sungkono
234	157	380	33	Mayjen Sungkono
235	157	147	33	Mayjen Sungkono
236	147	129	33	Mayjen Sungkono
237	129	121	33	Mayjen Sungkono
238	121	129	33	Mayjen Sungkono
239	129	157	33	Mayjen Sungkono
240	121	381	33	Mayjen Sungkono
241	381	121	33	Mayjen Sungkono
242	381	77	33	Mayjen Sungkono
243	77	85	33	Mayjen Sungkono
244	85	381	33	Mayjen Sungkono
245	121	123	45	Raya Dukuh Kupang
246	123	129	45	Raya Dukuh Kupang
247	123	132	45	Raya Dukuh Kupang
248	132	123	45	Raya Dukuh Kupang
249	132	141	45	Raya Dukuh Kupang
250	141	132	45	Raya Dukuh Kupang
251	141	152	34	Putat Jaya
252	152	141	34	Putat Jaya
253	152	164	35	Jarak
254	164	152	35	Jarak
255	164	174	35	Jarak
256	174	164	35	Jarak
257	132	165	36	Dukuh Kupang Timur
258	165	132	36	Dukuh Kupang Timur
259	165	187	37	Kupang Girilaya
260	187	165	37	Kupang Girilaya
261	187	218	37	Kupang Girilaya
262	218	187	37	Kupang Girilaya
263	211	210	38	Kembang Kuning
264	210	211	38	Kembang Kuning
265	210	218	38	Kembang Kuning
266	218	210	38	Kembang Kuning
267	218	221	38	Kembang Kuning
268	221	218	38	Kembang Kuning
269	221	238	38	Kembang Kuning
270	238	221	38	Kembang Kuning
271	174	185	39	Banyu Urip Wetan V
272	185	174	39	Banyu Urip Wetan V
273	185	210	39	Banyu Urip Wetan V
274	210	185	39	Banyu Urip Wetan V
275	210	231	39	Banyu Urip Wetan V
276	231	210	39	Banyu Urip Wetan V

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

<u>Kode</u> Ruas	<u>Node</u> From	<u>Node</u> To	<u>Kode</u> Jalan	Nama Jalan
277	221	243	40	Khoiril Anwar
278	243	221	40	Khoiril Anwar
279	234	239	41	Patmo Susanto
280	239	233	41	Patmo Susanto
281	233	238	41	Patmo Susanto
282	238	248	41	Patmo Susanto
283	234	252	47	Kampar Wetan V
284	252	234	47	Kampar Wetan V
285	264	248	48	Indragiri
286	248	264	48	Indragiri
287	248	252	48	Indragiri
288	252	248	48	Indragiri
289	174	189	46	Girilaya
290	189	174	46	Girilaya
291	189	198	46	Girilaya
292	198	189	46	Girilaya
293	254	390	42	Kutei
294	390	254	42	Kutei
295	390	268	42	Kutei
296	268	390	42	Kutei
297	268	289	42	Kutei
298	289	268	42	Kutei
299	298	269	43	Ciliwung
300	269	298	43	Ciliwung
301	289	314	42	Kutei
302	314	289	42	Kutei
303	316	382	44	Diponegoro
304	382	316	44	Diponegoro
305	382	298	44	Diponegoro
306	298	382	44	Diponegoro
307	298	289	44	Diponegoro
308	289	298	44	Diponegoro
309	289	401	44	Diponegoro
310	401	289	44	Diponegoro
311	401	264	44	Diponegoro
312	264	401	44	Diponegoro
313	264	243	44	Diponegoro
314	243	264	44	Diponegoro
315	243	231	44	Diponegoro
316	231	243	44	Diponegoro
317	231	219	44	Diponegoro
318	219	231	44	Diponegoro
319	219	211	44	Diponegoro
320	211	198	44	Diponegoro
321	198	219	44	Diponegoro
322	316	383	95	Raya Darmo
323	383	313	95	Raya Darmo

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

<u>Kode</u> <u>Ruas</u>	<u>Node</u> <u>From</u>	<u>Node</u> <u>To</u>	<u>Kode</u> <u>Jalan</u>	<u>Nama Jalan</u>
324	313	315	95	Raya Darmo
325	315	316	95	Raya Darmo
326	383	314	95	Raya Darmo
327	314	383	95	Raya Darmo
328	314	384	95	Raya Darmo
329	384	314	95	Raya Darmo
330	384	324	95	Raya Darmo
331	324	384	95	Raya Darmo
332	264	273	90	Dr. Sutomo
333	273	264	90	Dr. Sutomo
334	273	386	90	Dr. Sutomo
335	386	273	90	Dr. Sutomo
336	386	312	90	Dr. Sutomo
337	312	324	90	Dr. Sutomo
338	324	386	90	Dr. Sutomo
339	77	66	49	Mayjen HR Muhammad
340	66	77	49	Mayjen HR Muhammad
341	66	58	49	Mayjen HR Muhammad
342	58	391	49	Mayjen HR Muhammad
343	391	66	49	Mayjen HR Muhammad
344	391	27	49	Mayjen HR Muhammad
345	27	391	49	Mayjen HR Muhammad
346	27	392	49	Mayjen HR Muhammad
347	392	27	49	Mayjen HR Muhammad
348	392	16	49	Mayjen HR Muhammad
349	16	392	49	Mayjen HR Muhammad
350	16	11	49	Mayjen HR Muhammad
351	11	16	49	Mayjen HR Muhammad
352	11	10	49	Mayjen HR Muhammad
353	10	11	49	Mayjen HR Muhammad
354	10	18	55	Raya Darmo Permai II
355	18	10	55	Raya Darmo Permai II
356	18	23	55	Raya Darmo Permai II
357	23	18	55	Raya Darmo Permai II
358	58	56	84	Putat Gede
359	56	58	84	Putat Gede
360	56	49	84	Putat Gede
361	49	56	84	Putat Gede
362	49	39	84	Putat Gede
363	39	49	84	Putat Gede
364	39	40	84	Putat Gede
365	40	39	84	Putat Gede
366	40	43	84	Putat Gede
367	43	40	84	Putat Gede
368	30	18	54	Daya Darmo Permai Selatan
369	18	30	54	Daya Darmo Permai Selatan
370	27	30	53	Darmo Permai I

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

<u>Kode</u> Ruas	<u>Node</u> From	<u>Node</u> To	<u>Kode</u> Jalan	Nama Jalan
371	30	27	53	Darmo Permai I
372	30	46	53	Darmo Permai I
373	46	30	53	Darmo Permai I
374	38	46	52	Darmo Baru Barat
375	46	38	52	Darmo Baru Barat
376	46	52	52	Darmo Baru Barat
377	52	46	52	Darmo Baru Barat
378	52	62	51	Kupang Indah
379	62	52	51	Kupang Indah
380	62	66	51	Kupang Indah
381	66	62	51	Kupang Indah
382	54	67	62	Darmo Baru
383	67	54	62	Darmo Baru
384	67	75	63	Kupang Indah X
385	75	67	63	Kupang Indah X
386	75	81	63	Kupang Indah X
387	81	75	63	Kupang Indah X
388	62	75	60	Kupang Indah XVII
389	75	62	60	Kupang Indah XVII
390	52	67	61	Kupang Baru
391	67	52	61	Kupang Baru
392	67	79	61	Kupang Baru
393	79	67	61	Kupang Baru
394	79	83	61	Kupang Baru
395	83	79	61	Kupang Baru
396	404	54	59	Kupang Baru I
397	54	404	59	Kupang Baru I
398	54	79	59	Kupang Baru I
399	79	54	59	Kupang Baru I
400	51	83	64	Raya Kupang Jaya
401	83	51	64	Raya Kupang Jaya
402	83	87	64	Raya Kupang Jaya
403	87	83	64	Raya Kupang Jaya
404	87	99	64	Raya Kupang Jaya
405	99	87	64	Raya Kupang Jaya
406	87	86	64	Raya Kupang Jaya
407	86	87	64	Raya Kupang Jaya
408	86	81	64	Raya Kupang Jaya
409	81	86	64	Raya Kupang Jaya
410	81	74	64	Raya Kupang Jaya
411	74	81	64	Raya Kupang Jaya
412	74	78	64	Raya Kupang Jaya
413	78	74	64	Raya Kupang Jaya
414	78	77	64	Raya Kupang Jaya
415	77	78	64	Raya Kupang Jaya
416	44	50	57	Raya Sukomanunggal
417	50	44	57	Raya Sukomanunggal

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

Kode	Node	Node	Kode	Nama Jalan
Ruas	From	To	Jalan	
418	50	51	57	Raya Sukomanunggal
419	51	50	57	Raya Sukomanunggal
420	51	404	57	Raya Sukomanunggal
421	404	51	57	Raya Sukomanunggal
422	404	38	57	Raya Sukomanunggal
423	38	404	57	Raya Sukomanunggal
424	38	24	56	Raya Darmo Permai I
425	24	38	56	Raya Darmo Permai I
426	24	23	56	Raya Darmo Permai I
427	23	24	56	Raya Darmo Permai I
428	23	19	56	Raya Darmo Permai I
429	19	23	56	Raya Darmo Permai I
430	19	51	56	Raya Darmo Permai I
431	51	19	56	Raya Darmo Permai I
432	21	22	58	Raya Satelit Selatan
433	22	21	58	Raya Satelit Selatan
434	22	28	58	Raya Satelit Selatan
435	28	22	58	Raya Satelit Selatan
436	28	32	58	Raya Satelit Selatan
437	32	28	58	Raya Satelit Selatan
438	32	41	58	Raya Satelit Selatan
439	41	32	58	Raya Satelit Selatan
440	41	44	58	Raya Satelit Selatan
441	44	41	58	Raya Satelit Selatan
442	32	33	72	Raya Satelit Indah
443	33	32	72	Raya Satelit Indah
444	33	34	72	Raya Satelit Indah
445	34	33	72	Raya Satelit Indah
446	34	37	72	Raya Satelit Indah
447	37	34	72	Raya Satelit Indah
448	21	15	65	Darmo Harapan
449	15	21	65	Darmo Harapan
450	15	12	65	Darmo Harapan
451	12	15	65	Darmo Harapan
452	15	17	66	Raya Darmo Harapan
453	17	15	66	Raya Darmo Harapan
454	12	13	67	Darmo Harapan I
455	13	12	67	Darmo Harapan I
456	13	14	67	Darmo Harapan I
457	14	13	67	Darmo Harapan I
458	13	7	68	Raya Darmo Indah
459	7	13	68	Raya Darmo Indah
460	7	8	68	Raya Darmo Indah
461	8	7	68	Raya Darmo Indah
462	8	9	68	Raya Darmo Indah
463	9	8	68	Raya Darmo Indah
464	17	33	71	Raya Satelit Utara

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

<u>Kode</u> Ruas	<u>Node</u> From	<u>Node</u> To	<u>Kode</u> Jalan	Nama Jalan
465	33	17	71	Raya Satelit Utara
466	17	14	70	Darmo Indah Selatan
467	14	17	70	Darmo Indah Selatan
468	14	8	70	Darmo Indah Selatan
469	8	14	70	Darmo Indah Selatan
470	8	4	70	Darmo Indah Selatan
471	4	8	70	Darmo Indah Selatan
472	4	5	69	Balongsari Tama
473	5	4	69	Balongsari Tama
474	44	55	73	Sukomanunggal
475	55	44	73	Sukomanunggal
476	55	57	73	Sukomanunggal
477	57	55	73	Sukomanunggal
478	99	85	50	Raya Dukuh Kupang Barat
479	85	99	50	Raya Dukuh Kupang Barat
480	99	113	81	Simogunung
481	113	99	81	Simogunung
482	113	116	167	Simogunung I
483	116	113	167	Simogunung I
484	152	162	85	Putat Jaya Barat
485	162	152	85	Putat Jaya Barat
486	162	131	85	Putat Jaya Barat
487	131	162	85	Putat Jaya Barat
488	131	134	85	Putat Jaya Barat
489	134	131	85	Putat Jaya Barat
490	198	173	82	Banyu Urip
491	173	198	82	Banyu Urip
492	173	134	82	Banyu Urip
493	134	173	82	Banyu Urip
494	134	113	82	Banyu Urip
495	113	134	82	Banyu Urip
496	113	100	82	Banyu Urip
497	100	113	82	Banyu Urip
498	100	80	82	Banyu Urip
499	80	100	82	Banyu Urip
500	80	68	74	Tandes
501	68	80	74	Tandes
502	68	57	74	Tandes
503	57	68	74	Tandes
504	57	48	74	Tandes
505	48	57	74	Tandes
506	48	37	74	Tandes
507	37	48	74	Tandes
508	37	36	74	Tandes
509	36	37	74	Tandes
510	36	25	74	Tandes
511	25	36	74	Tandes

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

Kode	Node	Node	Kode	Nama Jalan
Ruas	From	To	Jalan	
512	25	20	74	Tandes
513	20	25	74	Tandes
514	20	9	74	Tandes
515	9	20	74	Tandes
516	9	6	74	Tandes
517	6	9	74	Tandes
518	6	5	74	Tandes
519	5	6	74	Tandes
520	5	3	74	Tandes
521	3	5	74	Tandes
522	3	2	74	Tandes
523	2	3	74	Tandes
524	2	1	74	Tandes
525	1	2	74	Tandes
526	25	60	75	Tanjung Sari
527	60	25	75	Tanjung Sari
528	60	82	75	Tanjung Sari
529	82	60	75	Tanjung Sari
530	82	84	75	Tanjung Sari
531	84	82	75	Tanjung Sari
532	84	95	76	Simorejo II
533	95	84	76	Simorejo II
534	95	106	76	Simorejo II
535	106	95	76	Simorejo II
536	106	102	78	Simorejo
537	102	106	78	Simorejo
538	102	97	78	Simorejo
539	97	102	78	Simorejo
540	97	111	78	Simorejo
541	111	97	78	Simorejo
542	88	108	79	Simomulyo
543	108	88	79	Simomulyo
544	108	111	79	Simomulyo
545	111	108	79	Simomulyo
546	111	115	79	Simomulyo
547	115	111	79	Simomulyo
548	115	119	79	Simomulyo
549	119	115	79	Simomulyo
550	119	136	79	Simomulyo
551	136	119	79	Simomulyo
552	108	116	105	Petemon Barat
553	116	108	105	Petemon Barat
554	116	138	105	Petemon Barat
555	138	116	105	Petemon Barat
556	138	175	105	Petemon Barat
557	175	138	105	Petemon Barat
558	175	212	102	Petemon Timur

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

<u>Kode</u>	<u>Node</u>	<u>Node</u>	<u>Kode</u>	Nama Jalan
Ruas	From	To	Jalan	
559	212	175	102	Petemon Timur
560	142	139	108	Pacuan Kuda
561	139	142	108	Pacuan Kuda
562	139	136	108	Pacuan Kuda
563	136	139	108	Pacuan Kuda
564	136	135	108	Pacuan Kuda
565	135	136	108	Pacuan Kuda
566	135	143	110	Bukit Barisan
567	143	135	110	Petemon I
568	143	166	110	Petemon I
569	166	143	110	Petemon I
570	166	179	110	Petemon I
571	179	166	110	Petemon I
572	175	178	163	Petemon Kali
573	178	175	163	Petemon Kali
574	178	179	163	Petemon Kali
575	179	178	163	Petemon Kali
576	179	181	163	Petemon Kali
577	181	179	163	Petemon Kali
578	310	317	118	Tunjungan
579	304	322	87	Jagir Wonokromo
580	322	376	87	Jagir Wonokromo
581	376	322	87	Jagir Wonokromo
582	299	322	86	Stasiun Wonokromo
583	322	299	86	Stasiun Wonokromo
584	280	295	130	Tembaan
585	181	186	111	Kawi
586	186	181	111	Kawi
587	139	171	109	Bukit Barisan
588	171	139	109	Bukit Barisan
589	171	186	109	Bukit Barisan
590	186	171	109	Bukit Barisan
591	186	200	109	Bukit Barisan
592	200	186	109	Bukit Barisan
593	186	188	112	Tentara Pelajar
594	188	186	112	Tentara Pelajar
595	188	190	112	Tentara Pelajar
596	190	188	112	Tentara Pelajar
597	190	191	112	Tentara Pelajar
598	191	190	112	Tentara Pelajar
599	249	405	106	Tidar
600	405	249	106	Tidar
601	405	205	106	Tidar
602	205	405	106	Tidar
603	205	406	106	Tidar
604	406	205	106	Tidar
605	406	190	106	Tidar

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

Kode	Node	Node	Kode	Nama Jalan
Ruas	From	To	Jalan	
606	190	406	106	Tidar
607	190	146	106	Tidar
608	146	190	106	Tidar
609	146	142	106	Tidar
610	142	146	106	Tidar
611	146	148	164	Tembok Buntaran
612	148	146	164	Tembok Buntaran
613	178	207	103	Kedung Anyar
614	207	178	103	Kedung Anyar
615	198	387	100	Pasar Kembang
616	387	212	100	Pasar Kembang
617	212	216	100	Pasar Kembang
618	216	387	100	Pasar Kembang
619	387	203	100	Pasar Kembang
620	203	198	100	Pasar Kembang
621	216	393	104	Arjuna
622	393	216	104	Arjuna
623	393	207	104	Arjuna
624	207	393	104	Arjuna
625	207	197	104	Arjuna
626	197	207	104	Arjuna
627	197	394	104	Arjuna
628	394	197	104	Arjuna
629	394	200	104	Arjuna
630	200	395	104	Arjuna
631	395	394	104	Arjuna
632	395	204	104	Arjuna
633	204	395	104	Arjuna
634	204	205	104	Arjuna
635	205	204	104	Arjuna
636	205	206	104	Arjuna
637	206	205	104	Arjuna
638	206	407	121	Semarang
639	407	206	121	Semarang
640	407	224	121	Semarang
641	224	407	121	Semarang
642	224	237	121	Semarang
643	237	224	121	Semarang
644	237	242	121	Semarang
645	242	237	121	Semarang
646	242	259	121	Semarang
647	259	242	121	Semarang
648	95	98	77	Dupak Rukun
649	98	95	77	Dupak Rukun
650	98	103	77	Dupak Rukun
651	103	98	77	Dupak Rukun
652	103	126	77	Dupak Rukun

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

<u>Kode</u> Ruas	<u>Node</u> From	<u>Node</u> To	<u>Kode</u> Jalan	Nama Jalan
653	126	103	77	Dupak Rukun
654	98	120	80	Asem Raya
655	120	98	80	Asem Raya
656	120	130	80	Asem Raya
657	130	120	80	Asem Raya
658	130	148	113	Kali Butuh
659	148	130	113	Kali Butuh
660	148	161	113	Kali Butuh
661	161	148	113	Kali Butuh
662	161	191	113	Kali Butuh
663	191	161	113	Kali Butuh
664	191	206	113	Kali Butuh
665	206	191	113	Kali Butuh
666	161	398	146	Demak
667	398	161	146	Demak
668	398	396	146	Demak
669	396	398	146	Demak
670	396	160	146	Demak
671	160	396	146	Demak
672	160	153	146	Demak
673	153	160	146	Demak
674	153	150	146	Demak
675	150	153	146	Demak
676	150	158	146	Demak
677	158	150	146	Demak
678	202	184	161	Gresik
679	184	158	161	Gresik
680	158	184	161	Gresik
681	184	182	162	Ikan Kakap
682	182	202	162	Ikan Kakap
683	126	133	120	Dupak
684	133	126	120	Dupak
685	133	397	120	Dupak
686	397	133	120	Dupak
687	397	160	120	Dupak
688	160	397	120	Dupak
689	160	223	120	Dupak
690	223	160	120	Dupak
691	223	259	120	Dupak
692	259	223	120	Dupak
693	259	280	130	Tembaan
694	280	259	130	Tembaan
695	259	271	155	Pasar Turi
696	271	259	155	Pasar Turi
697	271	282	155	Pasar Turi
698	282	271	155	Pasar Turi
699	230	201	158	Parangkusumo

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

<u>Kode</u> <u>Ruas</u>	<u>Node</u> <u>From</u>	<u>Node</u> <u>To</u>	<u>Kode</u> <u>Jalan</u>	<u>Nama Jalan</u>
700	201	230	158	Parangkusumo
701	201	176	158	Parangkusumo
702	176	201	158	Parangkusumo
703	176	153	159	Rembang
704	153	176	159	Rembang
705	253	215	157	Sidoluhur
706	215	253	157	Sidoluhur
707	215	201	157	Sidoluhur
708	201	215	157	Sidoluhur
709	292	283	156	Indrapura
710	283	292	156	Indrapura
711	283	253	156	Indrapura
712	253	230	156	Indrapura
713	230	217	156	Indrapura
714	260	265	126	Bubutan
715	265	270	126	Bubutan
716	270	274	126	Bubutan
717	274	280	126	Bubutan
718	280	282	126	Bubutan
719	282	283	126	Bubutan
720	217	202	154	Rajawali
721	202	217	154	Rajawali
722	217	288	154	Rajawali
723	288	348	153	Kembang Jepun
724	288	292	160	Jembatan Merah
725	292	293	128	Pahlawan
726	293	295	128	Pahlawan
727	295	277	128	Pahlawan
728	295	297	129	Kramat Gantung
729	297	277	129	Kramat Gantung
730	277	287	129	Kramat Gantung
731	277	267	127	Baliwerti
732	206	260	114	Kranggan
733	260	206	114	Kranggan
734	260	287	119	Praban
735	287	267	119	Praban
736	267	260	119	Praban
737	224	246	122	Pringgading
738	246	224	122	Pringgading
739	246	265	122	Pringgading
740	265	246	122	Pringgading
741	246	255	125	Projo Pengerat
742	255	246	125	Projo Pengerat
743	255	262	125	Projo Pengerat
744	262	255	125	Projo Pengerat
745	237	255	123	Raden Saleh
746	255	237	123	Raden Saleh

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

<u>Kode</u> Ruas	<u>Node</u> From	<u>Node</u> To	<u>Kode</u> Jalan	Nama Jalan
747	255	270	123	Raden Saleh
748	270	255	123	Raden Saleh
749	242	262	124	Penghela
750	262	242	124	Penghela
751	262	274	124	Penghela
752	274	262	124	Penghela
753	292	309	166	Stasiun Kota
754	309	292	166	Stasiun Kota
755	309	358	166	Stasiun Kota
756	358	309	166	Stasiun Kota
757	348	358	152	Gembong Bungkukan
758	358	348	152	Gembong Bungkukan
759	358	366	152	Gembong Bungkukan
760	366	358	152	Gembong Bungkukan
761	366	364	152	Gembong Bungkukan
762	364	366	152	Gembong Bungkukan
763	364	399	151	Pecindilan
764	399	364	151	Pecindilan
765	399	357	151	Pecindilan
766	357	399	151	Pecindilan
767	357	403	143	Undaan Wetan
768	403	335	143	Undaan Wetan
769	330	335	142	Undaan Kulon
770	335	349	142	Undaan Kulon
771	349	403	142	Undaan Kulon
772	403	357	142	Undaan Kulon
773	357	334	147	Jagalan
774	334	295	131	Pasar Besar
775	335	302	150	Ahmad Jais
776	302	335	150	Ahmad Jais
777	302	291	150	Ahmad Jais
778	391	302	150	Ahmad Jais
779	291	306	150	Ahmad Jais
780	306	291	150	Ahmad Jais
781	306	326	148	Peneleh
782	326	306	148	Peneleh
783	326	334	148	Peneleh
784	334	326	148	Peneleh
785	306	332	149	Makam Peneleh
786	332	306	149	Makam Peneleh
787	332	340	149	Makam Peneleh
788	340	332	149	Makam Peneleh
789	340	349	149	Makam Peneleh
790	349	340	149	Makam Peneleh
791	335	342	144	Ambengan
792	342	335	144	Ambengan
793	342	365	144	Ambengan

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

Kode	Node	Node	Kode	Nama Jalan
Ruas	From	To	Jalan	
794	365	342	144	Ambengan
795	360	408	145	Jaksa Agung Suprpto
796	408	360	145	Jaksa Agung Suprpto
797	408	365	145	Jaksa Agung Suprpto
798	365	408	145	Jaksa Agung Suprpto
799	356	363	133	Yos Sudarso
800	338	360	138	Walikota Mustajab
801	360	338	138	Walikota Mustajab
802	360	363	138	Walikota Mustajab
803	363	360	138	Walikota Mustajab
804	363	372	138	Walikota Mustajab
805	372	375	138	Walikota Mustajab
806	375	374	138	Walikota Mustajab
807	373	356	132	Gubernur Suryo
808	317	328	132	Gubernur Suryo
809	328	356	132	Gubernur Suryo
810	296	338	139	Gang Besar
811	338	343	141	Genteng Kali
812	343	330	141	Genteng Kali
813	330	409	141	Genteng Kali
814	295	280	130	Tembaan
815	409	330	141	Genteng Kali
816	409	287	141	Genteng Kali
817	287	409	141	Genteng Kali
818	287	296	118	Tunjungan
819	296	310	118	Tunjungan
820	310	249	117	Embong Malang
821	249	260	115	Blauran
822	328	338	140	Simpang Dukuh
823	244	204	107	Anjasmoro
824	204	244	107	Anjasmoro
825	356	350	134	Panglima Sudirman
826	350	344	134	Panglima Sudirman
827	344	336	134	Panglima Sudirman
828	336	323	116	Basuki Rahmat
829	323	321	116	Basuki Rahmat
830	321	320	116	Basuki Rahmat
831	320	317	116	Basuki Rahmat
832	317	310	116	Basuki Rahmat
833	350	321	135	Gayam
834	323	311	136	Pol. M Duryat
835	311	323	136	Pol. M Duryat
836	311	266	136	Pol. M Duryat
837	266	311	136	Pol. M Duryat
838	266	255	137	Kedung Sari
839	255	266	137	Kedung Sari
840	216	225	101	Kedung Doro

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

<u>Kode</u> Ruas	<u>Node</u> From	<u>Node</u> To	<u>Kode</u> Jalan	Nama Jalan
841	225	216	101	Kedung Doro
842	225	240	101	Kedung Doro
843	240	225	101	Kedung Doro
844	240	388	101	Kedung Doro
845	388	240	101	Kedung Doro
846	388	244	101	Kedung Doro
847	244	388	101	Kedung Doro
848	244	249	101	Kedung Doro
849	249	244	101	Kedung Doro
850	324	325	96	Urip Sumoharjo
851	325	327	96	Urip Sumoharjo
852	327	324	96	Urip Sumoharjo
853	327	329	96	Urip Sumoharjo
854	329	331	96	Urip Sumoharjo
855	331	327	96	Urip Sumoharjo
856	331	336	96	Urip Sumoharjo
857	336	331	96	Urip Sumoharjo
858	324	337	89	Polisi Istimewa
859	337	385	89	Polisi Istimewa
860	385	324	89	Polisi Istimewa
861	385	354	89	Polisi Istimewa
862	354	385	89	Polisi Istimewa
863	327	300	99	RA. Kartini
864	300	275	99	RA. Kartini
865	275	300	99	RA. Kartini
866	275	241	99	RA. Kartini
867	241	275	99	RA. Kartini
868	241	219	99	RA. Kartini
869	219	241	99	RA. Kartini
870	301	329	165	Cokroaminoto
871	300	301	170	Teuku Umar
872	301	300	170	Teuku Umar
873	301	303	170	Teuku Umar
874	303	301	170	Teuku Umar
875	331	303	98	Pandegiling
876	303	331	98	Pandegiling
877	303	281	98	Pandegiling
878	281	303	98	Pandegiling
879	281	203	98	Pandegiling
880	203	281	98	Pandegiling
881	331	351	97	Keputran
882	351	331	97	Keputran
883	351	359	97	Keputran
884	359	351	97	Keputran
885	322	345	88	Ngagel
886	345	322	88	Ngagel
887	345	346	88	Ngagel

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

Kode	Node	Node	Kode	Nama Jalan
Ruas	From	To	Jalan	
888	346	245	88	Ngagel
889	346	353	88	Ngagel
890	353	346	88	Ngagel
891	353	361	88	Ngagel
892	361	353	88	Ngagel
893	361	369	88	Ngagel
894	369	361	88	Ngagel
895	369	371	88	Ngagel
896	371	369	88	Ngagel
897	371	370	88	Ngagel
898	370	371	88	Ngagel
899	370	359	88	Ngagel
900	359	370	88	Ngagel
901	351	354	94	Dinoyo
902	354	351	94	Dinoyo
903	354	367	94	Dinoyo
904	367	354	94	Dinoyo
905	367	368	94	Dinoyo
906	368	367	94	Dinoyo
907	368	355	94	Dinoyo
908	355	368	94	Dinoyo
909	355	361	94	Dinoyo
910	361	355	94	Dinoyo
911	314	347	93	Bengawan
912	314	347	93	Bengawan
913	313	341	92	Progo
914	341	313	92	Progo
915	315	339	91	Juwono
916	339	315	91	Juwono
917	355	347	83	Darmo Kali
918	347	355	83	Darmo Kali
919	347	341	83	Darmo Kali
920	341	347	83	Darmo Kali
921	341	339	83	Darmo Kali
922	339	341	83	Darmo Kali
923	339	333	83	Darmo Kali
924	333	339	83	Darmo Kali
925	333	319	83	Darmo Kali
926	319	333	83	Darmo Kali
927	319	305	83	Darmo Kali
928	305	319	83	Darmo Kali

B. Karakteristik Ruas Jalan Surabaya

Kode_	Panjang (km)	Vol _{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q _{max})	(q)	Arus Bebas
1	2.1015272	1011	962	56.5
2	2.1015272	1014	962	56.5
3	0.3856929	4382	4000	40
4	0.3856929	4382	3422	40
5	0.7958252	2124	1658	40
6	0.7958252	2124	1658	40
7	0.4301281	3930	3068	40
8	0.4301281	3930	3068	40
9	1.1688458	1822	1730	56.5
10	1.1688458	1822	1730	56.5
11	0.4786694	4675	4224	57.8
12	0.5578447	3818	3625	57.8
13	0.3682297	5784	5491	57.8
14	0.1056195	20167	19144	57.8
15	1.2992554	1639	1556	57.8
16	0.6552817	3251	3086	57.8
17	0.6552817	3251	3086	57.8
18	0.244266	8720	8278	57.8
19	0.0611755	34818	33052	57.8
20	0.3053636	6975	6622	57.8
21	0.3997919	5328	5058	57.8
22	0.2864912	7435	7058	57.8
23	0.3161118	6738	6396	57.8
24	0.3379633	6302	5983	57.8
25	0.8223246	2590	2459	57.8
26	0.8223246	2590	2459	57.8
27	1.1028258	1931	1833	57.8
28	1.3278142	1604	1523	57.8
29	0.2249891	9467	8987	57.8
30	0.3795397	5612	5328	56.5
31	0.3795397	5612	5328	56.5
32	0.1551749	13726	13030	56.5
33	0.1551749	13726	13030	56.5
34	0.3552717	5995	5691	56.5
35	0.3552717	5995	5691	56.5
36	0.8015309	2657	2523	56.5
37	0.8015309	2657	2523	56.5
38	0.2170573	9813	9316	56.5
39	0.2170573	9813	9316	56.5
40	0.2170573	9813	9316	56.5
41	0.5235843	4068	3862	40
42	0.5235843	4068	3862	40
43	0.3665304	5811	5517	40
44	0.6083501	3501	3324	40
45	0.6083501	3501	3324	40

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
46	0.5293922	4023	3819	40
47	0.5293922	4023	3819	40
48	0.1934098	11013	10454	40
49	0.1934098	11013	10454	40
50	0.5088353	4186	3974	40
51	0.5088353	4186	3974	40
52	0.6551081	3251	3087	40
53	0.6551081	3251	3087	40
54	0.7505572	2838	2694	40
55	0.7505572	2838	2694	40
56	0.3469011	6140	5829	40
57	0.3469011	6140	5829	40
58	0.1288772	13115	10241	40
59	0.1288772	13115	10241	40
60	0.9677898	1747	1364	40
61	0.9677898	1747	1364	40
62	1.3328918	1268	990	40
63	1.3328918	1268	990	40
64	1.0399745	1625	1269	40
65	1.0399745	1625	1269	40
66	0.7956555	2124	1659	40
67	0.7956555	2124	1659	40
68	0.2460108	6871	5365	40
69	0.2460108	6871	5365	40
70	0.5092729	3319	2592	40
71	0.5092729	3319	2592	40
72	0.3582203	4719	3684	40
73	0.3582203	4719	3684	40
74	0.5583383	3027	2364	40
75	0.5583383	3027	2364	40
76	0.6946978	2433	1900	40
77	0.6946978	2433	1900	40
78	0.4875587	3467	2707	40
79	0.4875587	3467	2707	40
80	0.58904	2870	2241	40
81	0.58904	2870	2241	40
82	1.3340115	1267	989	40
83	1.3340115	1267	989	40
84	0.1736336	9735	7601	40
85	0.1736336	9735	7601	40
86	0.2977434	5677	4433	40
87	0.2977434	5677	4433	40
88	0.8198846	2062	1610	40
89	0.8198846	2062	1610	40
90	0.2426072	6967	5440	40
91	0.2426072	6967	5440	40
92	0.3256903	6540	6208	40

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode Ruas	Panjang (km)	Vol _{max}	Volume	Kecepatan
		(q _{max})	(q)	Arus Bebas
93	0.3256903	6540	6208	40
94	0.3540002	6017	5712	40
95	0.3540002	6017	5712	40
96	0.4770838	4465	4238	40
97	0.4770838	4465	4238	40
98	0.2569997	6577	5135	40
99	0.2569997	6577	5135	40
100	0.2409985	7014	5476	40
101	0.2409985	7014	5476	40
102	0.2196421	7696	6009	40
103	0.2196421	7696	6009	40
104	0.3315991	5097	3980	40
105	0.3315991	5097	3980	40
106	0.2204647	7667	5986	40
107	0.2204647	7667	5986	40
108	2.1212312	797	622	40
109	2.1212312	797	622	40
110	0.5721217	2954	2307	64
111	0.5721217	2954	2307	64
112	0.2863797	5902	4609	64
113	0.2863797	5902	4609	64
114	0.6277049	2693	2103	64
115	0.6277049	2693	2103	64
116	0.3161128	5347	4175	64
117	0.3161128	5347	4175	64
118	0.2174963	7771	6068	64
119	0.2174963	7771	6068	64
120	0.91101	1855	1449	64
121	0.91101	1855	1449	64
122	1.4135728	1196	934	64
123	1.4135728	1196	934	64
124	1.1397131	1483	1158	64
125	1.1397131	1483	1158	64
126	0.5300654	3189	2490	64
127	0.5300654	3189	2490	64
128	0.4612818	4618	4383	79.5
129	0.4612818	4618	4383	79.5
130	0.4713065	4519	4290	79.5
131	0.4713065	4519	4290	79.5
132	0.2327252	9152	8688	79.5
133	0.2327252	9152	8688	79.5
134	0.2991855	7119	6758	79.5
135	0.2991855	7119	6758	79.5
136	0.3172564	6714	6373	79.5
137	0.3172564	6714	6373	79.5
138	0.7565146	2234	1745	40
139	0.7565146	2234	1745	40

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
140	0.2652906	6371	4975	40
141	0.2652906	6371	4975	40
142	0.1212181	13944	10888	40
143	0.1212181	13944	10888	40
144	0.3873364	4364	3407	40
145	0.3873364	4364	3407	40
146	0.2527768	6687	5221	40
147	0.2527768	6687	5221	40
148	0.223275	7570	5911	40
149	0.223275	7570	5911	40
150	0.2174649	7773	6069	40
151	0.2174649	7773	6069	40
152	0.2622625	8122	7710	40
153	0.2622625	8122	7710	40
154	0.3211491	6632	6296	40
155	0.3211491	6632	6296	40
156	0.3023534	7045	6688	40
157	0.3023534	7045	6688	40
158	0.2723035	6207	4847	40
159	0.2723035	6207	4847	40
160	0.5998424	3551	3371	40
161	0.5998424	3551	3371	40
162	0.1753354	9640	7527	40
163	0.1753354	9640	7527	40
164	0.5202666	3249	2537	40
165	0.5202666	3249	2537	40
166	0.339683	4976	3885	40
167	0.339683	4976	3885	40
168	0.3933417	4297	3355	40
169	0.3933417	4297	3355	40
170	0.1894365	8923	6967	40
171	0.1894365	8923	6967	40
172	0.2372691	7124	5562	52.25
173	0.2372691	7124	5562	52.25
174	0.3325106	5083	3969	52.25
175	0.3325106	5083	3969	52.25
176	0.3290234	6474	6145	61
177	0.3290234	6474	6145	61
178	0.1674088	12723	12078	61
179	0.1674088	12723	12078	61
180	0.3119137	6829	6483	61
181	0.3119137	6829	6483	61
182	0.3892354	5472	5195	61
183	0.3892354	5472	5195	61
184	0.3193497	6670	6332	61
185	0.3193497	6670	6332	61
186	0.3342643	5057	3948	53.5

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode Ruas	Panjang (km)	Vol _{max}	Volume	Kecepatan
		(q _{max})	(q)	Arus Bebas
187	0.3342643	5057	3948	53.5
188	0.3162536	5345	4173	53.5
189	0.3162536	5345	4173	53.5
190	0.3050439	5541	4327	53.5
191	0.3050439	5541	4327	53.5
192	0.3753311	4503	3516	53.5
193	0.3753311	4503	3516	53.5
194	0.4607125	3669	2865	53.5
195	0.4607125	3669	2865	53.5
196	0.1820577	11700	11106	53.5
197	0.4613301	4617	4383	53.5
198	0.6073486	3507	3329	53.5
199	0.4897385	4349	4129	53.5
200	0.4897385	4349	4129	53.5
201	0.0608974	34977	33203	53.5
202	0.0608974	34977	33203	53.5
203	0.2682824	7939	7537	53.5
204	0.2682824	7939	7537	53.5
205	0.1786644	11922	11317	53.5
206	0.1786644	11922	11317	53.5
207	0.3715861	5732	5442	53.5
208	0.3715861	5732	5442	53.5
209	1.8723107	903	705	64
210	1.8723107	903	705	64
211	0.729641	2317	1809	64
212	0.729641	2317	1809	64
213	0.0672339	25140	19630	40
214	0.0672339	25140	19630	40
215	1.2490489	1353	1057	40
216	1.2490489	1353	1057	40
217	0.1955147	8645	6750	40
218	0.1955147	8645	6750	40
219	0.5437355	3109	2427	40
220	0.5437355	3109	2427	40
221	0.4795378	3525	2752	40
222	0.4795378	3525	2752	40
223	0.1399166	12081	9433	40
224	0.1399166	12081	9433	40
225	0.0982213	17209	13437	40
226	0.0982213	17209	13437	40
227	0.1807688	9350	7301	40
228	0.1807688	9350	7301	40
229	0.3634323	4651	3631	40
230	0.3634323	4651	3631	40
231	0.195443	10898	10346	60
232	0.195443	10898	10346	60
233	0.8916009	2389	2268	60

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
234	0.8916009	2389	2268	60
235	0.109519	19449	18463	60
236	0.3534738	6026	5720	60
237	0.1926677	11055	10495	60
238	0.1926677	11055	10495	60
239	0.4623096	4607	4374	60
240	0.4800245	4437	4212	60
241	0.4800245	4437	4212	60
242	0.3976199	5357	5085	60
243	0.193569	11004	10446	60
244	0.2041006	10436	9907	60
245	0.1979605	8538	6667	40
246	0.2680333	6306	4924	40
247	1.0606466	1594	1244	40
248	1.0606466	1594	1244	40
249	0.3807505	4439	3466	40
250	0.3807505	4439	3466	40
251	0.2442612	6920	5403	40
252	0.2442612	6920	5403	40
253	0.1686084	10025	7828	40
254	0.1686084	10025	7828	40
255	0.3059422	5525	4314	40
256	0.3059422	5525	4314	40
257	0.4872853	3469	2708	40
258	0.4872853	3469	2708	40
259	0.416087	4062	3172	40
260	0.416087	4062	3172	40
261	0.4318264	3914	3056	40
262	0.4318264	3914	3056	40
263	0.3614049	4677	3652	40
264	0.3614049	4677	3652	40
265	0.2173361	7777	6073	40
266	0.2173361	7777	6073	40
267	0.0969499	17434	13613	40
268	0.0969499	17434	13613	40
269	0.4857934	3479	2717	40
270	0.4857934	3479	2717	40
271	0.1367434	12361	9652	40
272	0.1367434	12361	9652	40
273	0.3919851	4312	3367	40
274	0.3919851	4312	3367	40
275	0.2056745	8218	6417	40
276	0.2056745	8218	6417	40
277	0.2586598	6535	5102	40
278	0.2586598	6535	5102	40
279	0.5678516	2977	2324	40
280	0.2070295	8164	6375	40

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
281	0.2191682	7712	6022	40
282	0.1447902	11674	9115	40
283	0.3784723	4466	3487	40
284	0.3784723	4466	3487	40
285	0.1957449	8635	6742	60
286	0.1957449	8635	6742	60
287	0.6650475	2542	1985	60
288	0.6650475	2542	1985	60
289	0.2693841	6275	4899	40
290	0.2693841	6275	4899	40
291	0.3992688	4233	3306	40
292	0.3992688	4233	3306	40
293	0.1215229	13909	10860	51.5
294	0.1215229	13909	10860	51.5
295	0.2155314	7842	6123	51.5
296	0.2155314	7842	6123	51.5
297	0.3607509	4685	3658	51.5
298	0.3607509	4685	3658	51.5
299	0.5608228	3014	2353	51.5
300	0.5608228	3014	2353	51.5
301	0.3119074	5419	4231	51.5
302	0.3119074	5419	4231	51.5
303	0.2711199	7856	7458	58.8
304	0.2711199	7856	7458	58.8
305	0.1464497	14544	13807	58.8
306	0.1464497	14544	13807	58.8
307	0.2878663	7399	7024	58.8
308	0.2878663	7399	7024	58.8
309	0.5923932	3596	3413	58.8
310	0.5923932	3596	3413	58.8
311	0.2676275	7959	7555	58.8
312	0.2676275	7959	7555	58.8
313	0.5249397	4058	3852	58.8
314	0.5249397	4058	3852	58.8
315	0.3042165	7002	6647	58.8
316	0.3042165	7002	6647	58.8
317	0.1310549	16253	15429	58.8
318	0.1310549	16253	15429	58.8
319	0.1951523	10915	10361	58.8
320	0.2991779	7120	6759	58.8
321	0.4943205	4309	4090	58.8
322	0.4888393	4357	4136	75
323	0.0681026	31276	29690	75
324	0.0859712	24776	23520	75
325	0.3348065	6362	6039	75
326	0.2254007	9450	8971	75
327	0.2254007	9450	8971	75

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
328	0.6969241	3056	2901	75
329	0.6969241	3056	2901	75
330	0.5162339	4126	3917	75
331	0.5162339	4126	3917	75
332	0.1405841	15151	14383	51.5
333	0.1405841	15151	14383	51.5
334	0.5307984	4013	3809	51.5
335	0.5307984	4013	3809	51.5
336	0.0658267	32358	30717	51.5
337	0.1772849	12015	11405	51.5
338	0.2431113	8761	8317	51.5
339	0.4178717	4045	3158	63
340	0.4178717	4045	3158	63
341	0.1909339	8853	6912	63
342	0.54775	3086	2409	63
343	0.7385947	2288	1787	63
344	0.3638799	4645	3627	63
345	0.3638799	4645	3627	63
346	0.1166863	14486	11311	63
347	0.1166863	14486	11311	63
348	0.4079981	4143	3235	63
349	0.4079981	4143	3235	63
350	0.2326065	7267	5674	63
351	0.2326065	7267	5674	63
352	0.188389	8972	7006	63
353	0.188389	8972	7006	63
354	0.6419276	3318	3150	63
355	0.6419276	3318	3150	63
356	0.293406	7260	6891	63
357	0.293406	7260	6891	63
358	0.1514523	11160	8714	40
359	0.1514523	11160	8714	40
360	0.2590689	6524	5094	40
361	0.2590689	6524	5094	40
362	0.9323291	1813	1416	40
363	0.9323291	1813	1416	40
364	0.6656842	2539	1983	40
365	0.6656842	2539	1983	40
366	0.3215298	5257	4105	40
367	0.3215298	5257	4105	40
368	0.9216679	2311	2194	63
369	0.9216679	2311	2194	63
370	0.0759834	22245	17369	63
371	0.0759834	22245	17369	63
372	0.6700425	2523	1970	63
373	0.6700425	2523	1970	63
374	0.3381824	4998	3903	51.5

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
375	0.3381824	4998	3903	51.5
376	0.263357	6418	5011	51.5
377	0.263357	6418	5011	51.5
378	0.4751707	3557	2778	55
379	0.4751707	3557	2778	55
380	0.2739541	6170	4818	55
381	0.2739541	6170	4818	55
382	0.5076221	4196	3983	51.5
383	0.5076221	4196	3983	51.5
384	0.5125632	3298	2575	40
385	0.5125632	3298	2575	40
386	0.2144853	7881	6153	40
387	0.2144853	7881	6153	40
388	0.4976795	3396	2652	40
389	0.4976795	3396	2652	40
390	0.4863544	3475	2714	55
391	0.4863544	3475	2714	55
392	0.5485893	3081	2406	55
393	0.5485893	3081	2406	55
394	0.1378062	12266	9577	55
395	0.1378062	12266	9577	55
396	0.1315567	12848	10032	55
397	0.1315567	12848	10032	55
398	0.6516195	2594	2025	55
399	0.6516195	2594	2025	55
400	0.8929772	1893	1478	40
401	0.8929772	1893	1478	40
402	0.1144492	18611	17667	40
403	0.1144492	18611	17667	40
404	0.25445	8371	7947	40
405	0.25445	8371	7947	40
406	0.6188414	3442	3267	40
407	0.6188414	3442	3267	40
408	0.4447152	4790	4547	40
409	0.4447152	4790	4547	40
410	0.3669173	5805	5511	40
411	0.3669173	5805	5511	40
412	0.204059	10438	9909	40
413	0.204059	10438	9909	40
414	0.1648444	12921	12266	40
415	0.1648444	12921	12266	40
416	0.2128039	10009	9502	40
417	0.2128039	10009	9502	40
418	0.2459083	8662	8223	40
419	0.2459083	8662	8223	40
420	0.2991896	7119	6758	40
421	0.2991896	7119	6758	40

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
422	0.3683109	5783	5490	40
423	0.3683109	5783	5490	40
424	0.5041455	4225	4011	63
425	0.5041455	4225	4011	63
426	0.2456398	8671	8232	63
427	0.2456398	8671	8232	63
428	0.1517812	14033	13322	63
429	0.1517812	14033	13322	63
430	0.973866	2187	2076	63
431	0.973866	2187	2076	63
432	0.2635141	8083	7673	60
433	0.2635141	8083	7673	60
434	0.3488651	6106	5796	60
435	0.3488651	6106	5796	60
436	0.1319631	16141	15322	60
437	0.1319631	16141	15322	60
438	0.3087107	6900	6550	60
439	0.3087107	6900	6550	60
440	0.1520582	14008	13298	60
441	0.1520582	14008	13298	60
442	0.4028357	5288	5019	60
443	0.4028357	5288	5019	60
444	0.207841	10248	9729	60
445	0.207841	10248	9729	60
446	0.3508645	6071	5763	60
447	0.3508645	6071	5763	60
448	0.2128514	10007	9500	51.5
449	0.2128514	10007	9500	51.5
450	0.1578521	13494	12809	51.5
451	0.1578521	13494	12809	51.5
452	0.9218655	2311	2193	51.5
453	0.9218655	2311	2193	51.5
454	0.5934882	3589	3407	51.5
455	0.5934882	3589	3407	51.5
456	0.3348566	6361	6038	51.5
457	0.3348566	6361	6038	51.5
458	0.2940232	7244	6877	51.5
459	0.2940232	7244	6877	51.5
460	0.3349481	6359	6037	51.5
461	0.3349481	6359	6037	51.5
462	0.8991919	2369	2249	51.5
463	0.8991919	2369	2249	51.5
464	0.604665	3523	3344	60
465	0.604665	3523	3344	60
466	0.1678508	12690	12046	51.5
467	0.1678508	12690	12046	51.5
468	0.2907969	7325	6953	51.5

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
469	0.2907969	7325	6953	51.5
470	0.6590974	3232	3068	51.5
471	0.6590974	3232	3068	51.5
472	0.784663	2154	1682	40
473	0.784663	2154	1682	40
474	0.4271869	4986	4733	40
475	0.4271869	4986	4733	40
476	0.2741381	7770	7376	40
477	0.2741381	7770	7376	40
478	1.7912249	944	737	55
479	1.7912249	944	737	55
480	1.1409416	1481	1157	40
481	1.1409416	1481	1157	40
482	0.2268231	7452	5819	40
483	0.2268231	7452	5819	40
484	0.7482002	2259	1764	40
485	0.7482002	2259	1764	40
486	0.5339789	3165	2472	40
487	0.5339789	3165	2472	40
488	0.4448814	3799	2967	40
489	0.4448814	3799	2967	40
490	0.6373757	2652	2071	40
491	0.6373757	2652	2071	40
492	0.7194988	2349	1834	40
493	0.7194988	2349	1834	40
494	0.4691883	3603	2813	40
495	0.4691883	3603	2813	40
496	0.196682	8594	6710	40
497	0.196682	8594	6710	40
498	0.4416101	3828	2989	40
499	0.4416101	3828	2989	40
500	0.3664755	5812	5517	63
501	0.3664755	5812	5517	63
502	0.3026425	7038	6681	63
503	0.3026425	7038	6681	63
504	0.3297679	6459	6132	63
505	0.3297679	6459	6132	63
506	0.3567391	5971	5668	63
507	0.3567391	5971	5668	63
508	0.2685341	7932	7530	63
509	0.2685341	7932	7530	63
510	0.2498376	8526	8093	63
511	0.2498376	8526	8093	63
512	0.3193716	6669	6331	63
513	0.3193716	6669	6331	63
514	0.5480888	3886	3689	63
515	0.5480888	3886	3689	63

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
516	0.4095887	5200	4937	63
517	0.4095887	5200	4937	63
518	0.2189434	9729	9235	63
519	0.2189434	9729	9235	63
520	0.7045274	3023	2870	63
521	0.7045274	3023	2870	63
522	0.2064825	10316	9793	63
523	0.2064825	10316	9793	63
524	0.8318968	2560	2431	63
525	0.8318968	2560	2431	63
526	1.1475197	1473	1150	40
527	1.1475197	1473	1150	40
528	0.6316056	2676	2090	40
529	0.6316056	2676	2090	40
530	0.2218275	7620	5950	40
531	0.2218275	7620	5950	40
532	0.2910245	5808	4535	40
533	0.2910245	5808	4535	40
534	0.2001121	8447	6595	40
535	0.2001121	8447	6595	40
536	0.9188086	1840	1436	40
537	0.9188086	1840	1436	40
538	0.5230396	3232	2523	40
539	0.5230396	3232	2523	40
540	0.2053182	8232	6428	40
541	0.2053182	8232	6428	40
542	0.3753325	4503	3516	40
543	0.3753325	4503	3516	40
544	0.2611397	6473	5054	40
545	0.2611397	6473	5054	40
546	0.3865788	4372	3414	40
547	0.3865788	4372	3414	40
548	0.2231939	7573	5913	40
549	0.2231939	7573	5913	40
550	0.3977235	4250	3318	40
551	0.3977235	4250	3318	40
552	0.0850679	19870	15515	40
553	0.0850679	19870	15515	40
554	0.4616113	3662	2859	40
555	0.4616113	3662	2859	40
556	0.6847642	2468	1927	40
557	0.6847642	2468	1927	40
558	0.5261509	3213	2508	40
559	0.5261509	3213	2508	40
560	0.2572214	6571	5131	40
561	0.2572214	6571	5131	40
562	0.4301242	3930	3068	40

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
563	0.4301242	3930	3068	40
564	0.1080808	15639	12211	40
565	0.1080808	15639	12211	40
566	0.1140661	14818	11570	40
567	0.1140661	14818	11570	40
568	0.3521462	4800	3748	40
569	0.3521462	4800	3748	40
570	0.3344803	5053	3946	40
571	0.3344803	5053	3946	40
572	0.4365661	3872	3023	40
573	0.4365661	3872	3023	40
574	0.2944071	5741	4483	40
575	0.2944071	5741	4483	40
576	0.0908427	18607	14528	40
577	0.0908427	18607	14528	40
578	0.199037	10702	10159	67
579	0.2771397	6099	4762	52
580	1.2873336	1313	1025	74.5
581	1.2873336	1313	1025	74.5
582	0.5939816	3586	3404	52.5
583	0.5939816	3586	3404	52.5
584	0.1966708	8594	6711	60
585	0.3532883	4784	3736	40
586	0.3532883	4784	3736	40
587	0.5014248	3371	2632	40
588	0.5014248	3371	2632	40
589	0.3480251	4857	3792	40
590	0.3480251	4857	3792	40
591	0.2129397	7938	6198	40
592	0.2129397	7938	6198	40
593	0.343889	4915	3838	40
594	0.343889	4915	3838	40
595	0.1120204	15089	11782	40
596	0.1120204	15089	11782	40
597	0.223616	7559	5902	40
598	0.223616	7559	5902	40
599	0.4608799	4622	4387	45
600	0.4608799	4622	4387	45
601	0.0676441	31488	29892	45
602	0.0676441	31488	29892	45
603	0.0955273	22297	21167	45
604	0.0955273	22297	21167	45
605	0.112593	18918	17958	45
606	0.112593	18918	17958	45
607	0.6605314	3225	3061	45
608	0.6605314	3225	3061	45
609	0.160376	13281	12608	45

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
610	0.160376	13281	12608	45
611	0.1994819	8473	6616	40
612	0.1994819	8473	6616	40
613	0.3394308	4980	3888	40
614	0.3394308	4980	3888	40
615	0.3026804	7037	6680	55
616	0.4844409	4397	4174	55
617	0.1831088	11632	11043	55
618	0.6675491	3191	3029	55
619	0.1219865	17461	16576	55
620	0.1807181	11786	11189	55
621	0.2171669	7783	6077	63
622	0.2171669	7783	6077	63
623	0.142415	11869	9267	63
624	0.142415	11869	9267	63
625	0.4084378	4138	3231	63
626	0.4084378	4138	3231	63
627	0.1190991	14192	11081	63
628	0.1190991	14192	11081	63
629	0.2846938	5937	4636	63
630	0.085367	19800	15460	63
631	0.3700451	4568	3567	63
632	0.2148451	7867	6143	63
633	0.2148451	7867	6143	63
634	0.1171334	14430	11267	63
635	0.1171334	14430	11267	63
636	0.2187422	7727	6034	63
637	0.2187422	7727	6034	63
638	0.1424087	11869	9268	63
639	0.1424087	11869	9268	63
640	0.6831829	2474	1932	63
641	0.6831829	2474	1932	63
642	0.213737	7908	6175	63
643	0.213737	7908	6175	63
644	0.2136915	7910	6176	63
645	0.2136915	7910	6176	63
646	0.2793184	6051	4725	63
647	0.2793184	6051	4725	63
648	0.2600062	6501	5076	40
649	0.2600062	6501	5076	40
650	0.578585	2921	2281	40
651	0.578585	2921	2281	40
652	0.5639919	2997	2340	40
653	0.5639919	2997	2340	40
654	0.4350483	3885	3034	40
655	0.4350483	3885	3034	40
656	0.3345694	5052	3945	40

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
657	0.3345694	5052	3945	40
658	0.2712351	6232	4866	65.5
659	0.2712351	6232	4866	65.5
660	0.1230965	13731	10722	65.5
661	0.1230965	13731	10722	65.5
662	0.5642412	2996	2339	65.5
663	0.5642412	2996	2339	65.5
664	0.1812056	9328	7283	65.5
665	0.1812056	9328	7283	65.5
666	0.2622628	8122	7710	75.45
667	0.2622628	8122	7710	75.45
668	0.8145912	2615	2482	75.45
669	0.8145912	2615	2482	75.45
670	0.2915183	7307	6936	75.45
671	0.2915183	7307	6936	75.45
672	0.5356495	3976	3775	75.45
673	0.5356495	3976	3775	75.45
674	0.6246489	3410	3237	75.45
675	0.6246489	3410	3237	75.45
676	0.6676876	3190	3028	75.45
677	0.6676876	3190	3028	75.45
678	0.2441817	6922	5405	75.45
679	0.4889607	3457	2699	75.45
680	0.4889607	3457	2699	75.45
681	0.2535316	6667	5206	40
682	0.3086289	5477	4276	40
683	0.1978761	10764	10219	53
684	0.1978761	10764	10219	53
685	0.1642944	12965	12307	53
686	0.1642944	12965	12307	53
687	0.1657338	12852	12200	53
688	0.1657338	12852	12200	53
689	1.0071815	2115	2008	53
690	1.0071815	2115	2008	53
691	0.3698647	5759	5467	53
692	0.3698647	5759	5467	53
693	0.3077894	5492	4288	60
694	0.3077894	5492	4288	60
695	0.2018912	10550	10015	55
696	0.2018912	10550	10015	55
697	0.1618207	13163	12495	55
698	0.1618207	13163	12495	55
699	0.3877607	4359	3404	40
700	0.3877607	4359	3404	40
701	0.302505	5588	4363	40
702	0.302505	5588	4363	40
703	0.4702643	4529	4300	40

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(Q_{max})	(q)	Arus Bebas
704	0.4702643	4529	4300	40
705	0.3916356	4316	3370	40
706	0.3916356	4316	3370	40
707	0.2914761	5799	4528	40
708	0.2914761	5799	4528	40
709	0.1259376	16913	16056	72
710	0.1259376	16913	16056	72
711	0.3640549	5851	5554	72
712	0.489756	4349	4129	72
713	0.6987962	3048	2894	72
714	0.4052625	5256	4989	60
715	0.2401191	8871	8421	60
716	0.3311992	6431	6105	60
717	0.3295817	6463	6135	60
718	0.201078	10593	10056	60
719	0.26314	8095	7684	60
720	0.3473301	4866	3800	54
721	0.3473301	4866	3800	54
722	0.83016	2036	1590	54
723	0.7531374	2244	1752	40
724	0.9383458	2270	2155	40
725	0.2648686	8042	7634	47
726	0.2407492	8847	8399	47
727	0.6377877	3340	3170	47
728	0.326545	5176	4042	40
729	0.3502285	4826	3768	40
730	0.6464506	2615	2042	40
731	0.659277	2564	2002	40
732	0.6178642	2736	2136	40
733	0.6178642	2736	2136	40
734	0.37027	5753	5461	50.5
735	0.2555053	8336	7914	50.5
736	0.1148509	18546	17605	50.5
737	0.3252867	5196	4057	40
738	0.3252867	5196	4057	40
739	0.2296688	7360	5746	40
740	0.2296688	7360	5746	40
741	0.2082713	8116	6337	40
742	0.2082713	8116	6337	40
743	0.32931	5133	4008	40
744	0.32931	5133	4008	40
745	0.2910174	5808	4535	40
746	0.2910174	5808	4535	40
747	0.1903398	8880	6934	40
748	0.1903398	8880	6934	40
749	0.1931576	8751	6833	40
750	0.1931576	8751	6833	40

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
751	0.1975563	8556	6681	40
752	0.1975563	8556	6681	40
753	0.2056824	8218	6417	55
754	0.2056824	8218	6417	55
755	0.6864608	2462	1923	55
756	0.6864608	2462	1923	55
757	0.534759	3161	2468	40
758	0.534759	3161	2468	40
759	0.371786	4546	3550	40
760	0.371786	4546	3550	40
761	0.1628622	10379	8104	40
762	0.1628622	10379	8104	40
763	0.2152774	7852	6131	40
764	0.2152774	7852	6131	40
765	0.1248233	13541	10573	40
766	0.1248233	13541	10573	40
767	0.2458011	8666	8226	68
768	0.8174439	2606	2474	68
769	0.116679	18255	17330	68
770	0.514893	4137	3927	68
771	0.3028759	7033	6676	68
772	0.2458011	8666	8226	68
773	0.3513665	4811	3756	40
774	0.447036	3781	2952	40
775	0.3926381	4305	3361	40
776	0.3926381	4305	3361	40
777	0.4245991	3981	3108	40
778	0.4245991	3981	3108	40
779	0.2197412	7692	6006	40
780	0.2197412	7692	6006	40
781	0.414471	4078	3184	58
782	0.414471	4078	3184	58
783	0.2509641	6735	5259	58
784	0.2509641	6735	5259	58
785	0.4028396	4196	3276	58
786	0.4028396	4196	3276	58
787	0.1699078	9948	7768	58
788	0.1699078	9948	7768	58
789	0.1237528	13658	10665	58
790	0.1237528	13658	10665	58
791	0.0789433	21411	16718	55.5
792	0.0789433	21411	16718	55.5
793	0.3888538	4347	3394	55.5
794	0.3888538	4347	3394	55.5
795	0.1975846	10780	10234	40
796	0.1975846	10780	10234	40
797	0.4632347	4598	4365	40

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
798	0.4632347	4598	4365	40
799	0.4872606	3469	2709	40
800	0.330969	6436	6109	40
801	0.330969	6436	6109	40
802	0.0790718	26938	25572	40
803	0.0790718	26938	25572	40
804	0.3133786	6797	6452	40
805	0.3683067	5783	5490	40
806	0.2858527	7451	7074	40
807	0.5301038	4018	3814	64
808	0.1849088	11519	10935	64
809	0.4231616	5034	4778	64
810	0.5114888	3305	2580	40
811	0.2819872	5994	4680	68
812	0.2188964	7722	6029	68
813	0.3737075	4523	3532	68
814	0.1966708	8594	6711	60
815	0.3737075	4523	3532	68
816	0.1636928	10326	8063	68
817	0.1636928	10326	8063	68
818	0.3428457	6213	5898	67
819	0.3911654	5445	5169	67
820	0.787868	2703	2566	58
821	0.3622083	4667	3644	46
822	0.4620099	3659	2857	40
823	0.5121387	3300	2577	40
824	0.5121387	3300	2577	40
825	0.6947166	3066	2911	57
826	0.4283705	4972	4720	57
827	0.29421	7240	6873	57
828	0.721155	2954	2804	67
829	0.1416098	15041	14279	67
830	0.5493706	3877	3681	67
831	0.2372599	8977	8522	67
832	0.199037	10702	10159	67
833	0.3327567	5080	3966	40
834	0.1919046	11099	10536	40
835	0.1919046	11099	10536	40
836	0.5414317	3934	3735	40
837	0.5414317	3934	3735	40
838	2.412652	701	547	40
839	2.412652	701	547	40
840	0.3843192	4398	3434	40
841	0.3843192	4398	3434	40
842	0.5922114	2854	2229	40
843	0.5922114	2854	2229	40
844	0.1687446	10017	7821	40

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
845	0.1687446	10017	7821	40
846	0.1730135	9770	7628	40
847	0.1730135	9770	7628	40
848	0.2001499	8445	6594	40
849	0.2001499	8445	6594	40
850	0.0642399	33157	31476	75
851	0.1028175	20716	19666	75
852	0.1669631	12757	12110	75
853	0.2450979	8690	8250	75
854	0.1362545	15633	14840	75
855	0.3813524	5585	5302	75
856	0.4917464	4332	4112	75
857	0.4917464	4332	4112	75
858	0.1524606	13971	13262	40
859	0.0605594	35172	33389	40
860	0.2130198	9999	9492	40
861	0.2022355	10532	9998	40
862	0.2022355	10532	9998	40
863	0.3603036	4691	3663	62
864	0.2489817	6789	5301	62
865	0.2489817	6789	5301	62
866	0.423327	3993	3118	62
867	0.423327	3993	3118	62
868	0.2251277	7508	5862	62
869	0.2251277	7508	5862	62
870	0.3701319	4567	3566	40
871	0.2445008	6913	5398	40
872	0.2445008	6913	5398	40
873	0.1575685	10727	8376	40
874	0.1575685	10727	8376	40
875	0.3777454	4475	3494	40
876	0.3777454	4475	3494	40
877	0.2607562	6482	5061	40
878	0.2607562	6482	5061	40
879	0.960471	1760	1374	40
880	0.960471	1760	1374	40
881	0.235996	9026	8568	50
882	0.235996	9026	8568	50
883	0.1483838	14355	13627	50
884	0.1483838	14355	13627	50
885	0.5152923	4134	3924	70
886	0.5152923	4134	3924	70
887	0.2130389	9998	9491	70
888	0.2130389	9998	9491	70
889	0.6695611	3181	3020	70
890	0.6695611	3181	3020	70
891	0.26799	7948	7545	70

B. Karakteristik Ruas Jalan

Kode	Panjang (km)	Vol_{max}	Volume	Kecepatan
Ruas		(q_{max})	(q)	Arus Bebas
892	0.26799	7948	7545	70
893	0.4147219	5136	4876	70
894	0.4147219	5136	4876	70
895	0.3982002	5349	5078	70
896	0.3982002	5349	5078	70
897	0.253786	8393	7967	70
898	0.253786	8393	7967	70
899	0.7646554	2786	2644	70
900	0.7646554	2786	2644	70
901	0.3046473	5548	4332	40
902	0.3046473	5548	4332	40
903	0.4805897	3517	2746	40
904	0.4805897	3517	2746	40
905	0.2810388	6014	4696	40
906	0.2810388	6014	4696	40
907	0.6607724	2558	1997	40
908	0.6607724	2558	1997	40
909	0.1348092	12538	9790	40
910	0.1348092	12538	9790	40
911	0.4301092	3930	3068	40
912	0.4301092	3930	3068	40
913	0.3315696	5098	3980	40
914	0.3315696	5098	3980	40
915	0.3123269	5412	4226	40
916	0.3123269	5412	4226	40
917	0.291194	5805	4532	51.5
918	0.291194	5805	4532	51.5
919	0.2683092	6300	4919	51.5
920	0.2683092	6300	4919	51.5
921	0.0836859	20198	15771	51.5
922	0.0836859	20198	15771	51.5
923	0.3274874	5161	4030	51.5
924	0.3274874	5161	4030	51.5
925	0.57409	2944	2299	51.5
926	0.57409	2944	2299	51.5
927	0.2292893	7372	5756	51.5
928	0.2292893	7372	5756	51.5

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Narasimha,K.S.V., Kivelevitch,E.,Kumar,M. “Ant Colony Optimization Technique to Solve the Min-Max Multi Depot Vehicle Routing Problem”, American Control Conference, America,2012.
- [2] US Department of Labor, “Occupational Outlook Handbook”, Bureau of Labor Statistics, 2010-11.
- [3] Ravindra,K.A., Magnati, T.L., and Orlin, J.B. , “*Network Flows-Theory, Algorithms, and Application*”, Prentice Hall, New Jersey, USA,1993.
- [4] _____, “Comput. & Ops Res Vol.10. No.2, pp.63-211, Great Britain ,1983.
- [5] Leksono,A. “*Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) Untuk Menyelesaikan Traveling Salesman Problem (TSP)*”, Tugas Akhir FT UNDIP,Semarang,2009.
- [6] Toth,P., Vigo, D., "The Vehicle Routing Problem", Monographs on Discrete Mathematics and Applications, SIAM, Philadelphia , 2001.
- [7] Surekha,P.,”Solution To Multi-Depot Vehicle Routing Problem Using Genetic Algorithms”, WAP journal, India,2011.
- [8] Tansini,L., Viera,O., “Adapted Clustering Algorithm for the Assignment Problem in the MDVRPTW”,Uruguay,2004.
- [9] Tansini,L., Urquhart,M., Viera,O., ”Comparing assignment algorithms for the Multi-Depot VRP”,Uruguay, 2007.
- [10] Asteria,C., “*Penentuan Rute Distribusi dengan Algoritma Tabu Search untuk VRP dengan Time Windows*”, Tesis FT UI,Jakarta,2008.

- [11] Caldeira,T.C.M., “Optimization of the Multi Depot Vehicle Routing Problem : an Application to Logistics and Transport of Biomass for Electricity Production”, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia ecânica,Outubro,Lisboa,2009.
- [12] Alam, Akhmad Fajar Nurul, “*Algoritma Improved Ant Colony System Untuk Menyelesaikan Dynamic Vehicle Routing Problem With Time Window dengan Variabel Travel Time*”, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS,Surabaya,2011.
- [13] <https://www.google.co.id/maps>
- [14] W.A. de Landgraaf, A.E. Eiben and V. Nannen. Parameter Calibration Using Meta-Algorithms. 2006.
- [15] Immanuel, Randi Mangatas, “*Algoritma Particle Swarm Optimization Untuk Menyelesaikan Multi Depot Vehicle Routing Problem dengan Variabel Travel Time*”, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS,Surabaya, 2014.
- [16] Sinaga, R.L, “*Algoritma Simulated Annealing Untuk Menyelesaikan Multi Depot Vehicle Routing Problem dengan Variabel Travel Time*”, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS,Surabaya,2014.



Rosyid Hadi Nugroho, lahir di kota Sukoharjo 22 tahun silam, tepatnya pada tanggal 14 April 1992. Saat ini sedang meneruskan studi di jurusan Teknik Elektro – FTI – ITS. Karir di bidang engineer dimulainya pada tahun 2010 lalu dimana ia memilih Teknik Elektro sebagai jurusannya.

Selama memulai karirnya, penulis pernah dikirim sebagai peserta dalam acara ASC (Asean Science Camp) yang diselenggarakan oleh Yohanes Surya Institute. Dari sini, penulis semakin sadar bahwa potensi keilmiah dan rekayasa bidang teknik harus serius dikembangkan. Kecintaannya pada bidang otomasi industri, membuat penulis untuk bergabung dengan Tim Pengembang DCS (Distributed Control System) di Lab. B 106. Saat ini penulis ingin mendalami tak hanya tentang sistem otomasi pada industri namun juga otomasi pada sistem tenaga. Untuk mengembangkan kreativitas, penulis pernah menjadi ketua LCEN XVII (Lomba Cipta Elektroteknik Nasional) 2013.

Halaman ini sengaja dikosongkan