

**PENENTUAN JALUR SHUTTLE BUS PERUSAHAAN
OTOBUS EFISIENSI YOGYAKARTA MENGGUNAKAN
ALGORITMA SEMUT**

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan guna
Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh
Chandra Maulana Dwi Kusumah
NIM 09305141033

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2014**

PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul **"PENENTUAN JALUR SHUTTLE BUS PERUSAHAAN OTOBUS EFISIENSI YOGYAKARTA MENGGUNAKAN ALGORITMA SEMUT"** yang disusun oleh Chandra Maulana Dwi Kusumah, NIM 09305141033 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



NIP. 198104062005012005

PENGESAHAN

SKRIPSI DENGAN JUDUL :

“PENENTUAN JALUR SHUTTLE BUS PERUSAHAAN OTOBUS EFISIENSI YOGYAKARTA MENGGUNAKAN ALGORITMA SEMUT”

Disusun Oleh :

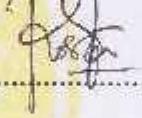
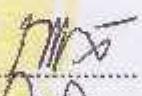
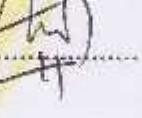
Nama : Chandra Maulana Dwi Kusumah

NIM : 09305141033

Prodi : Matematika

Skripsi ini telah diuji di depan Dewan Penguji pada tanggal 21 Maret 2014 dan dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Nur Insani, M.Sc 19810406 200501 2 005	Ketua Penguji		19 April 2014
Rosita K, M.Sc 19800707 200501 2 001	Sekretaris Penguji		19 April 2014
Emut, M.Si 19621215 198812 1 001	Penguji Utama		10 April 2014
Fitriana Y S, M.Si 19840707 200801 2 003	Penguji Pendamping		10 April 2014

Yogyakarta, 15 April 2014

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Dekan,



Dr. Hartono
NIP. 19620329 198702 1 002

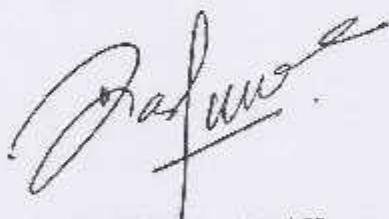
SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan dosen pengaji yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi ditunda yudisium pada periode berikutnya.

Yogyakarta, 13 Maret 2014

Yang menyatakan,



Chandra Maulana Dwi Kusumah

NIM 09305141033

MOTTO

“Lalui hidup dengan penuh warna” (Chandra Maulana D. K)

“Bodoh kalah dengan pintar, tapi pintar kalah dengan cerdik” (Chandra Maulana D.K)

“Jangan pernah pikirkan apa yang akan negara berikan untuk kita, tapi pikirkanlah apa yang bisa kita berikan untuk negara” (John F. Kennedy)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucap rasa syukur yang tiada henti-hentinya atas nikmat yang senantiasa dianugerahkan oleh Allah S.W.T, peneliti mempersembahkan karya ini untuk:

1. Mamah Uyu Rahayu dan Papah Ade Hasan Kurniali tercinta, terima kasih atas doa, bimbingan, dan semangat yang diberikan, atas segala pengorbanan yang belum terbalaskan, dan kasih sayang yang tiada batasnya.
2. Kakakku Andhika Perdana Kusumah, adik-adikku Bayu Indra Kusumah dan Rani Kusumah Wardani tersayang yang selalu menjadi motivatorku untuk menjadi yang terbaik.
3. Keluarga besar di Bekasi, Pagaden, Jambi dan Tasikmalaya yang selalu memberi dukungan dan mendoakan yang terbaik untukku.
4. Hesti Widyaningsih yang selalu menemani hari-hariku dengan penuh perhatian, semangat, dan selalu ada saat senang maupun susah.
5. Nursusetya, Fatah, Ita, Betty, Mamih, Dina, keluarga kecilku yang telah mengukir kenangan manis bersama selama ini. Terima kasih atas persahabatan dan kasih sayang kalian.
6. Teman-teman kos Cahyo, Bugar, Wiwit, Ismail, Deni, Evan, Warsono, dan Muji yang selalu memberi hiburan di kala galau.
7. David Wahyu T, Teguh Wijanarko, Chandra Hadi Saputra, dan Nur Amin, Thanks for show me a new world.

PENENTUAN JALUR *SHUTTLE BUS* PERUSAHAAN OTOBUS EFISIENSI YOGYAKARTA MENGGUNAKAN ALGORITMA SEMUT

Oleh:
Chandra Maulana Dwi Kusumah
09305141033

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) mengetahui keefektivan sistem transportasi *shuttle bus* Perusahaan Otobus (P.O) Efisiensi Yogyakarta, dan 2) menentukan jalur *shuttle bus* P.O Efisiensi yang lebih efektif menggunakan penerapan *Traveling Salesman Problem* (TSP) dengan Algoritma Semut. Kriteria keefektivan dalam penentuan jalur yaitu jalur *shuttle bus* menjangkau seluruh lokasi terpilih yang terdapat pada kuisioner, dan menentukan simpul tujuan dengan mengutamakan jarak terpendek.

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode heuristik dengan perhitungan algoritma semut. Algoritma semut adalah algoritma yang diadopsi dari perilaku koloni semut. Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilewati. Algoritma Semut tepat digunakan untuk penyelesaian masalah optimasi, salah satunya adalah untuk menentukan jalur efektif *shuttle bus* P.O Efisiensi Yogyakarta. Jalur efektif *shuttle bus* ditentukan dengan membandingkan jalur hasil penelitian dengan jalur yang sudah ada. Penelitian dilakukan dengan pengisian kuisioner yang melibatkan 396 responden.

Berdasarkan perhitungan Algoritma Semut, diperoleh hasil jalur efektif untuk *shuttle bus* tujuan Pusat Kota dan Bandara Adi Suciwo.

Kata kunci: *Traveling Salesman Problem*, Algoritma Semut, Jalur Efektif

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuhu

Puji syukur peneliti ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah kepada peneliti, sehingga berkat karunia-Nya peneliti dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir Skripsi (TAS) yang berjudul “Penentuan Jalur *Shuttle Bus* Perusahaan Otobus Efisiensi Yogyakarta Menggunakan Algoritma Semut”. Tugas Akhir Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana sains.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Hartono selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah mengesahkan skripsi ini,
2. Bapak Dr. Suyanta selaku Wakil Dekan I yang telah memberikan izin untuk penelitian ini,
3. Bapak Dr. Sugiman selaku Ketua Jurusan Pendidikan Matematika yang telah memberikan izin dalam penulisan skripsi,
4. Bapak Dr. Agus Maman Abadi selaku Koordinator Program Studi Matematika yang telah memberi banyak kemudahan dalam penyusunan skripsi,
5. Ibu Nur Insani, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan, arahan, dan motivasi dalam penelitian hingga penyusunan tugas akhir,
6. Seluruh dosen dan staf prodi Matematika FMIPA UNY yang telah banyak membantu selama perkuliahan dan penelitian berlangsung,
7. Sahabat seperjuangan Matsub 2009 yang telah memberi masukan-masukan dan bantuannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan,
8. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini,

Semoga segala bantuan yang telah Bapak/ Ibu/ Saudara berikan mendapat balasan yang lebih dari Allah swt. Peneliti menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih belum sempurna, oleh karena itu kritik dan saran sangat peneliti harapkan. Peneliti berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Amiin.

Wassalaamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuhu

Yogyakarta, 15 April 2014

Peneliti,



Chandra Maulana Dwi Kusumah

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN SURAT PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SIMBOL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Pembatasan Masalah	5
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan	5
E. Manfaat	5
BAB II KAJIAN TEORI	
2.1. Teori Graf.....	7
2.1.1. Definisi Graf.....	7
2.1.2. Jalan (<i>Walk</i>)	8
2.1.3. <i>Trail</i> dan <i>Path</i>	8
2.1.4. Sikel (<i>Cycle</i>)	8
2.2. Optimisasi	9
2.2.1. Definisi Optimisasi	9

2.2.2. Pengertian Nilai Optimal	9
2.2.3. Macam-Macam Persoalan Optimisasi	9
2.2.4. Pencarian Jalur Terpendek	10
2.3. <i>Traveling Salesman Problem</i> (TSP)	11
2.4. Algoritma	11
2.5. Algoritma Semut	11
2.5.1. Sejarah Algoritma Semut	12
2.5.2. Definisi Algoritma Semut	12
2.5.3. Penelitian Yang Telah Dilakukan	14
2.6. Efektivitas	15
2.7. PO. Efisiensi	16

BAB III PEMBAHASAN

3.1. Algoritma Semut	17
3.1.1. Cara Kerja Algoritma Semut Mencari Jalur Optimal	17
3.1.2. Langkah-Langkah Algoritma Semut	19
3.2. Diagram Alir Kinerja Algoritma Semut dan Kerangka Konseptual	24
3.2.1. Diagram Alir Algoritma Semut	24
3.2.2. Kerangka Konseptual Penelitian	25
3.3. Pengambilan Data Penelitian	26
3.3.1. Populasi	27
3.3.2. Ukuran Sampel	28
3.4. Pengujian Data Penelitian	29
3.4.1. Penentuan Jalur Efektif	30
3.4.2. Penentuan Jalur <i>Shuttle Bus</i> Tujuan Pusat Kota.....	34
3.4.3. Penentuan Jalur <i>Shuttle Bus</i> Tujuan Bandara Adi Suciwo	43

BAB IV PENUTUP

A. Kesimpulan	51
B. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1	Pilihan Lokasi
Tabel 3. 2	Kapasitas Penumpang
Tabel 3. 3	Lokasi Terpilih
Tabel 3. 4	Penentuan Simpul.....
Tabel 3. 5	Simbol Simpul
Tabel 3. 6	Simpul Tujuan Pusat Kota.....
Tabel 3. 7	Simpul Tujuan Bandara Adi Suciwo
Tabel 3. 8	Jarak antar Simpul
Tabel 3. 9	Perjalanan Semut
Tabel 3. 10	Perubahan Intensitas Jejak Semut
Tabel 3. 11	Intensitas Jejak Semut Awal
Tabel 3. 12	Intensitas Jejak Semut
Tabel 3. 13	Visibilitas Antar Simpul Pusat Kota
Tabel 3. 14	Probabilitas Antar Simpul Pusat Kota
Tabel 3. 15	Hasil Penentuan Jalur Semut.....
Tabel 3. 16	Jarak Antar Simpul
Tabel 3. 17	Perjalanan Semut
Tabel 3. 18	Perubahan Intensitas Jejak Semut
Tabel 3. 19	Intensitas Jejak Semut Awal
Tabel 3. 20	Intensitas Jejak Semut
Tabel 3. 21	Visibilitas Antar Simpul Bandara.....
Tabel 3. 22	Probabilitas Antar Simpul Bandara
Tabel 3. 23	Hasil Penentuan Jalur Semut.....

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1	Contoh Graf G
Gambar 2. 2	Perjalanan Semut Menemukan Sumber Makanan
Gambar 3. 1	Jalur Awal Semut Menuju Sumber Makanan
Gambar 3. 2	Jalur Optimal Semut Menuju Tempat Makanan
Gambar 3. 3	Diagram Alir Algoritma Semut
Gambar 3. 4	Kerangka Konseptual Penelitian
Gambar 3. 5	Graf Pusat Kota
Gambar 3. 6	Graf Bandara
Gambar 3. 7	Graf Jalur Efektif Tujuan Pusat Kota
Gambar 3. 8	Jalur Simpul A Menuju Simpul E
Gambar 3. 9	Jalur Simpul E Menuju Simpul A
Gambar 3. 10	Graf Jalur Efektif Bandara Adi Sucipto.....
Gambar 3. 11	Jalur Simpul A Menuju Simpul I
Gambar 3. 12	Jalur Simpul I Menuju Simpul A

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Kuisisioner	56

DAFTAR SIMBOL

- a. k = koloni semut
- b. i = lokasi awal
- c. j = lokasi tujuan
- d. n = banyak lokasi
- e. τ_{ij} = intensitas jejak semut antar tempat dan perubahannya
- f. $\Delta\tau_{ij}$ = perubahan harga intensitas jejak semut
- g. Q = tetapan siklus semut
- h. = tetapan pengendali intensitas jejak semut
- i. β = tetapan pengendali visibilitas
- j. η_{ij} = visibilitas antar tempat
- k. m = banyak semut
- l. ρ = tetapan penguapan jejak semut
- m. Nc_{max} = banyak siklus maksimum
- n. L_k = panjang jalur
- o. \longrightarrow = menuju ke-

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan dan pertumbuhan suatu kota pada umumnya disertai dengan pertumbuhan jumlah penduduknya. Pesatnya pertumbuhan penduduk ini pada akhirnya akan menyebabkan peningkatan aktivitas penduduk yang kemudian akan menimbulkan mobilitas yang semakin tinggi. Mobilitas penduduk tersebut membutuhkan sarana dan prasarana yang memadai. Sarana dan prasarana ini berupa penyediaan jalan dan sarana perangkutan bagi masyarakat. Perkembangan sistem transportasi di kota-kota besar di Indonesia semakin meningkat dan modern, dimulai dengan perkembangan ruas-ruas jalan seperti pembangunan jalan tol yang bebas hambatan, kemudian pendirian jembatan-jembatan layang dan yang paling utama ialah adanya alat angkutan yang dapat menampung dan membawa seseorang ke berbagai tujuan dari satu tempat ke tempat lainnya. Munculnya jenis-jenis kendaraan baru khususnya kendaraan pribadi, menyebabkan pengguna jalan raya semakin meningkat.

Kebutuhan transportasi merupakan kebutuhan yang sangat penting, guna melancarkan aktivitas manusia sehari-hari, aktivitas ekonomi, sosial, dan sebagainya. Dalam kerangka makro-ekonomi, transportasi merupakan tulang punggung perekonomian nasional, regional, dan

lokal, baik di perkotaan maupun di pedesaan. Harus diingat bahwa sistem transportasi memiliki sifat sistem jaringan di mana kinerja pelayanan transportasi sangat dipengaruhi oleh integrasi dan keterpaduan jaringan.

Salah satu faktor pengaruh kinerja transportasi yaitu jalur, dalam hal ini pemilihan jalur perjalanan merupakan hal terpenting. Jalur yang efektif adalah jalur perjalanan dengan jarak tempuh terpendek dan waktu tempuh yang tidak lama. Jalur yang tidak efektif akan sangat merugikan bagi yang melakukan perjalanan, di antaranya kerugian dari segi waktu dan ekonomi. Oleh karena itu diperlukan ilmu pengetahuan yang dapat membantu dalam pemilihan jalur yang efektif yaitu matematika.

Banyak orang memandang matematika sebagai ilmu yang kering, abstrak, teoritis, penuh dengan lambang-lambang dan rumus-rumus yang rumit dan membingungkan. Mereka mungkin memiliki pengalaman yang kurang menyenangkan saat belajar matematika di sekolah, akibatnya mereka tidak menyukai matematika. Bagi mereka matematika merupakan ilmu yang tidak banyak hubungannya kecuali menghitung hal-hal praktis dalam kehidupan sehari-hari (Sumaji, 1998).

Teori graf merupakan salah satu cabang matematika yang penting dan banyak manfaatnya. Teori-teori di dalamnya dapat mempresentasikan suatu masalah kehidupan sehari-hari dalam bentuk graf. Dengan mengkaji dan menganalisa rumusan teori graf dapat

diperlihatkan peranan dan kegunaannya dalam memecahkan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari.

Di kota Yogyakarta ini terdapat salah satu perusahaan bus yang cukup terkenal yaitu Perusahaan Otobus (P.O) Efisiensi. Pada tahun 2002 Efisiensi memulai karir pertamanya di Yogyakarta dengan trayek Yogyakarta-Cilacap dan pada tahun 2008 mulai dibuka trayek Yogyakarta-Purwokerto. Lokasi kantor cabang P.O Efisiensi Yogyakarta berada di Ambarketawang.

Demi menciptakan pelayanan terbaik pada konsumen, P.O Efisiensi juga menyediakan agen-agen tempat pembelian tiket yang tersebar di beberapa wilayah kota Yogyakarta dan fasilitas jasa antar gratis dengan *shuttle bus*. *Shuttle bus* bertugas mengantar penumpang dari Ambarketawang ke tujuan penurunan penumpang yang sesuai dengan dua jalur tujuan *shuttle bus*, yaitu Bandara Adi Suciwo dan Pusat Kota, setelah mengantarkan ketempat tujuan, *shuttle bus* kembali ke Ambarketawang.

Jalur *shuttle bus* yang ada saat ini untuk tujuan Bandara Adi Suciwo mulai dari Ambarketawang melewati Ring Road Barat, Ring Road Utara (Terminal Jombor, Kaliurang, Condong Catur), Ring Road Timur, Bandara Adi Suciwo dan kembali ke Ambarketawang. Sedangkan jalur *shuttle bus* untuk tujuan Pusat Kota mulai dari Ambarketawang melewati Ring Road Barat, Godean, Wirobrajan, Malioboro, Kota Baru, Bundaran UGM dan kembali ke

Ambarketawang. Namun berdasarkan pengamatan pada penumpang *shuttle bus*, banyak penumpang yang masih harus menggunakan angkutan lain atau mencari kendaraan lain untuk sampai ke tujuan akhir mereka. Dengan kata lain jalur yang dilalui oleh *shuttle bus* belum menjangkau lokasi-lokasi yang sering dikunjungi penumpang.

Oleh karena itu dalam skripsi ini peneliti bermaksud ingin menguji keefektivan jalur *shuttle bus*. Jika belum efektif, peneliti akan mencoba menentukan jalur yang lebih efektif untuk jalur *shuttle bus* tersebut dengan mencari informasi lokasi yang paling sering menjadi tujuan akhir dari penumpang melalui penyebaran kuisioner. Dari data yang diperoleh, lokasi-lokasi beserta jalan penghubung akan dimodelkan dalam graf. Adapun lokasi sebagai simpul dan jalur penghubung sebagai rusuk. Penelitian ini menggunakan Algoritma Semut untuk mencari jalur efektif yang menghubungkan lokasi-lokasi tersebut.

Algoritma semut diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut (Dorigo, 1966). Secara alamiah koloni mampu menemukan jalur terpendek atau jalur yang efektif untuk perjalanan dari sarang menuju sumber makanan. Berdasarkan prinsip inilah peneliti menggunakan Algoritma Semut untuk menentukan jalur efektif *shuttle bus*.

B. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini hanya difokuskan pada jalur *shuttle bus* P.O Efisiensi Yogyakarta. Lokasi *start* dan akhir *shuttle bus* adalah Ambarketawang.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana keefektivan jalur *shuttle bus* P.O Efisiensi Yogyakarta saat ini?
2. Bagaimana menentukan jalur *shuttle bus* P.O Efisiensi Yogyakarta yang lebih efektif menggunakan Algoritma Semut?

D. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui keefektivan jalur *shuttle bus* P.O Efisiensi Yogyakarta saat ini.
2. Menentukan jalur *shuttle bus* P.O Efisiensi Yogyakarta yang lebih efektif menggunakan Algoritma Semut.

E. Manfaat

Penulisan skripsi ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain :

1. Bagi mahasiswa, dapat menganalisa permasalahan menggunakan Algoritma Semut.
2. Bagi jurusan, dapat memberikan tulisan yang bermanfaat tentang Algoritma Semut.
3. Bagi pembaca, dapat memberikan bacaan yang bermanfaat tentang Algoritma Semut.

BAB II

KAJIAN TEORI

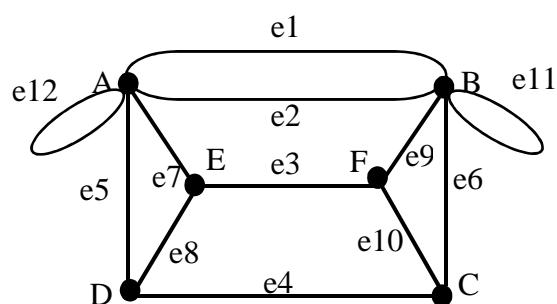
2.1 Teori Graf

Teori Graf pertama kali dikenalkan pada tahun 1736 oleh matematikawan terkenal dari Swiss yang bernama Euler. Teori graf merupakan pokok bahasan yang banyak penerapannya pada masa kini. Pemakaian teori graf telah banyak dirasakan dalam berbagai ilmu, antara lain : optimisasi jaringan, ekonomi, psikologi, genetika, riset operasi, dan lain-lain.

2.1.1 Definisi Graf

Definisi 2.1 (Wilson, R. J dan Watkhins, J. J, 1990).

Suatu graf G terdiri atas himpunan yang tidak kosong dari simpul (*vertex*), dan suatu himpunan rusuk (*edges*) yang menghubungkan pasangan simpul. Himpunan simpul dari suatu graf G dinotasikan dengan V , dan himpunan rusuk dari graf G tersebut dinotasikan dengan E . Untuk selanjutnya suatu graf G dapat dinotasikan dengan $G = (V, E)$. Gambar 2.1 menunjukkan graf G dengan $V = \{A, B, C, D, E, F\}$ dan $E = \{e1, e2, e3, \dots, e10\}$.



Gambar 2.1 Contoh Graf G

Definisi 2.2 (Wilson, R. J dan Watkhins, J. J, 1990).

Dua rusuk atau lebih yang menghubungkan pasangan simpul yang sama disebut rusuk ganda, contoh pada gambar 2.1 rusuk e1 dan e2 menghubungkan pasangan simpul A dan B. Sebuah rusuk yang menghubungkan sebuah simpul ke dirinya sendiri disebut loop. Contoh pada gambar 2.1 pada rusuk e11 yang hadir di simpul B dan rusuk e12 yang hadir di simpul A.

2.1.2 Perjalanan (Walk)

Definisi 2.4 (Wilson, R. J dan Watkhins, J. J, 1990)

Walk adalah Perjalanan dari suatu simpul menuju simpul lainnya yang dihubungkan dengan rusuk. Panjang suatu *walk* dihitung berdasarkan banyak rusuk yang dilewati dalam *walk* tersebut, contoh pada gambar 2.1 suatu *walk* ABCDEF.

2.1.3 Jejak (Trail) dan Lintasan (Path)

Definisi 2.5 (Wilson, R. J dan Watkhins, J. J, 1990)

Trail adalah suatu *walk* yang melewati rusuk berbeda, contoh pada gambar 2.1 *trail* AEFCDE. *Path* adalah suatu *walk* yang melewati rusuk dan simpul yang berbeda, contoh pada gambar 2.1 *path* AEFCD.

2.1.4 Sikel (Cycle)

Definisi 2.6 (Wilson, R. J dan Watkhins, J. J, 1990)

Cycle adalah suatu *walk* dengan melewati rusuk dan simpul yang berbeda kecuali pada simpul awal dan akhir yang merupakan simpul yang sama, contoh pada gambar 2.1 *cycle* ABFEA. *Cycle* Hamilton adalah *cycle* yang memuat semua

simpul yang hadir pada graf G, contoh pada gambar 2.1 *cycle hamilton* ABCFEDA.

2.2 Optimasi

2.2.1 Definisi Optimasi (Wardi I.S, 2002)

Optimasi adalah proses pencapaian hasil yang optimal. Dalam matematika, optimasi merujuk pada studi permasalahan yang mencoba untuk mencari nilai minimal atau maksimal dari suatu fungsi nyata. Untuk dapat mencapai nilai optimal, baik minimal atau maksimal tersebut, secara sistematis dilakukan pemilihan nilai variabel integer atau nyata yang akan memberikan solusi optimal.

2.2.2 Pengertian Nilai Optimal (Wardi I.S, 2002)

Nilai optimal adalah nilai yang diperoleh melalui suatu proses dan dianggap sebagai solusi jawaban yang paling baik dari semua solusi yang ada. Nilai optimal dapat dicari dengan dua cara, yaitu:

1. Mencoba semua kemungkinan yang ada dengan mencatat nilai yang didapat. Namun cara ini kurang efektif karena optimasi akan berjalan secara lambat.
2. Menggunakan suatu rumus sehingga nilai optimal dapat diperkirakan dengan cepat dan tepat.

2.2.3 Macam-Macam Persoalan Optimasi

Persoalan yang berkaitan dengan optimasi sangat kompleks dalam kehidupan sehari-hari. Nilai optimal yang didapat dalam optimisasi dapat berupa besaran panjang, waktu, jarak, dan lain-lain. Beberapa persoalan yang

memerlukan optimasi, antara lain: menentukan lintasan terpendek dari suatu tempat ke tempat lain, menentukan banyak pekerja seminimal mungkin untuk melakukan suatu proses produksi agar pengeluaran biaya pekerja dapat diminimalkan dan hasil produksi tetap maksimal.

2.2.4 Pencarian Jalur terpendek

Pencarian jalur terpendek dapat dilakukan menggunakan dengan dua metode, yaitu metode konvensional dan metode heuristik. Metode konvensional diterapkan dengan cara perhitungan matematis, sedangkan metode heuristik diterapkan dengan perhitungan kecerdasan buatan dengan menentukan basis pengetahuan dan perhitungannya.

a. Metode heuristik

Metode heuristik adalah sub bidang dari kecerdasan buatan yang digunakan untuk pencarian dan penentuan jalur terpendek. Ada beberapa algoritma pada metode heuristik yang biasa digunakan dalam pencarian jalur terpendek. Salah satunya adalah Algoritma Semut. Metode yang tepat dalam permasalahan penelitian ini adalah metode heuristik.

b. Metode konvensional

Metode konvensional berupa algoritma yang menggunakan perhitungan matematis biasa. Ada beberapa metode konvensional yang biasa digunakan untuk melakukan pencarian jalur terpendek, diantaranya Djikstra, Floyd - Warshall, dan algoritma Bellman-Ford.

2.3 Traveling Salesman Problem (TSP)

Traveling salesman problem (TSP) adalah suatu permasalahan untuk mendapatkan rute terpendek yang harus dilalui seorang sales yang harus melewati semua kota (n) dengan setiap kota harus dilalui satu kali sampai dia kembali ke kota asalnya (Achmad Basuki, 2005). *Travelling salesman problem* atau yang dikenal dengan TSP memerlukan data berupa jarak, waktu, ataupun biaya, disesuaikan dengan kebutuhan. TSP melakukan suatu perjalanan dengan melewati tempat atau kota tepat satu kali. Dalam penentuan jalur yang paling optimum dengan menggunakan TSP harus memiliki sebanyak lokasi atau titik dan juga dari satu titik menuju titik lainnya juga harus terhubung. Dalam melakukan suatu perjalanan TSP perjalanan dilakukan berawal dari titik pertama menuju titik terakhir. Perjalanan tersebut harus membentuk sikel (Cahyono, 2012).

2.4 Algoritma

Apa yang dimaksud dengan algoritma, algoritma berarti solusi. Ketika orang berbicara mengenai algoritma di bidang matematika, maka yang dimaksud adalah solusi dari suatu masalah yang harus dipecahkan dengan menggunakan perhitungan matematika. Algoritma harus dibuat secara runut agar dapat dimengerti dan diterapkan. Analisis kasus sangat dibutuhkan dalam membuat sebuah algoritma, misalnya proses apa saja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah yang akan diselesaikan (Sukamto, 2010).

2.5 Algoritma Semut

2.5.1 Sejarah Algoritma Semut

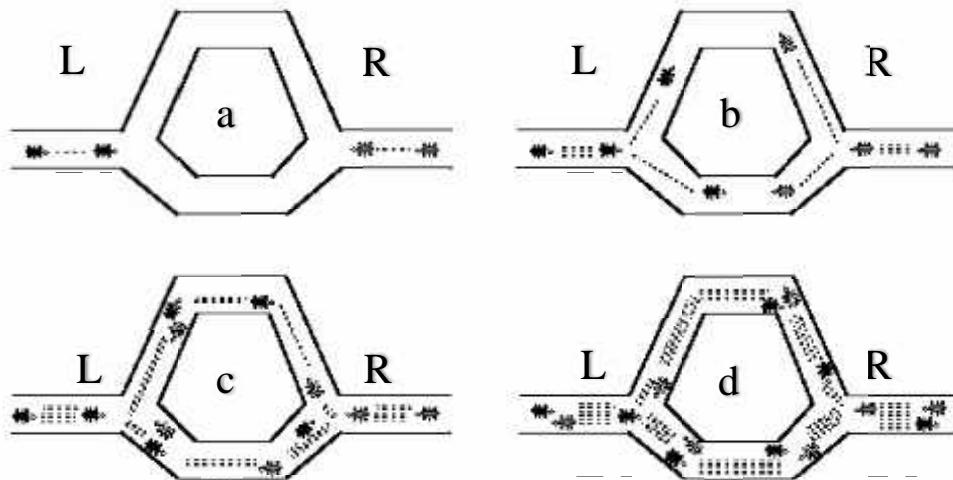
Pada tahun 1996, dunia ilmu pengetahuan pun ikut belajar dari semut dengan diperkenalkannya algoritma semut, atau *Ant Colony Optimization*, sebagai sebuah simulasi multi agen yang menggunakan metafora alami semut untuk menyelesaikan *problem* ruang fisik. Algoritma semut diperkenalkan oleh **Moyson** dan **Manderick** dan secara meluas dikembangkan oleh **Marco Dorigo**. Algoritma ini menggunakan teknik probabilistik untuk menyelesaikan masalah komputasi dengan menemukan jalur terbaik. Algoritma ini diambil dengan analogi oleh perilaku semut dalam menemukan jalur dari koloninya menuju makanan.

2.5.2 Definisi Algoritma Semut

Algoritma semut diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut. Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan.

Koloni semut dapat menemukan jalur terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilewati. Semakin banyak semut yang melewati suatu lintasan maka semakin jelas bekas jejak kakinya. Hal ini menyebabkan lintasan yang dilalui semut dalam jumlah sedikit semakin lama semakin berkurang kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan akan tidak dilewati sama sekali. Sebaliknya lintasan yang dilalui semut dalam jumlah banyak

semakin lama akan semakin bertambah kepadatan semut yang melewatinya atau bahkan semua semut melewati lintasan tersebut.



Gambar 2.2 Perjalanan Semut Menemukan Sumber Makanan

Gambar (2.2) a menunjukkan perjalanan semut dalam menemukan jalur terpendek dari sarang ke sumber makanan. Terdapat dua kelompok semut yang melakukan perjalanan. Kelompok semut L berangkat dari arah kiri ke kanan dan kelompok semut R berangkat dari kanan ke kiri. Kedua kelompok berangkat dari titik yang sama dan dalam posisi pengambilan keputusan jalan sebelah mana yang akan diambil. Kelompok L membagi dua kelompok lagi. Sebagian melewati jalan atas dan sebagian melewati jalan bawah. Hal ini juga berlaku pada kelompok R.

Gambar (2.2) b dan c menunjukkan bahwa kelompok semut berjalan pada kecepatan yang sama dengan meninggalkan *feromon* atau jejak kaki di jalan yang telah dilalui. *Feromon* yang ditinggalkan oleh kumpulan semut yang melewati jalan atas telah mengalami banyak penguapan karena semut yang melewati jalan atas berjumlah lebih sedikit dibandingkan jalan yang di bawah. Hal ini disebabkan jarak yang ditempuh lebih panjang dibandingkan jalan bawah. Sedangkan *feromon* yang berada pada bagian bawah penguapannya cenderung lebih lama.

Karena semut yang melewati jalan bawah lebih banyak daripada semut yang melewati jalan atas.

Jalur yang banyak dilewati oleh semut, maka akan semakin banyak pula jejak *feromon* yang ditinggalkan, sebaliknya jalur yang paling sedikit dilewati oleh semut, maka akan sedikit pula *feromon* yang ditinggalkan bahkan akan menguap dan menghilang. Semut-semut akan memilih melewati jalur yang banyak jejak *feromon*. Gambar (2.2) d menunjukkan bahwa semut-semut yang lain pada akhirnya memutuskan untuk melewati jalan bawah karena *feromon* yang ditinggalkan masih banyak, sedangkan *feromon* pada jalan atas sudah banyak menguap sehingga semut-semut yang melewati jalur atas semakin berkurang jumlahnya. Dari sinilah kemudian terpilihlah jalur terpendek antara sarang dan sumber makanan.

2.5.3 Penelitian Yang Telah Dilakukan

Berikut penelitian yang telah dilakukan tentang Algoritma Semut:

1. Ebtanto Heru Cahyono, Universitas Negeri Yogyakarta dengan judul skripsi “Algoritma Semut Dan Penerapannya Dalam Penentuan Jalur Trans Jogja”.
2. Eka Minda Putra, Universitas Diponegoro dengan judul skripsi “Penggunaan Algoritma *Ant Colony System* Dalam *Traveling Salesman Problem* (TSP) PT. Eka Jaya Motor”.
3. Ibnu Sina Wardi. Institut Teknologi Bandung dengan judul skripsi “Penggunaan Graf dalam Algoritma Semut untuk Melakukan Optimasi”.

2.6 Efektivitas

Kata efektif berasal dari bahasa Inggris yaitu *effective* yang berarti berhasil atau sesuatu yang dilakukan berhasil dengan baik. Orientasi dalam penelitian tentang efektivitas, sebagian besar dan sedikit banyak pada akhirnya bertumpu pada pencapaian tujuan (Richard M Steers, 1985). Efektivitas adalah kemampuan untuk memilih tujuan yang tepat atau peralatan yang tepat untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan (Handoko, 2003). Jelaslah bahwa bila tujuan telah tercapai sesuai dengan yang ditetapkan, hal ini dikatakan efektif. Jadi apabila tujuan tidak sesuai dengan yang ditetapkan, maka pekerjaan itu dikatakan tidak efektif.

Kriteria yang dapat digunakan untuk mengukur efektivitas yaitu faktor waktu, dan jarak (Sondang P. Siagian, 1997). Faktor waktu disini maksudnya ketepatan waktu pelayanan yang diberikan oleh *shuttle bus*. Faktor selanjutnya yaitu jarak, faktor ini dapat dijadikan ukuran untuk menilai tingkat efektivitas dalam menentukan rute, agar tidak ada rute yang menghambat pelayanan *shuttle bus*.

Pelayanan adalah kunci keberhasilan dalam berbagai usaha atau kegiatan yang bersifat jasa. Jadi dalam memberikan pelayanan kepada konsumen harus seefektif mungkin, agar tercapainya kepuasan konsumen dengan pelayanan yang diberikan (Moenir, 2001).

2.7 P.O Efisiensi

P.O Efisiensi merupakan salah satu perusahaan bus yang cukup terkenal bagi masyarakat. Bus patas yang memulai kariernya di tahun 2002 ini langsung menjadi idola pengguna jasa transportasi yang menghubungkan wilayah Yogyakarta-Cilacap. Melihat animo masyarakat yang begitu tinggi terhadap jasa transportasi ini, P.O Efisiensi tidak membuang-buang peluang sehingga akhirnya membuka trayek Yogyakarta-Purwokerto pada tahun 2008. P.O Efisiensi menyediakan fasilitas gratis *shuttle bus*, yang bertugas mengantar penumpang dari Ambarketawang ke tujuan penurunan penumpang yang sesuai dengan dua jalur tujuan *shuttle bus*, yaitu Bandara Adi Suciwo dan Pusat Kota. Setelah mengantarkan sampai tujuan masing-masing, *shuttle bus* kembali ke Ambarketawang. Lokasi agen-agen P.O Efisiensi berada di Terminal Jombor, Ringroad Utara (Kaliurang, Kentrungan), Ringroad Utara (Condong Catur).

Adapun jalan yang dilalui jalur *shuttle bus* dengan tujuan Bandara Adi Suciwo yaitu:

Jl. Wates, Jl. Ringroad Barat, Jl. Ringroad Utara, Jl. Ringroad Timur, Jl. Yogyakarta-Solo dan kembali ke Jl. Wates.

Sedangkan jalan yang dilalui jalur *shuttle bus* dengan tujuan Pusat Kota yaitu:

Jl. Wates, Jl. RE Martadinata, Jl. Letjen Suprapto, Jl. Pasar Kembang, Jl. Yos Sudarso, Jl. Suroto, Jl. Cik di tiro, dan kembali ke Jl. Wates.

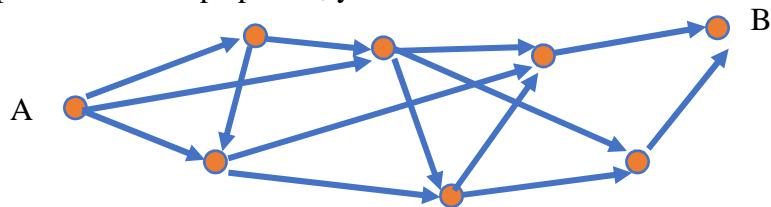
BAB III

PEMBAHASAN

3.1. Algoritma Semut

3.1.1 Cara Kerja Algoritma Semut Mencari Jalur Optimal

Semut mampu mengindera lingkungannya yang kompleks untuk mencari makanan dan kemudian kembali ke sarangnya dengan meninggalkan zat *pheromon* pada jalur-jalur yang mereka lalui. *Pheromon* adalah zat kimia yang berasal dari kelenjar endokrin dan digunakan oleh makhluk hidup untuk mengenali sesama jenis, individu lain, dan untuk membantu proses reproduksi. Berbeda dengan hormon, *pheromon* menyebar ke luar tubuh dapat mempengaruhi dan dikenali oleh individu lain yang sejenis (satu spesies). Proses peninggalan *pheromon* ini dikenal sebagai *stigmergy*, sebuah proses memodifikasi lingkungan yang tidak hanya bertujuan untuk mengingat jalan pulang ke sarang, tetapi juga memungkinkan para semut berkomunikasi dengan koloninya. Seiring waktu, bagaimanapun juga jejak *pheromon* akan menguap dan akan mengurangi kekuatan daya tariknya. Lebih lama seekor semut pulang pergi melalui jalur tersebut, lebih lama juga *pheromon* menguap. Agar semut mendapatkan jalur optimal, diperlukan beberapa proses, yaitu:



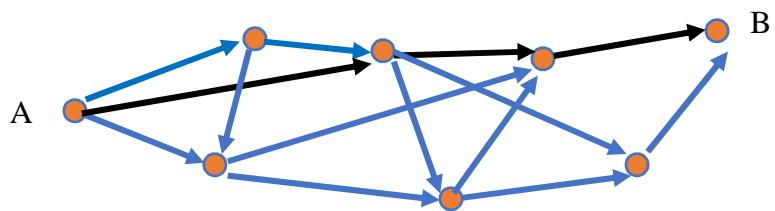
Gambar 3.1. Jalur Awal Semut Menuju Tempat Makanan

Keterangan Gambar 3.1:

A : Tempat awal koloni semut (sarang)

B : Tujuan koloni semut (makanan)

1. Pada awalnya, semut berkeliling secara acak hingga menemukan makanan seperti terlihat pada Gambar 3.1.
2. Ketika menemukan makanan mereka kembali ke koloninya sambil memberikan tanda dengan jejak *pheromon*.
3. Jika semut-semut lain menemukan jalur tersebut, mereka tidak akan bepergian dengan acak lagi, melainkan akan mengikuti jejak tersebut.
4. Kembali dan menguatkannya jika pada akhirnya mereka pun menemukan makanan.
5. Pada akhirnya semua semut yang tadinya menempuh jalur yang berbeda - beda akan beralih ke sebuah jalur tunggal yang ternyata paling optimal dari sarang menuju ke tempat makanan, contoh pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Jalur Optimal Semut Menuju Tempat Makanan

Keterangan Gambar 3.2:

A : Tempat awal koloni (sarang)

B : Tujuan koloni semut (makanan)

Jalur Biru : Jalur awal

Jalur Hitam : Jalur optimal (Jalur yang dilewati semut setelah beberapa iterasi)

Seluruh proses ini menunjukkan berlangsungnya optimasi alami kaum semut yang bisa kita tiru dalam kehidupan sehari-hari.

3.1.2 Langkah-langkah Algoritma Semut

Langkah-langkah Algoritma Semut dikutip berdasarkan penelitian skripsi yang dilakukan oleh Eka Mindaputra, dengan judul “Penggunaan Algoritma Ant Colony System Dalam Traveling Salesman Problem (TSP) Pada PT. Eka Jaya Motor” Universitas Diponegoro Semarang. Adapun permasalahan yang ada yaitu penentuan jalur optimal dengan melewati simpul tepat satu kali terkecuali simpul awal dan akhir sama.

Dalam skripsi ini, peneliti akan mencari jalur efektif *shuttle bus* dengan membagi menjadi 2 kasus yaitu penentuan jalur tujuan Pusat Kota dan Bandara Adi Sucipto

Berikut langkah-langkah Algoritma Semut :

Langkah 1:

Tentukan parameter-parameter yang diperlukan pada Algoritma Semut adalah sebagai berikut:

a. Intensitas jejak *Pheromon* semut antar simpul (τ_{ij}) dan perubahannya

$$\Delta\tau_{ij}$$

Penetapan nilai *pheromone* awal dimaksudkan agar tiap-tiap ruas memiliki nilai ketertarikan untuk dikunjungi oleh tiap-tiap semut. τ_{ij} harus diinisialisasikan sebelum memulai siklus. τ_{ij} digunakan dalam

persamaan probabilitas tempat yang akan dikunjungi. Nilai dari semua *pheromon* pada awal perhitungan ditetapkan dengan angka kecil yaitu 0

τ_{ij} 1. τ_{ij} adalah perubahan harga intensitas jejak semut.

$\Delta\tau_{ij}$ diinisialisasikan setelah selesai satu siklus. τ_{ij} memperbarui intensitas jejak semut dan digunakan untuk menentukan τ_{ij} untuk siklus selanjutnya.

b. Tetapan siklus semut (Q)

Q merupakan konstanta yang digunakan dalam persamaan untuk menentukan τ_{ij} dengan nilai $Q \geq 0$.

c. Tetapan pengendali intensitas jejak semut ()

digunakan dalam persamaan probabilitas simpul yang akan dikunjungi dan berfungsi sebagai pengendali intensitas jejak semut. Untuk nilai parameter sebaiknya diberi nilai 0 1, hal ini dimaksudkan untuk menghindari akumulasi *pheromone* yang tidak terbatas pada sisi tersebut. Karena banyak *pheromone* yang ditinggalkan tidak mungkin bertambah kuat tetapi akan bertambah kurang.

d. Tetapan pengendali visibilitas ()

digunakan dalam persamaan probabilitas simpul yang akan dikunjungi dan berfungsi sebagai pengendali visibilitas dengan nilai 0, hal ini dimaksudkan untuk menghindari akumulasi yang tidak terbatas pada perhitungan visibilitas.

e. Banyak semut (m).

m merupakan banyak semut yang akan melakukan siklus dalam Algoritma Semut. Nilai m ditentukan oleh pengguna.

f. Tetapan penguapan jejak semut (ρ)

digunakan untuk memperbarui intensitas jejak *pheromon* semut (τ_{ij}) untuk siklus selanjutnya. Dalam memperbarui *pheromon* dibutuhkan suatu parameter (ρ) yang memiliki nilai 0 \leq 1.

g. Banyak siklus maksimum (NC_{max})

Banyak siklus ditentukan berdasarkan NC_{max} . digunakan untuk memperbarui intensitas jejak *pheromon* semut (τ_{ij}) untuk siklus selanjutnya. Dalam memperbarui *pheromon* dibutuhkan suatu parameter (ρ) yang memiliki nilai 0 \leq 1.

Langkah 2: Mencari jarak antar simpul

Pencarian jarak antar simpul sangat diperlukan dalam perhitungan Algoritma Semut.

Langkah 3: Menentukan rute kunjungan

Rute kunjungan dilakukan oleh koloni semut dimulai dari simpul awal menuju semua simpul lainnya kemudian kembali ke simpul awal keberangkatan.

Langkah 4: Menghitung visibilitas antar simpul (η_{ij})

Visibilitas antar simpul (η_{ij}) digunakan dalam persamaan probabilitas simpul yang akan dikunjungi. Sebelum memasuki perhitungan probabilitas dalam perhitungan algoritma semut maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan awal

untuk menghitung visibilitas antar simpul. Visibilitas antar simpul ini bergantung pada jarak antar titik. Nilai η_{ij} diperoleh dari persamaan :

dengan :

d = jarak

i = simul awal

j = simpul tujuan

Langkah 5: Penempatan semut secara acak ke semua simpul yang tersedia

Langkah 6: Penempatan semut secara acak ke semua simbol yang tersedia

Langkah 7: Menghitung nilai probabilitas P_{ij}^k

Perhitungan probabilitas tujuannya untuk menentukan simpul yang akan menjadi tujuan perjalanan semut. Nilai probabilitas tertinggi dari suatu simpul akan menjadi simpul tujuan selanjutnya. Probabilitas dihitung berdasarkan persamaan :

$$P_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l=1}^n [\tau_{lk'}]^\alpha \cdot [\eta_{lk'}]^\beta} \quad \text{untuk } j \in \{N - \text{tabu list}\} \text{ dan } k' \in \{N - \text{tabu list}\}$$

.....(3.2)

dengan i sebagai simpul awal, j sebagai simpul tujuan, dan k sebagai koloni semut.

Langkah 8: Penentuan parameter intensitas jejak kaki semut awal (τ_{ij}) dan setelah satu siklus selesai perlu ada perhitungan perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar simpul ($\Delta\tau_{ij}^k$) untuk memulai siklus selanjutnya. Dihitung dengan persamaan :

kaki semut antar simpul ($\Delta\tau_{ij}^k$) untuk memulai siklus selanjutnya. Dihitung dengan persamaan :

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k$$

dengan Δt_{ij}^k adalah perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar simpul setiap semut yang dihitung berdasarkan persamaan:

$$\Delta \tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{Q}{L_k}, & \text{untuk } (i, j) \in \text{simpul asal dan tujuan tabu list} \\ 0, & \text{untuk } (i, j) \text{ lainnya} \end{cases}$$

dengan:

Q = tetapan siklus semut, m = banyak semut

dengan ρ = tetapan penguapan jejak semut

Harga intensitas jejak kaki semut antar simpul untuk siklus selanjutnya akan ada perubahan dikarenakan adanya penguapan dan perbedaan banyak semut yang melewati jalur tersebut.

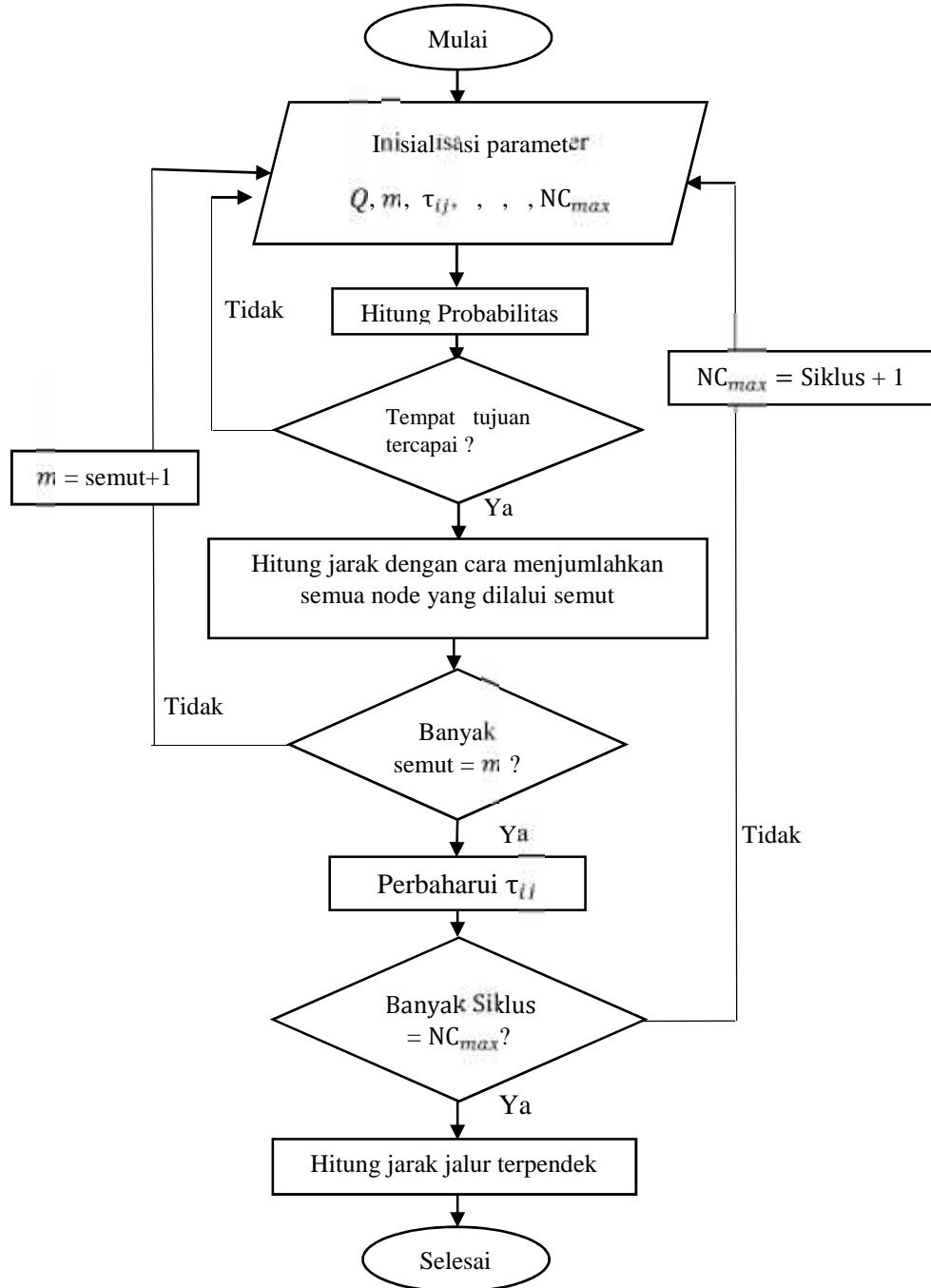
Langkah 9: Perhitungan panjang jalur setiap semut.

Perhitungan panjang jalur (L_k) setiap semut dilakukan setelah satu siklus diselesaikan oleh semua semut, perhitungan L_k didapat dengan persamaan:

dengan : d = jarak n = banyak lokasi s = urutan kunjungan

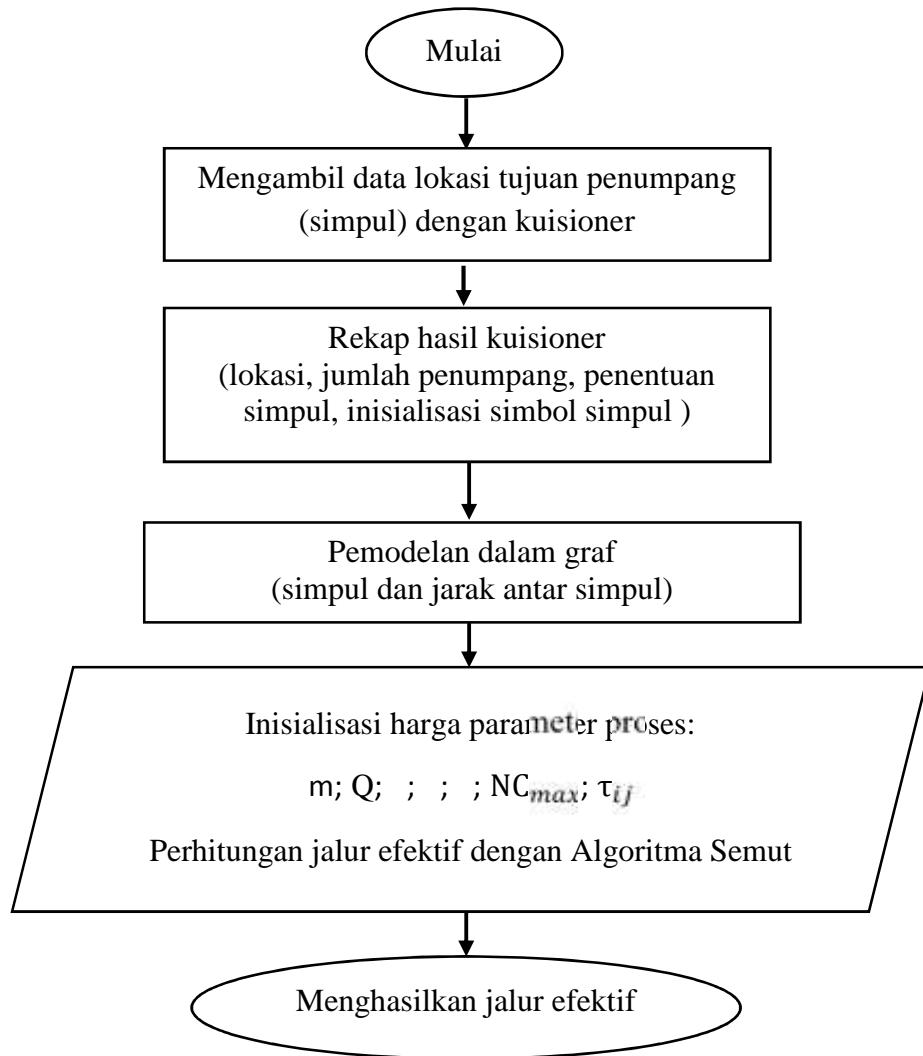
3.2 Diagram Alir Kinerja Algoritma Semut dan Kerangka Konseptual

3.2.1 Diagram Alir Algoritma Semut



Gambar 3. 3. Diagram Alir Algoritma Semut

3.2.2 Kerangka Konseptual Penelitian



Gambar 3. 4. Kerangka Konseptual Penelitian

3.3 Pengambilan Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer. Data tersebut diambil dari kuisioner yang diberikan kepada penumpang *shuttle bus*. Kuisioner disebarluaskan berisi pilihan lokasi yang menjadi tujuan akhir penumpang. Adapun penumpang yang dipilih yaitu penumpang dengan asal keberangkatan Cilacap dan Purwokerto, khususnya penumpang yang akan menggunakan jasa antar *shuttle bus* menuju tujuan akhir yang sesuai jalur *shuttle bus* tersebut.

Lokasi tujuan akhir penumpang yang dicantumkan pada kuisioner adalah kelurahan/desa berdasarkan kecamatan-kecamatan di kota/kabupaten D.I. Yogyakarta. Pilihan lokasi tersebut berdasarkan kriteria berikut:

1. Lokasi yang tidak dilalui bus Efisiensi
2. Lokasi yang terdapat agen-agen P.O Efisiensi Yogyakarta, yaitu di Terminal Jombor, Kentrungan Kaliurang, dan Condong Catur.

Tabel 3.1 Pilihan Lokasi

Kecamatan Gondokusuman	Kecamatan Tegalrejo
Kelurahan/Desa Demangan	Kelurahan/Desa Karangwatu
Kelurahan/Desa Klitren	Kelurahan/Desa Kricak
Kelurahan/Desa Terban	Kelurahan/Desa Bener
Kelurahan/Desa Kotabaru	Kelurahan/Desa Tegalrejo
Kelurahan/Desa Baciro	
Kecamatan Kraton	Kecamatan Jetis
Kelurahan/Desa Panembahan	Kelurahan/Desa Bumijo
Kelurahan/Desa Kadipaten	Kelurahan/Desa Gowongan
Kelurahan/Desa Patehan	Kelurahan/Desa Cokrodingratman
Kecamatan Wirobrajan	Kecamatan Depok
Kelurahan/Desa Patangpuluhan	Kelurahan/Desa Catur Tunggal
Kelurahan/Desa Wirobrajan	Kelurahan/Desa Maguwoharjo
Kelurahan/Desa Pakuncen	Kelurahan/Desa Condong Catur

Kecamatan Gamping		Kecamatan Mlati
Kelurahan/Desa Trihanggo		Kelurahan/Desa Sinduadi
Kelurahan/Desa Banyuraden		Kelurahan/Desa Sendangadi
Kelurahan/Desa Ambarketawang		Kelurahan/Desa Tlogoadi
Kelurahan/Desa Balecatur		Kelurahan/Desa Tirtoadi
Kelurahan/Desa Nogotirto		Kelurahan/Desa Sumberadi
Kecamatan Ngaglik		
Kelurahan/Desa Donoharjo		
Kelurahan/Desa Minomartani		
Kelurahan/Desa Sardonoharjo		
Kelurahan/Desa Sari Harjo		
Kelurahan/Desa Sinduharjo		
Kelurahan/Desa Suko Harjo		

3.3.1 Populasi

Penelitian ini dilakukan di kantor cabang P.O Efisiensi Yogyakarta yang berada di Ambarketawang, penelitian dilakukan pada bulan November. Populasi dari penelitian ini adalah penumpang *shuttle bus* yang baru tiba di Yogyakarta. Dalam hal ini populasi yang diperhitungkan yaitu selama satu bulan. *Shuttle bus* terdiri dari dua jenis kendaraan, yaitu:

Tabel 3.2 Kapasitas Penumpang

No	Mobil	Kapasitas Penumpang
1	Isuzu Elf	20
2	Toyota Hi-Ace	15
	Jumlah	35

Dalam penelitian ini Isuzu Elf dimisalkan mobil A dan Toyota Hi-Ace dimisalkan mobil B. Waktu pelayanan *shuttle bus* mulai pukul 06.00 sampai dengan pukul 23.00. Dimana setiap 30 menit *shuttle bus* berangkat mengantar penumpang. Adapun perhitungan populasi dalam 1 bulan adalah sebagai berikut:

$$Populasi = \frac{Jam\ kerja}{waktu\ keberangkatan} \times \text{kapasitas penumpang} \times 30\ hari$$

$$= \frac{17\ jam}{0,5\ jam} \times 35\ orang \times 30\ hari = 35.700\ penumpang$$

Jadi total populasi penumpang dalam penelitian ini selama satu bulan adalah 35.700 penumpang.

3.3.2 Ukuran Sampel

Penentuan ukuran sampel dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rumus *Slovin* (Sugiyono, 2006: 57). Adapun perhitungannya sebagai berikut:

dimana: n = Ukuran Sampel

N = Ukuran Populasi

e = Taraf Kesalahan sebesar 5% (0,05)

Berdasarkan persamaan (3.5), maka besarnya sampel (n) dalam penelitian ini sebagai berikut :

$$n = \frac{35700}{1 + 35700(0,05)^{\frac{1}{2}}} = 395,6 \cong 396$$

Dari perhitungan di atas, diperoleh besarnya sampel sebanyak 396 penumpang.

3.4 Pengujian Data Penelitian

Tujuan *shuttle bus* saat ini dibagi menjadi 2, yaitu tujuan Bandara Adi Sucipto dengan lokasi tujuan akhir Bandara Adi Sucipto, dan tujuan Pusat Kota dengan lokasi tujuan akhir Bundaran UGM, sedemikian sehingga jalur masing-masing tujuan *shuttle bus* juga berbeda.

Dari data kuisioner, peneliti akan menentukan keefektivan jalur *shuttle bus* tersebut dengan kriteria keefektivan, yaitu jalur menjangkau seluruh lokasi terpilih yang terdapat pada kuisioner. Dari hasil data kuisioner terdapat 15 lokasi terpilih, dengan 10 lokasi terjangkau jalur *shuttle bus*, dan 5 lokasi tidak terjangkau jalur *shuttle bus*, adapun lokasi terpilih yang tidak terjangkau jalur *shuttle bus* yaitu Baciro, Demangan, Kadipaten, Klitren, dan Patangpuluhan. Dengan demikian peneliti menyatakan jalur *shuttle bus* tidak efektif.

Selanjutnya peneliti akan menentukan jalur yang efektif untuk kedua tujuan *shuttle bus*, adapun kriteria keefektivan dalam penentuan jalur yaitu menjangkau seluruh lokasi terpilih yang terdapat pada kuisioner, dan memilih urutan kunjungan lokasi dengan mengutamakan jarak terpendek. Dalam penelitian ini akan dibagi menjadi 2 kasus yang akan diujikan, yaitu menentukan jalur efektif tujuan Bandara Adi Sucipto dan Pusat Kota, dengan lokasi tujuan akhir masing-masing *shuttle bus* akan diketahui setelah didapat jalur terpilih dari hasil perhitungan Algoritma Semut.

Dalam pengujian data ini, lokasi dimisalkan dengan simpul dan *shuttle bus* dimisalkan dengan semut (m)

3.4.1 Penentuan Jalur Efektif

Dari hasil kuisioner diperoleh data lokasi sebagai tempat tujuan akhir sebenarnya dari para penumpang. Berikut hasil rekapitulasi lokasi kelurahan/desa yang terpilih dari kuisioner :

Tabel 3.3. Lokasi Terpilih

No	Lokasi	Penumpang
1	Maguwoharjo	68
2	Catur Tunggal	65
3	Condong Catur	42
4	Demangan	24
5	Klitren	21
6	Terban	21
7	Kotabaru	37
8	Baciro	48
9	Trihanggo	19
10	Wirobrajan	16
11	Kadipaten	5
12	Patang puluhan	4
13	Pakuncen	6
14	Minomartani	13
15	Sinduadi	7
Jumlah		396

Setelah diperoleh 15 lokasi terpilih, ditentukan lokasi pemberhentian (simpul) yang strategis untuk daerah terpilih. Adapun hasilnya seperti terlihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.4 Penentuan Simpul

No.	Lokasi	Tempat Pemberhentian (Simpul)
1	Maguwoharjo	Bandara Adi Suciwo
2	Catur Tunggal, Terban	Bundaran UGM
3	Baciro	UIN Sunan Kalijaga
4	Condong Catur	UPN
5	Kotabaru	Stadion Kridosono
6	Clitren, Demangan	Pasar Demangan
7	Trihanggo	Perempatan Ringroad RS.UGM
8	Wirobrajan, Pakuncen	Perempatan Wirobrajan
9	Patangpuluhan	Patangpuluhan
10	Kadipaten	Kadipaten
11	Minomartani	Perempatan Ringroad Kaliurang
12	Sinduadi	Terminal Jombor
13	Ambarketawang	Ambarketawang

Pada titik simpul yang sudah ditentukan, kemudian diberi simbol untuk memudahkan pemodelan dalam graf, sebagaimana terlihat pada tabel 3.5 :

Tabel 3.5 Simbol Simpul

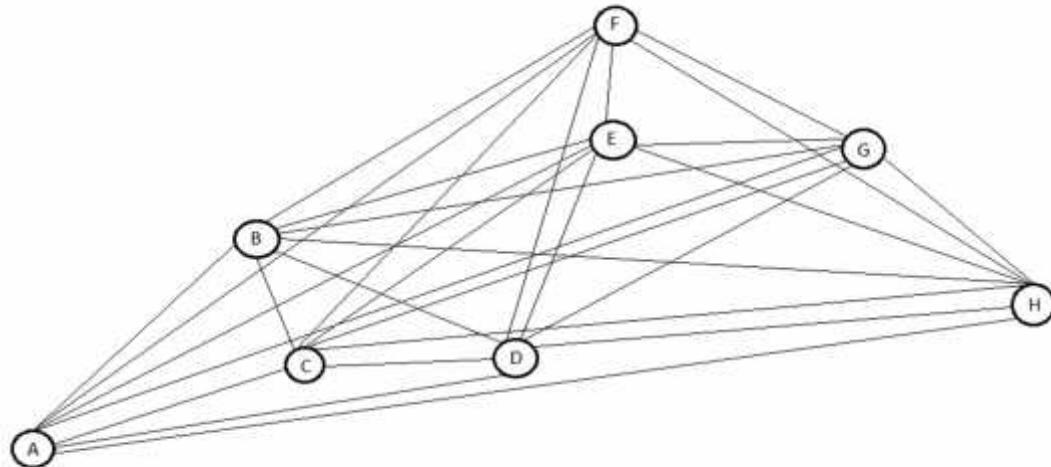
No	Lokasi (simpul)	Simbol Huruf
1	Ambarketawang	A
2	Perempatan Wirobrajan	B
3	Patangpuluhan	C
4	Kadipaten	D
5	Stadion Kridosono	E
6	Bunderan UGM	F
7	Pasar Demangan	G
8	UIN Sunan Kalijaga	H

9	Bandara Adi Sucipto	I
10	Perempatan Ringroad UPN	J
11	Perempatan Ringroad Kaliurang	K
12	Terminal Jombor	L
13	Perempatan Ringroad (RS.UGM)	M

Dari data simpul diatas akan dibagi menjadi 2 kelompok simpul-simpul yang akan dilalui untuk *shuttle bus* Pusat Kota dan Bandara Adi Sucipto.

Tabel 3.6 Simpul Tujuan Pusat Kota

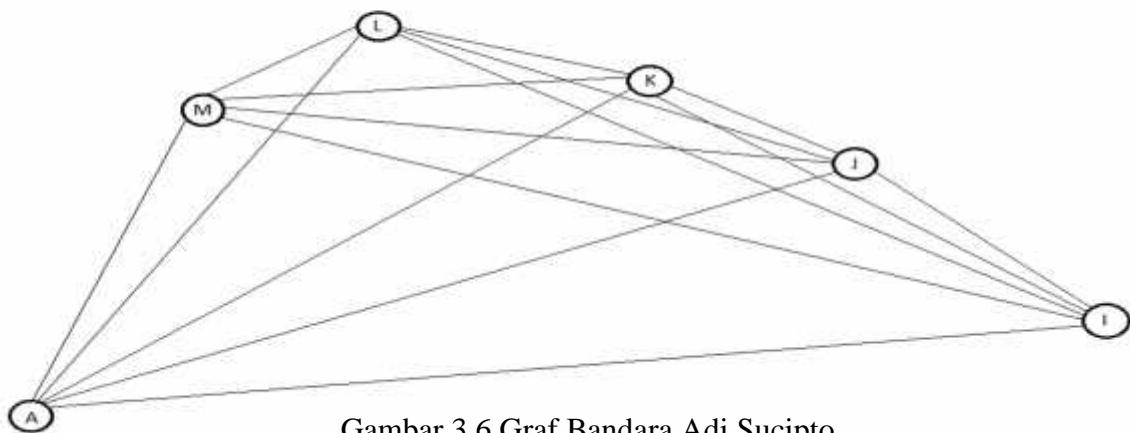
No	Lokasi (simpul)	Simbol Huruf
1	Ambarketawang	A
2	Perempatan Wirobrajan	B
3	Patangpuluhan	C
4	Kadipaten	D
5	Stadion Kridosono	E
6	Bunderan UGM	F
7	Pasar Demangan	G
8	UIN Sunan kalijaga	H



Gambar 3.5 Graf Pusat Kota

Tabel 3.7 Simpul Tujuan Bandara Adi Sucipto

No	Lokasi (simpul)	Simbol Huruf
1	Ambarketawang	A
2	Bandara Adi Sucipto	I
3	Perempatan Ringroad UPN	J
4	Perempatan Ringroad Kaliurang	K
5	Terminal Jombor	L
6	Perempatan Ringroad (RS.UGM)	M



Gambar 3.6 Graf Bandara Adi Sucipto

Dari seluruh data yang diperoleh, peneliti kemudian menerapkan Algoritma Semut untuk mencari jalur efektif tujuan *shuttle bus*. Kedua *shuttle bus* ini *start* dan berakhir pada simpul yang sama yaitu Ambarketawang.

Dalam menentukan nilai parameter-parameter α , β , dan γ . Peneliti telah melakukan percobaan berulang dengan nilai parameter berbeda guna mencari parameter terbaik untuk perhitungan Algoritma Semut. Beberapa percobaan perhitungan dengan parameter $\alpha = (0,5, 1, 2)$, $\beta = (0,5, 1, 2)$, dan $\gamma = (0,5, 1, 2)$. Dari beberapa hasil percobaan, didapat parameter terbaik yaitu $\alpha = 1$, $\beta = 2$, dan $\gamma = 1$.

Inisialisasi harga parameter-parameter :

1. Intensitas jejak semut (τ_{ij}) = 0,500
2. Tetapan siklus semut (Q) = 1
3. Banyak semut (n) untuk tujuan Pusat Kota $m = 8$, dan Bandara Adi Sucipto $m = 6$

Penentuan banyaknya m berdasarkan banyaknya simpul yang tersedia, dikarenakan masing-masing m akan disebar keseluruh simpul untuk mencari jalur terpendek.

4. Tetapan pengendalian intensitas jejak semut () = 1
5. Banyak siklus maksimum (NC_{max}) = 1
6. Tetapan pengendalian visibilitas () = 2
7. Tetapan penguapan jejak semut () = 1

3.4.2 Penentuan Jalur Pusat Kota

Dalam pencarian jalur efektif diperlukan data jarak antar simpul. Berikut jarak antar simpul :

Tabel 3.8 Jarak Antar Simpul Tujuan Pusat Kota (dalam satuan Km)

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0,00	5,00	6,60	5,80	8,50	9,20	11,70	12,55
B	5,00	0,00	1,20	1,70	3,50	5,20	6,60	7,55
C	6,60	1,20	0,00	1,70	4,00	6,10	7,25	8,30
D	5,80	1,70	1,70	0,00	4,50	5,70	7,00	7,35
E	8,50	3,50	4,00	4,50	0,00	1,70	4,10	5,55
F	9,20	5,20	6,10	5,70	1,70	0,00	1,50	2,35
G	11,70	6,60	7,25	7,00	4,10	1,50	0,00	0,85
H	12,55	7,55	8,30	7,35	5,55	2,35	0,85	0,00

Penentuan rute kunjungan awal, setiap semut ditempatkan secara acak disetiap simpul untuk melakukan perjalanan.

1. Semut 1 ditempatkan di A, dan akan melakukan perjalanan dari simpul A, dan berakhir di simpul A
2. Semut 2 ditempatkan di B, dan akan melakukan perjalanan dari simpul B, dan berakhir di simpul B

Dan seterusnya hingga semut ke 8

Tabel 3.9 Perjalanan Semut

No	Simpul Awal	Jalur	Jarak (km)
1	A	A-B-C-D-E-F-G-H-A	29
2	B	B-F-G-H-E-D-C-A-B	30,9
3	C	C-D-E-H-G-F-B-A-C	30,9
4	D	D-E-H-G-F-B-C-A-D	31,2
5	E	E-F-G-H-B-A-C-D-E	29,4
6	F	F-G-H-E-D-C-A-B-F	30,9
7	G	G-H-E-D-C-A-B-F-G	30,9
8	H	H-E-D-C-A-B-F-G-H	30,9

A. Perhitungan perubahan harga intensitas jejak semut

Koloni semut yang berjalan akan meninggalkan jejak *pheromon*. Adanya penguapan dan perbedaan banyak semut yang melewati jalur menyebabkan kemungkinan terjadinya perubahan harga intensitas jejak semut antar simpul.

Persamaan perubahan ini adalah :

$$\Delta \tau_{ij}^k = \frac{Q}{L_k} = \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k$$

$\Delta \tau_{ij}^k = \frac{Q}{L_k}$, jika semut menggunakan (i,j) dalam perjalannya

$\Delta \tau_{ij}^k = 0$, jika semut tidak menggunakan (i,j) dalam perjalannya

$$\sum \Delta \tau_{AB} = \frac{1}{29} + \frac{1}{30,9} + \frac{1}{30,9} + \frac{1}{31,2} + \frac{1}{29,4} + \frac{1}{30,9} + \frac{1}{30,9} + \frac{1}{30,9} = 0,262$$

$$\sum \Delta \tau_{AC} = \frac{1}{29} + \frac{1}{30,9} + \frac{1}{30,9} + \frac{1}{31,2} + \frac{1}{29,4} + \frac{1}{30,9} + \frac{1}{30,9} + \frac{1}{30,9} = 0,262$$

Pencarian perubahan intensitas jejak semut lainnya dihitung dengan cara yang sama.

Tabel 3.10 Perubahan Intensitas Jejak Semut ($\Delta \tau_{ij}$)

$\Delta \tau_{ij}$	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0,000	0,262	0,262	0,262	0,000	0,000	0,000	0,000
B	0,262	0,000	0,262	0,000	0,000	0,262	0,000	0,262
C	0,262	0,262	0,000	0,262	0,000	0,000	0,000	0,000
D	0,262	0,000	0,262	0,000	0,262	0,000	0,000	0,000
E	0,000	0,000	0,000	0,262	0,000	0,262	0,000	0,262
F	0,000	0,262	0,000	0,000	0,262	0,000	0,262	0,000
G	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,262	0,000	0,262
H	0,000	0,262	0,000	0,000	0,262	0,000	0,000	0,000

B. Perhitungan harga intensitas jejak semut antar simpul untuk siklus selanjutnya

Nilai intensitas jejak semut antar simpul (τ_{ij}) pada awal perhitungan ditetapkan dengan angka awal yang kecil. Pada penelitian ini, nilai *pheromone* awal menggunakan nilai τ_{ij} awal sebesar 0,500.

Tabel 3.11 Intensitas Jejak Semut (τ_{ij}) Awal Pusat Kota

τ_{ij}	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
B	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
C	0,500	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
D	0,500	0,500	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500
E	0,500	0,500	0,500	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500
F	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,000	0,500	0,500
G	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,000	0,500
H	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,000

Harga intensitas jejak semut antar simpul untuk siklus selanjutnya dihitung dengan persamaan (3.3)

$$\tau_{ij} = \rho \cdot \tau_{ij}(\text{awal}) + \Delta\tau_{ij}$$

$$\tau_{ij} \text{ awal} = 0,500$$

$$\rho = 1$$

$$\rho \cdot \tau_{ij}(\text{awal}) = 0,500 \cdot 1 = 0,500$$

$$\tau_{AB} = 0,500 + 0,262 = 0,762$$

$$\tau_{AC} = 0,500 + 0,262 = 0,762$$

$$\tau_{AD} = 0,500 + 0,262 = 0,762$$

Pencarian intensitas jejak semut lainnya dicari dengan cara yang sama, hingga τ_{HG} . Berikut tabel intensitas jejak semut yang telah diperbaharui untuk siklus selanjutnya.

Tabel 3.12 Intensitas Jejak Semut (τ_{ij}) Pusat Kota

τ_{ij}	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0,000	0,762	0,762	0,762	0,500	0,500	0,500	0,500
B	0,762	0,000	0,762	0,500	0,500	0,762	0,500	0,762
C	0,762	0,762	0,000	0,762	0,500	0,500	0,500	0,500
D	0,762	0,500	0,762	0,000	0,762	0,500	0,500	0,500
E	0,500	0,500	0,500	0,762	0,000	0,762	0,500	0,762
F	0,500	0,762	0,500	0,500	0,762	0,000	0,762	0,500
G	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,762	0,000	0,762
H	0,500	0,762	0,500	0,500	0,762	0,500	0,762	0,000

Selanjutnya akan dihitung visibilitas antar simpul, dari data jarak antar simpul yang telah diketahui, kemudian dihitung visibilitas antar simpul (η_{ij}) dengan persamaan (3.1).

$$\eta_{ij} = 1/d_{ij}$$

d = jarak, i = simpul awal, j = simpul tujuan

1. Visibilitas dari simpul A menuju simpul B, dengan jarak 5,00 Km

$$\eta_{ij} = 1/d_{ij}$$

$$\eta_{AB} = 1/5,00 = 0,200$$

2. Visibilitas dari simpul A menuju simpul C, dengan jarak 6,60 Km

$$\eta_{ij} = 1/d_{ij}$$

$$\eta_{AC} = 1/6,60 = 0,152$$

Nilai visibilitas lainnya didapat dengan cara yang sama.

Tabel 3.13 Visibilitas Antar Simpul η_{ij} Pusat Kota

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0,000	0,200	0,152	0,172	0,118	0,109	0,085	0,080
B	0,200	0,000	0,833	0,588	0,286	0,192	0,152	0,132
C	0,217	0,833	0,000	0,588	0,250	0,164	0,138	0,120
D	0,172	0,588	0,588	0,000	0,222	0,175	0,143	0,136
E	0,118	0,286	0,250	0,222	0,000	0,588	0,244	0,180
F	0,109	0,192	0,164	0,175	0,588	0,000	0,667	0,426
G	0,085	0,152	0,138	0,143	0,244	0,667	0,000	1,176
H	0,080	0,132	0,120	0,136	0,180	0,426	1,176	0,000

C. Penentuan Jalur Dengan Mencari Nilai Probabilitas

Perhitungan probabilitas menggunakan persamaan (3.2). Berikut contoh perhitungan probabilitas antar simpul diawali dari simpul A.

$$P_{AA} = \frac{[0,500]^1 \cdot [0,000]^2}{\{[0,500]^1 \cdot [0,000]^2\} + \{[0,762]^1 \cdot [0,200]^2\} + \dots + \{[0,500]^1 \cdot [0,080]^2\}} = 0,000$$

$$P_{AB} = \frac{[0,762]^1 \cdot [0,200]^2}{\{[0,500]^1 \cdot [0,000]^2\} + \{[0,762]^1 \cdot [0,200]^2\} + \dots + \{[0,500]^1 \cdot [0,080]^2\}} = 0,338$$

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0,000	0,338	0,194	0,251	0,077	0,065	0,040	0,035

Dari hasil perhitungan probabilitas dengan simpul awal A, terpilih probabilitas tertinggi yaitu simpul B = 0,338, sedemikian sehingga semut berjalan dari simpul A menuju simpul B. Perhitungan selanjutnya didapat dengan cara yang sama, dihitung hingga AH.

Perhitungan probabilitas yang berawal dari simpul-simpul lainnya dihitung dengan cara yang sama.

Tabel 3.14 Probabilitas Antar Simpul Pusat Kota

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0,000	0,338	0,194	0,251	0,077	0,065	0,040	0,035
B	0,338	0,000	0,640	0,209	0,049	0,034	0,014	0,016
C	0,194	0,640	0,000	0,302	0,036	0,015	0,011	0,008
D	0,251	0,209	0,302	0,000	0,071	0,029	0,019	0,017
E	0,077	0,049	0,036	0,071	0,000	0,606	0,068	0,057
F	0,065	0,034	0,015	0,029	0,606	0,000	0,448	0,120
G	0,040	0,014	0,011	0,019	0,068	0,448	0,000	0,723
H	0,035	0,016	0,008	0,017	0,057	0,120	0,723	0,000

Berikut jalur yang didapat berdasarkan hasil perhitungan probabilitas.

Tabel 3.15 Hasil Penentuan Jalur perjalanan Semut

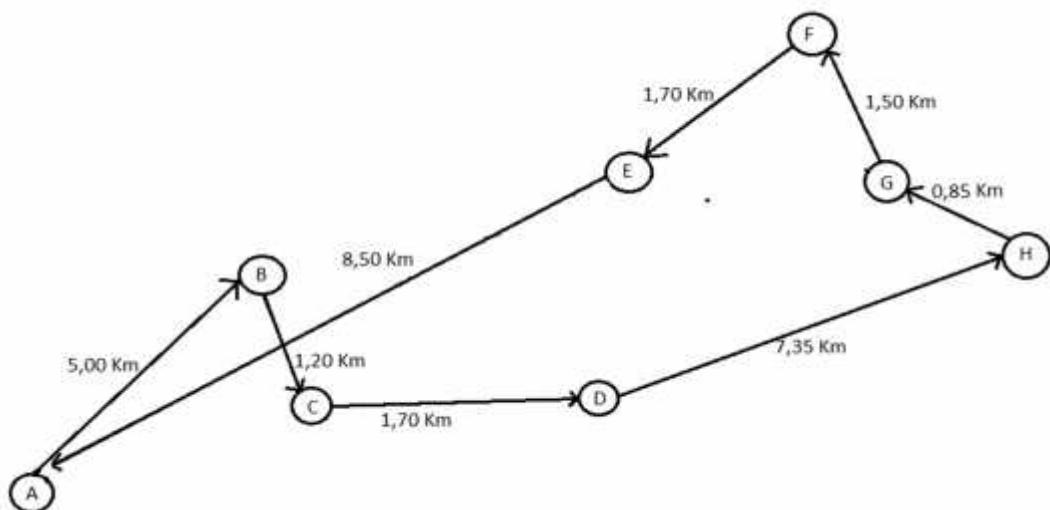
No	Simpul Awal	Jalur	Jarak (km)
1	A	A-B-C-D-E-F-G-H-A	29
2	B	B-C-D-A-E-F-G-H-B	28,8
3	C	C-B-A-D-E-F-G-H-C	28,85
4	D	D-C-B-A-E-F-G-H-D	27,8

5	E	E-F-G-H-A-B-C-D-E	29
6	F	F-E-A-B-C-D-G-H-F	28,3
7	G	G-F-E-A-B-C-D-H-G	27,8
8	H	H-G-F-E-A-B-C-D-H	27,8

Hasil perjalanan yang diperoleh dari perhitungan Algoritma Semut terdapat perbedaan jarak dari beberapa jalur dengan jarak 27,8 kilometer. Didapat hasil terbaik untuk jalur perjalanan *shuttle bus* tujuan Pusat Kota adalah

1. D-C-B-A-E-F-G-H-D
2. G-F-E-A-B-C-D-H-G
3. H-G-F-E-A-B-C-D-H

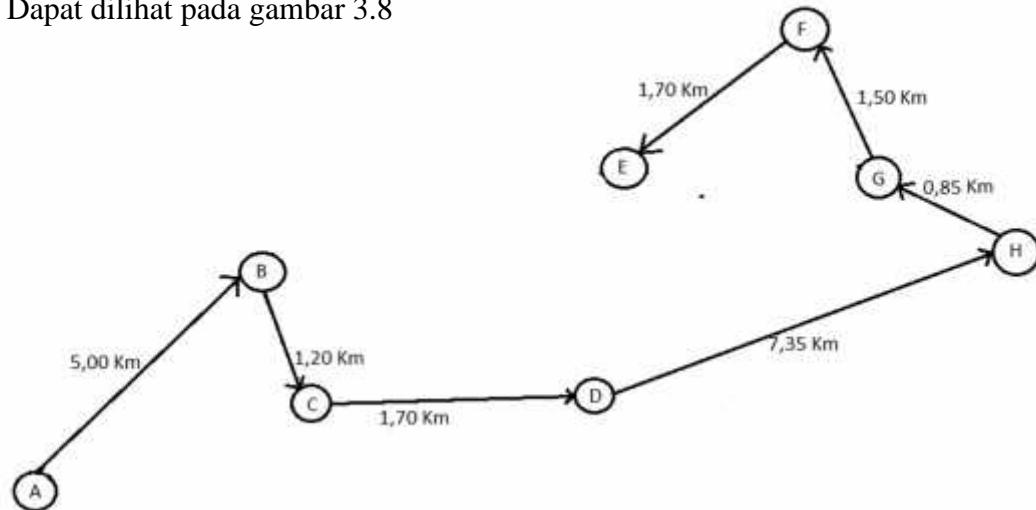
Dari tiga jalur hasil perhitungan tersebut, diperoleh graf yang sama, graf bisa dilihat pada gambar 3.7



Gambar 3.7 Graf Jalur Efektif Tujuan Pusat Kota

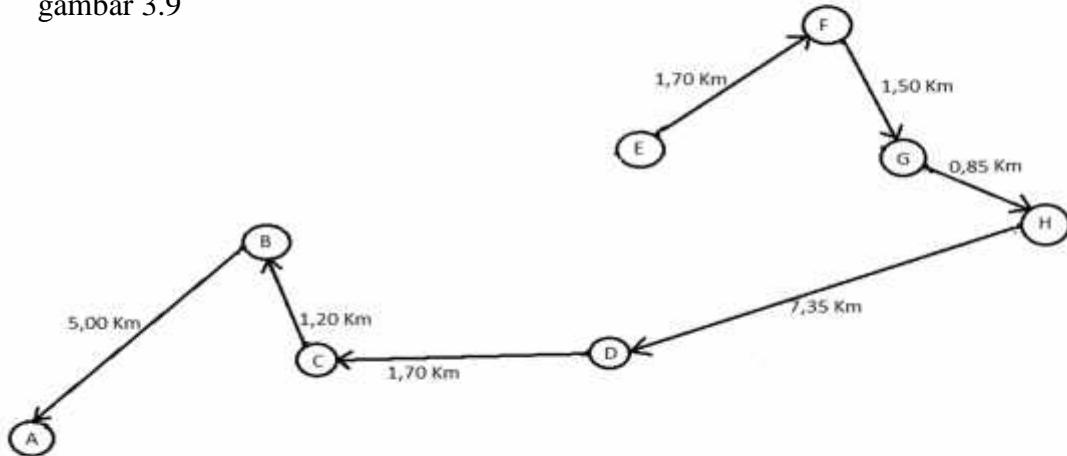
Dalam permasalahan ini *shuttle bus* (semut) melakukan perjalanan *start* dan akhir simpul yang sama yaitu A. Dari gambar 3.7 dapat dilihat bahwa simpul E merupakan simpul terakhir yang dikunjungi sebelum semut kembali ke simpul A, yang berarti simpul tersebut menjadi tujuan akhir *shuttle bus* tujuan Pusat Kota.

Dapat dilihat pada gambar 3.8



Gambar 3.8 Jalur Simpul A Menuju Simpul E

Setiap semut yang sudah sampai di tujuan akhir, semut kembali ke Ambarketawang melalui jalur dengan urutan sebaliknya, dapat dilihat pada gambar 3.9



Gambar 3.9 Jalur Simpul E Menuju A

3.4.3 Penentuan Jalur Bandara Adi Suci

Dalam pencarian jalur efektif diperlukan data jarak antar simpul. Berikut jarak antar simpul :

Tabel 3.16 Jarak Antar Simpul Tujuan Bandara (Km)

	A	I	J	K	L	M
A	0,00	22,65	17,15	13,65	11,15	10,00
I	22,65	0,00	5,50	9,00	11,50	12,65
J	17,15	5,50	0,00	3,50	6,00	7,15
K	13,65	9,00	3,50	0,00	2,50	3,65
L	11,15	11,50	6,00	2,50	0,00	1,15
M	10,00	12,65	7,15	3,65	1,15	0,00

Penentuan rute kunjungan awal, setiap semut ditempatkan secara acak disetiap simpul untuk melakukan perjalanan.

3. Semut 1 ditempatkan di A, dan akan melakukan perjalanan dari simpul A, dan berakhir di simpul A
4. Semut 2 ditempatkan di I, dan akan melakukan perjalanan dari simpul B, dan berakhir di simpul I

Dan seterusnya hingga semut ke 6

Tabel 3.17 Perjalanan Semut

No	Simpul Awal	Jalur	Jarak (km)
1	A	A-I-J-K-L-M-A	45,3
2	I	I-A-J-K-M-L-I	59,6
3	J	J-I-A-K-M-L-J	52,6
4	K	K-L-M-J-I-A-K	52,6
5	L	L-M-A-I-J-K-L	45,3
6	M	M-A-L-K-J-I-M	45,3

A. Perhitungan perubahan harga intensitas jejak semut

Koloni semut yang berjalan akan meninggalkan jejak *pheromon*. Adanya penguapan dan perbedaan banyak semut yang melewati jalur menyebabkan kemungkinan terjadinya perubahan harga intensitas jejak semut antar simpul.

Persamaan perubahan ini adalah :

$$\Delta \tau_{ij}^k = \frac{Q}{L_k} = \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k$$

$\Delta \tau_{ij}^k = \frac{Q}{L_k}$, jika semut menggunakan (i,j) dalam perjalanannya

$\Delta \tau_{ij}^k = 0$, jika semut tidak menggunakan (i,j) dalam perjalanannya

$$\sum \Delta \tau_{AI} = \frac{1}{45,3} + \frac{1}{59,6} + \frac{1}{52,6} + \frac{1}{52,6} + \frac{1}{45,3} + \frac{1}{45,3} = 0,121$$

$$\sum \Delta \tau_{AJ} = \frac{1}{45,3} + \frac{1}{59,6} + \frac{1}{52,6} + \frac{1}{52,6} + \frac{1}{45,3} + \frac{1}{45,3} = 0,121$$

Pencarian perubahan intensitas jejak semut lainnya dihitung dengan cara yang sama.

Berikut Tabel perubahan intensitas jejak semut ($\Delta \tau_{ij}$)

Tabel 3.18 Perubahan Intensitas Jejak Semut ($\Delta \tau_{ij}$)

$\Delta \tau_{i,j}$	A	I	J	K	L	M
A	0,000	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121
I	0,121	0,000	0,121	0,000	0,121	0,121
J	0,121	0,121	0,000	0,121	0,000	0,121
K	0,121	0,000	0,121	0,000	0,121	0,121
L	0,121	0,121	0,000	0,121	0,000	0,121
M	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,000

B. Perhitungan harga intensitas jejak semut antar simpul untuk siklus selanjutnya

Nilai intensitas jejak semut antar simpul (τ_{ij}) pada awal perhitungan ditetapkan dengan angka awal yang kecil. Pada penelitian ini, nilai *pheromone* awal menggunakan nilai τ_{ij} awal sebesar 0,500. Berikut tabel intensitas jejak semut antar simpul

Tabel 3.19 Intensitas Jejak Semut (τ_{ij}) Awal Bandara

τ_{ij}	A	I	J	K	L	M
A	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
I	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,500
J	0,500	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500
K	0,500	0,500	0,500	0,000	0,500	0,500
L	0,500	0,500	0,500	0,500	0,000	0,500
M	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,000

Harga intensitas jejak semut antar simpul untuk siklus selanjutnya dihitung dengan persamaan (3.3)

$$\tau_{ij} = \rho \cdot \tau_{ij}(\text{awal}) + \Delta\tau_{ij}$$

$$\tau_{ij} \text{ awal} = 0,500$$

$$\rho = 1$$

$$\rho \cdot \tau_{ij}(\text{awal}) = 0,500 \cdot 1 = 0,500$$

$$\tau_{AI} = 0,500 + 0,121 = 0,621$$

$$\tau_{AJ} = 0,500 + 0,121 = 0,621$$

$$\tau_{AK} = 0,500 + 0,121 = 0,621$$

Penelitian intensitas jejak semut lainnya dicari dengan cara yang sama, hingga τ_{ML}

Berikut tabel intensitas jejak semut

Tabel 3.20 Intensitas Jejak Semut (τ_{ij}) Bandara

<u>simpul</u>	A	I	J	K	L	M
A	0,000	0,621	0,621	0,621	0,621	0,621
I	0,621	0,000	0,621	0,500	0,621	0,621
J	0,621	0,621	0,000	0,621	0,500	0,621
K	0,621	0,500	0,621	0,000	0,621	0,621
L	0,621	0,621	0,500	0,621	0,000	0,621
M	0,621	0,621	0,621	0,621	0,621	0,000

Selanjutnya akan dihitung visibilitas antar simpul, dari data jarak antar simpul yang telah diketahui, kemudian dihitung visibilitas antar simpul (η_{ij}) dengan persamaan (3.1).

$$\eta_{ij} = 1/d_{ij}$$

d = jarak, i = simpul awal, j = simpul tujuan

1. Visibilitas dari simpul A menuju simpul I, dengan jarak 22,65 Km

$$\eta_{ij} = 1/d_{ij}$$

$$\eta_{AI} = 1/22,65 = 0,044$$

2. Visibilitas dari simpul A menuju simpul J, dengan jarak 17,15 Km

$$\eta_{ij} = 1/d_{ij}$$

$$\eta_{AJ} = 1/17,15 = 0,058$$

Nilai visibilitas lainnya didapat dengan cara yang sama.

Tabel 3.21 Visibilitas Antar Simpul η_{ij} Bandara

	A	I	J	K	L	M
A	0,000	0,044	0,058	0,073	0,090	0,100
I	0,044	0,000	0,182	0,111	0,087	0,079
J	0,058	0,182	0,000	0,286	0,167	0,140
K	0,073	0,111	0,286	0,000	0,400	0,274
L	0,090	0,087	0,167	0,400	0,000	0,870
M	0,100	0,079	0,140	0,274	0,870	0,000

C. Penentuan jalur dengan mencari nilai probabilitas

Perhitungan probabilitas menggunakan persamaan (3.2). Berikut contoh perhitungan probabilitas antar simpul diawali dari simpul A.

$$P_{AA} = \frac{[0,500]^1 \cdot [0,000]^2}{\{[0,500]^1 \cdot [0,000]^2\} + \{[0,621]^1 \cdot [0,044]^2\} + \dots + \{[0,621]^1 \cdot [0,100]^2\}} = 0,000$$

$$P_{AI} = \frac{[0,621]^1 \cdot [0,044]^2}{\{[0,500]^1 \cdot [0,000]^2\} + \{[0,621]^1 \cdot [0,044]^2\} + \dots + \{[0,621]^1 \cdot [0,100]^2\}} = 0,068$$

	A	I	J	K	L	M
A	0,000	0,068	0,118	0,187	0,280	0,348

Dari hasil perhitungan probabilitas dengan simpul awal A, terpilih probabilitas tertinggi yaitu simpul M = 0,348, sedemikian sehingga semut berjalan dari simpul A menuju simpul M. Perhitungan selanjutnya didapat dengan cara yang sama, dihitung hingga AH.

Perhitungan probabilitas yang berawal dari simpul-simpul lainnya dihitung dengan cara yang sama.

Tabel 3.22 Probabilitas Antar Simpul (Bandara)

	A	I	J	K	L	M
A	0,000	0,068	0,118	0,187	0,280	0,348
I	0,068	0,000	0,563	0,169	0,129	0,106
J	0,118	0,563	0,000	0,510	0,140	0,122
K	0,187	0,169	0,510	0,000	0,482	0,226
L	0,280	0,129	0,140	0,482	0,000	0,793
M	0,348	0,106	0,122	0,226	0,793	0,000

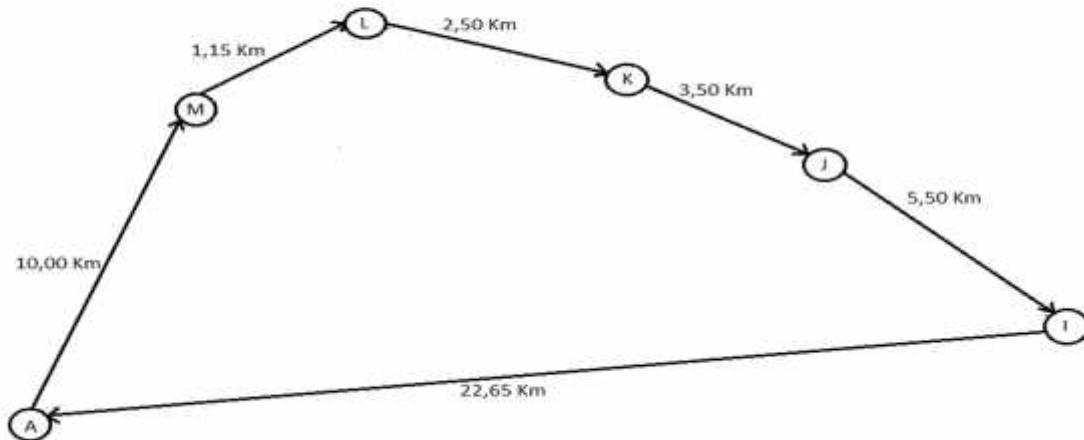
Berikut jalur yang didapat berdasarkan hasil perhitungan probabilitas.

Tabel 3.23 Hasil Penentuan Jalur Semut

No	Simpul Awal	Jalur	Jarak (km)
1	A	A-M-L-K-J-I-A	45,3
2	I	I-J-K-L-M-A-I	45,3
3	J	J-I-K-L-M-A-J	45,3
4	K	K-J-I-L-M-A-K	45,3
5	L	L-M-A-K-J-I-L	45,3
6	M	M-L-K-J-I-A-M	45,3

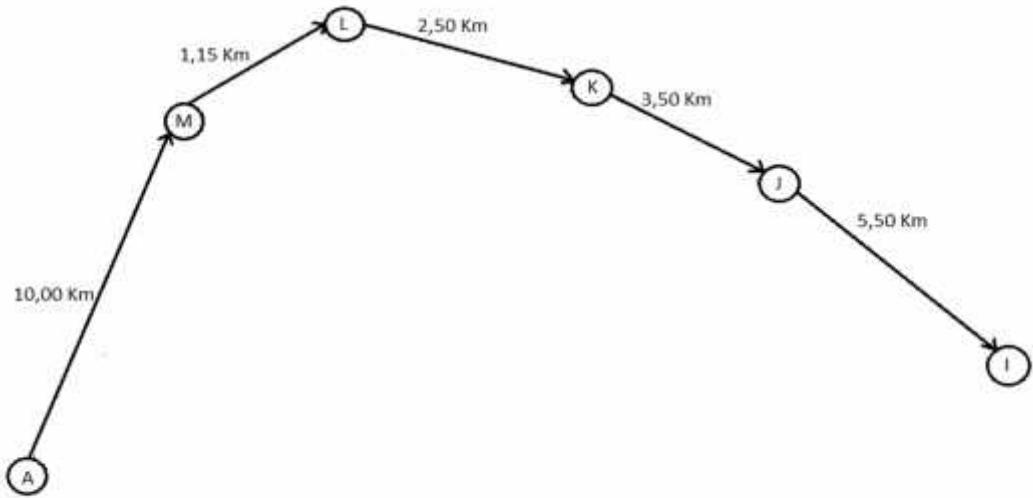
Hasil perjalanan yang diperoleh dari perhitungan Algoritma Semut didapat jalur dengan jarak yang sama dari semua rute. Dari semua jalur hasil perhitungan tersebut, diperoleh jarak yang sama namun urutan kunjungan yang berbeda,

diantara semua jalur peneliti memilih jalur nomer 1,2,dan 6, dengan alasan jalur nomer 1,2,dan 6 memiliki urutan kunjungan yang baik, dengan jarak 45,3 kilometer dan jalur membentuk graf yang sama, graf bisa dilihat pada gambar 3.10



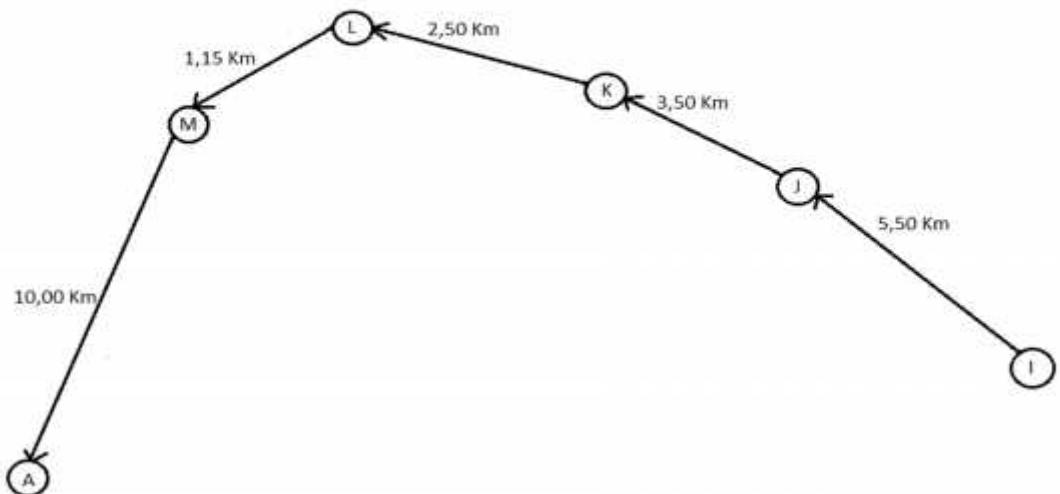
Gambar 3.10 Garf Jalur Efektif Tujuan Bandara Adi Suci

Dalam permasalahan ini *shuttle bus*(semut) melakukan perjalanan *start* dan akhir simpul yang sama yaitu A. Dari gambar 3.10 dapat dilihat bahwa simpul I merupakan simpul terakhir yang dikunjungi sebelum semut kembali ke simpul A, yang berarti simpul tersebut menjadi tujuan akhir *shuttle bus* tujuan Bandara Adi Suci. Dapat dilihat pada gambar 3.11



Gambar 3.11 Jalur Simpul A Menuju Simpul I

Setiap semut yang sudah sampai di tujuan akhir, semut kembali ke Ambarketawang melalui jalur dengan urutan sebaliknya, dapat dilihat pada gambar 3.12



Gambar 3.12 Jalur Simpul I Menuju A

BAB IV

PENUTUP

A. KESIMPULAN

1. Dari data kuisioner, peneliti akan menentukan keefektivan jalur *shuttle bus* tersebut dengan kriteria keefektivan, yaitu jalur menjangkau seluruh lokasi terpilih yang terdapat pada kuisioner. Dari hasil data kuisioner terdapat 15 lokasi terpilih, dengan 10 lokasi terjangkau jalur *shuttle bus*, dan 5 lokasi tidak terjangkau jalur *shuttle bus*, adapun lokasi terpilih yang tidak terjangkau jalur *shuttle bus* yaitu Baciro, Demangan, Kadipaten, Klitren, dan Patangpuluhan. Dengan demikian peneliti menyatakan jalur *shuttle bus* tidak efektif.

2. Berdasarkan hasil perhitungan algoritma semut, diperoleh jalur efektif untuk dua tujuan *shuttle bus* (Pusat Kota, dan Bandara Adi Sucipto).
 - A. Jalur *shuttle bus* tujuan Pusat kota melewati simpul A-B-C-D-H-G-F-E, dan kembali menuju Ambarketawang melewati simpul E-F-G-H-D-C-B-A. Dengan panjang jalur 27,8 kilometer.
 - B. Jalur *shuttle bus* tujuan Bandara Adi Sucipto melewati simpul A-M-L-K-J-I, dan kembali menuju Ambarketawang melewati simpul I-J-K-L-M-A. Dengan panjang jalur 45,3 kilometer.

B. SARAN

Dalam penulisan skripsi ini, peneliti baru membahas salah satu algoritma dalam teori graf yaitu algoritma semut. Bagi pembaca yang berminat pada teori graf, peneliti menyarankan :

1. Dalam teori graf terdapat algoritma-algoritma selain algoritma Semut yang dapat diterapkan dalam permasalahan pencarian jalur optimal, seperti algoritma djikstra, kruskal, dan prime.
2. Penerapan algoritma semut sangatlah luas, tidak hanya untuk pencarian jalur optimal, algoritma semut juga dapat digunakan dalam solusi penjadwalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Basuki. (2005). Implementasi Simulated Annealing Untuk Menyelesaikan Traveling Salesman Problem (TSP). *Makalah*. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Al Salami, Nada. (2009). *Ant Colony Optimization Algorithm*. UbiCC Journal, Volume 4, Number 3
- Arifianto, Sofyan. (2012). *Sistem Aplikasi Penentuan Rute Terpendek Pada Jaringan Multimoda Transportasi Umum Menggunakan Algoritma Dijkstra*. Tesis. Semarang: Program Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro
- Bahri, Syamsul. (1997). *Algoritma Penentuan Lintasan Terpendek Untuk Semua Pasangan Simpul*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Cahyono, E.H. (2012). *Algoritma Semut Dan Penerapannya Dalam Penentuan Jalur Trans Jogja*. Skripsi. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Chartrand, G. And Lesniak, L. (1986). *Graph and Digraph Second Edition*. California
- Clark, J. And Holton, D.A. (1991). *A first Look At Graf Theory*. World Scientific Publishing Co, Singapore

- Cormen, Thomas H, et al. (1994). *Introduction to Algorithm*. McGraw-Hill Book Company, New York
- Daniel A. Marcus. (2008). *Graph Theory*. Mathematical Association of America Textbooks.
- Dorigo Marco, Bonaeau Eric, Theraulaz. (2000). *Ant Algorithms and Stigmergy*. Jurnal. Paris: *Université Paul Sabatier*
- Dorigo, M. and Stutzle, T. (2004), Ant Colony Optimization, Bradford Book
- Grimaldi, R.P. (1999). *Discrete and Combinatorial Mathematics and Applied Introduction*. Fourth Edition. USA: Addison-Wesley
- Gunawan, Santoso. (1996). *Diktat Mata Kuliah Teori Graf*, Yogyakarta: Universitas Kristen Duta Wacana
- H.S, Suryadi. (1996). *Teori Graf Dasar*. Jakarta: Gunadarma
- Ibnu Sina Wardi (2002). *Penggunaan Graf dalam Algoritma Semut untuk Melakukan Optimasi*, ITB Bandung.
- L.R, Foulds. (1984). *Combinatorial Optimization for Undergraduates*, New York: Springer-Verlag New York Ink
- Leksono, Agus. (2009). *Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) Untuk Menyelesaikan Traveling Salesman Problem (TSP)*. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro

- Lipschutz, Seymour. (2002). *Matematika Diskret*, Jakarta: Salemba Teknika
- Liu, C.L. (1995). *Dasar-dasar Matematika Diskret Edisi Kedua*, Jakarta: Gramedia
- Mahmudi, Ali. (2011). *Handout Perkuliahan Teori Graf*, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Martono, Totong. (1990). *Teori Graf dan Aplikasinya*, Bogor: UPT. Produksi Media Informasi, Lembaga Sumberdaya Informasi Institut Pertanian Bogor
- Mindaputra, Eka.(2009). *Penggunaan Algoritma ANT Colony System Dalam Traveling Salesman Problem (TSP) Pada PT. Eka Jaya Motor*, Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Diponegoro.
- Raviandran, A, et al. (1987). *Operation Research, Principle and Practice*. John Wiley & Sons, New york
- Shtovba. (2004). *Ant Algorithm: Theory and Application*. Jurnal. Ukraine: *Vinnitsa State Technical University*
- Sukamto R A. (2010). *Diktat Kuliah IK-310 Algoritma dan pemrograman I*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Sumaji, dkk. (1998). *Pendidikan Sains yang Humanistik*. Yogyakarta: USD dan Kanisius
- Wilson, R. J., dan Watkhins, J. J. (1990). *Graph An Introductionary Approach*,

A First Course in Discrete Mathematics. John Wiley and Sons, New York

Kuisisioner

Daftar Pilihan Lokasi Tujuan Akhir Penumpang

Shuttle Bus P.O Efisiensi Yogyakarta

Beri tanda (✓) pada lokasi yang dipilih.

Kecamatan Gondokusuman		Kecamatan Tegalrejo	
Kelurahan/Desa Demangan	<input type="checkbox"/>	Kelurahan/Desa Karangwaru	<input type="checkbox"/>
Kelurahan/Desa Klitren	<input type="checkbox"/>	Kelurahan/Desa Kricak	<input type="checkbox"/>
Kelurahan/Desa Terban	<input type="checkbox"/>	Kelurahan/Desa Bener	<input type="checkbox"/>
Kelurahan/Desa Kotabaru	<input type="checkbox"/>	Kelurahan/Desa Tegalrejo	<input type="checkbox"/>
Kelurahan/Desa Baciro	<input type="checkbox"/>		
Kecamatan Kraton		Kecamatan Jetis	
Kelurahan/Desa Panembahan	<input type="checkbox"/>	Kelurahan/Desa Bumijo	<input type="checkbox"/>
Kelurahan/Desa Kadipaten	<input type="checkbox"/>	Kelurahan/Desa Gowongan	<input type="checkbox"/>
Kelurahan/Desa Patehan	<input type="checkbox"/>	Kelurahan/Desa Cokrodiningrat	<input type="checkbox"/>
Kecamatan Wirobrajan		Kecamatan Depok	
Kelurahan/Desa Patangpuluhan	<input type="checkbox"/>	Kelurahan/Desa Catur Tunggal	<input type="checkbox"/>
Kelurahan/Desa Wirobrajan	<input type="checkbox"/>	Kelurahan/Desa Maguwoharjo	<input type="checkbox"/>
Kelurahan/Desa Pakuncen	<input type="checkbox"/>	Kelurahan/Desa Condong Catur	<input type="checkbox"/>
Kecamatan Gamping		Kecamatan Mlati	
Kelurahan/Desa Trihanggo	<input type="checkbox"/>	Kelurahan/Desa Sinduadi	<input type="checkbox"/>
Kelurahan/Desa Banyuraden	<input type="checkbox"/>	Kelurahan/Desa Sendangadi	<input type="checkbox"/>
Kelurahan/Desa Ambarketawang	<input type="checkbox"/>	Kelurahan/Desa Tlogoadi	<input type="checkbox"/>
Kelurahan/Desa Balecatur	<input type="checkbox"/>	Kelurahan/Desa Tirtoadi	<input type="checkbox"/>
Kelurahan/Desa Nogotirto	<input type="checkbox"/>	Kelurahan/Desa Sumberadi	<input type="checkbox"/>
Kecamatan Ngaglik			
Kelurahan/Desa Donoharjo	<input type="checkbox"/>		
Kelurahan/Desa Minomartani	<input type="checkbox"/>		
Kelurahan/Desa Sardonoharjo	<input type="checkbox"/>		
Kelurahan/Desa Sari Harjo	<input type="checkbox"/>		
Kelurahan/Desa Sinduharjo	<input type="checkbox"/>		
Kelurahan/Desa Suko Harjo	<input type="checkbox"/>		