



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

SIMULASI ALGORITMA SEMUT DENGAN METODE HEURISTIK UNTUK MENENTUKAN JALUR TERPENDEK

SKRIPSI



**AGUS MIYANTO
07134053**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2011**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Terima kasih penulis ucapkan pada :

➤ Allah SWT...

Segala puji dan syukur tak lelah hamba aturkan hanya padaMu ya Robb, yang senantiasa memberi nikmat iman n islam tuk meniti kebaikan n kesuksesan.

Teruntuk dua matahati q yang tak lelak memberi terang, tetap bersinar meski terbalut mendung hitam kelam, tak lapuk oleh hujan n badai, tak luntur n rapuh oleh prasangka, tak pupus harap walau telah pudar n mulai menguning, tak lemah ditelan gelombang merentang hayal, tak akan layu n redup walau terkulai dalam penantian, tak menyerah menerpa rayuan semilir angin pulau kelapa, tak pasrah mengais detik demi detik pengharapan hingga seraut senyum terpancar indah dari kejauhan sana, tak tahu pagi datang mega merah membayang di ufuk barat, tak surut menadahkan tangan seraya meminta n berdoa penuh asa kepadaNYa. Itu tak lepas hanya ingin melihat sinar bahagia nan indah di mata q. Pa'e , Ma'e engkaulah pahlawan hidup q, adalah suatu keindahan yang teriring doa mengiringi disetiap helaan nafas dan detak jantungku, karena terpaan sang mentari berteman embun pagi menari-nari gempita kala roda butut mengayuh sendu, hanya uraian ceria tergambar dalam kilau mata. Sementara deru harap yang menggumpal membuai semua angan ku, atukah perih batin yang tersembunyi dibalik hangat pelukmu, dikala pilu merasuk tiap laju rodamu bermain perputaran buah hati...

Ketika senja turun di bukit-bukit tak berpenghuni, ada rona yang dilukiskan pada latar langitnya, merah membara dan kadang-kadang lebayung, kenalilah warnanya yang disapukan dari rinduku, karena tiap titisan sajak yang terukir indah hanya tertuang dalam sebuah penantian yang tak terduga. Kini pengharapan datang membawa melodi syahdu penuh asa, itu tertanam dalam tiap tatap matanya yang kini mulai layu, tapi tak mematahkan semangat juang agar senyum bahagia itu masih.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayahNya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Sholawat dan salam penulis sampaikan kepada Rasulullah SAW beserta keluarganya, sahabatnya dan orang-orang yang tetap istiqomah dalam mengikuti sunnahnya.

Tugas akhir dengan judul : **“SIMULASI ALGORITMA SEMUT DENGAN METODE HEURISTIK UNTUK MENENTUKAN JALUR TERPENDEK”** disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (Strata 1) di jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang.

Dengan selesainya skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini :

1. Ayahanda Suropto dan ibunda Mijem tercinta yang selalu memberikan segalanya untuk putranya tercinta, keponakan-keponakanku (Yan S, Visyal, Wiki, Cahyo, Almas, Panges, Inas, Anggun, Nisa, Anton, Beni) yang lucu dan buat orang gemas.
2. Bapak Budi Rudianto, M.Si selaku pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing serta memberi motivasi kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Narwen, M.Si dan Bapak Efendi, M.Si telah bersedia menguji sekaligus membimbing untuk perbaikan skripsi ini.

4. Bapak Dr. Syafrisal SY selaku Ketua Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas.
5. Perpustakaan jurusan matematika Universitas Andalas.
6. Dosen dan staf jurusan matematika Universitas Andalas yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.
7. Pemda Dharmasraya, Dinas Pendidikan Dharmasraya.
8. Rekan-rekan mahasiswa Basic Science (Upi, Ika, Uci, Misbah, Viki, Aci, Diny, Popi, Ria, Markas, Yogi, Andris, Suji, Desi, Ampuni, Santi, Susti, Michi, Filly) dan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terimakasih telah membantu penulis selama penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat beserta karunia-Nya kepada semua pihak baik yang membantu maupun telah memberi support dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Mungkin dalam penulisan skripsi ini banyak terdapat kesalahan yang tidak penulis ketahui, karena kesalahan adalah kekurangan penulis, maka dari itu penulis sangat mengharapkan perbaikan dan kritik terhadap isi skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat membantu dan bermanfaat.

Padang, 13 Juli 2011

penulis

ABSTRAK

Secara umum, pencarian jalur terpendek dapat dibagi menjadi dua metode, yaitu metode konvensional dan metode heuristik. Metode konvensional cenderung lebih mudah dipahami daripada metode heuristik, namun kelemahan metode konvensional pada keakuratan hasil yang didapatkan serta tingkat kesalahan yang dihasilkan pada perhitungan. Hal tersebut tidak akan menjadi masalah jika data yang dibutuhkan hanya sedikit, sebaliknya maka akan menyebabkan peningkatan tingkat kesalahan perhitungan dan penurunan keakuratan, tetapi jika dibandingkan dari hasil yang diperoleh, metode heuristik lebih variatif dan waktu perhitungan yang diperlukan lebih singkat. Pada metode heuristik terdapat beberapa algoritma, salah satunya 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. Semakin banyak semut yang melewati suatu lintasan, maka akan semakin jelas bekas jejak kakinya. Algoritma Semut sangat tepat digunakan untuk diterapkan dalam penyelesaian masalah optimasi, salah satunya adalah untuk menentukan jalur terpendek.

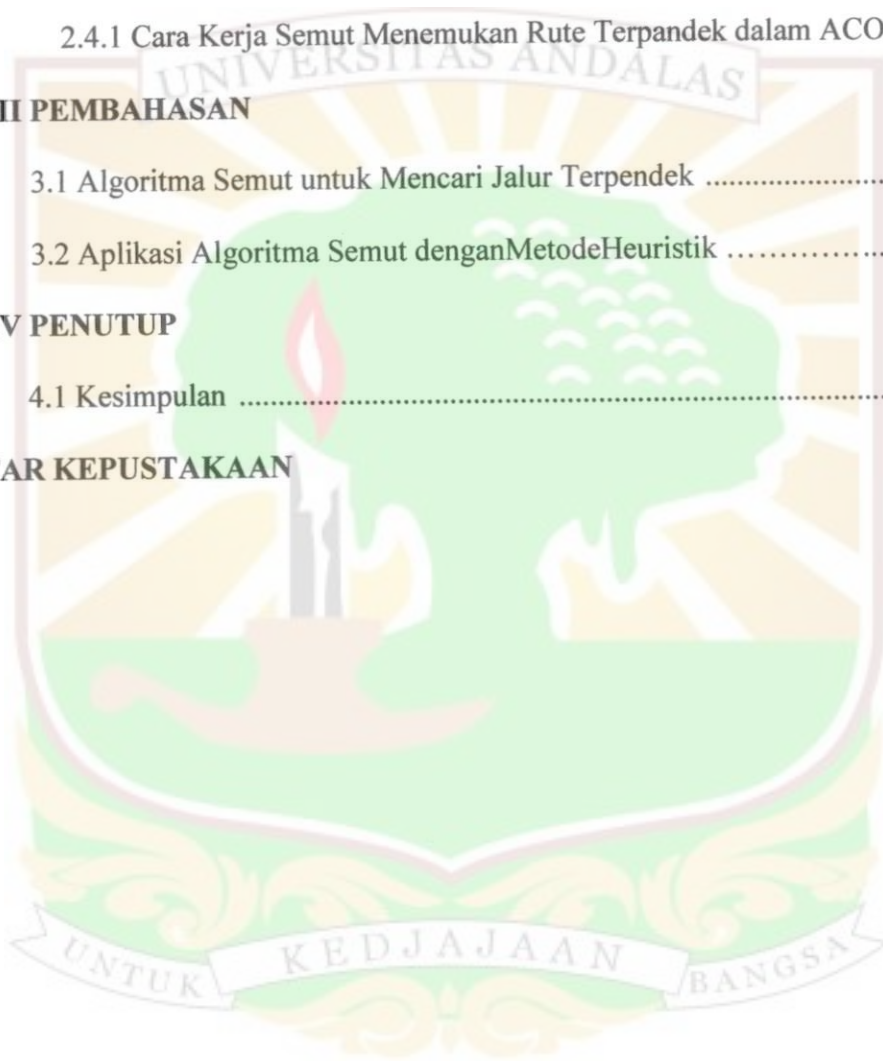
Kata kunci: Pencarian jalur terpendek, Heuristik, Algoritma Semut



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR SIMBOL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Graf	6
2.1.1 Definisi Graf	6
2.1.2 <i>Walk</i>	8
2.1.3 Jenis-jenis Graf	8
2.1.4 Definisi Trail dan Path	9
2.1.5 Graf Hamilton	9

2.1.6	Macam-macam Graf Menurut Arah dan Bobotnya	10
2.2	Metode Heuristik	12
2.3	Algoritma Semut	12
2.4	Pencarian Jalur Terpendek	14
2.4.1	Cara Kerja Semut Menemukan Rute Terpendek dalam ACO	14
BAB III PEMBAHASAN		
3.1	Algoritma Semut untuk Mencari Jalur Terpendek	19
3.2	Aplikasi Algoritma Semut dengan Metode Heuristik	21
BAB IV PENUTUP		
4.1	Kesimpulan	35
DAFTAR KEPUSTAKAAN		



DAFTAR SIMBOL

1. α : parameter pengendali intensitas jejak semut
(*pheromone*)
2. β : parameter pengendali visibilitas
3. ρ : parameter penguapan (*evaporasi*) *pheromone* global
4. k : indeks semut
6. m : jumlah semut
7. n : jumlah titik (kota)
8. Q : tetapan iterasi semut
9. NC_{max} : jumlah iterasi maksimum
10. $Tabu_k$: *tabu list* untuk semut k
11. $tabu_k(s), tabu_k(s+1)$: jarak *edge* dari titik s sampai $s+1$ pada *tabu list* yang diperoleh semut k
12. $tabu_k(n), tabu_k(1)$: jarak *edge* dari titik n sampai 1 pada *tabu list* yang diperoleh semut k
13. $G = (V, E)$: graf dengan himpunan *vertek* V dan himpunan *edge* E
14. E : himpunan *edge* E
15. V : himpunan *vertek* V
16. η_{ij} : visibilitas antar kota i ke kota j
17. p_{ij}^k : probabilitas kota i ke kota j
18. L_k : panjang jalur tiap semut

19. τ_{ij} : perubahan intensitas jejak semut (*pheromone*)
20. d_{ij} : jarak antar kota ke i kota j
21. s : urutan kunjungan semut tiap kota

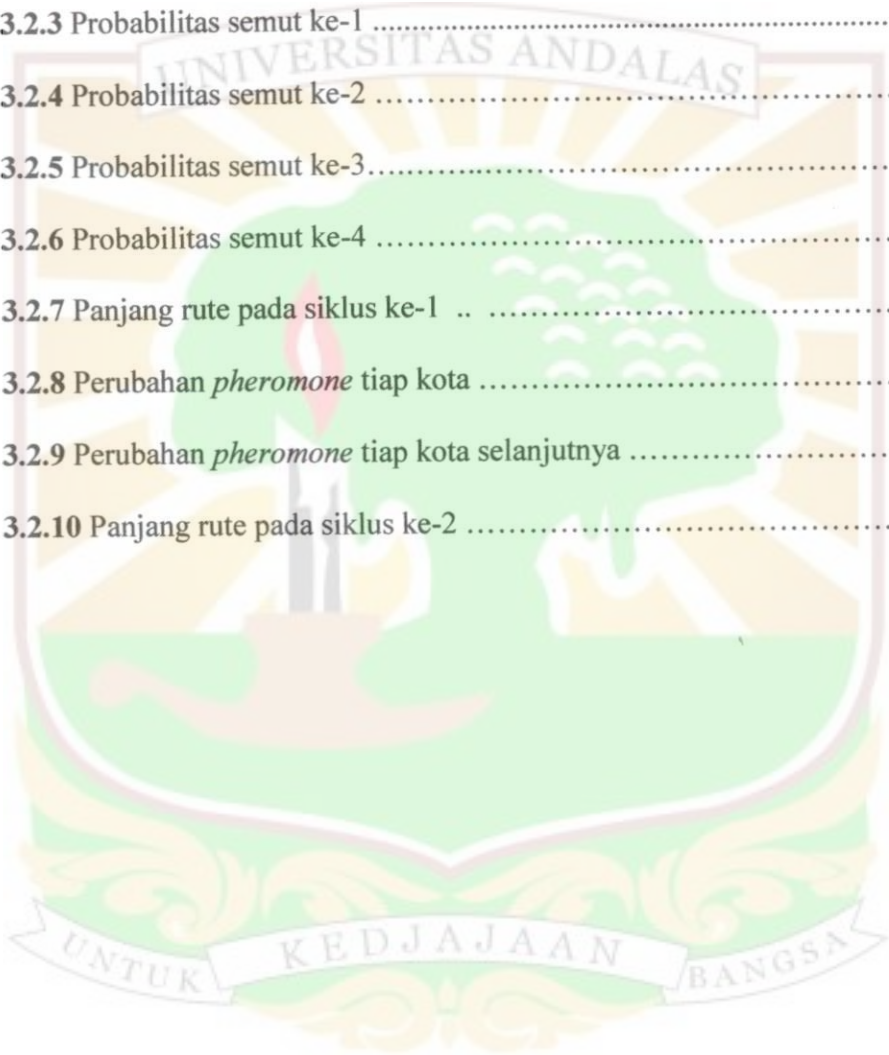


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1.1 Contoh Graf	6
Gambar 2.1.2 Graf Sederhana, Graf Ganda, Graf Semu	7
Gambar 2.1.3 Graf Berarah	7
Gambar 2.1.4 Contoh Graf Terhubung dan Tak Terhubung	8
Gambar 2.1.5.1 Penggambaran Graf Hamilton	10
Gambar 2.1.6.1 Graf Berarah dan Berbobot	10
Gambar 2.1.6.2 Graf tidak Berarah dan Berbobot	11
Gambar 2.1.6.3 Graf Berarah dan tidak Berbobot	11
Gambar 2.1.6.4 Graf tidak Berarah dan tidak Berbobot	11
Gambar 2.3.1 Perjalanan Semut Menemukan Sumber Makanan	13
Gambar 3.2.1 Ilustrasi Graf G dengan 5 kota	21

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.2.1 Jarak antar kota i ke kota j	23
Tabel 3.2.2 Tabel Visibilitas antar kota i ke kota j	24
Tabel 3.2.3 Probabilitas semut ke-1	26
Tabel 3.2.4 Probabilitas semut ke-2	27
Tabel 3.2.5 Probabilitas semut ke-3.....	27
Tabel 3.2.6 Probabilitas semut ke-4	28
Tabel 3.2.7 Panjang rute pada siklus ke-1 ..	30
Tabel 3.2.8 Perubahan <i>pheromone</i> tiap kota	32
Tabel 3.2.9 Perubahan <i>pheromone</i> tiap kota selanjutnya	33
Tabel 3.2.10 Panjang rute pada siklus ke-2	34



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada awal diciptakan, komputer hanya difungsikan sebagai alat hitung saja. Namun seiring dengan perkembangan jaman, maka peran komputer semakin mendominasi kehidupan. Lebih dari itu, komputer diharapkan dapat digunakan untuk mengerjakan segala sesuatu yang bisa dikerjakan oleh manusia baik dalam bidang pendidikan, kesehatan, industri dan kehidupan sehari-hari sehingga peran komputer dan manusia akan saling melengkapi. Beberapa hal yang menjadi kekurangan manusia diharapkan dapat digantikan oleh komputer. Begitu juga dengan komputer yang tak akan berguna tanpa sentuhan manusia. Untuk menggunakan atau memfungsikan sebuah komputer maka harus terdapat program yang terdistribusi di dalamnya, tanpa program tersebut komputer hanyalah menjadi sebuah kotak yang tak berguna. Program yang terdapat pada komputer sangat bervariasi dan setiap program tersebut pasti menggunakan algoritma. Algoritma merupakan kumpulan perintah untuk menyelesaikan suatu masalah. Perintah-perintahnya dapat diterjemahkan secara bertahap dari awal hingga akhir. Masalah tersebut dapat berupa apapun dengan catatan untuk setiap masalah, memiliki kriteria kondisi awal yang harus dipenuhi sebelum menjalankan algoritma.

Dalam kehidupan sehari-hari, sering dilakukan perjalanan dari satu tempat ke tempat lain dengan mempertimbangkan efisiensi, waktu dan biaya sehingga diperlukan ketepatan dalam menentukan jalur terpendek antar satu kota. Hasil

penentuan jalur terpendek akan menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan untuk menunjukkan jalur yang akan ditempuh dan yang didapatkan juga membutuhkan kecepatan dan keakuratan dengan bantuan komputer. Secara umum, pencarian jalur terpendek dapat dibagi menjadi dua metode, yaitu metode konvensional dan metode heuristik. Metode konvensional cenderung lebih mudah dipahami daripada metode heuristik. Metode heuristik terdiri dari beberapa macam algoritma yang biasa digunakan. Salah satunya adalah algoritma semut (*Ant Colony*). *Antco* diambil dari perilaku koloni semut dalam pencarian jalur terpendek antara sarang dan sumber makanan. 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 dilalui. Semakin banyak semut yang melalui suatu lintasan, maka akan semakin jelas bekas jejak kakinya.

Hal ini akan menyebabkan lintasan yang dilalui semut dalam jumlah sedikit, semakin lama akan semakin berkurang kepadatan semut yang melewatinya atau bahkan akan tidak dilewati sama sekali dan sebaliknya, lintasan yang dilalui semut dalam jumlah banyak, semakin lama akan semakin bertambah kepadatan semut yang melewatinya atau bahkan semua semut akan melalui lintasan tersebut. Mengingat prinsip algoritma yang didasarkan pada perilaku koloni semut dalam menemukan jarak perjalanan paling pendek tersebut, *antco* sangat tepat digunakan untuk diterapkan dalam penyelesaian masalah optimasi, salah satunya adalah untuk menentukan jalur terpendek.

Suatu perilaku penting dan menarik untuk ditinjau dari suatu koloni semut adalah perilaku mereka pada saat mencari makan, terutama bagaimana mereka mampu menentukan rute untuk menghubungkan antara sumber makanan dengan sarang mereka. Ketika berjalan menuju sumber makanan dan sebaliknya, semut meninggalkan jejak berupa suatu zat yang disebut *pheromone*. Semut-semut dapat mencium *pheromone* dan ketika memilih rute yang akan dilalui, semut akan memiliki kecenderungan untuk memilih rute yang memiliki tingkat konsentrasi *pheromone* yang tinggi.

Jejak *pheromone* tersebut memungkinkan semut untuk menemukan jalan kembali ke sumber makanan atau sarangnya. Seiring waktu, bagaimanapun juga jejak *pheromone* akan menguap dan akan mengurangi kekuatan daya tariknya. Lebih lama seekor semut pulang pergi melalui suatu jalur, lebih tinggi pula jumlah *pheromone* yang menguap. Sebagai perbandingan, sebuah jalur yang pendek akan diikuti oleh semut lainnya dengan lebih cepat dan dengan demikian konsentrasi *pheromone* akan tetap tinggi. Penguapan *pheromone* juga mempunyai keuntungan untuk mencegah konvergensi pada penyelesaian optimal secara lokal. Jika tidak ada penguapan sama sekali, jalur yang dipilih semut pertama akan cenderung menarik secara berlebihan terhadap semut-semut yang mengikutinya. Pada kasus yang demikian, eksplorasi ruang penyelesaian akan terbatas. Oleh karena itu, ketika seekor semut menemukan jalur yang bagus (jalur yang pendek) dari koloni ke sumber makanan, semut lainnya akan mengikuti jalur tersebut dan akhirnya semua semut akan mengikuti sebuah jalur tunggal. Ide algoritma koloni semut adalah untuk meniru perilaku ini melalui semut tiruan berjalan seputar grafik yang menunjukkan masalah yang harus diselesaikan. Perilaku mengikuti jejak

pheromone tersebut telah dibuktikan secara eksperimental, digunakan oleh koloni semut untuk mengetahui rute terpendek untuk mencapai sarang atau sumber makanan berdasarkan jejak-jejak *pheromone* yang ditinggalkan oleh masing-masing semut yang ada. Berdasarkan perilaku tersebut, maka dikembangkanlah suatu algoritma untuk menyelesaikan suatu masalah komputasi dengan menemukan jalur terbaik melalui grafik.

1.2 Rumusan Masalah

Seringkali penyelesaian masalah jalur terpendek masih menggunakan metode konvensional bahkan menggunakan perhitungan manual. Pemanfaatan metode heuristik masih sangat jarang digunakan, sehingga dapat dirumuskan sebuah masalah yaitu dengan pemanfaatan metode heuristik yang diharapkan nantinya dapat menyelesaikan masalah pencarian jalur terpendek dengan hasil yang lebih variatif dan dengan waktu perhitungan yang lebih singkat.

1.3 Batasan Masalah

Dari latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan maka persoalan dibatasi pada metode yang digunakan, yaitu metode heuristik dengan algoritma semut (*Ant Colony Algorithm*).

1.4 Tujuan Penelitian

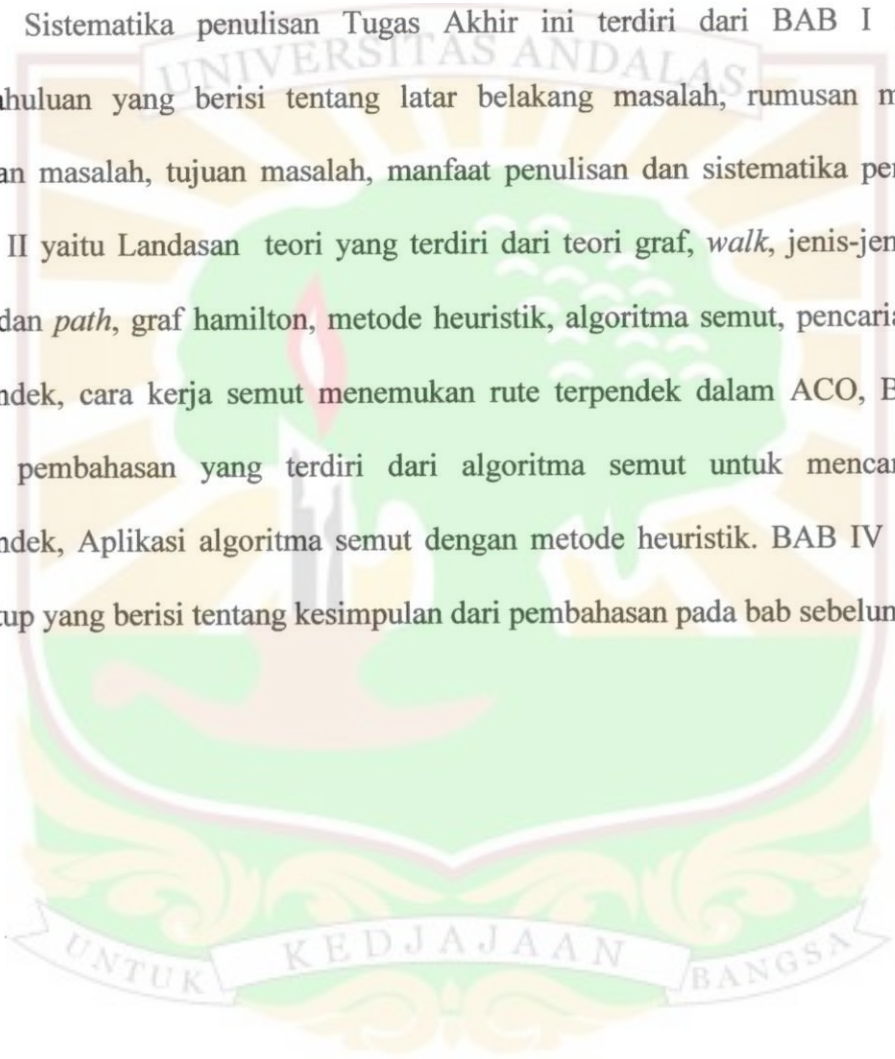
Penelitian bertujuan menyelesaikan masalah rute menggunakan algoritma semut dengan metode heuristik, mencoba mengimplementasikan dengan kasus sederhana dan mempelajari lebih dalam tentang peranan algoritma semut dibandingkan dengan metode konvensional.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah menawarkan penyelesaian yang lebih mudah dalam perhitungan (sesuai dengan tujuan algoritma heuristik) untuk pencarian jalur terpendek.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari BAB I sebagai pendahuluan yang berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan masalah, manfaat penulisan dan sistematika penulisan. BAB II yaitu Landasan teori yang terdiri dari teori graf, *walk*, jenis-jenis graf, *trail* dan *path*, graf hamilton, metode heuristik, algoritma semut, pencarian jalur terpendek, cara kerja semut menemukan rute terpendek dalam ACO, BAB III yaitu pembahasan yang terdiri dari algoritma semut untuk mencari jalur terpendek, Aplikasi algoritma semut dengan metode heuristik. BAB IV sebagai penutup yang berisi tentang kesimpulan dari pembahasan pada bab sebelumnya.



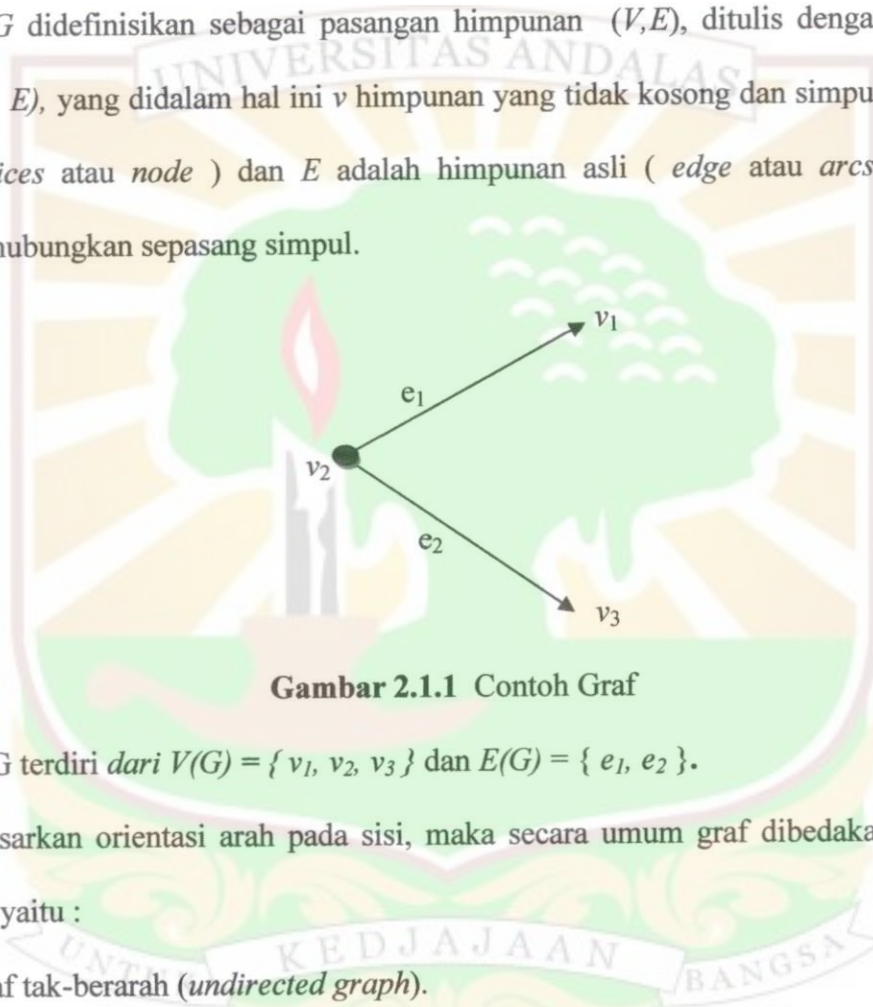
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Graf

2.1.1 Definisi Graf(Munir. 2005)

Graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V, E) , ditulis dengan notasi $G=(V, E)$, yang didalam hal ini v himpunan yang tidak kosong dan simpul-simpul (*vertices* atau *node*) dan E adalah himpunan asli (*edge* atau *arcs*) yang menghubungkan sepasang simpul.



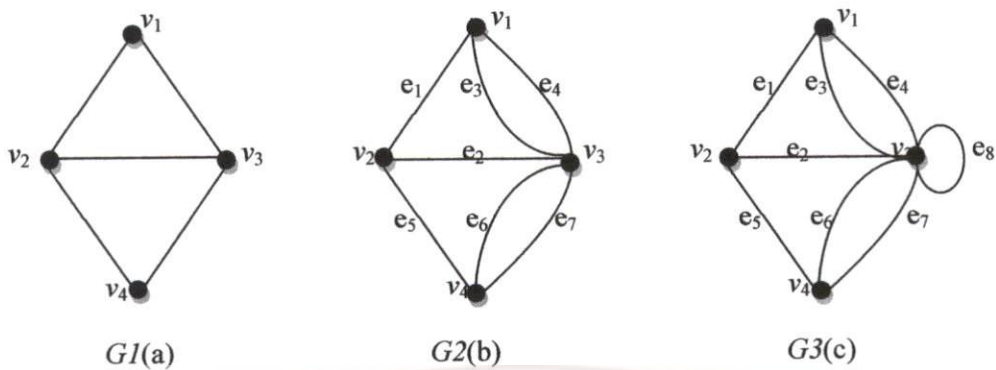
Gambar 2.1.1 Contoh Graf

Graf G terdiri dari $V(G) = \{ v_1, v_2, v_3 \}$ dan $E(G) = \{ e_1, e_2 \}$.

Berdasarkan orientasi arah pada sisi, maka secara umum graf dibedakan atas 2 jenis, yaitu :

1. Graf tak-berarah (*undirected graph*).

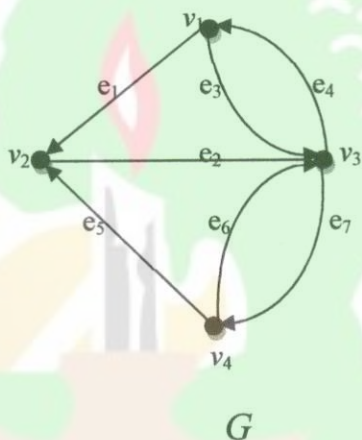
Graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah disebut graf tak-berarah.



Gambar 2.1.2 $G1(a)$ Graf sederhana, $G2(b)$ Graf ganda, $G3(c)$ Graf Semu

2. Graf berarah (*directed graph* atau *digraph*).

Graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah disebut sebagai graf berarah.



Gambar 2.1.3 Graf Berarah

3. Keterhubungan Graf (*connected graph*)

Dua buah simpul v_1 dan simpul v_2 disebut terhubung jika terdapat lintasan dari v_1 ke v_2 . G disebut graf terhubung (*connected graph*) jika untuk setiap pasang simpul v_i dan v_j dalam himpunan V terdapat lintasan dari v_i ke v_j . Jika tidak, maka G disebut graf tak-terhubung (*disconnected graph*).

Graf tak berarah G disebut graf terhubung (*connected graph*) jika untuk setiap pasang simpul u dan v di dalam himpunan V terdapat lintasan dari u ke v

2. Graf tak-sederhana(*unsimple-graph*).

Graf yang mengandung sisi ganda atau gelang dinamakan graf tak-sederhana (*unsimplegraph*). $G_2(b)$ dan $G_3(c)$ pada gambar 2.1.2 adalah contoh graf tak-sederhana.

Berdasarkan jumlah simpul pada suatu graf, maka secara umum graf dapat digolongkan menjadi dua jenis:

1. Graf berhingga (*limited graph*)

Graf berhingga adalah graf yang jumlah simpulnya, n , berhingga.

2. Graf tak-berhingga (*unlimited graph*)

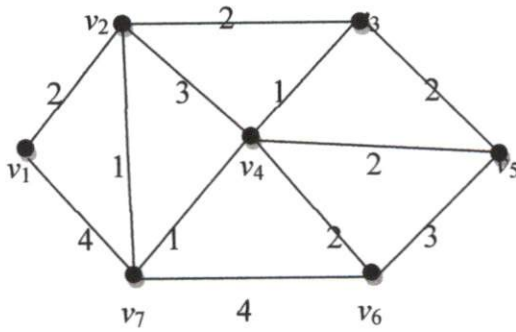
Graf yang jumlah simpulnya, n , tidak berhingga banyaknya disebut graf takberhingga.

2.1.4 Definisi Trail dan Path (Mutakhiroh. 2007)

Walk yang panjangnya k pada suatu graf G adalah urutan k *edge* G yang berbentuk uv, vw, wx, \dots, yz . *Walk* ini dinotasikan dengan $uvw\cdots yz$, dan ditunjuk sebagai *walk* antara u dan z . Jika semua *edge* (tetapi tidak perlu semua *verteks*) suatu *walk* berbeda, maka *walk* itu disebut *trail*. Jika semua *verteks* pada *trail* itu berbeda, maka *trail* itu disebut *path*.

2.1.5 Graf Hamilton (Mutakhiroh. 2007)

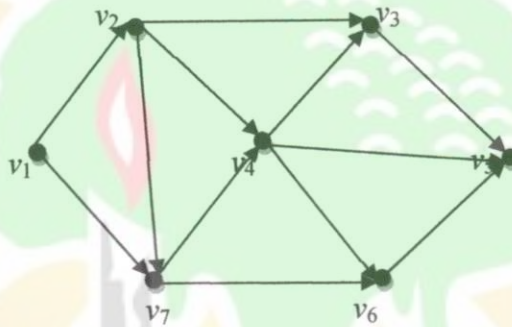
Lintasan Hamilton ialah lintasan yang melalui tiap simpul di dalam graf tepat satu kali. Sirkuit Hamilton ialah sirkuit yang melalui tiap simpul di dalam graf tepat satu kali, kecuali simpul asal (sekaligus simpul akhir) yang dilalui dua kali. Graf yang memiliki sirkuit Hamilton dinamakan graf Hamilton, sedangkan graf yang hanya memiliki lintasan Hamilton disebut graf semi-Hamilton.



Gambar 2.1.6.2 Graf tidak berarah dan berbobot

3. Graf berarah dan tidak berbobot.

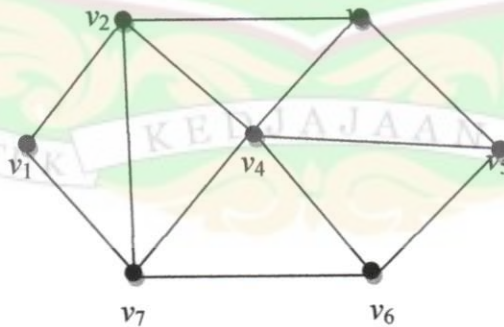
Setiap *edge* mempunyai arah tetapi tidak mempunyai bobot.



Gambar 2.1.6.3 Graf berarah dan tidak berbobot

4. Graf tidak berarah dan tidak berbobot.

Setiap *edge* tidak mempunyai arah dan tidak terbobot.



Gambar 2.1.6.4 Graf tidak berarah dan tidak berbobot

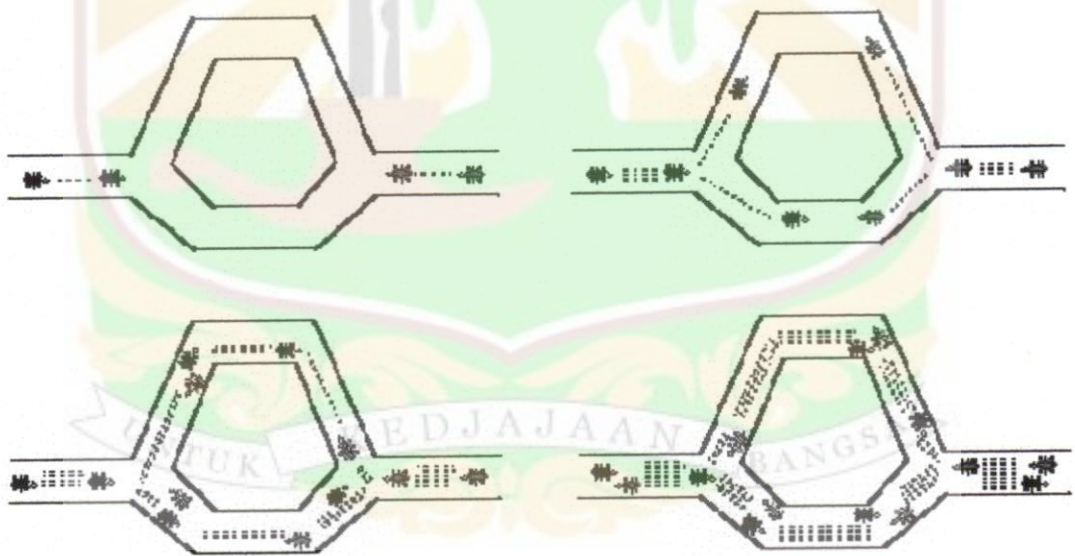
2.2 Metode Heuristik

Heuristik artinya mencari atau menemukan. Teknik heuristik sesuai untuk menangani masalah yang sifatnya *ill-structured* dan sulit untuk dipecahkan. Teknik heuristik tidak memiliki algoritma pencarian solusi optimum yang pasti tetapi memiliki kaidah yang dapat mengeksplorasi ruang pencarian yang paling menjanjikan, yaitu ruang terdapatnya solusi optimum atau mendekati optimum (Thierauf dan Klekamp, 1975). Schmidt (1997) menambahkan bahwa algoritma heuristik dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah yang mempunyai kompleksitas yang tinggi dimana harus menggunakan model-model matematika yang cukup rumit dan sulit. Pada algoritma heuristik dikembangkan pendekatan-pendekatan yang lebih mudah, cepat dan mempunyai perkiraan hasil yang baik (*goodness approximation*). Pada program heuristik tidak ada suatu model yang baku sehingga setiap permasalahan menggunakan program heuristik yang spesifik. Teknik heuristik tidak menjamin diperolehnya pemecahan yang optimal tetapi menjamin suatu pemecahan yang memuaskan pengambil keputusan. Program heuristik merupakan pengembangan dari operasi aritmatika dan matematika logika.

2.3 Algoritma Semut

Algoritma Semut diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut (Dorigo, 1996). Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Semut mampu mengindra lingkungannya yang kompleks untuk mencari makanan dan kemudian kembali ke sarangnya dengan meninggalkan zat *pheromone* pada rute-rute yang mereka lalui. *Pheromone* adalah zat kimia yang

berasal dari kelenjar endokrin dan digunakan oleh makhluk hidup untuk mengenali sesama jenis, individu lain, kelompok dan untuk membantu proses reproduksi. Berbeda dengan hormon, *pheromone* menyebar ke luar tubuh dan hanya dapat mempengaruhi dan dikenali oleh individu lain yang sejenis (satu *spesies*). Proses peninggalan *pheromone* ini dikenal sebagai *stigmergy*, yaitu 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 *pheromone* akan menguap dan akan mengurangi kekuatan daya tariknya. Lebih cepat setiap semut pulang pergi melalui rute tersebut, maka *pheromone* yang menguap lebih sedikit. Begitu pula sebaliknya jika semut lebih lama pulang pergi melalui rute tersebut, maka *pheromone* yang menguap lebih banyak.



Gambar 2.3.1 Perjalanan semut menemukan sumber makanan.

2.4 Pencarian jalur terpendek

Secara umum penyelesaian masalah pencaian jalur terpendek dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu metode algoritma konvensional dan metode heuristik. Metode algoritma konvensional diterapkan dengan cara perhitungan matematis seperti biasa, sedangkan metode heuristik diterapkan dengan perhitungan kecerdasan buatan dengan menentukan basis pengetahuan dan perhitungannya.

2.4.1 Cara kerja semut menemukan rute terpendek dalam ACO

Menurut Dorigo, M, Maniezzo, V dan Coloni, A (1991) dalam Agus Leksono, secara jelasnya cara kerja semut menemukan rute terpendek dalam ACO adalah sebagai berikut : Secara alamiah 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 dilalui. Semakin banyak semut yang melalui suatu lintasan, maka akan semakin jelas bekas jejak kakinya. Hal ini akan menyebabkan lintasan yang dilalui semut dalam jumlah sedikit, semakin lama akan 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 akan melalui lintasan tersebut.

Dalam algoritma semut, diperlukan beberapa variabel dan langkah-langkah untuk menentukan jalur terpendek, yaitu:

Langkah 1:

a. Inisialisasi harga parameter-parameter algoritma. Parameter-parameter yang di inisialisasikan adalah:

1. Banyak kota (n),
 2. Intensitas jejak semut antar kota dan perubahannya (τ_{ij}), jarak antar kota (d_{ij})
 3. Penentuan kota berangkat dan kota tujuan, visibilitas antar kota ($\eta_{ij} = 1/d_{ij}$)
 4. Tetapan siklus-semut (Q), tetapan pengendali intensitas jejak semut (α), tetapan pengendali visibilitas (β)
 5. Jumlah semut (m)
 6. Tetapan penguapan jejak semut (ρ)
 7. Jumlah siklus maksimum (NCmax) bersifat tetap selama algoritma dijalankan, sedangkan τ_{ij} akan selalu diperbaharui harganya pada setiap siklus algoritma mulai dari siklus pertama (NC=1) sampai tercapai jumlah siklus maksimum (NC=NCmax) atau sampai terjadi konvergensi.
- b. Inisialisasi kota pertama setiap semut. Setelah inisialisasi τ_{ij} dilakukan, kemudian m semut ditempatkan pada kota pertama yang telah ditentukan.

Langkah 2:

Pengisian kota pertama ke dalam *tabu list*. Hasil inisialisasi kota pertama semut pada langkah 1 harus diisikan sebagai elemen pertama *tabu list*. Hasil dari langkah ini adalah terisinya elemen pertama *tabu list* setiap semut dengan indeks kota pertama.

Langkah 3:

Penyusunan jalur kunjungan setiap semut ke setiap kota. Koloni semut yang sudah terdistribusi ke kota pertama akan mulai melakukan perjalanan dari kota pertama

sebagai kota asal dan salah satu kota lainnya sebagai kota tujuan. Kemudian dari kota kedua, masing-masing koloni semut akan melanjutkan perjalanan dengan memilih salah satu dari kota-kota yang tidak terdapat pada $tabu_k$ sebagai kota tujuan selanjutnya. Perjalanan koloni semut berlangsung terus menerus hingga mencapai kota yang telah ditentukan. Jika s menyatakan indeks urutan kunjungan, kota asal dinyatakan sebagai $tabu_k(s)$ dan kota-kota lainnya dinyatakan sebagai $\{N-tabu_k\}$, maka untuk menentukan kota tujuan digunakan persamaan probabilitas kota untuk dikunjungi sebagai berikut,

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{k' \in \{N - tabu_k\}} [\tau_{ik'}]^\alpha \cdot [\eta_{ik'}]^\beta} \text{ untuk } j \in \{N - tabu_k\} \dots\dots\dots(2.4.1.1)$$

$$k' \in \{N - tabu_k\}$$

$$p_{ij}^k = 0,$$

dengan i sebagai indeks kota asal dan j sebagai indeks kota tujuan.

Langkah 4:

- a. Perhitungan panjang jalur setiap semut. Perhitungan panjang jalur tertutup (*length closed tour*) atau L_k setiap semut dilakukan setelah satu siklus diselesaikan oleh semua semut. Perhitungan dilakukan berdasarkan $tabu_k$ masing-masing dengan persamaan berikut:

$$L_k = d_{tabu_k(n), tabu_k(1)} + \sum_{s=1}^{n-1} d_{tabu_k(s), tabu_k(s+1)} \dots\dots\dots(2.4.1.2)$$

- b. Pencarian rute terpendek. Setelah L_k setiap semut dihitung akan diperoleh harga minimal panjang jalur tertutup setiap siklus atau L_{minNC} dan harga minimal panjang jalur tertutup secara keseluruhan atau L_{min} .

c. Perhitungan perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota. Koloni semut akan meninggalkan jejak-jejak kaki pada lintasan antar kota yang dilaluinya. Adanya penguapan dan perbedaan jumlah semut yang lewat, menyebabkan kemungkinan terjadinya perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota. Persamaan perubahannya adalah:

$$\Delta \tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k \dots\dots\dots(2.4.1.3)$$

$\Delta \tau_{ij}$ adalah perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota setiap semut yang dihitung berdasarkan persamaan :

$$\Delta \tau_{ij}^k = \frac{Q}{L_k} \dots\dots\dots(2.4.1.4)$$

untuk $(i,j) \in$ kota asal dan kota tujuan dalam $tabu_k$

$\Delta \tau_{ij}^k = 0$, untuk (i,j) lainnya.

Langkah 5:

a. Perhitungan harga intensitas jejak kaki semut antar kota untuk siklus selanjutnya. Harga intensitas jejak kaki semut antar kota pada semua lintasan antar kota ada kemungkinan berubah karena adanya penguapan dan perbedaan jumlah semut yang melewati. Untuk siklus selanjutnya, semut yang akan melewati lintasan tersebut harga intensitasnya telah berubah. Harga intensitas jejak kaki semut antar kota untuk siklus selanjutnya dihitung dengan persamaan:

$$\tau_{ij} = \rho \cdot \tau_{ij} + \Delta \tau_{ij} \dots\dots\dots(2.4.1.5)$$

b. Atur ulang harga perubahan intensitas jejak kaki semut antar kota.

Untuk siklus selanjutnya perubahan harga intensitas jejak semut antar kota perlu diatur kembali agar memiliki nilai sama dengan nol.

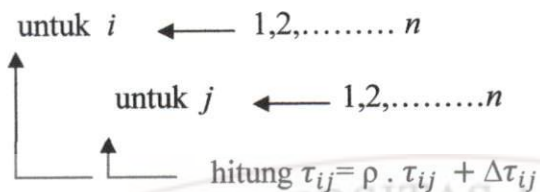
Langkah 6:

Pengosongan *tabu list*, dan ulangi langkah dua jika diperlukan. *Tabu list* perlu dikosongkan untuk diisi lagi dengan urutan kota yang baru pada siklus selanjutnya, jika jumlah siklus maksimum belum tercapai atau belum terjadi konvergensi. Algoritma diulang lagi dari langkah dua dengan harga parameter intensitas jejak kaki semut (*pheromone*) antar kota yang sudah diperbaharui.

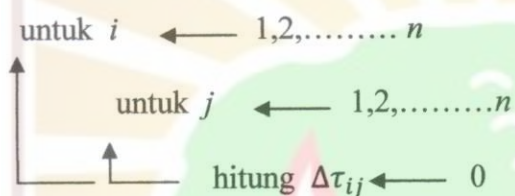


Langkah 5:

- a. Perhitungan harga intensitas jejak kaki semut antar kota untuk siklus selanjutnya.



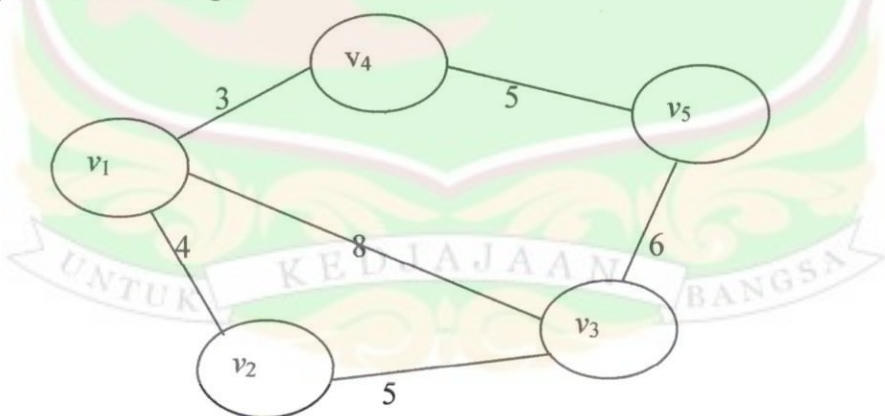
- b. Atur ulang harga perubahan intensitas jejak kaki semut antar kota.



Langkah 6: Pengosongan *tabu list* dan ulangi langkah dua jika diperlukan atau jumlah siklus maksimum belum tercapai.

3.2 Aplikasi Algoritma Semut dengan Metode Heuristik.

Jika diketahui suatu graf G dibawah ini yang ingin dicari jalur terpendek dari v_1 menuju v_5 adalah sebagai berikut :



G

Gambar 3.2.1 ilustrasi graf G dengan 5 kota (*verteks*)

Misalkan $v_1 = \text{kota1}$,

$v_2 = \text{kota2}$,

$v_3 = \text{kota3}$,

$v_4 = \text{kota 4}$,

$v_5 = \text{kota 5}$,

Untuk mencari jalur terpendek dari kota 1(kota v_1) ke kota 5(kota v_5) maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

Langkah 1 : a. Inisialisasi harga parameter-parameter algoritma.

1. Banyak kota(n) = 5

2. Tetapan intensitas jejak semut antar kota i ke kota j dan perubahannya

(τ_{ij} awal = 0,01)

Untuk $i = 1$ dan untuk $j = 1$, maka

$$\tau_{11} = 0,01$$

Untuk $i = 1$ dan untuk $j = 2$, maka

$$\tau_{12} = 0,01$$

Untuk $i = 1$ dan untuk $j = 3$, maka

$$\tau_{13} = 0,01$$

ini berlaku untuk semua sisi yang menghubungkan semua kota, sehingga semua kota memiliki *pheromone* awal = 0,01

3. Berangkat dari kota 1(kota v_1) dan kota tujuan adalah kota 5 (kota v_5).

Sedangkan untuk jarak kota i ke kota j adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(0,01)(0,2)}{(0,01)(0,25) + (0,01)(0) + (0,01)(0,2) + (0,01)(0) + (0,01)(0)} \\
 &= \frac{0,002}{0,0045} \\
 &= 0,4444
 \end{aligned}$$

Probabilitas untuk semut ke-1 adalah :

Tabel 3.2.3 Probabilitas semut ke-1

	kota v_1	kota v_2	kota v_3	kota v_4	kota v_5
P_{ij}	0	0,4444	0,1256	0	0

Semut ke-2

Dari v_1 menuju v_3 , maka

$$\begin{aligned}
 P_{13} &= \frac{(\tau_{13})^1(\eta_{13})^1}{\sum (\tau_{13})^1(\eta_{13})^1} \quad j \notin \text{tabu}_1 \\
 &= \frac{(0,01)(0,125)}{(0,01)(0,125) + (0,01)(0,2) + (0,01)(0) + (0,01)(0) + (0,01)(0,67)} \\
 &= \frac{0,00125}{0,00995} \\
 &= 0,1256
 \end{aligned}$$

Dari v_3 menuju v_5 , maka

$$\begin{aligned}
 P_{35} &= \frac{(\tau_{35})^1(\eta_{35})^1}{\sum (\tau_{35})^1(\eta_{35})^1} \quad j \notin \text{tabu}_1 \\
 &= \frac{(0,01)(0,67)}{(0,01)(0,67) + (0,01)(0,2) + (0,01)(0) + (0,01)(0) + (0,01)(0)} \\
 &= \frac{0,0067}{0,0069} \\
 &= 0,9710
 \end{aligned}$$

Semut ke-4

Dari v_1 menuju v_2 , maka

$$\begin{aligned} P_{12} &= \frac{(\tau_{12})^1(\eta_{12})^1}{\sum(\tau_{12})^1(\eta_{12})^1} \quad j \notin \text{tabu}_1 \\ &= \frac{(0,01)(0,25)}{(0,01)(0) + (0,01)(0,25) + (0,01)(0,125) + (0,01)(0,33) + (0,01)(0)} \\ &= \frac{0,0025}{0,00705} \\ &= 0,3546 \end{aligned}$$

Dari v_2 menuju v_3 , maka

$$\begin{aligned} P_{23} &= \frac{(\tau_{23})^1(\eta_{23})^1}{\sum(\tau_{23})^1(\eta_{23})^1} \quad j \notin \text{tabu}_1 \\ &= \frac{(0,01)(0,125)}{(0,01)(0) + (0,01)(0,25) + (0,01)(0,125) + (0,01)(0,33) + (0,01)(0)} \\ &= \frac{0,00125}{0,00705} \\ &= 0,1773 \end{aligned}$$

Dari v_3 menuju v_5 , maka

$$P_{ij} = 0$$

Probabilitas untuk semut ke-4 adalah :

Tabel 3.2.6 Probabilitas semut ke-4

	kota v_1	kota v_2	kota v_3	kota v_4	kota v_5
P_{ij}	0	0,3546	0,1773	0	0

Langkah 4:

a. Perhitungan panjang jalur setiap semut.

$$L_k = d_{\text{tabu}_k^{(n)}, \text{tabu}_k^{(1)}} + \sum_{s=1}^{n-1} d_{\text{tabu}_k^{(s)}, \text{tabu}_k^{(s+1)}}$$

Untuk $k = 1$, maka

$$\begin{aligned} L_1 &= d_{\text{tabu}_1^{(n)}, \text{tabu}_1^{(1)}} + \sum_{s=1}^{n-1} d_{\text{tabu}_1^{(s)}, \text{tabu}_1^{(s+1)}} \\ &= d_{11} + d_{13} + d_{35} \\ &= 0 + 8 + 5 \\ &= 13 \end{aligned}$$

Untuk $k = 2$, maka

$$\begin{aligned} L_2 &= d_{\text{tabu}_2^{(n)}, \text{tabu}_2^{(1)}} + \sum_{s=1}^{n-1} d_{\text{tabu}_2^{(s)}, \text{tabu}_2^{(s+1)}} \\ &= d_{11} + d_{13} + d_{35} \\ &= 0 + 8 + 6 \\ &= 14 \end{aligned}$$

Untuk $k = 3$, maka

$$\begin{aligned} L_3 &= d_{\text{tabu}_3^{(n)}, \text{tabu}_3^{(1)}} + \sum_{s=1}^{n-1} d_{\text{tabu}_3^{(s)}, \text{tabu}_3^{(s+1)}} \\ &= d_{11} + d_{14} + d_{45} \\ &= 0 + 3 + 5 \\ &= 8 \end{aligned}$$

Untuk $k = 1$, maka

$$\Delta \tau_{13}^1 = \frac{1}{13}$$

$$\Delta \tau_{32}^1 = \frac{1}{13} \text{ tidak sampai tujuan kota } v_5$$

Untuk $k = 2$, maka

$$\Delta \tau_{13}^2 = \frac{1}{14}$$

$$\Delta \tau_{35}^2 = \frac{1}{14}$$

Diperoleh untuk $k = 2$, maka perubahan *pheromone* adalah $\frac{1}{14} + \frac{1}{14} = \frac{2}{14}$

Untuk $k = 3$, maka

$$\Delta \tau_{14}^3 = \frac{1}{8}$$

$$\Delta \tau_{45}^3 = \frac{1}{8}$$

Diperoleh untuk $k = 3$, maka perubahan *pheromone* adalah $\frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{2}{8}$

Untuk $k = 4$, maka

$$\Delta \tau_{12}^4 = \frac{1}{15}$$

$$\Delta \tau_{23}^4 = \frac{1}{15}$$

$$\Delta \tau_{35}^4 = \frac{1}{15}$$

Diperoleh untuk $k = 4$, maka perubahan *pheromone* adalah $\frac{1}{15} + \frac{1}{15} + \frac{1}{15} = \frac{3}{15}$

Sehingga untuk perubahan harga intensitas adalah

$$\begin{aligned} \Delta \tau_{15} &= \sum_{k=1}^4 \Delta \tau_{ij}^k \\ &= \Delta \tau_{ij}^1 + \Delta \tau_{ij}^2 + \Delta \tau_{ij}^3 + \Delta \tau_{ij}^4 \\ &= 0 + 0,1429 + 0,125 + 0,2 \\ &= 0,4679 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk perubahan *pheromone* tiap kota adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2.8 Perubahan *pheromone* tiap kota

Kota	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5
v_1	0	0,0667	0,1483	0,125	0
v_2	0	0	0,0667	0	0
v_3	0	0,0769	0	0	0,1381
v_4	0	0	0	0	0,125
v_5	0	0	0	0	0

Langkah 5:

- a. Perhitungan harga intensitas jejak kaki semut antar kota untuk siklus selanjutnya. Harga intensitas jejak kaki semut antar kota pada semua lintasan antar kota ada kemungkinan berubah karena adanya penguapan dan perbedaan jumlah semut yang melewati. Untuk siklus selanjutnya, semut yang akan melewati lintasan tersebut harga intensitasnya telah berubah. Harga intensitas jejak kaki semut antar kota untuk siklus selanjutnya dihitung dengan persamaan (2.4.1.5) yaitu :

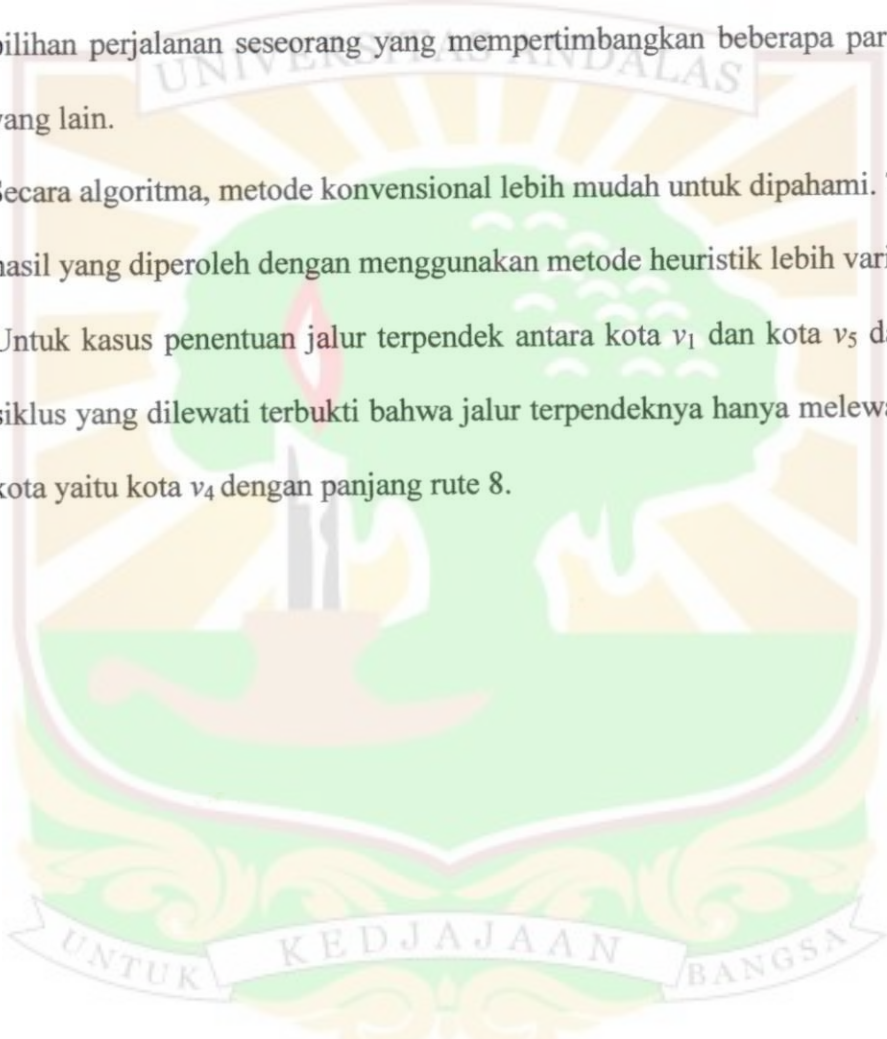
$$\tau_{ij} = \rho \cdot \tau_{ij} + \Delta \tau_{ij} \text{ dengan } \rho = 0,50$$

BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

- a. Pemanfaatan teknologi informasi pada pencarian jalur terpendek menghasilkan suatu hasil yang lebih akurat dalam kasus ini, yaitu untuk pilihan perjalanan seseorang yang mempertimbangkan beberapa parameter yang lain.
- b. Secara algoritma, metode konvensional lebih mudah untuk dipahami. Tetapi hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode heuristik lebih variatif.
- c. Untuk kasus penentuan jalur terpendek antara kota v_1 dan kota v_5 dari dua siklus yang dilewati terbukti bahwa jalur terpendeknya hanya melewati satu kota yaitu kota v_4 dengan panjang rute 8.



DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Izawati, Sri. 2009. *Penerapan Algoritma Semut Pada Penyelesaian Travelling Salesman Problem (TSP) dengan Matlab 7.0.1*. Universitas Andalas: Padang.
- Leksono, Agus. 2009. *Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) untuk Menyelesaikan Traveling Salesman Problem (TSP)*. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Mira. 2007. *Metode Heuristik Ketetenggaan Terdekat dalam Rancangan Pemasaran Produksi di PT. Amanah Insanillahia*. Universitas Andalas: Padang.
- Munir, Rinaldi . 2005. *Matematika Diskrit edisi ketiga*. Informatika Bandung.
- Mutakhirah, I. Saptono, F. Hasanah, N dan Wiryadinata, R. (2007). *Pemanfaatan Metode Heuristik dalam Pencarian Jalur Terpendek dengan Algoritma Semut dan Algoritma Genetik*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi. ISSN: 1907-5022. Yogyakarta.
- Ringel, Gerhard. *Pearls in Graph Theory a Comprehensive Introduction Revised and Augmented*. Department of Mathematics University of California Santa Cruz: California.
- Wardy, I. S. 2007. *Penggunaan Graph dalam Algoritma Semut untuk Melakukan Optimisasi*. Program studi Teknik Informatika, ITB: Bandung.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan pada tanggal 26 April 1988 di Sendang Mulyo, Padang Bintungan, Nag. Sialang Gaung, Kab. Dharmasraya, dari ayah yang bernama Suropto dan ibu Mijem. Penulis tamat SD 15 Padang Bintungan pada tahun 2000, tamat di SMPN 3 Dharmasraya pada tahun 2003, dan tamat di SMAN 1 Dharmasraya pada tahun 2006, setelah tamat SMA penulis bekerja di PT Tri Teguh Manunggal Sejati Garuda Food Group Plant L Pekan Baru sampai tahun 2007 dan tahun 2007 itu juga

penulis melanjutkan ke jenjang Universitas dan alhamdulillah penulis adalah salah satu penerima beasiswa program S1 Basic Science ikatan dinas berasrama dari kabupaten Dharmasraya, kemudian penulis menamatkan pendidikan program S1 guru berasrama (Basic Science) di Universitas Andalas Padang, sekaligus mendapat gelar sarjana.

