

SKRIPSI

PENYELESAIAN *MULTIPLE TRAVELING SALESMAN PROBLEM* (MTSP) DENGAN *ALGORITMA FIREFLY*



Aldy Marcellino Christian

NPM: 2013730005

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2020**

UNDERGRADUATE THESIS

**SOLUTION FOR MULTIPLE TRAVELING SALESMAN
PROBLEM (MTSP) WITH FIREFLY ALGORITHM**



Aldy Marcellino Christian

NPM: 2013730005

**DEPARTMENT OF INFORMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

PENYELESAIAN *MULTIPLE TRAVELING SALESMAN PROBLEM* (MTSP) DENGAN *ALGORITMA FIREFLY*

Aldy Marcellino Christian

NPM: 2013730005

Bandung, 5 Januari 2020

Menyetujui,

Pembimbing

Dr.rer.nat. Cecilia Esti Nugraheni

Ketua Tim Penguji

Anggota Tim Penguji

Husnul Hakim, M.T.

Luciana Abednego, M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

PENYELESAIAN *MULTIPLE TRAVELING SALESMAN PROBLEM* (MTSP) DENGAN *ALGORITMA FIREFLY*

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 5 Januari 2020

Meterai Rp. 6000

Aldy Marcellino Christian
NPM: 2013730005

ABSTRAK

Multiple traveling salesman problem (MTSP) adalah pengembangan dari permasalahan *traveling salesman problem* (TSP). Dalam MTSP, terdapat m orang *salesman* ($m > 1$) yang akan mengunjungi n buah simpul kota pada sebuah graf peta masing-masing tepat satu kali, kecuali simpul kota tempat keberangkatan dan ketibaan (*depot*) pada setiap rute perjalanan. Tujuan dari MTSP adalah mencari solusi berupa rute perjalanan minimum pada graf peta.

Algoritma *firefly* akan diimplementasikan untuk mencari solusi MTSP. Algoritma *firefly* adalah suatu teknik *meta*-heuristik yang meniru perilaku kunang-kunang di alam. Kunang-kunang memiliki kemampuan untuk mengeluarkan cahaya dari dalam tubuhnya untuk mampu bertahan hidup di alam. Algoritma *firefly* mengibaratkan intensitas cahaya kunang-kunang sebagai calon nilai solusi suatu permasalahan. Semakin kuat intensitas cahaya seekor kunang-kunang, maka nilai solusinya dianggap semakin mendekati nilai solusi permasalahan. Semakin redup cahaya seekor kunang-kunang, maka nilai solusinya akan semakin tidak mendekati solusi permasalahan. Kunang-kunang dalam algoritma *firefly* juga memiliki derajat ketertarikan (*degree of attractiveness*). *Degree of attractiveness* adalah ukuran kemampuan seekor kunang-kunang untuk menarik kunang-kunang lainnya dengan cahayanya.

Hasil dari penelitian dalam skripsi ini adalah algoritma *firefly* dapat diimplementasikan untuk mencari solusi MTSP dengan sistem *single depot*, yaitu rute minimum yang dapat ditempuh oleh seluruh *salesman* berjumlah m yang mengelilingi n buah simpul kota pada sebuah graf peta masing-masing tepat satu kali pada setiap rute yang ditempuh oleh setiap *salesman*. Algoritma *firefly* mampu untuk mencari solusi MTSP apabila *input* graf peta adalah graf peta terhubung lengkap berbobot dan jumlah *salesman* antara 2 sampai dengan $n - 2$.

Kata-kata kunci: *multiple traveling salesman problem*, *salesman*, rute minimum, algoritma *firefly*, intensitas cahaya, *degree of attractiveness*

ABSTRACT

Multiple traveling salesman problem is a development from traveling salesman problem (TSP). In TSP, there are m people of salesman ($m > 1$) who will visit n amount of city nodes in a map graph, each of them once except the city node of arrival and departure (depot). The goal of MTSP is to find a solution, which is the minimum traveling route in the map graph.

Firefly algorithm will be implemented to find MTSP solution. Firefly algorithm is a meta-heuristic technique that imitates fireflies' behavior in nature. Fireflies have the ability to produce light from their bodies to survive in nature. Firefly algorithm likens the light intensity of the fireflies as a solution value of a problem. The lighter the light intensity of a firefly, its solution value is considered closer to the problem's solution value. The dimmer the light intensity of a firefly, its solution value is considered farther to the problem's solution value. Fireflies in firefly algorithm have a degree of attractiveness. Degree of attractiveness is a degree of ability a firefly has to charm other fireflies with its light.

The result of this research in the thesis is firefly algorithm could be implemented to find MTSP solution with single depot system, that is the minimum route that can be traveled by all of m people of salesman who will traverse n amount of city nodes in a map graph, each of the salesman will visit once each of the city node once in every route traversed by every salesman. Firefly algorithm can find MTSP solution if only map graph input is a weighted completely connected map graph and the amount of salesman is from 2 until $n - 2$.

Keywords: multiple traveling salesman problem, salesman, minimum route, firefly algorithm, light intensity, degree of attractiveness

Dolor transit, gloria aeterna

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan kuasa-Nya selama proses penulisan skripsi ini sehingga skripsi ini dapat selesai. Saya ingin berterima kasih kepada beberapa pihak yang membantu dan mendukung selama proses penulisan skripsi ini:

1. Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan rahmat-Nya yang selalu ada untuk saya selama proses penulisan dan pengerjaan skripsi ini.
2. Papi dan Mami, Hendry Sumarli dan Lela Chandra yang tidak pernah menyerah atas saya walaupun saya seringkali menyerah dengan diri saya.
3. Adik dan sahabat saya sejak kecil, Devie Stephannie Esmeralda yang sedang menempuh kuliah di Jerman. Terima kasih atas setiap obrolan dan canda via Whatsapp Call yang selalu memotivasi saat saya lelah dalam proses pengerjaan skripsi.
4. Opa dan Oma, alm. Djatmoko Chandra dan Melawati Simon yang selalu merawat saya sejak kecil dengan sabar dan penuh cinta kasih serta mengajarkan saya untuk menjadi orang yang tabah dan pantang menyerah dalam menghadapi tantangan hidup.
5. Ibu Cecilia Esti Nugraheni sebagai pembimbing skripsi saya. Terima kasih Bu atas bimbingan dan saran-sarannya selama proses penulisan dan pengerjaan skripsi. Terima kasih juga atas waktu yang Ibu luangkan untuk memberi saya waktu bimbingan tambahan agar saat sidang saya dapat menjelaskan skripsi dengan baik.
6. Pak Husnul Hakim dan Ci Luciana Abednego sebagai penguji sidang skripsi saya. Terima kasih atas masukan-masukan saat sidang untuk memperbaiki skripsi ini.
7. Ci Natalia sebagai mantan pembimbing skripsi saya yang membantu proses penggantian topik skripsi.
8. Michael Adrian, sahabat saya di IT Unpar dari semester awal sampai akhir. Terima kasih atas bantuannya dari kuliah PBO sampai skripsi ini dan waktunya untuk membantu proses pengerjaan dokumen dan program skripsi. Terima kasih buat selalu jadi tong sampah saat lagi kesal dan galau.
9. Sebagian teman-teman IT Unpar angkatan 2013 yang masih peduli dan menanyakan kabar saya. Terima kasih sudah perhatian. Semoga karir kalian selalu sukses.
10. Teman-teman IT Unpar angkatan 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, dan 2018 yang saya kenal. Terima kasih, kalian adalah guru-guru tak resmi saya dalam pelajaran hidup. Untuk yang belum lulus, saya doakan agar kalian cepat lulus dan dapat pekerjaan yang layak.
11. LKM dan MPM Unpar periode 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, dan 2017/2018 yang sudah membantu membeli barang jualan saya untuk menopang finansial saya selama perkuliahan. Maaf kalo saya nawarin jualan udah kaya rentenir.

12. Dosen-dosen FTIS, FE, FH, FISIP, FT, FTI, dan LPH yang juga membeli jualan saya. Terima kasih juga untuk waktunya buat saya ganggu buat nawarin jualan.
13. Teman-teman SMAK 1 BPK Penabur Bandung yang dari pertanyaan "Kapan lulus?" selalu memotivasi saya untuk cepat lulus karena saya adalah satu-satunya orang di angkatan yang belum lulus kuliah.
14. Family in Christ (Ci Yanny, Ci Giz, Ko Danny, Ci Natally, Ko Cangcin, Ko Hojin, Ko Bemo, Misha, Ci Cinpris, Ko Ricat, Rendy, dll) yang selalu mendoakan dan memotivasi saya untuk cepat lulus. Terima kasih atas siraman dan wejangan rohaninya setiap Selasa.
15. Yumaju Coffee yang sudah menyediakan tempat yang nyaman untuk menulis skripsi. Terima kasih buat Ko Harry Jovian, Mas Aiman, Andre, Ucup, Fiqly, Shendy, dll untuk seduhan ice latte My Hope dengan kandungan kafein buat bantu konsentrasi selama proses pengerjaan skripsi dan Wi-Fi yang kencang yang dipakai mulai dari download paper sampai nonton Game of Thrones di HBO Go. Terima kasih juga buat Warga Yumaju (Oji, Zaki, Ibu Gope, Adhie, Mas Niko, Yuvi, Ramzi, Domi, dll) atas obrolan-obrolan berfaedahnya dan tidak berfaedahnya. Terima kasih pula untuk seluruh cerita kejar passion dan impian.
16. Siapapun yang membaca skripsi ini sebagai referensi. Mohon maaf apabila skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Semoga skripsi ini mengingatkan kalian bahwa perjuangan selalu menghasilkan yang terbaik.
17. To the only one who has been in my heart since 2012. Thank you for being my source of strength when I stumble in my life and teaching me to be a loyal and better man. Still waiting for us to sip a cup of coffee and have a chat about what has happened from 2012 until now.

Bandung, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Deskripsi Perangkat Lunak	2
1.5 Batasan Masalah	2
1.6 Metodologi	2
1.7 Sistematika Pembahasan	3
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Graf [1]	5
2.1.1 Sejarah Teori Graf	6
2.1.2 Jenis-jenis Graf	7
2.1.3 Terminologi Graf	8
2.1.4 Representasi Graf	10
2.1.5 Lintasan dan Sirkuit Euler	12
2.1.6 Lintasan dan Sirkuit Hamilton	14
2.2 <i>Traveling Salesman Problem</i> [1]	14
2.3 <i>Multiple Traveling Salesman Problem</i>	16
2.4 Algoritma <i>Firefly</i> [2]	17
3 ANALISIS	21
3.1 Analisis <i>Multiple Traveling Salesman Problem</i> (MTSP)	21
3.2 Analisis Algoritma <i>Firefly</i>	23
3.3 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak	25
3.3.1 Analisis Kebutuhan Antarmuka Perangkat Lunak	26
3.3.2 Analisis Kebutuhan Fungsional Perangkat Lunak	26
3.4 Diagram <i>Use Case</i>	26
4 PERANCANGAN	29
4.1 Perancangan Alur Kerja	29
4.2 Perancangan Masukan	31
4.3 Perancangan Keluaran	31
4.4 Perancangan Antarmuka	32
4.5 Diagram Kelas	33

4.5.1	CityNetwork	35
4.5.2	mTSP	36
4.5.3	Firefly	37
4.5.4	Fitness	40
4.5.5	Process	41
4.5.6	ParamMTSP	41
4.5.7	InputNetwork	41
4.5.8	MainFrame	42
5	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	45
5.1	Lingkungan Perangkat Keras	45
5.2	Lingkungan Perangkat Lunak	45
5.3	Implementasi	45
5.4	Pengujian Fungsional	46
5.5	Pengujian Eksperimental	49
6	KESIMPULAN DAN SARAN	55
6.1	Kesimpulan	55
6.2	Saran	55
	DAFTAR REFERENSI	57
	A KODE PROGRAM	59
	B HASIL EKSPERIMEN	69

DAFTAR GAMBAR

2.1	Ilustrasi graf 1	5
2.2	Ilustrasi graf 2	5
2.3	Ilustrasi graf 3	6
2.4	Ilustrasi jembatan kota Königsberg	6
2.5	Pemodelan graf untuk permasalahan jembatan kota Königsberg	7
2.6	Ilustrasi graf berarah	8
2.7	Ilustrasi graf berarah	9
2.8	Ilustrasi graf tidak berarah terhubung	9
2.9	Ilustrasi graf tidak berarah tidak terhubung	10
2.10	Ilustrasi graf berbobot	10
2.11	Ilustrasi matriks ketetanggaan untuk graf tidak berarah	10
2.12	Ilustrasi matriks ketetanggaan untuk graf berarah	11
2.13	Ilustrasi matriks ketetanggaan untuk graf berbobot	11
2.14	Ilustrasi matriks ketetanggaan untuk graf berbobot	11
2.15	Ilustrasi graf berbobot	12
2.16	Ilustrasi representasi <i>linked list</i> untuk graf berbobot	12
2.17	Ilustrasi graf semi-Euler	13
2.18	Ilustrasi graf Euler	13
2.19	Ilustrasi graf semi-Euler	13
2.20	Ilustrasi graf Euler	14
2.21	Ilustrasi graf semi-Hamilton	14
2.22	Ilustrasi graf Hamilton	14
2.23	Ilustrasi graf peta lima buah kota di Amerika Serikat [3]	15
2.24	Diagram alir (<i>flow-chart</i>) algoritma <i>firefly</i>	19
3.1	Ilustrasi rute minimal 1	22
3.2	Ilustrasi rute minimal 2	23
3.3	Ilustrasi kunang-kunang	24
3.4	Ilustrasi kunang-kunang pada saat algoritma <i>firefly</i> berjalan	24
3.5	Diagram <i>use case</i>	26
4.1	Diagram alir (<i>flow-chart</i>) alur kerja perangkat lunak	29
4.2	Contoh masukan <i>file</i> graf peta	31
4.3	Perancangan keluaran (<i>output</i>) saat perangkat lunak sedang memroses keluaran akhir	32
4.4	Perancangan keluaran (<i>output</i>) perangkat lunak	32
4.5	Perancangan GUI perangkat lunak	33
4.6	Diagram Kelas	34
4.7	Diagram Kelas	35
4.8	Kelas CityNetwork	36
4.9	Kelas mTSP	36
4.10	Kelas Firefly	37
4.11	Kelas f_xj	40
4.12	Kelas Fitness	40

4.13	Kelas Process	41
4.14	Kelas MainFrame	41
4.15	Kelas InputNetwork	42
4.16	Kelas MainFrame	43
5.1	Pengguna mengisi jumlah <i>salesman</i>	46
5.2	Pengguna mengisi jumlah iterasi	46
5.3	Pengguna mengisi jumlah kunang-kunang	47
5.4	Pengguna memilih <i>file</i> graf peta yang akan dicari solusinya	47
5.5	Pengguna mengunggah <i>file</i> graf peta yang akan dicari solusinya	48
5.6	Pengguna menekan tombol <i>solution</i>	48
5.7	Perangkat lunak menampilkan proses pencarian solusi graf peta	49
5.8	Perangkat lunak menampilkan solusi graf peta	49
5.9	fileInput5x5.txt	50
5.10	Graf peta enam buah kota di Australia	51
5.11	fileInput6x6.txt	51
B.1	Eksperimen skenario 1 dengan jumlah <i>salesman</i> 2, iterasi 50, kunang-kunang 50	69
B.2	Eksperimen skenario 1 dengan jumlah <i>salesman</i> 2, iterasi 60, kunang-kunang 60	69
B.3	Eksperimen skenario 1 dengan jumlah <i>salesman</i> 2, iterasi 70, kunang-kunang 70	70
B.4	Eksperimen skenario 1 dengan jumlah <i>salesman</i> 2, iterasi 80, kunang-kunang 80	70
B.5	Eksperimen skenario 1 dengan jumlah <i>salesman</i> 2, iterasi 90, kunang-kunang 90	70
B.6	Eksperimen skenario 1 dengan jumlah <i>salesman</i> 2, iterasi 100, kunang-kunang 100	71
B.7	Eksperimen skenario 1 dengan jumlah <i>salesman</i> 3, iterasi 50, kunang-kunang 50	71
B.8	Eksperimen skenario 1 dengan jumlah <i>salesman</i> 3, iterasi 60, kunang-kunang 60	71
B.9	Eksperimen skenario 1 dengan jumlah <i>salesman</i> 3, iterasi 70, kunang-kunang 70	72
B.10	Eksperimen skenario 1 dengan jumlah <i>salesman</i> 3, iterasi 80, kunang-kunang 80	72
B.11	Eksperimen skenario 1 dengan jumlah <i>salesman</i> 3, iterasi 90, kunang-kunang 90	72
B.12	Eksperimen skenario 1 dengan jumlah <i>salesman</i> 3, iterasi 100, kunang-kunang 100	73
B.13	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 2, iterasi 50, kunang-kunang 50	73
B.14	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 2, iterasi 60, kunang-kunang 60	73
B.15	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 2, iterasi 70, kunang-kunang 70	74
B.16	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 2, iterasi 80, kunang-kunang 80	74
B.17	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 2, iterasi 90, kunang-kunang 90	74
B.18	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 2, iterasi 100, kunang-kunang 100	75
B.19	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 3, iterasi 50, kunang-kunang 50	75
B.20	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 3, iterasi 60, kunang-kunang 60	75
B.21	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 3, iterasi 70, kunang-kunang 70	76
B.22	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 3, iterasi 80, kunang-kunang 80	76
B.23	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 3, iterasi 90, kunang-kunang 90	76
B.24	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 3, iterasi 100, kunang-kunang 100	77
B.25	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 4, iterasi 50, kunang-kunang 50	77
B.26	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 4, iterasi 60, kunang-kunang 60	77
B.27	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 4, iterasi 70, kunang-kunang 70	78
B.28	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 4, iterasi 80, kunang-kunang 80	78
B.29	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 4, iterasi 90, kunang-kunang 90	78
B.30	Eksperimen skenario 2 dengan jumlah <i>salesman</i> 4, iterasi 100, kunang-kunang 100	79

DAFTAR TABEL

2.1	<i>Adjacency list</i> untuk graf pada Gambar 2.14	12
2.2	Tabel rute antar kota yang dapat ditempuh <i>salesman</i> dan total jarak setiap rute bagian 1	15
2.3	Tabel rute antar kota yang dapat ditempuh <i>salesman</i> dan total jarak setiap rute bagian 2	16
3.1	Tabel rute perjalanan 1	21
3.2	Tabel rute perjalanan 2	22
5.1	Lingkungan perangkat keras untuk pengujian perangkat lunak	45
5.2	Lingkungan perangkat lunak untuk pengujian perangkat lunak	45
5.3	Tabel pengujian eksperimental perangkat lunak 1	50
5.4	Tabel pengujian eksperimental perangkat lunak 2 bagian 1	51
5.5	Tabel pengujian eksperimental perangkat lunak 2 bagian 2	52

BAB 1

PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah topik skripsi, rumusan masalah skripsi, tujuan penulisan skripsi, deskripsi perangkat lunak, batasan masalah skripsi, metodologi penelitian skripsi, dan sistematika penulisan dokumen skripsi.

1.1 Latar Belakang

Multiple traveling salesman problem atau MTSP adalah pengembangan dari permasalahan *traveling salesman problem* (TSP). Dalam TSP, terdapat satu orang *salesman* yang akan mengunjungi n buah simpul kota dalam sebuah graf peta masing-masing tepat satu kali (kecuali kota awal dan akhir keberangkatan atau *depot*) pada setiap rute perjalanan yang ditempuh. TSP akan mencari rute minimum yang dapat ditempuh oleh *salesman* tersebut. Dalam MTSP, terdapat m orang *salesman* ($m > 1$) yang akan mengunjungi n buah simpul kota. [4]

Untuk mencari solusi MTSP, skripsi ini akan menggunakan implementasi algoritma *firefly*. Algoritma *firefly* adalah suatu teknik *meta*-heuristik yang meniru perilaku kunang-kunang di alam. Kunang-kunang memiliki kemampuan untuk mengeluarkan cahaya dari dalam tubuhnya untuk bertahan hidup di alam. Algoritma *firefly* mengibaratkan intensitas cahaya kunang-kunang sebagai calon nilai solusi suatu permasalahan. Semakin kuat intensitas cahaya seekor kunang-kunang, maka calon nilai solusinya dianggap semakin mendekati nilai solusi permasalahan. Semakin redup cahaya seekor kunang-kunang, maka calon nilai solusinya akan semakin tidak mendekati nilai solusi permasalahan. Kunang-kunang dalam algoritma *firefly* juga memiliki *degree of attractiveness*. *Degree of attractiveness* adalah ukuran kemampuan seekor kunang-kunang untuk menarik kunang-kunang lainnya dengan cahayanya. [2]

Dalam implementasi algoritma *firefly*, terdapat dua hal penting yang perlu diperhatikan. Pertama, intensitas cahaya seekor kunang-kunang harus diatur agar memenuhi kriteria nilai solusi permasalahan yang akan diselesaikan. Kedua, rumus untuk *degree of attractiveness* juga perlu didefinisikan agar seekor kunang-kunang dapat menarik kunang-kunang lainnya. *Degree of attractiveness* seekor kunang-kunang tergantung pada jarak (r) dia berada dengan kunang-kunang lainnya. Pengaruh jarak (r) akan berbanding terbalik dengan intensitas cahaya kunang-kunang (I). Semakin jauh jaraknya, intensitas cahaya kunang-kunang tersebut akan berkurang sehingga menyebabkan *degree of attractiveness* berkurang. [2]

Pada skripsi ini, algoritma *firefly* akan diimplementasikan untuk mencari penyelesaian atau solusi MTSP, yaitu total rute minimum dari rute-rute yang dapat ditempuh oleh masing-masing *salesman*. Algoritma *firefly* akan memroses setiap rute total yang ditempuh oleh setiap *salesman*. Nilai-nilai rute total akan disimpan di dalam kunang-kunang sebagai nilai intensitas cahaya. Semakin besar nilai intensitas cahaya seekor kunang-kunang, maka nilai rute totalnya akan semakin kecil (menuju ke minimum dan semakin mendekati nilai optimal solusi MTSP). Semakin kecil nilai intensitas cahaya seekor kunang-kunang, maka nilai rute totalnya akan semakin besar (menuju ke maksimum dan semakin menjauhi nilai optimal solusi MTSP). Pada setiap generasi, algoritma *firefly* akan mencari nilai kunang-kunang dengan intensitas cahaya terbesar. Kunang-kunang dengan nilai intensitas cahaya terbesar pada akhir generasi akan menjadi solusi MTSP.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam skripsi ini adalah:

- Bagaimana cara mencari solusi *multiple traveling salesman problem* dengan algoritma *firefly*?

1.3 Tujuan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah:

- Mencari solusi *multiple traveling salesman problem*, yaitu total rute minimum dari rute-rute yang dapat ditempuh oleh masing-masing *salesman* dengan merancang dan membuat perangkat lunak dengan implementasi algoritma *firefly*.

1.4 Deskripsi Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang akan dirancang dan dibuat akan memiliki kemampuan dapat mengeluarkan solusi *multiple traveling salesman problem*, yaitu *depot* simpul kota, simpul-simpul kota yang ditempuh oleh setiap *salesman*, dan total rute minimum berupa nilai jarak rute yang ditempuh oleh setiap *salesman*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah pada perangkat lunak dalam skripsi ini adalah:

1. *Multiple traveling salesman problem* (MTSP) pada skripsi ini menggunakan sistem *single depot* (setiap *salesman* akan berangkat dan kembali pada simpul kota yang sama).
2. Perangkat lunak hanya mampu mengeluarkan solusi MTSP apabila masukan graf peta yang hendak dicari solusinya merupakan graf terhubung lengkap berbobot positif.
3. Jumlah simpul kota (n) dalam graf peta harus lebih besar dari jumlah *salesman* (m) ($n > m$), dengan jumlah maksimal m adalah $n - 1$.

1.6 Metodologi

Metodologi penelitian untuk skripsi ini adalah:

1. Studi literatur

Studi-studi literatur yang akan dipelajari untuk landasan-landasan teori skripsi adalah:

- Studi literatur teori graf
- Studi literatur *multiple traveling salesman problem* (MTSP)
- Studi literatur algoritma *firefly*

2. Analisis perangkat lunak

Analisis-analisis untuk merancang dan membuat perangkat lunak adalah:

- Analisis *multiple traveling salesman problem* (MTSP)
- Analisis algoritma *firefly*

- Analisis kebutuhan-kebutuhan antarmuka perangkat lunak
 - Analisis kebutuhan-kebutuhan fungsional perangkat lunak
 - Analisis diagram *use case* perangkat lunak
3. Perancangan perangkat lunak
- Perancangan-perancangan untuk membuat perangkat lunak adalah:
- Perancangan masukan (*input*) perangkat lunak
 - Perancangan keluaran (*output*) perangkat lunak
 - Perancangan diagram alir (*flow-chart*) alur proses perangkat lunak
 - Perancangan diagram kelas (*class diagram*) perangkat lunak
4. Implementasi dan pengujian perangkat lunak
- Implementasi-implementasi pada perangkat lunak adalah:
- Implementasi tampilan antarmuka (GUI) perangkat lunak
 - Implementasi kode program perangkat lunak
- Pengujian-pengujian pada perangkat lunak adalah:
- Pengujian fungsional perangkat lunak
 - Pengujian eksperimental perangkat lunak
5. Mengambil kesimpulan dari hasil pengujian perangkat lunak

1.7 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan untuk skripsi ini adalah:

1. Bab 1
Bab 1 berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penulisan skripsi, deskripsi perangkat lunak, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika pembahasan.
2. Bab 2
Bab 2 berisi tentang landasan teori yang digunakan untuk mendukung dasar-dasar analisis dan perancangan perangkat lunak, yaitu teori graf, *traveling salesman problem*, *multiple traveling salesman problem*, dan algoritma *firefly*.
3. Bab 3
Bab 3 berisi tentang analisis MTSP, analisis algoritma *firefly*, dan diagram *use case*.
4. Bab 4
Bab 4 berisi tentang perancangan alur kerja perangkat lunak, antarmuka (*graphical user interface*), masukan (*input*), keluaran (*output*), dan diagram kelas (*class diagram*).
5. Bab 5
Bab 5 berisi tentang implementasi (antarmuka dan kode program) dan pengujian (fungsional dan eksperimental) perangkat lunak.
6. Bab 6
Bab 6 berisi tentang kesimpulan dari hasil pengujian perangkat lunak dan saran-saran untuk pengembangan penelitian sejenis untuk di waktu yang akan datang.