

PENERAPAN *MODIFIED FIREFLY ALGORITHM* PADA *ORIENTEERING PROBLEM*

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar sarjana dalam bidang ilmu Teknik Industri

Disusun oleh :

Nama : Rainer Rafferty Pramudi
NPM : 2014610175



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2018**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**



Nama : Rainer Rafferty Pramudi
NPM : 2014610175
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : PENERAPAN MODIFIED FIREFLY ALGORITHM
PADA ORIENTEERING PROBLEM

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, Agustus 2018

Ketua Program Studi Teknik Industri

(Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M.)

Dosen Pembimbing I

(Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M.)

Dosen Pembimbing II

(Fran Setiawan, S.T., M.Sc.)



Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan



Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Rainer Rafferty Pramudi

NPM : 2014610175

dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan judul :

"PENERAPAN MODIFIED FIREFLY ALGORITHM PADA ORIENTEERING PROBLEM"

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya.

Bandung, 6 Agustus 2018

Rainer Rafferty Pramudi

NPM: 2014610175

ABSTRAK

Pada tahun 2017, Indonesia menduduki peringkat ke-4 tertinggi di Asia Tenggara dalam jumlah kedatangan wisatawan mancanegara. Melihat hal tersebut, pemerintah Indonesia mencoba untuk meningkatkan sektor pariwisata. Dalam industri pariwisata, penentuan rute perjalanan adalah hal yang terpenting. Penentuan rute perjalanan menjadi penting karena perlu memperhitungkan bagaimana memberikan kepuasan konsumen paling tinggi berdasarkan destinasi yang dikunjungi. Menentukan rute perjalanan pariwisata bukan hal yang mudah karena adanya batasan jarak yang ditawarkan oleh Biro Perjalanan Wisata. Permasalahan penentuan rute perjalanan ini dapat dimodelkan sebagai *Orienteering Problem* (OP).

Pada penelitian ini, permasalahan OP akan diselesaikan dengan menggunakan *Modified Firefly Algorithm* (MFA). MFA adalah hasil modifikasi dari *Firefly Algorithm* (FA), dimana FA adalah algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari tingkah laku kunang-kunang dalam bergerak mencari pasangannya. Pada FA, pergerakan acak kunang-kunang selalu dilakukan bersamaan dengan pergerakan tertarik ketika melihat kunang-kunang yang lebih terang. Hasil modifikasi ini memungkinkan kunang-kunang melakukan pergerakan acak saja ketika kunang-kunang tidak melihat kunang-kunang yang lebih terang.

Performansi MFA kemudian dibandingkan dengan *Ant Colony Algorithm* (ACO), *CGW Heuristics*, dan *Genetic Algorithm* (GA), yang juga pernah menyelesaikan OP sebelumnya. MFA memiliki performansi yang lebih buruk pada 20 kasus dan seimbang pada 29 kasus sisanya. Secara keseluruhan, MFA memiliki rata-rata *error* sebesar 1,06% dari pembandingnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa keempat parameter MFA, yaitu jumlah populasi kunang-kunang (n), *randomization parameter* (α), *attractiveness* (β), dan koefisien penyerapan cahaya (γ) serta interaksinya cenderung tidak berpengaruh pada seluruh kasus.

ABSTRACT

In 2017, Indonesia was the 4th most visited country by international tourists in Southeast Asia. In regard to this, the Indonesian government has tried to improve the tourism industry in the country. One of the important key factors of travel in the tourism industry is planning one's travel itinerary. Planning and itinerary is an important thing because it has to give high customer's satisfaction according to the chosen destination. An itinerary is not easily planned because of many constraints, including distance, set by travel agents. This problem can be modelled as an Orienteering Problem (OP).

This research solved OP problems using a Modified Firefly Algorithm (MFA). MFA is the result of FA that is modified where FA is a metaheuristic algorithm inspired by how fireflies move about searching for another firefly (partner). In FA, the random moves that is made by a firefly always done at the same time with moving towards other fireflies which has brighter lights. The result of this modification allows the firefly to have random movements without the attractive moves made by brighter fireflies.

The performance of MFA is then compared with other metaheuristic algorithms that solved OP before this research, they are Ant Colony Algorithm (ACO), CGW Heuristics, and the Genetic Algorithm (GA). The performance of the MFA was worse in 20 cases, where the other 29 cases MFA equals to the other compared algorithms. Overall, MFA has 1,06% error from the compared algorithms This research tested the parameters of: the population of fireflies (n), a randomization parameter (α), attractiveness (β), and a light absorption coefficient (γ). Results from the research showed that all of them, including the interactions did not affect the performance of the MFA in an Orienteering Problem significantly.

KATA PENGANTAR

Pertama-tama, penulis ingin mengucapkan syukur kepada Tuhan yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat yang diberikan, laporan skripsi dengan judul “Penerapan *Modified Firefly Algorithm* pada *Orienteering Problem*” dapat diselesaikan. Dalam melakukan proses penyusunan laporan ini, tidak sedikit hambatan yang dialami penulis. Akan tetapi, dengan adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, penulis akhirnya dapat menyelesaikan laporan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M. dan Bapak Fran Setiawan, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing 1 dan 2, atas berbagai kritik, masukan, dan bantuan yang diberikan dalam penyusunan laporan skripsi ini.
2. Ibu Cynthia Prithadevi Juwono, Ir., M.S. dan Bapak Alfian, S.T., M.T. selaku dosen penguji proposal skripsi, atas berbagai kritik dan masukan yang diberikan dalam penyusunan laporan skripsi ini.
3. Bapak Alfian, S.T., M.T. dan Ibu Titi Iswari, S.T., M.Sc., M.B.A. selaku dosen penguji skripsi, atas berbagai kritik dan masukan yang diberikan dalam penyusunan laporan skripsi ini.
4. Orang tua penulis, yang telah memberikan berbagai dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
5. Stefanie Puspa Dewi, atas segala cinta, dukungan mental, dan suka-duka di masa-masa perkuliahan.
6. Reynard Rafferty Pramudi, adik penulis, yang turut membantu dalam proses penyelesaian skripsi.
7. Eldrige Vincent dan Kevin Octavianus, selaku teman seperjuangan yang juga menggunakan *Firefly Algorithm* dalam skripsinya.
8. Teman-teman yang berada di grup Discord Ijo Segar, yaitu Vincent, Ferdi, Endru, Ramza, dan Yuuki atas segala hiburan yang diberikan di tengah kejenuhan proses penulisan skripsi.
9. Kadima Lukas, yang telah membantu dan memberi masukan dalam proses pembuatan skripsi

10. Tertia Aurelie, yang telah membantu dalam penyelesaian syarat pengajuan proposal skripsi.
11. Seluruh pejuang skripsi Algoritma TI 2014, Dyo Christanto, Eldrige Vincent, Hardian Gunardi, Ivan, Jennifer Kamie, Julian, Kevin DJ, Kevin Octa, Andrew, Ranggi, Riska, dan Wong, yang telah berbagi pengetahuan bersama.
12. Seluruh teman-teman yang menghadiri Seminar Skripsi pada 23 Mei 2018.
13. 911, sebagai tempat *print* kepentingan-kepentingan skripsi.
14. Kelompok KP, yang telah menemani penulis setiap harinya dengan obrolan-obrolan yang berfaedah.
15. Teman-teman PARES TRIP, yang telah meramaikan hari-hari penulis selama kuliah.
16. Teman-teman kelas C, yang ikut mewarnai masa-masa perkuliahan penulis.
17. Dosen Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan, atas segala ilmu pengetahuan dan pendidikan yang diberikan.
18. Petugas TU, administrasi, dan pekaya Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan yang telah menanggapi segala keperluan penulis di saat dibutuhkan.
19. Teman-teman penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan motivasi dalam proses pembuatan laporan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar untuk ke depannya laporan yang dibuat penulis dapat menjadi lebih baik lagi.

Bandung, 2018

Rainer Rafferty Pramudi

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	I-1
1.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah	I-3
1.3 Batasan Masalah	I-6
1.4 Tujuan Penelitian	I-6
1.5 Manfaat Penelitian	I-6
1.6 Metodologi Penelitian	I-7
1.7 Sistematika Penulisan	I-11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 <i>Orienteering Problem</i>	II-1
II.2 Metode Analitik, Heuristik, dan Metaheuristik	II-3
II.3 <i>Firefly Algorithm</i>	II-4
II.4 <i>Local Search</i>	II-7
II.5 Desain Eksperimen	II-9
BAB III PENERAPAN ALGORITMA	
III.1 <i>Encoding dan Decoding</i>	III-1
III.2 Perhitungan Jarak antar Kunang-Kunang	III-4
III.3 Perpindahan Posisi Kunang-Kunang	III-5
III.4 Penerapan <i>Modified Firefly Algorithm</i> untuk Permasalahan <i>Orienteering Problem</i>	III-7
III.4.1 Notasi Algoritma	III-7
III.4.2 Algoritma Utama <i>Modified Firefly Algorithm</i>	III-9
III.4.3 Algoritma Penentuan Posisi Awal Kunang-Kunang	

(Algoritma A)	III-13
III.4.4 Algoritma Pembuatan Solusi OP (Algoritma B).....	III-16
III.4.5 Algoritma Penentuan Urutan Rute (Algoritma BA)	III-17
III.4.6 Algoritma Pengurutan Angka Acak (Algoritma BAA).....	III-21
III.4.7 Algoritma Pengecekan <i>Constraint</i> (Algoritma BB)	III-24
III.4.8 Algoritma Perhitungan <i>Fitness</i> (Algoritma BC)	III-28
III.4.9 Algoritma Pergerakan Kunang-Kunang (Algoritma C).....	III-31
III.4.10 Algoritma Penggantian Kunang-Kunang (Algoritma CA).....	III-40
III.4.11 Algoritma Perhitungan Jarak Kunang-Kunang (Algoritma CB)	III-44
III.4.12 Algoritma <i>Local Search</i> (Algoritma D).....	III-45
III.4.13 Algoritma Swap Dalam (Algoritma DA).....	III-47
III.4.14 Algoritma Swap Luar (Algoritma DB)	III-53
III.4.15 Algoritma <i>Insertion</i> (Algoritma DC)	III-59
III.4.16 Algoritma <i>2-opt</i> (Algoritma DD).....	III-66
III.4.17 Algoritma Pencarian Kunang-Kunang Terbaik (Algoritma E).....	III-73
III.5 Verifikasi dan Validasi Algoritma.....	III-75
III.6 Verifikasi dan Validasi Program	III-113

BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA PADA KASUS *BENCHMARK*

IV.1 Perbandingan <i>Firefly Algorithm</i> dengan <i>Modified Firefly Algorithm</i>	IV-1
IV.2 Implementasi <i>Modified Firefly Algorithm</i> pada Kasus <i>Benchmark OP</i>	IV-7
IV.2.1 Penentuan Parameter <i>Modified Firefly Algorithm</i>	IV-7
IV.2.2 Implementasi MFA pada Kasus 1.....	IV-10
IV.2.3 Implementasi MFA pada Kasus 2.....	IV-11
IV.2.4 Implementasi MFA pada Kasus 3.....	IV-12
IV.3 Pengujian Parameter <i>Modified Firefly Algorithm</i> (FA)	IV-12
IV.3.1 Pengujian Parameter MFA pada Kasus 1	IV-13
IV.3.2 Pengujian Parameter MFA pada Kasus 2	IV-13
IV.3.3 Pengujian Parameter MFA pada Kasus 3	IV-13
IV.3.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Parameter	IV-14
IV.4 Pemilihan Parameter Terbaik MFA.....	IV-11
IV.5 Perbandingan <i>Modified Firefly Algorithm</i> dengan <i>Ant Colony</i>	

<i>Algorithm</i> , <i>CGW Heuristics</i> dan <i>Genetic Algorithm</i>	IV-13
IV.6 Implementasi <i>Modified Firefly Algorithm</i> dengan <i>Local Search</i> pada Kasus <i>Benchmark OP</i>	IV-14
IV.6.1 Penentuan Parameter <i>Modified Firefly Algorithm</i> (MFA) dengan <i>Local Search</i>	IV-14
IV.6.2 Implementasi MFA dengan <i>Local Search</i> pada Kasus 1	IV-16
IV.6.3 Implementasi MFA dengan <i>Local Search</i> pada Kasus 2	IV-18
IV.6.4 Implementasi MFA dengan <i>Local Search</i> pada Kasus 3	IV-20
IV.7 Perbandingan <i>Modified Firefly Algorithm</i> dengan <i>Local Search</i> dengan <i>Ant Colony Algorithm</i> , <i>CGW Heuristics</i> dan <i>Genetic Algorithm</i>	IV-23
BAB V ANALISIS	
V.1 Analisis <i>Encoding</i> dan <i>Decoding</i>	V-1
V.2 Analisis Pergerakan Kunang-Kunang.....	V-3
V.3 Analisis Pengaruh Parameter MFA	V-4
V.3.1 Analisis Pengaruh Parameter Jumlah Kunang-Kunang	V-5
V.3.2 Analisis Pengaruh Parameter Alfa	V-5
V.3.3 Analisis Pengaruh Parameter Beta	V-5
V.3.4 Analisis Pengaruh Parameter Gamma.....	V-6
V.4 Analisis Performansi MFA	V-7
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
VI.1 Kesimpulan	VI-1
VI.2 Saran	VI-2
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
RIWAYAT HIDUP PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Data Kedatangan Wisman dari UNWTO	I-1
Tabel II.1 Perhitungan <i>Sum of Squares</i> , <i>Mean Square</i> , dan F_0	II-10
Tabel III.1 Koordinat Posisi dan Skor Setiap Destinasi	III-1
Tabel III.2 Matriks Jarak Setiap Destinasi	III-2
Tabel III.4 Contoh Posisi dan <i>Fitness</i> Kunang-kunang Awal	III-5
Tabel III.5 Koordinat Posisi dan Skor Setiap Destinasi	III-76
Tabel III.6 Matriks Jarak Setiap Destinasi	III-76
Tabel III.7 Daftar Rute dalam Pengecekan Constraint	III-83
Tabel III.8 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya	III-85
Tabel III.9 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-2	III-86
Tabel III.10 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-3	III-90
Tabel III.11 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-4	III-93
Tabel III.12 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-5	III-96
Tabel III.13 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-6	III-99
Tabel III.14 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-7	III-100
Tabel III.15 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-8	III-104
Tabel III.16 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-9	III-104
Tabel III.17 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-10	III-106
Tabel III.18 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-11	III-107
Tabel III.19 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-12	III-108
Tabel III.20 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-13	III-109
Tabel III.21 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-14	III-109
Tabel III.22 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-15	III-111
Tabel III.23 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-16	III-111
Tabel III.24 Daftar Kunang-kunang dengan Posisi dan Solusinya ke-17	III-113
Tabel III.25 Koordinat Posisi dan Skor Setiap Destinasi	III-116
Tabel III.26 Matriks Jarak Setiap Destinasi	III-116
Tabel III.27 Seluruh Kemungkinan Rute Empat <i>Node</i> Dikunjungi	III-116
Tabel IV.1 Rekapitulasi FA pada <i>Dataset 1</i>	IV-1
Tabel IV.2 Rekapitulasi <i>Modified</i> FA pada <i>Dataset 1</i>	IV-2

Tabel IV.3 Rekapitulasi Kombinasi Parameter	IV-6
Tabel IV.4 Rekapitulasi Hasil Implementasi Kasus 1	IV-6
Tabel IV.5 Rekapitulasi Hasil Implementasi Kasus 2	IV-7
Tabel IV.6 Rekapitulasi Hasil Implementasi Kasus 3	IV-7
Tabel IV.7 Rekapitulasi Hasil Uji ANOVA untuk Semua Kasus	IV-10
Tabel IV.8 Rekapitulasi Perbandingan Parameter Jumlah Kunang-kunang...	IV-11
Tabel IV.9 Rekapitulasi Perbandingan Parameter Alfa	IV-11
Tabel IV.10 Rekapitulasi Perbandingan Parameter Beta.....	IV-12
Tabel IV.11 Rekapitulasi Perbandingan Parameter Gamma.....	IV-12
Tabel IV.12 Rekapitulasi Perbandingan <i>Dataset 1</i>	IV-13
Tabel IV.13 Rekapitulasi Perbandingan <i>Dataset 2</i>	IV-14
Tabel IV.14 Rekapitulasi Kombinasi Parameter MFA dengan <i>Local Search</i> ..	IV-15
Tabel IV.15 Rekapitulasi Hasil Implementasi MFA <i>Local Search</i> Kasus 1.....	IV-16
Tabel IV.16 Rekapitulasi Hasil Implementasi MFA <i>Local Search</i> Kasus 2.....	IV-18
Tabel IV.17 Rekapitulasi Hasil Implementasi MFA <i>Local Search</i> Kasus 3.....	IV-21
Tabel IV.18 Rekapitulasi Perbandingan MFA dengan <i>Local Search</i> pada <i>Dataset 1</i>	IV-23
Tabel IV.19 Rekapitulasi Perbandingan MFA dengan <i>Local Search</i> pada <i>Dataset 2</i>	IV-24
Tabel IV.20 Rekapitulasi Perbandingan MFA dengan <i>Local Search</i> pada <i>Dataset 3</i>	IV-24

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Metodologi Penelitian	I-7
Gambar II.1 Ilustrasi <i>Orienteering Problem</i>	II-1
Gambar II.2 Posisi Awal 25 Kunang-Kunang (kiri) dan Setelah 20 Iterasi (kanan)	II-5
Gambar II.3 Proses <i>Swap</i>	III-7
Gambar II.4 Proses <i>Insertion</i>	III-8
Gambar II.5 Proses <i>2-opt</i>	III-9
Gambar III.1 Contoh Posisi Kunang-kunang	III-2
Gambar III.2 Contoh Posisi Kunang-kunang dengan Urutan	III-3
Gambar III.3 Contoh Posisi Kunang-kunang 1 dan 2	III-4
Gambar III.4 Posisi Kunang-kunang Setelah Pergerakan Acak	III-6
Gambar III.5 Posisi Kunang-kunang Setelah Pergerakan Tertarik	III-6
Gambar III.6 Algoritma Utama MFA	III-10
Gambar III.7 Algoritma Penentuan Posisi Awal Kunang-kunang	III-13
Gambar III.8 Algoritma Pembuatan Solusi OP	III-15
Gambar III.9 Algoritma Penentuan Urutan Rute	III-16
Gambar III.10 Algoritma Pengurutan Angka Acak	III-20
Gambar III.11 Algoritma Pengecekan <i>Constraint</i>	III-23
Gambar III.12 Algoritma Perhitungan <i>Fitness</i>	III-28
Gambar III.13 Algoritma Pergerakan Kunang-kunang	III-31
Gambar III.14 Algoritma Penggantian Kunang-kunang	III-41
Gambar III.15 Algoritma Perhitungan Jarak Kunang-kunang	III-44
Gambar III.16 Algoritma <i>Local Search</i>	III-45
Gambar III.17 Algoritma Swap Dalam	III-47
Gambar III.18 Algoritma Swap Luar	III-53
Gambar III.19 Algoritma <i>Insertion</i>	III-59
Gambar III.20 Algoritma <i>2-opt</i>	III-67
Gambar III.21 Algoritma Pencarian Kunang-kunang Terbaik	III-74
Gambar III.22 Posisi Kunang-kunang Acak [kun][i]	III-77
Gambar III.23 Nilai acakurut[i]	III-78

Gambar III.24 Nilai <code>rute_acak[i]</code>	III-79
Gambar III.25 Nilai <code>rute_acak[i]</code> ke-2.....	III-79
Gambar III.26 Program Penentuan Posisi Awal Kunang-kunang	III-114
Gambar III.27 Peringatan Program untuk Input yang Salah.....	III-115
Gambar III.28 <i>Output</i> Hasil <i>Running</i>	III-117
Gambar IV.1 Hasil Uji ANOVA Kasus 1 untuk MFA	IV-9
Gambar IV.2 Hasil Uji ANOVA Kasus 2 untuk MFA	IV-9
Gambar IV.3 Hasil Uji ANOVA Kasus 3 untuk MFA.....	IV-10
Gambar IV.4 Hasil Uji ANOVA Kasus 1 untuk MFA dengan <i>Local Search</i>	IV-18
Gambar IV.5 Hasil Uji ANOVA Kasus 2 untuk MFA dengan <i>Local Search</i>	IV-20
Gambar IV.6 Hasil Uji ANOVA Kasus 3 untuk MFA dengan <i>Local Search</i>	IV-22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A *Dataset Orienteering Problem*

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang masalah, identifikasi dan rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian. Selain itu, pada bab ini juga dibahas mengenai metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

I.1 Latar Belakang Masalah

Seiring majunya perkembangan jaman di era globalisasi ini, negara-negara di dunia, termasuk di Asia Tenggara terus berusaha untuk berkembang hingga menjadi negara maju. Hal ini juga dialami oleh negara Indonesia. Adapun salah satu faktor yang menjadi penentu antara negara maju dan berkembang adalah kualitas hidup penduduknya. Kualitas hidup penduduk yang baik itu sendiri tentunya dapat dicapai dengan campur tangan pemerintah. Oleh karena itu, pemerintah terus berusaha meningkatkan pendapatan nasional dalam rangka menjamin kesejahteraan dan kemakmuran rakyat untuk meningkatkan kualitas penduduknya. Pendapatan nasional sendiri dapat ditingkatkan salah satunya melalui sektor pariwisata. Mengacu pada Undang-undang Nomor 10 Tahun 2009 tentang Kepariwisata, dinyatakan bahwa keadaan alam, flora, dan fauna sebagai karunia Tuhan Yang Maha Esa, serta peninggalan purbakala, peninggalan sejarah, seni, dan budaya yang dimiliki bangsa Indonesia merupakan sumber daya dan modal pembangunan kepariwisataan untuk peningkatan kemakmuran dan kesejahteraan rakyat. Artinya, sektor kepariwisataan ini menjadi penting karena berperan dalam membantu menentukan majunya negara Indonesia.

Dilansir dari UNWTO (*World Tourism Organization*) *Tourism Highlights* edisi 2017, Indonesia sendiri menduduki peringkat ke-4 tertinggi di Asia Tenggara untuk jumlah kedatangan turis internasional atau disebut juga wisatawan mancanegara (wisman), yaitu masih berada di bawah Singapura, Malaysia, dan Thailand. Bahkan pada tahun 2015, Indonesia hanya memiliki jumlah kedatangan wisman sebesar 9 juta lebih, dimana Thailand, yang

menduduki peringkat pertama hampir mencapai 30 juta kedatangan wisman. Untuk perbandingan, Singapura memiliki 12 juta dan Malaysia memiliki 25 juta kedatangan turis internasional pada tahun 2015. Lebih parahnya, Indonesia hanya berhasil meningkatkan kedatangan wisman tersebut sebesar 5,6% pada tahun 2015. Dari data-data tersebut, dapat dikatakan memang sektor pariwisata di Indonesia masih sangat memerlukan peningkatan. Berikut tabel yang menunjukkan data-data tersebut.

Tabel I.1 Data Kedatangan Wisman dari UNWTO

Negara	Tahun			Rata-rata	Perubahan dari tahun 2014 ke 2015
	2010	2014	2015		
Brunei	214	201	218	211	8,6
Kamboja	2508	4503	4775	3928,667	6,1
Indonesia	7003	9435	9963	8800,333	5,6
Laos	1670	3164	3543	2792,333	12
Malaysia	24577	27437	25721	25911,67	-6,3
Myanmar	792	3081	4681	2851,333	51,9
Filipina	3520	4833	5361	4571,333	10,9
Singapura	9161	11864	12052	11025,67	1,6
Thailand	15936	24810	29923	23556,33	20,6
Timor Timur	40	60	61	53,66667	2
Vietnam	5050	7960	7944	6984,667	-0,2

Melihat hal tersebut, tentunya pemerintah Indonesia juga mencoba terus meningkatkan sektor pariwisata di Indonesia. Kementerian Pariwisata sendiri memiliki program Pesona Indonesia untuk mempromosikan destinasi di Indonesia berdasarkan konsep BAS (*Branding, Advertising, dan Selling*). Salah satu pendukung sektor pariwisata adalah peran Biro Perjalanan Wisata. Secara umum, pengertian Biro Perjalanan Wisata (BPW) adalah perusahaan yang mempunyai tujuan untuk menyiapkan suatu perjalanan bagi orang-orang atau seorang yang merencanakan untuk mengadakannya (Pendit, 1990). Namun, tentunya turis tidak dapat mengunjungi seluruh destinasi terbaik Indonesia dalam waktu yang terbatas. Oleh sebab itu, BPW perlu menentukan rute perjalanan yang baik untuk dapat memaksimalkan kepuasan konsumen tur perjalanan wisata yang diikuti.

Penentuan rute perjalanan ini menjadi faktor yang sangat penting bagi seluruh perusahaan yang bergerak di bidang pariwisata. Perusahaan di bidang

pariwisata tentunya ingin memilih destinasi wisata yang semenarik mungkin untuk dapat memberikan kepuasan konsumen paling tinggi. Penentuan rute ini juga meliputi destinasi yang harus dikunjungi setiap harinya beserta urutan-urutannya. Menentukan rute perjalanan dan destinasi wisata menjadi sulit karena harus tetap memenuhi batasan-batasan yang ada seperti waktu yang tersedia untuk melakukan perjalanan. Permasalahan penentuan rute perjalanan ini dapat dimodelkan sebagai *Orienteering Problem* (OP) (Vansteenwegen, Souffriau, dan Oudheusden, 2011). Fungsi objektif dari OP adalah memaksimalkan total skor dengan biaya perjalanan (atau waktu) sebagai batasannya (Tsiligirides, 1984).

Pada kasus penentuan rute untuk perjalanan pariwisata dimanapun, termasuk di Indonesia, variabel-variabel yang diperhitungkan pada OP dapat menggambarkan permasalahan nyata di Indonesia. Sebagai contoh, agen pariwisata ingin membuat paket rute perjalanan di Pulau Bali yang menggunakan bus sebagai alat transportasinya. Agen pariwisata tersebut ingin menemukan rute yang dapat memberikan kepuasan konsumen paling tinggi. Kepuasan konsumen di sini dapat digambarkan dengan *rating* atau nilai untuk setiap destinasi wisata (*Point of Interests*) yang tersedia di *website* yang menyediakan fitur *rating* di destinasi wisata seperti *TripAdvisor*. Adapun batasan jumlah hari efektif (atau satuan waktu lainnya) yang dimiliki oleh peserta tur dapat digambarkan oleh variabel biaya perjalanan pada OP.

1.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Istilah *Orienteering Problem* (OP) pertama kali diperkenalkan oleh Tsiligirides pada tahun 1984. OP adalah kombinasi dari pemilihan *node* dan menentukan jarak terpendek untuk mencapai *node* yang telah terpilih. Fungsi objektif OP adalah memaksimalkan total skor yang dikumpulkan dari setiap *node* yang dikunjungi (dipilih). Pada permasalahan ini, tidak semua *node* yang ada dapat dikunjungi karena adanya batasan waktu. Dari sinilah OP dapat juga dilihat sebagai kombinasi dari dua *combinatorial problem* yang sangat klasik, yaitu *Knapsack Problem* dan *Travelling Salesman Problem* (TSP) (Vansteenwegen, Souffriau, dan Oudheusden, 2011). Sejak diperkenalkan, OP sendiri memiliki banyak variasi, diantaranya ada *Team OP* (TOP), *(Team) OP with Time Windows* ((T)OPTW) dan *Time Dependent OP* (TDOP).

Saat ini, komputer banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah yang sangat rumit. Adapun masalah yang kompleks ini, atau masalah optimasi dapat diselesaikan dengan dua metode, yaitu dengan analitik (*exact*) dan pendekatan. Sesuai dengan namanya, metode analitik akan memberikan hasil yang optimal. Sedangkan metode pendekatan mungkin memberikan solusi yang baik, namun tidak optimal. Metode pendekatan sendiri dibagi menjadi dua kategori besar, yaitu heuristik dan metaheuristik (Desale, Rasool, Andhale, dan Rane, 2015). Menyelesaikan OP dengan metode analitik memang akan memberikan hasil yang optimal. Namun, karena OP tergolong dalam NP-hard *problem* (Golden, Levy, dan Vohra, 1987), solusi optimal dari metode analitik mungkin didapatkan dengan mengonsumsi waktu yang lama, atau justru solusi tidak ditemukan. OP sendiri pernah diselesaikan dengan metode *branch-and-cut*. Pada kasus tertentu, *branch-and-cut* membutuhkan waktu melebihi dua jam. Kasus lain justru solusi tidak ditemukan meskipun sudah mengonsumsi waktu selama lima jam. Kasus tersebut hanya melibatkan 25 *nodes*, dimana pada kasus nyata mungkin melibatkan jumlah destinasi yang mendekati angka tersebut (Fischetti, Gonzalez, dan Toth, 2014).

Terdapat sejumlah metode pendekatan, khususnya metaheuristik yang pernah digunakan untuk menyelesaikan OP. Dimana diantaranya pernah digunakan *Ant Colony Algorithm* (Liang dan Smith, 2001), *CGW Heuristics* (Chao, Golden, dan Wasil, 1996), *Discrete Particle Swam Optimization* (Sevкли dan Sevilgen, 2010), *Genetic Algorithm* (Tasgetiren dan Smith, 2000), dan *Multiple-level Variable Neighborhood Search* (Liang, Kulturel-Konak, dan Lo, 2013). Tujuan menyelesaikan OP dengan metode pendekatan tidak lain adalah untuk mendapatkan solusi OP yang cukup baik (mungkin optimal), namun tidak menghabiskan banyak waktu meskipun untuk OP dengan *node* dalam jumlah besar. Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan digunakan juga metode pendekatan untuk menyelesaikan OP dengan harapan didapatkannya hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode lain yang pernah digunakan sebelumnya. Adapun metode lain yang akan diajukan hanya dibandingkan dengan beberapa metode sebelumnya karena keterbatasan *datasets* dan informasi yang dipublikasikan.

Algoritma metaheuristik yang akan digunakan untuk menyelesaikan OP pada penelitian ini adalah *Firefly Algorithm* (FA). FA pertama kali diperkenalkan

oleh Xin-She Yang pada tahun 2008 (Bhattacharjee dan Sarmah, 2015). FA adalah algoritma metaheuristik yang berdasar pada *swarm intelligence* dan terinspirasi dari cahaya berkedip yang dihasilkan oleh kunang-kunang di alam. Algoritma ini telah terbukti dapat menyelesaikan masalah optimasi yang rumit, juga NP-hard problem seperti *graph scheduling problem* (Honig, 2010), *quadratic assignment problem* (Durkota, 2011), *job shop scheduling problem* (Khadwilard, 2011), dan *travelling salesman problem* (Jati, 2011).

Menurut Kumbharana dan Pandey (2014), FA terbukti dapat menyelesaikan Travelling Salesman Problem (TSP) cenderung lebih baik dibandingkan dengan *Ant Colony Optimization*, Genetic Algorithm, dan Simulated Annealing dalam banyak kejadian. Menurut Bhattacharjee dan Sarmah (2015), *Binary Firefly Algorithm* (BFA), variasi dari FA juga dapat menyelesaikan Knapsack Problem (KSP) cenderung lebih baik dibandingkan dengan *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO), *Genotype-Phenotype Modified Binary Particle Swarm Optimization* (GPMBPSO), dan *Modified Binary Particle Swarm Optimization* (MBPSO). Mengingat bahwa OP dapat dilihat sebagai gabungan dari TSP dan KSP, maka kedua pernyataan tersebut sangat mendukung bahwa FA berpotensi tinggi untuk dapat memberikan hasil yang baik dalam menyelesaikan OP. Adapun performansi FA akan dibandingkan dengan algoritma yang pernah menyelesaikan OP untuk mengetahui metode apa yang sebaiknya akan digunakan dalam menyelesaikan OP guna mendapatkan solusi yang terbaik.

Dalam penerapannya, FA sendiri memiliki empat parameter, yaitu jumlah kunang-kunang (n), parameter acak atau *randomization parameter* (α), *attractiveness* (β), dan koefisien penyerapan cahaya (γ). Adapun parameter ini menjadi penting karena nilai parameter yang berbeda, mungkin saja memberikan hasil yang berbeda pula. Oleh sebab itu, perlu dilakukan desain eksperimen terlebih dahulu untuk mendapatkan parameter terbaik. Parameter terbaik inilah yang digunakan untuk implementasi pada setiap kasus OP, untuk kemudian dibandingkan dengan metode lainnya.

Pada penelitian ini, *Firefly Algorithm* diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma-algoritma yang sebelumnya telah digunakan untuk menyelesaikan OP. Dengan demikian,

berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan, dirancanglah rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan *Firefly Algorithm* dalam menyelesaikan permasalahan Orienteering Problem (OP)?
2. Bagaimana pengaruh parameter *Firefly Algorithm* terhadap performansi algoritma tersebut?
3. Bagaimana perbandingan performansi *Firefly Algorithm* dengan *Ant Colony Algorithm* (Liang dan Smith, 2001), *CGW Heuristics* (Chao, Golden, dan Wasil, 1996), dan *Genetic Algorithm* (Tasgetiren dan Smith, 2000), dalam menyelesaikan kasus *Orienteering Problem*?

I.3 Batasan Masalah

Setelah dilakukan identifikasi dan perumusan masalah, selanjutnya akan dilakukan penentuan batasan masalah. Berikut adalah batasan masalah yang digunakan pada penelitian.

1. Performansi baik buruknya algoritma hanya dilihat dari total skor yang dihasilkan dari solusi permasalahan OP tanpa memperhitungkan waktu komputasi.
2. Permasalahan yang digunakan pada penelitian terbatas pada kasus *benchmark* yang umum digunakan, yaitu tiga *dataset* yang disediakan oleh Tsiligirides (1984).

I.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan rumusan masalah yang telah dibuat, dibuat tujuan dari penelitian yang dilakukan. Berikut adalah tujuan dari penelitian ini:

1. Menerapkan *Firefly Algorithm* dalam menyelesaikan kasus *Orienteering Problem* (OP).
2. Mengetahui pengaruh parameter *Firefly Algorithm* terhadap performansi algoritma tersebut.
3. Membandingkan performansi *Firefly Algorithm* dengan *Ant Colony Algorithm* (Liang dan Smith, 2001), *CGW Heuristics* (Chao, Golden, dan Wasil, 1996), dan *Genetic Algorithm* (Tasgetiren dan Smith, 2000), dalam menyelesaikan kasus *Orienteering Problem*.

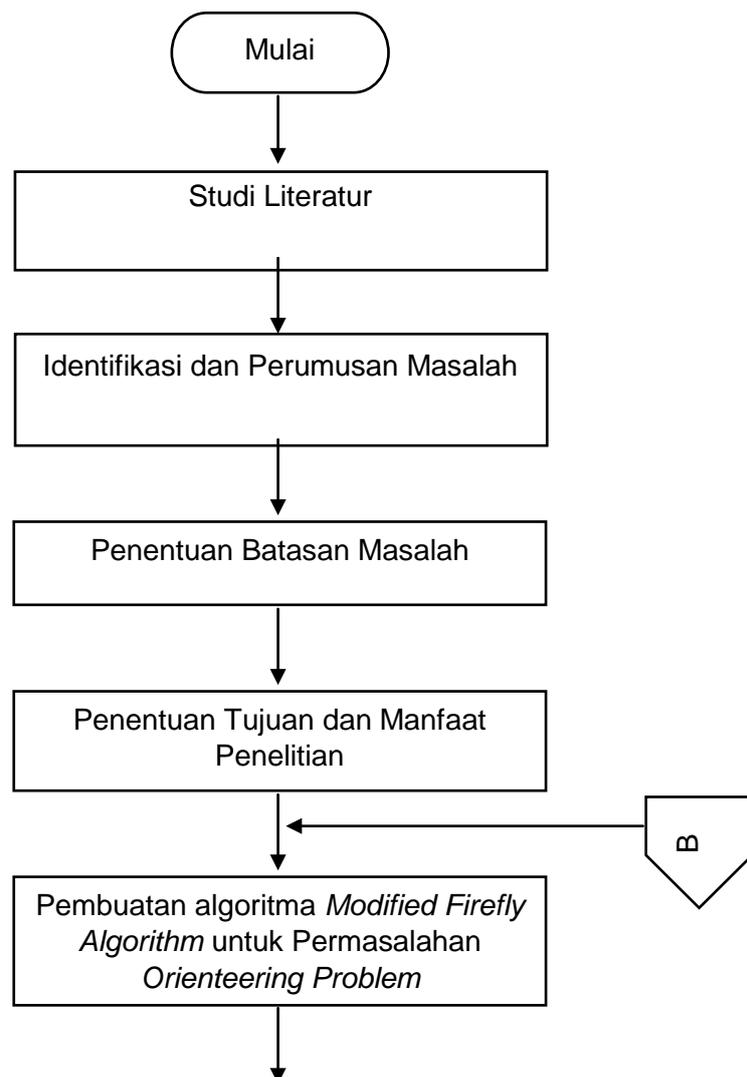
I.5 Manfaat Penelitian

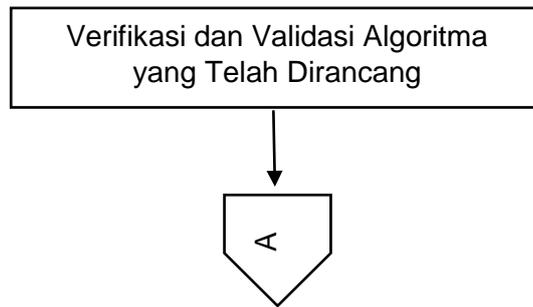
Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat. Berikut ini dipaparkan manfaat penelitian:

1. Memberikan alternatif dalam menyelesaikan *Orienteering Problem* (OP).
2. Menambah pengetahuan dan wawasan pembaca mengenai penerapan *Firefly Algorithm* dalam menyelesaikan *Orienteering Problem*.
3. Menambah referensi untuk penelitian yang berkaitan dengan *Firefly Algorithm* dan *Orienteering Problem*.

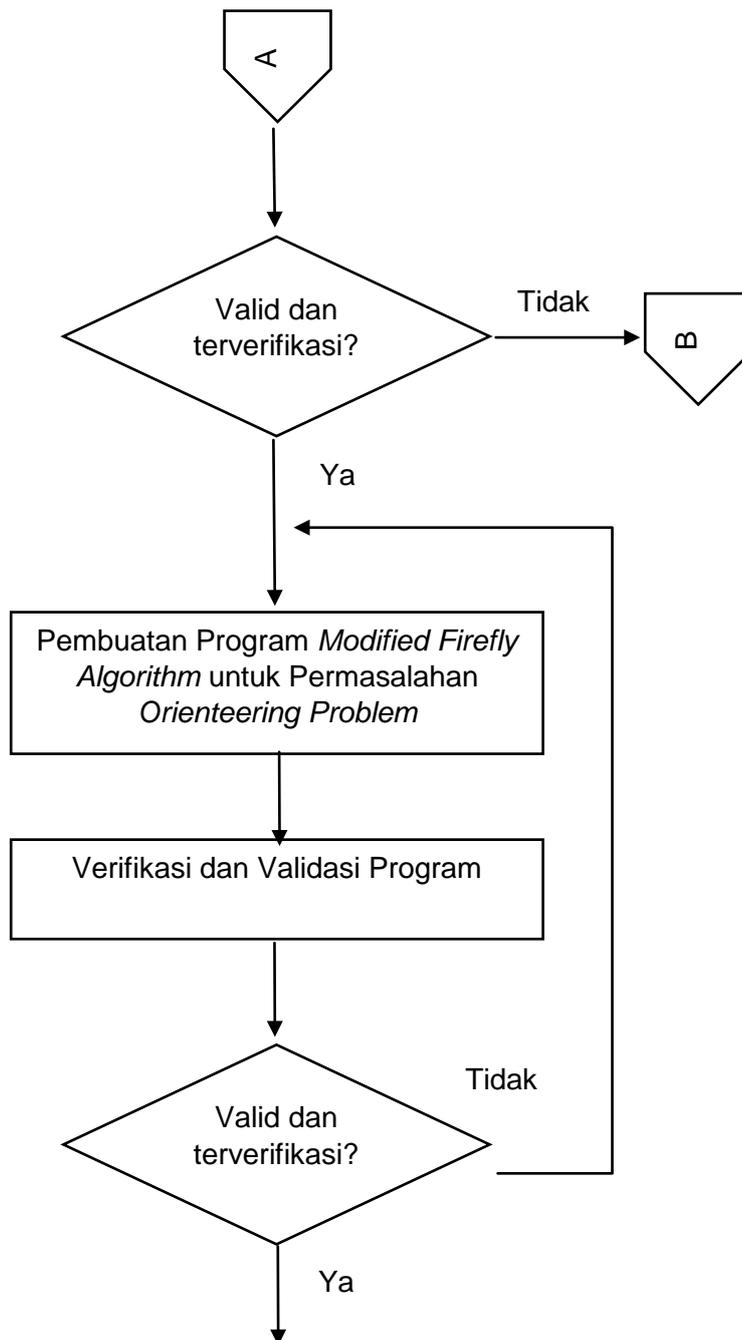
I.6 Metodologi Penelitian

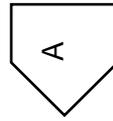
Penelitian ini membutuhkan metodologi penelitian agar proses pengerjaan dapat berjalan dengan lebih baik dan sistematis. Gambar I.1 menunjukkan *flowchart* metodologi penelitian yang dilakukan.



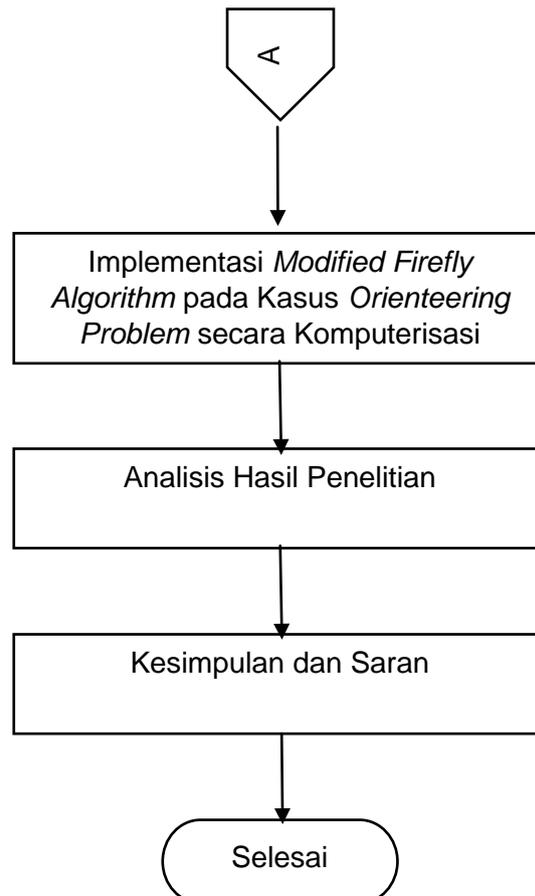


Gambar I.1 Metodologi Penelitian





Gambar I.1 Metodologi Penelitian (lanjutan)



Gambar I.1 Metodologi Penelitian (lanjutan)

Berikut ini merupakan penjelasan dari metodologi yang digunakan pada penelitian ini:

1. Studi Literatur
Tahap pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi literatur. Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan pengetahuan terkait dengan permasalahan OP dan *Modified Firefly Algorithm*.
2. Identifikasi dan Perumusan Masalah
Setelah melalui tahapan studi literatur, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan identifikasi dan perumusan masalah. Permasalahan

yang diangkat dalam penelitian ini adalah permasalahan OP. Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, dibuat juga rumusan masalah dari penelitian yang dilakukan.

3. Penentuan Batasan Masalah
Setelah dilakukan studi literatur dan identifikasi masalah, tahap selanjutnya adalah melakukan penentuan batasan masalah. Tujuan melakukan pembatasan masalah dilakukan adalah agar penelitian yang dilakukan menjadi lebih terfokus.
4. Penentuan Tujuan dan Manfaat Penelitian
Tujuan dan manfaat penelitian ditentukan agar penelitian yang dilakukan memiliki tujuan yang jelas, dan dapat memberikan manfaat.
5. Pembuatan Algoritma *Modified Firefly Algorithm* untuk Permasalahan *Orienteering Problem*
Pada tahap ini, akan dilakukan penerapan *Firefly Algorithm* untuk menyelesaikan permasalahan OP.
6. Verifikasi dan Validasi Algoritma yang Telah Dirancang
Setelah dilakukan penerapan algoritma, selanjutnya akan dilakukan verifikasi dan validasi algoritma yang telah dibuat. Verifikasi dan validasi dilakukan dengan tujuan memastikan penerapan algoritma sudah sesuai untuk menyelesaikan permasalahan OP.
7. Pembuatan Program *Modified Firefly Algorithm* untuk Permasalahan *Orienteering Problem*
Setelah algoritma telah diverifikasi dan divalidasi, selanjutnya akan dilakukan pembuatan program untuk menyelesaikan permasalahan OP. Program dibuat dengan bahasa *java*.
8. Verifikasi dan Validasi Program
Program yang telah dibuat, kemudian akan diverifikasi dan divalidasi. Hal ini bertujuan untuk memastikan program yang telah dibuat sesuai dengan *Firefly Algorithm* untuk menyelesaikan permasalahan OP.
9. Implementasi *Modified Firefly Algorithm* pada Kasus *Orienteering Problem* secara Komputerisasi

Setelah dilakukan verifikasi dan validasi program, selanjutnya akan dilakukan implementasi *Firefly Algorithm* secara komputerasi agar didapatkan solusi untuk permasalahan OP.

10. Analisis Hasil Penelitian

Analisis dilakukan untuk melihat hasil penerapan *Modified Firefly Algorithm* pada permasalahan OP, dan hasil perbandingannya dengan algoritma lain yang pernah diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan OP.

11. Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir pada penelitian yang dilakukan adalah penarikan kesimpulan berdasarkan penelitian yang dilakukan. Selain itu, akan diberikan juga saran untuk penelitian selanjutnya.

I.7 Sistematika Penulisan

Penelitian ini akan disusun dalam sebuah laporan yang sistematis. Berikut ini merupakan sistematika penulisan dari penelitian yang akan dilakukan:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang permasalahan, identifikasi dan rumusan masalah, penentuan batasan masalah, penentuan tujuan penelitian, penentuan manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas seluruh teori yang digunakan pada penelitian. Teori-teori tersebut terdiri dari *Orienteering Problem* dan *Firefly Algorithm*

BAB III PENERAPAN ALGORITMA

Bab ini berisi penerapan *Modified Firefly Algorithm* untuk menyelesaikan permasalahan *Orienteering Problem*. Penerapan algoritma terdiri dari *encoding* dan *decoding*, proses penerapan algoritma, dan proses verifikasi dan validasi penerapan algoritma yang telah dibuat.

BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA PADA KASUS BENCHMARK

Bab ini berisi implementasi *Modified Firefly Algorithm* (FA) untuk menyelesaikan kasus *benchmark* permasalahan *Orienteering Problem* (OP). Sebelum dilakukan implementasi, akan dilakukan verifikasi dan validasi program yang telah dibuat dalam bahasa pemrograman Java, dan dioperasikan menggunakan *Software Netbeans IDE 8.2*. Selain itu, pada bab ini juga akan

berisi uji ANOVA untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh dan interaksi dari parameter FA dalam menyelesaikan beberapa kasus *benchmark* permasalahan OP. Selain untuk diketahui parameter mana saja yang berpengaruh, juga akan dilakukan pemilihan parameter terbaik yang kemudian digunakan untuk menyelesaikan seluruh kasus *benchmark* pada penelitian ini. Hasil dari implementasi ini kemudian dibandingkan dengan metode lainnya sesuai dengan rumusan masalah.

BAB V ANALISIS

Bab ini berisi analisis hasil penerapan *Modified Firefly Algorithm* (MFA) untuk menyelesaikan permasalahan *Orienteering Problem* (OP) yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Analisis yang dilakukan terdiri dari analisis *encoding* dan *decoding*, analisis parameter FA, dan analisis performansi FA.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penerapan *Modified Firefly Algorithm* untuk menyelesaikan permasalahan *Orienteering Problem*. Selain itu, bab ini juga berisi saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.