

**PENERAPAN *LION PRIDE OPTIMIZER* UNTUK
MENYELESAIKAN KASUS *ASYMMETRIC TRAVELING*
*SALESMAN PROBLEM***

SKRIPSI

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

Disusun oleh:

Nama : Paulus Januar Surya Prakoso

NPM : 2015610187



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

2019

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**



Nama : Paulus Januar Surya Prakoso
NPM : 2015610187
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : PENERAPAN LION PRIDE OPTIMIZER UNTUK
MENYELESAIKAN KASUS ASYMMETRIC TRAVELING
SALESMAN PROBLEM

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, 18 Januari 2019

Ketua Program Studi Sarjana Teknik Industri

(Romy Lolce, S.T., M.T.)

Pembimbing

(Ignatius A. Sandy, S.Si., M.T.)



Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan

Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Paulus Januar Surya Prakoso

NPM : 2015610187

dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul :

***“PENERAPAN LION PRIDE OPTIMIZER UNTUK MENYELESAIKAN KASUS
ASYMMETRIC TRAVELING SALESMAN 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, Januari 2019

Paulus Januar Surya Prakoso
2015610187

ABSTRAK

Asymmetric Traveling Salesman Problem (ATSP) adalah suatu permasalahan pencarian rute yang dilakukan oleh seorang *salesman* dengan tujuan mengunjungi seluruh kota yang perlu ia kunjungi dengan jarak terpendek. Pada permasalahan ATSP, seorang *salesman* hanya boleh mengunjungi masing-masing kota satu kali dan akan kembali ke kota pertama setelah seluruh kota telah dikunjungi. Permasalahan ATSP merupakan variasi dari persoalan *Traveling Salesman Problem* dengan perbedaan pada matriks jarak antarkota yang *asymmetric*. *Asymmetric* yang dimaksud berarti jarak dari kota A ke kota B dapat berbeda dari jarak kota B ke kota A.

Dalam penelitian ini, permasalahan ATSP diselesaikan menggunakan *Lion Pride Optimizer* (LPO). LPO merupakan *metaheuristic algorithm* dan berbentuk sebagai *evolutionary algorithm* yang terinspirasi dari dinamika bertahan hidup sekelompok singa yang disebut *pride*. LPO didasarkan pada proses evolusi dan teori bertahan hidup singa pada *pride* dan masing-masing individu singa memainkan peran yang penting dalam menjaga kelompok *pride* itu sendiri dari generasi ke generasi. Terdapat 6 parameter pada LPO yaitu ths , $thls$, tls , $mc0$, $k1$ dan $k2$.

Dalam penelitian ini LPO telah dirancang untuk dapat menyelesaikan kasus ATSP dan telah diterapkan pada 5 buah kasus *benchmark* menggunakan 8 kombinasi parameter yang berbeda-beda. Performansi LPO dibandingkan dengan *Elephant Herding Optimization* (EHO), *New Genetic Algorithm* (NGA), *Improved Discrete Bat Algorithm* (IDBA), *Harmonic Search Algorithm* (HSA), dan *Lion Optimization Algorithm* (LOA). Kasus dengan jumlah 17 hingga 45 kota berhasil diselesaikan dengan nilai *best known solution* sedangkan untuk kasus dengan jumlah 56 dan 71 didapatkan nilai yang lebih baik dari algoritma pembanding. Hasil dari pengujian parameter menunjukkan tidak adanya pengaruh dari interaksi parameter pada semua kasus pada penelitian ini.

ABSTRACT

Asymmetric Traveling Salesman Problem (ATSP) is a problem of route search carried out by a salesman with the aim of visiting the entire city he needs to visit with the shortest distance. On the issue of ATSP, a salesman can only visit each city once and will return to the first city after all cities have been visited. The problem of ATSP is a variation of the Traveling Salesman Problem with the difference in the asymmetric intercity distance matrix. Asymmetric means the distance from city A to city B can be different from the distance of city B to city A.

In this study, ATSP problems were solved using Lion Pride Optimizer (LPO). LPO is a metaheuristic algorithm and is shaped as an evolutionary algorithm inspired by the dynamics of survival of a group of lions called pride. LPO is based on the evolutionary process and the survival theory of the lion pride and each individual lion plays an important role in safeguarding the pride itself from generation to generation. There are 6 parameters in LPO namely ths , $thls$, tls , $mc0$, $k1$ and $k2$.

In this study LPO has been designed to solve ATSP cases and has been applied to 5 benchmark cases using 8 different combinations of parameters. LPO performance is compared with Elephant Herding Optimization (EHO), New Genetic Algorithm (NGA), Improved Discrete Bat Algorithm (IDBA), Harmonic Search Algorithm (HSA), and Lion Optimization Algorithm (LOA). Cases with a number of 17 to 45 cities were successfully completed with the best-known solution value, while for cases with the number 56 and 71 the value was better than the comparison algorithm. The results of parameter testing showed no effect of parameter interactions in all cases in this study.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul “Penerapan *Lion Pride Optimizer* untuk Menyelesaikan Kasus *Asymmetric Traveling Salesman Problem*”. Selama proses penyusunan laporan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak pengalaman, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ignatius A. Sandy, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan motivasi, masukan, dan bimbingan dalam penyusunan laporan skripsi.
2. Bapak Hanky Fransiscus, S.T., M.T. selaku dosen penguji proposal dan sidang skripsi yang telah memberikan berbagai kritik dan masukan dalam penyusunan laporan skripsi.
3. Ibu Cynthia Prithadevi Juwono, Ir., M.S. selaku dosen penguji proposal dan sidang skripsi yang telah memberikan berbagai kritik dan masukan dalam penyusunan laporan skripsi.
4. Keluarga penulis yang terdiri dari orang tua dan saudara yang telah memberikan dukungan agar penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi.
5. Tamara Gita, Gregorius Adrian, William Salim, dan Elvinna Sutedja yang telah menemani penulis selama penyusunan laporan skripsi.
6. Jane Walisi, Dyo Christanto Bened, Alexander Evan Putra, Kenny Sutjijadi, Demasdika Adhiwane, dan Veronika Josephine Purek selaku rekan-rekan mahasiswa yang mengambil topik skripsi algoritma yang telah memberikan bantuan dan masukan dalam penyusunan laporan skripsi.
7. Kevin Grahadian, Yohan Elim, Stefanus Ivan Laksono, dan Adrianus Vincent Djunaidi yang telah memberikan masukan dan bantuan dalam penyusunan laporan skripsi.
8. Dosen Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan atas segala ilmu pengetahuan yang telah diberikan.

9. Teman-teman penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas motivasi dan doa untuk kelancaran pembuatan laporan skripsi.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar penulis dapat membuat laporan yang lebih baik di masa yang akan datang.

Bandung, 15 Januari 2019

Paulus Januar Surya Prakoso

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang Masalah.....	I-1
I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah.....	I-3
I.3 Pembatasan Masalah.....	I-5
I.4 Tujuan Penelitian.....	I-5
I.5 Manfaat Penelitian.....	I-6
I.6 Metodologi Penelitian	I-6
I.7 Sistematika Penulisan	I-10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 <i>Asymmetric Traveling Salesman Problem</i>	II-1
II.2 <i>Lion Pride Optimizer</i>	II-2
II.2.1 <i>Basic Property</i>	II-2
II.2.2 <i>Surviving of Two Best Members</i>	II-3
II.2.3 <i>Novel of Crossover Strategy</i>	II-3
II.2.4 <i>Scaling of Searching Space</i>	II-5
II.2.5 <i>Creating of Better Member</i>	II-6
II.2.6 <i>LPO Pseudo-code</i>	II-7
II.3 <i>Encoding Method Random-key</i>	II-7
II.4 <i>Local Search Algorithm 2-Opt</i>	II-8
II.5 <i>Design of Experiment dan Analysis of Variance</i>	II-9

BAB III PERANCANGAN ALGORITMA	III-1
III.1 Penerapan LPO pada ATSP	III-1
III.2 Sistematika Perubahan Gen pada <i>Lion Pride Optimizer</i>	III-6
III.3 Perancangan Algoritma	III-12
III.3.1 Notasi Algoritma	III-12
III.3.2 Algoritma Utama LPO	III-18
III.3.3 Inisialisasi <i>Pride</i> Awal	III-20
III.3.4 Pembuatan Rute Singa	III-21
III.3.5 Perhitungan <i>Fitness</i> Singa	III-24
III.3.6 <i>Surviving of Two Best Members</i>	III-25
III.3.7 <i>Scaling of Searching Space</i>	III-29
III.3.8 <i>Creating of Better Member</i>	III-31
III.3.9 <i>en Selection</i>	III-33
III.3.10 <i>b1 Selection</i>	III-35
III.3.11 <i>Novel Crossover Strategy</i>	III-36
III.3.12 <i>Next Generation</i>	III-39
III.3.13 Singa K+1 <i>Selection</i>	III-40
III.3.14 Pembuatan Rute Anak	III-41
III.3.15 Perhitungan <i>Fitness</i> Anak	III-44
III.3.16 <i>Evolution Direction</i>	III-46
III.3.17 <i>Direction Selection</i>	III-49
III.3.18 <i>Best Evolution Direction</i>	III-51
III.3.19 Pembuatan Rute Xb	III-52
III.3.20 Perhitungan <i>Fitness</i> Xb	III-55
III.3.21 <i>Xb Selection</i>	III-57
III.3.21 Algoritma 2-Opt	III-58
III.4 Verifikasi dan Validasi Algoritma	III-61
 BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA	 IV-1
IV.1 Verifikasi dan Validasi Program	IV-1
IV.1.1 Verifikasi Program <i>Lion Pride Optimizer</i>	IV-1
IV.1.2 Validasi Program <i>Lion Pride Optimizer</i>	IV-14
IV.2 Penentuan Nilai Parameter <i>Lion Pride Optimizer</i>	IV-18

IV.2.1	Jumlah Populasi Singa.....	IV-19
IV.2.2	Batas Berapa Kali Terjadi <i>Long Stagnation</i>	IV-19
IV.2.3	Batas <i>Short Stagnation</i> , <i>Long Stagnation</i> dan Jumlah Iterasi Maksimum.....	IV-21
IV.2.4	Parameter <i>Mating Coefficient</i> , Konstanta k_1 , dan Konstanta k_2	IV-23
IV.3	Penerapan <i>Lion Pride Optimizer</i> pada Kasus <i>Benchmark</i>	IV-24
IV.4	Pengujian Parameter <i>Lion Pride Optimizer</i>	IV-28
IV.5	Perbandingan <i>Lion Pride Optimizer</i> dengan <i>Elephant Herding Optimization</i> , <i>New Genetic Algorithm</i> , <i>Improved Discrete Bat Algorithm</i> , <i>Harmonic Search Algorithm</i> , dan <i>Lion Optimization Algorithm</i>	IV-31
BAB V ANALISIS		V-1
V.1	Analisis Penerapan LPO pada ATSP.....	V-1
V.2	Analisis Sistematis Perubahan Gen pada <i>Lion Pride Optimizer</i>	V-2
V.3	Analisis Pengaruh Parameter <i>Lion Pride Optimizer</i>	V-6
V.4	Analisis Perbandingan Performansi <i>Lion Pride Optimizer</i>	V-6
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		V-1
VI.1	Kesimpulan	VI-1
VI.2	Saran	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Tabel Perhitungan ANOVA.....	II-11
Tabel II.1 LPO <i>Pseudo-Code</i>	II-7
Tabel II.2 Tabel Perhitungan ANOVA.....	II-11
Tabel III.1 Matriks <i>Pride</i>	III-2
Tabel III.2 Contoh Hasil Pengacakan Bilangan	III-2
Tabel III.3 Contoh Matriks Persoalan ATSP 4 Kota	III-3
Tabel III.4 Contoh Hasil Pengacakan untuk Solusi Awal.....	III-4
Tabel III.5 Contoh Pengurutan Bilangan Random & Urutan Kota	III-4
Tabel III.6 Contoh Perhitungan Jarak.....	III-4
Tabel III.7 Elemen-Element ATSP dan LPO	III-3
Tabel III.8 Notasi Algoritma	III-13
Tabel IV.1 <i>Scripts</i> Inisialisasi <i>Pride</i> Awal.....	IV-2
Tabel IV.2 <i>Scripts</i> Pembuatan Rute Singa	IV-2
Tabel IV.3 <i>Scripts</i> Perhitungan <i>Fitness</i> Singa	IV-3
Tabel IV.4 <i>Scripts</i> <i>Surviving of Two Best Members</i>	IV-4
Tabel IV.5 <i>Scripts</i> <i>Scaling of Searching Space</i>	IV-5
Tabel IV.6 <i>Scripts</i> Pembuatan Rute Singa 2	IV-5
Tabel IV.7 <i>Scripts</i> Perhitungan <i>Fitness</i> Singa 2	IV-6
Tabel IV.8 <i>Scripts</i> <i>Creating of Better Member</i>	IV-6
Tabel IV.9 <i>Scripts</i> <i>Novel of Crossover Strategy</i>	IV-9
Tabel IV.10 <i>Scripts</i> <i>Evolution Direction</i>	IV-11
Tabel IV.11 <i>Scripts</i> <i>Best Evolution Direction</i>	IV-11
Tabel IV.12 <i>Scripts</i> Algoritma 2-Opt	IV-13
Tabel IV.13 Validasi <i>Input</i> Jumlah Kota	IV-15
Tabel IV.14 Validasi <i>Input</i> Populasi Singa	IV-15
Tabel IV.15 Validasi <i>Input</i> Parameter <i>mc0</i>	IV-16
Tabel IV.16 Data Kasus ATSP untuk 4 Kota	IV-16
Tabel IV.17 Validasi <i>Output</i> Program LPO	IV-17
Tabel IV.18 ANOVA <i>tls</i>	IV-20
Tabel IV.19 MEANS <i>tls</i>	IV-20

Tabel IV.20 ANOVA ths, thls, Iterasi Maksimum	IV-22
Tabel IV.21 MEANS ths, thls, dan Iterasi Maksimum	IV-22
Tabel IV.22 Tabel Kombinasi Parameter LPO.....	IV-24
Tabel IV.23 Rekapitulasi Kasus ATSP	IV-24
Tabel IV.24 Rekapitulasi Hasil Kasus BR17	IV-25
Tabel IV.25 Rekapitulasi Hasil Kasus FTV33	IV-25
Tabel IV.26 Rekapitulasi Hasil Kasus FTV44	IV-26
Tabel IV.27 Rekapitulasi Hasil Kasus FTV55	IV-27
Tabel IV.28 Rekapitulasi Hasil Kasus FTV70	IV-27
Tabel IV.29 ANOVA Kasus BR17	IV-29
Tabel IV.30 ANOVA Kasus FTV33	IV-29
Tabel IV.31 ANOVA Kasus FTV44	IV-30
Tabel IV.32 ANOVA Kasus FTV55	IV-30
Tabel IV.33 ANOVA Kasus FTV70	IV-30
Tabel IV.34 Rekapitulasi Hasil Pengujian ANOVA Setiap Kasus	IV-31
Tabel IV.35 Rekapitulasi Perbandingan Performansi	IV-32

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Metodologi Penelitian	I-8
Gambar II.1 Operasi 2-Opt.....	II-9
Gambar III.1 Pengurutan Gen pada <i>Random-Key Representation</i>	III-3
Gambar III.2 <i>Flowchart</i> Algoritma Utama	III-19
Gambar III.3 <i>Flowchart</i> Algoritma Inisialisasi <i>Pride Awal</i>	III-20
Gambar III.4 <i>Flowchart</i> Pembuatan Rute Singa.....	III-22
Gambar III.5 <i>Flowchart</i> Perhitungan <i>Fitness</i> Singa.....	III-25
Gambar III.6 <i>Flowchart Surviving of Two Best Members</i>	III-27
Gambar III.7 <i>Flowchart Scaling of Searching Space</i>	III-30
Gambar III.8 <i>Flowchart Creating of Better Member</i>	III-33
Gambar III.9 <i>Flowchart en Selection</i>	III-34
Gambar III.10 <i>Flowchart b1 Selection</i>	III-35
Gambar III.11 <i>Flowchart Novel Crossover Strategy</i>	III-38
Gambar III.12 <i>Flowchart Next Generation</i>	III-39
Gambar III.13 <i>Flowchart K+1 Selection</i>	III-40
Gambar III.14 <i>Flowchart</i> Pembuatan Rute Anak.....	III-42
Gambar III.15 <i>Flowchart</i> Perhitungan <i>Fitness</i> Anak.....	III-45
Gambar III.16 <i>Flowchart Evolution Direction</i>	III-48
Gambar III.17 <i>Flowchart Direction Selection</i>	III-49
Gambar III.18 <i>Flowchart Best Evolution Direction</i>	III-51
Gambar III.19 <i>Flowchart</i> Pembuatan Rute Xb.....	III-54
Gambar III.20 <i>Flowchart</i> Perhitungan <i>Fitness</i> Xb.....	III-56
Gambar III.21 <i>Flowchart Xb Selection</i>	III-58
Gambar III.22 <i>Flowchart 2-Opt</i>	III-60

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : Kasus *Benchmark* ATSP

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang masalah, identifikasi dan rumusan masalah, asumsi dan batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

I.1 Latar Belakang Masalah

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2005), perusahaan adalah kegiatan (pekerjaan dan sebagainya) yang diselenggarakan dengan peralatan atau dengan cara teratur dengan tujuan mencari keuntungan (dengan menghasilkan sesuatu, mengolah atau membuat barang-barang, berdagang, memberikan jasa, dan sebagainya). Untuk mencari keuntungan pada suatu perusahaan, dibutuhkan aktivitas penjualan yang dilakukan oleh perusahaan kepada konsumen. Konsumen berperan penting pada perusahaan karena konsumen adalah seseorang yang membeli produk yang ditawarkan oleh perusahaan. Sebaliknya bila perusahaan tidak memiliki sejumlah konsumen, maka perusahaan tidak memiliki sejumlah pemasukan dan akan merugi pada akhirnya.

Aktivitas penjualan yang dilakukan termasuk menjual produk, mencari informasi, dan memberikan solusi kepada konsumen. Aktivitas ini biasa dijalankan oleh seorang *salesman* yang setiap hari mengunjungi tempat-tempat yang telah ditentukan perusahaan dengan tujuan menawarkan produk yang dihasilkan perusahaan kepada konsumen. Pemilihan rute dari destinasi tempat penawaran produk yang telah ditentukan oleh perusahaan, merupakan suatu masalah yang harus diselesaikan oleh *salesman*. Semua destinasi yang ditentukan oleh perusahaan harus dikunjungi oleh *salesman* dan *salesman* pada akhirnya akan kembali ke kantor pusat untuk memberikan laporan aktivitas penjualan kepada perusahaan. Oleh karena itu, seorang *salesman* harus menentukan rangkaian destinasi dengan total jarak terpendek agar dapat mendatangi setiap destinasi yang telah ditentukan dalam satu kali jalan. Permasalahan ini dapat dimodelkan menjadi kasus optimasi kombinatorial yang biasa disebut *Travelling Salesman Problem* dengan tujuan mendapatkan total jarak yang minimal.

Travelling Salesman Problem (TSP) merupakan suatu permasalahan optimasi kombinatorial dimana seorang *salesman* harus mengunjungi semua destinasi yang ada dan destinasi tersebut hanya boleh dikunjungi tepat 1 kali (Lawrer, Lenstra, Kan, dan Shmoys, 1985). Permasalahan ini pertama kali di formulasikan secara matematis pada tahun 1800-an oleh Sir William Rowan Hamilton, seorang ahli matematika yang berasal dari Irlandia dan Thomas Kirkman, seorang ahli matematika yang berasal dari Inggris. Seiring berjalannya waktu, permasalahan TSP ini telah berkembang dan muncullah beberapa jenis permasalahan TSP. Pada tahun 1985, Lawrer, Lenstra, Kan, dan Shmoys (Lawrer, Lenstra, Kan, dan Shmoys, 1985) mengembangkan permasalahan TSP menjadi beberapa jenis yaitu *Symmetric Travelling Salesman Problem* (STSP) atau biasa disingkat menjadi TSP biasa, *Asymmetric Travelling Salesman Problem* (ATSP), dan lain-lain. Pengembangan ini dilakukan karena permasalahan *salesman* yang ada di dunia nyata terlihat lebih kompleks dibandingkan permasalahan TSP pada umumnya. Permasalahan ATSP dinilai lebih mampu untuk merepresentasikan permasalahan dunia nyata pada umumnya.

Asymmetric Travelling Salesman Problem (ATSP) (Gutin & Punnen, 2002), adalah salah satu bentuk permasalahan *Travelling Salesman Problem* (TSP) yang lebih sering untuk dijumpai pada dunia nyata. Permasalahan yang ada pada ATSP sama halnya dengan yang berada pada TSP umumnya, akan tetapi yang membedakan adalah jarak untuk setiap destinasi dari destinasi sebelumnya, tidak sama untuk arah sebaliknya. Jika diberikan dalam contoh, jarak kota A menuju kota B tidak sama dengan jarak kota B menuju kota A. Hal ini lebih sering dijumpai pada dunia nyata sebagai contoh, sebuah perusahaan logistik atau kurir harus mengunjungi kota-kota yang ada pada suatu kabupaten di pulau Jawa. Kurir tersebut hanya perlu mengunjungi kota-kota yang ada sebanyak satu kali untuk memberikan barang / menyelesaikan kegiatannya. Kenyataannya, jarak antar kota yang satu ke kota yang lain berbeda, begitu pula untuk jarak sebaliknya dari kedua kota tersebut. Hal ini dapat terjadi karena beberapa kendala seperti jalur yang harus dilalui oleh kurir berbeda dikarenakan pengambilan jalan yang memutar atau jalur yang dapat dilalui hanya ada satu jalur (satu arah) pada kota tersebut.

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ATSP adalah metode eksak, metode heuristik, dan metode metaheuristik. Metode eksak merupakan salah satu metode yang dapat

menyelesaikan permasalahan ATSP dengan solusi yang optimal. Contoh dari metode eksak yang dapat digunakan untuk penyelesaian kasus TSP adalah *Integer Linear Programming Formulation, The Assignment Lower Bound and Related Branch-and-Bound Algorithm, The Shortest Spanning Arborescence Bound and A Related Algorithm, The 2-Matching Lower Bound and Related Algorithm* (Laporte, 1991). Metode eksak memang menghasilkan solusi yang optimal, akan tetapi metode ini memakan waktu yang relatif lama jika dibandingkan dengan metode-metode yang lain. Hal ini dikarenakan waktu penyelesaian menggunakan metode eksak pada permasalahan ATSP bertambah secara eksponensial seiring dengan meningkatnya ruang lingkup permasalahan yang diteliti.

Untuk menghilangkan kelemahan yang terdapat pada metode eksak maka dihasilkan metode heuristik yang menghasilkan solusi dengan waktu yang lebih cepat. Metode heuristik menghasilkan solusi dengan melakukan pencarian secara lokal, sehingga hasil yang biasa didapatkan adalah berupa *local optimum*. Salah satu metode heuristik yang dapat diterapkan untuk permasalahan ATSP adalah *nearest neighbour*. Selanjutnya, untuk lebih memperbaiki metode heuristik dengan pencariannya yang bersifat *local optimum*, maka dikembangkan metode metaheuristik. Metode metaheuristik melakukan pencarian solusi secara global (*global search*) sehingga solusi yang dihasilkan dinilai lebih baik dibandingkan dengan metode heuristik.

I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Metode metaheuristik yang pernah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ATSP adalah *Football Game* (Raharja, 2017), *New Genetic Algorithm* (Nagata & Soler, 2012), *Harmonic Search Algorithm* (Kevin, 2017), *Elephant Herding Optimization* (Santosa, 2017), *Lion Optimization Algorithm* (Elim, 2017), dan *Multi-Verse Optimizer* (Gunadi, 2018). Algoritma-algoritma tersebut sudah dapat menghasilkan solusi yang baik, namun pemecahan permasalahan ATSP tidak terbatas hanya pada metode-metode tersebut. Teorema *No Free Lunch* (NFL) telah dibuktikan secara logis bahwa tidak ada metode optimasi yang dapat memecahkan seluruh permasalahan optimasi, sehingga masih memungkinkan adanya metode metaheuristik lain yang dapat menawarkan solusi yang lebih baik dibandingkan metode-metode sebelumnya (Wolpert & Macready, 1997).

Lion Pride Optimizer (LPO) (Wang Bo, Jin Xiao, dan Cheng Bo, 2012) adalah algoritma optimisasi yang diinspirasi oleh cara hidup singa yang berkelompok (*lion pride*). Secara garis besar algoritma didasarkan pada proses evolusi dan teori bertahan hidup dari *lion pride*. Pada *lion pride*, kompetisi brutal terjadi diantara masing-masing individual singa jantan dan di sisi lain, masing-masing individu singa memainkan peran yang penting dalam menjaga kelompok *lion pride* itu sendiri. Berdasarkan konsep dari perilaku *lion pride*, telah ditemukan bahwa strategi pembaruan *pride* dan kompetisi brutal dari tiap singa merupakan 2 faktor yang berkontribusi dalam performansi LPO (Wang Bo *et. Al.*, 2012). Kedua perilaku tersebut menjadi dasar pengembangan karena mirip dengan 2 fase pada optimisasi metaheuristik, yaitu eksploitasi dan eksplorasi. Untuk memperoleh solusi optimal, LPO memiliki 6 parameter dalam menentukan *fitness* dari masing-masing singa dalam sebuah *pride* yaitu batas *short stagnant*, batas *long stagnant*, *long stagnation times*, *mating coefficient*, konstanta k_1 dan konstanta k_2 . Pengaturan keenam parameter tersebut sangat penting untuk menyeimbangkan kemampuan eksploitasi dan eksplorasi dari algoritma. Oleh karena itu, pada penelitian ini juga diidentifikasi pengaruh parameter terhadap performansinya dalam menyelesaikan suatu permasalahan.

Berdasarkan proses *benchmark* yang telah dilakukan terhadap 23 fungsi *benchmark* terkenal, LPO memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan dengan *Genetic Algorithm* (GA), *Evolutionary Programming* (EP), *Evolution Strategies* (ES), *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Group Search Optimizer* (GSO), *Fast Evolutionary Strategies* (FES), dan *Fast Evolutionary Programming* (FEP) pada semua fungsi *benchmark* pada permasalahan unimodal dan multimodal. Sedangkan pada permasalahan *high-dimensional multimodal*, LPO mengalahkan secara telak *Genetic Algorithm* (GA), *Evolutionary Programming* (EP), *Evolution Strategies* (ES), *Particle Swarm Optimization* (PSO), dan *Group Search Optimizer* (GSO) pada semua fungsi *benchmark* (Wang Bo *et. al.*, 2012).

Salah satu *benchmark* yang digunakan sebagai pembanding LPO adalah *Genetic Algorithm* (GA). *Genetic Algorithm* pernah diterapkan untuk menyelesaikan kasus *Asymmetric Travelling Salesman Problem*. Penerapan LPO pada beberapa *test function* membuktikan bahwa LPO menghasilkan hasil yang lebih baik daripada GA. Hal ini memungkinkan untuk LPO dapat menyelesaikan

Asymmetric Travelling Salesman Problem dan memiliki kemungkinan untuk dapat menghasilkan performansi yang baik juga.

Metode metaheuristik yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Lion Pride Optimizer* (LPO). Wang Bo *et. Al.* (2012) mengatakan bahwa algoritma ini dirancang untuk menyelesaikan berbagai masalah dengan jenis *global optimization* untuk menghasilkan solusi yang lebih baik dari metode yang telah ada. Oleh karena itu, berdasarkan identifikasi masalah yang telah diberikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana penerapan Algoritma *Lion Pride Optimizer* dalam menyelesaikan kasus *Asymmetric Traveling Salesman Problem*?
2. Bagaimana pengaruh parameter *Lion Pride Optimizer* terhadap performansinya dalam menyelesaikan permasalahan *Asymmetric Traveling Salesman Problem*?
3. Bagaimana hasil perbandingan pada permasalahan *Asymmetric Travelling Salesman Problem* menggunakan Algoritma *Lion Pride Optimizer* (LPO) dengan *Elephant Herding Optimization* (Santosa, 2017), *New Genetic Algorithm* (Nagata & Soler, 2012), *Improved Discrete Bat Algorithm* (Osaba, *et.al.*, 2015), *Harmonic Search Algorithm* (Kevin, 2017), dan *Lion Optimization Algorithm* (Elim, 2017)?

I.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Permasalahan yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari beberapa kasus *benchmark Asymmetric Travelling Salesman Problem* yaitu BR17, FTV33, FTV44, FTV55, dan FTV70.
2. Waktu komputasi tidak menjadi ukuran performansi dari algoritma yang diterapkan.

I.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan perumusan masalah yang telah dilakukan, berikut adalah tujuan dari penelitian yang dilakukan.

1. Menyelesaikan permasalahan *Asymmetric Travelling Salesman Problem* (ATSP) dengan menggunakan algoritma *Lion Pride Optimizer* (LPO).
2. Mengetahui pengaruh parameter-parameter dari *Lion Pride Optimizer* terhadap performansinya.
3. Membandingkan hasil solusi pada permasalahan *Asymmetric Travelling Salesman Problem* menggunakan Algoritma *Lion Pride Optimizer* (LPO) dengan *Elephant Herding Optimization* (Santosa, 2017), *New Genetic Algorithm* (Nagata & Soler, 2012), *Improved Discrete Bat Algorithm* (Osaba, et.al., 2015), *Harmonic Search Algorithm* (Kevin, 2017), dan *Lion Optimization Algorithm* (Elim, 2017).

I.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, manfaat yang diharapkan dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

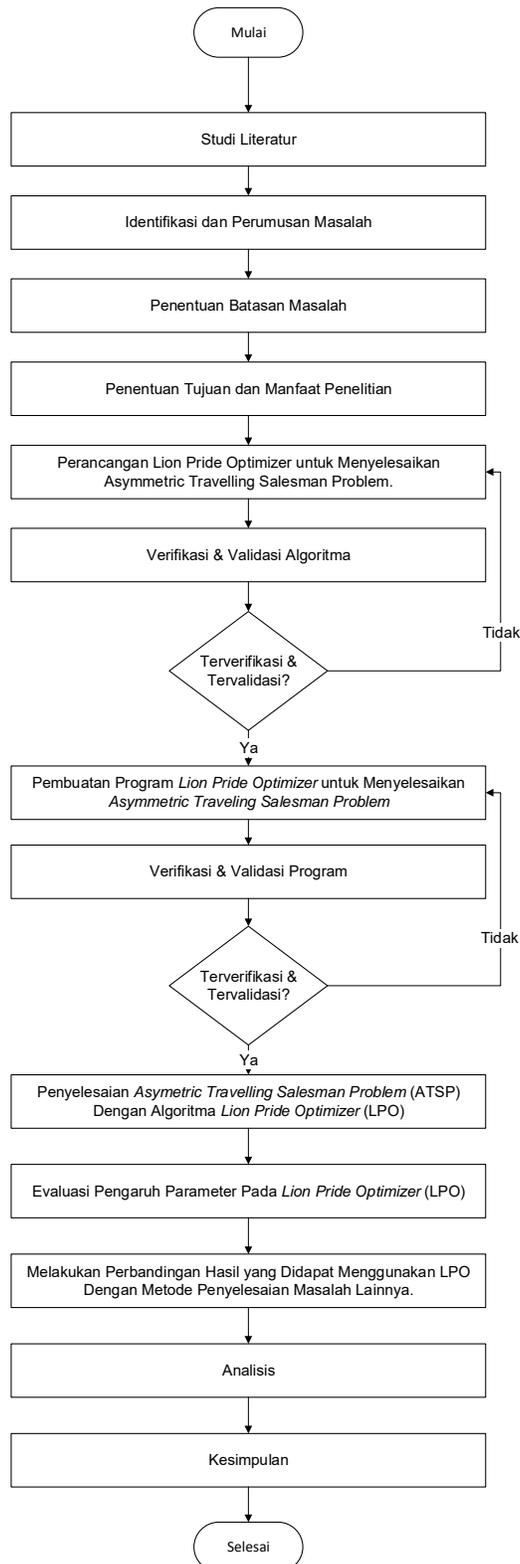
1. Mengetahui apakah penerapan *Lion Pride Optimizer* pada *Asymmetric Traveling Salesman Problem* dapat memberikan solusi yang baik.
2. Menambah referensi untuk penelitian mengenai algoritma *Lion Pride Optimizer* terutama penerapannya dalam penyelesaian *Asymmetric Travelling Salesman Problem*.
3. Menambah wawasan mengenai metode optimisasi yang dapat dilakukan dalam menyelesaikan permasalahan *Asymmetric Travelling Salesman Problem* menggunakan algoritma *Lion Pride Optimizer*.

I.6 Metodologi Penelitian

Dalam melakukan penelitian mengenai perancangan serta penerapan optimisasi algoritma *lion pride optimizer* kepada permasalahan *asymmetric travelling salesman problem*, diperlukan suatu metodologi penelitian. Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini.

1. Studi Literatur
Langkah pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah mencari serta mengumpulkan informasi mengenai *lion pride optimizer* (LPO) beserta metode optimisasi yang dapat dilakukan dan *asymmetric travelling salesman problem* (ATSP) dari referensi jurnal serta buku terkait.

2. Identifikasi dan Perumusan Masalah
Setelah studi literatur, dilanjutkan dengan identifikasi dan perumusan masalah. Identifikasi berisi masalah ATSP beserta penerapan optimisasi LPO. Perumusan masalah dilakukan berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan.
3. Penentuan Batasan Masalah
Setelah dilakukan identifikasi dan perumusan masalah, ditentukanlah batasan-batasan masalah yang digunakan dalam penelitian yang bertujuan untuk memfokuskan penelitian dan membantu proses penelitian yang ada.
4. Penentuan Tujuan dan Manfaat Penelitian
Penelitian dalam bentuk apapun harus memiliki sebuah tujuan dan manfaat. Penentuan tujuan dan manfaat penelitian dibuat agar penelitian ini memiliki maksud dan manfaat yang jelas.
5. Perancangan *Lion Pride Optimizer* untuk Menyelesaikan Permasalahan *Asymmetric Travelling Salesman Problem*.
Perancangan algoritma adalah tahap awal yang diperlukan dalam penyelesaian masalah ATSP agar hasil dari penerapan algoritma LPO menggambarkan solusi ATSP. Pembuatan program ini menggunakan *software* MATLAB.
6. Verifikasi & Validasi Algoritma
Perancangan algoritma pada tahap sebelumnya harus dilakukan verifikasi untuk memastikan bahwa setiap komponen perancangan program sesuai dengan permasalahan yang ada. Perancangan algoritma yang telah melewati tahap verifikasi dilakukan proses validasi dengan melihat *output* yang dihasilkan oleh program.
7. Pembuatan Program *Lion Pride Optimizer* untuk Menyelesaikan *Asymmetric Traveling Salesman Problem*
Pada tahap ini dilakukan pembuatan program berdasarkan *flowchart* yang telah terverifikasi dan tervalidasi.



Gambar I. 1 Metodologi Penelitian

8. Verifikasi & Validasi Program
Pada tahap ini dilakukan proses verifikasi dan validasi terhadap program *lion pride optimizer* untuk menyelesaikan *asymmetric traveling salesman problem* yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Verifikasi dilakukan untuk memastikan apakah program yang dibuat sudah sesuai dengan langkah-langkah algoritma pada *flowchart*. Validasi dilakukan untuk memastikan apakah program dapat menghasilkan solusi pada *asymmetric traveling salesman problem* tanpa melanggar batasan-batasan yang ada.
9. Penyelesaian *Asymmetric Travelling Salesman Problem* (ATSP) dengan Algoritma *Lion Pride Optimizer* (LPO)
Pada tahap ini, program algoritma LPO akan dilakukan input beberapa kasus ATSP untuk mengetahui solusi permasalahan yang dihasilkan oleh algoritma LPO tersebut.
10. Evaluasi Pengaruh Parameter Pada *Lion Pride Optimizer* (LPO)
Pada tahap ini, parameter-parameter yang menjadi komponen LPO akan dievaluasi, lalu parameter tersebut akan dilakukan perhitungan pengaruh dari setiap parameter beserta interaksinya saat menyelesaikan kasus-kasus ATSP pada tahap sebelumnya.
11. Melakukan Perbandingan Hasil yang Didapat Menggunakan LPO Dengan Metode Penyelesaian Masalah Lainnya.
Pada tahap ini dilakukan perbandingan mengenai *output* yang dihasilkan oleh algoritma LPO pada tahap sebelumnya dengan *output* yang dihasilkan oleh algoritma pembanding.
12. Analisis
Analisis dilakukan terhadap solusi yang dihasilkan algoritma LPO terhadap permasalahan ATSP beserta hasil *benchmarking* dari metode penyelesaian masalah lainnya. Analisis juga dilakukan untuk mengetahui parameter apa yang memiliki pengaruh yang paling signifikan dalam menyelesaikan permasalahan ATSP.
13. Kesimpulan
Penarikan kesimpulan dilakukan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan sebelumnya.

I.7 Sistematika Penulisan

Penelitian yang dilakukan disusun dalam sistematika penulisan yang terstruktur dan sistematis. Berikut merupakan sistematika penulisan dari penelitian yang dilakukan.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan latar belakang masalah, identifikasi dan rumusan masalah, asumsi dan batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai dasar teori yang digunakan dalam penelitian. Dasar teori yang digunakan berhubungan dengan *asymmetric traveling salesman problem*, *lion pride optimizer*, *encoding method random-key*, *local search algorithm 2-opt* dan *design of experiments & analysis of variances*.

BAB III PERANCANGAN ALGORITMA

Pada bab ini dijelaskan mengenai penerapan *lion pride optimizer* (LPO) pada permasalahan *asymmetric traveling salesman problem* (ATSP), sistematika perubahan gen pada LPO, perancangan algoritma melalui penjelasan menggunakan *flowchart*, dan verifikasi & validasi algoritma.

BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA

Pada bab ini dijelaskan mengenai implementasi *lion pride optimizer* untuk menyelesaikan *asymmetric traveling salesman problem*. Hal-hal yang dibahas meliputi verifikasi dan validasi program, penentuan nilai parameter *lion pride optimizer* implementasi *lion pride optimizer* pada kasus *benchmark*, pengujian pengaruh parameter *lion pride optimizer*, dan perbandingan performansi *lion pride optimizer* dengan *elephant herding optimization*, *new genetic algorithm*, *improved discrete bat algorithm*, *harmonic search algorithm*, dan *lion optimization algorithm*.

BAB V ANALISIS

Pada bab ini dijelaskan analisis penerapan *lion pride optimizer* (LPO) pada *asymmetric traveling salesman problem* (ATSP), analisis sistematika

perubahan gen pada LPO, analisis pengaruh parameter LPO dan analisis perbandingan performansi LPO dengan algoritma lain.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan dari hasil penerapan *lion pride optimizer* untuk menyelesaikan *asymmetric traveling salesman problem* dan saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.