

**PENERAPAN *EMPEROR PENGUINS COLONY*
ALGORITHM DALAM PENYELESAIAN
*ASYMMETRIC TRAVELING SALESMAN PROBLEM***

SKRIPSI

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

Disusun oleh:

Nama : Benny Limuria

NPM : 2014610164



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2021**

**PENERAPAN *EMPEROR PENGUINS COLONY*
ALGORITHM DALAM PENYELESAIAN
*ASYMMETRIC TRAVELING SALESMAN PROBLEM***

SKRIPSI

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

Disusun oleh:

Nama : Benny Limuria

NPM : 2014610164



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2021**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**



Nama : Benny Limuria
NPM : 2014610164
Jurusan : Teknik Industri
Judul Skripsi : PENERAPAN *EMPEROR PENGUINS COLONY ALGORITHM*
DALAM PENYELESAIAN *ASYMMETRIC TRAVELING*
SALESMAN PROBLEM

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, Februari 2021

Ketua Program Studi Teknik Industri

Dr. Ceicalia Tesavrita, S.T., M.T.

Pembimbing Pertama

27 Februari 2021

Cherish Rikardo, S.Si., M.T.

Pembimbing Kedua

26 Februari 2021

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



Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan

Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Benny Limuria

NPM : 2014610164

dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul :

"PENERAPAN EMPEROR PENGUINS COLONY ALGORITHM DALAM PENYELESAIAN 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, Februari 2021

Benny Limuria
2014610164

ABSTRAK

Perusahaan perlu untuk mencari calon konsumen guna melakukan penjualan produk. Dengan begitu, diperlukan seorang salesman untuk mengunjungi calon-calon konsumen. Dalam satu kali perjalanan, seorang *salesman* perlu mengunjungi beberapa calon konsumen sebelum kembali ke kantornya. Oleh karena itu, pihak perusahaan perlu menentukan calon konsumen mana saja yang dikunjungi terlebih dahulu. Hal tersebut dilakukan untuk meminimasi *cost* dalam bentuk jarak ataupun waktu tempuh. Selain itu, kondisi jalan raya di Indonesia tidak selalu dua jalur. Kondisi tersebut sesuai dengan *asymmetric traveling salesman problem*(ATSP).

Salah satu metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah ATSP adalah metode metaheuristik. Metode metaheuristik banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah ATSP karena metode tersebut dapat memberikan solusi yang baik dalam waktu yang singkat jika dibandingkan dengan metode *exact*. Salah satu metode metaheuristik yang baru adalah *emperor penguins colony algorithm*(EPC). Oleh karena itu, dilakukan penelitian terkait penyelesaian ATSP menggunakan EPC. Penelitian dilakukan dengan menggunakan MATLAB dengan fungsi objektif adalah meminimasi jarak total yang ditempuh dan solusi yang dihasilkan akan dibandingkan dengan algoritma lainnya, seperti : *Lion Pride Optimizer*(LPO), *Elephant Herding Optimization*(EHO), *New Genetic Algorithm*(NGO), *Improve Discrete Bat Algorithm*(IDBA), *Harmonic Search Algorithm*(HSA), dan *Lion Optimization Algorithm*(LOA).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter yang berpengaruh dalam EPC adalah jumlah penguin, faktor pengali *attractiveness*, dan faktor pengali *mutation*. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa EPC mampu memberikan solusi ATSP yang *feasible* namun solusi yang dihasilkan bukan merupakan solusi terbaik dari masing-masing kasus benchmark. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa performansi EPC tidak lebih baik daripada LPO, EHO, NGO, DBA, HSA, maupun LOA.

Kata Kunci : metaheuristik, optimasi, ATSP, EPC

ABSTRACT

Companies need to seek potential buyers in order to sell products. So, a salesman is needed to visit potential consumer. In one trip, a salesman need to visit a few potential consumer before going back to office. So, a company needs to determine who to visit first. The reason is to minimize cost in form of mileage or traveling time. Beside that, roads in Indonesia are not always two–ways. This condition can be modeled as asymmetric traveling salesman problem(ATSP).

One of the method to solve ATSP is metaheuristic method. Metaheuristic is commonly used to solve ATSP because this method can generate good solution in short time compared to exact methods. One of the newest metaheuristic method is emperor penguins colony algorithm(EPC). Therefore, a research is conducted to solve ATSP using EPC. Research is done using MATLAB with objective function of the research is to minimize mileage. Solution generated by EPC will be compared to solutions generated by Lion Pride Optimization(LPO), Elephant Herding Optimization(EHO), New Genetic Algorithm(NGO), Improve Discrete Bat Algorithm(IDBA), Harmonic Search Algorithm(HSA), and Lion Optimization Algorithm(LOA).

Research result shows that parameters that affect EPC's performance are number of penguins, attractiveness multiplier, mutation factor multiplier. Research result also shows that EPC can generate feasible solution to ATSP but the solution is not the best known solution to each benchmark cases. Result shows that EPC's performance is not better than LPO, EHO, NGO, DBA, HSA, and LOA.

Keywords : metaheuristic, optimization, ATSP, EPC

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul “Penerapan *Emperor Penguins Colony Algorithm* Dalam Penyelesaian *Asymmetric Traveling Salesman Problem*”. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak dukungan dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Cherish Rikardo, S.Si, M.T. dan Bapak Fran Setiawan, S.T., M.Sc. sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing, memberikan banyak motivasi, masukan, dan saran yang sangat berarti dalam penulisan skripsi ini.
2. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu mendoakan, mendukung, dan memotivasi penulis.
3. Bapak Alfian Tan, S.T., M.T. dan Bapak Hanky Fransiscus, S.T., M.T. sebagai dosen penguji proposal skripsi yang telah memberikan masukan dan saran yang sangat berarti bagi penulisan skripsi ini.
4. Bapak Sugih Sudharma Tjandra, S.T., M.Si. dan Bapak Hanky Fransiscus, S.T., M.T. sebagai dosen penguji sidang skripsi yang telah memberikan banyak masukan yang sangat berarti dalam penulisan skripsi ini.
5. Windawaty yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan motivasi kepada penulis
6. Tommy, Yericko, dan Kevin yang memberikan motivasi dan semangat kepada penulis.
7. Sabeum–nim Bertus, Master Vito yang menyemangati penulis untuk tetap maju dalam penulisan skripsi ini.
8. Rafael, Tiara, Carol, Nico, Kevin, dan teman–teman UKM Taekwondo lainnya yang telah menyemangati penulis dalam penulisan skripsi ini.
9. Seluruh dosen TI UNPAR
10. Seluruh teman–teman kelas B angkatan 2014

11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa laporan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima segala kritik dan saran yang membangun. Penulis memohon maaf jika terdapat kesalahan kata dalam penulisan laporan skripsi ini. Terima kasih.

Bandung, 11 Februari 2021

Benny Limuria

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang Masalah	I-1
I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah.....	I-2
I.3 Batasan Masalah	I-6
I.4 Tujuan Penelitian	I-7
I.5 Manfaat Penelitian	I-7
I.6 Metodologi Penelitian.....	I-7
I.7 Sistematika Penulisan.....	I-11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 <i>Traveling Salesman Problem</i>	II-1
II.2 <i>Asymmetric Traveling Salesman Problem</i>	II-2
II.3 Metode <i>Exact</i>	II-3
II.4 Metode Pendekatan.....	II-3
II.4.1 Metode Heuristik	II-3
II.4.2 Metode Metaheuristik	II-3
II.4.2.1 <i>Emperor Penguin Colony</i>	II-4
II.5 <i>Encoding dan Decoding</i>	II-11
II.6 <i>2-Opt Local Search Algorithm</i>	II-12
II.7 Desain Eksperimen	II-12
BAB III PERANCANGAN ALGORITMA	III-1
III.1 Penerapan <i>Emperor Penguins Colony</i> dalam <i>Asymmetric</i> <i>Traveling Salesman Problem</i>	III-1
III.2 Perancangan Algoritma.....	III-7

III.2.1 Notasi Algoritma	III-7
III.2.2 Algoritma Utama EPC	III-9
III.2.3 Algoritma Penentuan Posisi Awal dan <i>Cost Penguin</i>	III-11
III.2.4 Algoritma Perhitungan <i>Heat Radiation, Attenuation</i> <i>Coefficient, dan Mutation Factor</i>	III-18
III.2.5 <i>Coordinate Spiral Like–Movement</i>	III-19
III.2.6 <i>Sort and Find Best Solution</i>	III-30
III.2.7 Update <i>Heat Radiation, Mu, dan Phi</i>	III-39
III.2.8 Menentukan <i>Best Solution</i>	III-40
III.3 Verifikasi dan Validasi Algoritma	III-41
BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA	IV-1
IV.1 Verifikasi dan Validasi Program EPC untuk ATSP	IV-1
IV.1.1 Verifikasi Program <i>Emperor Penguins Colony</i>	IV-1
IV.1.2 Validasi Program <i>Emperor Penguins Colony</i>	IV-11
IV.2 Penentuan Nilai Parameter EPC.....	IV-17
IV.2.1 Parameter–Parameter EPC	IV-17
IV.2.2 Penentuan Nilai Parameter Jumlah <i>Penguin</i>	IV-17
IV.2.3 Penentuan Nilai Parameter Pengali Q1	IV-18
IV.2.4 Penentuan Nilai Parameter Pengali Mu	IV-18
IV.2.5 Penentuan Nilai Parameter Pengali Phi	IV-19
IV.2.6 Parameter Jumlah <i>Penguin, Pengali Heat Radiation,</i> <i>Pengali Mu, Pengali Phi</i>	IV-19
IV.3 Penerapan <i>Emperor Penguins Colony</i> Pada Kasus <i>Benchmark</i>	IV-22
IV.4 Perbandingan <i>Emperor Penguins Colony Algorithm</i> dengan Algoritma Lainnya.....	IV-26
BAB V ANALISIS	V-1
V.1 Analisis Terhadap Algoritma <i>Emperor Penguins Colony</i>	V-1
V.2 Analisis Parameter EPC yang Berpengaruh	V-3
V.3 Analisis Penerapan EPC Dalam Kasus <i>Benchmark</i>	V-4
V.4 Analisis Perbandingan Performansi EPC Terhadap Algoritma Lain ..	V-5
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
VI.1 Kesimpulan.....	VI-1
VI.2 Saran.....	VI-1
DAFTAR PUSTAKA	

LAMPIRAN
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Perbandingan Performansi Algoritma.....	I-4
Tabel II.1 Luas Area Tubuh Penguin.....	II-6
Tabel III.1 Contoh <i>Random Keys Encoding</i>	III-2
Tabel III.2 Hasil <i>Decoding</i> dan Urutan Kota Baru.....	III-2
Tabel III.3 Contoh Permasalahan ATSP	III-2
Tabel III.4 Contoh Perhitungan Total Jarak.....	III-3
Tabel III.5 <i>Encoding</i> Untuk <i>Penguin 2</i> dan <i>3</i>	III-3
Tabel III.6 <i>Decoding</i> Untuk <i>Penguin 2</i> dan <i>3</i>	III-3
Tabel III.7 Total Jarak Solusi <i>Penguin 2</i> dan <i>Penguin 3</i>	III-4
Tabel III.8 Tabel <i>Attractiveness Penguin 1</i> Terhadap <i>Penguin 2</i>	III-4
Tabel III.9 Tabel Posisi Baru <i>Penguin 2</i>	III-6
Tabel III.10 Tabel <i>Encoding</i> Posisi Baru <i>Penguin 2</i>	III-6
Tabel III.11 Urutan Kota Baru <i>Penguin 2</i>	III-6
Tabel III.12 Tabel <i>Cost Penguin 2</i>	III-7
Tabel III.13 Notasi ATSP	III-7
Tabel III.14 Notasi EPC	III-8
Tabel III.15 Tabel Jarak Untuk Contoh Kasus.....	III-57
Tabel IV.1 Matriks Jarak Lima Kota	IV-13
Tabel IV.2 Matriks Jarak Enam Kota.....	IV-14
Tabel IV.3 <i>Solver</i> Lima Kota ATSP	IV-16
Tabel IV.4 <i>Solver</i> Enam Kota ATSP.....	IV-16
Tabel IV.5 Rekapitulasi Parameter Jumlah <i>Penguin</i>	IV-17
Tabel IV.6 Rekapitulasi Parameter Pengali Q1	IV-18
Tabel IV.7 Rekapitulasi Parameter Pengali Mu.....	IV-18
Tabel IV.8 Rekapitulasi Parameter Pengali Phi.....	IV-19
Tabel IV.9 Tabel Rekapitulasi Kasus <i>Benchmark</i>	IV-23
Tabel IV.10 Tabel Kombinasi Parameter	IV-23
Tabel IV.11 Rekapitulasi Hasil Kasus BR17.....	IV-23
Tabel IV.12 Rekapitulasi Hasil Kasus FTV33.....	IV-24
Tabel IV.13 Rekapitulasi Hasil Kasus FTV44.....	IV-25

Tabel IV.14 Rekapitulasi Hasil Kasus FTV55	IV-25
Tabel IV.15 Rekapitulasi Hasil Kasus FTV70	IV-26
Tabel IV.16 Tabel Perbandingan Performansi Algoritma.....	IV-27

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian Bagian 1	I-10
Gambar I.2 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian Bagian 2.....	I-11
Gambar II.1 <i>Triangular Inequality</i>	II-2
Gambar II.2 <i>Pseudo Code EPC</i>	II-5
Gambar II.3 Dimensi <i>Penguin</i>	II-6
Gambar II.4 <i>Linear Heat Source</i>	II-8
Gambar II.5 <i>Spiral Movement</i>	II-9
Gambar II.6 <i>Spiral Movement</i> <i>i</i> Terhadap <i>j</i>	II-9
Gambar II.7 Contoh <i>Encoding</i> Metode <i>Random Key</i>	II-12
Gambar II.8 Contoh Metode <i>2-Opt</i>	II-12
Gambar III.1 <i>Flowchart EPC</i>	III-10
Gambar III.2 Penentuan Posisi Awal <i>Penguin</i> dan <i>Cost</i> Bagian 1.....	III-14
Gambar III.3 Penentuan Posisi Awal <i>Penguin</i> dan <i>Cost</i> Bagian 2.....	III-15
Gambar III.4 Penentuan Posisi Awal <i>Penguin</i> dan <i>Cost</i> Bagian 3.....	III-16
Gambar III.5 Penentuan Posisi Awal <i>Penguin</i> dan <i>Cost</i> Bagian 4.....	III-17
Gambar III.6 Perhitungan <i>Heat Radiation</i> , <i>Mu</i> , <i>Phi</i>	III-19
Gambar III.7 <i>Coordinated Spira-Like Movement</i> Bagian 1	III-24
Gambar III.8 <i>Coordinated Spira-Like Movement</i> Bagian 2.....	III-25
Gambar III.9 <i>Coordinated Spira-Like Movement</i> Bagian 3.....	III-26
Gambar III.10 <i>Coordinated Spira-Like Movement</i> Bagian 4.....	III-27
Gambar III.11 <i>Coordinated Spira-Like Movement</i> Bagian 5.....	III-28
Gambar III.12 <i>Coordinated Spira-Like Movement</i> Bagian 6.....	III-29
Gambar III.13 <i>Sort and Find Best Solution</i> Bagian 1	III-33
Gambar III.14 <i>Sort and Find Best Solution</i> Bagian 2.....	III-34
Gambar III.15 <i>Sort and Find Best Solution</i> Bagian 3.....	III-35
Gambar III.16 <i>Sort and Find Best Solution</i> Bagian 4.....	III-36

Gambar III.17 <i>Sort and Find Best Solution</i> Bagian 5	III-37
Gambar III.18 <i>Sort and Find Best Solution</i> Bagian 6	III-38
Gambar III.19 <i>Update Heat Radiation, Mu, dan Phi</i>	III-39
Gambar III.20 Menentukan <i>Best Solution</i>	III-41
Gambar III.21 Grafik <i>Cost Minimal</i> Setiap Iterasi	III-58
Gambar IV.1 <i>Script</i> Bagian Satu	IV-2
Gambar IV.2 <i>Script</i> Bagian Dua.....	IV-2
Gambar IV.3 <i>Script</i> Bagian Tiga	IV-3
Gambar IV.4 <i>Script</i> Bagian Empat	IV-4
Gambar IV.5 <i>Script</i> Bagian Lima.....	IV-4
Gambar IV.6 <i>Script</i> Bagian Enam	IV-5
Gambar IV.7 <i>Script</i> Bagian Tujuh.....	IV-5
Gambar IV.8 <i>Script</i> Bagian Delapan	IV-6
Gambar IV.9 <i>Script</i> Bagian Sembilan.....	IV-7
Gambar IV.10 <i>Script</i> Bagian 10	IV-7
Gambar IV.11 <i>Script</i> Bagian 11	IV-8
Gambar IV.12 <i>Script</i> Bagian 12	IV-9
Gambar IV.13 <i>Script</i> Bagian 13	IV-9
Gambar IV.14 <i>Script</i> Bagian 14	IV-10
Gambar IV.15 <i>Script</i> Bagian 15	IV-10
Gambar IV.16 <i>Script</i> Bagian 16	IV-11
Gambar IV.17 Validasi Input Jumlah Kota.....	IV-12
Gambar IV.18 Validasi Input Jumlah <i>Penguin</i>	IV-12
Gambar IV.19 Validasi Input Jumlah Iterasi	IV-12
Gambar IV.20 Validasi Input Matriks Jarak	IV-12
Gambar IV.21 <i>Error</i> Matriks Jarak.....	IV-13
Gambar IV.22 Input Untuk Validasi Lima Kota	IV-13
Gambar IV.23 Rekapitulasi Solusi ATSP Lima Kota.....	IV-14
Gambar IV.24 Input Untuk Validasi Enam Kota.....	IV-15
Gambar IV.25 Rekapitulasi Solusi ATSP Enam Kota.....	IV-15

Gambar IV.26 Level Parameter	IV-20
Gambar IV.27 ANOVA.....	IV-22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A KASUS <i>BENCHMARK</i> ATSP.....	A-1
Lampiran B TABEL KOMBINASI ANOVA.....	B-1

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini, akan dijelaskan mengenai latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan. Berikut ini merupakan isi dari bab I pendahuluan.

I.1 Latar Belakang Masalah

Sebuah perusahaan perlu untuk mencari calon konsumen guna melakukan penjualan produk kepada konsumen. Proses mencari calon–calon konsumen tersebut dilakukan oleh salesman. Hal yang dilakukan oleh seorang salesman adalah mengunjungi calon konsumen dan mempromosikan produk kepada konsumen tersebut dengan harapan calon konsumen tersebut ingin membeli produknya. Seorang salesman tidak hanya mengunjungi satu calon konsumen kemudian kembali ke kantornya. Seorang salesman akan mengunjungi beberapa calon konsumen. Selain meningkatkan penjualan perusahaan, perusahaan juga perlu untuk meminimasi *cost* perusahaan. Salah satu biaya yang perlu dikeluarkan perusahaan adalah biaya transportasi untuk salesman dalam mengunjungi calon konsumennya. Biaya tersebut dapat berupa total jarak yang ditempuh salesman sebelum kembali ke kantornya atau waktu tempuh salesman yang perlu dikonversikan.

Traveling salesman problem (TSP) adalah tipe permasalahan yang digambarkan sebelumnya. *Traveling salesman problem* digambarkan dengan seorang *salesman* yang merencanakan rute perjalanannya dari satu titik ke titik lainnya kemudian kembali ke titik awal dengan jarak yang seminimum mungkin (Lawler, Lenstra, Kan, & Shmoys, 1985). Kasus salesman di atas dapat dimodelkan menjadi model TSP.

Menurut Lawler, Lenstra, Kan, & Shmoys (1985), *Asymmetric traveling salesman problem* atau ATSP merupakan masalah *traveling salesman problem* yang mampu mewakili keadaan nyata. Dalam ATSP, jarak dari titik A ke titik B berbeda dengan jarak dari titik B ke titik A. Perbedaan jarak tersebut dapat

disebabkan oleh pemberlakuan jalan satu arah pada jalan tertentu sehingga jarak dari titik A ke titik B dan sebaliknya berbeda. ATSP merupakan masalah *non-deterministic polynomial time hard* (NP-hard). Untuk menyelesaikan masalah NP-hard, dapat digunakan solusi yang mementingkan optimalitas dari solusi dengan risiko membutuhkan waktu yang banyak atau metode yang menghasilkan solusi dengan cepat namun tidak dapat dipastikan solusi tersebut optimal. Komputasi algoritma NP-hard secara *exact* membutuhkan waktu yang meningkat secara eksponensial. Oleh karena itu, dapat digunakan metode pendekatan dalam menyelesaikan masalah *asymmetric travelling salesman problem*. Metode pendekatan dapat dibagi menjadi metode heuristik dan metode metaheuristik. Menurut Desale, Rasool, Andhale, & Rane(2015), metode heuristik termasuk baik untuk digunakan dalam menyelesaikan masalah NP-hard namun metode heuristik memiliki probabilitas untuk terjebak dalam *local optimum*. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka dapat digunakan metode metaheuristik. Penelitian menggunakan metode metaheuristik dalam penyelesaian masalah ATSP masih dilakukan karena belum terdapat metode metaheuristik yang memberikan solusi optimal terkait masalah ATSP.

I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Asymmetric Travelling Salesman Problem atau biasa disebut ATSP merupakan salah satu masalah yang umum terjadi. Kasus ATSP sering terjadi pada dunia nyata karena ATSP merupakan model masalah dimana seorang salesman mengunjungi beberapa titik atau kota sebelum kembali ke titik atau kota asalnya. Umumnya, seseorang keluar dan mengunjungi beberapa titik, cenderung orang tersebut menentukan rute perjalanannya sebelum kembali ke titik asalnya. Yang membedakan ATSP dengan TSP adalah pada kasus ATSP, jarak yang perlu ditempuh dari kota A ke kota B belum tentu sama dengan jarak yang ditempuh dari kota B kembali ke kota A. Masalah ATSP umum dijumpai pada *salesman* yang ingin mengunjungi beberapa titik. Oleh karena dalam satu kota, tidak semua jalan memiliki lajur dua arah, maka jarak dari kota A ke kota B atau sebaliknya dapat berbeda. *Salesman* tersebut perlu untuk mengunjungi setiap kota sebanyak sekali. Lokasi mana yang dikunjungi terlebih dahulu akan menentukan jarak total yang ditempuh oleh *salesman* tersebut. Total jarak yang ditempuh akan mempengaruhi biaya yang diperlukan untuk satu kali perjalanan tersebut.

Terdapat dua jenis metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi. Metode pertama adalah metode *exact*. Metode ini dapat menghasilkan solusi yang optimal untuk suatu masalah. Namun untuk masalah yang termasuk masalah *non-deterministic polynomial hard*(NP-*hard*), metode ini membutuhkan waktu yang banyak. Metode *exact* yang digunakan untuk menyelesaikan ATSP adalah *branch and bound* oleh Little, Murty, Sweeney, & Karel(1963), Carpaneto & Toth(1980), Pekny, Miller, & Stodolsky (1991), Carpaneto, Dell'Amico, & Toth(1995), dan Roberti & Toth (2012). Kelebihan dari metode *exact* adalah metode tersebut mampu menghasilkan solusi yang optimal untuk suatu masalah seperti ATSP. Namun, metode *exact* juga memiliki kelemahan dalam menyelesaikan suatu masalah. Untuk masalah NP-*hard*, metode *exact* membutuhkan waktu yang lama untuk menghasilkan solusi optimal jika dibandingkan dengan metode lain. Oleh karena itu, terdapat metode kedua, yaitu metode pendekatan. Metode pendekatan dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu : heuristik dan metaheuristik. Dua metode ini sering digunakan untuk menyelesaikan masalah NP-*hard*. Dua jenis metode ini dapat menghasilkan solusi yang baik namun tidak dapat menjamin solusi tersebut merupakan solusi optimal. Untuk masalah NP-*hard*, penggunaan dua jenis metode ini lebih hemat waktu jika dibandingkan dengan penggunaan metode *exact*. Salah satu jenis metode heuristik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah ATSP adalah *greedy algorithm* (Cazaux & Rivals, 2014), *held-karp heuristic*(Mattsson, 2010). Metode heuristik digunakan menyelesaikan masalah yang spesifik(Santosa & Ai, 2017). Oleh karena itu, diperlukan metode metaheuristik yang dapat mengatasi kelemahan tersebut. Beberapa metode metaheuristik yang telah digunakan untuk menyelesaikan masalah ATSP adalah *Lion Pride Optimizer*(Prakoso, 2019), *Elephant Herding Optimization*(Santosa, 2017), *New Genetic Algorithm*(Nagata & Soler, 2012), *Improved Discrete Bat Algorithm*(Osaba et. al., 2015), *Harmonic Search Algorithm*(Kevin, 2017), *Lion Optimization Algorithm*(Elim, 2017). Metode metaheuristik juga memiliki karakteristik mampu menghasilkan solusi *feasible* terhadap suatu masalah dalam waktu yang lebih singkat dibanding metode *exact*. Namun kelemahan yang terdapat pada metode metaheuristik tersebut adalah metode-metode tersebut menghasilkan solusi yang baik, bukan solusi optimal. Selain itu, metode-metode tersebut tidak dapat menjamin solusi yang dihasilkan merupakan solusi yang optimal. Dengan begitu, perlu untuk mencoba

menggunakan metode metaheuristik lainnya kemudian dibandingkan metode–metode tersebut dalam menyelesaikan masalah ATSP. Mencoba metaheuristik yang baru diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih baik daripada metode metaheuristik yang pernah diterapkan dalam menyelesaikan kasus ATSP.

Salah satu jenis metode metaheuristik adalah *Emperor Penguin Colony* yang dikembangkan oleh Harifi, S., Khalilian, M., Mohammadzadeh, J., & Ebrahimnejad, S.(2019). *Emperor penguin colony* terinspirasi dari cara suatu koloni *emperor penguin* bertahan hidup dalam kondisi iklim dingin. *Emperor penguin* merupakan hewan sosial yang hidup berkoloni di bagian selatan bumi. Dalam menghadapi iklim yang dingin, ratusan ataupun ribuan *emperor penguin* membentuk suatu kerumunan. Pembentukan kerumunan tersebut bertujuan untuk mempertahankan suhu tubuh dan mengurangi terjadinya kehilangan panas tubuh serta melindungi penguin dalam proses perkembangbiakan. Untuk mempertahankan tingkat keberhasilan yang tinggi dalam penetasan telur, diperlukan suhu sekitar 35°C pada masa inkubasi. Oleh karena itu, diperlukan jumlah penguin yang banyak dengan tingkat kepadatan yang tinggi. Jika tingkat kepadatan rendah, penguin–penguin dalam kerumunan tersebut akan kehilangan banyak energi, sedangkan jika tingkat kepadatan terlalu tinggi, akan menyebabkan penguin yang berada di tepi kerumunan sulit untuk mencapai pusat kerumunan dimana pusat kerumunan merupakan titik dengan suhu paling hangat.

Pemilihan *emperor penguin colony algorithm* didasarkan pada algoritma tersebut memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan beberapa algoritma metaheuristik lainnya, seperti *genetic algorithm*, *imperialist competitive algorithm*, *particle swarm optimization*, dll(Harifi et. al., 2019). Perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel I.1 sebagai berikut ini.

Tabel I.1 Perbandingan Performansi Algoritma

Functions	Algorithms				
	GA	ICA	PSO	ABC	DE
Ackley	0,0907	2,6265x10 ⁻⁴	6,0895x10 ⁻⁴	0,1421	1,7711x10 ⁻⁴
Sphere	0,0028	4,9481x10 ⁻⁶	9,0413x10 ⁻⁸	0,0102	1,3381x10 ⁻⁸
Rosenbrock	2,6388	3,3888	1,7793	15,4923	1,9891
Rastrigin	0,9373	1,2083	2,9004	10,7627	0,2993
Griewank	0,0437	0,0264	0,0222	0,1333	0,0139
Bukin	1,1704	0,0759	0,2298	0,7341	0,8872
Bohachevsky	0,0085	3,6398x10 ⁻¹³	4,9679x10 ⁻¹⁰	3,0094x10 ⁻⁷	8,4519x10 ⁻¹³
Zakharov	2,2252	0,3906	4,7044x10 ⁻⁶	3,9614	0,1830
Booth	0,0582	0,0028	8,4872x10 ⁻¹¹	8,1022x10 ⁻⁶	2,7995x10 ⁻⁵
Michalewicz	-4.5633	-4.5706	-4.1158	-2.8306	-4.7952

(lanjut)

Tabel I.1 Perbandingan Performansi Algoritma(Lanjutan)

Functions	Algorithms			
	HS	IWO	GWO	EPC
Ackley	2,0935	0,0019	$1,9177 \times 10^{-5}$	$3,1821 \times 10^{-8}$
Sphere	0,4327	$9,2105 \times 10^{-7}$	$2,7557 \times 10^{-12}$	$3,3231 \times 10^{-16}$
Rosenbrock	69,4738	9,4521	1,7491	3,8752
Rastrigin	7,3835	14,9577	2,6374	$5,8027 \times 10^{-14}$
Griewank	0,0444	0,0435	0,0542	0,0131
Bukin	1,9679	0,2859	0,1509	0,0956
Bohachevsky	0,0056	$2,0029 \times 10^{-7}$	$7,1826 \times 10^{-10}$	$1,1102 \times 10^{-17}$
Zakharov	4,4355	$2,4909 \times 10^{-6}$	$1,6946 \times 10^{-8}$	$5,4928 \times 10^{-16}$
Booth	0,0160	$2,7585 \times 10^{-8}$	1,9738	$7,3392 \times 10^{-18}$
Michalewicz	-4.4896	-3.9391	-2.4935	-1.8030

Ket :

GA = *Genetic Algorithm*

ICA = *Imperialist Competitive Algorithm*

PSO = *Particle Swarm Optimization*

ABC = *Artificial Bee Colony*

DE = *Differential Evolution*

HS = *Harmony Search*

IWO = *Invasive Weed Optimization*

GWO = *Grey Wolf Optimizer*

Benchmark yang digunakan oleh Harifi et. al.(2019) adalah fungsi *Ackley*, *Sphere*, *Rosenbrock*, *Rastrigin*, *Griewank*, *Bukin*, *Bohachevsky*, *Zakharov*, *Booth*, dan *Michalewicz*. Fungsi *Ackley* umum digunakan sebagai *benchmark* dalam algoritma optimasi. Fungsi ini memiliki banyak *local minima* dan mempertimbangkan jika suatu optimasi beresiko terjebak dalam *local minima*. Fungsi *Sphere* memiliki *local minima* sebanyak d . Fungsi ini berdistribusi unimodal, dengan bentuk cembung dan kontinu. Fungsi *Rosenbrock* berdistribusi unimodal dan *global minimum* terdapat pada satu lembah dimana lembah tersebut mudah untuk ditemukan namun *global minimum* tersebut sulit untuk diperoleh. Pada fungsi *Rastrigin*, terdapat beberapa *local minima* dan bersifat multimodal. Fungsi *Griewank* memiliki banyak *local minima* yang terdistribusi. Fungsi *Bukin* memiliki banyak *local minima*. Fungsi *Bohachevsky* memiliki bentuk seperti mangkuk. Fungsi *Zakharov* tidak memiliki *local minima*. Fungsi *Booth* bersifat kontinu dan unimodal. Fungsi *Michalewicz* berdistribusi multimodal dan memiliki $d!$ *local minima*. Pada fungsi ini, terdapat parameter m yang menentukan tingkat kecuraman dari lembah dan bukit pada distribusi.

Berdasarkan tabel I.1 di atas, terdapat delapan hasil *benchmark* yang menunjukkan bahwa *Emperor Penguin Colony* lebih baik dibanding metode metaheuristik lainnya. Oleh karena itu, algoritma *emperor penguin colony* akan

digunakan untuk menyelesaikan masalah ATSP untuk melihat apakah *emperor penguin colony* lebih baik dalam menyelesaikan ATSP dibandingkan dengan algoritma lainnya.

Untuk mengetahui tingkat performansi *emperor penguin colony*, maka perlu dilakukan perbandingan dengan beberapa algoritma metaheuristik. Oleh karena itu, akan dilakukan penelitian terhadap masalah *asymmetric TSP* untuk mengetahui performansi *emperor penguin colony* dibandingkan dengan algoritma yang pernah digunakan untuk *asymmetric TSP* seperti *Lion Pride Optimizer*(Prakoso, 2019), *Elephant Herding Optimization*(Santosa, 2017), *New Genetic Algorithm*(Nagata & Soler, 2012), *Improved Discrete Bat Algorithm*(Osaba et. al., 2015), *Harmonic Search Algorithm*(Kevin, 2017), *Lion Optimization Algorithm*(Elim, 2017).

Berdasarkan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya, dapat dirumuskan bahwa masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana penerapan *emperor penguin colony* dalam menyelesaikan masalah *asymmetric TSP*?
2. Bagaimana pengaruh parameter–parameter *emperor penguin colony* terhadap performansinya?
3. Bagaimana performansi *emperor penguin colony* dalam menyelesaikan masalah *asymmetric TSP* jika dibandingkan dengan *Lion Pride Optimizer*(Prakoso, 2019), *Elephant Herding Optimization*(Santosa, 2017), *New Genetic Algorithm*(Nagata & Soler, 2012), *Improved Discrete Bat Algorithm*(Osaba et. al., 2015), *Harmonic Search Algorithm*(Kevin, 2017), *Lion Optimization Algorithm*(Elim, 2017)?

I.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dilakukan supaya penelitian yang dilakukan dapat sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Batasan masalah yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Hanya terbatas pada *benchmark* yang umum digunakan.
2. Tidak mempertimbangkan *computational time* dari algoritma.
3. Pada setiap kasus ATSP, *salesman* berangkat dari satu tempat.
4. Tidak diterapkan *time–window* dalam penelitian ini.

I.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang disebutkan sebelumnya, tujuan dilakukan penelitian ini akan dijabarkan sebagai berikut ini.

1. Menerapkan *Emperor Penguin Colony* dalam menyelesaikan kasus *asymmetric traveling salesman problem*
2. Mengetahui pengaruh parameter–parameter *emperor penguin colony* terhadap performansinya.
3. Membandingkan performansi *Emperor Penguin Colony* dengan *Lion Pride Optimizer*(Prakoso, 2019), *Elephant Herding Optimization*(Santosa, 2017), *New Genetic Algorithm*(Nagata & Soler, 2012), *Improved Discrete Bat Algorithm*(Osaba et. al., 2015), *Harmonic Search Algorithm*(Kevin, 2017), *Lion Optimization Algorithm*(Elim, 2017) dalam menyelesaikan kasus *benchmark asymmetric traveling salesman problem*

I.5 Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian terkait dengan *emperor penguin colony*, terdapat beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yang dijabarkan sebagai berikut :

1. Menambah wawasan terkait dengan penerapan *emperor penguin colony* dalam penyelesaian masalah *asymmetric traveling salesman problem*
2. Menambah referensi untuk penelitian terkait *emperor penguin colony* maupun *asymmetric traveling salesman problem*.

I.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian penting dalam melakukan penelitian terhadap penyelesaian masalah *asymmetric traveling salesman problem* dengan menggunakan *emperor penguin colony*. Berikut ini merupakan langkah–langkah penelitian ini serta *flowchart* metodologi penelitian ini dapat dilihat pada gambar I.1 dan I.2.

1. Studi Literatur

Untuk memulai sebuah penelitian, perlu untuk melakukan studi literatur terhadap hal–hal yang berkaitan dengan penelitian. Dalam hal ini, dilakukan pencarian referensi terkait dengan *emperor penguin colony* dan *asymmetric traveling salesman problem*.

2. Identifikasi dan Perumusan Masalah
Melakukan identifikasi masalah yang berkaitan dengan *asymmetric traveling salesman problem* kemudian masalah–masalah yang sudah diidentifikasi, akan dirumuskan supaya penelitian dalam terfokus pada masalah–masalah tersebut.
3. Pembatasan Masalah dan Asumsi
Dalam melakukan penelitian, perlu untuk membuat pembatasan masalah dan asumsi. Hal tersebut didasarkan pada untuk menjamin penelitian yang dilakukan tidak menyimpang dari identifikasi masalah dan objektif awal dari penelitian tersebut.
4. Penentuan Tujuan dan Manfaat Penelitian
Sebuah penelitian harus memiliki tujuan yang jelas. Selain itu, manfaat yang diberikan oleh suatu penelitian harus jelas juga. Oleh karena itu, perlu untuk ditentukan tujuan dan manfaat penelitian.
5. Penerapan *Emperor Penguin Colony* Terhadap *Asymmetric Traveling Salesman Problem*
Perancangan dan penerapan algoritma *Emperor Penguin Colony* untuk penyelesaian masalah *asymmetric traveling salesman problem*.
6. Verifikasi dan Validasi *Emperor Penguin Colony*
Setelah melakukan perancangan algoritma pada tahap sebelumnya, perlu untuk melakukan verifikasi terhadap algoritma tersebut. Verifikasi dilakukan untuk memastikan program yang dirancang sesuai dengan masalah *Asymmetric Traveling Salesman Problem*. Setelah dilakukan verifikasi, maka akan dilakukan proses validasi dengan melihat output yang dihasilkan oleh algoritma *Emperor Penguin Colony*.
7. Perancangan Program untuk *Emperor Penguin Colony*
Pada tahap ini, dilakukan perancangan program untuk *Emperor Penguin Colony*. Program *Emperor Penguin Colony* yang dirancang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah *Asymmetric Traveling Salesman Problem*.
8. Verifikasi dan Validasi Program
Program yang dirancang pada tahap sebelumnya akan diverifikasi dan divalidasi. Hal tersebut dilakukan untuk memastikan bahwa program yang dirancang sesuai dengan algoritma *Emperor Penguin Colony* dan dapat

digunakan untuk menyelesaikan masalah *Asymmetric Traveling Salesman Problem*.

9. Implementasi Program dalam Penyelesaian Masalah *Asymmetric Traveling Salesman Problem*

Setelah program diverifikasi dan divalidasi, selanjutnya, program tersebut diimplementasikan untuk menghasilkan solusi dari masalah *Asymmetric Traveling Salesman Problem*.

10. Membandingkan Hasil *Emperor Penguin Colony* Dengan Hasil Algoritma Lainnya

Solusi yang dihasilkan pada tahap sebelumnya akan dibandingkan dengan solusi yang dihasilkan oleh algoritma lain dalam menyelesaikan masalah *Asymmetric Traveling Salesman Problem*.

11. Evaluasi Terhadap Parameter yang Berpengaruh Terhadap *Emperor Penguin Colony*

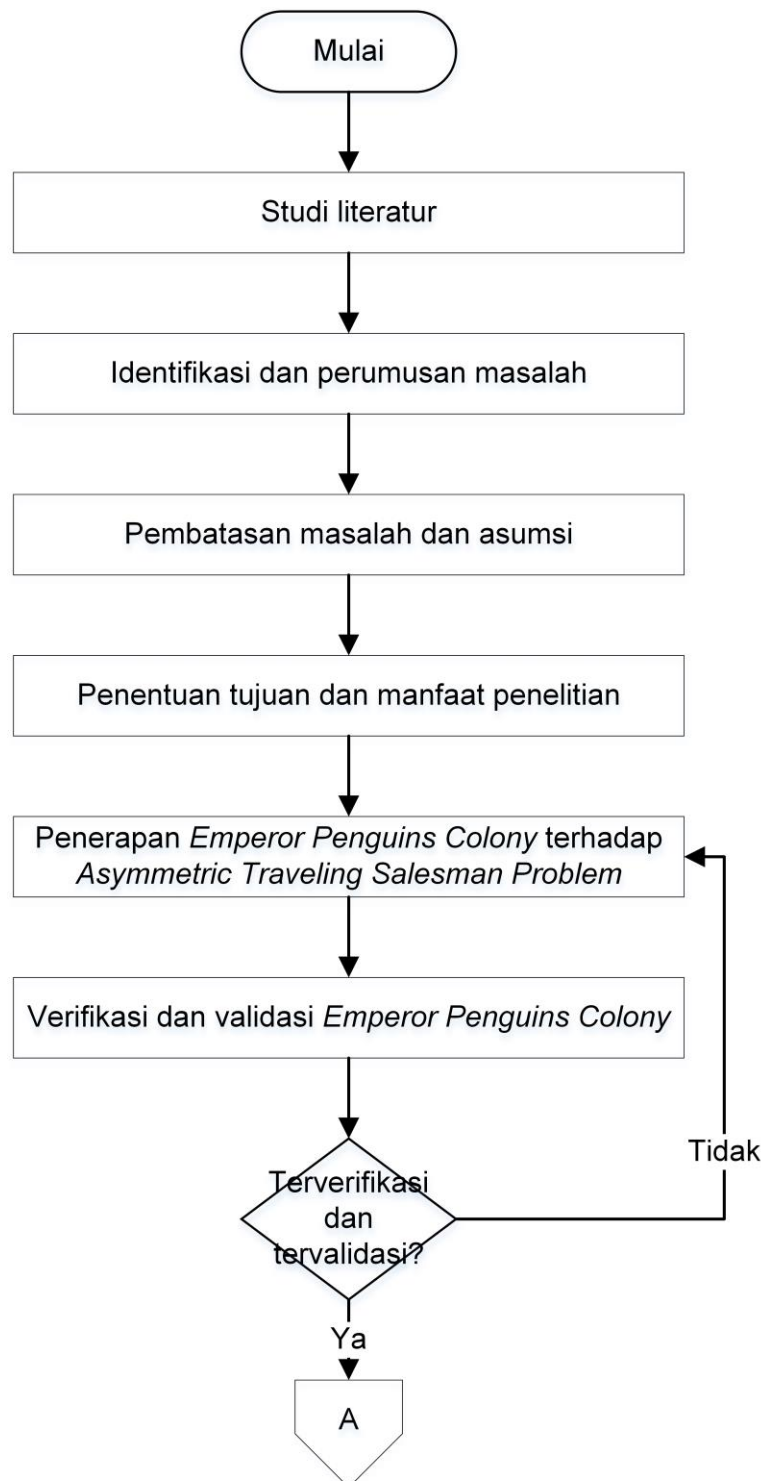
Pada tahap ini, setiap parameter dalam *Emperor Penguin Colony* akan dievaluasi dan dihitung tingkat signifikansinya dalam penyelesaian masalah *Asymmetric Traveling Salesman Problem*.

12. Analisis

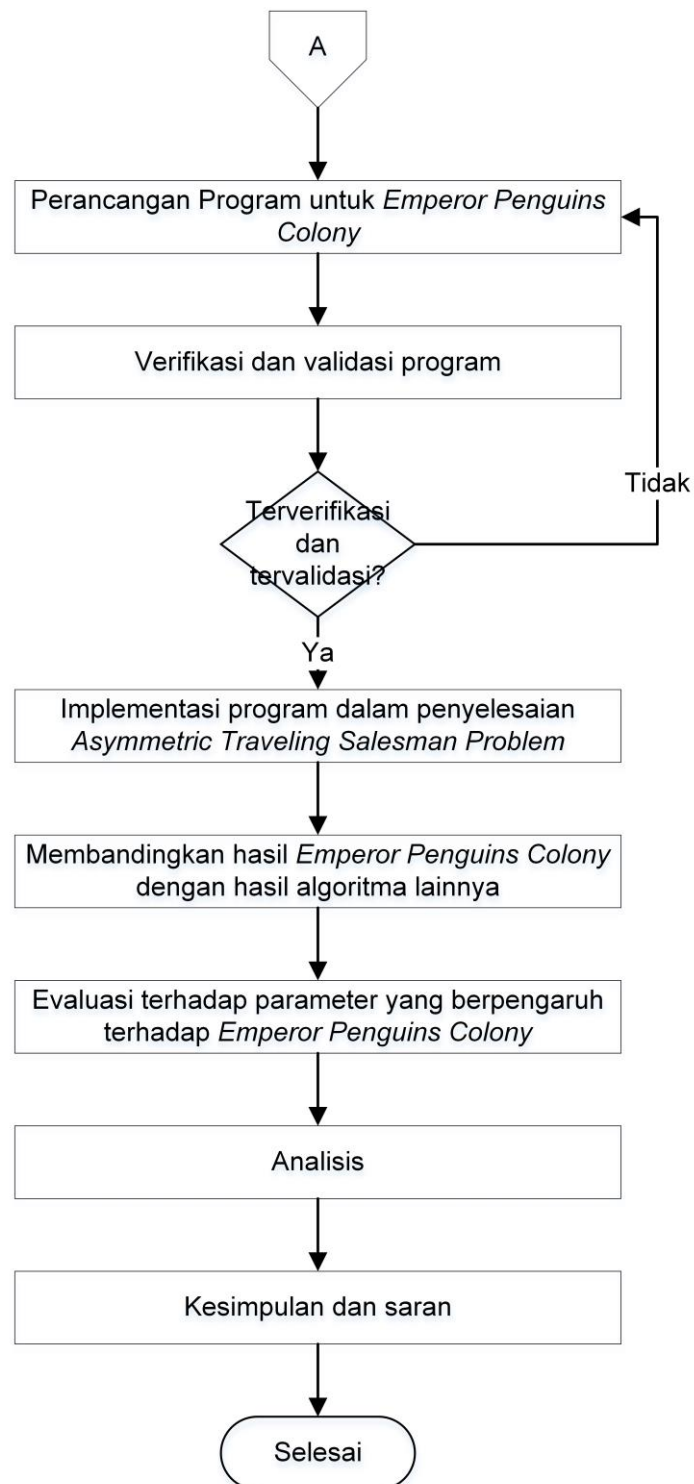
Pada tahap ini, akan dilakukan analisis terhadap solusi yang dihasilkan oleh algoritma *Emperor Penguin Colony* terhadap masalah *Asymmetric Traveling Salesman Problem*. Analisis juga dilakukan terhadap perbandingan solusi algoritma *Emperor Penguin Colony* dengan algoritma lainnya serta parameter–parameter yang berpengaruh dalam penyelesaian masalah ATSP.

13. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini, akan dibuat kesimpulan terkait rumusan masalah yang telah dilakukan. Kesimpulan yang dibuat akan menjawab rumusan masalah dan menyimpulkan penelitian secara keseluruhan. Pada tahap ini juga akan dibuat saran–saran yang ingin disampaikan terkait penelitian tentang algoritma *Emperor Penguin Colony* maupun *Asymmetric Traveling Salesman Problem*.



Gambar I.1 Flowchart Metodologi Penelitian Bagian 1



Gambar I.2 Flowchart Metodologi Penelitian Bagian 2

I.7 Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini disusun dalam sistematika penulisan yang terstruktur. Berikut ini merupakan sistematika penulisan penelitian ini.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini, dijelaskan tentang latar belakang masalah, kemudian identifikasi dan perumusan masalah, asumsi dan batasan yang digunakan pada penelitian ini, tujuan penelitian yang ingin dicapai, manfaat penelitian ini, metodologi penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini, dijelaskan tentang dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini. Dasar teori yang digunakan berkaitan dengan *traveling salesman problem*, *asymmetric traveling salesman problem*, metode *Emperor Penguin Colony*, *encoding* dan *decoding*, normalisasi data, dan desain eksperimen.

BAB III PERANCANGAN ALGORITMA

Pada bab ini, dijelaskan tentang penerapan algoritma *Emperor Penguins Colony* terhadap *asymmetric traveling salesman problem*, pembuatan *flowchart* algoritma EPC beserta subproses dari algoritma, serta verifikasi dan validasi secara manual algoritma EPC.

BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA

Pada bab ini, dijelaskan tentang implementasi algoritma EPC dalam ATSP menggunakan *software MATLAB* dan pengujian parameter–parameter yang berpengaruh terhadap performansi EPC.

BAB V ANALISIS

Pada bab ini, akan dilakukan analisis terhadap algoritma EPC, analisis terhadap parameter EPC yang berpengaruh, serta analisis terhadap performansi EPC dalam kasus *benchmark* dan perbandingannya terhadap algoritma lainnya.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini, akan dibahas tentang kesimpulan yang diambil dari hasil penelitian serta saran yang peneliti ingin berikan terkait penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan ATSP maupun EPC.