

**PENERAPAN *ELEPHANT HERDING OPTIMIZATION*
UNTUK MENYELESAIKAN *VEHICLE ROUTING*
*PROBLEM WITH TIME WINDOWS***

SKRIPSI

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

Disusun oleh :

Nama :Ranggi Maharani

NPM :2014610057



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



**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**



Nama : Ranggi Maharani
NPM : 2014610057
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : PENERAPAN ELEPHANT HERDING OPTIMIZATION
UNTUK MENYELESAIKAN VEHICLE ROUTING
PROBLEM WITH TIME WINDOWS

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, 29 Juni 2018

Ketua Program Studi Teknik Industri

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

Pembimbing Tunggal

(Cynthia Prithadevi Juwono, Ir., M.S.)



Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan



Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Ranggi Maharani

NPM : 2014610057

dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul :

“PENERAPAN ELEPHANT HERDING OPTIMIZATION UNTUK MENYELESAIKAN VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS”

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, 29 Juni 2018

Ranggi Maharani
2014610057

ABSTRAK

Dalam dunia industri salah satu permasalahan yang sering muncul terkait dengan proses pemenuhan kebutuhan konsumen adalah pada proses distribusi. Pemilihan suatu rute pengiriman (distribusi) akan mempengaruhi jarak tempuh yang dilalui, dan hal tersebut akan mempengaruhi biaya transportasi yang harus dikeluarkan. Selain itu, kendaraan yang digunakan juga memiliki batasan kapasitas yang tidak bisa dilanggar dan apabila konsumen yang akan dilayani juga memiliki batasan waktu penerimaan barang maka permasalahan tersebut dapat dimodelkan menjadi kasus *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW).

Pada penelitian ini permasalahan VRPTW diselesaikan dengan menggunakan *Elephant Herding Optimization* (EHO). EHO merupakan salah satu metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku mengembala dari gajah. Algoritma ini menggunakan dua jenis operasi yaitu *clan updating* dan *clan separating* dalam menggambarkan perilaku gajah yang mengembala mencari tempat hidup yang lebih baik. Pada EHO terdapat empat parameter yang ada, yaitu Alfa, Beta, Jumlah Clan, dan nKEL. Dari keempat parameter EHO yang diuji pengaruhnya untuk performansi dari EHO, Alfa menandakan seberapa besar pengaruh gajah *matriach* terhadap gajah didalam *clan* nya, Beta menandakan seberapa besar pengaruh posisi tengah *clan* terhadap *matriach*, Jumlah *Clan* menandakan jumlah *clan* yang ada, dan nKEL menandakan jumlah gajah terbaik yang akan disimpan untuk digunakan diakhir generasi. Nilai parameter yang diuji adalah 0,1, 0,5, dan 0,9, untuk Alfa dan Beta, 5, dan 10 untuk Jumlah Clan, dan 10, dan 20 untuk nKEL.

Pada penelitian ini dilakukan implementasi EHO terhadap enam kasus *benchmark* dari VRPTW dan ternyata EHO menghasilkan solusi yang cukup baik dalam kasus yang diuji. Terdapat dua dari enam kasus yang diuji menghasilkan nilai yang sama dengan *best known solution* yang ada. EHO dibandingkan dengan dua metaheuristik yang pernah menyelesaikan VRPTW juga, yaitu *Evolutionary Algorithm* dan *Hybrid Evolutionary Algorithm*. Perbandingan ini mengindikasikan EHO dapat melakukan performansi yang lebih baik di beberapa kasus. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa terdapat pengaruh interaksi antar nilai parameter terhadap performansi EHO untuk seluruh kasus *benchmark*, tetapi hasil tersebut hanya berlaku untuk nilai-nilai parameter yang diuji.

ABSTRACT

Distribution is one of the problems that often arise related to fulfillment of consumer needs in the industry world. Selecting of a delivery route for distribution will affect the distance traveled, and it will affect the transportation cost that must be issued. In addition, the vehicles used also have capacity limits that can not be violated and if the consumers to be served also have time limits on receiving goods then the problem can be modeled into the case of Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW).

In this research VRPTW problem will be solved using Elephant Herding Optimization (EHO). EHO is a metaheuristic algorithm that is inspired by the herding behaviour of elephant. This algorithm uses two types of operations in describing the herding behaviour of elephant to search for a better place to live, the two operations are clan updating and clan separating. There are four EHO parameters that have been tested for the performance of EHO, namely Alpha which indicates how much elephant matriarch effect on elephant in its clan, Beta indicating how much influence the middle position of clan to matriarch, Clan number indicating number of clan that exist, and nKEL indicating the best number of elephants to be stored for use at the end of the generation. The parameter values tested were 0.1, 0.5, and 0.9, for Alpha and Beta, 5, and 10 for Clan Numbers, and 10, and 20 for nKEL.

In this research, EHO has been implemented in six VRPTW benchmark problems. Of the six cases used, EHO can get a solution that near the best known solution. Two out of six tested cases yielded the same value as the best known solution. EHO compared to the two metaheuristics that once completed VRPTW as well, namely the Evolutionary Algorithm and the Hybrid Evolutionary Algorithm. This comparison indicated that EHO can perform better in some cases. The results of this study also show that there is an interaction effect between parameter values on EHO performance for all benchmark cases, but these results apply only to the values of the parameters tested.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Penerapan *Elephant Herding Optimization* untuk Menyelesaikan *Vehicle Routing Problem with Time Windows*”. Pada proses penyusunan laporan ini, tidak sedikit hambatan yang dialami penulis. Akan tetapi dengan adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak maka penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Cynthia Prithadevi Juwono, Ir., M.S. selaku dosen pembimbing, atas berbagai kritik, masukan, dan bantuan yang diberikan dalam penyusunan laporan skripsi ini.
2. Bapak Ignatius A. Sandy, S.Si., M.T. selaku dosen penguji proposal skripsi dan dosen penguji sidang skripsi, atas berbagai kritik dan masukan yang diberikan dalam penyusunan laporan skripsi ini.
3. Bapak Alfian, S.T., M.T., selaku dosen penguji proposal skripsi dan dosen penguji sidang skripsi, atas berbagai kritik dan masukan yang diberikan dalam penyusunan laporan skripsi ini.
4. Orang tua penulis, yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
5. Deva Nareswara sebagai orang yang telah bersedia mendampingi, mendukung, memotivasi dan memberikan masukan kepada penulis dalam pembuatan program.
6. Adrianus Vincent sebagai orang yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi.
7. Stephen Sanjaya, Stevanus Ivan Laksono, Kevin Djoenaidy, dan teman-teman sesama topik algoritma lain yang telah saling mendukung, dan membantu mencari referensi-referensi yang berkaitan baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini.
8. Renata Christa D. sebagai orang yang telah bersedia mendukung, dan memotivasi penulis dalam proses penyusunan skripsi.

9. Surya Santoso, Nila Sari Nugroho, Cecilia Stefiany, Florencia Stefka, dan Felicia Riyadi yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
10. Madeleine A.M.M., Ivan O., Renata C.D., Dian P., Sonya A., Martha K.C., Tiffany C.G., yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
11. Dosen Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan, atas segala ilmu pengetahuan yang diberikan.
12. 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

Ranggi Maharani

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang Masalah.....	I-1
I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah.....	I-3
I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian.....	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-10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 <i>Vehicle Routing Problem</i>	II-1
II.2 <i>Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)</i>	II-2
II.3 <i>Elephant Herding Optimization</i>	II-3
II.4 SR-2 (<i>The Second Representation</i>).....	II-6
II.5 Desain Eksperimen.....	II-8
BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	III-1
III.1 <i>Encoding dan Decoding</i>	III-1
III.2 Perpindahan Posisi Gajah.....	III-14
III.3 Penerapan <i>Elephant Herding Optimization</i> untuk Permasalahan <i>Vehicle Routing Problem with Time Windows</i>	III-17
III.3.1 Notasi Algoritma.....	III-18
III.3.2 Algoritma Utama <i>Elephant Herding Optimization</i>	III-22
III.3.3 Algoritma Penentuan Posisi Awal Gajah (Algoritma A)	III-26

III.3.4	Algoritma Penetapan Rute (Algoritma B).....	III-27
III.3.5	Algoritma <i>Reset</i> Matriks (Algoritma C).....	III-46
III.3.6	Algoritma Proses Menyimpan Gajah Terbaik (Algoritma D)	III-49
III.3.7	Algoritma <i>Clan Updating</i> (Algoritma E)	III-53
III.3.8	Algoritma <i>Clan Separating</i> (Algoritma F)	III-56
III.3.9	Algoritma Penggantian Gajah Terburuk (Algoritma G)	III-61
III.3.10	Algoritma Pemeriksaan <i>Time Windows</i> (Algoritma H)...	III-65
III.3.11	Algoritma Perhitungan Jarak (Algoritma I).....	III-70
III.3.12	Algoritma Penyimpanan (Algoritma J).....	III-72
III.4	Verifikasi dan Validasi Algoritma.....	III-74
BAB IV	IMPLEMENTASI ALGORITMA PADA KASUS <i>BENCHMARK</i>	IV-1
IV.1	Verifikasi dan Validasi Program.....	IV-1
IV.2	Penerapan <i>Elephant Herding Optimization</i> pada Kasus <i>Benchmark</i> VRPTW.....	IV-6
IV.2.1	Penentuan <i>Input</i> Parameter <i>Elephant Herding Optimization</i> (EHO).....	IV-7
IV.2.2	Penerapan EHO pada Kasus R101 50 Konsumen.....	IV-12
IV.2.3	Penerapan EHO pada Kasus R101 100 Konsumen.....	IV-14
IV.2.4	Penerapan EHO pada Kasus C101 50 Konsumen.....	IV-16
IV.2.5	Penerapan EHO pada Kasus C101 100 Konsumen.....	IV-18
IV.2.6	Penerapan EHO pada Kasus RC101 50 Konsumen.....	IV-19
IV.2.7	Penerapan EHO pada Kasus RC101 100 Konsumen..	IV-21
IV.3	Pengujian Parameter <i>Elephant Herding Optimization</i> (EHO)...	IV-23
IV.4	Pengaruh Level Parameter pada Setiap Kasus.....	IV-26
IV.5	Perbandingan <i>Elephant Herding Optimization</i> (EHO) dengan <i>Evolutionary Algorithm</i> , dan <i>Hybrid Evolutionary Algorithm</i>	IV-36
BAB V	ANALISIS	V-1
V.1	Analisis <i>Encoding</i> dan <i>Decoding</i>	V-1
V.2	Analisis Proses Perubahan Posisi Gajah.....	V-4
V.3	Analisis Pengaruh Parameter Terhadap Permasalahan VRPTW.....	V-5
V.3.1	Analisis Pengaruh Parameter Pada Kasus R101	

	dengan 50 Konsumen.....	V-6
V.3.2	Analisis Pengaruh Parameter Pada Kasus R101 dengan 100 Konsumen.....	V-7
V.3.3	Analisis Pengaruh Parameter Pada Kasus C101 dengan 50 Konsumen.....	V-8
V.3.4	Analisis Pengaruh Parameter Pada Kasus C101 dengan 100 Konsumen.....	V-8
V.3.5	Analisis Pengaruh Parameter Pada Kasus RC101 dengan 50 Konsumen.....	V-9
V.3.6	Analisis Pengaruh Parameter Pada Kasus RC101 dengan 100 Konsumen.....	V-10
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		VI-1
VI.1	Kesimpulan.....	VI-1
VI.2	Saran.....	VI-2
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
RIWAYAT HIDUP PENULIS		

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Rumus Perhitungan <i>Sum of Squares, Mean Square</i> F ₀ 2 Faktor.....	II-12
Tabel III.1	Keterangan Konsumen.....	III-2
Tabel III.2	Matriks Jarak Depot dan Konsumen.....	III-2
Tabel III.3	Jarak Antar konsumen dan kendaraan Antara Kendaraan dengan Setiap Pelanggan.....	III-7
Tabel III.4	Hasil Contoh Perhitungan Total Jarak Tempuh Kendaraan.....	III-14
Tabel III.5	Keterangan Konsumen Kasus Sederhana (kooorC).....	III-75
Tabel III.6	Jarak Euclidean Kasus Sederhana.....	III-76
Tabel III.7	Posisi Gajah Kasus Sederhana (matriks posG).....	III-77
Tabel III.8	Jarak Referensi Kendaraan dan Konsumen Kasus Sederhana.....	III-79
Tabel III.9	Rekap Rute Terbentuk hingga acp = 3, cust = 5, kend = 2, simpancust = 0, dan simpankend = 0 pada saat cust = 5 dan kend = 2 untuk Gajah 1.....	III-92
Tabel III.10	Tabel kvec hingga acp = 3, cust = 5, kend = 2, simpancust = 0, dan simpankend = 0 pada saat cust = 5, dan kend = 2 untuk Gajah 1.....	III-92
Tabel III.11	Rekapitulasi Hasil Penentuan Rute (Matriks V).....	III-105
Tabel III.12	Rekapitulasi Matriks kvec.....	III-105
Tabel III.13	Rekapitulasi Matriks FV.....	III-106
Tabel III.14	Rekapitulasi Perhitungan Posisi Gajah <i>Clan</i> 1 (dummyrata).....	III-109
Tabel III.15	Rekapitulasi Posisi Gajah Setelah <i>Clan Updating</i> (Matriks posG).....	III-114
Tabel III.16	Rekapitulasi Hasil Penentuan Rute Setelah <i>Clan Updating</i> (Matriks V).....	III-114
Tabel III.17	Rekapitulasi Matriks kvec Setelah <i>Clan Updating</i>	III-114
Tabel III.18	Rekapitulasi Matriks FV.....	III-115
Tabel III.19	Rekapitulasi Matriks dummysmaxmin.....	III-118

Tabel III.20	Rekapitulasi Hasil Penentuan Rute Setelah <i>Clan Separating</i> (Matriks V).....	III-121
Tabel III.21	Rekapitulasi Matriks kvec Setelah <i>Clan Separating</i>	III-121
Tabel III.22	Rekapitulasi Matriks FV Setelah <i>Clan Separating</i>	III-122
Tabel III.23	Matriks posG Setelah Penggantian Gajah Terburuk.....	III-124
Tabel III.24	Rekapitulasi Hasil Penentuan Rute Setelah Penggantian Gajah Terburuk (Matriks V).....	III-124
Tabel III.25	Rekapitulasi Matriks kvec Setelah Penggantian Gajah Terburuk.....	III-125
Tabel III.26	Rekapitulasi Matriks FV Penggantian Gajah Terburuk.....	III-125
Tabel III.27	Matriks posG Setelah Penggantian Gajah Terburuk.....	III-127
Tabel III.28	Rekapitulasi Hasil Penentuan Rute Setelah Generasi 2 (Matriks V).....	III-127
Tabel III.29	Rekapitulasi Matriks kvec Setelah Generasi 2.....	III-128
Tabel III.30	Rekapitulasi Matriks FV Setelah Generasi 2.....	III-128
Tabel III.31	Rekapitulasi Rute Terbaik (Matriks Vglobal).....	III-128
Tabel IV.1	Rekapitulasi Kasus Benchmark VRPTW.....	IV-6
Tabel IV.2	Rekapitulasi Kombinasi Parameter.....	IV-11
Tabel IV.3	Rekapitulasi Hasil Kasus R101 dengan 50 konsumen.....	IV-12
Tabel IV.4	Rekapitulasi Hasil Kasus R101 dengan 100 konsumen.....	IV-14
Tabel IV.5	Rekapitulasi Hasil Kasus C101 dengan 50 konsumen.....	IV-16
Tabel IV.6	Rekapitulasi Hasil Kasus C101 dengan 100 konsumen.....	IV-18
Tabel IV.7	Rekapitulasi Hasil Kasus RC101 dengan 50 konsumen.....	IV-20
Tabel IV.8	Rekapitulasi Hasil Kasus RC101 dengan 100 konsumen.....	IV-21
Tabel IV.9	Rekapitulasi Hasil Uji ANOVA untuk Setiap Kasus.....	IV-25
Tabel IV.10	Rekapitulasi Nilai Parameter Terbaik untuk Setiap Kasus.....	IV-34
Tabel IV.11	Rekapitulasi Hasil Solusi Terbaik Kasus <i>Benchmark VRPTW</i>	IV-35

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1	<i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	I-7
Gambar II.1	Contoh Ilustrasi Solusi VRP.....	II-1
Gambar II.2	Tahapan <i>Decoding</i> SR-2.....	II-7
Gambar III.1	Contoh Dimensi Posisi Gajah.....	III-3
Gambar III.2	Contoh Posisi Gajah.....	III-3
Gambar III.3	Langkah <i>Decoding</i>	III-5
Gambar III.4	Perhitungan <i>Time Windows</i> langkah 2-A Kendaraan 1 (Depot-1).....	III-7
Gambar III.5	Perhitungan <i>Time Windows</i> langkah 2-A Kendaraan 2 (Depot-1).....	III-8
Gambar III.6	Perhitungan <i>Time Windows</i> langkah 2-A Kendaraan 1 (Depot-2).....	III-8
Gambar III.7	Perhitungan <i>Time Windows</i> langkah 2-A Kendaraan 2 (Depot-2).....	III-9
Gambar III.8	Perhitungan <i>Time Windows</i> langkah 2-A Kendaraan 1 (Depot-3).....	III-9
Gambar III.9	Perhitungan <i>Time Windows</i> langkah 2-A Kendaraan 1 (Depot-5).....	III-10
Gambar III.10	Perhitungan <i>Time Windows</i> langkah 2-B Kendaraan 1 (Depot-5-3).....	III-11
Gambar III.11	Perhitungan <i>Time Windows</i> langkah 2-C Kendaraan 1 (Depot-3-5).....	III-11
Gambar III.12	Perhitungan <i>Time Windows</i> langkah 2-B Kendaraan 1 (Depot-3-5-4).....	III-12
Gambar III.13	Perhitungan <i>Time Windows</i> langkah 2-C Kendaraan 1 (Depot-3-4-5).....	III-13
Gambar III.14	Perhitungan <i>Time Windows</i> langkah 2-B Kendaraan 2 (Depot-2-1-4).....	III-13
Gambar III.15	Perhitungan <i>Time Windows</i> langkah 2-C Kendaraan 2 (Depot-2-4-1).....	III-13

Gambar III.16	Posisi Gajah Dalam Satu <i>Clan</i>	III-15
Gambar III.17	Posisi Gajah Setelah <i>Clan Updating</i>	III-16
Gambar III.18	Posisi Gajah Setelah <i>Clan Separating</i>	III-17
Gambar III.19	Algoritma Utama EHO.....	III-24
Gambar III.20	Algoritma Penentuan Posisi Awal Gajah.....	III-26
Gambar III.21	Algoritma Penetapan Rute.....	III-29
Gambar III.22	Algoritma <i>Reset Matriks</i>	III-47
Gambar III.23	Algoritma Proses Menyimpan Gajah Terbaik.....	III-50
Gambar III.24	Algoritma <i>Clan Updating</i>	III-54
Gambar III.25	Algoritma <i>Clan Separating</i>	III-58
Gambar III.26	Algoritma Penggantian Gajah Terburuk (lanjutan).....	III-62
Gambar III.27	Algoritma Pemeriksaan <i>Time Windows</i>	III-66
Gambar III.28	Algoritma Perhitungan Jarak.....	III-71
Gambar III.29	Algoritma Penyimpanan.....	III-73
Gambar III.30	Pemastian Batasan 1 Terpenuhi.....	III-129
Gambar III.31	Pemastian Batasan 2 Terpenuhi.....	III-130
Gambar III.32	Pemastian Batasan 3 Terpenuhi.....	III-131
Gambar III.33	Pemastian Batasan 4 Terpenuhi.....	III-132
Gambar IV.1	Program untuk Algoritma Penentuan Posisi Awal Gajah.....	IV-1
Gambar IV.2	Contoh Peringatan Kesalahan Input.....	IV-4
Gambar IV.3	<i>Input</i> Program Pemecahan Kasus Sederhana.....	IV-5
Gambar IV.4	<i>Output Running</i> Program untuk Kasus Sederhana.....	IV-5
Gambar IV.5	<i>Plot</i> Jumlah Gajah yang Digunakan.....	IV-9
Gambar IV.6	<i>Plot Maximum</i> Generasi yang Digunakan.....	IV-10
Gambar IV.7	<i>Interaction Plot</i> Kasus R101 dengan 50 konsumen.....	IV-27
Gambar IV.8	<i>Interaction Plot</i> Kasus R101 dengan 100 konsumen (atas: Jumlah <i>Clan</i> 5, bawah: Jumlah <i>Clan</i> 10).....	IV-28
Gambar IV.9	<i>Interaction Plot</i> Kasus C101 dengan 50 konsumen (atas: Jumlah <i>Clan</i> 5, bawah: Jumlah <i>Clan</i> 10).....	IV-29
Gambar IV.10	<i>Interaction Plot</i> Kasus C101 dengan 100 konsumen.....	IV-30
Gambar IV.11	<i>Interaction Plot</i> Kasus RC101 dengan 50 konsumen.....	IV-31
Gambar IV.12	<i>Interaction Plot</i> Kasus RC101 dengan 100 konsumen (interaksi alfa dan beta).....	IV-32

Gambar IV.13 *Interaction Plot* Kasus RC101 dengan 100 konsumen
(interaksi beta, jumlah *clan*, dan nKEL)..... IV-33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A: Data Keterangan Konsumen Kasus *Benchmark*

Lampiran B: Hasil Uji ANOVA

BAB I

PENDAHULUAN

Pada Bab Pendahuluan ini akan dibahas mengenai latar belakang masalah dari penelitian, identifikasi dan perumusan masalah yang dilakukan, dan pembatasan masalah dan asumsi yang digunakan pada penelitian. Selain itu juga akan dijelaskan tujuan dan manfaat penelitian, metodologi penelitian yang dilakukan, dan juga sistematika penulisan.

I.1 Latar Belakang Masalah

Pada dasarnya, di dalam dunia industri terdapat berbagai permasalahan yang terkait dengan proses pemenuhan kebutuhan konsumen. Salah satu permasalahan yang sering muncul terkait dengan proses pemenuhan kebutuhan konsumen adalah pada proses distribusi. Seiring dengan perkembangan teknologi yang memudahkan dalam proses pemesanan suatu produk, proses distribusi juga akan semakin sering untuk dilakukan. Permasalahan yang terkait dalam proses distribusi adalah biaya yang dikeluarkan pada proses distribusi.

Terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi biaya yang dikeluarkan pada proses distribusi. Salah satu faktor tersebut adalah menentukan rute pengiriman. Pemilihan suatu rute pengiriman akan mempengaruhi jarak tempuh yang dilalui, dan hal tersebut akan mempengaruhi biaya transportasi yang harus dikeluarkan. Oleh karena itu pemilihan rute pengiriman yang baik dapat meminimasi biaya yang dikeluarkan sehingga proses distribusi dapat menjadi lebih baik.

Pemilihan rute pengiriman dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti jumlah permintaan dari setiap konsumen, dan kapasitas kendaraan yang digunakan pada proses pengiriman. Salah satu contoh sederhana permasalahan sehari-hari pada proses pengiriman adalah penjualan makanan katering. Pada umumnya perusahaan yang melakukan proses pengiriman seperti penjual makanan katering akan melakukan proses pengiriman makanan kepada konsumen-konsumen langganannya. Proses pengiriman tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan sejumlah kendaraan pengangkut barang yang

dimiliki oleh penjual. Kendaraan pengangkut barang tersebut akan melakukan proses pemuatan makanan di tempat pembuatan makanan, proses pengiriman makanan pada semua konsumen, lalu kembali lagi ke tempat pembuatan makanan untuk proses pengiriman selanjutnya. Lokasi dari setiap konsumen katering yang berbeda-beda akan membuat pemilihan urutan destinasi dari pengiriman adalah hal yang harus diputuskan sebelum kendaraan berjalan. Permasalahan dalam penentuan rute pengiriman oleh katering tersebut dapat dimodelkan menjadi kasus *Vehicle Routing Problem*.

Vehicle Routing Problem (VRP) adalah suatu problem matematika dimana kasus ini didefinisikan dengan menentukan set rute yang harus dilalui oleh sejumlah kendaraan yang identik untuk melayani sejumlah konsumen. (Baldacci, Battarra, & Vigo, 2008). Setiap konsumen hanya boleh dilayani sekali dengan setiap kendaraan akan berangkat dari depot untuk mengirimkan barang dan setelah kendaraan tersebut melayani konsumen yang telah ditentukan untuk kendaraan tersebut, maka kendaraan tersebut akan kembali ke depot. Antar depot dan konsumen serta antar konsumen dan konsumen memiliki suatu jarak yang harus ditempuh untuk berpindah dari satu tempat ketempat lain.

Vehicle Routing Problem pertama kali dibahas pada tahun 1959 oleh George Dantzig dan John Ramser (Baldacci, et al., 2008). Menurut Baldacci, Battarra, dan Vigo (2008) terdapat beberapa variasi mengenai permasalahan ini seperti *Capacitated VRP* (CVRP) yaitu permasalahan VRP dengan kendaraan yang identik dan hanya terdapat batasan kapasitas dari kendaraan. Selain itu terdapat juga VRP dengan *Time Windows* (VRPTW) dimana selain batasan kapasitas kendaraan terdapat batasan interval waktu pada setiap konsumen boleh dilayani (El-Sherbeny, 2010).

Salah satu contoh permasalahan VRPTW dapat digambarkan pula dengan contoh sehari-hari yang dibahas sebelumnya yaitu penjual makanan katering. Penjual makanan katering, akan melakukan pengiriman pada beberapa konsumen setiap harinya. Pengiriman tersebut dilakukan dengan menggunakan kendaraan tertentu yang akan memuat makanan yang akan diantarkan pada setiap konsumen. Namun, dikarenakan penjual makanan katering menyediakan jasa penjualan makanan, maka dalam proses pengirimannya, makanan harus diterima oleh konsumen sesuai dengan jam makan yang diinginkan oleh setiap konsumen yaitu makan siang ataupun makan sore. Apabila makanan datang

tidak sesuai jam nya maka hal tersebut tidak sesuai dengan pesanan konsumen selain itu, makanan bisa saja menjadi sudah tidak segar atau enak untuk dimakan sehingga konsumen tidak mau menerimanya. Contoh permasalahan seperti ini dapat dimodelkan dalam VRPTW.

I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Menurut El-Sherbeny (2010) permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) merupakan pemilihan rute untuk sekelompok kendaraan yang berangkat dari depot dan kembali ke depot setelah melayani sekelompok konsumen, namun pada kasus ini terdapat batasan pada kapasitas setiap kendaraan dan jangka waktu kendaraan harus sampai dan melayani tiap konsumen. Permasalahan ini lebih sering ditemukan di dunia nyata jika dibandingkan dengan masalah VRP.

Vehicle Routing Problem with Time Windows termasuk permasalahan *NP-Hard* (*Non-deterministic Polynomial-time Hard*) (El-Sherbeny, 2010). Hal ini menyebabkan pada saat VRPTW diselesaikan dengan metode eksak, maka waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan penyelesaian optimal sangatlah besar. Terdapat tiga metode yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah VRPTW, yaitu metode eksak, metode heuristik, dan metode metaheuristik.

Metode pertama yaitu metode eksak dimana metode ini berusaha memecahkan seluruh kombinasi solusi yang ada dan menemukan solusi yang optimal. Metode eksak yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah VRPTW contohnya adalah *Branch-and-Bound* (Kolen, Kan, & Trienekens, 1987). Kekurangan dari metode eksak adalah membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan solusi bahkan untuk kasus dengan jumlah konsumen yang kecil. (El-Sherbeny, 2010). Oleh karena itu komputasi yang dilakukan menjadi semakin bertambah dengan jumlah konsumen yang harus dilayani semakin bertambah, sehingga terdapat kebutuhan untuk menggunakan metode lain untuk memecahkan masalah VRPTW. Selanjutnya metode kedua yang dapat digunakan untuk memecahkan VRPTW adalah metode heuristik. Metode heuristik merupakan metode pendekatan dasar yang mencari ruang solusi untuk mendapatkan solusi yang baik namun tidak pasti mendapatkan solusi paling efektif (Pearl, 1984). Metode heuristik mendapatkan solusi yang dapat diterima

dalam waktu yang cepat untuk masalah yang kompleks dengan melakukan *trial and error*. (Yang, 2014).

Metode ketiga yang dapat digunakan untuk memecahkan VRPTW, yaitu metode metaheuristik. Metode metaheuristik adalah metode yang memiliki tingkat lebih tinggi dibandingkan metode heuristik biasa dan secara umum memiliki performansi yang lebih baik dari heuristik sederhana (Yang, 2014). Metode metaheuristik melakukan prosedur pendekatan yang menghasilkan solusi masalah dengan cara melakukan *sampling* di problem yang memiliki *search space* yang luas. Pada metode metaheuristik, dapat dilakukan dua proses utama, yaitu proses *Exploration* dan *Exploitation*. *Exploration* adalah proses mencari solusi pada *search space* masalah yang luas dengan tujuan menemukan solusi yang baru dalam skala global. Sementara *exploitation* adalah proses mencari solusi dengan tujuan menemukan solusi yang lebih baik pada daerah *search space* dengan mengeksplorasi solusi yang sudah ditemukan (Yang, 2014). Penggunaan metode metaheuristik memang tidak selalu memberikan solusi optimal seperti metode eksak, namun metode ini dapat menghasilkan solusi yang memuaskan dengan waktu yang wajar (Wang, Coelho, Deb, & Gao, 2017). Oleh karena itu pada penelitian akan digunakan metode metaheuristik untuk memecahkan kasus VRPTW.

Terdapat banyak metode metaheuristik yang sudah dibuat hingga saat ini. Metode optimasi metaheuristik yang terinspirasi dari alam merupakan metode yang populer dalam beberapa tahun terakhir (Yang, 2014). Beberapa metode metaheuristik yang ada adalah *Genetic Algorithm* (S.R. Thangiah, 1991), *Particle Swarm Optimization* (Kennedy & Eberhart, 1995), *Monarch Butterfly Optimization* (Wang, Deb, & Cui, Monarch butterfly optimization, 2015) dan *Elephant Herding Optimization* (Wang, Coelho, Deb, & Gao, 2017).

Elephant Herding Optimization (EHO) pertama kali diperkenalkan oleh Gai-Ge Wang, Suash Deb, Xiao-Zhi Gao, dan Leandro dos Santos Coelho pada tahun 2015 dan kemudian dilakukan revisi pada tahun 2017. EHO merupakan salah satu *swarm intelligence methods* yang dimodelkan berdasarkan perilaku penggembala dari kelompok *elephant* untuk mencari sumber makanan. Gajah-gajah memiliki sifat sosial yang tinggi dan hidup berkelompok membentuk *clan-clan*. Setiap *clan* akan dipimpin oleh satu ketua yang disebut *matriach* dan umumnya merupakan gajah tertua pada *clan* tersebut. Selain itu setiap *clan* akan

memiliki gajah muda berjenis kelamin laki-laki yang akan meninggalkan *clan* dan hidup sendiri pada saat sudah beranjak dewasa.

EHO merupakan algoritma yang bertujuan untuk memecahkan *global optimisation*, dengan terdapat dua operator yang digunakan untuk mencari solusi dari masalah. Dua operators yang diterapkan pada algoritma ini adalah *clan updating operator*, dan *separating operator*. Pada *clan updating operator*, setiap gajah biasa pada kelompok akan melakukan perpindahan posisi berdasarkan posisinya sekarang dan juga posisi dari *matriach*-nya. Pada proses ini terdapat dua parameter yang akan menentukan posisi dari *matriach* itu sendiri yaitu, faktor *influence* dari gajah *matriach* (α) dan faktor pengaruh dari dimensi tengah dari *clan* (β). Proses *separating operator*, merupakan penggambaran dari gajah muda laki-laki yang akan meninggalkan *clan* pada saat mencapai pubertas. Parameter yang akan berpengaruh pada operator ini adalah jumlah *clan* yang digunakan. Terdapat pula parameter lain yang digunakan dalam EHO yaitu jumlah gajah yang memiliki posisi terbaik. Perbedaan nilai dari setiap parameter tersebut akan dapat mempengaruhi performansi dari *Elephant Herding Optimization*, sehingga pada penelitian ini juga akan dilihat pengaruh dari nilai parameter yang digunakan terhadap performansi dari *Elephant Herding Optimization*.

Pada kasus yang akan dibahas yaitu VRPTW, beberapa metode metaheuristik yang pernah digunakan untuk menyelesaikan VRPTW adalah *Genetic Algorithm* (S.R. Thangiah, 1991) , *Grey Wolf Optimization* (Soetono, 2016) , *Viral System* (Mariska, 2012) , dan *Modified Artificial Bee Colony* (Alzaqebah, 2016) yang merupakan salah satu jenis *swarm intelligence algorithm*. *Elephant Herding Optimization* (EHO) juga merupakan salah satu jenis *swarm intelligence algorithm* sehingga memiliki potensi untuk dapat memecahkan kasus VRPTW. Selain itu juga *Elephant Herding Optimization* telah dilakukan beberapa tes problem. Tes problem merupakan salah satu standar yang dapat digunakan untuk menilai baik-buruknya suatu algoritma (Jamil dan Yang, 2013). Performansi dari EHO pada tes problem dapat dilihat berdasarkan *function value*, dan *convergence*. Dalam sebagian tes problem, *Elephant Herding Optimization* memberikan solusi yang lebih baik dibandingkan dengan *Genetic Algorithm* (S.R. Thangiah, 1991) . Algoritma tersebut pernah digunakan dalam penyelesaian permasalahan VRPTW dan menghasilkan solusi yang baik. Hal ini menunjukkan adanya potensi dari *Elephant Herding Optimization* untuk menyelesaikan kasus-

kasus *benchmark* permasalahan dari VRPTW. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan *Elephant Herding Optimization Algorithm* untuk menyelesaikan beberapa kasus *benchmark* permasalahan VRPTW. Hasil implementasi tersebut kemudian akan dibandingkan dengan hasil implementasi yang didapatkan dengan beberapa *algorithm*, seperti *Evolutionary Algorithm* (EA) (Banos, Ortega, Gil, Molina, & de Toro, 2008) dan *Hybrid Evolutionary Algorithm* (HEA) (Mao & Deng, 2010) untuk beberapa kasus *benchmark*.

Elephant Herding Optimization diharapkan dapat menghasilkan solusi yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma-algoritma yang telah digunakan untuk menyelesaikan beberapa kasus yang menjadi *benchmark* permasalahan VRPTW. Selanjutnya berdasarkan identifikasi masalah yang dilakukan, dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan *Elephant Herding Optimization* dalam *Vehicle Routing Problem with Time Windows*?
2. Bagaimana pengaruh parameter *Elephant Herding Optimization* terhadap hasil dari *benchmark problem Vehicle Routing Problem with Time Windows*?
3. Bagaimana perbandingan performansi *Elephant Herding Optimization*, *Evolutionary Algorithm* (EA) (Banos, Ortega, Gil, Molina, & de Toro, 2008) dan *Hybrid Evolutionary Algorithm* (HEA) (Mao & Deng, 2010) dalam menyelesaikan kasus *benchmark* permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows*?

I.3 Pembatasan Masalah

Setelah dilakukan identifikasi dan perumusan masalah, selanjutnya akan dilakukan penentuan batasan masalah yang akan digunakan pada penelitian. Pembatasan masalah dilakukan untuk mempermudah dan memfokuskan penelitian. Pembatasan masalah yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Performansi baik buruknya algoritma hanya dilihat dari total jarak yang dihasilkan dari solusi permasalahan VRPTW.
2. Penerapan pada kasus VRPTW menggunakan data *benchmark* yang umum digunakan.

I.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan rumusan masalah yang dibuat, maka tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah:

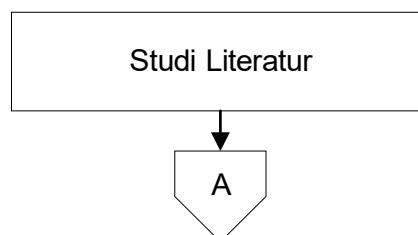
1. Menerapkan *Elephant Herding Optimization* dalam permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows*.
2. Mengetahui pengaruh parameter *Elephant Herding Optimization* terhadap hasil dari *benchmark problem Vehicle Routing Problem with Time Windows*.
3. Membandingkan performansi *Elephant Herding Optimization*, *Grey Wolf Evolutionary Algorithm* (EA) (Banos, Ortega, Gil, Molina, & de Toro, 2008) dan *Hybrid Evolutionary Algorithm* (HEA) (Mao & Deng, 2010) dalam menyelesaikan kasus *benchmark* permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows*.

I.5 Manfaat Penelitian

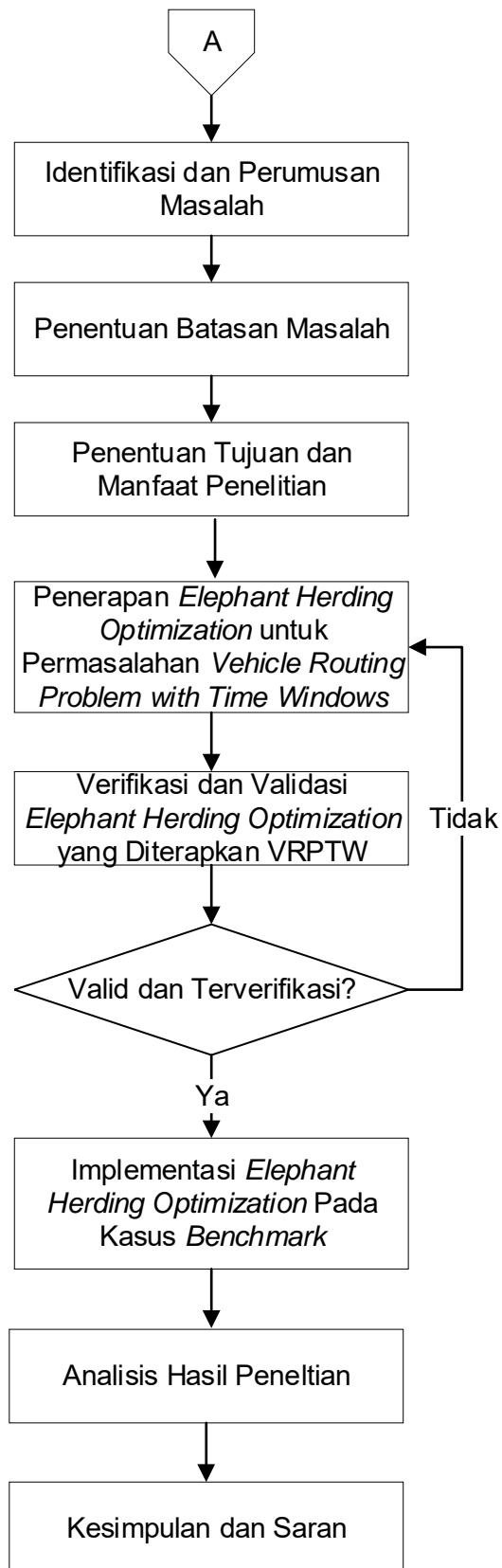
1. Menambah metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows*.
2. Meningkatkan wawasan dan pengetahuan pembaca mengenai penerapan *Elephant Herding Optimization* untuk menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows*.

I.6 Metodologi Penelitian

Dalam melakukan penelitian mengenai pemecahan permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* dengan menggunakan penerapan algoritma *Elephant Herding Optimization*, diperlukan suatu metodologi penelitian agar suatu penelitian dapat dilakukan dengan lebih baik dan sistematis. Gambar I.1 menunjukkan *flowchart* metodologi penelitian yang dilakukan.



Gambar I. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

Gambar I. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian (lanjutan)

Berikut 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 mencari serta mengumpulkan informasi mengenai *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) serta *Elephant Herding Optimization* (EHO) dari referensi jurnal serta buku yang terkait.
2. **Identifikasi dan Perumusan Masalah**
Setelah studi literatur, dilanjutkan dengan identifikasi dan perumusan masalah. Identifikasi masalah dilakukan pada masalah VRPTW yang kemudian akan dibuat rumusan masalah dari penelitian yang dilakukan.
3. **Penentuan Batasan Masalah**
Setelah dilakukan identifikasi dan perumusan masalah, ditentukanlah batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian yang bertujuan untuk memfokuskan penelitian.
4. **Penentuan Tujuan dan Manfaat Penelitian**
Selanjutnya dilakukan penentuan tujuan dan manfaat dari 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. **Penerapan *Elephant Herding Optimization* untuk Permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows*.**
Selanjutnya dilakukan penerapan algoritma EHO pada permasalahan VRPTW. Pada tahap ini dilakukan penerapan EHO untuk menyelesaikan permasalahan VRPTW.
6. **Verifikasi dan Validasi *Elephant Herding Optimization***
Penerapan algoritma pada tahap sebelumnya harus dilakukan verifikasi untuk memastikan bahwa setiap komponen perancangan program sesuai dengan permasalahan yang ada dan membandingkan *output* yang dihasilkan.
7. **Penerapan *Elephant Herding Optimization* Pada Kasus *Benchmark***

Setelah dilakukan verifikasi dan validasi selanjutnya akan dilakukan implementasi EHO agar didapatkan solusi untuk permasalahan VRPTW yang digunakan.

8. Analisis Hasil Penelitian

Analisis dilakukan terhadap solusi yang dihasilkan algoritma EHO terhadap permasalahan VRPTW. Analisis juga dilakukan untuk mengetahui parameter apa yang memiliki pengaruh yang paling signifikan dalam menyelesaikan permasalahan VRPTW.

9. Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir pada penelitian yang dilakukan adalah penarikan kesimpulan dilakukan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan sebelumnya. Selain itu juga akan diberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

I.7 Sistematika Penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini merupakan bab yang berisi teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan yang telah diidentifikasi. Teori-teori yang terdapat pada bab ini antara lain *vehicle routing problem*, *vehicle routing problem with time windows*, EHO, dan SR-2 oleh Ai dan Kachitvichyanukul (2009)

BAB III PENERAPAN ALGORITMA

Bab ini merupakan bab yang berisi penerapan algoritma *Elephant Herding Optimization* dalam menyelesaikan permasalahan VRPTW. Penerapan dilakukan dengan menentukan proses *encoding* dan *decoding* yang digunakan, kemudian pembuatan *flowchart* keseluruhan dalam memecahkan permasalahan

VRPTW. Algoritma dalam bentuk *flowchart* yang ada kemudian akan diverifikasi dan divalidasi.

BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA PADA KASUS *BENCHMARK*

Bab ini merupakan bab yang berisi implementasi *Elephant Herding Optimization* untuk menyelesaikan beberapa kasus *benchmark* VRPTW. Proses implementasi pada kasus *benchmark* akan menggunakan program yang telah dibuat. Bab ini berisi verifikasi dan validasi dari program yang dibuat, hasil implementasi yang dilakukan berdasarkan kombinasi parameter, dan hasil pengujian parameter *Elephant Herding Optimization*.

BAB V ANALISIS

Bab ini berisi analisis *encoding* dan *decoding* yang digunakan, analisis pergerakan gajah pada EHO, dan analisis pengaruh parameter EHO.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian mengenai penerapan *Elephant Herding Optimization* dalam menyelesaikan permasalahan VRPTW dan saran-saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.