

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

***HYBRID GREY WOLF OPTIMIZER AND GENETIC ALGORITHM UNTUK
MULTI-DEPOT VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS
UNDER SHARED DEPOT RESOURCES***

SKRIPSI



HANIF SHALAHUDDIN

**PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
SURABAYA
2022**

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

***HYBRID GREY WOLF OPTIMIZER AND GENETIC ALGORITHM UNTUK
MULTI-DEPOT VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS
UNDER SHARED DEPOT RESOURCES***

SKRIPSI



HANIF SHALAHUDDIN

**PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
SURABAYA
2022**

***HYBRID GREY WOLF OPTIMIZER AND GENETIC ALGORITHM UNTUK
MULTI-DEPOT VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS
UNDER SHARED DEPOT RESOURCES***

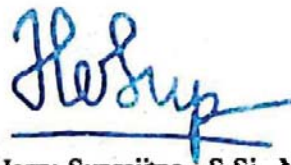
SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Matematika
pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga**

**Hanif Shalahuddin
NIM. 081711233066**

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



**Dr. Herry Suprajitno, S.Si, M.Si
NIP. 196804041994031020**

Pembimbing II,



**Asri Bakti Pratiwi, S.Si, M.Si
NIP. 198312222012122001**

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : *Hybrid Grey Wolf Optimizer and Genetic Algorithm untuk Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows Under Shared Depot Resources*

Penyusun : Hanif Shalahuddin

NIM : 081711233066

Tanggal Ujian : 15 Juli 2022

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Herry Suprajitno, S.Si., M.Si.
NIP. 196804041994031020



Asri Bakti Pratiwi, S.Si., M.Si.
NIP. 198312222012122001

Mengetahui,

Ketua Departemen Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Dr. Herry Suprajitno, S.Si., M.Si.
NIP. 196804041994031020

LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, tetapi tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga. Pengutipan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan diperkenankan, tetapi harus dengan seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah. Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Hanif Shalahuddin
NIM : 081711233066
Program Studi : S-1 Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

“Hybrid Grey Wolf Optimizer and Genetic Algorithm untuk Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows Under Shared Depot Resources”

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian lembar pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 7 Juli 2022

Penyusun



Hanif Shalahuddin

081711233066

Hanif Shalahuddin, 2022. *Hybrid Grey Wolf Optimizer and Genetic Algorithm untuk Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows Under Shared Depot Resources*. Skripsi ini di bawah bimbingan Dr. Herry Suprajitno, S.Si., M.Si. dan Asri Bakti Pratiwi, S.Si., M.Si., Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Abstrak. Penelitian ini membahas mengenai implementasi algoritma *Hybrid Grey Wolf Optimizer and Genetic Algorithm* (HGWOGA) untuk menyelesaikan *Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows Under Shared Depot Resources* (MDVRPTWSDR). MDVRPTWSDR merupakan varian dari MDVRPTW dengan opsi pemberhentian yang lebih fleksibel, yakni kendaraan tidak perlu kembali ke depot tempat kendaraan tersebut memulai perjalanan, tetapi menuju depot yang memiliki jarak terdekat dari pelanggan yang terakhir kali dilayani selama lahan parkir depot tersebut masih tersedia. Dengan tujuan untuk meminimumkan waktu, implementasi HGWOGA dilakukan dengan menginisialisasikan parameter, membangkitkan populasi awal, mengevaluasi fungsi tujuan, dan melakukan proses berikut untuk setiap iterasinya: hirarki sosial, berburu, memperbarui parameter, operator *crossover*, mutasi, dan elitisme. Penelitian dilakukan pada tiga contoh kasus menggunakan variasi parameter untuk ukuran populasi, banyak iterasi, dan probabilitas mutasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwasanya HGWOGA dapat digunakan untuk menyelesaikan MDVRPTWSDR dalam berbagai macam kasus. Selain itu, besar ukuran populasi dan probabilitas mutasi tidak mempengaruhi hasil dari implementasi HGWOGA, tetapi semakin banyak iterasi yang dilakukan maka hasil yang diperoleh juga semakin baik.

Kata kunci: *Hybrid Grey Wolf Optimizer and Genetic Algorithm; Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows Under Shared Depot Resources.*

Hanif Shalahuddin, 2022. *A Hybrid Grey Wolf Optimizer and Genetic Algorithm for the Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows Under Shared Depot Resources*. This thesis was supervised by Dr. Herry Suprajitno, S.Si., M.Si. and Asri Bkti Pratiwi, S.Si., M.Si., Departement of Mathematics, Faculty of Science and Technology, University of Airlangga, Surabaya.

ABSTRACT

Abstract. This paper will discuss the implementation of Hybrid Grey Wolf Optimizer and Genetic Algorithm (HGWOGA) for solving the Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows Under Shared Depot Resources (MDVRPTWSDR). This problem is an extension of MDVRPTW where vehicles may not ends the at the depot it starts from, but it ends at the depot closest to the last customer it serves. The implementation of HGWOGA to solve the MDVRPTWSDR performed with following steps: initialize parameters, initialize population, evaluate the objective function, and perform these steps on each iteration: social hierarchy, hunting phase, update the current parameters, selection, crossover, mutation, and elitism. The study was conducted on three intances with various parameters over the probability of mutation, size of population, and number of iteration. The result of the research indicated that HGWOGA may solve the MDVRPTWSDR in various cases. Both of probability of mutation and number of population may not affect the result, but the more iteration executed the better result will be obtained from HGWOGA.

Keywords: Hybrid Grey Wolf Optimizer and Genetic Algorithm; Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows Under Shared Depot Resources.

KATA PENGANTAR

Segala puji serta syukur penulis panjatkan kepada hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, berkat, serta nikmat-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul “*Hybrid Grey Wolf Optimizer and Genetic Algorithm untuk Multi-depot Vehicle Routing Problem with Time Windows under Shared Depot Resources*” sebagai salah satu syarat kelulusan untuk mata kuliah Skripsi pada Program Studi S-1 Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga. Tak lupa shalawat serta salam penulis curahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umat manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang penuh cahaya.

Tidak sedikit penulis menerima bantuan dari berbagai pihak, baik berupa kesempatan, bimbingan, dukungan, serta masih banyak jenis bantuan lainnya yang tidak dapat penulis gambarkan melalui kata-kata. Oleh karena itu, penulis memberikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Mohammad Nasih, S.E., M.T., Ak. selaku rektor Universitas Airlangga,
2. Prof. Dr. Moh. Yasin, M.Si. selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga,
3. Dr. Herry Suprajitno, S.Si., M.Si., selaku ketua Departemen Matematika dan koordinator Program Studi S-1 Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga,
4. Dr. Eridani, M.Si. dan almarhum Dr. Mohammad Imam Utoyo, M.Si. selaku Dosen Wali,
5. Dr. Herry Suprajitno, S.Si., M.Si. dan Asri Bakti Pratiwi, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing I dan II yang telah mengorbankan waktunya untuk senantiasa memberikan bimbingan dan arahan serta ilmu yang bermanfaat,
6. Segenap keluarga besar Universitas Airlangga, rektor Universitas Airlangga beserta jajarannya, dosen-dosen, serta para mahasiswa,
7. Segenap keluarga kecil penulis: Bapak Herry Sartono Hamidjaya, Ibu Dyah Safirulwati, Afif Faizul Fithrah, Shofia Nurul Izzah, Husain Zahrul Muhsinin,

- dan Muhammad Sabiq Amin yang senantiasa memberikan waktu, do'a, nasehat, motivasi, dan banyak pemberian lainnya yang tidak dapat disebutkan,
8. Segenap keluarga besar Bani Marsakib yang telah memberikan motivasi serta senantiasa mengulurkan tangannya di kala membutuhkan bantuan,
 9. Penghuni kontrakan Barata Jaya beserta para tamu yang memakmurkannya yang senantiasa bersedia menjadi motivator yang selalu memberikan semangat, partner yang selalu bekerjasama, dan teman diskusi yang selalu menemani untuk bertukar pikiran serta berbagi gagasan, pengetahuan, dan pengalaman yang tak ternilai harganya,
 10. Segenap keluarga besar Deceva atau teman-teman seangkatan, yaitu mahasiswa Program Studi S-1 Matematika Universitas Airlangga angkatan 2017,
 11. Segenap keluarga besar Himpunan Matematika Universitas Airlangga,
 12. Teman-teman seperjuangan: Im Na-yeon, Yoo Jeong-yeon, Minatozaki Sana, Hirai Momo, Park Ji-hyo, Myoi Mina, Kim Da-hyun, Son Chae-young, dan Chou Tzu-yu yang senantiasa menemani, memberikan semangat, dan memotivasi selama penyusunan naskah,
 13. Bapak Sutrisno, S.Si. yang telah memberikan bimbingan dalam mempelajari dasar-dasar dari matematika, dan
 14. Seluruh pihak yang turut andil dalam penyusunan naskah skripsi ini.

Penulis meminta maaf beribu maaf jikalau naskah skripsi ini masih jauh dari kata sempurna karena kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT. Meski demikian, penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca, baik manfaat ilmu, atau manfaat lainnya.

Surabaya, 7 Juli 2022

Penyusun

Hanif Shalahuddin

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	iii
LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	iv
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Manfaat.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1. <i>Vehicle Routing Problem</i> (VRP)	6
2.1.1. <i>Multi-depot Vehicle Routing Problem</i> (MDVRP).....	7
2.1.2. <i>Vehicle Routing Problem with Time Windows</i> (VRPTW)	8
2.2. <i>Multi-depot Vehicle Routing Problem with Time Windows under Shared Depot Resources</i> (MDVRPTWSDR).....	10
2.3. <i>Grey Wolf Optimizer</i> (GWO)	13
2.4. <i>Genetic Algorithm</i> (GA)	17
2.5. <i>Hybrid Grey Wolf Optimizer with Genetic Algorithm</i> (HGWOGA).....	21
BAB III METODE PENELITIAN	24
BAB IV PEMBAHASAN	28
4.1. Prosedur HGWOGA untuk Menyelesaikan MDVRPTWSDR	28

4.1.1.	Input Data	28
4.1.2.	Inisialisasi Parameter HGWOGA	30
4.1.3.	Inisialisasi Populasi Awal	32
4.1.4.	Evaluasi Fungsi Tujuan	32
4.1.5.	Penerapan GWO	37
4.1.6.	Penerapan GA	39
4.1.7.	Penentuan Solusi Terbaik	51
4.2.	Data	52
4.3.	Penyelesaian Contoh Kasus MDVRPTWSDR dengan HGWOGA secara Manual	53
4.3.1.	Input Data	53
4.3.2.	Inisialisasi Parameter HGWOGA	55
4.3.3.	Inisialisasi Populasi Awal	57
4.3.4.	Evaluasi Fungsi Tujuan	57
4.3.5.	Penerapan GWO	64
4.3.6.	Penerapan GA	68
4.3.7.	Penentuan Solusi Terbaik	78
4.4.	Hasil Implementasi HGWOGA pada Contoh Kasus MDVRPTWSDR Menggunakan Perhitungan Komputer	79
4.4.1.	Implementasi pada Data Kecil	79
4.4.2.	Implementasi pada Data Sedang	81
4.4.3.	Implementasi pada Data Besar	82
BAB V PENUTUP		84
5.1.	Kesimpulan	84
5.2.	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA		86
LAMPIRAN		89

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Himpunan pada MDVRPTWSDR	11
2.2	Parameter pada MDVRPTWSDR	11
2.3	Variabel pada MDVRPTWSDR	11
4.1	Parameter MDVRPTWSDR	53
4.2	Keterangan data pelanggan dan depot	53
4.3	Data pelanggan dan depot	54
4.4	Data urutan depot terdekat	55
4.5	Parameter HGWOGA	56
4.6	Hasil perhitungan nilai A dan C	57
4.7	Pemberian nomor urut pada anggota populasi	57
4.8	Hasil pengurutan anggota populasi secara <i>ascending</i>	58
4.9	Hasil pengurutan nomor urut secara <i>ascending</i>	58
4.10	Rute hasil <i>encoding</i> untuk populasi awal	59
4.11	Perhitungan kendaraan ke-1 melayani 1 pelanggan	62
4.12	Perhitungan kendaraan ke-1 melayani 2 pelanggan	62
4.13	Perhitungan kendaraan ke-1 melayani 6 pelanggan	62
4.14	Hasil evaluasi fungsi tujuan pada populasi awal anggota ke-1	63
4.15	Keterangan hasil evaluasi fungsi tujuan	64
4.16	Nilai fungsi tujuan populasi awal	64
4.17	Nilai <i>fitness</i> populasi GWO	65
4.18	Hasil hirarki sosial populasi GWO	65
4.19	Data yang akan dilakukan fase berburu	66
4.20	Hasil memperbaiki parameter	67
4.21	Rute hasil <i>endocing</i> pada populasi hasil GWO	68
4.22	Nilai fungsi tujuan populasi hasil GWO	68
4.23	Nilai <i>fitness</i> , <i>fitness</i> relatif, dan <i>fitness</i> kumulatif	69

4.24	Hasil penentuan calon induk menggunakan <i>Roulette Wheel</i>	70
4.25	Subpopulasi ke-1	70
4.26	Subpopulasi ke-2	71
4.27	Subpopulasi ke-3	71
4.28	Subpopulasi ke-4	71
4.29	Hasil penentuan induk <i>crossover</i> dengan $P_c = 0,5$	72
4.30	Subpopulasi ke-1 setelah <i>Arithmetical Crossover</i>	73
4.31	Subpopulasi ke-2 setelah <i>Arithmetical Crossover</i>	73
4.32	Subpopulasi ke-3 setelah <i>Arithmetical Crossover</i>	73
4.33	Subpopulasi ke-4 setelah <i>Arithmetical Crossover</i>	74
4.34	Rute hasil <i>encoding</i> pada populasi hasil <i>crossover</i>	74
4.35	Nilai fungsi tujuan populasi hasil <i>crossover</i>	75
4.36	Hasil penentuan induk mutasi	75
4.37	Hasil penentuan dua titik potong pada setiap induk mutasi	76
4.38	Rute hasil <i>encoding</i> pada populasi hasil mutasi	76
4.39	Nilai fungsi tujuan populasi hasil mutasi	76
4.40	Populasi unik terbaik	77
4.41	Rute hasil <i>encoding</i> pada populasi hasil elitisme	77
4.42	Nilai fungsi tujuan populasi hasil elitisme	78
4.43	Nilai fungsi tujuan populasi hasil elitisme	78
4.44	Parameter HGWOA	79
4.45	Hasil implementasi HGWOA pada data kecil	80
4.46	Hasil implementasi HGWOA pada data sedang	81
4.47	Hasil implementasi pada data besar	82

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Ilustrasi VRP dengan 7 pelanggan	6
2.2	Ilustrasi MDVRP dengan 8 pelanggan dan 2 depot	8
2.3	Ilustrasi VRPTW dengan 6 pelanggan	9
2.4	Ilustrasi MDVRPTWSDR dengan 7 pelanggan dan 2 depot	10
2.5	Ilustrasi hirarki sosial	14
2.6	Ilustrasi perubahan posisi <i>grey wolf</i>	16
2.7	Ilustrasi penentuan antara eksplorasi atau eksploitasi	16
2.8	Algoritma GWO	17
2.9	Ilustrasi operator seleksi	18
2.10	Ilustrasi operator <i>crossover</i>	18
2.11	Ilustrasi operator mutasi	19
2.12	Ilustrasi operator elitisme	20
2.13	Algoritma GA	21
2.14	Ilustrasi pembagian populasi	22
2.15	Algoritma HGWOGA	23
4.1	Prosedur HGWOGA untuk menyelesaikan MDVRPTWSDR	28
4.2	Prosedur input data	29
4.3	Prosedur perhitungan jarak antara pelanggan dan atau depot	29
4.4	Prosedur pengurutan depot	30
4.5	Prosedur inisialisasi parameter	30
4.6	Prosedur eksplorasi atau eksploitasi	31
4.7	Prosedur perhitungan ukuran subpopulasi	31
4.8	Prosedur insialisasi populasi awal	32
4.9	Prosedur evaluasi fungsi tujuan MDVRPTWSDR	32

4.10	Prosedur <i>encoding</i>	33
4.11	Prosedur inisialisasi status awal	34
4.12	Prosedur memulai perjalanan	34
4.13	Prosedur melakukan pelayanan	35
4.14	Prosedur pencarian depot terdekat	36
4.15	Prosedur mengakhiri perjalanan	36
4.16	Prosedur solusi tidak layak	37
4.17	Prosedur menghitung nilai fungsi tujuan	37
4.18	Prosedur GWO secara umum	38
4.19	Prosedur hirarki sosial	38
4.20	Prosedur fase berburu	39
4.21	Prosedur GA secara umum	39
4.22	Prosedur operator seleksi menggunakan <i>Roulette Wheel</i>	40
4.23	Prosedur menghitung nilai <i>fitness</i> GA	40
4.24	Prosedur menghitung nilai <i>fitness</i> relatif	41
4.25	Prosedur menghitung nilai <i>fitness</i> kumulatif	41
4.26	Prosedur penentuan calon induk GA	42
4.27	Prosedur membagi populasi menjadi beberapa subpopulasi	43
4.28	Prosedur mendefinisikan indeks anggota subpopulasi	43
4.29	Prosedur operator <i>crossover</i> secara umum	44
4.30	Prosedur penentuan induk <i>crossover</i>	44
4.31	Prosedur operator crossover menggunakan <i>Arithmetical Crossover</i>	45
4.32	Prosedur menyatukan subpopulasi menjadi satu populasi	46
4.33	Prosedur operator mutasi secara umum	46
4.34	Prosedur penentuan induk mutasi	47
4.35	Prosedur operator mutasi menggunakan <i>Order Based Mutation</i>	47
4.36	Prosedur operator elitisme secara umum	48
4.37	Prosedur penyimpanan populasi gabungan	48

4.38	Prosedur pengurutan calon populasi elit	49
4.39	Prosedur penentuan populasi unik terbaik	49
4.40	Prosedur pengurutan populasi hasil mutasi	50
4.41	Prosedur eliminasi anggota populasi terburuk	51
4.42	Prosedur penentuan populasi hasil elitisme	51
4.43	Prosedur penentuan solusi terbaik	52
4.44	Performa HGWOGA pada data kecil	80
4.45	Performa HGWOGA pada data sedang	82
4.46	Performa HGWOGA pada data besar	83

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran
1	<i>Flowchart</i> implementasi HGWOGA untuk MDVRPTWSDR
2	Data kecil
3	Data sedang
4	Data besar
5	Data jarak antara pelanggan dan atau depot untuk perhitungan manual
6	Data waktu tempuh antara pelanggan dan atau depot untuk perhitungan manual
7	Populasi awal HGWOGA untuk perhitungan manual
8	Hasil perhitungan GWO untuk perhitungan manual
9	Populasi calon induk <i>crossover</i> untuk perhitungan manual
10	Populasi hasil <i>crossover</i> untuk perhitungan manual
11	Populasi hasil mutasi untuk perhitungan manual
12	Populasi gabungan untuk perhitungan manual
13	Populasi hasil elitisme untuk perhitungan manual
14	Solusi terbaik untuk data kecil
15	Solusi terbaik untuk data sedang
16	Solusi terbaik untuk data besar
17	<i>Source code</i> implementasi HGWOGA untuk menyelesaikan MDVRPTWSDR