

**PENERAPAN ALGORITMA *GREY WOLF OPTIMIZER* (GWO)
UNTUK MENYELESAIKAN *DYNAMIC TRAVELLING SALESMAN*
PROBLEM (DTSP)**

SKRIPSI



FAHRIZAL PERMANA PUTRA

**PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2022

**PENERAPAN ALGORITMA *GREY WOLF OPTIMIZER* (GWO)
UNTUK MENYELESAIKAN *DYNAMIC TRAVELLING SALESMAN
PROBLEM* (DTSP)**

SKRIPSI



FAHRIZAL PERMANA PUTRA

**PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2022

**PENERAPAN ALGORITMA *GREY WOLF OPTIMIZER* (GWO)
UNTUK MENYELESAIKAN *DYNAMIC TRAVELLING SALESMAN*
PROBLEM (DTSP)**

SKRIPSI

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

Fahrizal Permana Putra
NIM 081811233056

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,



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



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

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Penerapan Algoritma *Grey Wolf Optimizer* (GWO) untuk
menyelesaikan *Dynamic Travelling Salesman Problem* (DTSP)
Penyusun : Fahrizal Permana Putra
NIM : 081811233056
Pembimbing I : Asri Bakti Pratiwi, S.Si., M.Si.
Pembimbing II : Dr. Herry Suprajitno, S.Si., M.Si.
Tanggal Ujian : 19 Juli 2022

Disetujui oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,



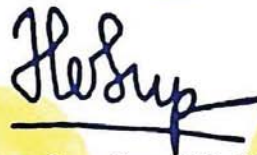
Asri Bakti Pratiwi, S.Si., M.Si.
NIP. 198312222012122001



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

Mengetahui,

Ketua Departemen Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



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

PEDOMAN PENULISAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penulis 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 : Fahrizal Permana Putra
NIM : 081811233056
Program Studi : S-1 Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenjang : Sarjana (S1)

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

**Penerapan Algoritma *Grey Wolf Optimizer* (GWO) untuk Menyelesaikan
Dynamic Travelling Salesman Problem (DTSP)**

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Madiun, 6 April 2022

Penulis,



Fahrizal Permana Putra

NIM. 081811233056

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, dan rezekiNya yang telah diberikan sehingga penulisan skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya. Rasa terimakasih juga penulis ucapkan kepada teman-teman penulis yang sudah memberikan dukungan dan bantuan atas tersusunnya skripsi yang berjudul **“Penerapan Algoritma *Grey Wolf Optimizer* (GWO) untuk Menyelesaikan *Dynamic Travelling Salesman Problem* (DTSP)”**.

Dalam penulisan skripsi ini penulis mendapatkan banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Mohammad Nasih, SE., M. T., Ak., CMA selaku rektor Universitas Airlangga yang memberikan kesempatan serta fasilitas kepada penulis untuk menggali ilmu pengetahuan serta pengalaman.
2. Dr. Herry Suprajitno, S.Si., M.Si selaku ketua Departemen Matematika Universitas Airlangga, Koprodi S-1 Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga serta dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan arahan berupa kritik dan saran yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Asri Bkti Pratiwi, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah dengan sabar memberikan bimbingan dan memperbaiki setiap kesalahan penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.
4. Dr. Windarto, S.Si., M.Si selaku dosen wali yang telah memberikan kritik, saran, motivasi serta bimbingan kepada penulis selama menjalani perkuliahan.
5. Bapak dan Ibu dosen khususnya dosen program studi S-1 Matematika Universitas Airlangga atas segala ilmu, nasihat, dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis.
6. Kedua orang tua penulis, yaitu Sutari dan Nurhayati, yang telah membesarkan dan membimbing penulis hingga saat ini.

7. Nabila Putri Aulia selaku sahabat terdekat penulis yang telah memberikan dukungan mental kepada penulis sehingga penulis mampu bertahan hingga di posisi saat ini.
8. Luthfiana Erlistya selaku rekan seperjuangan penulis yang senantiasa membantu penulis selama masa perkuliahan.
9. Teman-teman jurusan Matematika Unair angkatan 2018 serta rekan satu peminatan ROK yang turut memberi penulis *insight* selama masa perkuliahan.
10. Segala pihak yang tidak dapat disebutkan, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca khususnya mahasiswa Universitas Airlangga. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih belum sempurna sehingga saran dan kritik yang membangun diperlukan untuk menyempurnakan skripsi ini.

Madiun, 6 April 2022

Penulis,

Fahrizal Permana Putra

Fahrizal Permana Putra, 2022, **Penerapan Algoritma Grey Wolf Optimizer (GWO) untuk Menyelesaikan Dynamic Travelling Salesman Problem (DTSP)**. Skripsi ini dibawah bimbingan Asri Bkti Pratiwi, S.Si., M.Si. dan Dr. Herry Suprajitno, M.Si. Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk menyelesaikan permasalahan *Dynamic Travelling Salesman Problem* (DTSP) menggunakan Algoritma *Grey Wolf Optimizer* (GWO). *Dynamic Travelling Salesman Problem* (DTSP) merupakan pengembangan dari permasalahan pencarian rute dengan jarak terdekat yaitu *Travelling Salesman Problem* (TSP) yang merupakan masalah pencarian rute perjalanan terpendek dari seorang *salesman* untuk mengunjungi sejumlah n kota tujuan dengan ketentuan bahwa setiap kota hanya dapat dikunjungi tepat satu kali dan perjalanan dimulai dari kota awal dan berakhir di kota awal juga. Pengembangan yang dilakukan pada DTSP yaitu adanya *update* pada rute kota tujuan berupa penambahan kota tujuan baru kedalam rute atau pengurangan kota tujuan yang telah ada pada rute. Algoritma *Grey Wolf Optimizer* (GWO) merupakan algoritma yang terinspirasi dari mekanisme berburu dan hierarki kepemimpinan serigala abu-abu di alam. Dalam GWO, proses utama dalam memperbarui solusi dilakukan melalui proses perburuan mangsa, dimana solusi yang baru diperoleh berdasarkan tiga solusi terbaik yang diperoleh sebelumnya yang dapat direpresentasikan sebagai *alpha wolf*, *beta wolf*, dan *delta wolf*. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi ini adalah bahasa pemrograman C++, dengan bantuan *software* Borland C++ 5.02. Terdapat tiga jenis data yang digunakan, yaitu data kecil, data sedang, dan data besar, yang memuat secara berurutan data jarak antara 15 kota, 57 kota, dan 128 kota. Berdasarkan hasil dari program, diperoleh kesimpulan bahwa semakin besar maksimum iterasi dan populasi serigala abu-abu yang digunakan, maka solusi yang diperoleh menjadi semakin baik.

Kata Kunci : *Dynamic Travelling Salesman Problem* (DTSP), *Grey Wolf Optimizer* (GWO), *Travelling Salesman Problem* (TSP)

Fahrizal Permana Putra, 2022, **Penerapan Algoritma Grey Wolf Optimizer (GWO) untuk Menyelesaikan Dynamic Travelling Salesman Problem (DTSP).**

This undergraduate thesis is under the guidance of Asri Bakti Pratiwi, S.Si., M.Si. and Dr. Herry Suprajitno, M.Si. Departement of Mathematics, Fakulty of Science and Technology, Airlangga University, Surabaya.

ABSTRACT

The purpose of this undergraduate thesis is to solve the Dynamic Travelling Salesman Problem (DTSP) using Grey Wolf Optimizer (GWO) Algorithm. Dynamic Travelling Salesman Problem (DTSP) is a development from the minimum distance route-searching Travelling Salesman Problem (TSP) involves n-cities to find the route with the minimum distance with an additional possibilities on the occurrence of city updates on the route obtain. Grey Wolf Optimizer (GWO) Algorithm is an algorithm that inspired by the hunting mechanism and leadership hierarchy of the grey wolf in the wild. In GWO, the main process in updating the solution is through the prey hunting process, where the new solution is obtained based on the three best solutions obtain previously which can be represented as alpha wolf, beta wolf, and delta wolf. The programming language used in this undergraduate thesis was C++ programming language, with the help of the Borland C++ 5.02. software. There are three kinds of data used, which is small data, medium data, and big data, which sequentially contains the distance data of 15 cities, 57 cities, and 128 cities. Based on the result of the program it can be concluded that the greater the maximum number of iterations and the grey wolves population, the better the solution obtained.

Keyword : *Dynamic Travelling Salesman Problem (DTSP), Grey Wolf Optimizer (GWO), Travelling Salesman Problem (TSP)*

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	iii
PEDOMAN PENULISAN SKRIPSI.....	iv
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Graf	5
2.2 <i>Traveling Salesman Problem</i>	6
2.3 <i>Dynamic Travelling Salesman Problem</i>	7
2.4 Algoritma <i>Grey Wolf Optimizer</i>	8
2.5 Langkah-langkah Algoritma <i>Grey Wolf Optimizer</i>	14
BAB III	16
METODOLOGI PENELITIAN	16
BAB IV	19

PEMBAHASAN	19
4.1 Prosedur Algoritma <i>Grey Wolf Optimizer</i> (GWO) untuk menyelesaikan <i>Dynamic Travelling Salesman Problem</i> (DTSP).....	19
4.1.1 Input Data.....	20
4.1.2 Inisialisasi Parameter.....	21
4.1.3 Membangkitkan Populasi Awal Serigala Abu-Abu	21
4.1.4 Menghitung Fungsi Tujuan.....	23
4.1.5 Menentukan Serigala Alpha, Serigala Beta dan Serigala Delta	23
4.1.6 Membangkitkan Vektor Acak untuk Serigala Terbaik	25
4.1.7 Proses Perburuan Mangsa	25
4.1.8 Menentukan Serigala Alpha, Serigala Beta, dan Serigala Delta	30
4.1.9 Update Kota Tujuan	30
4.2 Data	31
4.3 Contoh Penyelesaian Kasus DTSP Secara Manual.....	31
4.3.1 Input Data dan Inisialisasi Parameter	31
4.3.2 Membangkitkan Populasi Awal Serigala Abu-Abu	32
4.3.3 Menghitung Fungsi Tujuan.....	33
4.3.4 Menentukan Serigala Alpha, Serigala Beta, dan Serigala Delta	34
4.3.5 Membangkitkan Vektor Acak untuk Serigala Terbaik	36
4.3.6 Memperbarui Posisi Serigala Abu-Abu	36
4.3.7 Menentukan Serigala Alpha, Serigala Beta, dan Serigala Delta yang Baru	48
4.3.8 Mengecek Maksimum Iterasi	48
4.3.9 Update Kota	49
4.4 Implementasi Program pada Contoh Kasus <i>Dynamic Travelling Salesman Problem</i> (DTSP).....	50
4.4.1 Implementasi pada Data Berukuran Kecil	50
4.4.2 Implementasi pada Data Berukuran Sedang	52
4.4.3 Implementasi pada Data Berukuran Besar	54
BAB V.....	57

KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Notasi dan Deskripsi dari Parameter yang Digunakan Pada Model Matematika dalam Algoritma <i>Grey Wolf Optimizer</i> (GWO)	10
2.2	Notasi dan Deskripsi dari Kompartemen yang Digunakan pada Model Matematika dalam Algoritma <i>Grey Wolf Optimizer</i> (GWO) pada Fase <i>Chasing and Tracking</i>	10
2.3	Notasi dan Deskripsi dari Kompartemen yang Digunakan pada Model Matematika dalam Algoritma <i>Grey Wolf Optimizer</i> (GWO) pada Fase <i>Hunting</i>	11
4.1	Posisi Awal Populasi Serigala Abu-Abu	32
4.2	Hasil Pengurutan Serigala Abu-Abu	33
4.3	Rute Kota Tujuan Serigala Abu-Abu	33
4.4	Fungsi Tujuan $(f(\vec{X}))$	34
4.5	Posisi Serigala Alpha, Beta, dan Delta Beserta Nilai Fungsi Tujuannya	35
4.6	Vektor Acak $\vec{r}_1$ dan $\vec{r}_2$ Serigala Abu-Abu	36
4.7	Vektor Koefisien Penyerangan Mangsa ($\vec{A}$) dan Vektor Koefisien Rintangan Perburuan ($\vec{C}$) Serigala	38
4.8	Vektor Jarak antara Serigala dengan Mangsa ($\vec{D}$) Untuk Serigala ke-1	39
4.9	Vektor Jarak antara Serigala dengan Mangsa untuk Serigala Alpha ($\vec{D}_\alpha$)	40

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
4.10	Vektor Jarak antara Serigala dengan Mangsa untuk Serigala Beta ($\vec{D}_\beta$)	40
4.11	Vektor Jarak antara Serigala dengan Mangsa untuk Serigala Delta ($\vec{D}_\delta$)	41
4.12	Arah Perpindahan Serigala ($\vec{X}(t + 1)$) untuk Serigala ke-1	42
4.13	Arah Perpindahan Serigala Berdasarkan Serigala Alpha ($\vec{X}_1$)	43
4.14	Arah Perpindahan Serigala Berdasarkan Serigala Beta ($\vec{X}_2$)	43
4.15	Arah Perpindahan Serigala Berdasarkan Serigala Delta ($\vec{X}_3$)	44
4.16	Update Posisi Serigala lainnya (<i>Omega Wolf</i>)/ ($\vec{X}_{new}$)	45
4.17	Fungsi Tujuan Serigala yang Baru ($f(\vec{X}_{new})$)	46
4.18	Fungsi Tujuan Serigala Lama ($f(\vec{X}_{old})$) dan Baru ($f(\vec{X}_{new})$)	46
4.19	Posisi Serigala Abu-Abu Setelah Proses Perburuan Mangsa	47
4.20	Rute Kota Tujuan yang Baru Setelah Proses Perburuan Mangsa	47
4.21	Fungsi Tujuan yang Baru Setelah Proses Perburuan Mangsa	48
4.22	Hasil <i>Running</i> Program Data Berukuran Kecil	51

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
4.23	Hasil <i>Running</i> Program Data Berukuran Sedang	52
4.24	Hasil <i>Running</i> Program Data Berukuran Besar	54

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Ilustrasi DTSP dengan Penambahan Kota	7
2.2	Mekanisme Berburu Serigala Abu-Abu	9
2.3	Eksplorasi dan Eksploitasi Mangsa Berdasarkan Nilai dari Vektor $\vec{A}$	14
4.1	Prosedur Algoritma GWO untuk Menyelesaikan DTSP	20
4.2	Prosedur Input Data	20
4.3	Prosedur Inisialisasi Parameter	21
4.4	Prosedur Membangkitkan Populasi Awal Serigala Abu-Abu	22
4.5	Prosedur Pembentukan Rute	22
4.6	Prosedur Menghitung Fungsi Tujuan	23
4.7	Prosedur Menentukan Serigala Alpha, Serigala Beta, dan Serigala Delta	24
4.8	Prosedur Membangkitkan Vektor Acak untuk Serigala Terbaik	25
4.9	Prosedur Menghitung Vektor Koefisien Proses Serigala Mendekati Mangsa	26
4.10	Prosedur Menghitung Vektor Koefisien Penyerangan Serigala	26
4.11	Prosedur Menghitung Vektor Koefisien Rintangan Perburuan	27
4.12	Prosedur Menghitung Vektor Jarak antara Serigala dengan Mangsa	27
4.13	Prosedur Memperbarui Arah Perpindahan Serigala	28

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
4.14	Prosedur Memperbarui Posisi Omega Wolf	28
4.15	Prosedur Memperbarui Posisi Serigala Abu-Abu	29
4.16	Prosedur Update Kota Tujuan	30

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran
1	Flowchart Penerapan Algoritma <i>Grey Wolf Optimizer</i> (GWO) untuk Menyelesaikan <i>Dynamic Travelling Salesman Problem</i> (DTSP)
2	Flowchart Proses Perburuan Mangsa
3	Data Jarak 15 Kota (Data Kecil)
4	Data Jarak 57 Kota (Data Sedang)
5	Data Jarak 128 Kota (Data Besar)
6	<i>Source Code</i> Program
7	<i>User Interface</i> Program