

SKRIPSI

***PENYELESAIAN OPEN VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME
DEPENDENT TRAVEL TIME (OVRPTD) DENGAN PARTICLE SWARM
OPTIMIZATION (PSO)***



MIKAEL FETRA SIANTARA

PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA

DEPARTEMEN MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS AIRLANGGA

2022

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

SKRIPSI

**PENYELESAIAN *OPEN VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME
DEPENDENT TRAVEL TIME (OVRPTD)* DENGAN *PARTICLE SWARM
OPTIMIZATION (PSO)***



MIKAEL FETRA SIANTARA

PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA

DEPARTEMEN MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS AIRLANGGA

2022

SKRIPSI

PENYELESAIAN *OPEN VEHICLE ...*

MIKAEL FETRA S.

**PENYELESAIAN *OPEN VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME
DEPENDENT TRAVEL TIME (OVRPTD)* DENGAN *PARTICLE SWARM
OPTIMIZATION (PSO)***

SKRIPSI

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

Mikael Fetra Siantara

NIM. 081811233021

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Dr. Herry Suprajitno, M.Si.

NIP. 196804041994031020

Pembimbing II,



Asri Bakti Pratiwi, M.Si.

NIP. 198312222012122001

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Penyelesaian *Open Vehicle Routing Problem with Time Dependent Travel Time (OVRPTD)* dengan *Particle Swarm Optimization (PSO)*.

Penyusun : Mikael Fetra Siantara

Pembimbing I : Dr. Herry Suprajitno, M.Si.

Pembimbing II : Asri Bkti Pratiwi, M.Si.

Disetujui Oleh

Pembimbing I



Dr. Herry Suprajitno, M.Si.

NIP. 196804041994031020

Pembimbing II



Asri Bkti Pratiwi, M.Si.

NIP. 198312222012122001

Mengetahui,

Ketua Departemen Matematika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Airlangga



Dr. Herry Suprajitno, M.Si.

NIP. 196804041994031020

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

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

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORSINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Mikael Fetra Siantara

NIM : 081811233021

Program Studi : S-1 Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

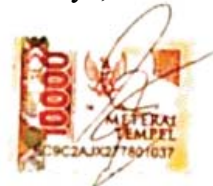
Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul :

“Penyelesaian *Open Vehicle Routing Problem with Time Dependent Travel Time* (OVRPTD) dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO)”

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Surabaya, 22 Juli 2022



Mikael Fetra Siantara

NIM. 081811233021

KATA PENGANTAR

Puji Tuhan penulis ucapkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan berkat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi yang berjudul **“Penyelesaian *Open Vehicle Routing Problem with Time Dependent Travel Time* dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO)”**

Dalam penyusunan naskah skripsi ini, penulis menyadari akan banyaknya bantuan, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tulus kepada:

1. .Prof. Dr. Mohammad Nasih, SE., M.T., Ak., CMA selaku rektor Universitas Airlangga yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas kepada penulis untuk menuntut ilmu.
2. Prof. Dr. Moh. Yasin, M.Si selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi yang telah memfasilitasi segala kegiatan baik akademik maupun non akademik.
3. Dr. Herry Suprajitno, M.Si. selaku Ketua Departemen Matematika, Koordinator Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, serta sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan waktu, bimbingan, saran serta ilmu selama menjalani skripsi.
4. Asri Bkti Pratiwi, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktu, bimbingan, saran serta ilmu selama menjalani skripsi.
5. Bapak dan Ibu dosen Fakultas Sains dan Teknologi khususnya program studi S-1 Matematika yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
6. Kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat, serta kepercayaan kepada penulis agar dapat menyelesaikan naskah skripsi ini.

7. Kakak perempuan tersayang yaitu Gabrielsa Kundayani yang selalu memberikan bantuan, semangat dan doa kepada penulis.
8. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan, motivasi, semangat kepada penulis agar segera menyelesaikan naskah skripsi.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas segala bantuan, semangat dan saran dalam penyusunan naskah skripsi ini

Penulis telah berusaha dengan segala kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki sehingga naskah skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Namun demikian, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan naskah skripsi ini. Semoga naskah skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Kediri, 22 Juli 2022



Mikael Fetra Siantara

Mikael Fetra Siantara, 2022. **Penyelesaian *Open Vehicle Routing Problem with Time Dependent Travel Time (OVRPTD)* dengan *Particle Swarm Optimization (PSO)***, Skripsi ini di bawah bimbingan Dr. Herry Suprajitno, M.Si. dan Asri Bakti Pratiwi, M.Si., Prodi S-1 Matematika, Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya

ABSTRAK

Masalah penentuan rute terbuka pada kendaraan dengan memperhatikan waktu perjalanan atau *Open Vehicle Routing Problem with Time Dependent Travel Time (OVRPTD)* merupakan suatu permasalahan untuk penentuan rute terbuka pada sejumlah kendaraan yang akan melayani sejumlah pelanggan dengan memperhatikan kondisi lalu lintas pada waktu tertentu dan membawa produk dengan kapasitas tertentu. Rute kendaraan dimulai dari depot dan berakhir di pelanggan terakhir. OVRPTD biasa terjadi pada perusahaan yang akan mendistribusikan produknya namun tidak memiliki kendaraan yang memadai sehingga harus menyewa kendaraan. Penyelesaian ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan OVRPTD dengan menerapkan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)*. PSO adalah salah satu algoritma yang terinspirasi dari tingkah laku sosial kawanan burung yang terbang berduyun-duyun (*brild flocking*) atau segerombolan ikan yang berenang berkelompok (*fish schooling*). Program penyelesaian OVRPTD dengan PSO dibuat menggunakan bahasa C++ yang diimplementasikan pada tiga data, yaitu data kecil (20 pelanggan), data sedang (50 pelanggan), dan data besar (100 pelanggan). Berdasarkan hasil implementasi program, dapat disimpulkan bahwa algoritma PSO dapat digunakan untuk menyelesaikan OVRPTD yaitu untuk $c_2 \neq 0$, semakin banyak jumlah iterasi, maka nilai fungsi tujuan akan semakin baik, semakin banyak jumlah partikel maka nilai fungsi tujuan cenderung semakin baik dan untuk ukuran data yang semakin besar serta pemilihan nilai c_2 yang semakin besar maka nilai fungsi tujuan cenderung semakin baik. Sementara pemilihan nilai $c_2 = 0$ akan menyebabkan nilai fungsi tujuan tidak dipengaruhi oleh banyaknya jumlah partikel dan iterasi, hal ini disebabkan pencarian solusi hanya bergantung pada personal best (P_{best}) saja dengan c_1 dan c_2 adalah konstanta positif untuk mengontrol seberapa jauh sebuah partikel akan bergerak dalam setiap iterasi.

Keywords : Algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)*, *Vehicle Routing Problem (VRP)*, *Open Vehicle Routing Problem (OVRPTD)*, *Open Vehicle Routing Problem with Time Dependent Travel Time (OVRPTD)*.

Mikael Fetra Siantara, 2022. **Solution of *Open Vehicle Routing Problem with Time Dependent Travel Time (OVRPTD)* with *Particle Swarm Optimization (PSO)***, This undergraduate thesis is supervised by Dr. Herry Suprajitno, M.Si. dan Asri Bkti Pratiwi, M.Si., S-1 Mathematics, Departement of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Airlangga University, Surabaya

ABSTRACT

The problem of determining open routes on vehicles by paying attention to travel time or Open Vehicle Routing Problem with Time Dependent Travel Time (OVRPTD) is a problem for determining open routes on a number of vehicles that will serve a number of customers by paying attention to traffic conditions at a certain time and bringing products with certain capacity. The vehicle route starts from the depot and ends at the last customer. OVRPTD usually occurs in companies that will distribute their products but do not have adequate vehicles so they have to rent a vehicle. This solution aims to solve the OVRPTD problem by applying the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm. PSO is an algorithm that is inspired by the social behavior of a flock of birds that fly in flocks (brild flocking) or a school of fish that swim in groups (fish schooling). The OVRPTD completion program with PSO was created using the C++ language which was implemented on three data sets, namely small data (20 customers), medium data (50 subscribers), and big data (100 subscribers). Based on the results of the program implementation, it can be concluded that the PSO algorithm can be used to solve OVRPTD, namely for $c_2 \neq 0$, the more iterations the value of the objective function will be better, the more the number of particles the objective value tends to be better, and for the larger data size and the choice of the greater c_2 value, the objective value tends to be better. While the selection of the value $c_2 = 0$ will cause the value of the objective function not to be affected by the number of particles and iterations, this is because the search for a solution only depends on the personal best (P_{best}) where c_1 and c_2 are positive constants to control how far a particle will move in each iteration.

Keywords : *Particle Swarm Optimization (PSO), Vehicle Routing Problem (VRP), Open Vehicle Routing Problem (OVRPTD), Open Vehicle Routing Problem with Time Dependent Travel Time (OVRPTD).*

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORSINALITAS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
BAB II.....	4
2.1 Graf.....	4
2.2 Vehicle Routing Problem (VRP).....	5
2.3 Open Vehicle Routing Problem with Time Dependent Travel Time (OVRP)	
6	

2.4	Open Vehicle Routing Problem with Time Dependent Travel Time (OVRPTD)	10
2.5	Particle Swarm Optimization (PSO)	12
BAB III		14
BAB IV		17
4.1.	Prosedur Penyelesaian <i>Open Vehicle Routing Problem with Time Dependent Travel Time</i> (OVRPTD) dengan menggunakan <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	17
4.1.1	Input data.....	19
4.1.2	Inisialisasi Parameter	20
4.1.3	Membangkitkan Posisi dan Kecepatan (<i>Velocity</i>) Awal Partikel	20
4.1.4	Mengevaluasi Nilai Fungsi Tujuan	21
4.1.5	Menentukan Pbest dan Gbest awal	24
4.1.6	Prosedur Memperbarui <i>velocity</i>	24
4.1.7	Prosedur Memperbarui Posisi Partikel.....	25
4.1.8	Prosedur Menentukan Pbest dan Gbest Baru.....	26
4.1.9	Prosedur Menentukan Solusi Terbaik	28
4.2.	Data	28
4.3.	Penyelesaian Contoh Kasus <i>Open Vehicle Routing Problem with Time Dependent Travel Time</i> (OVRPTD) dengan Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO) Secara Manual	29
4.3.1.	Input data dan Inisialisasi Parameter.....	30
4.3.2.	Membangkitkan Posisi Awal dan Kecepatan Awal Partikel.....	30
4.3.3.	Menghitung Nilai Fungsi Tujuan	31

4.3.4.	Menentukan Pbest dan Gbest awal	37
4.3.5.	Memperbarui Kecepatan	38
4.3.6.	Memperbarui Posisi Partikel	39
4.3.7.	Evaluasi Fungsi Tujuan Posisi Baru Partikel	39
4.3.8.	Menentukan Pbest dan Gbest	41
4.3.9.	Mengecek Maksimum Iterasi	42
4.3.10.	Menentukan Solusi Terbaik	42
4.4.	Implementasi Program pada Contoh <i>Kasus Open Vehicle Routing Problem with Time Dependent Travel Time (OVRPTD)</i>	43
4.4.1.	Data Kecil (20 pelanggan)	43
4.4.2.	Data Sedang (50 pelanggan)	45
4.4.3.	Data Besar (100 pelanggan)	46
BAB V		49
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN		53

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Indeks pada model matematika OVRP	8
2.2	Parameter yang digunakan pada model matematika OVRP	8
2.3	Travel speed dalam OVRPTD	11
4.1	Posisi Awal Partikel	30
4.2	Velocity Awal Partikel	30
4.3	Hasil Pengurutan Posisi Setiap Partikel	31
4.4	Perbedaan waktu pagi, siang, dan sore	33
4.5	Pembentukan Rute Awal untuk Setiap Partikel	36
4.6	Hasil update kecepatan	38
4.7	Hasil update posisi partikel	39
4.8	Pembentukan Rute Setiap Partikel Setelah Pembaruan Posisi	40
4.9	Proses Pembaruan Nilai Pbest	42
4.10	Nilai Fungsi Tujuan Terbaik Penyelesaian Data Kecil	44
4.11	Nilai Fungsi Tujuan Terbaik, Penyelesaian Data Sedang	45
4.12	Nilai Fungsi Tujuan Terbaik Penyelesaian Data Besar	46

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Ilustrasi VRP dengan pelanggan 13 dan 3 kendaraan	6
2.2	Ilustrasi OVRP dengan 4 rute	7
4.1	Prosedur Penyelesaian OVRPTD dengan PSO	18
4.2	Prosedur input data OVRPTD	19
4.3	Prosedur Inisialisasi Parameter	20
4.4	Prosedur membangkitkan posisi dan kecepatan awal partikel	20
4.5	Prosedur Mengurutkan Posisi Partikel	22
4.6	Prosedur Penentuan Rute	22
4.7	Prosedur Menentukan Rute Berdasarkan Kapasitas	23
4.8	Prosedur Menentukan pbest dan gbest awal	24
4.9	Prosedur Mengupdate velocity	25
4.10	Prosedur Mengupdate Posisi Partikel	25
4.11	Prosedur Menentukan Pbest dan Gbest baru	27
4.12	Prosedur Menampilkan Solusi Terbaik	28