

ALGORITMA *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* UNTUK
MENYELESAIKAN *TEAM ORIENTEERING PROBLEM WITH TIME*
WINDOWS

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Teknik Industri



Oleh

EVAN MARTINUS MAHULAE

09 06 06007

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA

2013

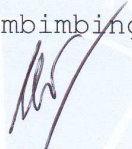
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul
**ALGORITMA PARTICLE SWARM OPTIMIZATION UNTUK
MENYELESAIKAN TEAM ORIENTEERING PROBLEM WITH TIME
WINDOWS**

Oleh
EVAN MARTINUS MAHULAE
09 06 06007

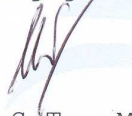
Dinyatakan telah memenuhi syarat
pada tanggal: 05 Juni 2013

Pembimbing,



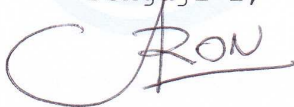
The Jin Ai, S.T., M.T., D.Eng.

Tim Penguji:
Penguji 1,



The Jin Ai, S.T., M.T., D.Eng.

Penguji 2,



V. Ariyono, S.T., M.T.

Penguji 3,



Baju Bawono, S.T., M.T.

Yogyakarta, 05 Juni 2013
Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Fakultas Teknologi Industri
Dekan,



Ir. B. Kristyanto, M.Eng., Ph.D

*Thanks, Thanks, Thank You God,
By this, you give me a piece of hope for my future
Hope to love and to beloved
Then our lives will spread the light of your love*



Thanks for my family, Bapak, Mama, Kakak, adik

I'm very touch of my Parent's advices :

"You must be better than me, ikkon panaiKKon do ho sian au (batak)" -Bapak-

"Don't forget to eat, jangan lupa makan!" -Mama-

Thanks for my lecturer's, special for Mr. Jin Ai

Thanks for the Focolare

And all of people who pray for me

KATA PENGANTAR

Syukur dan terima kasih kepada Allah Bapa, Putra, dan Roh Kudus atas kasihnya yang berlimpah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "*Algoritma Particle Swarm Optimization untuk Menyelesaikan Team Orienteering Problem With Time Windows*". Tugas Akhir ini ditulis sebagai salah satu syarat mencapai derajat Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Perjalanan yang tidak mudah selama proses penulisan Tugas Akhir dan banyak pihak yang telah membantu. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua, kakak dan adik yang mendukung dan memberikan banyak nasihat untuk tetap semangat dalam penulisan Tugas Akhir.
2. Bapak Ir.B.Kristyanto, M.Eng., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta
3. Bapak The Jin Ai, S.T., M.T., D.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta, serta selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah sabar membimbing, meluangkan waktu, memberikan pengetahuan dan motivasi selama proses penulisan Tugas Akhir.
4. Bapak V.Ariyono, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Pemodelan dan Optimasi yang bersedia meminjamkan komputer untuk menjalankan program demi kelancaran Tugas Akhir.

5. Focolare, Popi, Pope, dan Gen yang setia memberikan waktu, tempat, nasihat, motivasi selama proses Tugas Akhir.
6. Pernandus, dan teman-teman satu rumah yang sabar bersama dengan saya selama penulisan Tugas Akhir.
7. Teman-teman angkatan 2009 selama 4 tahun bersama dan saling memotivasi melalui pencapaian-pencapaian yang membanggakan selama kuliah.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah berkontribusi selama penulisan Tugas Akhir, bahkan hanya dengan senyuman.

Semoga penulisan Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan pengetahuan bagi para pembaca.

Yogyakarta, Juni 2013

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Pengesahan.....	ii
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	v
Daftar Tabel.....	vii
Daftar Gambar.....	viii
Daftar Lampiran.....	ix
Intisari.....	x
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Lingkup Pembahasan.....	5
1.5. Metodologi Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	9
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Terdahulu.....	11
2.2. Penelitian Sekarang.....	14
BAB 3. LANDASAN TEORI	
3.1. <i>Orienteering Problem</i>	15
3.2. <i>Orienteering Problem With Time Windows</i>	17
3.3. <i>Team Orienteering Problem With Time Windows</i> ...	18
3.4. <i>Particle Swarm Optimization</i>	19
3.4.1. Partikel dan Ruang Pencarian PSO.....	19
3.4.2. Algoritma umum PSO.....	22
3.5. Object Library for Evolutionary Techniques (ET-Lib) versi 1.0.....	24

BAB 4. DATA

4.1. Data Team Orienteering Problem.....	27
4.2. Data Solusi Optimal.....	31

BAB 5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Komponen Algoritma PSOTOP.....	34
5.1.1. Penentuan Batas Ruang Pencarian.....	34
5.1.2. Representasi Partikel dan Pada Solusi.....	34
5.1.3. Algoritma Penerjemahan Posisi Partikel.....	36
5.1.4. Penerjemahan Posisi Partikel Alternatif 1...	40
5.1.5. Penerjemahan Posisi Partikel Alternatif 2...	45
5.2. Program Aplikasi TOPTW.....	52
5.2.1. Gambaran Umum Program.....	52
5.2.2. PSO_TOPTW1.....	59
5.2.3. PSO_TOPTW2.....	62
5.3. Validasi Program.....	63
5.3.1. Validasi PSO_TOPTW1.....	64
5.3.2. Validasi PSO_TOPTW2.....	67
5.4. Optimisasi Parameter.....	70
5.5. Hasil Program.....	74
5.6. Pembahasan.....	83

BAB 6. KESIMPULAN

6.1. Kesimpulan.....	85
6.2. Saran.....	86

DAFTAR PUSTAKA	89
-----------------------------	----

LAMPIRAN	91
-----------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Sekarang.....	14
Tabel 4.1. Data Solusi Diketahui.....	31
Tabel 5.1. Atribut pada <i>struct</i> Vertex.....	52
Tabel 5.2. Atribut pada <i>class</i> TOPTW.....	53
Tabel 5.3. <i>Methods</i> pada <i>class</i> TOPTW.....	53
Tabel 5.4. Atribut pada <i>class</i> toptwPSO : PSO.....	54
Tabel 5.5. <i>Methods</i> pada <i>class</i> toptwPSO : PSO.....	55
Tabel 5.6. Variabel pengujian vertex PSO_TOPTW1....	59
Tabel 5.7. Variabel pengujian vertex PSO_TOPTW2....	63
Tabel 5.8. Perhitungan Manual Validasi PSO_TOPTW1..	66
Tabel 5.9. Perhitungan Manual Validasi PSO_TOPTW2..	69
Tabel 5.10. Contoh Perhitungan Rata-rata Deviasi...	71
Tabel 5.11. Rata-rata Deviasi Optimisasi Parameter.	72
Tabel 5.12. Hasil Uji t.....	73
Tabel 5.13. Rangkuman Hasil Program TOPTW1_30_1000.	77
Tabel 5.14. Rangkuman Hasil Program TOPTW2_30_1000.	78
Tabel 5.15. Rangkuman Hasil Program TOPTW2_100_1000	79
Tabel 5.16. Spesifikasi Komputer Tiap Penelitian...	81
Tabel 5.17. Perbandingan Rata-rata Persentase Standar Deviasi(%).....	82
Tabel 5.18. Perbandingan Rata-rata Waktu Komputasi(%).....	83
Tabel 6.1. Rata-rata Deviasi dan Waktu Hasil Program.....	87
Tabel 6.2. Perbandingan Hasil Penelitian.....	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Diagram Alir Penelitian.....	8
Gambar 3.1. Ilustrasi Partikel pada Ruang Pencarian	15
Gambar 3.2. Grafik performansi kasus PSO.....	19
Gambar 3.3. Contoh Grafik Kasus Optimisasi 2 Variabel.....	20
Gambar 4.1. Contoh Kasus c_102.....	28
Gambar 4.2. Contoh Kasus c_102 (setelah Penyederhanaan)	32
Gambar 5.1. Contoh Kasus TOPTW.....	36
Gambar 5.2. Diagram Alir penerjemahan skor vertex..	39
Gambar 5.3. Ilustrasi SPar pada inisialisasi <i>swarm</i> .	40
Gambar 5.4. Diagram Alir Alternatif 1.....	43
Gambar 5.5. Ilustrasi Alternatif 1.....	44
Gambar 5.6. Diagram Alir Alternatif 2.....	47
Gambar 5.7. Ilustrasi Alternatif 2.....	50
Gambar 5.8. Program Inisialisasi <i>swarm</i>	56
Gambar 5.9. Program Penerjemahan Posisi Partikel...	57
Gambar 5.10. Modifikasi Fungsi Obyektif.....	58
Gambar 5.11. Penentuan Isi <i>Path dan Vertex</i> PSO_TOPTW1.....	59
Gambar 5.12. <i>Coding</i> Pengujian Prioritas Vertex PSO_TOPTW2.....	61
Gambar 5.13. Validasi Inisialisasi <i>Swarm</i> PSO_TOPTW1	65
Gambar 5.14. Validasi Pembuatan Prioritas PSO_TOPTW1	65
Gambar 5.15. Validasi Pengujian Vertex PSO_TOPTW1..	65
Gambar 5.16. Validasi Inisialisasi <i>Swarm</i> PSO_TOPTW2	67
Gambar 5.17. Validasi Pembuatan Prioritas PSO_TOPTW2	68
Gambar 5.18. Validasi Pengujian Vertex PSO_TOPTW2..	68
Gambar 5.19. <i>File</i> Output Program.....	75
Gambar 5.20. Susunan Argumen pada <i>Batch File</i>	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 :	Hasil Program untuk Path = 1.....	91
Lampiran 2 :	Hasil Program untuk Path = 2.....	93
Lampiran 3 :	Hasil Program untuk Path = 3.....	95
Lampiran 4 :	Hasil Program untuk Path = 4.....	97
Lampiran 5 :	Hasil Program untuk Path = Optimal...	99
Lampiran 6 :	Hasil Penelitian Terdahulu Set Data Solomon (Path = 1).....	101
Lampiran 7 :	Hasil Penelitian Terdahulu Set Data Solomon (Path = 2).....	102
Lampiran 8 :	Hasil Penelitian Terdahulu Set Data Solomon (Path = 3).....	103
Lampiran 9 :	Hasil Penelitian Terdahulu Set Data Solomon (Path = 4).....	104
Lampiran 10 :	Hasil Penelitian Terdahulu Set Data Baru Solomon.....	105
Lampiran 11 :	Hasil Penelitian Terdahulu Set Data Cordeau (Path = 1).....	106
Lampiran 12 :	Hasil Penelitian Terdahulu Set Data Cordeau (Path = 2).....	106
Lampiran 13 :	Hasil Penelitian Terdahulu Set Data Cordeau (Path = 3).....	107
Lampiran 14 :	Hasil Penelitian Terdahulu Set Data Cordeau (Path = 4).....	107
Lampiran 15 :	Hasil Penelitian Terdahulu Set Data Baru Solomon.....	108
Lampiran 16 :	<i>Coding</i> Pengujian Prioritas Vertex PSO_TOPTW2	109

INTISARI

Ketika melakukan kunjungan ke suatu lokasi, waktu kunjungan menjadi pertimbangan yang utama. Setiap lokasi mempunyai ketentuan waktu kunjungan untuk melayani pengunjung. Pada saat kegiatan transportasi tidak memenuhi waktu kunjungan, maka akan rugi dalam hal waktu dan biaya. Kasus transportasi *Team Orienteering Problem With Time Windows* (TOPTW) adalah kasus transportasi yang mempunyai variabel waktu kunjungan (*time window*). Pada TOPTW, terdapat sekumpulan vertex yang diberi skor, waktu pelayanan, dan rentang waktu atau *time windows*, serta tempat awal dan tempat akhir yang tetap. Sejumlah lintasan dikonstruksikan untuk mengunjungi tiap vertex dan mengumpulkan skor maksimum. Tiap vertex hanya dapat dikunjungi sekali dan kunjungan hanya dapat dilakukan selama *time windows*.

Beberapa penelitian terdahulu telah melakukan penelitian pada kasus TOPTW menggunakan metode optimisasi, antara lain *Ant Colony System*, *Iterated Local Search*, *An LP-based Granular Variable Neighborhood*, *Simulated Annealing* (FSA dan SSA), GRASP-ELS. Terdapat perbedaan hasil pada tiap algoritma. Saat ini, beberapa contoh kasus pada set data yang digunakan belum menemukan solusi yang optimum. Solusi terbaik diketahui (*Best Known Solution*) digunakan sebagai pembandingan yang merupakan solusi terbaik dari beberapa penelitian pada TOPTW.

Penelitian kasus *Team Orienteering Problem With Time Windows* (TOPTW) diselesaikan dengan metode optimisasi PSO. Secara keseluruhan, hasil program belum sama baiknya dengan penelitian sebelumnya, yang mempunyai rata-rata persentase deviasi yang lebih kecil. Namun efektif digunakan berdasarkan 304 contoh kasus, program memberikan hasil 88 *Best Known Solution* dan 1 *Best Known Solution* baru.

Kata kunci: PSO, TOPTW, Best Known Solution