

**PENERAPAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* PADA *CAPACITATED
TEAM ORIENTEERING PROBLEM***

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Teknik Industri**



Gustav Albertzeth

09 06 05758

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

2013

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul
PENERAPAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* PADA *CAPACITATED TEAM ORIENTEERING PROBLEM*

yang disusun oleh
Gustav Albertzeth
09 06 05758

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 25 Oktober 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,

Penguji 3,

Yosef Daryanto, S.T., M.Sc.

Slamet Setio Wigati, S.T., M.T.

Yogyakarta, 25 Oktober 2013
Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Fakultas Teknologi Industri,
Dekan,

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

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gustav Albertzeth

NPM : 09 06 05758

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul “Penerapan *Particle Swarm Optimization* pada *Capacitated Team Orienteering Problem*” merupakan hasil penelitian saya pada Tahun Akademik 2013/2014 yang bersifat original dan tidak mengandung plagiasi dari karya manapun.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku termasuk untuk dicabut gelar Sarjana yang telah diberikan Universitas Atma Jaya Yogyakarta kepada saya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 25 Oktober 2013

Yang menyatakan,

[meterai 6000]

Gustav Albertzeth

HALAMAN PERSEMBAHAN

*When you try your best but you don't succeed
When you get what you want but not what you need
When you feel so tired but you can't sleep
Stuck in reverse*

.....

*Lights will guide you home
And ignite your bones
GOD will fix you*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yesus atas segala bimbingan, berkat, dan karunia yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Penerapan *Particle Swarm Optimization* Pada *Capacitated Team Orienteering Problem*”. Penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai derajat Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Banyak pihak telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir .B. Kristyanto, M.Eng., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta
2. Bapak The Jin Ai, S.T., M.T., D.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta, serta selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan, pengetahuan, waktu, pikiran dan dukungan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
3. Orang tua dan kakak tercinta yang telah memberikan dukungan hingga selesainya Tugas Akhir ini.
4. Rekan-rekan asisten Perancangan Sistem Terpadu T.A Genap 2012/2013 yaitu Dede, Erin, Dany, Fani, Agatha, Lucy, dan Lia
5. Teman-teman PASUTRI (Pasukan Teknik Industri) '09 khususnya Andre Surya Lesmana, S.T dan Agustinus Agung Wijaya, S.T.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam Tugas Akhir, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.


Akhir kata, semoga penulisan Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan pengetahuan bagi para pembaca. Kritik dan saran yang membangun penulis harapkan untuk perbaikan selanjutnya.

Yogyakarta, 25 Oktober 2013

Penulis

DAFTAR ISI

BAB	JUDUL	HAL
	Halaman Judul	i
	Halaman Pengesahan	ii
	Pernyataan Originalitas	iii
	Halaman Persembahan	iv
	Kata Pengantar	v
	Daftar Isi	vi
	Daftar Tabel	vii
	Daftar Gambar	ix
	Daftar Lampiran	xi
	Intisari	xii
1	Pendahuluan	1
	1.1. Latar Belakang	2
	1.2. Perumusan Masalah	2
	1.3. Tujuan Penelitian	2
	1.4. Batasan Masalah	3
	1.5. Sistematika Penulisan	4
2	Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	
	2.1. Penelitian Terdahulu	5
	2.2. Capacitated Team Orienteering Problem	6
	2.3. Particle Swarm Optimization	8
	2.4. ET-Lib versi 1.0	10
3	Metodologi Penelitian	
	3.1. Tahapan Penelitian	12
	3.2. Data Penelitian	13
	3.3. Pembuatan Program	13
	3.4. Pengujian Program	13
	3.5. Kesimpulan dan Saran	14



4	Data Penelitian	
	4.1. Contoh Kasus	14
	4.2. Hasil Penelitian Terdahulu	19
5	Pembuatan Program	
	5.1. Penerjemahan Posisi Partikel	21
	5.2. Pembuatan Prioritas Vertex	21
	5.3. Pembuatan Rute	22
	5.4. Menyusun Program PSO_CTOP	35
	5.5. Validasi Program	45
6	Hasil Program	
	6.1. Perbandingan Kualitas Program	51
	6.2. Optimisasi Parameter	51
	6.3. Perbandingan Hasil Penelitian	55
7	Kesimpulan dan Saran	
	7.1. Kesimpulan	61
	7.2. Saran	62
	Daftar Pustaka	63
	Lampiran	65

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Karakteristik Contoh Kasus CTOP <i>Original Set</i>	15
Tabel 4.2. Karakteristik Contoh Kasus CTOP <i>Second Set</i>	15
Tabel 4.3. Karakteristik Contoh Kasus CTOP <i>Third Set</i>	16
Tabel 4.4. BK pada <i>Original Set</i>	19
Tabel 5.2. BK pada <i>Second Set</i>	19
Tabel 5.3. BK pada <i>Third Set</i>	20
Tabel 5.1. Atribut pada <i>struct vertices</i>	36
Tabel 5.2. Atribut pada <i>class CTOP</i>	36
Tabel 5.3. <i>Methods</i> pada <i>class CTOP</i>	37
Tabel 5.4. Atribut <i>class ctopPSO: PSO</i>	37
Tabel 5.5. <i>Methods</i> pada <i>class ctopPSO: PSO</i>	38
Tabel 5.6. Variabel pada <i>feascheck()</i> <i>PSO_CTOP1</i>	41
Tabel 5.7. Variabel pada <i>feascheck()</i> <i>PSO_CTOP2</i>	43
Tabel 6.1. Hasil Perbandingan Program	51
Tabel 6.2. Keluaran Program pada Parameter 1	52
Tabel 6.3. Keluaran Program pada Parameter 2	53
Tabel 6.4. Keluaran Program pada Parameter 3	53
Tabel 6.5. Keluaran Program pada Parameter 4	53
Tabel 6.6. Rangkuman Rata-rata <i>Profit</i> Tiap Parameter	54
Tabel 6.7. Ringkasan Hasil Pengujian Statistik (<i>one-tail test</i>)	54
Tabel 6.8. Cuplikan Perbandingan Hasil Komputasi pada <i>Original Test</i>	57
Tabel.6.9. Rangkuman Hasil Pengujian <i>PSO_CTOP2</i>	58
Tabel 6.10. Ringkasan Perbandingan Penelitian pada <i>Original Set</i>	59
Tabel 6.11. Ringkasan Perbandingan Penelitian pada <i>Second Set</i>	59
Tabel 6.12. Ringkasan Perbandingan Penelitian pada <i>Third Set</i>	59
Tabel 6.13. Rangkuman Perbandingan Penelitian pada Keseluruhan <i>Set</i>	60
Tabel 7.1. Rangkuman Perbandingan Penelitian pada Keseluruhan <i>Set</i>	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Contoh Kasus CTOP	7
Gambar 2.2. Solusi Contoh Kasus CTOP	7
Gambar 2.3. Diagram Alir PSO	10
Gambar 2.4. <i>Decoding</i> TSP (Nguyen <i>et al.</i> , 2010)	11
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	12
Gambar 4.1. Contoh Kasus p03	18
Gambar 5.1. Diagram Alir Pembuatan Prioritas <i>Vertex</i>	22
Gambar 5.2. Ilustrasi Pembuatan Prioritas <i>Vertex</i>	22
Gambar 5.3. Diagram Alir Alternatif-1	24
Gambar 5.4. Ilustrasi Pembuatan Rute Alternatif-1	26
Gambar 5.5. Ilustrasi <i>AddTime</i>	28
Gambar 5.6. Diagram Alir Alternatif-2	29
Gambar 5.7. Ilustrasi Pembuatan Rute Alternatif-2 (1)	31
Gambar 5.8. Ilustrasi Pembuatan Rute Alternatif-2 (2)	32
Gambar 5.9. Ilustrasi Pembuatan Rute Alternatif-2 (3)	33
Gambar 5.10. <i>Coding</i> Inisialisasi <i>Swarm</i>	39
Gambar 5.11. <i>Coding</i> Penerjemahan Posisi Partikel	40
Gambar 5.12. Penyesuaian pada Fungsi Obyektif PSO	40
Gambar 5.13. <i>Coding</i> Penentuan Isi <i>Path</i> dan Status <i>Vertex</i> PSO_CTOP1	41
Gambar 5.14. <i>Coding</i> Pembentukan Rute pada Program PSO_CTOP1	42
Gambar 5.15. <i>Coding</i> Penentuan Isi <i>Path</i> dan Status <i>Vertex</i> PSO_CTOP2	44
Gambar 5.16. <i>Coding</i> Pembentukan Rute pada Program PSO_CTOP2	45
Gambar 5.17. Contoh Rute yang Dihasilkan Program	46
Gambar 5.18. Durasi Waktu dan Kapasitas oleh PSO_CTOP1	47
Gambar 5.19. Total Skor Keluaran PSO_CTOP1	47
Gambar 5.20. Hasil Perhitungan Manual pada Keluaran PSO_CTOP1	48
Gambar 5.21. Durasi Waktu, Kapasitas, dan Total Skor PSO_CTOP2	49
Gambar 5.22. Hasil Perhitungan Manual pada Keluaran PSO_CTOP2	49
Gambar 6.1. Batch File	56



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	: Perbandingan Penelitian pada <i>Original Set.</i>	66
Lampiran 2	: Perbandingan Penelitian pada <i>Second Set</i>	67
Lampiran 3	: Perbandingan Penelitian pada <i>Third Set</i>	68



INTISARI

Transportasi merupakan kegiatan rutin yang dilakukan oleh setiap organisasi yang selalu mendapat tantangan akibat berbagai keterbatasan, baik itu waktu maupun kapasitas. Salah satu kasus transportasi adalah *Capacitated Team Orienteering Problem* (CTOP). Pada CTOP terdapat sejumlah tempat atau *vertex*, yang memiliki skor tertentu, *starting point (depot)*, dan *end point (depot)*, serta terdapat waktu tempuh antar *vertex*. Tidak semua *vertex* dapat dikunjungi karena terdapat batasan durasi waktu yaitu T_{max} dan kapasitas yaitu Q_{max} . CTOP memiliki tujuan untuk menentukan rute beberapa lintasan atau *path*, dibatasi oleh T_{max} dan Q_{max} , yang melalui beberapa *vertex* berbeda untuk memaksimalkan total skor yang diperoleh.

Terdapat berbagai macam algoritma yang telah digunakan untuk menyelesaikan *Capacitated Team Orienteering Problem* antara lain, *Branch & Price*, *Variable Neighborhood Search*, *Bi-level Filter & Fan* dan sebagainya. Hasil yang diberikan oleh tiap algoritma berbeda, karena pendekatan yang digunakan berbeda. Sebuah algoritma yang belum digunakan adalah *Particle Swarm Optimization* (PSO).

Pada penelitian ini dilakukan penyesuaian dan pengujian algoritma PSO dalam menyelesaikan CTOP. Algoritma PSO memberikan hasil optimal untuk 47 kasus dari 130 kasus.