

**PENERAPAN *MULTI-OBJECTIVE PARTICLE SWARM*
OPTIMIZATION UNTUK KASUS *CAPACITATED VEHICLE*
ROUTING PROBLEM DENGAN *LOAD BALANCING***

TUGAS AKHIR

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



Dominico Laksma Paramestha

10 06 06178

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul

**PENERAPAN *MULTI-OBJECTIVE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* UNTUK
KASUS *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM* DENGAN *LOAD
BALANCING***

yang disusun oleh
Dominico Laksma Paramestha
10 06 06178

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 21 Juli 2014

Dosen Pembimbing 1,



The Jin Ai, D.Eng.

Dosen Pembimbing 2,



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

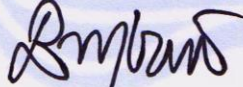
Tim Penguji,

Penguji 1,



The Jin Ai, D.Eng.

Penguji 2,



Baju Baworo, S.T., M.T.

Penguji 3,



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

Yogyakarta, 21 Juli 2014

Universitas Atma Jaya Yogyakarta,

Fakultas Teknologi Industri,

Dekan,


UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Dr. A. Teguh Siswantoro

HALAMAN PERSEMBAHAN

“
Sakduwur-duwur e gunung, iseh duwur dengkul

Sakduwur-duwur e dengkul iseh duwuh gundul

Sakduwur-duwur e gundul iseh duwur Gusti ingkang Maha Luhur
”



PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dominico Laksma Paramestha

NPM : 10 06 06178

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul “Penerapan *Multi-Objective Particle Swarm Optimization* untuk Kasus *Capacitated Vehicle Routing Problem* dengan *Load Balancing*” 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 sebenarnya.

Yogyakarta, 21 Juli 2014

Yang menyatakan,

Dominico Laksma Paramestha

KATA PENGANTAR

Puji syukur yang sebesar-besarnya penulis haturkan kepada Bapa, Putra dan Roh Kudus atas segala berkat, karunia dan pendampingannya yang berlimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Penerapan Multi-Objective Particle Swarm Optimization untuk Kasus Capacitated Vehicle Routing Problem dengan Load Balancing”. 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 Dr. A. Teguh Siswantoro selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta
2. Bapak Yosef Daryanto, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta
3. Bapak The Jin Ai, S.T., M.T., D.Eng. dan Ibu Yashinta Slamet Setio Wigati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah mendampingi dengan memberikan ide-ide, gagasan, perhatian, bimbingan, pengetahuan, waktu, pikiran dan dukungan ketika penulis mengalami kebuntuan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
4. Bapak, Ibu, dan Kakak yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
5. Bonifasius Yoga P.W. , Robins Valentino, Jossie Aditya Rollos, Hernando Budiman, Gregorius Dwijo S, Galih Cahyo D, dan Yoga Adhisatya Yang selalu membantu penulis dalam menyegarkan pikiran dengan kegiatan-kegiatan yang menyenangkan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Rekan-rekan asisten Mata Kuliah Perancangan Sistem Terpadu seperti Kristiawan Atmadi, Renanda Chrisanti, Swadita Worodea, Rika Chynthia, dan Gatot Sugiarto yang menemani penulis mengerjakan Tugas Akhir di Laboratorium Sistem Produksi.
7. Ibu Denny Ratna Yuniarta dan Mas Agung yang mengizinkan penulis menggunakan fasilitas Laboratorium Sistem Produksi untuk mengerjakan Tugas Akhir.

8. Teman-teman Teknik Industri 2010 yang selalu menyemangati, memotivasi dan menghibur penulis dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini.
10. Teman-teman alumni HMTI 2010 dan 2011 yang selalu mendukung penulis selama kuliah di UAJY.
12. 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, 21 Juli 2014

Penulis

DAFTAR ISI

BAB	JUDUL	HAL
	Halaman Judul	i
	Halaman Pengesahan	ii
	Pernyataan Originalitas	iii
	Halaman Persembahan	iv
	Kata Pengantar	v
	Daftar Isi	vii
	Daftar Tabel	x
	Daftar Gambar	xi
	Intisari	xiii
1	Pendahuluan	1
	1.1. Latar Belakang	1
	1.2. Perumusan Masalah	3
	1.3. Tujuan Penelitian	3
	1.4. Batasan Masalah	3
2	Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	
	2.1. <i>Vehicle Routing Problem</i>	4
	2.2. <i>Particle Swarm Optimization</i>	7
	2.3. <i>Multi-Objective Optimization Particle Swarm Optimization</i>	8
	2.4. <i>Object Library for Evolutionary Techniques (ET-Lib) versi 1.0</i>	10
3	Metodologi Penelitian	
	3.1. Tahapan Studi Pustaka	14
	3.2. Tahapan Perumusan Masalah	14
	3.3. Tahapan Pengumpulan Data	15
	3.4. Tahapan Pengolahan Data dan Pembuatan Program	15
	3.5. Tahap Analisis Hasil	15
	3.6. Tahap Kesimpulan dan Saran	16
4	Data dan Definisi Masalah	

4.1.	<i>Data Capacitated Vehicle Routing Problem</i>	18
4.2.	Penyesuaian Data Input	21
4.3.	Data Solusi Terbaik	25
4.4.	Definisi Masalah	26
5	Pengembangan Algoritma PSO	
5.1.	Penyesuaian Algoritma PSO terhadap VRP	29
5.2.	Komponen Algoritma PSO	32
5.3.	Pembuatan Program CVRPLB	36
6	Analisis Komputasional	
6.1.	Validasi Program dan Hasil Program	46
6.2.	Pengujian Program pada VRPNC	47
6.3.	Analisis Parameter	56
6.4.	Pembahasan	61
7	Kesimpulan dan Saran	
7.1.	Kesimpulan	63
7.2.	Saran	63
	Daftar Pustaka	64

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Karakteristik Data VRPNC yang Digunakan	20
Tabel 4.2 Perbandingan Data GVRP dan VRPNC	22
Tabel 4.3 Data solusi terbaik	26
Tabel 4.4 Data Beban Kerja	26
Tabel 5.1. Atribut pada <i>struct vehicle</i>	36
Tabel 5.2 Atribut pada <i>struct customers</i>	37
Tabel 5.3. <i>Method</i> pada <i>Class CVRPLB</i>	37
Tabel 5.4. <i>Method</i> pada <i>Class SpPSO</i>	38
Tabel 5.5. <i>Method</i> pada <i>Class SpPSP</i>	38
Tabel 5.6. Warna Partikel yang dipakai pada Tipe Partikel	45
Tabel 6.1. Nilai pada <i>Struct Vehicle VRPNC6</i>	47
Tabel 6.2. Perhitungan Manual <i>load</i> kendaraan Tiap Rute VRPNC6	47
Tabel 6.3 Objektif yang Dihasilkan untuk VRPNC1-VRPNC5	49
Tabel 6.4 Objektif yang Dihasilkan untuk VRPNC6	50
Tabel 6.5 Objektif yang Dihasilkan untuk VRPNC7	51
Tabel 6.6. Objektif yang Dihasilkan untuk VRPNC8	52
Tabel 6.7. Objektif yang Dihasilkan untuk VRPNC9	52
Tabel 6.8. Objektif yang Dihasilkan untuk VRPNC10	53
Tabel 6.9 Objektif yang Dihasilkan untuk VRPNC11	54
Tabel 6.10 Objektif yang Dihasilkan untuk VRPNC12	55
Tabel 6.11 Objektif yang Dihasilkan untuk VRPNC13	55
Tabel 6.12. Objektif yang Dihasilkan untuk VRPNC14	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Penyelesaian <i>Vehicle Routing Problem</i>	5
Gambar 2.2. <i>Non-dominated front</i> untuk dua fungsi tujuan	8
Gambar 2.3. Flowchart MOPSO	10
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 4.1 Format Data yang Digunakan	18
Gambar 4.2 Lokasi <i>Customer</i> dan <i>Vehicle</i> pada VRPNC11 dan VRPNC13	20
Gambar 4.3 Lokasi <i>Customer</i> dan <i>Vehicle</i> pada VRPNC12 dan VRPNC14	21
Gambar 4.4 Contoh Kasus GVRP	21
Gambar 4.5 Perbandingan VRPNC asli (kiri) dan VRPNC baru (kanan)	23
Gambar 4.6. <i>Coding Read data input</i>	24
Gambar 4.7. <i>Coding Read data input VRPNC</i>	25
Gambar 4.8. Ilustrasi Permasalahan VRPNC1	27
Gambar 4.9. <i>Best Known Solution</i> Permasalahan VRPNC1	28
Gambar 5.1. Pergerakan Partikel untuk Ms1	30
Gambar 5.2. Pergerakan Partikel untuk Ms2	31
Gambar 5.3. Pergerakan Partikel untuk Ms3	31
Gambar 5.4. Contoh kasus penerjemahan partikel SR-1	33
Gambar 5.5. Skema prosedur 2-opt	34
Gambar 5.6. <i>Coding</i> inisialiasai <i>swarm</i>	40
Gambar 5.7. <i>Coding</i> penerjemahan partikel	41
Gambar 5.8. <i>Coding</i> Perhitungan Objektif Pertama	42
Gambar 5.9. <i>Coding</i> Perhitungan Objektif Kedua	42
Gambar 5.10. <i>Coding</i> Fungsi Tujuan	43

Gambar 5.11. <i>Coding</i> untuk Menampilkan Hasil Algoritma	43
Gambar 5.12 <i>User Interface</i> Program yang Dihasilkan	44
Gambar 6.1 Nilai pada <i>Struct Cutomer</i>	46
Gambar 6.2 Grafik Hasil Kalkulasi dengan Mengubah <i>Movement Strategy</i>	57
Gambar 6.3. Grafik Hasil Kalkulasi dengan Menaikkan Jumlah Partikel	58
Gambar 6.4. Grafik Hasil Kalkulasi dengan Menaikkan Jumlah Iterasi	58
Gambar 6.5. Grafik Hasil Kalkulasi dengan Mengubah Nilai W_{min} dan W_{max}	59
Gambar 6.6 Grafik Hasil Kalkulasi dengan Mengubah Nilai C_p	59
Gambar 6.7 Grafik Hasil Kalkulasi dengan Mengubah Nilai C_g	60
Gambar 6.8 Grafik Hasil Kalkulasi dengan Mengubah Nilai C_l	60
Gambar 6.9 Grafik Hasil Kalkulasi dengan Mengubah Nilai C_n	60

INTISARI

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) merupakan kasus distribusi untuk mencari rute distribusi ke beberapa konsumen dengan beberapa kendaraan yang memiliki kapasitas yang sama. Solusi yang ada pada umumnya menghasilkan rute yang meminimumkan ongkos perjalanan. Pada penelitian terdahulu untuk kasus CVRP, keseimbangan beban kerja (*load balancing*) kurang diperhatikan, antara lain terlihat pada besarnya rentang *load* kendaraan. *Best Known Solution (BKS)* untuk CVRP mencatat nilai objektif yang paling kecil dari penelitian CVRP yang telah ada, namun dari data BKS *load* kendaraan yang dihasilkan menunjukkan rentang *load* kendaraan yang tinggi cukup tinggi. Sehingga diperlukan solusi yang mampu menghasilkan rute untuk CVRP yang meminimumkan ongkos perjalanan sekaligus meminimalkan rentang *load* kendaraan atau bisa disebut *Capacitated Vehicle Routing Problem with Load Balancing (CVRPLB)*. Pada penelitian ini *load balancing* didefinisikan sebagai rentang *load* kendaraan yang minimum.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan program yang mampu menghasilkan rute untuk CVRP yang meminimumkan ongkos perjalanan sekaligus meminimumkan rentang *load* kendaraan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Multi-objective Particle Swarm Optimization (MOPSO)*. MOPSO merupakan pengembangan dari PSO yang memiliki kemampuan untuk menyelesaikan kasus dengan 2 atau lebih fungsi tujuan. Program yang dibuat dituliskan dengan bahasa pemrograman C#. Algoritma MOPSO sudah dituliskan dalam *library* M3PSO yang merupakan produk dari ET-Lib sehingga penulis hanya perlu melakukan penyesuaian algoritma MOPSO dalam menyelesaikan kasus CVRPLB.

Program dijalankan dengan beberapa percobaan dengan mengubah jumlah kendaraan untuk mendapatkan solusi yang *feasible* sehingga dapat dibandingkan dengan BKS untuk melihat kualitas dari solusi. Solusi akan dianggap baik jika rute yang dihasilkan memiliki ongkos perjalanan yang tidak jauh berbeda dengan BKS dengan rentang *load* kendaraan yang lebih kecil dan sebaliknya. Sehingga pada akhirnya program yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat menjadi *tools* untuk membantu mengambil keputusan dalam memilih rute distribusi.

Kata kunci: Distribusi, *Capacitated Vehicle Routing Problem*, *Multi-Objective Optimization*, *Particle Swarm Optimization*, *Load Balancing*.