

**PENENTUAN RUTE PENJEMPUTAN SAMPAH TERPILAH DENGAN
MENGAPLIKASIKAN PENYELESAIAN *MULTI TRAVELLING*
SALESMAN PROBLEM MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA
(Studi Kasus Pengelola Sampah Kering Berbasis Masyarakat, Bank Sampah
Induk Serang)**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat memperoleh gelar Sarjana
Matematika



oleh:

Silmi Hafizhah

NIM 1504666

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2023

**PENENTUAN RUTE PENJEMPUTAN SAMPAH TERPILAH DENGAN
MENGAPLIKASIKAN PENYELESAIAN *MULTI TRAVELLING*
SALESMAN PROBLEM MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA
(Studi Kasus Pengelola Sampah Kering Berbasis Masyarakat, Bank Sampah
Induk Serang)**

Oleh:

Silmi Hafizhah

NIM 1504666

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia

© Silmi Hafizhah 2023

Universitas Pendidikan Indonesia Januari 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang. Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan difotokopi atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

SILMI HAFIZHAH

PENENTUAN RUTE PENJEMPUTAN SAMPAH TERPILAH DENGAN
MENGAPLIKASIKAN PENYELESAIAN MULTI TRAVELLING SALESMAN
PROBLEM MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA
(Studi Kasus Pengelola Sampah Kering Berbasis Masyarakat, Bank Sampah
Induk Serang)

Disetujui dan disahkan oleh,
Pembimbing I



Dr. Khusnul Novianingsih, S.Si., M.Si

NIP 197711282008122001


Pembimbing II



Dr. Kartika Yulianti S.Pd. M.Si

NIP 198207282005012001

Mengetahui,
Ketua Departemen Pendidikan Matematika



Dr. H. Dadang Juandi. M.Si.

NIP. 1964011719921001

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang., peneliti panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga tercurah kepada Rasulullah SAW sebagai nabi terakhir beserta keluarga dan para sahabatnya hingga akhir zaman.

Skripsi yang berjudul “Penentuan Rute Penjemputan Sampah Terpilah dengan Mengaplikasikan Penyelesaian *Multi Travelling Salesman Problem* Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus Pengelola Sampah Kering Berbasis Masyarakat, Bank Sampah Induk Serang)” ini disusun untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia.

Keberhasilan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dalam menyusun skripsi ini. Semoga Allah Subhaanahu wa ta’aalaa balas segala kebaikan yang telah tercurahkan. Aamiin.

Peneliti menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan yang disebabkan oleh keterbatasan wawasan dan pengetahuan peneliti. Oleh karena itu kritik serta saran yang membangun sangat diharapkan untuk dijadikan landasan perbaikan makalah ini. Semoga makalah ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca.

Bandung, Januari 2023

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari kontribusi banyak pihak. Kontribusi bimbingan, arahan, motivasi, doa serta dukungan lainnya telah banyak membantu penulis menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis sampaikan rasa syukur dan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Khusnul Novianingsih, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan waktu, bimbingan, arahan, kritik dan saran, serta memotivasi penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
2. Ibu Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing II juga selaku koordinator mata kuliah skripsi program studi pendidikan matematika yang telah memberikan waktu, bimbingan, arahan, kritik dan saran, serta memotivasi penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Bapak Dr. H Cece Kustiawan, M.Si. dan Ibu Fitriani Agustina, S.Si., M.Si., selaku pembimbing akademik yang telah membimbing dan mendampingi selama penulis berkulia di Universitas Pendidikan Indonesia.
4. Seluruh dosen dan Staf Departemen Pendidikan Matematika, yang banyak memberikan pengetahuan, pengalaman, dan bantuan bagi penulis selama menjalani proses perkuliahan.
5. Kedua orangtua penulis, Abi dan Umi, Muktiono dan Sri Windasari yang karena cinta tak berbatasnya memanjat doa, menyemangati, memotivasi dan tulus berkorban, mendukung penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Adik-adik penulis yakni Mukhbit Harish; Muhammad Faiz Kayyis; dan Mukhlish Abdurrahman Zaini; dan seluruh sanak saudara yang selalu memberikan semangat, motivasi dan doa, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Nuri Rikmayani, Rifqoh Nur Azmina, Emi Fitria, Sri Mulyanti, Dini Sri dan Frida Ayu atas dukungan dan semangat hingga akhir masa studi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman kelas Matematika C 2015, Departemen Pendidikan Matematika Angkatan 2015, BEM Himatika 'Identika' UPI Periode 2016 dan 2017, DPM

Himatika 'Identika' UPI 2018, BEM REMA UPI 2018 dan DPM REMA UPI 2019 yang mendukung dan membersamai penulis selama menempuh studi di Universitas Pendidikan Indonesia dan menyelesaikan skripsi ini.

9. Rekan sejawat di PT. Tritra Prima Indonesia yang telah mendukung penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. Pihak Bank Sampah Digital (BSD) yang banyak memberikan bantuan kepada peneliti selama melaksanakan penelitian.
11. Semua pihak yang telah mendukung dan membantu yang tidak bisa dicantumkan satu persatu.

Terimakasih atas segala bantuan baik secara langsung dan tidak langsung. Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda atas segala bantuan yang telah diberikan.

Bandung, Januari 2023

Penulis

ABSTRAK

Silmi Hafizhah (1504666). Penentuan Rute Penjemputan Sampah Terpilah Dengan Mengaplikasikan Penyelesaian *Multi Travelling Salesman Problem* Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus Pengelola Sampah Kering Berbasis Masyarakat, Bank Sampah Induk Serang)

Efektifitas dan efisiensi operasional Bank Sampah Digital (BSD) selaku perusahaan sosial (*social enterprise*) salah satunya dipengaruhi oleh aktivitas penjemputan sampah terpilah. Dengan sejumlah sumber daya petugas dan armada penjemputan yang terbatas, BSD yang berbasis keagenan ini harus mengunjungi setiap bank sampah agen yang terdaftar dengan jarak tempuhnya yang beragam. Perjalanan penjemputan yang secara kontinu dilaksanakan ini akan menjadi masalah jika pelaksanaannya tidak optimal. Namun penentuan rute penjemputan sampah yang efisien dengan lebih dari satu petugas untuk banyak tempat yang dikunjungi akan sulit dilakukan jika menggunakan secara manual. Hal ini ditambah dengan adanya ketentuan untuk seluruh bank sampah agen dikunjungi tepat hanya satu kali, tidak ada tumpang tindih rute penjemputan antar petugas serta petugas berangkat dan kembali ditempat yang sama yakni lokasi BSD.

Masalah penjemputan sampah dapat dipandang sebagai *Multiple Travelling Salesman Problem* (MTSP). Pada penelitian ini, MTSP akan diselesaikan dengan menggunakan Algoritma Genetika. Untuk menyelesaikan permasalahan Implementasi Algoritma Genetika dalam penelitian ini menggunakan 20 populasi awal yang melalui 250 iterasi atau generasi. Selain itu ditentukan pula probabilitas *crossover* atau *crossover rate* (*cr*) sebesar 0,6 dan probabilitas mutasi atau *mutation rate* (*mr*) sebesar 0,4. Hasil implementasi menunjukkan bahwa rute optimal berhasil diperoleh dengan model MTSP yang diselesaikan menggunakan algoritma genetika dengan parameter yang telah ditentukan. Adapun rute optimal penjemputan untuk seluruh petugas dengan jarak tempuh sebanyak 231,7 kilometer.

Kata kunci: Rute Optimal, *Multiple Travelling Salesman Problem*, Algoritma Genetika

ABSTRACT

Silmi Hafizhah (1504666). *Determination of Sorted Waste Pick-up Routes by Applying Multi Travelling Salesman Problem Using Genetic Algorithms (Case Study of Community Based Dry Waste Management, Bank Sampah Induk Serang)*

One of operational effectiveness and efficiency of Bank Sampah Digital (BSD) as a social enterprise affected by sorted waste collection activities. With a limited number of staff resources and a limited pick-up fleet, this agency-based social enterprise, BSD must visit every registered waste bank agent with varying distances. This pick-up trip which is regularly carried out will be a problem in itself if the implementation is not optimal. However, determining an efficient waste pick-up route with more than one pick-up officer for many places visited will be difficult to do if only use the manual method. This is added with the terms for all waste banks agent to be visited exactly once, there is no overlapping of pick-up routes between officers and officers leaving and returning to the same place, BSD office location.

Sorted waste pick-up problem can be seen as a Multiple Traveling Salesman Problem (MTSP). In this research, Multiple Traveling Salesman Problem (MTSP) will be solved using a Genetic Algorithm. To solve the problem of implementing the Genetic Algorithm in this research 20 initial populations were used to go through 250 iterations or maximum generations. In addition, crossover probability or crossover rate (cr) of 0,6 and mutation probability or mutation rate (mr) of 0,4 was also determined. The implementation results show that the optimal route was successfully obtained with the MTSP model which was completed using Genetic Algorithm with predetermined parameters. The optimal pick-up route for all officers is obtained with a distance of 231,7 kilometers.

Keywords: *Optimal route, Multiple Travelling Salesman Problem, Genetic Algorithm*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN BEBAS PLAGIARISME	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 <i>Travelling Salesman Problem (TSP)</i>	7
2.2 <i>Multi Travelling Salesman Problem (MTSP)</i>	8
2.3 Algoritma Genetika	10
2.3.1 Pengkodean dalam Algoritma Genetika.....	11
2.3.2 Pembangkitan Populasi Awal	12
2.3.3 Perhitungan Nilai <i>Fitness</i>	12
2.3.4 Proses Seleksi.....	13
2.3.5 Proses Crossover	14
2.3.6 Proses Mutasi	16
2.3.7 Kondisi Berhenti (Termination Condition).....	17
2.3.8 Kelebihan Algoritma Genetika	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Deskripsi Masalah	19

3.2	Model Matematika untuk <i>Multi Travelling Salesman Problem (MTSP)</i> ..	20
3.3	Penyelesaian MTSP dengan Algoritma Genetika	23
3.3.1	Representasi Kromosom pada MTSP	24
3.3.2	Pembangkitan Populasi Awal pada MTSP	26
3.3.3	Menghitung Nilai <i>Fitness</i> (Nilai Kesesuaian) pada MTSP	27
3.3.4	Seleksi Parents pada MTSP	28
3.3.5	<i>Crossover</i> (perkawinan silang) pada MTSP	29
3.3.6	Mutasi pada MTSP.....	30
3.3.7	Evaluasi Algoritma Genetika pada MTSP	31
BAB IV IMPLEMENTASI & PEMBAHASAN.....		32
4.1	Data Penelitian	32
4.1.1	Data Daftar Alamat	32
4.1.2	Data Jarak.....	32
4.1.3	Jumlah Petugas	32
4.2	Implementasi Algoritma Genetika	33
4.2.1	Representasi Kromosom	33
4.2.2	Penentuan Parameter.....	33
4.2.3	Pembangkitan Populasi Awal	33
4.2.4	Perhitungan Nilai <i>Fitness</i>	35
4.2.5	Seleksi	36
4.2.6	<i>Crossover</i>	36
4.2.7	Mutasi.....	37
4.2.8	Evaluasi.....	39
4.3	Validasi.....	39
4.4	Pengujian Parameter.....	40
4.4.1	Pengujian Ukuran Populasi.....	40
4.4.2	Pengujian Jumlah Generasi	41
4.4.3	Pengujian Kombinasi <i>Crossover rate (cr)</i> dan <i>Mutation rate (mr)</i>	43
4.5	Hasil Implementasi.....	45
BAB V KESIMPULAN & SARAN		47
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran.....	47

DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	51
BIODATA PENELITI	75

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Contoh Tabulasi Data Jarak Antar Lokasi pada Contoh Kasus	25
Tabel 3.2 Ilustrasi Perhitungan Jarak Tempuh pada Contoh Kasus.....	27
Tabel 3.3 Contoh Perhitungan Nilai <i>Fitness</i> Individu pada Contoh Kasus	28
Tabel 3.4 Rute Optimal pada Contoh Kasus MTSP	31
Tabel 4.1 Contoh Perhitungan Total Jarak Tempuh Seluruh Petugas	35
Tabel 4.2 Contoh Perhitungan Nilai <i>Fitness</i> Individu	36
Tabel 4.3 Rute Penjemputan Sampah Terpilah Optimal.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi <i>Binary Encoding</i>	11
Gambar 2.2 Ilustrasi <i>Permutation Encoding</i>	12
Gambar 2.3 Ilustrasi <i>Value Encoding</i>	12
Gambar 2.4 Diagram Alir Proses <i>Crossover</i>	14
Gambar 2.5 Diagram Alir Proses Mutasi.....	16
Gambar 3.1 Peta Lokasi Bank Sampah Induk & Bank Sampah Agen	20
Gambar 3.2 Langkah-Langkah Algoritma Genetika.....	24
Gambar 3.3 Contoh Representasi Kromosom dengan <i>Permutation Encoding</i>	26
Gambar 3.4 Contoh Inisialisasi Populasi Awal pada Contoh Kasus	26
Gambar 3.5 Contoh Prosedur <i>Order Crossover</i>	29
Gambar 3.6 Contoh Prosedur <i>Swap Mutation</i>	30
Gambar 4.1 Ilustrasi Kromosom.....	33
Gambar 4.2 Contoh Populasi Awal Sebanyak n Individu	34
Gambar 4.3 Ilustrasi Informasi Rute Seluruh Petugas.....	34
Gambar 4.4 Contoh Populasi Awal Sebanyak 8 Individu	35
Gambar 4.5 Ilustrasi <i>Crossover</i>	38
Gambar 4.6 Ilustrasi Mutasi.....	39
Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Ukuran Populasi Terhadap Total Jarak.....	40
Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Ukuran Populasi Terhadap Waktu Komputasi	41
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Jumlah Generais terhadap Total Jarak.....	42
Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Jumlah generasi Terhadap Waktu Komputasi	42
Gambar 4.11 Grafik Pengaruh Kombinasi Nilai Cr & Mr Terhadap Total Jarak. 43	
Gambar 4.12 Grafik Pengaruh Kombinasi Nilai <i>Crossover Rate</i> (Cr) dan <i>Mutation Rate</i> (Mr) Terhadap Waktu Komputasi.....	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Alamat Bank Sampah Agen	51
Lampiran 2. Tabulasi Jarak antar Bank Sampah.....	54
Lampiran 3. Koding Matlab.....	62
Lampiran 4. Penyelesaian Algoritma Genetika untuk Contoh Kasus MTSP dengan Aplikasi Microsoft Excel	66
Lampiran 5. Penyelesaian Algoritma Genetika untuk Contoh Kasus MTSP dengan Aplikasi Matlab.....	67
Lampiran 6. Pengujian Parameter Algoritma Genetika	68

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Khateeb, Belal., and Yousif, Mohammed. (2019) “Solving Multiple Travelling Salesman Problem by Meerkat Swarm Optimization Algorithm”. *Journal of Southwest Jiaotong University*, Vol.5, No.3.
- Anggara, R. (2012). *Sistem Penjadwalan Kuliah Menggunakan Algoritma Genetika Studi Kasus : Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Bumi Siliwangi*. (Skripsi). Program Studi Pendidikan Ilmu Komputer Universitas Pendidikan Indonesia.
- Arifin, F. (2007). *Algoritma Genetika dan Contoh Aplikasinya*. [Online]. Diakses dari: <https://www.firman-its.com/algoritma-genetika-dan-contoh-aplikasinya/>
- Arkeman, Yandra., Kudang Boro Seminar, dan Hendra Gunawan. (2012). “*Algoritma Genetika Teori dan Aplikasinya untuk Bisnis dan Industri*”. Bogor: IPB Press.
- Bektas,T. (2006).The multiple travelling salesman problem: an overview of formulations and solution procedures. *OMEGA: The International Journal of Management Science*, 34(3), 209-219.
- Daniel, Angus. (2007). “Crowding Population-Based Ant Colony Optimisation for The Multi-Objective Travelling Salesman Problem”. *Proceedings of the 2007 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Multicriteria Decision Making 2007*, no. Mcdm, pp. 333–340.
- E, Kocyigit., O. K, Sahingoz and B, Diri. (2020). “An Evolutionary Approach to Multiple Travelling Salesman Problem for Efficient Distribution of Pharmaceutical Products”. *International Conference on Electrical Engineering (ICEE)*, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICEE49691.2020.9249926.
- Mahmudy, WF. (2013) *Algoritma Evolusi. Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. Malang: Universitas Brawijaya.
- O, Cheikhrouhou,. A, Koubaa., and A, Zaard. (2016). “Analytical Hierarchy Process Based Multi-Objective Multiple Travelling Salesman Problem”. *International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC)*, pp. 130–136.

- Puteri, R. N., Widodo, Agus W., & Cholissodin, I. (2017). "Optimasi Multiple Travelling Salesman Problem pada Pendistribusian Air Minum Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (Studi Kasus : UD Tosa Malang). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol.1, No.9, 842-848.
- Puspasari, A. (2017). *Penyelesaian Masalah Penjadwalan Perkuliahan Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus di Departemen Pendidikan Matematika FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia)*. (Skripsi). Program Studi Matematika Universitas Pendidikan Indonesia.
- Rizki, A M., Mahmudy, WF., dan Yuliasuti, G. (2017). "Optimasi Multi Travelling Salesman Problem (M-TSP) untuk Distribusi Produk pada Home Industri Tekstil dengan Algoritma Genetika". *Kumpulan Jurnal Ilmu Komputer (KLIK)*, Vol.04, No.02.
- Saptaningtyas, Fitriana Y. (2012). Multi Travelling Salesman Problem (MTSP) Dengan Algoritma Genetika Untuk Menentukan Rute Loper Koran Di Agen Surat Kabar. *Pythagoras*, Vol. 7, No. 2.
- Sedighpour, M., M. Yousefikhoshbakht, N. M. Darani. "An Effective Genetic Algorithm for Solving the Multiple Travelling Salesman Problem", *Journal of Optimization in Industrial Engineering*. No. 8, pp. 73-79, 2011.
- Z, Xing. and S. Tu, (2020). "A Graph Neural Network Assisted Monte Carlo Tree Search Approach to Travelling Salesman Problem". *IEEE Access*, vol. 8, pp. 108418–108428, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3000236.