

**PENYELESAIAN *STOCHASTIC VEHICLE ROUTING PROBLEM*  
BERBASIS SKENARIO DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA  
*SIMULATED ANNEALING***

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Matematika



Oleh:

Anindya Maheswari

2000937

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2024**

**LEMBAR HAK CIPTA**

**PENYELESAIAN *STOCHASTIC VEHICLE ROUTING PROBLEM*  
BERBASIS SKENARIO DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA  
*SIMULATED ANNEALING***

Oleh:

Anindya Maheswari

2000937

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat dalam memperoleh Gelar Sarjana  
Matematika pada Program Studi Matematika, Fakultas Pendidikan Matematika  
dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Anindya Maheswari

Universitas Pendidikan Indonesia

Juli 2024

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau Sebagian dengan dicetak  
ulang, di fotokopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

ANINDYA MAHESWARI

**PENYELESAIAN *STOCHASTIC VEHICLE ROUTING PROBLEM*  
BERBASIS SKENARIO DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA  
*SIMULATED ANNEALING***

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing,

Pembimbing I

 27/06/2024

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

NIP. 197711282008122001

Pembimbing II

 27/6/2024

**Dr. H. Cece Kustiawan, M.Si.**

NIP. 196612131992031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



**Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si.**

NIP.198207282005012001

## Penyelesaian *Stochastic Vehicle Routing Problem* Berbasis Skenario Dengan Menggunakan Algoritma *Simulated Annealing*

### ABSTRAK

Penelitian ini membahas *Stochastic Vehicle Routing Problem* (SVRP), yaitu masalah penentuan rute pendistribusian sejumlah barang oleh kendaraan dari suatu depot ke sejumlah pelanggan lalu kembali ke depot. Permintaan pelanggan bersifat *stochastic* atau tidak pasti. Tujuan penyelesaian SVRP adalah untuk meminimalkan ekspektasi total jarak dengan mempertimbangkan batasan kapasitas kendaraan. Penelitian ini menyelesaikan SVRP berbasis skenario, di mana sejumlah skenario dibangkitkan, lalu menyelesaikan VRP untuk setiap skenario menggunakan Algoritma *Simulated Annealing* (SA). Solusi awal dibentuk secara *random* dengan tetap memperhatikan kendala batasan kapasitas kendaraan. Selanjutnya, fungsi objektif dari solusi awal dihitung, dan solusi baru dibangkitkan dengan metode *Exchange*, *Insertion*, atau *Reversion*. Jika solusi baru memiliki nilai fungsi objektif yang lebih baik, maka solusi baru akan diterima sebagai solusi sementara. Sebaliknya, solusi baru yang tidak lebih baik masih dapat diterima dengan suatu probabilitas tertentu. Pada setiap iterasi suhu akan diturunkan sampai memperoleh solusi optimal. Hasil implementasi SVRP pada penentuan rute pengangkutan sampah di Kota Nis menunjukkan bahwa Algoritma SA dapat menghasilkan rute kendaraan yang optimal dengan total jarak yang minimum.

**Kata Kunci:** *Stochastic Vehicle Routing Problem*, *Simulated Annealing*, Permintaan *Stochastic*, Rute Kendaraan.

## ***Solving Scenario-Based Stochastic Vehicle Routing Problem Using Simulated Annealing Algorithm***

### **ABSTRACT**

*This research studies Stochastic Vehicle Routing Problem (SVRP), a problem to determine distribution routes for a number of vehicles from a depot to a number of customers and finish to the depot. The demand of customers is stochastic or uncertainty. SVRP is solved to minimize the total expected distance by satisfying vehicle capacity constraints. Using scenario-based approach, SVRP is solve by generating a number of scenarios, then on each scenario, we solve Vehicle Routing Problem using Simulated Annealing Algorithm. The initial solution is generated randomly while still taking into account vehicle capacity constraints. Next, the objective function of the initial solution is calculated, and a new solution is generated using the Exchange, Insertion, or Reversion method. If the new solution has a better objective function value, then the new solution will be accepted as a temporary solution. On the other hand, a new solution with greater objective value can still be accepted with a certain probability. In each iteration of Simulated Annealing, the temperature will be reduced until the optimal solution is obtained. The implementation results of SVRP in solving waste transportation routes in Nis City show that the Simulated Annealing Algorithm can produce optimal vehicle routes with a minimum total distance.*

**Keywords:** *Stochastic Vehicle Routing Problem, Simulated Annealing, Stochastic Demand, Vehicle Routing.*

## DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
ABSTRAK .....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II LANDASAN TEORI .....	5
2.1 Vehicle Routing Problem (VRP) .....	5
2.2 Stochastic Linear Programming (SLP).....	7
2.3 Algoritma Simulated Annealing (SA) .....	8
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	11
3.1 Deskripsi Masalah .....	11
3.2 Tahapan Penelitian.....	11
3.3 Asumsi dan Model Optimasi SVRP .....	13
3.4 Teknik Penyelesaian Model menggunakan Algoritma <i>Simulated Annealing</i> .....	15
3.5 Contoh Kasus dan Penyelesaiannya .....	20
BAB IV PEMBAHASAN.....	27
4.1 Data Penelitian.....	27
4.2 Model Optimisasi Studi Kasus .....	28

4.3	Validasi .....	29
4.4	Hasil Implementasi .....	29
4.5	Analisis Hasil .....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		40
5.1	Kesimpulan .....	40
5.2	Saran .....	41
DAFTAR PUSTAKA .....		42
LAMPIRAN .....		45

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Representasi Solusi VRP .....	18
Gambar 4.1 Output Program Contoh Kasus Subbab 3.5 .....	29



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Istilah Elemen Annealing dalam Optimisasi Kombinatorial.....	8
Tabel 3.1 Rentang Nilai Parameter Input .....	18
Tabel 3.2 Data Koordinat dari Setiap Lokasi .....	20
Tabel 3.3 Data Permintaan, Rata-Rata, dan Standar Deviasi Setiap Pelanggan ...	21
Tabel 3.4 Data Jarak Antar Lokasi .....	21
Tabel 3.5 Uji Normalitas Lokasi 1 .....	22
Tabel 3.6 Permintaan Pelanggan untuk Setiap Skenario.....	22
Tabel 3.7 Solusi Awal.....	23
Tabel 3.8 Solusi Tetangga pada Iterasi 1 .....	24
Tabel 3.9 Solusi Tetangga pada Iterasi 2.....	24
Tabel 3.10 Rute Kendaraan Skenario 1 .....	25
Tabel 3.11 Rute Kendaraan Skenario 2 .....	25
Tabel 4.1 Hasil Rute untuk Setiap Skenario.....	31
Tabel 4.2 Perubahan Suhu Awal ( $T_a$ ) terhadap Solusi Terbaik $f(s)$ .....	37
Tabel 4.3 Perubahan Suhu Akhir ( $T_f$ ) terhadap Solusi Terbaik $f(s)$ .....	37
Tabel 4.4 Perubahan Parameter Reduksi ( $\alpha$ ) terhadap Solusi Terbaik $f(s)$ .....	38
Tabel 4.5 Parameter Terbaik.....	38
Tabel 4.6 Pengaruh Banyaknya Skenario terhadap Solusi Terbaik $f(s)$ .....	38
Tabel 4.7 Pengaruh Pemilihan Skenario Permintaan terhadap Solusi Terbaik $f(s)$	39

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Permintaan Setiap Wilayah dalam 10 Periode .....	45
Lampiran 2 Data Koordinat Depot dan Wilayah serta Hasil Perhitungan Jarak Antar Tempat.....	46
Lampiran 3 Distribusi Data Permintaan 29 Wilayah .....	48
Lampiran 4 Output Program untuk Setiap Skenario .....	49
Lampiran 5 Kode Program.....	57

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi, A. (2017). Menghitung Jarak Dua Koordinat. *Lembaga Peduli Pendidikan Masyarakat*.
- Amri, M., Rahman, A., dan Yuniarti, R. (2014). Penyelesaian Vehicle Routing Problem dengan Menggunakan Metode Nearest Neighbor. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 2(1), 36-45.
- Andriansyah, Novatama, R., dan Sentia, P. D. (2020). Algoritma Simulated Annealing untuk Menentukan Rute Kendaraan Heterogen (Studi Kasus). *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 7(5), 933-942.
- Arvianto, A., Nartadhi, R. L., Sari, D. P., dan Budiawan, W. (2018). Penerapan Simulasi dan Reliabilitas pada Model Vehicle Routing Problem (VRP) dengan Permintaan Probabilistik. *Jurnal SIMETRIS*, 9(1), 189-204.
- Basriati, S. dan Aziza, D. (2017). Penentuan Rute Distribusi pada Multiple Depot Vehicle Routing Problem (MDVRP) Menggunakan Metode Insertion Heuristic (Studi Kasus : Orange Laundry di Kota Pekanbaru). *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 3(1), 37-44.
- Cahyadi, F., Ong, J. O., dan Kosasih, J. S. (2013). *Perancangan Algoritma Simulated Annealing untuk Rute Kendaraan yang Mempertimbangkan Backhaul, Rute Majemuk, dan Time Window*. Bandung: Institut Teknologi Harapan Bangsa.
- Chandra, A. dan Setiawan, B. (2018). Optimasi Jalur Distribusi dengan Metode Vehicle Routing Problem (VRP). *Jurnal Manajemen Transportasi dan Logistik*, 05(02), 105-116.
- Chou, X. dan Messina, E. (2023). Problem-Driven Scenario Generation for Stochastic Programming Problems: A Survey. *Algorithms*, 16(10), 479.
- Darina, S., Wibowo, A. T., dan Ridwan, M. (2021). Penggunaan Algoritma Simulated Annealing untuk Menyelesaikan Masalah Vehicle Routing pada Rute Distribusi Supermarket. *Jurnal Ilmiah NERO*, 6(2), 99-112.
- Firmansyah, Y. S. (2020). *Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem dengan Menggunakan Gabungan Algoritma Genetika dan Simulated Annealing*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Hadhiatma, A. dan Purbo, A. (2017). Vehicle Routing Problem untuk Distribusi Barang Menggunakan Algoritma Semut. *Prosiding SNATIF*, 139-145.
- Hasbiyati, I. dan Hasriati. (2017). Beberapa Metode pada Masalah Pemrograman Stokastik. *Jurnal Matematika "MANTIK"*, 03(02), 83-86.

- Ilhan. (2020). A Population Based Simulated Annealing Algorithm for Capacitated Vehicle Routing Problem. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 28(3), 1217-1235.
- Juniarto, S. D., Martiana, E., Fariza, A., dan Prasetyaningrum, I. (2011). *Optimasi Distribusi Barang Berdasarkan Rute dan Daya Tampung Menggunakan Metode Simulated Annealing*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kirkpatrick, S., Gellat, C. D., dan Vecchi, M. P. (1983). Optimization by Simulated Annealing. *American Association for the Advancement of Science*, 220(4598), 671-680.
- Marković, D., Petrović, G., Čojbašić, Z., dan Stanković, A. (2020). The Vehicle Routing Problem With Stochastic Demands in an Urban Area – A Case Study. *Facta Universitatis Series Mechanical Engineering*, 18(1), 107-120.
- Muhaddad, R. A. (2014). *Pengembangan Algoritma Simulated Annealing untuk Penyelesaian Permasalahan Alokasi pada Closed Loop Supply Chain (CLSC)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Normasari, N. M. E., Warangga, A. F., dan Nugrahandika, W. H. (2019). Stochastic Demand in Vehicle Routing Problem With Compartment. *Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi (ANGKASA)*, 11(2), 81-89.
- Novianingsih, K. dan Hadianti, R. (2016). Flight Re-timing Models to Improve the Robustness of Airline Schedules. *Thai Journal of Mathematics*, 49-60.
- Panggabean, H. P. (2004). Algoritma Simulated Annealing untuk Pembentukan Sel Mesin dengan Dua Tipe Fungsi Objektif dan Dua Cara Pembatasan Sel. *Jurnal Teknik Industri*, 6(1), 10-24.
- Prakasa, T. A. D. (2023). *Pengembangan Aplikasi Sistem Cerdas Untuk Otomasi dan Optimalisasi Jadwal Mengajar pada Sekolah Menggunakan Algoritma Simulated Annealing (Studi Kasus SMPN 1 Jombang)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Prana A, R. (2007). *Aplikasi Kombinatorial pada Vehicle Routing Problem*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Samana, E., Prihandono, B., dan Noviani, E. (2015). Aplikasi Simulated Annealing untuk Menyelesaikan Travelling Salesman Problem. *Jurnal Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, 03(1), 25-32.
- Santoso, L. W., Guntara, J., dan Sandjaja, I. N. (2012). Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Algoritma Simulated Annealing. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 9(1), 1-6.

Yumalia, A. (2017). Minimasi Biaya Distribusi dengan Menggunakan Metode Travelling Salesman Problem (TSP). *Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 1-8.

Zaiontz, C. (2023). Kolmogorov-Smirnov Test for Normality. *Real Statistics Using Excel*.