

**OPTIMALISASI RUTE TRANSPORTASI PENGANGKUT SAMPAH  
MENGUNAKAN ALGORITMA SIMULATED ANNEALING  
(Studi Kasus: Pengangkutan Sampah Kecamatan Mamajang)**



**ELSAH MARIA DAFOSHA JAUUNG**

**H011201052**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2024**

**OPTIMALISASI RUTE TRANSPORTASI PENGANGKUT SAMPAH  
MENGUNAKAN ALGORITMA SIMULATED ANNEALING  
(Studi Kasus: Pengangkutan Sampah Kecamatan Mamajang)**

**ELSAH MARIA DAFOSHA JAUUNG**

**H011201052**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2024**

**OPTIMALISASI RUTE TRANSPORTASI PENGANGKUT SAMPAH  
MENGUNAKAN ALGORITMA SIMULATED ANNEALING  
(Studi Kasus: Pengangkutan Sampah Kecamatan Mamajang)**

**ELSAH MARIA DAFOSHA JAUUNG  
H011201052**

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Matematika

pada

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
DEPARTEMEN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

SKRIPSI  
OPTIMALISASI RUTE TRANSPORTASI PENGANGKUT SAMPAH  
MENGUNAKAN ALGORITMA SIMULATED ANNEALING  
(Studi Kasus: Pengangkutan Sampah Kecamatan Mamajang)

ELSAH MARIA DAFOSHA JAUUNG

H011201052

Skrripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Sains pada tanggal 21  
Juni 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan  
pada

Program Studi Matematika  
Departemen Matematika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin  
Makassar

Mengesahkan:  
Pembimbing tugas akhir,

Dr. Khaeruddin, M.Sc  
NIP. 19650914 199103 1 001

Mengetahui:  
Ketua Program Studi

Dr. Firman, S.Si, M.Si  
NIP. 19680429 200212 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Optimalisasi Rute Transportasi Pengangkut Sampah Menggunakan Algoritma Simulated Annealing (Studi Kasus: Pengangkutan Sampah Kecamatan Mamajang)" adalah benar karya saya dengan arahan dan Bapak Dr. Khaeruddin, M.Sc. sebagai Pembimbing. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dan penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 21 Juni 2024



Elsah Maria Dafosha Jauung  
NIM H011201052



## UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkat-Nya kepada penulis sehingga skripsi dengan judul "Optimalisasi Rute Transportasi Pengangkut Sampah menggunakan Algoritma Simulated Annealing (Studi Kasus: Kecamatan Mamajang)" ini dapat selesai. Penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada kedua orang tua, Bapak dan Mama yang telah membesarkan dan mendidik penulis, begitu pula kepada adik-adik penulis yang telah memberikan dukungan pada penulis. Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan banyak pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.** selaku Rektor Universitas Hasanuddin, Bapak **Dr. Eng Amiruddin, S.Si., M.Si.** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, serta Bapak **Dr. Firman, S.Si., M.Si.** selaku Ketua Departemen Matematika.
2. Bapak **Dr. Khaeruddin., M.Sc.** selaku dosen pembimbing utama atas kesedian dan kesabarannya dalam membimbing dan memberikan arahan kepada penulis, serta meluangkan banyak waktu sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak **Prof. Dr. Amir Kamal Amir, M.Sc.**, selaku penasehat akademik sekaligus dosen penguji serta Bapak **Dr. Agustinus Ribal, S.Si., M.Sc.**, selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan arahan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh **Dosen** dan **Staf** Departemen Matematika yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Departemen Matematika.
5. Teman-teman **Matematika 2020, MIPA 2020, Pasger, Yelny, Tina, dan Dea** yang telah mendukung dan berjuang bersama selama masa perkuliahan.
6. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam bentuk apapun.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, kritik dan saran yang membangun diharapkan oleh penulis untuk perbaikan dan pengembangan penelitian lebih lanjut. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Penulis,



Eisah Maria Dafosha Jauung

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan rute pengangkutan sampah menggunakan algoritma simulated annealing. Optimasi dilakukan dengan membandingkan solusi awal dengan solusi baru pada dua truk pengangkut sampah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma simulated annealing berhasil menghasilkan rute yang lebih efisien. Pada truk 1, solusi baru mengurangi total jarak perjalanan sebesar 1,72 km tanpa mengubah jumlah hari operasional, dari 55,65 km dalam 2 hari menjadi 53,93 km dalam 2 hari. Pada truk 2, solusi baru mengurangi total jarak perjalanan sebesar 33,34 km dan mengurangi jumlah hari operasional dari 3 hari menjadi 2 hari, dari 89,65 km dalam 3 hari menjadi 56,31 km dalam 2 hari. Kesimpulan dari penelitian ini adalah algoritma simulated annealing terbukti efektif dalam mengoptimalkan rute pengangkutan sampah dengan mengurangi total jarak perjalanan dan meningkatkan efisiensi penggunaan kapasitas kendaraan.

**Kata kunci:** *Simulated annealing*, optimasi rute, efisiensi

## ABSTRACT

*This study aims to optimize waste collection routes using the simulated annealing algorithm. The optimization is carried out by comparing the initial solution with a new solution for two waste collection trucks. The results show that the simulated annealing algorithm successfully produced more efficient routes. For truck 1, the new solution reduced the total travel distance by 1.72 km without changing the number of operational days, from 55.65 km in 2 days to 53.93 km in 2 days. For truck 2, the new solution reduced the total travel distance by 33.34 km and decreased the number of operational days from 3 days to 2 days, from 89.65 km in 3 days to 56.31 km in 2 days. The conclusion of this study is that the simulated annealing algorithm is proven to be effective in optimizing waste collection routes by reducing the total travel distance and improving the efficiency of vehicle capacity usage.*

*Keywords: Simulated annealing, route optimization, efficiency*



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	ii
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Tujuan Penelitian .....	2
1.4    Batasan Masalah .....	2
1.5    Manfaat Penelitian .....	3
1.6    Landasan Teori .....	3
1.6.1  Pengertian Sampah.....	3
1.6.2  Sumber Sampah.....	4
1.6.3  Pengelolaan Sampah .....	4
1.6.4  Optimalisasi .....	5

1.6.5 Simulated Annealing.....	6
BAB II METODOLOGI PENELITIAN .....	14
2.1 Waktu Penelitian .....	14
2.2 Jenis Penelitian .....	14
2.3 Objek Penelitian .....	14
2.4 Metode Pengumpulan Data .....	14
2.5 Prosedur Penelitian.....	14
2.6 Flowchart Penelitian.....	15
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
3.1 Pengumpulan Data.....	16
3.2 Pengolahan Data.....	20
3.3 Analisa Perbandingan Solusi Awal dengan Solusi Baru.....	23
3.4 Pembahasan .....	32
BAB IV KESIMPULAN .....	33
4.1 Kesimpulan .....	33
4.2 Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	38

## DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
<b>Tabel 1.</b> Daftar Tujuan & Permintaan .....	8
<b>Tabel 2.</b> Jarak antar gudang dan toko .....	8
<b>Tabel 3.</b> Hasil Iterasi dan Jarak Perjalanan Rute 1 Dengan SA .....	12
<b>Tabel 4.</b> Hasil Iterasi dan Jarak Perjalanan Rute 2 Dengan SA .....	12
<b>Tabel 5.</b> Perbandingan total solusi awal dengan solusi baru pada rute 1 dan rute 2 .	13
<b>Tabel 6.</b> Wilayah pelayanan Truk 1 dan Truk 2.....	16
<b>Tabel 7.</b> Rute yang Dilalui Selama Ini Oleh Truk Pengangkut (Truk I) .....	18
<b>Tabel 8.</b> Rute yang Dilalui Selama Ini Oleh Truk Pengangkut (Truk II) .....	18
<b>Tabel 9.</b> Jarak Pangkalan ke Setiap Wilayah Pelayanan, Antar Wilayah Pelayanan, dan ke TPA (Truk I) dalam Km.....	19
<b>Tabel 10.</b> Jarak Pangkalan ke Setiap Wilayah Pelayanan, Antar Wilayah Pelayanan, dan ke TPA (Truk II) dalam Km .....	19
<b>Tabel 11.</b> Parameter Truk 1.....	22
<b>Tabel 12.</b> Parameter Truk 2.....	22
<b>Tabel 13.</b> Perbandingan solusi awal dengan solusi baru truk 1 .....	32
<b>Tabel 14.</b> Perbandingan solusi awal dengan solusi baru truk 2 .....	32

## DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
<b>Gambar 1.</b> Flowchart Penelitian .....	15
<b>Gambar 2.</b> Jumlah Rata-Rata Timbulan Sampah Masing- Masing Wilayah Setiap Dua Hari (Truk I) .....	17
<b>Gambar 3.</b> Jumlah Rata-Rata Timbulan Sampah Masing- Masing Wilayah Setiap Tiga Hari (Truk II) .....	17
<b>Gambar 4.</b> Flowchart Simulated Annealing .....	21
<b>Gambar 5.</b> Rute 1 pada Truk 1 .....	23
<b>Gambar 6.</b> Rute 1 Optimal pada Truk 1 .....	24
<b>Gambar 7.</b> Rute 2 pada Truk 1 .....	25
<b>Gambar 8.</b> Rute 2 Optimal pada Truk 1 .....	26
<b>Gambar 9.</b> Rute 1 pada Truk 2 .....	27
<b>Gambar 10.</b> Rute 1 Optimal pada Truk 2 .....	28
<b>Gambar 11.</b> Rute 2 pada Truk 2 .....	29
<b>Gambar 12.</b> Rute 2 Optimal pada Truk 2 .....	30
<b>Gambar 13.</b> Rute 3 pada Truk 2 .....	31

**DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor urut	Halaman
<b>Lampiran 1.</b> Kode Python Algoritma Simulated Annealing Truk 1 .....	38
<b>Lampiran 2.</b> Kode Python Algoritma Simulated Annealing Truk 2 .....	43
<b>Lampiran 3.</b> Kode Python Algoritma Simulated Annealing pada Contoh Studi Kasus .....	49

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Sampah merupakan salah satu masalah lingkungan yang serius. Di Indonesia, masalah sampah adalah isu penting yang terus berkembang seiring dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi (Mahyudin, 2017). Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan kegiatan ekonomi, kebutuhan sampah akan meningkat. Sampah dihasilkan dari berbagai aktivitas, seperti pemukiman perkotaan, warung, dan industri. Pertumbuhan penduduk dapat meningkatkan jumlah konsumsi masyarakat, sehingga menyebabkan meningkatnya jumlah sampah. Sayangnya, tidak semua sampah dikelola dengan baik. Banyak wilayah, terutama di perkotaan dan kawasan padat penduduk, menghadapi tantangan dalam pengelolaan sampah yang efektif (Tampuyak et al., 2016). Oleh karena itu, perlu adanya pengelolaan sampah yang baik dan berkelanjutan.

Pengelolaan sampah merupakan suatu proses yang sangat penting dalam mempertahankan kebersihan, kesehatan masyarakat, dan kelestarian lingkungan (Purwendah et al., 2022). Salah satu upaya pengelolaan sampah yang penting adalah dengan menyediakan sarana prasarana yang memadai. Sarana prasarana pengelolaan sampah yang memadai dapat menunjang kelancaran proses pengelolaan sampah, sehingga sampah dapat dikelola dengan lebih efektif dan efisien.

Transportasi, sebagai salah satu sarana prasarana dalam pengelolaan sampah, memiliki peran krusial dalam menunjang kelancaran proses pengangkutan sampah dari sumbernya hingga tempat pemrosesan atau pembuangan akhir (Komala et al., 2012). Dalam pengelolaan sampah yang efisien, perencanaan rute yang optimal menjadi kunci untuk memaksimalkan efektivitas dan efisiensi pengangkutan sampah. Melalui perencanaan rute yang cermat, dapat dicapai pengurangan jarak tempuh yang optimal sehingga bisa menghasilkan penghematan biaya operasional.

Kota Makassar, sebagai salah satu kota besar di Indonesia, juga mengalami masalah serupa dalam pengelolaan sampah. Secara umum, proses pengangkutan sampah melibatkan serangkaian langkah. Sampah pertama-tama dikumpulkan dari sumbernya, yaitu rumah tangga, pasar, dan sebagainya, ke Tempat Penampungan Sementara (TPS). Di TPS, sampah akan disiapkan untuk pengangkutan selanjutnya dari

TPS ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) menggunakan truk pengangkut sampah (Siagian, 2022). Dalam proses pengangkutan sampah, terdapat sejumlah permasalahan yang mungkin timbul. Salah satunya adalah kurangnya perencanaan yang tepat dalam menentukan rute yang optimal. Dengan demikian, perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai rute pengangkutan sampah agar memiliki solusi yang lebih optimal. Oleh karena itu, berdasarkan permasalahan tersebut maka penulis mengangkat tugas akhir dengan judul "**Optimalisasi Rute Transportasi Pengangkut Sampah menggunakan Algoritma Simulated Annealing (Studi Kasus: Kecamatan: Mamajang)**".

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan metode Simulated Annealing (SA) dalam mengoptimalkan rute transportasi pengangkut sampah di wilayah Kecamatan Mamajang?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Menerapkan metode Simulated Annealing (SA) dalam mengoptimalkan rute transportasi pengangkut sampah di wilayah Kecamatan Mamajang

## 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian akan memfokuskan pada kondisi penumpukan sampah di beberapa tempat penampungan sementara (TPS) yang tersebar di Kecamatan Mamajang dengan wilayah pelayanan pengangkutan mencakup Jl. Lanto Dg. Pasewang, Jl. Anuang Selatan, Jl. Onta Baru, Jl. Serigala, Jl. Tupai, Jl. Amirullah, Jl. Mawas Timur, Jl. Singa, Jl. Macan, Jl. Onta Lama, Jl. Beruang, Jl. Kancil Tengah, Jl. Badak, Jl. Tupai Selatan, dan Jl. Serigala Selatan.
2. Pengangkutan dilakukan menggunakan *dump truck* berkapasitas 6 m<sup>3</sup> dengan waktu pelayanan dilakukan pada pagi hari dan proses



pengangkutan dilakukan dengan satu kali putaran rute.

3. Asumsi bahwa jalanan tidak mengalami kemacetan selama proses pengangkutan sampah.
4. Kendaraan yang digunakan adalah *dump truck* milik Dinas Pertamanan dan Kebersihan Kota Makassar.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai sumber pembelajaran dalam program akademik yang berkaitan
2. Menjadi salah satu masukan bagi pihak terkait agar mendapatkan rute pengangkutan sampah yang optimal dan efisien

## 1.6 Landasan Teori

### 1.6.1 Pengertian Sampah

Menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah merujuk pada bahan padat yang dihasilkan oleh kegiatan sehari-hari manusia atau melalui proses alam. Sampah sendiri merupakan hasil dari proses produksi, baik itu di tingkat rumah tangga maupun industri. Sampah adalah limbah yang bersifat padat yang terdiri dari zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan (Badan Standarisasi Nasional, 2002).

Menurut Notoatmodjo (2003), sampah padat dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama:

- 1) Sampah organik merujuk kepada jenis sampah yang umumnya dapat mengalami proses pembusukan. Sampah ini dapat secara alami terurai melalui proses alam, termasuk sisa-sisa makanan, dedaunan, buah-buahan, dan sejenisnya.
- 2) Sampah anorganik mencakup jenis sampah yang bukan berasal dari bahan organik yang umumnya tidak dapat mengalami pembusukan dan tidak dapat terurai secara

alami. Contoh sampah anorganik meliputi logam atau besi, pecahan kaca, plastik, dan sebagainya.

### **1.6.2 Sumber Sampah**

Berdasarkan sumbernya sampah dapat dikategorikan menjadi empat jenis (Dermawan et al., 2018), yaitu:

- 1) Sampah rumah tangga, yaitu sampah yang dihasilkan dari kegiatan sehari-hari di rumah tangga, seperti sisa makanan, pembungkus makanan, sampah dapur, dan sampah taman.
- 2) Sampah pasar dan tempat-tempat umum, yaitu sampah yang dihasilkan dari kegiatan di pasar, tempat-tempat umum, dan tempat-tempat wisata, seperti sisa makanan, sampah pembungkus makanan, dan sampah taman.
- 3) Sampah jalanan, yaitu sampah yang dihasilkan dari kegiatan di jalan raya, seperti debu jalanan, sampah pembungkus makanan, dan sampah sisa makanan.
- 4) Sampah industri, yaitu sampah yang dihasilkan dari kegiatan industri, seperti limbah cair industri, debu industri, dan sisa bahan baku.

### **1.6.3 Pengelolaan Sampah**

Sistem pengelolaan sampah diatur dalam Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2012 tentang Penyelenggaraan Pengelolaan Sampah. Tujuan dari peraturan ini adalah untuk menjaga kelestarian fungsi lingkungan hidup dan kesehatan masyarakat, serta menjadikan sampah menjadi sumber daya.

#### **1.6.3.1 Pengumpulan Sampah**

Pengumpulan sampah merupakan tahap penting dalam manajemen sampah yang melibatkan pengambilan sampah dari sumbernya, seperti rumah tangga, perkantoran, atau tempat-tempat umum. Tujuan utama dari pengumpulan sampah adalah untuk mencegah penumpukan sampah di lokasi asalnya dan membawa sampah ke tempat-tempat penanganan selanjutnya, seperti fasilitas pembuangan atau tempat pengolahan sampah. Ada beberapa model pengumpulan sampah (Yunus et al., 2022), antara lain:

- 1) Pengumpulan Sampah *Door-to-Door (Dor to Dor)*: Model ini melibatkan pengumpulan langsung dari rumah ke rumah oleh kendaraan pengumpul sampah. Petugas pengumpul memberi tahu warga tentang jadwal dan waktu pengumpulan, dan sampah dibuang ke dalam kendaraan tersebut.
- 2) Pengumpulan Sampah Komunal: Dalam model ini, warga membawa sampah mereka ke tempat sampah besar atau kontainer yang ditempatkan di pusat lingkungan. Kemudian, kendaraan pengumpul sampah datang secara teratur untuk membuang sampah dari tempat tersebut.

Dalam pengumpulan sampah, tentunya diperlukan infrastruktur pengumpulan sampah untuk menunjang keberhasilan proses ini (Yunus et al., 2022). Infrastruktur ini mencakup berbagai fasilitas dan peralatan yang dirancang untuk menampung sementara sampah sebelum diangkut ke fasilitas selanjutnya, seperti fasilitas pembuangan atau tempat pengolahan sampah. Beberapa aspek utama yang perlu diperhatikan dalam infrastruktur pengumpulan sampah melibatkan lokasi penempatan tempat sampah, desain wadah atau kontainer sampah, serta pemeliharaan kebersihan di sekitar fasilitas tersebut.

### **1.6.3.2 Pengumpulan Sampah**

Pemilihan kendaraan pengangkut sampah memperhitungkan beberapa faktor, termasuk ukuran kendaraan, jenis sampah yang dikumpulkan, frekuensi tunggu, kapasitas kendaraan, pemeliharaan, dan emisi kendaraan (Yunus et al., 2022). Ukuran dan jenis kendaraan harus disesuaikan dengan volume sampah yang diambil di setiap pemberhentian, jenis sampah yang dikumpulkan, dan kondisi jalan setempat. Pemilihan kendaraan yang sesuai dapat sangat mempengaruhi efisiensi program pengumpulan sampah dan meminimalkan dampak lingkungan.

Beberapa jenis kendaraan pengangkut sampah yang umum digunakan di Indonesia, sebagai berikut: meliputi Armroll Truck, Dump Truck, Sepeda Motor Roda Tiga, dan Gerobak Sampah.

### **1.6.4 Optimalisasi**

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, konsep "optimalisasi" berarti pengoptimalan yang memiliki makna menjadikan paling baik, paling tinggi, dan sebagainya. Dengan demikian, optimalisasi menggambarkan suatu proses atau upaya untuk mencapai keadaan yang terbaik atau paling tinggi dalam konteks tertentu. Ini melibatkan strategi atau tindakan yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, kinerja,

atau hasil dari suatu sistem, proses, atau entitas.

Siringoringo (2015) mendeskripsikan bahwa optimalisasi adalah proses yang melibatkan pencarian solusi terbaik dalam suatu konteks atau situasi tertentu. Namun, penting untuk dipahami bahwa definisi "terbaik" dalam konteks ini tidak selalu berarti mencapai keuntungan yang maksimal atau mengurangi biaya menjadi yang paling minimal.

### 1.6.5 Simulated Annealing

Menurut Samana et al. (2015), metode *simulated annealing* (SA) didasarkan pada proses annealing, yaitu pendinginan cairan logam hingga akhirnya membentuk kristal. Prinsip kerjanya adalah bahwa molekul cairan memiliki tingkat energi yang tinggi pada suhu tinggi, sehingga mereka lebih mudah bergerak daripada molekul lain. Jika temperatur diturunkan secara bertahap, molekul- molekul dapat mengatur dirinya untuk mencari konfigurasi atau susunan dengan tingkat energi yang lebih rendah. Dengan menurunkan temperatur secara bertahap, molekul-molekul memiliki kesempatan untuk mengatur diri mereka sendiri sehingga mereka dapat mencapai keadaan yang stabil.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Damanik (2011) dalam Husen et al. (2015) metode simulated annealing memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan solusi awal penjadwalan, pada tahap ini dilakukan perhitungan sesuai dengan penjadwalan yang ada.
2. Menentukan parameter. Pada algoritma *Simulated Annealing*, sekumpulan parameter harus didefinisikan terlebih dahulu diawal proses. Pendefinisian parameter-parameter ini disebut *cooling schedule*, yang melibatkan:
  - a. Nilai awal untuk parameter kontrol atau temperatur awal ( $T_0$ ) Untuk temperatur awal dapat digunakan  $T = 100^{\circ}$ . Dalam Utomo et al. (2021), menurut Santosa (2011), penentuan suhu awal yang tidak terlalu tinggi bertujuan agar pengurangan temperatur yang terlalu banyak dengan hasil yang sama dapat dihindari dan suhu awal ini juga tidak terlalu kecil, tujuannya agar dapat mengurangi kemungkinan titik-titik yang dapat menjadi global optimum akan terlewat.
  - b. Fungsi/faktor penurunan nilai parameter kontrol ( $\alpha$ ). Nilai ini menentukan seberapa cepat parameter kontrol mengalami penurunan.  
 $\alpha$  (alpha) adalah sebuah konstanta untuk menurunkan parameter kontrol dengan  $\alpha < 1$ . Berdasarkan penelitian Permana et al. (2020) dikatakan bahwa

$\alpha$  yang digunakan sebaiknya adalah antara 0,8 sampai 0,99. Untuk melakukan penurunan suhu, menggunakan persamaan berikut:

$$T_{i+1} = T_i \times \alpha \quad (2.1)$$

dengan:

$\alpha$  = Konstanta untuk menurunkan temperatur

$T_j$  = Temperatur pada iterasi ke n.

- c. Jumlah iterasi dalam tiap nilai parameter kontrol (i)
- d. Kriteria terminasi untuk menghentikan eksekusi

Kriteria *steady state* proses pencarian dalam algoritma SA dapat berupa dicapainya suatu jumlah iterasi tertentu atau ketika mencapai temperatur akhir tertentu di mana selama itu tidak ada solusi baru yang diterima, atau dicapainya nilai parameter kontrol tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya.

3. Menentukan kondisi baru
4. Mengevaluasi solusi baru yang layak diterima.

$$\Delta f = f_{i+1} - f_i \quad (2.2)$$

Jika  $\Delta f \leq 0$ , maka solusi baru diterima. Namun jika  $\Delta f$  bernilai positif, maka dibangkitkan bilangan random ( $r$ )  $[0,1]$  yang dibandingkan dengan probabilitas penerimaan:

$$P = e^{-\frac{\Delta f}{T}} \quad (2.3)$$

dengan:

$f_{i+1}$  = Total jarak rute baru

$f_i$  = Total jarak rute sekarang

$T_j$  = Temperatur pada iterasi ke n.

Jika  $r < P$ , maka rute baru menjadi rute sekarang. Jika tidak, maka tidak akan dikerjakan apapun.

5. Menentukan solusi yang terbaik. Penentuan solusi terbaik dilakukan setelah algoritma dihentikan atau sudah berada dalam kondisi *steady state*. Dalam kondisi

ini, algoritma dihentikan dan solusi yang telah ditemukan sudah optimal.

Berikut contoh studi kasus:

Pada sebuah perusahaan yang beroperasi di bidang distribusi minuman di wilayah Serang-Cilegon yang berfokus pada distribusi produk di Kota Serang. Data awal yang digunakan mencakup jarak antara titik distribusi dan toko-toko ritel dengan penggunaan truk box Mitsubishi berkapasitas 60 krat. Perusahaan tersebut memiliki 5 toko ritel tetap dengan total jarak yang bisa ditempuh  $\pm 17,3$  kilometer dan pengiriman minimal sebanyak 99 krat dalam satu minggu, seperti yang dicatat dalam tabel 1.

**Tabel 1.** Daftar Tujuan & Permintaan

No.	Tujuan	Alamat	Order (Krat)
1	Pemancingan	Cipocok Jaya	20
2	Dealer Yamaha	Sempu	25
3	RM Nasgor Gaul	Sempu	29
4	SMAN 5 Kota Serang	Kasemen	20
5	RM Labbaik	Terondol	5
<b>Total</b>			94

**Tabel 2.** Jarak antar gudang dan toko

	Gudang	Toko 1	Toko 2	Toko 3	Toko 4	Toko 5
Toko 1	3.76	0.0	3,26	2,4	6,38	4,57
Toko 2	2.46	1,26	0.0	0,13	6,19	3,46
Toko 3	2.97	0,5	0,1	0,0	6,45	3,17
Toko 4	5.99	4,38	3,19	6,45	0,0	5,45
Toko 5	3.18	3,57	2.46	5.17	5.45	0.0

Penyelesaian:

Langkah- langkah yang akan dilakukan:

Iterasi 1:

1. Menentukan solusi awal, pada tahap ini dilakukan sesuai dengan rute yang biasa dilalui:

Rute 1 = Gudang - Toko 1 - Toko 2-Toko 5 - Gudang

Rute 2 = Gudang -Toko 3 -Toko 4 - Gudang

2. Pendefinisian parameter-parameter

$T_{awal} = 100$

$T_{akhir} = 100$

$\alpha = 0,9$

$I = 2$  iterasi pada setiap temperatur

3. Perhitungan Fungsi Tujuan

Rute 1 = 13,66 km

Rute 2 = 15,41 km

4. Pembangkitan Solusi Baru

Dapat dilakukan dengan menukar, menambahkan, atau mengurangi titik pada solusi awal dari rute tersebut.

a. Rute 1

Pilih 2 titik untuk urutan mana saja yang nanti akan diubah, missal dipilih toko 1 dan 5.

Rute 1 = Gudang - Toko 1 - Toko 2 –Toko 5 – Gudang, diubah menjadi

Rute 1' = Gudang - Toko 5 - Toko 2-Toko 1 - Gudang

b. Rute 2

Pilih 2 titik untuk urutan mana saja yang nanti akan diubah, dipilih toko 4 dan 3.

Rute 2 = Gudang -Toko 3 -Toko 4 - Gudang, diubah menjadi

Rute 2' = Gudang -Toko 4 -Toko 3 – Gudang

5. Membandingkan Solusi Lama dengan Solusi Baru



Rute 1 = 10,66 km  
 Rute 1' = 13,66 km  
 $\Delta f = \text{Rute } 1' - \text{Rute } 1$   
 $\Delta f = -3$   
 Karena  $\Delta f \leq 0$  , maka Rute 1' diterima

Rute 2 = 15,41 km  
 Rute 2' = 15, 41 km  
 $\Delta f = \text{Rute } 2' - \text{Rute } 2$   
 $\Delta f = 0$   
 Karena  $\Delta f \leq 0$  , maka Rute 2' diterima

Diperoleh solusi baru:

Rute 1' = Gudang - Toko 5 - Toko 2-Toko 1 – Gudang  
 Rute 2' = Gudang -Toko 4 -Toko 3 – Gudang

#### 6. Update iterasi

Update nilai iterasi dilakukan setelah mengevaluasi solusi baru. Iterasi 2

Solusi awal = solusi baru

##### 1. Solusi awal:

Rute 1 = Gudang - Toko 5 - Toko 2-Toko 1 – Gudang  
 Rute 2 = Gudang -Toko 4 -Toko 3 – Gudang

##### 2. Perhitungan Fungsi Tujuan

Rute 1 = 10,66 km  
 Rute 2 = 15,41 km

##### 3. Membangkitkan solusi baru

Dapat dilakukan dengan menukar, menambahkan, atau mengurangi titik pada solusi awal dari rute tersebut.

Rute 1' = Gudang - Toko 3-Toko 1- Toko 5 – Gudang  
 Rute 2' = Gudang -Toko 2 -Toko 4 – Gudang

##### 4. Mengevaluasi solusi baru

Rute 1 = 10,66 km  
 Rute 1' = 11,22 km

$$\Delta f = \text{Rute 1}' - \text{Rute 1}$$

$$\Delta f = 0,56 \text{ km}$$

Karena  $\Delta f > 0$ , maka Rute 1' perlu dibangkitkan bilangan random ( $r$ )  $[0,1]$  yang dibandingkan dengan probabilitas penerimaan

$$P = e^{-\frac{\Delta f}{T_i}}$$

$$P = e^{-\frac{0,56}{100}}$$

$$P = 0,99$$

$r$  (bilangan random) = 0.32

Karena  $r < P$ , maka solusi baru diterima.

Rute 2 = 15,41 km

Rute 2' = 14,64 km

$\Delta f = \text{Rute 2}' - \text{Rute 2}$

$\Delta f = -0,77 \text{ km}$

Karena  $\Delta f \leq 0$ , maka Rute 2' diterima

Diperoleh Solusi baru:

Rute 1' = Gudang - Toko 3-Toko 1- Toko 5 – Gudang

Rute 2' = Gudang -Toko 2 -Toko 4 - Gudang

### 5. *Stopping Criteria*

Setelah mencapai iterasi ke 2, lakukan penurunan temperatur.

Begitupun seterusnya, penurunan temperatur dilakukan setiap kali telah mencapai 2 iterasi. Lakukan hingga temperatur ke -  $n$  (berhenti ketika memenuhi *stopping criteria* atau kriteria terminasi, yaitu ketika mencapai suhu akhir 0.01).

**Tabel 3.** Hasil Iterasi dan Jarak Perjalanan Rute 1 Dengan SA

Iterasi	Rute 1	Temperatur	Jarak (km)	Volume (liter)
	Gudang-Toko 1-Toko 2-Toko 5-Gudang	100	13,66	50
1	Gudang-Toko 1-Toko 4- Gudang	100	16,13	40
2	Gudang-Toko 3-Toko 1-Toko 5-Gudang	100	11,22	54
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
10	Gudang-Toko 2-Toko 1-Toko 5 Gudang	65,61	11,47	50
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
<b>71</b>	<b>Gudang-Toko 3-Toko 2-Toko 5 Gudang</b>	<b>2,78</b>	<b>9,71</b>	<b>59</b>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
177	Gudang-Toko 1-Toko 2-Toko 5-Gudang	0,01	13,66	50

**Tabel 4.** Hasil Iterasi dan Jarak Perjalanan Rute 2 Dengan SA

Iterasi	Rute 2	Temperatur	Jarak (km)	Volume (liter)
	Gudang-Toko 3-Toko 4- Gudang	100	15,41	49
1	Gudang-Toko 3-Toko 4- Gudang	100	15,41	49
2	Gudang-Toko 3-Toko 4- Gudang	100	15,41	49
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
36	Gudang-Toko 2-Toko 4 Gudang	16,68	14,64	45
<b>37</b>	<b>Gudang-Toko 5-Toko 4 -Toko 1-Gudang</b>	<b>16,68</b>	<b>16,77</b>	<b>45</b>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
177	Gudang-Toko 3-Toko 4-Gudang	0,01	15,41	49

**Tabel 5.** Perbandingan total solusi awal dengan solusi baru pada rute 1 dan rute 2

Solusi Awal	Total jarak(km)	29,07
	Total order/permintaan terangkut (krat)	99
Solusi Baru	Total jarak(km)	26,48
	Total order/permintaan terangkut (krat)	104