

**PENGGUNAAN ALGORITMA GENETIKA DALAM PENYELESAIAN
MASALAH *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM* PADA
PENDISTRIBUSIAN BARANG**

(Skripsi)

Oleh

**FITRI DESVIANA
1917031048**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRACT

THE APPLICATION OF GENETIC ALGORITHM IN SOLVING THE *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM* FOR GOODS DISTRIBUTION

By

FITRI DESVIANA

Traveling Salesman Problem (TSP) is the problem of determining the shortest route that starts from the starting point, visits a set of points exactly once, and ends by returning to the starting point. PT X is a service company engaged in the distribution of goods. distributing goods from agent offices to subagent offices using cargo trucks. The main challenge in this process is the efficiency of delivery route planning. This research uses Genetic Algorithm to solve the TSP problem faced by PT X. Genetic Algorithm was chosen because it has a consistent computation time and can produce the shortest distance solution even though the number of points is large. The shortest route resulting from applying Genetic Algorithm to the TSP problem at PT. X is 17-6-5-4-11-10-7-1-3-2-8-9-12-14-13-16-15-17 with a total distance of 62.61 km.

Keywords: genetic algorithm, *travelling salesman problem*, distribution

ABSTRAK

PENGUNAAN ALGORITMA GENETIKA DALAM PENYELESAIAN MASALAH *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM* PADA PENDISTRIBUSIAN BARANG

Oleh

FITRI DESVIANA

Travelling Salesman Problem (TSP) adalah masalah penentuan rute terpendek yang dimulai dari titik awal, mengunjungi sekumpulan titik tepat satu kali, dan berakhir dengan kembali ke titik awal. PT. X adalah perusahaan jasa yang bergerak di bidang pendistribusian barang, mengantarkan barang dari kantor agen ke kantor subagen menggunakan truk kargo. Tantangan utama dalam proses ini adalah efisiensi perencanaan rute pengiriman. Penelitian ini menggunakan Algoritma Genetika untuk menyelesaikan permasalahan TSP yang dihadapi PT. X. Algoritma Genetika dipilih karena memiliki waktu komputasi yang konsisten dan mampu menghasilkan solusi jarak terpendek meskipun jumlah titiknya besar. Rute terpendek yang dihasilkan dari penerapan Algoritma Genetika pada permasalahan TSP di PT. X adalah 17-6-5-4-11-10-7-1-3-2-8-9-12-14-13-16-15-17 dengan total jarak 62,61 km.

Kata Kunci: algoritma genetika, *travelling salesman problem*, pendistribusian

**PENGGUNAAN ALGORITMA GENETIKA DALAM PENYELESAIAN
MASALAH *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM* PADA
PENDISTRIBUSIAN BARANG**

Oleh

FITRI DESVIANA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA**

Pada

**Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **PENGGUNAAN ALGORITMA GENETIKA
DALAM PENYELESAIAN MASALAH
TRAVELLING SALESMAN PROBLEM PADA
PENDISTRIBUSIAN BARANG**

Nama Mahasiswa : **Fitri Desviana**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1917031048**

Program Studi : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



Dr. Notiragayu, S.Si, M.Si.
NIP.197311092000122001

Prof. Dr. Asmiati, S.Si, M. Si.
NIP. 197604112000122001

2. Ketua Jurusan Matematika

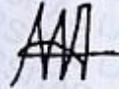
Dr. Aang Nuryaman, S.Si, M.Si.
NIP.197403162005011001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

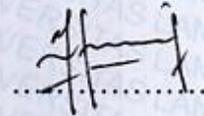
Ketua

: **Dr. Notiragayu, S.Si, M.Si.**



Sekretaris

: **Prof. Dr. Asmiati, S.Si., M. Si.**



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Dr. Muslim Ansori, S.Si, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng Heri Satria, S.Si., M. Si.

NIP 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 Juli 2024

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama Mahasiswa : **Fitri Desviana**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1917031048**

Program Studi : **Matematika**

Judul Skripsi : **PENGGUNAAN ALGORITMA GENETIKA
DALAM PENYELESAIAN MASALAH
TRAVELLING SALESMAN PROBLEM PADA
PENDISTRIBUSIAN BARANG**

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 Juli 2024

Penulis



Fitri Desviana

NPM. 1917031048

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Fitri Desviana, lahir di Bandar Lampung pada 21 Desember 2001 merupakan anak kedua dari tiga bersaudara yang lahir dari pasangan Bapak dan Ibu.

Penulis menyelesaikan pendidikan di PAUD Al Muttaqien pada tahun 2007, SDN 3 Sumberejo dari tahun 2007 hingga 2013, kemudian melanjutkan ke SMPN 28 Bandar Lampung dari tahun 2013 hingga 2016, serta SMAN 14 Bandar Lampung dari tahun 2016 hingga 2019. Pada tahun 2019, penulis berhasil diterima sebagai mahasiswa Program Studi S1 Matematika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Salama di bangku kuliah, penulis aktif dalam organisasi, seperti Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) Unila, di mana penulis menjabat sebagai Anggota Bidang Kaderisasi dan Kepemimpinan untuk periode 2020, serta Sekretaris Bidang Kaderisasi dan Kepemimpinan untuk periode 2021. Pada tahun 2022, penulis dipercaya sebagai Sekretaris Divisi Komunikasi dan Informasi Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FMIPA Unila.

Penulis menjalani Kerja Praktik di Departemen PPIC Processed Pineapple PT. Great Giant Pineapple yang berada di Kecamatan Terbanggi Besar, Lampung Tengah. Selain itu, penulis juga mengikuti Kuliah Kerja Nyata selama 40 hari di Desa Negeri Agung, Kecamatan Gunung Pelindung, Lampung Timur sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat.

KATA INSPIRASI

“Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum hingga mereka mengubah diri mereka sendiri”

(QS. Ar-Ra’d: 11)

“Jika mimpimu tidak membuatmu takut, berarti mimpimu belum cukup besar”

(Najwa Shihab)

“Matematika manusia itu kesepakatan, tetapi matematika Allah itu ketetapan”

(Abdur Arsyad)

“Apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirmu, dan apa yang ditakdirkan untukmu tidak akan pernah melewatkanmu”

(Umar bin Khattab)

“Tuhan yang tidak langsung mengabulkan doamu adalah Tuhan yang sama yang tidak langsung menghukummu atas dosamu”

(Anonim)

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, kupersembahkan karya sederhana ini kepada:

Ayah dan Ibu Tersayang

Terima kasih atas kepercayaan dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam mengambil keputusan dan menentukan pilihan hidup. Terima kasih untuk tetesan keringat yang tercurah dan doa yang selalu dilangitkan di setiap helaan nafas. Keduanya memang tidak sempat merasakan bangku perkuliahan, namun mampu mendidik, memotivasi dan memberikan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Terima kasih kepada dosen pembimbing dan pembahas yang sudah sangat membantu, memberikan motivasi, memberikan arahan dan ilmu yang berharga.

Keluarga dan Sahabat-sahabatku

Terima kasih kepada orang-orang baik yang telah memberikan pengalaman, semangat, motivasi dan doa-doa dan senantiasa memberika dukungan dalam hal apapun.

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan skripsi yang berjudul **“Penggunaan Algoritma Genetika dalam Penyelesaian Masalah *Travelling Salesman Problem* pada Pendistribusian Barang”** dapat diselesaikan dengan baik sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika di Universitas Lampung.

Dalam proses penulisan skripsi ini, terdapat berbagai pihak yang telah membantu memberikan bimbingan, dukungan dan bantuan. Untuk itu dengan ketulusan hati penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Ibu Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing I, terima kasih untuk bimbingan dan kesediaan waktunya selama penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Prof. Dr. Asmiati, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II, terima kasih untuk bantuan dan masukannya selama penyusunan skripsi.
3. Bapak Dr. Muslim Ansori, S.Si. M.Si. selaku Dosen Penguji, terima kasih atas kesediaannya untuk menguji, memberikan saran dan kritik yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Agus Sutrisno, S.Si. M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan serta bimbingan dari awal perkuliahan sampai dengan penyelesaian tugas akhir.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Seluruh dosen, staff dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

8. Dua orang paling berjasa, Bapak dan Ibu tersayang. Terimakasih atas segala doa, dukungan, dan cinta tanpa batas yang selalu diberikan kepada penulis. Terima Kasih sudah menjadi sumber inspirasi dan kekuatan dalam hidup.
9. Kadua kakak dan adik terkasih. Terima kasih untuk setiap doa, canda tawa, pelukan dan kesedian berbagi untuk saling memberi dukungan satu sama lain.
10. Keluarga keduaku, Papa, Mama, Vania, Abang dan Adik. Terima kasih telah menjadi rumah yang tidak hanya berupa tanah dan bangunan, tetapi telah kebersamai menjadi penyemangat disaat patah, pendengar disaat lelah, pengingat disaat lupa dan motivator yang baik.
11. Kelurga besar, Kakek, Nenek, Paman, Bibi dan Sepupu. Terima kasih atas kehangatan cinta dan kasih serta dukungan dan motivasi yang tiada henti.
12. Sahabat seperjuangan, Prihatini, Lidwina, Lulu, Ikhsan, Aris, Thoif, Gilang. Terima kasih sudah memberi warna baru dalam hidup selama perkuliahan di saat suka mapun duka.
13. Sahabat terdekat, Kishy, Mba Cici, Mba Imah, Cheri, Zahra, Intan dan Tamara. Terima kasih atas kesediaan menjadi tempat pulang.
14. Tim Penutupan, Mia, Clara, Vista, Ikhsan dan Adinda. Terima kasih untuk semangat dan dukungan yang sangat berarti.
15. Teman-teman HIMATIKA Unila Periode 2020 dan Periode 2021, serta teman-teman BEM FMIPA Unila Periode 2022.
16. Teman-teman KKN Unila periode II Tahun 2022, Desa Negeri Agung, Kecamatan Gunung Pelindung, Kabupaten lampung Timur.
17. Teman-teman angkatan 2019, Abang, Yunda dan adik-adik Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
18. Seluruh pihak terkait lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Bandar Lampung, 22 Juli 2024

Penulis

Fitri Desviana

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Teori Graf	4
2.2 <i>Travelling Salesman Problem</i>	5
2.3 Algoritma Genetika.....	6
2.3.1 Parameter dalam Algoritma	8
2.3.2 Proses Pengkodean (<i>Encoding</i>).....	9
2.3.3 Pembentukan Populasi Awal	10
2.3.4 Fungsi <i>Fitness</i>	10
2.3.5 Proses Seleksi.....	11
2.3.6 Pindah Silang (<i>Crossover</i>)	12
2.3.7 Proses Mutasi	12
2.3.8 Bahasa Pemrograman <i>Python</i>	13
III. METODELOGI PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14

3.2 Langkah-langkah Penelitian	14
3.3 <i>Flow Chart</i>	16
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Deskripsi Data	17
4.2 Perhitungan Algoritma Genetika menggunakan Python	20
4.2.1 Pembentukan Populasi Awal	20
4.2.2 Fungsi <i>Fitness</i>	22
4.2.3 Seleksi	24
4.2.4 <i>Crossover</i>	25
4.2.5 Mutasi	30
4.3 Pengujian Data Menggunakan Bahasa Pemrograman <i>Python</i>	32
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	35
5.1 Simpulan.....	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	37

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Contoh Graf dengan 8 titik dan 13 sisi.....	4
Gambar 2.2 Ilustrasi Proses Pindah Silang (<i>Crossover</i>)	12
Gambar 2.3 Ilustrasi Proses Mutasi	12
Gambar 3.1 <i>Flow Chart</i> Program TSP Algoritma Genetika.....	16
Gambar 4.1 Titik Lokasi Agen dan Sub Agen Pendistribusian Barang.....	17
Gambar 4. 2 Solusi Lintasan Terpendek Generasi Pertama.....	31
Gambar 4. 3 Solusi Lintasan Terbaik.....	34

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Data Titik Lokasi Agen dan Sub Agen Pendistribusian Barang	18
Tabel 4. 2 Data Jarak Lokasi Agen dan Sub Agen Pendistribusian Barang	19
Tabel 4. 3 Hasil Pembangkitan Kromosom (Populasi Awal)	21
Tabel 4. 4 Fungsi <i>Fitness</i> Kromosom	22
Tabel 4. 5 Kromosom Induk yang Terpilih.....	24
Tabel 4. 6 Hasil Seleksi Kromosom.....	24
Tabel 4. 7 Pembangkitan Bilangan Acak untuk Proses <i>Crossover</i>	26
Tabel 4. 8 Hasil <i>Crossover</i> Kromosom.....	29
Tabel 4. 9 Hasil Mutasi Kromosom	30
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Data.....	33

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

PT. X adalah perusahaan penyedia jasa di bidang pendistribusian barang. PT. X mendistribusikan barang yang telah dikirimkan dari kantor agen ke kantor sub agen terdekat dengan alamat konsumen. Untuk mengantar barang tersebut PT. X menggunakan kendaraan truk kargo. Truk kargo dengan muatan besar digunakan untuk mengantarkan barang ke beberapa titik pengantaran.

Dalam menjalankan proses pendistribusian, PT. X sering dihadapkan dengan tantangan masalah efisiensi dalam merencanakan rute pengiriman barang. PT. X, sebagai pelaku utama di bidang pendistribusian barang, memegang peranan penting dalam memastikan barang sampai ke tangan konsumen dengan cepat dan efisien. Namun, adanya permintaan yang terus meningkat, perusahaan sering mengalami kesulitan dalam merencanakan rute optimal untuk mengantar paket dari kantor agen ke kantor sub agen terdekat dengan konsumen. Permasalahan ini dikenal dengan permasalahan *Travelling Salesman Problem*.

Travelling Salesman Problem (TSP) ialah permasalahan menentukan rute terpendek yang dimulai dari titik awal, lalu mengunjungi sekumpulan titik tepat satu kali dan diakhiri dengan kembali ke titik awal. Dalam kehidupan sehari-hari terdapat beberapa permasalahan TSP, antara lain rute perjalanan wisata, rute pendistribusian barang dan lain-lain. TSP dianggap sulit untuk diselesaikan karena merupakan masalah waktu polinomial non-deterministik (*NP-hard*), yang berarti kompleksitas waktu untuk menemukan solusi optimal untuk jenis masalah ini tumbuh secara eksponensial dengan ukuran masalahnya (Otri, 2011).

Penyelesaian masalah TSP dapat menggunakan beberapa metode diantaranya Algoritma Genetika, Algoritma Semut, *Simulated Annealing*, *Hill Climbing*, dan *Tabu Search* (Tohari dan Astuti, 2023). Untuk menentukan pendekatan yang sesuai, penting untuk memahami kekurangan dan kelebihan dari setiap metode. Berikut akan disajikan pemaparan beberapa metode yang dapat digunakan.

Algoritma Genetika adalah algoritma pencarian yang berdasarkan mekanisme seleksi alam dan genetika. Algoritma Genetika memiliki beberapa keunggulan, seperti kemampuan untuk menjelajahi ruang pencarian yang luas, menemukan solusi optimal meskipun banyak parameter yang terlibat, dan menangani masalah yang melibatkan pembatas dan fungsi tujuan yang kompleks (Sugeha dkk., 2019).

Algoritma Semut adalah algoritma yang terinspirasi dari perilaku koloni semut atau dikenal dengan sistem semut. Secara alamiah koloni semut dapat menentukan rute terpendek ketika berjalan dari sarang menuju tempat sumber makanan. Algoritma semut dapat menghasilkan solusi optimal pada permasalahan sederhana, namun kurang efisien jika diterapkan pada persoalan yang lebih rumit (Mutakhirah dkk., 2007).

Simulated Annealing adalah algoritma yang diterapkan dengan tujuan untuk menemukan solusi yang mendekati optimal dari suatu permasalahan kombinatorial, dengan ruang pencarian solusi yang luas. Hal ini menyebabkan waktu komputasi yang lama dan membutuhkan jumlah iterasi yang sangat besar untuk menemukan kekonvergensian (Puspita dkk., 2020).

Hill Climbing adalah algoritma yang termasuk ke dalam kategori pencarian solusi lokal, karena hanya melakukan evaluasi terhadap keadaan yang saat ini sedang dihadapi. Jadi, jika sudah dipilih satu jalur, maka jalur lainnya akan diabaikan, kemudian memilihnya tanpa mempertimbangkan kemungkinan lain yang berada di luar kondisi tersebut.

Tabu search adalah algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi kombinatorial. *Tabu search* menyimpan solusi terbaik dan tetap mencari kemungkinan solusi lainnya, solusi terbaik disimpan agar tidak hilang. Selain itu algoritma ini dapat mengingat beberapa solusi yang pernah dihasilkan dan

mencegah pengulangan hasil di pencarian solusi selanjutnya (Abraham dkk., 2016).

Penelitian terdahulu Suharsono dan Saddat, pada 2018, berhasil menemukan rute terpendek dengan menggunakan algoritma genetika untuk pendistribusian barang. Selanjutnya Rohman dkk., pada 2020, telah melakukan penerapan penyelesaian TSP menggunakan Algoritma Genetika untuk pendistribusian barang pada PT. Pos di Provinsi Lampung. Kemudian Sanggala, pada 2023, melakukan penelitian permasalahan TSP untuk mengunjungi kota-kota yang padat penduduk di Russia.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk menyelesaikan permasalahan TSP pada pengiriman barang PT. X menggunakan metode Algoritma Genetika dengan bantuan bahasa pemrograman *Python*. Metode tersebut dipilih karena Algoritma Genetika memiliki kelebihan yaitu waktu komputasi yang dibutuhkan cenderung konstan dan dapat menghasilkan jarak terpendek walaupun dengan jumlah titik yang banyak.

1.2 Tujuan Penelitian

Penerapan Algoritma Genetika dalam penyelesaian *Travelling Salesman Problem* menggunakan bahasa pemrograman *Python* pada kasus pendistribusian barang dari kantor agen ke kantor sub agen PT. X.

1.3 Manfaat Penelitian

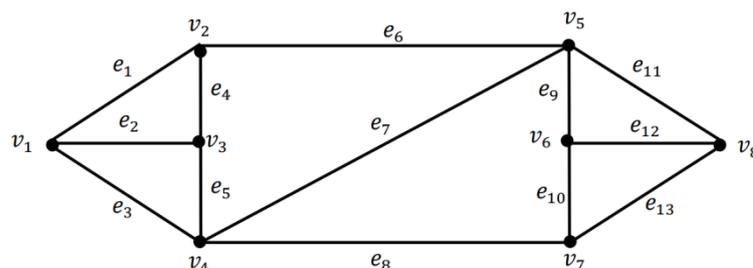
1. Dapat mengetahui alternatif solusi lintasan terpendek yang efektif dan efisien untuk PT.X.
2. Dapat menjadi kajian ilmu pengetahuan untuk penelitian selanjutnya mengenai *Traveling Salesman Problem* menggunakan Algoritma Genetika.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Graf

Teori graf merupakan suatu diagram yang memuat informasi tertentu jika diinterpretasikan secara tepat. Dalam kehidupan sehari-hari graf digunakan untuk menggambarkan berbagai macam struktur yang ada. Tujuannya adalah sebagai visualisasi objek-objek agar lebih mudah dimengerti. Beberapa contoh graf yang sering dijumpai, antara lain struktur organisasi, bagan alir, pengambilan mata kuliah, peta dan lain-lain.

Sebuah graf adalah sebuah himpunan terhingga tak kosong yang memuat objek-objek yang disebut simpul dan himpunan pasangan tak urut antara simpul-simpul yang berlainan disebut sisi. Pengertian graf adalah kumpulan simpul yang dihubungkan satu sama lain melalui sisi. Suatu graf G merupakan pasangan himpunan (V, E) ditulis dengan notasi (V, E) , dimana V adalah himpunan berhingga dan tak kosong dari simpul sedangkan E adalah himpunan sisi yang menghubungkan sepasang elemen tidak berurutan dari V . Elemen dari V dinamakan simpul, $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$ dan elemen dari E dinamakan sisi, $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$.



Gambar 2. 1 Contoh Graf dengan 8 titik dan 13 sisi

Pada Gambar 2.1, graf tersebut merupakan graf (V, E) dengan himpunan titik $V(G) = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8\}$ dan himpunan sisi $E(G) = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8, e_9, e_{10}, e_{11}, e_{12}, e_{13}\}$. Titik yang bertetangga dengan v_1 adalah titik v_2 dan v_4 sedangkan titik v_1 dan v_2 menempel dengan e_1 dan e_2 . Sebaliknya, sisi e_1 menempel pada titik v_1 dan v_2 .

Derajat (*degree*) suatu titik v pada graf G yaitu banyaknya sisi yang menempel pada titik v yang dinotasikan dengan $d(v)$, pada Gambar 2.1 $d(v_1) = d(v_2) = d(v_3) = 3, d(v_4) = d(v_5) = 4, d(v_6) = d(v_7) = d(v_8) = 3$. Daun (*pendant*) adalah titik yang berderajat satu. Graf teratur yaitu graf yang semua titiknya berderajat sama.

Menurut Narsingh Deo, pada 1974, *loop* adalah sebuah sisi yang mempunyai titik awal dan titik akhir yang sama, sedangkan sisi paralel adalah dua sisi atau lebih yang menghubungkan sepasang titik yang sama. Pada Gambar 2.1, sisi-sisi paralel dan *loop* nya tidak ada. Jalan (*walk*) adalah barisan berhingga titik-titik dan sisi sedemikian sehingga setiap sisi menempel pada titik sebelum dan sesudahnya. Pada jalan (*walk*) boleh terjadi pengulangan titik atau sisi. Contoh jalan pada Gambar 2.1 adalah $v_1 - e_2 - v_3 - e_5 - v_4 - e_7 - v_5 - e_9 - v_6 - e_{12} - v_8$. Lintasan (*path*) adalah jalan yang semua titik yang dilewati berbeda, jika titik awal dan akhirnya sama maka disebut lintasan tertutup. Contoh lintasan pada Gambar 2.1 adalah $v_1 - e_2 - v_3 - e_5 - v_4 - e_7 - v_5 - e_9 - v_6 - e_{12} - v_8$.

2.2 Travelling Salesman Problem

Travelling Salesman Problem adalah cara untuk menentukan rute minimum perjalanan *salesman* yang harus melalui semua kota tujuan tepat satu kali dan kembali lagi ke kota awal. Permasalahan ini dapat dibuat ke dalam model graf berbobot dengan setiap kota tujuan sebagai titik dan ruas jalan sebagai sisi berbobot menggambarkan panjang ruas jalan antara dua kota. Masalah perjalanan *salesman* tersebut dalam graf adalah mencari lintasan tertutup minimum yang

memuat semua titik dalam suatu graf berbobot tersebut (Suharsono dan Saddat, 2018).

Anggap terdapat N kota yang harus dikunjungi dalam TSP ini. Jika letak setiap kota dinyatakan dalam koordinat kartesian dua dimensi x_i, y_i dengan $1 \leq i \leq n$, maka penyelesaian masalah ini adalah urutan kota yang harus dikunjungi masing-masing sekali dan kembali ke kota asal, sedemikian sehingga total jarak yang ditempuh seminimal mungkin (Zainudin Zuhri, 2014).

Permasalahan ini dikenal dengan permasalahan yang memiliki sifat *Nondeterministic Polynomial-Hard (NP-Hard)*. Hal ini adalah penyebab penyelesaian secara manual sulit dilakukan. Permasalahan seperti ini bertujuan untuk mencari rute terpendek dari TSP (Pham dkk., 2006).

2.3 Algoritma Genetika

Algoritma Genetika adalah algoritma heuristik yang dikembangkan berdasarkan prinsip genetika dan seleksi alamiah Teori Evolusi Darwin. Pada tahun 1960-an John Holland mengembangkan metode optimisasi tersebut kemudian dipopulerkan oleh mahasiswanya yaitu David Goldberg pada tahun 1980-an (Haupt dan Haupt, 2004). Solusi terbaik yang didapatkan sama halnya seperti suatu individu yang dapat bertahan hidup dalam proses evolusi.

Demikian juga dalam proses Algoritma Genetika, pencarian diawali dengan membangkitkan beberapa kromosom secara acak. Kromosom-kromosom ini merupakan solusi potensial yang akan diperiksa nilai yang sebenarnya. Kemudian kromosom-kromosom akan diperiksa tingkat kebugarannya, lalu kromosom yang terpilih yang akan bertahan dalam populasi adalah kromosom dengan tingkat kebugaran yang tinggi saja (Zainudin Zuhri, 2014).

Dalam penelitian ini ada beberapa istilah bidang ilmu biologi yang digunakan, berikut beberapa istilah tersebut:

Kromosom	: Rute yang berpotensi menjadi solusi
Populasi	: Kumpulan rute yang berpotensi menjadi solusi
Gen	: Kantor agen dan kantor sub agen yang akan di kunjungi
<i>Parent</i>	: Rute terpilih yang akan disilangkan
<i>Offspring</i>	: Rute baru yang dihasilkan dari proses penyilangan
<i>Fitness</i>	: Suatu “nilai” yang menggambarkan kualitas dari suatu rute
<i>Crossover</i>	: Proses menyilangan antara dua rute untuk mendapatkan rute yang baru
Mutasi	: Proses menukar salah satu urutan kunjungan pada suatu rute

Algoritma Genetika dipercaya dapat menemukan penyelesaian dari berbagai permasalahan komputasi yang sulit diantaranya adalah persoalan optimisasi. Walaupun pada dasarnya Algoritma Genetika tidak dapat menjamin bahwa solusi yang dihasilkan adalah solusi global optimum. Sesudah melakukan proses evolusi pada generasi yang ditentukan, Algoritma Genetika akan mampu menghasilkan solusi yang baik. Berikut beberapa keuntungan yang didapatkan apabila menggunakan Algoritma Genetika dalam menyelesaikan persoalan optimisasi .

1. Algoritma Genetika dapat menyelesaikan permasalahan yang memiliki fungsi tujuan dan persoalan dengan pembatas linear, nonlinear, diskrit, kontinu ataupun gabungan diantaranya.
2. Metode tradisional seringkali menghasilkan solusi lokal optimal.
3. Algoritma Genetika bersifat fleksibel apabila ingin digabungkan dengan metode lain.

Menurut Haupt dkk., pada 2004, struktur dasar Algoritma Genetika terdiri atas beberapa langkah algoritma lainnya, yaitu:

1. Pembentukan populasi awal
2. Evaluasi populasi
3. Seleksi populasi
4. *Crossover*
5. Mutasi
6. Evaluasi populasi baru

7. Ulangi dari langkah 3 selama syarat berhenti belum terpenuhi.

Menurut Zainudin Zuhri, pada 2014, proses optimisasi dengan menggunakan Algoritma Genetika ini akan berhenti ketika syarat berhentinya sudah terpenuhi. Syarat berhenti yang dipilih sangat bergantung pada tingkat kesulitan permasalahan yang ingin dicari solusinya. Terdapat beberapa syarat berhentinya yang seringkali digunakan yaitu menggunakan batas nilai fungsi *fitness*, banyaknya generasi atau dapat juga mengkombinasikan beberapa syarat berhenti.

2.3.1 Parameter dalam Algoritma

Penentuan nilai parameter sangat berperan terhadap efektivitas dan efisiensi Algoritma Genetika yang kita lakukan. Jika nilai parameter yang digunakan terlalu besar, dikhawatirkan proses Algoritma Genetika akan memakan waktu yang lama dan menjadi tidak efisien. Sebaliknya, jika nilai parameter tersebut terlalu kecil, sangat mungkin hasil yang diperoleh bukanlah nilai optimal yang diharapkan (Admi Syarif, 2024).

Berikut beberapa parameter yang digunakan dalam Algoritma Genetika.

1. Probabilitas *Crossover*

Persentase seberapa sering proses *crossover* dilakukan dipengaruhi oleh nilai parameter probabilitas *crossover* yang ditentukan. Mudah dipahami bahwa jika nilai probabilitas *crossover* 0% berarti tidak dilakukan proses *crossover*. Sebaliknya jika bernilai 100%, berarti semua kromosom akan melakukan *crossover*.

2. Probabilitas Mutasi

Jika nilai parameter ini 0% berarti kita tidak melakukan proses mutasi terhadap kromosom. Jika nilai parameter ini 100% berarti semua kromosom mempunyai kesempatan melakukan proses mutasi.

3. Ukuran Populasi

Nilai parameter ukuran populasi menunjukkan jumlah kromosom pada populasi (setiap generasi). Jika jumlah kromosom dalam suatu populasi terlalu kecil maka akan semakin sedikit kromosom yang melakukan *crossover* dan mutasi. Hal ini akan mempengaruhi kualitas solusi yang akan diperoleh. Sebaliknya jika terlalu besar, proses Algoritma Genetika akan menjadi sangat lambat.

4. Ukuran Generasi

Parameter ukuran generasi merupakan jumlah maksimum generasi yang dilakukan pada proses Algoritma Genetika. Dengan kata lain, parameter ini merupakan suatu parameter yang dipakai sebagai kriteria pemberhentian dari proses Algoritma Genetika.

2.3.2 Proses Pengkodean (*Encoding*)

Proses pengkodean merupakan suatu bagian yang sulit dalam Algoritma Genetika. Penyebabnya adalah karena proses pengkodean untuk setiap persoalan sangat beragam dan tidak semua teknik pengkodean dapat diterapkan dalam setiap permasalahan. Proses pengkodean ini menghasilkan suatu deretan yang kemudian disebut kromosom (Mutakhiroh dkk., 2007).

Persoalan dalam Algoritma Genetika harus diubah terlebih dahulu ke dalam bentuk individu yang kemudian diwakili oleh satu atau lebih kromosom dengan kode tertentu. Dalam persoalan kunjungan atau perjalanan, hasil yang ingin didapatkan adalah urutan beberapa destinasi yang ingin dikunjungi. Proses pengkodean yang biasa digunakan adalah *permutation encoding* (pengkodean permutasi) yaitu setiap destinasi direpresentasikan dengan bilangan bulat bertipe integer. Jumlah gen dalam setiap individu adalah sejumlah destinasi yang dipilih (Santoso dan Sanuri, 2019).

2.3.3 Pembentukan Populasi Awal

Populasi awal dibentuk dengan menghasilkan individu secara acak. Banyaknya individu yang dibentuk adalah sebanyak parameter yang telah ditentukan. Menurut Abbasi dkk., pada 2020, populasi merupakan sekumpulan kromosom yang jumlah gennya berisi tetap. Dalam persoalan ini, setiap kota diwakili oleh gen dan setiap kromosom adalah permutasi kota.

Maka representasi kromosomnya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Kromosom } A = (X_1, X_2, \dots, X_n)$$

Menurut Suprayogi dan Mahmudy, pada 2015, besar atau kecilnya populasi akan berpengaruh pada rata-rata nilai *fitness* yang didapatkan. Semakin besar populasi maka akan semakin banyak waktu yang dibutuhkan dalam proses Algoritma Genetika.

2.3.4 Fungsi *Fitness*

Fitness adalah nilai yang dapat menentukan tingkat kesesuaian setiap individu dengan kriteria atau tujuan yang ingin dicapai (Mahmudy dkk., 2013).

Fungsi tujuan untuk permasalahan ini ditunjukkan pada persamaan berikut ini:

$$\text{Nilai Fitness} = \frac{1}{f_x} \quad (1)$$

Keterangan:

f_x : Jarak dari panjang lintasan oleh sebuah kromosom

2.3.5 Proses Seleksi

Proses seleksi adalah proses untuk menyaring calon generasi yang baru. Individu yang terpilih adalah individu yang memiliki nilai *fitness* yang tinggi (Widodo dan Mahmudy, 2010).

Pada penelitian ini menggunakan metode seleksi *roulette wheel*. Menurut Hardi dkk., pada 2014, metode *roulette wheel* akan menyeleksi berdasarkan nilai *fitness* dari tiap individu, sehingga individu mempunyai kesempatan lebih besar untuk terpilih sebagai orang tua adalah individu dengan nilai *fitness* terbaik.

Langkah-langkah seleksi *roulette wheel* (Sarwadi dan Ksw, 2004):

1. Mencari jarak tempuh tiap kromosom (mZ_i)

$$(mZ_i) = (A, B) + (B, C) + \dots + (M, N) + (N, A),$$

untuk setiap $i = 1, 2, 3$ (2)

2. Mencari nilai *fitness* tiap kromosom (f_i)

$$f_i = \frac{1}{mZ_i}, \text{ untuk setiap } i = 1, 2, 3 \dots$$
 (3)

3. Mencari total *fitness* ($\sum_{i=1}^n f_i$)

$$(\sum_{i=1}^n f_i) = f_1 + f_2 + \dots + f_n, \text{ untuk setiap } i = 1, 2, 3 \dots$$
 (4)

4. Mencari probabilitas untuk masing-masing kromosom (p_i)

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i}, \text{ untuk setiap } i = 1, 2, 3 \dots$$
 (5)

5. Mencari probabilitas kumulatif tiap kromosom (q_i)

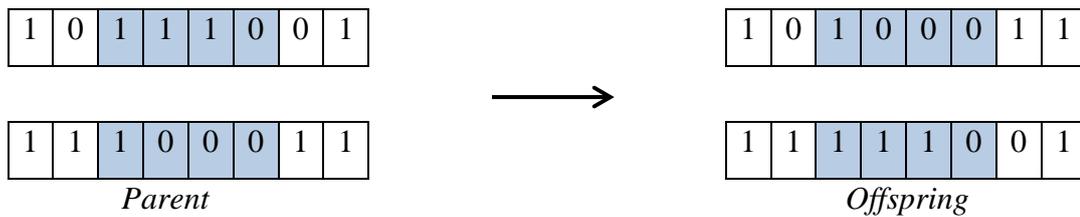
$$(q_i) = \sum_{k=1}^i p_k \text{ untuk setiap } i = 1, 2, 3 \dots \quad (k = \text{kromosom})$$
 (6)

6. Dibangkitkan nilai random r sebanyak n -buah dengan $0 < r < 1$

7. Dari bilangan random yang dihasilkan, ditentukan individu mana yang terpilih dalam proses seleksi

2.3.6 Pindah Silang (*Crossover*)

Crossover adalah proses menyilangkan dua kromosom sehingga menghasilkan kromosom baru yang mewarisi ciri-ciri dasar dari *parent*. *Crossover* bekerja dengan cara menghasilkan *offspring* dengan mengganti sebagian informasi dari kromosom yang disilangkan (Suprayogi dan Mahmudy, 2015). Berikut ini adalah ilustrasi dari proses *crossover*:



Gambar 2.2 Ilustrasi Proses Pindah Silang (*Crossover*)

2.3.7 Proses Mutasi

Mutasi adalah menghasilkan kromosom baru dengan melakukan pergantian satu atau lebih gen dalam kromosom yang sama. Proses mutasi dilakukan untuk memunculkan gen yang tidak ada pada populasi awal dan memunculkan gen potensial yang hilang dari proses sebelumnya (Zainudin Zukhri, 2014). Berikut ini adalah ilustrasi dari proses mutasi:



Gambar 2.3 Ilustrasi Proses Mutasi

2.3.8 Bahasa Pemrograman *Python*

Python merupakan bahasa pemrograman yang sederhana dan fleksibel. *Python* bersifat dinamis dan sering digunakan dalam mengembangkan beberapa aplikasi domain. *Python* adalah salah satu bahasa pemrograman yang mudah dipelajari karena kode program yang jelas dan bahasa yang mudah dimengerti (Utami, 2021).

Berikut adalah keunggulan dari bahasa pemrograman *python*

1. Desain multi paradigma
2. Sumber terbuka
3. Sederhana
4. Dukungan perpustakaan yang memadai
5. Portabilitas
6. Dapat diperluas
7. Skalabilitas

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan kegiatan penelitian ini dilakukan pada semester genap 2023/2024 di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Langkah-langkah Penelitian

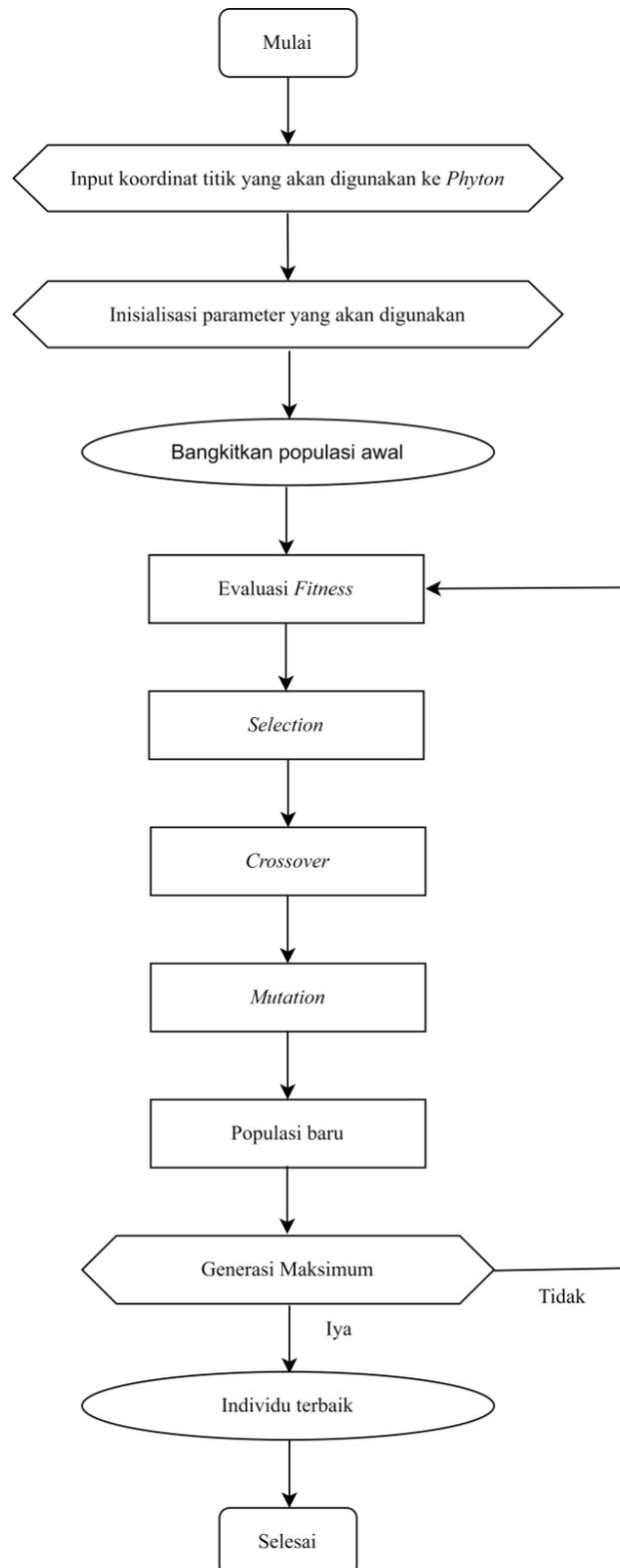
Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data yang diperoleh dari studi literatur berupa jurnal, buku, maupun sumber *online*. Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data titik lokasi dan jarak antar titik.

Teknik penggunaan Algoritma Genetika untuk menyelesaikan persoalan TSP:

1. Mengumpulkan dan mengidentifikasi titik yang akan digunakan untuk data penelitian.
2. Tahap-tahap Algoritma Genetika:
 - a. Inisialisasi kromosom dengan membangkitkan kromosom awal.
 - b. Seleksi kromosom menggunakan teknik *Roulette Wheel Selection* untuk memilih kromosom sebagai orang tua.

- c. Lakukan *crossover* pada kromosom yang dipilih untuk mendapatkan keturunan baru dengan menggunakan *Order Crossover*.
 - d. Mutasi menggunakan teknik *Swapping Mutation* untuk meningkatkan variasi dalam populasi.
3. Menyimpulkan hasil pencarian yang telah didapatkan.

3.3 Flow Chart



Gambar 3.1 Flow Chart Program TSP Algoritma Genetika

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan implementasi Algoritma Genetika pada kegiatan pendistribusian barang oleh PT. X dalam pemodelan kasus *Travelling Salesman Problem*, dapat disimpulkan bahwa hasil evaluasi generasi ke-1 diperoleh susunan rute terbaik adalah 17-8-4-10-2-14-15-1-6-9-3-5-11-7-16-12-13-17 dengan nilai *fitness* 0,0122 dan jarak yang ditempuh sebesar 81,51 km. Setelah dilakukan proses pengujian dengan generasi maksimal 100 generasi, ditemukan hasil paling optimal terdapat pada pengujian dengan 100 generasi dengan susunan rute 17-6-5-4-11-10-7-1-3-2-8-9-12-14-13-16-15-17 memiliki nilai *fitness* 0,0159 dan jarak minimal sebesar 62,61 km. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Algoritma Genetika mampu memberikan solusi rute yang mendekati optimal untuk proses pendistribusian barang oleh PT.X.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya tentang penerapan algoritma genetika pada pemodelan kasus TSP adalah sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan hanya sebatas mencari rute terpendek. Akan lebih baik apabila dalam membangun rute juga memperhatikan kapasitas angkut kendaraan, estimasi bahan bakar kendaraan, dan atau waktu operasional yang diperbolehkan.

2. Penggunaan Algoritma Genetika tidak menjamin menghasilkan solusi *Travelling Salesman Problem* dengan rute optimal secara mutlak, oleh karena itu perlu dilakukan suatu perbandingan antara Algoritma Genetika dengan algoritma heuristik lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, M., Rafiee, M., Khosravi, M. R., Jolfaei, A., Menon, V. G., & Koushyar, J. M. (2020). An Efficient Parallel Genetic Algorithm Solution for Vehicle Routing Problem in Cloud Implementation of The Intelligent Transportation Systems. *Journal of Cloud Computing*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s13677-020-0157-4>
- Abraham, D., Permana, I. W., Nugraha, R. A., Alvian, M., & Hanif. (2016). Penyelesaian Masalah 8-Puzzle dengan Algoritma Steepest-Ascent Hill Climbing. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 4(1), 40. <https://doi.org/10.36055/setrum.v4i1.465>
- Admi Syarif. (2024). *Optimisasi Kombinatorik dan Algoritma Genetika* (1st ed., Issue June). Pusaka Media.
- Hardi, S. M., Zarlis, M., & Budiarti, E. (2014). Analisis Mapping pada Partially Mapped Crossover dalam Algoritma Genetika pada Travelling Salesman Problem. *Jurnal Penelitian Teknik Informatika*, 4(1), 127–146.
- Haupt, R. L., & Haupt, S. E. (2004). *Practical Genetic Algorithms* (II). Jhon Wiley.
- Mahmudy, W. F., Marian, R. M., & Luong, L. H. S. (2013). Hybrid Genetic Algorithms for Multi-Period Part Type Selection and Machine Loading Problems in Flexible Manufacturing System. *ECTI Transactions on Computer and Information Technology*, 126–130. <https://doi.org/10.1109/CyberneticsCom.2013.6865795>
- Mutakhirroh, I., Saptono, F., Hasanah, N., & Wiryadinata, R. (2007). Pemanfaatan Metode Heuristik dalam Pencarian Jalur Terpendek dengan Algoritma Semut dan Algoritma Genetika. *SNATI (Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informatika) 2007, 2007(Snati)*, B33–B39. <http://journal.uui.ac.id/index.php/Snati/article/viewFile/1623/1398>
- Narsingh Deo. (1974). Graph Theory with Applications to Engineering & Computer Science. In *Universitas Nisantara PGRI Kediri* (Vol. 01).
- Otri, S. (2011). Improving The Bees Algorithm for Complex Optimisation Problems. *Cardiff University*.
- Pham, D. T., Ghanbarzadeh, A., Koç, E., Otri, S., Rahim, S., & Zaidi, M. (2006).

- The Bees Algorithm - A Novel Tool for Complex Optimisation Problems. *Cardiff University*, 454–459. <https://doi.org/10.1016/B978-008045157-2/50081-X>
- Puspita, F. M., Meitrirova, A., & Yahdin, S. (2020). Mathematical Modelling of Traveling Salesman Problem (TSP) by Implementing Simulated Annealing And Genetic Algorithms. *Journal of Physics: Conference Series*, 1480(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1480/1/012029>
- Rohman, S., Zakaria, L., Asmiati, A., & Nuryaman, A. (2020). Optimisasi Travelling Salesman Problem dengan Algoritma Genetika pada Kasus Pendistribusian Barang PT. Pos Indonesia di Kota Bandar Lampung. *Jurnal Matematika Integratif*, 16(1), 61. <https://doi.org/10.24198/jmi.v16.n1.27804.61-73>
- Sanggala, E. (2023). Genetic Algorithm untuk Menyelesaikan Russia-20- Nodes-TSP Instance. *JUTIN : Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 6(4), 1560–1569.
- Santoso, H., & Sanuri, R. (2019). Implementasi Algoritma Genetika dan Google Maps API dalam Penyelesaian Traveling Salesman Problem with Time Window (TSP-TW) Pada Penjadwalan Rute Perjalanan Divisi Pemasaran STMIK El Rahma. *Teknika*, 8(2), 110–118. <https://doi.org/10.34148/teknika.v8i2.187>
- Sarwadi, & Ksw, A. (2004). Algoritma Genetika untuk Penyelesaian Masalah Vehicle Routing. *Jurnal Matematika dan Komputer*, 7(2), 1–10.
- Sugeha, I. H., Inkiriwang, R. L., & Pratatis, P. A. K. (2019). Optimasi Penjadwalan Menggunakan Metode Algoritma Genetika pada Proyek Rehabilitasi Puskesmas Minanga. *Jurnal Sipil Statik*, 7(12), 1669–1680. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jss/article/view/26145>
- Suharsono, T. N., & Saddat, M. R. (2018). Penentuan Optimalisasi TSP (Travelling Salesman Problem) Distribusi Barang Menggunakan Algoritma Genetika di Buka Mata Adv. *SENTER 2017: Seminar Nasional Teknik Elektro 2017*, 326–335.
- Suprayogi, D. A., & Mahmudy, W. F. (2015). Penerapan Algoritma Genetika Traveling Salesman Problem with Time Window: Studi Kasus Rute Antar Jemput Laundry. *Jurnal Buana Informatika*, 6(2), 121–130. <https://doi.org/10.24002/jbi.v6i2.407>
- Tanujaya, W., Dewi, D. R. S., & Endah, D. (2013). Penerapan Algoritma Genetik untuk Penyelesaian Masalah Vehicle Routing di PT. MIF. *Widya Teknik*, 10(1), 92–102. <http://journal.wima.ac.id/index.php/teknik/article/view/163>
- Tohari, A., & Astuti, Y. P. (2023). Penerapan Algoritma Genetika dalam Menentukan Rute Terpendek PT. Pos Cabang Lamongan. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 11(3), 458–467.
- Utami, D. A. B. (2021). Perancangan Sistem Login pada Aplikasi Berbasis GUI Menggunakan QTDesigner Python. *Jurnal SIMADA (Sistem Informasi Dan*

Manajemen Basis Data), 4(2), 92–100.

Widodo, A. W., & Mahmudy, W. F. (2010). Penerapan Algoritma Genetika pada Sistem Rekomendasi Wisata Kuliner. *Jurnal Ilmiah KURSOR*, 5(4), 205–211.

Zainudin Zukhri. (2014). *Algoritma Genetika: Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi* (Seno (ed.)). C.V Andi Offset.