

**PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA DAN ALGORITMA GREEDY
DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK PENDISTRIBUSIAN
AIR MINERAL KEMASAN DI BANDAR LAMPUNG**

(SKRIPSI)

Oleh

**ERI YUDISTITA
NPM. 2117031094**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRACT

APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS AND GREEDY ALGORITHMS IN DETERMINING THE SHORTEST ROUTE FOR THE DISTRIBUTION OF BOTTLED MINERAL WATER IN BANDAR LAMPUNG

By

Eri Yudistita

The Shortest Path problem is a crucial issue in logistics optimization, particularly in the context of product distribution. This problem can be solved through the implementation of linear programming. PT Prabutirta Jaya Lestari is a bottled mineral water distribution company that faces challenges in identifying the most efficient distribution routes to minimize operational mileage. This study aims to solve the Shortest Path problem in the context of PT Prabutirta Jaya Lestari's bottled mineral water distribution using Genetic Algorithms and Greedy Algorithms. The company's distribution locations form the basis of this study, and real-world data related to these locations are represented in the form of a weighted graph. This graph is then applied to an adjacency matrix, where the weights represent the distances between locations. Both algorithms are implemented to determine the shortest route from the starting location to the specified destination. The results of the study indicate that the Genetic Algorithm provides a more optimal solution for finding the shortest global route compared to the Greedy Algorithm. This study demonstrates the effectiveness of the Genetic Algorithm in determining delivery routes, thereby enhancing the efficiency and speed of PT Prabutirta Jaya Lestari's product delivery process.

Keywords: Shortest Path Problem, Linear Programing, Graf, Genetic Algoritlm, Greedy Algoritlm.

ABSTRAK

PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA DAN ALGORITMA GREEDY DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK PENDISTRIBUSIAN AIR MINERAL KEMASAN DI BANDAR LAMPUNG

Oleh

Eri Yudistita

Masalah *Shortest Path* adalah isu krusial dalam optimasi logistik, khususnya dalam konteks distribusi produk. Penyelesaian masalah ini dapat dicapai melalui implementasi pemrograman linear. PT Prabutirta Jaya Lestari merupakan sebuah perusahaan distribusi air mineral kemasan yang menghadapi tantangan dalam mengidentifikasi rute distribusi paling efisien untuk meminimalkan jarak tempuh operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan masalah *Shortest path* dalam konteks distribusi air mineral kemasan PT Prabutirta Jaya Lestari menggunakan Algoritma Genetika dan Algoritma Greedy. Lokasi distribusi perusahaan menjadi dasar penelitian ini, dan data riil terkait lokasi-lokasi tersebut diwakili dalam bentuk grafik berbobot. Graf ini kemudian diaplikasikan kedalam matriks adjasensi, di mana bobot mewakili jarak antara lokasi. Implementasi kedua algoritma dilakukan untuk menentukan rute terpendek dari lokasi awal ke tujuan yang ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Algoritma Genetika memberikan solusi yang lebih optimal untuk menemukan rute terpendek secara global dibandingkan dengan Algoritma Greedy. Penelitian ini menunjukkan efektivitas Algoritma Genetika dalam menentukan rute pengiriman, sehingga meningkatkan efisiensi dan kecepatan proses pengiriman produk PT Prabutirta Jaya Lestari.

Keywords: *Shortest Path*, Program Linear, Graf, Algoritma Genetika, Algoritma Greedy.

**PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA DAN ALGORITMA GREEDY
DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK PENDISTRIBUSIAN AIR
MINERAL KEMASAN DI BANDAR LAMPUNG**

ERI YUDISTITA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

2025

Judul Skripsi

: **PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA
DAN ALGORITMA GREEDY DALAM
MENENTUKAN RUTE TERPENDEK
PENDISTRIBUSIAN AIR MINERAL
KEMASAN DI BANDAR LAMPUNG**

Nama Mahasiswa

: **Eri yudistita**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2117031094**

Program Studi

: **Matematika**

Fakultas

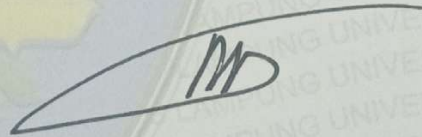
: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

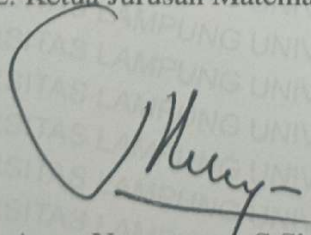


Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si.
NIP. 197311092000122001



Dr. Muslim Ansori, S.Si., M.Si.
NIP. 197202271998021001

2. Ketua Jurusan Matematika

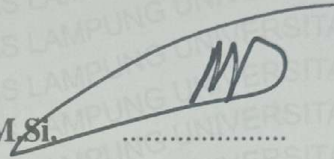


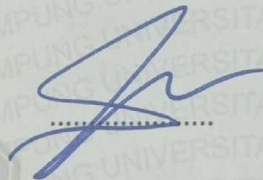
Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 197403162005011001

MENGESAHKAN

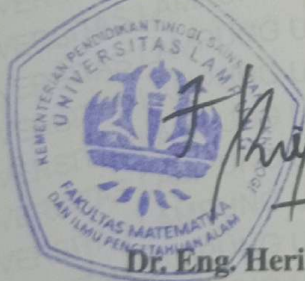
1. Tim Penguji

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

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

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Agus Sutrisno, S.Si., M.Si.** 

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **26 Juni 2025**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Eri Yudistita**
Nomor Pokok Mahasiswa : **2117031094**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA
DAN ALGORITMA GREEDY DALAM
MENENTUKAN RUTE TERPENDEK
PENDISTRIBUSIAN AIR MINERAL
KEMASAN DI BANDAR LAMPUNG**

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

Bandar Lampung, 26 Juni 2025

Penulis,


CDAMX345498588
Eri Yudistita

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Eri Yudistita yang lahir di Bandar Lampung pada tanggal 23 September 2003. Penulis merupakan anak kedua dari Bapak Supaidi dan Ibu Rohedah Kurdi. Penulis memiliki kakak perempuan bernama Rizky Insirawati.

Penulis telah menyelesaikan pendidikan taman kanak-kanak di TK Negeri Pembina Kemiling 2008-2009, sekolah dasar di SDN 1 Sumber Agung 2009-2015, sekolah menengah pertama di SMPN 13 Bandar Lampung 2015-2018, dan sekolah menengah atas di SMAN 7 Bandar Lampung 2018-2021.

Pada tahun 2021, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selain menjadi mahasiswa penulis aktif mengikuti kegiatan seperti menjadi Anggota bidang eksternal di Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) periode 2022, Ketua pelaksana Dies Natalis Jurusan Matematika ke-24. Ketua bidang eksternal di Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) periode 2023, Dewan Pembina Organisasi (DPO) di Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) periode 2024.

Sebagai penerapan ilmu yang didapat, pada awal semester VI penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Dinas Kehutanan Tahura Wan Abdul Rachman Provinsi Lampung . Kemudian, pada awal semester VII penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Donomulyo, Kecamatan Bumi Agung, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung pada tanggal 25 Juli 2024 sampai dengan 3 Agustus 2024.

KATA INSPIRASI

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain), dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

(Q.S. Al-Insyirah: 6 – 8)

”Maka, nikmat Tuhanmu manakah yang kamu dustakan manusia”

(Ar-Rahman: 13)

”Belajarlah dari kemarin, hiduplah untuk hari ini, berharaplah untuk hari esok”

Albert Einstein

”The essence of mathematics is not to make simple things complicated, but to make complicated things simple”

S. Gudder

”Kesempatan hanya datang bagi mereka yang mempersiapkannya.”

Louis Pasteur

”So whatever you do don’t let go.”

Coldplay – Us Against the World

”Semua jatuh bangunmu hal yang biasa, Angan dan pertanyaan waktu yang menjawabnya, Berikan tenggat waktu bersedihlah secukupnya, Rayakan perasaanmu sebagai manusia”

Bagaskara Putra - Hindia

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan Alhamdulillah dan syukur kepada Allah SWT atas nikmat serta hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Dengan rasa syukur dan Bahagia, saya persembahkan rasa terimakasih saya kepada:

Keluarga Tercinta

Terimakasih kepada bapak, ibu dan kakak atas segala pengorbanan, motivasi, doa dan ridho serta dukungannya selama ini. Terimakasih telah memberikan pelajaran berharga kepada laki-laki kecil ini tentang makna perjalanan hidup yang sebenarnya sehingga kelak bisa menjadi orang yang bermanfaat bagi banyak orang.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

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

Sahabat-sahabatku

Terimakasih kepada semua orang-orang baik yang telah memberikan pengalaman, semangat, motivasinya, serta doa-doanya dan senantiasa memberikan dukungan dalam hal apapun.

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Penerapan Algoritma Genetika dan Algoritma Greedy dalam Menentukan Rute Terpendek Pendistribusian Air Mineral Kemasan Di Bandar Lampung" dengan baik dan lancar serta tepat pada waktu yang telah ditentukan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

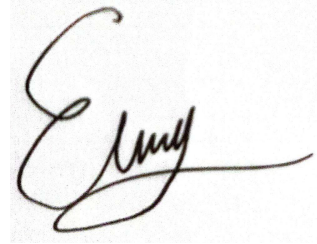
Dalam proses penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu memberikan bimbingan, dukungan, arahan, motivasi serta saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing 1 yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan, motivasi, saran serta dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Muslim Ansori, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan dan dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Agus Sutrisno, S.Si., M.Si. selaku Penguji yang telah bersedia memberikan kritik dan saran serta evaluasi kepada penulis sehingga dapat menjadi lebih baik lagi.
4. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
5. Ibu Dr. Fitriani, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik.
6. Seluruh dosen, staff dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

7. Ayah, Ibu, dan kakak yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
8. Teman seperjuangan selama kuliah, Zainal, Syahreza, Ridho, Jumi, David, Nanda, dan Jonathan yang memberikan semangat dan dorongan selama proses penyusunan skripsi.
9. Teman-teman Pimpinan HIMATIKA Periode 2023, Eksternal 2022 dan Eksternal 2023.
10. Seluruh pihak yang turut andil dalam hidup penulis, yang telah mengubah dan membuat karakter penulis sehingga ada diposisi saat ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menjadikan skripsi ini lebih baik lagi.

Bandar Lampung, 26 Juni 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Eri Yudistita', with a large, stylized initial 'E'.

Eri Yudistita

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Graf	4
2.1.1 Jenis-Jenis Graf	4
2.1.2 Graf Berbobot	6
2.2 <i>Shortest Path</i>	6
2.3 Algoritma Genetika	7
2.3.1 Definisi Algoritma Genetika	8
2.3.2 Parameter Algoritma Genetika	9
2.3.3 Representasi Kromosom	10
2.3.4 Pembentukan Populasi Awal	10
2.3.5 Proses Seleksi	11
2.3.6 <i>Elitism</i>	11
2.3.7 Operator Algoritma Genetika	12
2.4 Algoritma Greedy	13
2.5 <i>Google Maps</i>	14
III METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2 Data Penelitian	15
3.3 Tahapan Penelitian	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Data	17

4.2	Penyelesaian Jalur Terpendek dengan Algoritma Genetika	19
4.2.1	Pembentukan Populasi Awal	19
4.2.2	Evaluasi <i>Fitness</i>	31
4.2.3	Seleksi	34
4.2.4	<i>Crossover</i>	37
4.2.5	Mutasi	48
4.2.6	Pembentukan Populasi untuk Generasi Selanjutnya	52
4.2.7	Kriteria Berhenti	53
4.3	Penyelesaian Masalah <i>Shortest path</i> Menggunakan Algoritma Genetika dalam Bahasa Pemrograman <i>Python</i>	53
4.4	Penyelesaian Masalah <i>Shortest Path</i> Menggunakan Algoritma Greedy	58
4.4.1	Data Awal	58
4.4.2	Inisialisasi Algoritma	59
4.4.3	Proses Algoritma Greedy	59
4.4.4	Hasil Akhir Algoritma Greedy	65
4.5	Penyelesaian Algoritma Greedy Menggunakan Program <i>Python</i> . .	66
V	KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Saran	70
	DAFTAR PUSTAKA	71

DAFTAR TABEL

4.1	Daftar Konsumen PT Prabutirta Jaya Lestari Kecamatan Kedamian .	18
4.2	Data Tiap Lokasi Matriks <i>Adjacency</i>	19
4.3	Tabel kromosom proses seleksi	20
4.4	Tabel kromosom proses seleksi	36
4.5	Tabel kromosom induk <i>crossover</i>	47
4.6	Tabel Kromosom Sebelum dan Setelah Mutasi	49
4.7	Tabel Kromosom Setelah Proses Seleksi, <i>Crossover</i> dan Mutasi . .	50
4.8	Tabel Populasi untuk Generasi selanjutnya	52

DAFTAR GAMBAR

2.1	Graf Sederhana	4
2.2	Graf Tidak Sederhana	5
2.3	Graf Tidak Berarah	5
2.4	Graf Berarah	5
2.5	Graf Berbobot	6
2.6	Contoh Graf dalam Pembentukan Populasi Awal	10
4.1	Titik Lokasi Data	17
4.2	Graf Data Awal	18
4.3	Jalur acak menggunakan <i>syntax</i> python	20
4.4	Scrip Memilih Kromosom Acak	48
4.5	Scrip Memilih Gen	49
4.6	<i>Impor Script</i> Algoritma Genetika	52
4.7	<i>Impor Script</i> Algoritma Genetika	54
4.8	<i>Impor Script</i> Inisiasi Populasi	54
4.9	Membuat lintasan	55
4.10	Membuat Perhitungan <i>Fitness</i>	55
4.11	<i>Script</i> Proses <i>Crossover</i>	55
4.12	<i>Script</i> Proses Mutasi	56
4.13	<i>Script</i> Validitas Jalur	56
4.14	<i>Script</i> Validitas Jalur	56
4.15	Script Running	57
4.16	Input Data	57
4.17	Hasil Graf Algoritma Genetika menggunakan Pemograman	58
4.18	Graf terhubung titik 22	59
4.19	Graf terhubung titik 2	60
4.20	Graf Terhubung <i>Node</i> 1	60
4.21	Graf erhubung <i>node3</i>	61
4.22	Graf terhubung <i>node</i> 19	61

4.23	Graf terhubung <i>node</i> 17	62
4.24	Graf terhubung <i>node</i> 18	62
4.25	Graf terhubung <i>node</i> 16	63
4.26	Graf terhubung <i>node</i> 15	63
4.27	Graf terhubung <i>node</i> 14	64
4.28	Graf terhubung <i>node</i> 26	64
4.29	Graf terhubung <i>node</i> 20	65
4.30	Hasil Distribusi Jalur Terpendek Algoritma Greedy	65
4.31	<i>Script</i> Algoritma Greedy	66
4.32	Script Input Data	67
4.33	<i>Script Running</i>	67
4.34	Gambar Graf Hasil	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah elemen esensial yang mendukung kebutuhan tubuh manusia. Menurut Sari (2014), 70-80% bagian tubuh manusia berbentuk cairan yang tersebar di berbagai organ vital, seperti paru-paru, darah, kulit, otot, otak, dan tulang. Fungsi air sangat penting untuk menjaga kestabilan organ-organ tersebut. Setiap hari, tubuh manusia memerlukan sekitar 2,5 liter cairan untuk menjaga keseimbangan.

Lebih dari sekadar kebutuhan individu, ketersediaan air bersih juga berperan penting dalam menjamin kesehatan masyarakat, meningkatkan kualitas hidup, dan menjaga keberlangsungan ekosistem. Dalam konteks ini, kebutuhan akan air mineral yang berkualitas menjadi semakin mendesak, terutama di Indonesia, termasuk di Provinsi Lampung. Ketersediaan air mineral yang bersih dan aman sangat penting untuk kesehatan masyarakat, mengingat banyaknya penyakit yang dapat ditularkan melalui air yang tidak layak konsumsi.

Di Lampung, tantangan akses terhadap air bersih semakin meningkat, dengan beberapa daerah mengalami krisis air bersih. Hal ini membuat masyarakat semakin bergantung pada air mineral sebagai alternatif untuk memenuhi kebutuhan hidrasi mereka. Peningkatan kesadaran akan pentingnya air mineral yang berkualitas juga mendorong permintaan yang lebih tinggi, sehingga pengelolaan sumber daya air dan distribusi air mineral yang baik menjadi sangat penting. Pada zaman ini sangat mudah untuk mendapatkan air mineral. Air mineral sudah dimodifikasi dalam kemasan agar dapat dikonsumsi dimanapun dan kapanpun. Adanya air kemasan ini diharapkan dapat menjawab permasalahan kebutuhan air bersih yang ada. Di Provinsi Lampung terdapat PT. PRABUTIRTA JAYA LESTARI yang merupakan salah satu perusahaan air mineral kemasan yang berasal dari Bandar Lampung tepatnya di Desa Batu Putu yang berada di kaki Gunung Betung. PT PRABUTIRTA

JAYA LESTARI bergerak di bidang Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) dengan merek dagang “TRIPANCA”.

Pendistribusian air mineral Tripanca merupakan aspek krusial dalam memenuhi kebutuhan masyarakat akan air bersih dan sehat di Provinsi Lampung. Dalam konteks ini, efisiensi rute distribusi menjadi kunci untuk mengurangi biaya operasional dan waktu pengiriman. Permasalahan yang sering dihadapi dalam pendistribusian ini adalah mencari jalur terpendek yang dapat menghubungkan titik-titik pengambilan dan pengantaran air mineral. Hal ini dikenal sebagai *shortest path problem*, yang merupakan salah satu masalah klasik dalam teori graf dan optimasi (Cormen dkk.,2009).

Dalam upaya menyelesaikan *shortest path problem*, berbagai metode telah dikembangkan, salah satunya adalah Algoritma Genetika. Algoritma Genetika merupakan metode pencarian berbasis populasi yang meniru proses seleksi alam dan evolusi biologis. Penelitian oleh Fadila dan Sabna (2017) menunjukkan bahwa Algoritma Genetika efektif dalam menentukan jalur optimal di wilayah Kota Pariaman, dengan mempertimbangkan berbagai parameter seperti seleksi, *crossover*, dan mutasi.

Sementara itu, Algoritma Greedy adalah metode heuristik yang memilih solusi terbaik lokal pada setiap langkah dengan harapan mencapai solusi global yang optimal. Oktaviandi dkk. dalam penelitiannya membandingkan Algoritma Genetika dan Algoritma Greedy dalam pencarian rute terpendek, dan menemukan bahwa Algoritma Genetika lebih unggul dalam hal akurasi, meskipun Algoritma Greedy memiliki kecepatan komputasi yang lebih tinggi. Meskipun kedua algoritma ini telah banyak diterapkan dalam berbagai konteks pencarian rute, penelitian yang secara langsung membandingkan efektivitas dan efisiensi keduanya dalam konteks spesifik pendistribusian air mineral kemasan di area perkotaan padat seperti Bandar Lampung masih terbatas. Maka peneliti akan mencoba membandingkan metode Algoritma Genetika dengan metode yang umum digunakan dalam masalah optimasi yaitu Algoritma Greedy pada pendistribusian air mineral kemasan “TRIPANCA”.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan Algoritma Genetika dan Algoritma Greedy dalam menyelesaikan *shortest path* problem pada pendistribusian air mineral kemasan Tripanca. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem distribusi air mineral.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana penyelesaian masalah *Shortest Path* pada pendistribusian air mineral kemasan “Tripanca” di Bandar Lampung dengan menggunakan Algoritma Genetika dan Algoritma Greedy.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelesaikan masalah *Shortest path* pendistribusian air mineral kemasan dengan menggunakan Algoritma Genetika dan Algoritma Greedy dengan menentukan rute dan jarak terpendek pendistribusian air mineral kemasan Tripanca di Bandar Lampung.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Menambah pemahaman tentang Algoritma Genetika dan Algoritma Greedy.
2. Membantu PT. PRABUTIRTA JAYA LESTARI dalam memilih rute distribusi optimal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Graf

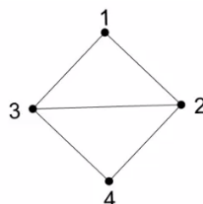
Graf adalah kumpulan simpul (*vertex*) yang dihubungkan satu sama lain melalui sisi/busur (*edge*). Suatu graf G terdiri dari dua himpunan yaitu himpunan V (simpul) dan himpunan E (busur). Busur dapat menunjukkan hubungan (relasi) sembarang seperti rute penerbangan, jalan raya, sambungan telepon, ikatan kimia, dan lain-lain (Purnama F.,2022). Secara definisi, graf adalah himpunan terurut $(V(G), E(G))$, dengan $V(G)$ menyatakan himpunan titik atau *vertex* $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ dari G dengan $V(G) \neq \emptyset$, dan $E(G)$ menyatakan himpunan sisi atau *edge* $\{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ yakni pasangan tak terurut dari $V(G)$ (Deo.,1989).

2.1.1 Jenis-Jenis Graf

Berdasarkan ada tidaknya gelang (*loop*) atau sisi ganda pada suatu graf, maka graf digolongkan menjadi dua jenis:

1. Graf sederhana (*simple graph*)

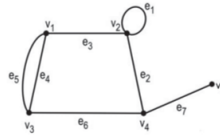
Graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda dinamakan graf sederhana.



Gambar 2.1 Graf Sederhana

2. Graf tak-sederhana (*unsimple-graph*).

Graf yang mengandung sisi ganda atau gelang dinamakan graf tak-sederhana (*unsimple-graph*).

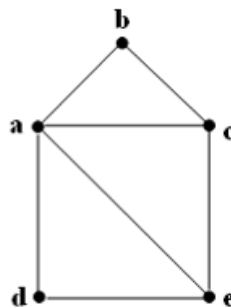


Gambar 2.2 Graf Tidak Sederhana

Berdasarkan orientasi arah pada sisi, graf dibedakan atas 2 jenis:

1. Graf tak-berarah (*undirected graph*)

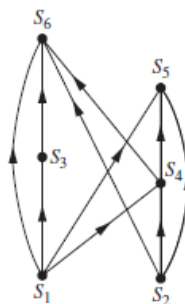
Graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah disebut graf tak-berarah



Gambar 2.3 Graf Tidak Berarah

2. Graf berarah (*directed graph* atau *digraph*)

Graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah disebut sebagai graf berarah.



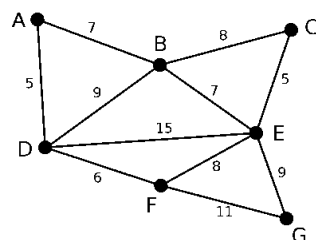
Gambar 2.4 Graf Berarah

2.1.2 Graf Berbobot

Graf berbobot adalah kajian tentang konsep dan teori graf yang memiliki bobot atau nilai pada setiap sisi atau garis yang menghubungkan antara dua titik atau simpul. Graf berbobot sering digunakan dalam berbagai bidang seperti jaringan komputer, transportasi, dan ekonomi untuk mewakili hubungan antara objek-objek yang memiliki nilai atau bobot tertentu.

Menurut Harary (1969), graf berbobot adalah graf yang memiliki bobot atau nilai pada setiap sisi atau garis yang menghubungkan antara dua titik atau simpul. Bobot ini dapat berupa nilai numerik atau non-numerik yang mewakili sifat atau karakteristik dari hubungan antara dua titik atau simpul.

Dalam konteks jaringan komputer, graf berbobot digunakan untuk mewakili topologi jaringan dan nilai bobot dapat mewakili kecepatan transmisi data atau biaya transmisi data antara dua node (Tanenbaum, 2003). Sedangkan dalam konteks transportasi, graf berbobot digunakan untuk mewakili jaringan jalan dan nilai bobot dapat mewakili jarak atau waktu tempuh antara dua titik (Ahuja, 1993).



Gambar 2.5 Graf Berbobot

2.2 Shortest Path

Masalah rute terpendek adalah masalah menemukan rute antara dua titik (vertex) dalam graf sedemikian rupa sehingga jumlah bobot sisi-sisi penyusunnya diminimalkan (Ortega, 2022). Masalah pencarian rute terpendek antara dua persimpangan pada peta jalan dapat dimodelkan sebagai kasus khusus dari masalah rute terpendek dalam graf, yang mana titik sudutnya berhubungan dengan persimpangan dan tepinya berhubungan dengan segmen jalan, yang masing-masing diberi bobot berdasarkan panjang atau jarak setiap segmen.

Persoalan mencari rute terpendek di dalam graf merupakan salah satu persoalan optimasi. Graf yang digunakan dalam pencarian lintasan terpendek atau *shortest path* adalah graf berbobot (*weighted graph*), yaitu graf yang setiap sisinya diberikan suatu nilai atau bobot. Bobot pada sisi graf dapat menyatakan jarak antar kota, waktu pengiriman pesan, ongkos pembangunan, dan sebagainya (Ekaputra.,2006). Ada beberapa macam persoalan rute terpendek, antara lain:

1. Lintasan terpendek antara dua buah simpul tertentu (*a pair shortest path*).
2. Lintasan terpendek antara semua pasangan simpul (*all pairs shortest path*).
3. Lintasan terpendek dari simpul tertentu ke semua simpul yang lain (*single-source shortest path*).
4. Lintasan terpendek antara dua buah simpul yang melalui beberapa simpul tertentu (*intermediate shortest path*) (Ekaputra.,2006).

2.3 Algoritma Genetika

Algoritma Genetika ini diperkenalkan oleh John Holland dari University of Michigan yang kemudian dipopulerkan oleh salah satu muridnya yaitu David Goldberg, sehingga Algoritma Genetika mulai digunakan secara luas ke berbagai bidang, termasuk untuk memecahkan permasalahan-permasalahan optimasi (Melladia,2020). Algoritma ini muncul pada tahun 1975 dengan meniru cara kerja dari genetika alam untuk mencari solusi yang optimal. Algoritma Genetika berawal dari himpunan solusi yang dihasilkan secara acak, dari himpunan acak tersebut dihasilkan sebuah populasi. Di dalam populasi terdapat individu yang disebut dengan kromosom, yang merupakan representasi dari solusi tersebut. Kromosom tersebut berevolusi dalam proses iterasi yang berkelanjutan, sehingga dihasilkan generasi. Setiap generasi, kromosom akan dievaluasi berdasarkan suatu fungsi evaluasi (Gen & Cheng.,1997). Setelah dihasilkan beberapa generasi, maka Algoritma Genetika akan konvergen pada kromosom terbaik yang merupakan solusi optimal (Goldberg,1989).

2.3.1 Definisi Algoritma Genetika

Secara umum, Algoritma Genetika merupakan algoritma yang menerapkan pemahaman mengenai evolusi alamiah pada pemecahan masalah (*problem solving*). Teori ini terinspirasi dari teori yang sangat populer yang dikemukakan oleh Darwin tentang evolusi “yang paling kuat adalah yang mampu bertahan hidup.” Pendekatan dalam algoritma ini merupakan penggabungan secara acak berbagai pilihan solusi terbaik di dalam suatu kumpulan untuk mendapatkan generasi solusi terbaik berikutnya, yaitu pada suatu kondisi yang memaksimalkan kecocokannya atau lazim disebut *fitness*.

Algoritma Genetika memiliki 5 komponen yang penting (Michalewicz.,1999), yaitu:

1. Representasi genetika sebagai solusi dari sebuah masalah;
2. Pembangkitan populasi awal;
3. Fungsi untuk mengevaluasi solusi dengan nilai *fitness* pada setiap individu;
4. Beberapa operator genetika yang menghasilkan keturunan (*offspring*);
5. Nilai parameter yang mencakup ukuran populasi dan nilai probabilitas yang digunakan dalam operator genetika.

Algoritma Genetika mulai bekerja pada sekumpulan calon solusi yang dihasilkan secara acak. Sekumpulan calon solusi tersebut adalah populasi awal, di mana individu-individu yang ada dalam populasi disebut juga dengan kromosom. Gen adalah rangkaian yang membentuk suatu kromosom, dan kromosom menyatakan solusi suatu masalah. Menurut Muzid (2014), Algoritma Genetika terdiri dari enam tahap utama, yaitu: (1) Representasi kromosom, (2) Inisialisasi populasi, (3) Perhitungan fungsi evaluasi, (4) Proses seleksi, (5) Operator genetika meliputi operator pindah silang (*crossover*) dan mutasi, serta (6) Penentuan parameter kontrol algoritma genetika yaitu: ukuran populasi, probabilitas pindah silang, dan probabilitas mutasi.

2.3.2 Parameter Algoritma Genetika

Algoritma Genetika merupakan salah satu model *soft computing* yang sering digunakan dalam menyelesaikan permasalahan optimasi. Dalam algoritma genetika terdapat tiga parameter penting yang harus didefinisikan, yaitu ukuran populasi, probabilitas pindah silang, dan probabilitas mutasi. Ketiga parameter ini harus didefinisikan secara hati-hati agar tidak terjadi konvergensi dini atau lokal optimum, yaitu di mana individu-individu dalam populasi konvergen pada suatu solusi optimum lokal sehingga hasil paling optimum tidak dapat ditemukan (Suyanto.,2005).

a. Ukuran Populasi

Kinerja dan efektivitas metode Algoritma Genetika dipengaruhi oleh ukuran populasi. Jika ukuran populasi kecil, maka dalam penyelesaian metode, populasi tidak menyediakan cukup materi untuk mencakup ruang permasalahan, sehingga metode tidak dapat menampilkan hasil yang maksimal. Dalam hal ini, dibutuhkan ruang yang lebih besar untuk mempresentasikan keseluruhan ruang permasalahan.

b. Probabilitas *Crossover* (P_c)

Probabilitas *crossover* ini digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator *crossover*. Semakin besar nilai probabilitas *crossover*, maka keturunan baru akan diperoleh sebagai hasil *crossover* dari kromosom orang tua. Namun sebaliknya, jika probabilitas *crossover* bernilai kecil, maka keturunan baru adalah salinan dari kromosom orang tua. Menurut Michalewicz. (1999) dalam penelitiannya menyatakan bahwa probabilitas *crossover* yang baik adalah berada dalam rentang 0.65 – 1.

c. Probabilitas Mutasi (P_m)

Probabilitas mutasi ini digunakan untuk menentukan tingkat mutasi yang terjadi. Semakin besar persentase probabilitas mutasi, akan merubah kromosom menjadi kromosom yang baru. Namun sebaliknya, jika probabilitas mutasi kecil, maka perubahan kromosom akan semakin sedikit yang diubah. Menurut Michalewicz. (1999) dalam penelitiannya, probabilitas mutasi yang baik adalah berada dalam rentang 0.01 – 0.3.

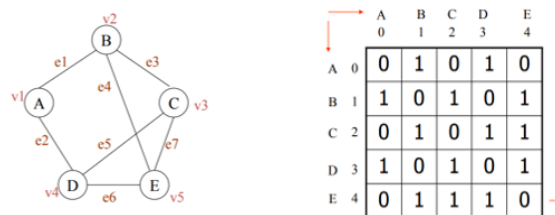
2.3.3 Representasi Kromosom

Representasi kromosom merupakan proses pengkodean dari penyelesaian solusi dari suatu permasalahan. Pengkodean kandidat penyelesaian ini disebut dengan kromosom. Pengkodean tersebut meliputi penyandian gen, dengan satu gen mewakili satu variabel. Terdapat beberapa metode untuk merepresentasikan kromosom, yaitu pengkodean biner (*binary encoding*), pengkodean permutasi (*permutation encoding*), pengkodean nilai (*value encoding*), dan pengkodean pohon (*tree encoding*) (Lukas,2005).

2.3.4 Pembentukan Populasi Awal

Pembentukan populasi merupakan langkah awal dalam metode Algoritma Genetika. Pembentukan populasi awal terdiri dari sejumlah individu yang merepresentasikan sebuah kromosom dalam suatu rangkaian gen. Populasi awal dapat dibangkitkan secara acak, namun harus memperhatikan domain solusi dan kendala masalah (Napitupulu.,2018).

Pada *shortest path*, pembentukan populasi dilakukan dengan merepresentasikan graf yang mempunyai *vertex* (v) dan bobot (e) menjadi matriks adjesensi. *Vertex* akan menyatakan kota-kota atau titik-titik yang akan dilalui untuk mencapai jalur terpendek lokasi tujuan, sedangkan bobot menyatakan jarak antara kota-kota atau titik-titik tersebut.



Gambar 2.6 Contoh Graf dalam Pembentukan Populasi Awal

Keterangan:

- v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 = titik graf (direpresentasikan sebagai lokasi).
- $e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7$ = sisi graf (direpresentasikan sebagai jarak).

2.3.5 Proses Seleksi

Setelah terbentuknya populasi awal dari *shortest path problem*, langkah selanjutnya adalah proses seleksi. Proses seleksi merupakan bagian terpenting dalam Algoritma Genetika, yaitu dengan memilih kromosom-kromosom terbaik agar dapat melanjutkan peranannya pada Algoritma Genetika. Metode seleksi pada Algoritma Genetika ada bermacam-macam, antara lain *Roulette-Wheel*, *Elitism*, *Sigma Scaling*, *Boltzmann*, *Rank Selection*, *Tournament Selection*, *Steady-State Selection*, dan gabungan dari metode-metode tersebut (Hannawati,2002).

Penelitian ini menggunakan metode *Roulette-Wheel* pada populasi pertama sehingga memungkinkan untuk mendapatkan nilai *fitness* tertinggi dari kromosom. Selanjutnya untuk populasi berikutnya akan menggunakan metode *elitism* dalam proses seleksinya. Pada metode *elitism*, peluang dari kromosom yang mempunyai fungsi *fitness* yang besar memiliki peluang lebih besar untuk terseleksi dengan mempertahankan kualitas individu terbaik. Karena permasalahan optimasi yang ingin dicapai adalah mencari waktu tempuh dan jarak yang paling minimal, maka untuk menentukan nilai *fitness* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$F = \begin{cases} \frac{1}{\sum_{i=1}^{n-1} C_i(g_i, g_{i+1})} & : \text{Jalur valid} \\ 0 & : \text{Jalur tidak valid} \end{cases}$$

Keterangan:

- F = nilai *fitness*
- C_i = nilai bobot (berupa jarak)
- g_i = gen dari kromosom ke-i.
- g_{i+1} = gen dari kromosom setelah ke-i.

2.3.6 Elitism

Elitism adalah jenis seleksi di mana individu terbaik diteruskan ke generasi berikutnya tanpa modifikasi. *Elitism* mencegah individu terbaik untuk menjalani proses reproduksi sehingga dapat meneruskannya tanpa modifikasi ke generasi berikutnya (Yadav,2017).

Prosedur *elitism* yang digunakan adalah sebagai berikut (Fanggidae A & Pandie E S.,2020):

1. Tentukan banyaknya duplikat.
2. Ambil satu individu dengan *fitness* terbaik.
3. Setelah melewati operator evolusi seleksi, *crossover*, dan mutasi, ambil individu dengan *fitness* terburuk sebanyak m dan gantikan individu tersebut dengan individu pada langkah 2.

Metode *elitism* melakukan proses seleksi dengan mengambil kromosom terbaik sebanyak jumlah populasinya.

2.3.7 Operator Algoritma Genetika

Operator dalam Algoritma Genetika adalah komponen yang digunakan untuk memanipulasi individu dalam populasi untuk menghasilkan solusi baru. Algoritma genetika memiliki dua (2) operator yang digunakan selama proses mencari hasil, yaitu persilangan (*Crossover*) dan mutasi (*Mutation*).

1. Persilangan (*Crossover*)

Pindah silang atau *crossover* adalah sebuah proses yang membentuk kromosom baru dari dua kromosom induk dengan menggabungkan bagian informasi dari masing-masing kromosom. *Crossover* menghasilkan kromosom baru yang disebut kromosom anak (*offspring*). *Crossover* bertujuan untuk menambah keanekaragaman string dalam satu populasi dengan penyilangan antar string yang diperoleh dari reproduksi sebelumnya (Arifudin.,2012). *Crossover* merupakan operator genetik utama, yang beroperasi pada dua kromosom dalam suatu waktu dan menghasilkan *offspring* dengan mengkombinasikan kedua fitur-fitur kromosom (Fadlisyah dkk.,2009).

2. Mutasi (*Mutation*)

Mutasi adalah operator algoritma genetika yang bertujuan untuk membentuk individu-individu yang baik atau memiliki kualitas di atas rata-rata. Selain itu, mutasi dipergunakan untuk mengembalikan kerusakan materi genetika akibat proses *crossover* (Sugeha.,2019).

2.4 Algoritma Greedy

Algoritma Greedy merupakan suatu algoritma yang memiliki metode pendekatan untuk membangun solusi optimal dengan mencari rute perjalanan terpendek dengan waktu yang optimum (Darnita Y & Toyib R.,2019). Algoritma Greedy adalah algoritma yang memecahkan masalah langkah demi langkah, pada setiap langkah:

1. Mengambil pilihan yang terbaik yang dapat diperoleh saat itu.
2. Berharap bahwa dengan memilih optimum lokal pada setiap langkah akan mencapai optimum global.

Algoritma Greedy mengasumsikan bahwa optimum lokal merupakan bagian dari optimum global. Persoalan optimasi dalam konteks Algoritma Greedy disusun oleh elemen-elemen sebagai berikut:

1. Himpunan kandidat, C.
Himpunan ini berisi elemen-elemen pembentuk solusi. Pada setiap langkah, satu buah kandidat diambil dari himpunannya.
2. Himpunan solusi, S.
Merupakan himpunan dari kandidat-kandidat yang terpilih sebagai solusi persoalan. Himpunan solusi adalah himpunan bagian dari himpunan kandidat.
3. Fungsi seleksi dinyatakan sebagai predikat SELEKSI.
Merupakan fungsi yang pada setiap langkah memilih kandidat yang paling mungkin untuk mendapatkan solusi optimal. Kandidat yang sudah dipilih pada suatu langkah tidak pernah dipertimbangkan lagi pada langkah selanjutnya.
4. Fungsi kelayakan (*feasible*) dinyatakan dengan predikat LAYAK.
Merupakan fungsi yang memeriksa apakah suatu kandidat yang telah dipilih dapat memberikan solusi yang layak, yakni kandidat tersebut bersama-sama dengan himpunan solusi yang sudah terbentuk tidak melanggar kendala yang ada.
5. Fungsi objektif.
Merupakan fungsi yang memaksimumkan atau meminimumkan nilai solusi.

2.5 Google Maps

Google Maps adalah sebuah jasa peta *globe virtual* gratis dan *online* disediakan oleh *Google* dapat ditemukan di <http://maps.google.com>. Ia menawarkan peta yang dapat diseret dan gambar satelit untuk seluruh dunia dan baru-baru ini, Bulan, dan juga menawarkan perencanaan rute (Saputra,2014). Pengaplikasian *google maps* pada *shortest path* yaitu pada penentuan jarak antara titik yang ditentukan, sehingga sisi pada graf bobot bernilai jarak pada satuan tertentu.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun akademik 2024/2025 di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang beralamatkan di Jalan Prof. Dr. Ir. Soemantri Brojonegoro, Gedong Meneng, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan adalah data jarak antar distributor air mineral kemasan Tripanca yang ada di Bandar Lampung yang diukur dengan bantuan *google maps*. Data Distributor Tripanca didapatkan dari PT PRABUTIRTA JAYA LESTARI, yaitu sebanyak titik pendistributor air mineral Tripanca. Untuk jarak titik awal keberangkatan dengan jarak antar distributor diambil dengan menggunakan bantuan *google maps*.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan sebagai acuan dalam penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari konsep dasar teori graf dan konsep Algoritma Genetika dan Algoritma Greedy dalam menentukan rute terpendek.
2. Pengambilan data, studi kasus pada data distributor air mineral kemasan Tripanca di Bandar Lampung.
3. Merepresentasikan masalah ke dalam bentuk graf berarah berbobot.

4. Mencari rute terpendek pendistribusian air mineral kemasan Tripanca di Bandar Lampung menggunakan Algoritma Genetika, berikut langkah-langkahnya:
 - a. Menentukan populasi awal dari Algoritma Genetika dengan merepresentasikan graf bobot menjadi matriks adjoin.
 - b. Menentukan parameter populasi awal, probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi dari Algoritma Genetika.
 - c. Melakukan proses evolusi sehingga mendapatkan generasi baru, yaitu dengan proses seleksi, proses *crossover*, dan proses mutasi.
 - d. Terbentuknya generasi baru.
5. Mencari rute terpendek pendistribusian air mineral kemasan Tripanca di Bandar Lampung menggunakan Algoritma Greedy, berikut langkah-langkahnya:
 - a. Mendefinisikan graf yang dipakai dalam Algoritma Greedy.
 - b. Menentukan jarak awal dari Algoritma Greedy.
 - c. Pemilihan titik terdekat dari titik awal.
 - d. Melakukan perhitungan jarak yang dilalui dengan jarak baru yang ditemukan.
 - e. Iterasi proses.
 - f. Terbentuknya rute terpendek.
6. Perbandingan hasil antara Algoritma Genetika dan Algoritma Greedy.
7. Kesimpulan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Solusi dari masalah *Shortest Path* pada pendistribusian produk Tripanca oleh PT Prabutirta Jaya lestari di kecamatan Kedamaian, Bandar lampung menggunakan metode Algoritma Genetika secara manual (tanpa alat komputasi) dan menggunakan pemograman *python* (alat komputasi) terdapat perbedaan pada hasil yang ditemukan. Secara manual menghasilkan jarak rute terpendek yaitu 6627 meter atau 6,627 kilometer. sedangkan menggunakan pemograman *python* Algoritma Genetika menghasilkan jarak rute terpendek yaitu 6587 meter atau 6,587 kilometer, selisih sebesar 40 meter dari hasil Algoritma Genetika secara manual. Solusi dari masalah *Shortest Path* menggunakan Algoritma Greedy secara manual dan menggunakan pemograman *python* tidak ditemukan perbedaan hasil, jarak yang ditemukan yaitu sebesar 9529 meter atau 9,529 kilometer dengan selisih dari Algoritma Genetika secara manual sebesar 2902 meter, dan selisih dengan hasil Algoritma Genetika menggunakan pemograman sebesar 2942 meter.
2. Rute terpendek yang ditemukan dalam metode Algoritma Genetika secara manual yaitu $22 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 19 \rightarrow 17 \rightarrow 26 \rightarrow 20 \rightarrow 27$. Rute terpendek yang ditemukan menggunakan pemograman *python* yaitu $22 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 12 \rightarrow 13 \rightarrow 27$. Sedangkan rute terpendek menggunakan Algoritma Greedy menggunakan manual dan pemograman *python* yaitu $22 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 19 \rightarrow 17 \rightarrow 18 \rightarrow 16 \rightarrow 15 \rightarrow 14 \rightarrow 26 \rightarrow 20 \rightarrow 27$.
3. Pada masalah *Shortest path* yang diselesaikan Algoritma Genetika dan Algoritma Greedy mendapat kesimpulan bahwa hasil dari Algoritma Genetika

lebih baik dibandingkan dengan Algoritma Greedy. Algoritma Genetika dapat menciptakan rute yang lebih efisien dalam optimum global dibandingkan dengan pendekatan Algoritma Greedy yang cenderung terjebak dalam solusi optimum lokal.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini, saran untuk penelitian selanjutnya adalah agar dapat menentukan permasalahan jalur terpendek (*shortest path problem*) dari simpul tertentu ke seluruh simpul titik distribusi. Selain itu, penelitian dapat membandingkan hasilnya dengan metode lain, seperti Algoritma *Floyd-Warshall*, Algoritma Johnson, Algoritma A*, atau metode-metode lainnya. Penelitian ini juga diharapkan mampu meningkatkan efisiensi proses pendistribusian air mineral kemasan Tripanca di wilayah yang berbeda-beda dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti waktu dan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahuja, R. K., Magnanti, T. L., & Orlin, J. B. (1993). *Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications*. Prentice Hall.
- Arifudin, R. (2012). "Optimasi penjadwalan proyek dengan penyeimbangan biaya menggunakan kombinasi CPM dan algoritma genetika," *Jurnal Masyarakat Informatika*, 2(4), 1-14. <https://doi.org/10.14710/jmasif.2.4.2649>
- Bunaen, M. C., Pratiwi, H., & Riti, Y. F. (2022). Penerapan algoritma Dijkstra untuk menentukan rute terpendek dari pusat kota Surabaya ke tempat bersejarah. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis-JTEKSIS*, 4(1), 213-223.
- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2009). *Introduction to Algorithms* (3rd ed.). MIT Press.
- Darnita, Y., & Toyib, R. (2019). Penerapan Algoritma Greedy dalam pencarian jalur terpendek pada instansi-instansi penting di Kota Argamakmur Kabupaten Bengkulu Utara. *Jurnal Media Infotama*, 15(2).
- Deo, N. (1989). *Graph Theory with Applications to Engineering and Computer Science*. Prentice Hall Inc, New York.
- Ekaputra, A. (2006). Aplikasi graf pada persoalan lintasan terpendek dengan algoritma Dijkstra. *Jurnal Program Studi Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung (ITB)*, Bandung.
- Fadila, R., Sabna, E. (2015). Pengaplikasian Algoritma Genetika dalam Menentukan Jalur Jalan Optimal Wilayah Kota Pariaman Dengan Lintasan Terpendek (*Shortest Path*). *Jurnal Ilmu Komputer*, 4(1), 59-78
- Fadlisyah, A., Arnawan, F., & Faisal. (2009). Algoritma Genetika. *Graha Ilmu*, Yogyakarta.
- Fanggidae, A., & Pandie, E. S. (2020). Elitisme algoritma genetika pada fungsi nonlinear dua peubah. *J-Icon: Jurnal Komputer dan Informatika*, 8(2), 145-148.

- Gen, M., & Cheng, R. (1997). *Genetic Algorithm and Engineering Design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic Algorithm in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Hannawati, A., Thiang, T., & Eleazar, E. (2002). Pencarian rute optimum menggunakan algoritma genetika. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Kristen Petra*, 2(2), 133-107.
- Harary, F. (1969). *Graph Theory*. Addison-Wesley.
- Kuo, R. J., Chen, Y. C., & Yang, C. H. (2015). "A genetic algorithm for the vehicle routing problem with time windows." *Expert Systems with Applications*, 42(4), 1950-1960. doi:10.1016/j.eswa.2014.10.020
- Lukas, S., Anwar, T., & Yuliani, W. (2005). Penerapan algoritma genetika untuk traveling salesman problem dengan menggunakan metode order crossover dan insertion mutation. In *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*.
- Melladia, M. (2020). Algoritma genetika menentukan jalur jalan dengan lintasan terpendek (shortest path). *Prosiding SISFOTEK*, 4(1), 112-117.
- Michalewicz, Z. (1999). *Genetic Algorithm + Data Structures = Evolution Programs*. New York: Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Mitchell, M. (1996). *An Introduction to Genetic Algorithms*. MIT Press.
- Muzid, S. (2014). Dinamisasi parameter algoritma genetika menggunakan population resizing on fitness improvement fuzzy evolutionary algorithm (PROFIFEA). *Prosiding SNATIF*, 471-478.
- Napitupulu, C. (2018). Implementasi algoritma genetika untuk penyelesaian travelling salesman problem (TSP) berbasis Android (Doctoral dissertation).
- Ortega-Arranz, H., Gonzalez-Escribano, A., & Llanos, D. R. (2022). The shortest-path problem: Analysis and comparison of methods. Springer Nature.
- Oktaviandi, R. B., Hadi, M. S. T., Santoso, A. G., El Maidah, N. (2019). Perbandingan Algoritma Genetika dengan Algoritma Greedy Untuk Pencarian Rute Terpendek. *INFORMAL: Informatics Journal*, 3(1), 6-11.

- Purnama, F. (2022). Perancangan Algoritma Genetika Untuk Menentukan Jalur Terpendek.
- Sari, P. (2014). Tingkat pengetahuan tentang pentingnya mengkonsumsi air mineral pada siswa kelas IV di SD Negeri Keputaran A Yogyakarta. *Jurnal Pendidikan Jasmani Indonesia*, 10(2).
- Saputra, A. J. (2014). Penerapan algoritma A* pada Google Map. *Jurnal Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung*.
- Sugeha, I. H., Inkiriwang, R. L., & Pratasih, P. A. (2019). Optimasi penjadwalan menggunakan metode algoritma genetika pada proyek rehabilitasi puskesmas Minanga. *Jurnal Sipil Statik*, 7(12).
- Sundarningsih, D., Mahmudy, W. F., & Sutrisno, S. (2017). Penerapan algoritma genetika untuk optimasi vehicle routing problem with time window (VRPTW) studi kasus air minum kemasan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(2), 100-107.
- Suyanto. (2005). *Algoritma Genetika dalam MATLAB*. ANDI, Yogyakarta.
- Tanenbaum, A. S. (2003). *Computer Networks*. Prentice Hall.
- Yadav, S. L., & Sohal, A. (2017). Comparative study of different selection techniques in genetic algorithm. *International Journal of Engineering, Science and Mathematics*, 6(3), 174-180.
- Zhang, Y., Wang, Y., & Liu, J. (2018). "An improved genetic algorithm for the vehicle routing problem." *Computers & Operations Research*, 95, 1-10.