

**PERBANDINGAN ALGORITMA *NEAREST NEIGHBOR* DAN
ALGORITMA CHRISTOFIDES UNTUK PENYELESAIAN
TOUR TERPENDEK RUMAH SAKIT PEMERINTAH DI
PROVINSI LAMPUNG DENGAN MENGGUNAKAN
DATA HAVERSINE DAN EUCLIDEAN**

(Skripsi)

Oleh

**WISELY SALAKA Khibban
NPM. 2017031012**



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

2025

ABSTRACT

COMPARISON OF NEAREST NEIGHBOR ALGORITHM AND CHRISTOFIDES ALGORITHM IN DETERMINING THE SHORTEST TOUR OF GOVERNMENT'S HOSPITAL IN LAMPUNG PROVINCE USING DATA GAINED BY EUCLIDEAN AND HAVERSINE METHODS

By

Wisely Salaka Khibban

The Traveling Salesman Problem (TSP) is a problem that aims to find the shortest route to visit a set of locations (cities) exactly once and return to the starting location. In this study, two different algorithms are used to determine the shortest tour of government hospitals in Lampung Province, the Nearest Neighbor algorithm and the Christofides algorithm. There are three types of data used in this research, Haversine distance data, Euclidean distance data, and travel time data. The results of the two algorithms show that the Christofides algorithm is better than the Nearest Neighbor algorithm in determining the shortest route to government hospitals in Lampung Province.

Keywords: Travelling Salesman Problem, Nearest Neighbor Algorithm, Christofides Algorithm, Haversine Distance, Euclidean Distance

ABSTRAK

PERBANDINGAN ALGORITMA *NEAREST NEIGHBOR* DAN ALGORITMA CHRISTOFIDES UNTUK PENYELESAIAN *TOUR* TERPENDEK RUMAH SAKIT PEMERINTAH DI PROVINSI LAMPUNG DENGAN MENGGUNAKAN DATA HAVERSINE DAN EUCLIDEAN

Oleh

Wisely Salaka Khibban

Travelling Salesman Problem (TSP) adalah masalah yang bertujuan menemukan rute terpendek untuk mengunjungi sekumpulan lokasi (kota) tepat sekali dan kembali ke lokasi awal. Dalam penelitian ini digunakan dua algoritma yang berbeda untuk menentukan *tour* terpendek rumah sakit pemerintah di Provinsi Lampung, yaitu algoritma *Nearest Neighbor* dan algoritma Christofides. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdapat tiga jenis data, yaitu data jarak Haversine, data jarak Euclidean, dan data waktu tempuh. Hasil dari kedua algoritma tersebut menunjukkan bahwa algoritma Christofides lebih baik daripada algoritma *Nearest Neighbor* untuk menentukan *tour* terpendek rumah sakit pemerintah di Provinsi Lampung.

Kata kunci: *Travelling Salesman Problem*, Algoritma *Nearest Neighbor*, Algoritma Christofides, Jarak Haversine, Jarak Euclidean

**PERBANDINGAN ALGORITMA *NEAREST NEIGHBOR* DAN
ALGORITMA CHRISTOFIDES UNTUK PENYELESAIAN
TOUR TERPENDEK RUMAH SAKIT PEMERINTAH DI
PROVINSI LAMPUNG DENGAN MENGGUNAKAN
DATA HAVERSINE DAN EUCLIDEAN**

WISELY SALAKA Khibban

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 : **PERBANDINGAN ALGORITMA NEAREST NEIGHBOR DAN ALGORITMA CHRISTOFIDES UNTUK PENYELESAIAN TOUR TERPENDEK RUMAH SAKIT PEMERINTAH DI PROVINSI LAMPUNG DENGAN MENGGUNAKAN DATAHAVERSINE DAN EUCLIDEAN**

Nama Mahasiswa : **Wisely Salaka Khibban**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2017031012**

Program Studi : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

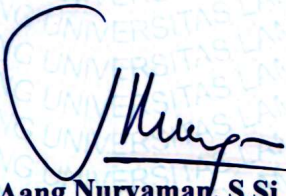
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Prof. Dra. Wamiliana, MA., Ph.D.
NIP 196311081989022001


Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si.
NIP 199306012019032021

2. Ketua Jurusan Matematika


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

MENGESAHKAN

1. Tim penguji

Ketua : Prof. Dra. Wamiliana, MA., Ph.D.

Sekretaris : Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si.

Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Fitriani, S.Si., M.Sc.

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 24 Maret 2025

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wisely Salaka Khibban
Nomor Pokok Mahasiswa : 2017031012
Jurusan : Matematika
Judul Skripsi : Perbandingan Algoritma *Nearest Neighbor* dan Algoritma Christofides untuk Penyelesaian *Tour* Terpendek Rumah Sakit Pemerintah di Provinsi Lampung dengan Menggunakan Data Haversine dan Euclidean

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah karya penulisan ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 24 Maret 2025

Penulis,



Wisely Salaka Khibban

NPM. 2017031012

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama Wisely Salaka Khibban yang lahir di Tangerang pada tanggal 10 Desember 2002. Penulis adalah anak pertama dari empat bersaudara yang merupakan anak dari Bapak Agustinus Gustiman dan Ibu Himah Alawiyah. Penulis memulai pendidikan formal di TK Negeri Pertiwi Jayanti dan selesai pada tahun 2007. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan di SDN 2 Cikande pada tahun 2007-2009 dari kelas 1 sampai kelas 2 lalu penulis pindah ke Lampung dan melanjutkan pendidikan di MI Yasmida di bangku kelas 3. Setelah itu, penulis pindah ke SD Negeri 3 Ambarawa Barat sampai selesai kelas 4 penulis pindah sekolah lagi ke SD Negeri 1 Ambarawa dan selesai pada tahun 2014. Penulis melanjutkan pendidikan menengah di SMP Negeri 3 Pringsewu lalu lulus pada tahun 2017 dan menyelesaikan pendidikan menengah di SMA Negeri 1 Pringsewu pada tahun 2020. Penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi melalui jalur SNMPTN (sekarang SNBP) di Universitas Lampung pada tahun 2020.

Di bangku perkuliahan, penulis mengikuti organisasi dan kegiatan kemahasiswaan untuk meningkatkan *softskill*. Penulis pernah menjadi Anggota Bidang Kaderisasi dan Kepemimpinan Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) periode 2021 dan menjadi Ketua Bidang Kaderisasi dan Kepemimpinan HIMATIKA periode 2022. Setelah itu, penulis melakukan kegiatan kerja praktik di Kantor Perwakilan Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional (BKKBN) Provinsi Lampung pada bulantahun 2023.

Penulis pada tahun 2023 mulai mengikuti kompetisi bidang MIPA khususnya matematika, kompetisi yang diikuti antara lain Olimpiade Nasional Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Perguruan Tinggi (ONMIPA-PT) sampai tahap seleksi wilayah, mengikuti Mathematical Analysis & Geometry Day (MaG-D) XIV di Institut Teknologi Bandung, mengikuti Calculus Cup (CalCup) XIV yang diadakan oleh UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, dan mengikuti Sanata Dharma Calculus League (Sadhar CalL) Musim ke-5 sampai tahap semifinal di Universitas Sanata Dharma.

KATA INSPIRASI

"Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."

(QS. Al-Baqarah: 286)

"The future belongs to those who believe in the beauty of their dreams."

(Eleanor Roosevelt)

"Bukan seberapa cepat kamu sampai, tapi seberapa kuat kamu bertahan dalam perjalanan."

(Wisely Salaka Khibban)

PERSEMBAHAN

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

Mama, Papa, dan Adik-Adikku Tercinta

Terima kasih kepada keluargaku atas segala pengorbanan, motivasi, doa, dan ridho serta dukungannya selama ini. Terimakasih telah memberikan pelajaran berharga kepada anakmu ini tentang makna perjalanan hidup yang sebenarnya sehingga kelak bisa menjadi orang yang bermanfaat bagi banyak orang dan berdiri di kakinya sendiri.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Terima kasih kepada dosen pembimbing dan pembahas yang sudah sangat membantu, memberikan motivasi, memberikan arahan, menunjukkan kesabaran yang luar biasa, serta ilmu yang berharga.

Shifa Triska Aziza

Terima kasih kepada dirimu yang telah menunjukkan bahwa tidak selamanya kita hidup sendiri. Adakalanya dirimu yang membuatku harus kembali fokus terhadap tujuanku.

Teman-temanku

Terima kasih atas waktu dan momen yang sudah kalian lalui bersamaku.

Almamater Yang Dibanggakan

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 **"Perbandingan Algoritma *Nearest Neighbor* dan Algoritma Christofides untuk Penyelesaian *Tour* Terpendek Rumah Sakit Pemerintah di Provinsi Lampung dengan Menggunakan Data Haversine dan Euclidean"** dengan baik walaupun sedikit lebih lama dibandingkan yang seharusnya. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, tak lepas juga pihak yang telah membantu memberikan bimbingan, dukungan, arahan, motivasi serta saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Dengan demikian, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dra. Wamiliana, MA., Ph.D. selaku Pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu dan sabar menunggu mahasiswa bimbingan terakhir di angkatan 2020 untuk memberikan arahan, bimbingan, motivasi, saran serta dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT. membalas semua kebaikan yang Ibu berikan. *Aamiin Allahuma Aamiin.*
2. Ibu Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si. selaku Pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Fitriani, S.Si., M.Sc. selaku Penguji yang telah bersedia memberikan kritik, saran, dan motivasi, serta evaluasi kepada penulis sehingga penulis dapat menjadi pribadi yang 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. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Alm. Bapak Amanto, S.Si., M.Si. selaku pembimbing akademik yang pertama untuk penulis yang telah mendukung penulis untuk semangat mengejar ilmu. Penulis bersaksi bahwa beliau adalah orang yang baik semasa hidupnya. Al-Fatihah untuk beliau.
7. Ibu Dina Eka Nurvazly, S.Pd., M.Si. selaku pembimbing akademik yang kedua untuk penulis, terima kasih telah sabar menunggu mahasiswa seperti penulis.
8. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
9. Mama, Papa, dan Adik-Adikku yang selalu mendoakan dan mendukung penulis secara material maupun emosional. Terimalah hasil tulisan yang sederhana ini.
10. Shifa Triska Aziza sebagai sosok yang sangat berarti hingga menemani penulis dalam menyelesaikan karya ini dan sudah memberikan dukungan yang sangat berharga. Skripsi ini dapat selesai karena ada doa yang tak terdengar namun selalu sampai kepadaku, terima kasih.
11. Teman-teman Assassin's Squad Unity yang telah menyempatkan waktunya untuk mabar *Mobile Legends: Bang Bang*.
12. Aprianto, Faris, dan Muhtarom yang berbicara tentang mimpi kalian di malam sebelum kegiatan Karya Wisata Ilmiah.
13. Rafif, Sandi, Aji, Nanda, Prisko, dan Imron yang telah meluangkan waktunya untuk bertanding *Pro Evolution Soccer*.

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, 24 Maret 2025

Wisely Salaka Khibban

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Konsep Dasar Graf dan Terminologi Dasar Graf	4
2.2 <i>Minimum Spanning Tree</i>	6
2.3 <i>Travelling Salesman Problem</i>	9
2.4 Algoritma <i>Nearest Neighbor</i>	10
2.5 Algoritma Christofides	12
2.6 Python	15
2.7 Jarak Euclidean	15
2.8 Jarak Haversine	16
2.9 <i>Google Maps Application Programming Interface (API)</i>	16
2.10 <i>Google Earth</i>	17
III METODE PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2 Metode Penelitian	18
3.3 Data Penelitian	19
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Penyelesaian <i>Travelling Salesman Problem</i> Data Jarak Haversine	21
4.1.1 Penyelesaian <i>Travelling Salesman Problem</i> Data Haversine Menggunakan Algoritma <i>Nearest Neighbor</i>	23
4.1.2 Penyelesaian <i>Travelling Salesman Problem</i> Data Haversine Menggunakan Algoritma Christofides	26
4.2 Penyelesaian <i>Travelling Salesman Problem</i> Data Euclidean	34

4.2.1	Penyelesaian <i>Travelling Salesman Problem</i> Data Euclidean Menggunakan Algoritma <i>Nearest Neighbor</i>	36
4.2.2	Penyelesaian <i>Travelling Salesman Problem</i> Data Euclidean Menggunakan Algoritma Christofides	39
4.3	Penyelesaian <i>Travelling Salesman Problem</i> Data Waktu Tempuh . .	46
4.3.1	Penyelesaian <i>Travelling Salesman Problem</i> Data Waktu Tempuh Menggunakan Algoritma <i>Nearest Neighbor</i>	47
4.3.2	Penyelesaian <i>Travelling Salesman Problem</i> Data Waktu Tempuh Menggunakan Algoritma Christofides	50
4.4	Perbandingan Hasil Algoritma <i>Nearest Neighbor</i> dan Algoritma Christofides <i>Travelling Salesman Problem</i>	57
V	KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	61
	DAFTAR PUSTAKA	62

DAFTAR TABEL

2.1	Contoh jarak masing-masing simpul dengan simpul lainnya	7
2.2	Urutan sisi setelah disortir	8
2.3	Pemilihan sisi dari terkecil hingga terbesar	8
3.1	Daftar rumah sakit pemerintah Provinsi Lampung dan titik koordinatnya	20
4.1	Data jarak Haversine dalam satuan km	22
4.2	Penyelesaian TSP data Haversine menggunakan algoritma <i>Nearest Neighbor</i>	23
4.3	Data jarak Euclidean dalam km	35
4.4	Penyelesaian TSP data Euclidean menggunakan algoritma <i>Nearest Neighbor</i>	36
4.5	Data waktu tempuh dalam satuan waktu menit	47
4.6	Penyelesaian TSP data waktu menggunakan algoritma <i>Nearest Neighbor</i>	47
4.7	Perbandingan hasil algoritma <i>Nearest Neighbor</i> dan algoritma Christofides untuk data Haversine	57
4.8	Perbandingan hasil algoritma <i>Nearest Neighbor</i> dan algoritma Christofides untuk data Euclidean	58
4.9	Perbandingan hasil algoritma <i>Nearest Neighbor</i> dan algoritma Christofides untuk data waktu tempuh	59

DAFTAR GAMBAR

2.1	Graf dengan 8 simpul dan 13 sisi	5
2.2	Graf dengan 8 simpul dan 8 sisi	6
2.3	MST yang terbentuk	9
2.4	Graf yang terbentuk berdasarkan Tabel 2.1	11
2.5	<i>Tour</i> yang terbentuk	12
2.6	Graf <i>tour</i> optimal (1)	12
2.7	<i>Minimum spanning tree</i> yang terbentuk dari Gambar 2.3	13
2.8	Graf Eulerian	13
2.9	Graf Euler yang terbentuk	14
2.10	Sirkuit Hamiltonian yang terbentuk	14
2.11	Graf <i>tour</i> optimal (2)	14
3.1	Diagram alir penelitian	19
4.1	Titik-titik koordinat dalam <i>Google Earth</i>	21
4.2	Hasil <i>tour</i> Haversine menggunakan algoritma <i>Nearest Neighbor</i> pada <i>Google Earth</i>	24
4.3	<i>Tour</i> yang diperbaiki untuk jarak Haversine menggunakan algoritma <i>Nearest Neighbor</i> pada <i>Google Earth</i>	25
4.4	<i>Script</i> program Python untuk jarak Haversine menggunakan algoritma <i>Nearest Neighbor</i>	26
4.5	<i>Minimum Spanning Tree</i> dari 19 simpul rumah sakit pemerintah di Provinsi Lampung	27
4.6	Sketsa MST dengan sisi yang ditambahkan	28
4.7	Graf Eulerian yang terbentuk	28
4.8	Sisi yang dihapus dari Graf Eulerian	29
4.9	<i>Tour</i> TSP data jarak Haversine menggunakan algoritma Christofides.	30
4.10	<i>Tour</i> setelah diperbaiki untuk jarak Haversine menggunakan algoritma Christofides pada <i>Google Earth</i>	31
4.11	<i>Script</i> program Python untuk jarak Haversine menggunakan algoritma Christofides	32

4.12	<i>Tour</i> jarak Haversine yang dihasilkan <i>script</i> program Python menggunakan algoritma Christofides.	33
4.13	Hasil <i>tour</i> Euclidean menggunakan algoritma <i>Nearest Neighbor</i> pada <i>Google Earth</i>	37
4.14	<i>Tour</i> yang diperbaiki untuk jarak Euclidean menggunakan algoritma <i>Nearest Neighbor</i> pada <i>Google Earth</i>	38
4.15	<i>Script</i> program Python untuk jarak Euclidean menggunakan algoritma <i>Nearest Neighbor</i>	39
4.16	<i>Minimum Spanning Tree</i> dari 19 simpul rumah sakit pemerintah di Provinsi Lampung dengan data Euclidean.	40
4.17	Sketsa MST dengan sisi yang ditambahkan.	41
4.18	Graf Eulerian yang terbentuk.	41
4.19	Sisi yang dihapus dari graf Eulerian.	42
4.20	<i>Tour</i> TSP data jarak Euclidean menggunakan algoritma Christofides.	43
4.21	Sketsa <i>tour</i> yang diperbaiki untuk jarak Euclidean menggunakan algoritma Christofides pada <i>Google Earth</i>	44
4.22	<i>Script</i> program Python untuk jarak Euclidean menggunakan algoritma Christofides.	45
4.23	<i>Tour</i> jarak Euclidean yang dihasilkan oleh <i>script</i> program Python menggunakan algoritma Christofides.	45
4.24	Sketsa <i>tour</i> TSP data waktu tempuh menggunakan algoritma <i>Nearest Neighbor</i> pada <i>Google Earth</i>	48
4.25	Sketsa <i>tour</i> TSP data waktu tempuh menggunakan algoritma <i>Nearest Neighbor</i> yang diperbaiki pada <i>Google Earth</i>	49
4.26	<i>Script</i> Python untuk TSP data waktu tempuh menggunakan algoritma <i>Nearest Neighbor</i>	50
4.27	MST dari 19 simpul data waktu.	51
4.28	MST dengan penambahan sisi berwarna merah untuk data waktu.	52
4.29	Graf Eulerian yang terbentuk untuk data waktu.	52
4.30	<i>Tour</i> TSP data waktu tempuh menggunakan algoritma Christofides pada <i>Google Earth</i> yang diperbaiki.	54
4.31	<i>Script</i> program Python untuk TSP data waktu tempuh menggunakan algoritma Christofides.	54
4.32	<i>Tour</i> dari TSP data waktu menggunakan algoritma Christofides berdasarkan <i>script</i> program Python.	55
4.33	<i>Tour</i> TSP untuk data waktu yang diperoleh melalui program Python menggunakan algoritma Christofides.	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Rumah sakit merupakan tempat yang menyediakan jasa dalam bentuk pelayanan kesehatan maupun tempat yang mendistribusikan logistik seperti alat-alat kesehatan dan bahan-bahan medis yang dipakai oleh masyarakat. Menurut Indriastuti dan Andriani (2022), penyediaan logistik di rumah sakit merupakan proses yang sangat penting untuk memastikan kebutuhan medis seperti bahan, alat, dan peralatan agar rumah sakit memiliki tingkat efisiensi yang tinggi. Selain kebutuhan medis, perlu diperhatikan juga logistik non-medis seperti peralatan kantor, ketersediaan bahan bakar, dan peralatan rumah tangga untuk keperluan yang menyangkut dengan peningkatan pelayanan (Mokalu dkk., 2019).

Kecepatan dan ketepatan dalam pengiriman logistik dibutuhkan untuk memenuhi kepuasan pelanggan, pada studi kasus ini pelanggan yang dimaksud yaitu pasien rumah sakit. Pendistribusian logistik yang diutamakan berupa alat kesehatan, singkatnya waktu pengantaran logistik merupakan acuan sebagai keberhasilan rumah sakit dalam meningkatkan kualitas pelayanan rumah sakit dengan adanya persediaan alat kesehatan secara cepat dan tepat (Jutriano dan Abidin, 2023).

Pada kasus ini, dibutuhkan solusi dalam meminimalisasikan waktu dalam pendistribusian logistik dari rumah sakit pusat ke masing-masing rumah sakit pemerintah di Provinsi Lampung. Pencarian waktu tersingkat dalam masalah ini bisa didekati sebagai *Travelling Salesman Problem*, proses optimisasi pada *Travelling Salesman Problem* yaitu membentuk *tour* terpendek untuk meminimalisasi waktu tempuh perjalanan (Lutfi dkk., 2023).

Travelling Salesman Problem memiliki penyelesaian-penyelesaian dengan algoritma yang beragam sehingga banyak peminat ilmu untuk menyelesaikan *Travelling*

Salesman Problem, contohnya yaitu algoritma *Nearest Neighbor*, algoritma *Cheapest Insertion Heuristic*, algoritma *Artificial Bee Colony*, dan sebagainya (Pratama dkk., 2020). Secara singkat, *Travelling Salesman Problem* merupakan permasalahan *salesman* yang berawal dari kota asal dan mengunjungi kota lainnya tepat satu kali lalu kembali lagi ke kota asal. *Travelling Salesman Problem* dapat direpresentasikan sebagai graf dengan kota menjadi suatu titik dan jalur yang dilewati menjadi suatu sisi pada graf (Lusiani dkk., 2023).

Berdasarkan jenis algoritma penyelesaian dari *Travelling Salesman Problem*, peneliti menerapkan dan mengembangkan konsep mengenai *Travelling Salesman Problem*. Beberapa peneliti terdahulu yang membahas tentang *Travelling Salesman Problem*, contohnya seperti Prasetio dan Suseno (2024) yang mencari optimasi rute di perusahaan *Yellow Moon Production* menggunakan *Ant Colony* dan *Nearest Neighbor*. Penelitian lain yang mencari solusi dari *Travelling Salesman Problem* diteliti oleh Tjoea dan Halim (2023) yang membahas rute pelayaran kapal dengan algoritma Christofides, hasil yang diperoleh dalam penelitian tersebut adalah terbentuknya *tour* dengan waktu yang singkat.

Berdasarkan beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya, penelitian ini membahas mengenai hasil perbandingan antara dua algoritma yang berbeda yaitu algoritma Christofides dan algoritma *Nearest Neighbor* untuk menyelesaikan *Travelling Salesman Problem*. Pada kasus ini, penelitian ini mencari solusi dari *Travelling Salesman Problem* yang dibandingkan berdasarkan jarak Euclidean, jarak Haversine, dan waktu tempuh dalam menentukan *tour* 19 rumah sakit pemerintah di Provinsi Lampung.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diteliti adalah tentang perbandingan solusi *Travelling Salesman Problem* dengan algoritma Christofides dan algoritma *Nearest Neighbor* untuk menentukan *tour* dari rumah sakit pusat ke-18 rumah sakit pemerintah lainnya di Provinsi Lampung dan kembali lagi ke rumah sakit pusat.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin diperoleh pada penelitian ini yaitu

1. menentukan penyelesaian *Travelling Salesman Problem* dari rumah sakit pusat ke-18 rumah sakit pemerintah lainnya di Provinsi Lampung baik secara manual maupun menggunakan *software Python* dengan menggunakan data Haversine dan data Euclidean.
2. membandingkan hasil yang diperoleh dengan menggunakan algoritma Christofides dan algoritma *Nearest Neighbor*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh pada penelitian ini yaitu

1. memberikan literasi kepada pembaca mengenai *Travelling Salesman Problem* khususnya dengan menggunakan algoritma Christofides dan algoritma *Nearest Neighbor*.
2. menambahkan referensi untuk penelitian berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

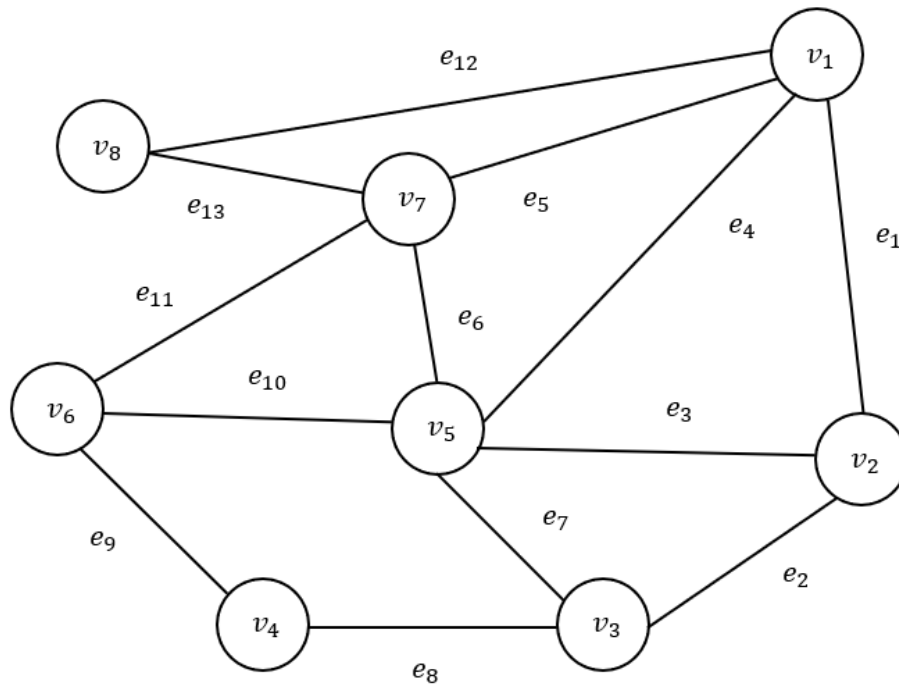
2.1 Konsep Dasar Graf dan Terminologi Dasar Graf

Teori graf merupakan salah satu ilmu matematika yang mempelajari tentang struktur dan hubungan antara simpul (*vertex*) dan sisi (*edge*) dalam suatu graf. Teori graf muncul pada tahun 1736 melalui makalah tulisan Leonard Euler, seorang ahli matematika dari Swiss. Euler mengubah daratan sebagai simpul dan jembatan sebagai sisi untuk merepresentasikan masalah. Selain itu, representasi tersebut dikenal sebagai graf (Gross dan Yellen, 2003).

Menurut Gross dan Yellen (2003), graf G terdiri atas pasangan terurut himpunan (V, E) dengan $V \neq \emptyset$ disebut sebagai himpunan simpul $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ dan E disebut sebagai himpunan sisi dimana $E = \{e_{ij} | i, j \in V\}$ boleh kosong yang menghubungkan simpul-simpul pada V . Jika simpul v merupakan simpul yang berada pada sisi e , maka simpul v disebut menempel (*incident*) pada sisi e . Simpul u dan v dikatakan bertetangga (*adjacent*) jika kedua simpul u dan v dihubungkan oleh sisi yang sama. Derajat (*degree*) dari suatu simpul v pada graf G dinotasikan dengan $\deg(v)$ yaitu jumlah sisi yang menempel dengan simpul v (Harary, 1969).

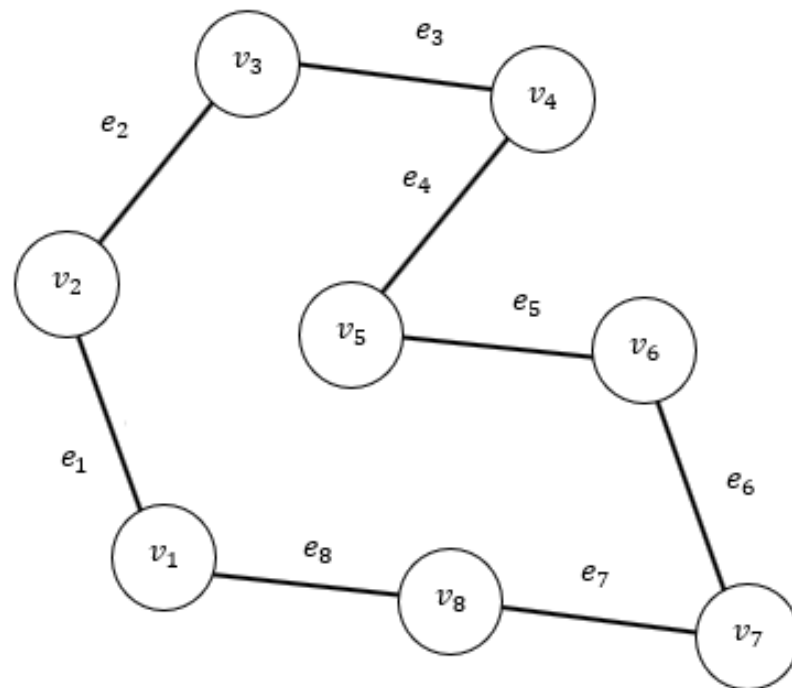
Adapun beberapa terminologi dasar yang digunakan dalam konsep dasar graf yang dijelaskan oleh Gross dan Yellen (2003), di antaranya adalah jalan (*walk*) yaitu barisan berselang-seling antara simpul dan sisi $\{v_0, e_1, v_1, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n\}$ yang dimulai dari simpul dan tiap sisi menempel dengan simpul sebelum dan sesudahnya. Lintasan (*path*) yaitu suatu langkah sedemikian sehingga tidak ada simpul yang dilewati lebih dari sekali. Sedangkan, lintasan tertutup yang melalui semua simpul tepat sekali dan tidak mengulangi simpul mana pun, kecuali simpul awal dan akhir disebut *tour*. Lintasan Euler adalah lintasan yang melewati setiap sisi tepat satu kali. Lintasan Hamiltonian adalah lintasan yang melewati setiap simpul tepat satu kali. Siklus (*cycle*) atau sirkuit merupakan lintasan tertutup yang memiliki panjang

setidaknya satu. Sirkuit Euler adalah lintasan Euler yang dimulai dari suatu simpul dan berakhir di simpul yang sama. Sirkuit Hamiltonian adalah lintasan Hamiltonian yang dimulai dari suatu simpul dan berakhir di simpul yang sama.



Gambar 2.1 Graf dengan 8 simpul dan 13 sisi.

Pada Gambar 2.1, simpul yang menempel dengan sisi e_1 adalah v_1 dan v_2 , lalu contoh simpul yang bertetangga dengan simpul v_1 (memiliki derajat empat) adalah simpul v_2 , v_5 , v_7 , dan v_8 . Salah satu contoh *walk* pada Gambar 2.1 dapat direpresentasikan dengan barisan $v_1 - e_1 - v_2 - e_2 - v_3$. Contoh lintasan pada Gambar 2.1 adalah $v_8 - v_7 - v_5 - v_2 - v_1$. Contoh sirkuit pada Gambar 2.1 adalah $v_8 - v_7 - v_5 - v_2 - v_1 - v_8$. Diberikan contoh graf lain pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Graf dengan 8 simpul dan 8 sisi

Dapat dilihat pada Gambar 2.2 yang merupakan contoh lintasan Euler adalah $v_1 - v_2 - v_3 - v_4 - v_5 - v_6 - v_7 - v_8 - v_1$. Untuk contoh lintasan Hamiltonian adalah $v_1 - v_2 - v_3 - v_4 - v_5 - v_6 - v_7 - v_8$. Contoh sirkuit Euler dan sirkuit Hamiltonian pada graf Gambar 2.2 sama yaitu $v_1 - v_2 - v_3 - v_4 - v_5 - v_6 - v_7 - v_8$.

2.2 Minimum Spanning Tree

Minimum Spanning Tree (MST) adalah suatu graf yang terhubung yang memuat semua simpul pada graf tanpa membentuk suatu sirkuit dalam graf tersebut dan memiliki jumlah bobot minimum dari semua sisi. Penerapan MST dapat digunakan dalam berbagai bidang, seperti pada bidang telekomunikasi, transportasi, sistem kelistrikan, dan lain-lain. Algoritma untuk mencari MST yang terkenal seperti algoritma Kruskal, algoritma Prim, dan algoritma Sollin (Pariyani dkk., 2022).

Salah satu pencarian solusi dari *Minimum Spanning Tree* yang terkenal adalah menggunakan algoritma Kruskal. Penerapan dari algoritma Kruskal diawali dengan menyortir semua sisi yang ada dalam suatu graf dari bobot terkecil hingga bobot

terbesar (Wattimena dan Lawalatta, 2013). Berikut ini adalah penjelasan langkah-langkah algoritma Kruskal.

1. Urutkan atau sortir semua sisi pada suatu graf dari terkecil hingga terbesar.
2. Lalu ambil bobot terkecil dari hasil pengurutan.
3. Setelah mendapatkan sisi dengan bobot terkecil pada suatu graf, cek apakah penambahan suatu sisi tersebut mengakibatkan sirkuit, jika ya maka pilih sisi lain dengan bobot terkecil selanjutnya dan jika tidak maka pilih sisi tersebut.
4. Ulangi sampai semua simpul terpilih dan hingga $n - 1$ sisi pada suatu graf dengan n merupakan jumlah simpul yang terdapat pada suatu graf.

Contoh 2.2.1

Tentukan *Minimum Spanning Tree* yang terbentuk berdasarkan data Tabel 2.1 menggunakan algoritma Kruskal!

Tabel 2.1 Contoh jarak masing-masing simpul dengan simpul lainnya

Titik	Jarak (dalam km)				
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
<i>A</i>	0	10	15	20	25
<i>B</i>	10	0	35	25	30
<i>C</i>	15	35	0	30	20
<i>D</i>	20	25	30	0	15
<i>E</i>	25	30	20	15	0

Untuk menentukan MST yang terbentuk, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Sortir semua sisi pada graf dari yang terkecil hingga ke yang terbesar, berikut ini hasil penyortiran sisi.

Tabel 2.2 Urutan sisi setelah disortir

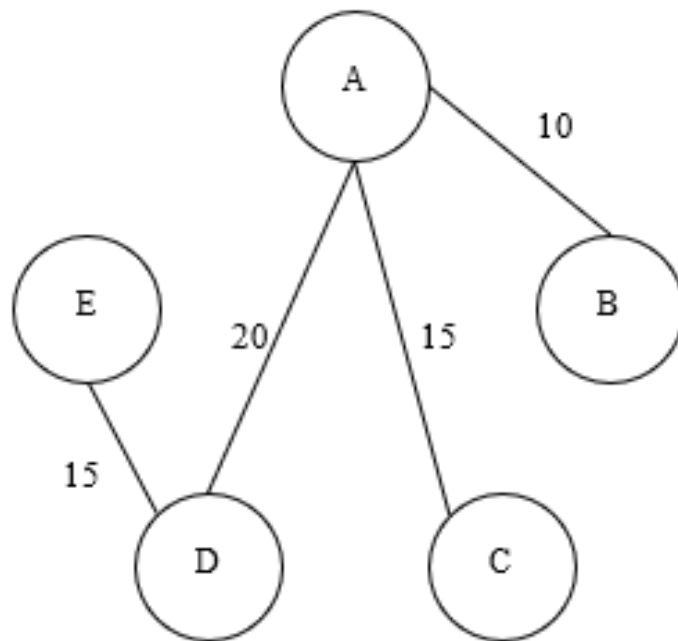
Sisi	Jarak
$A - B$	10
$A - C$	15
$D - E$	15
$A - D$	20
$C - E$	20
$A - E$	25
$B - D$	25
$B - E$	30
$C - D$	30
$B - C$	35

2. Pilih sisi dengan jarak terkecil sampai semua simpul dikunjungi dan cek apakah terbentuk sirkuit. Jika ya maka pilih sisi terkecil yang lain, jika tidak maka pilih sisi tersebut.

Tabel 2.3 Pemilihan sisi dari terkecil hingga terbesar

Sisi	Jarak	Semua simpul sudah dikunjungi?	Terbentuk sirkuit?
$A - B$	10	Tidak	Tidak
$A - C$	15	Tidak	Tidak
$D - E$	15	Tidak	Tidak
$A - D$	20	Tidak	Tidak
$C - E$	20	Ya	-
$A - E$	25	-	-
$B - D$	25	-	-
$B - E$	30	-	-
$C - D$	30	-	-
$B - C$	35	-	-

3. Karena semua simpul sudah dikunjungi saat pemilihan sisi $C - E$ dan sisi yang terpilih tidak membentuk suatu sirkuit, maka proses berhenti. Terbentuk *Minimum Spanning Tree* dengan jarak 60 km, dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 MST yang terbentuk.

2.3 Travelling Salesman Problem

Travelling Salesman Problem (TSP) merupakan permasalahan yang dipelajari pada abad ke-18 oleh ilmuwan asal Irlandia, Sir William Rowan Hamilton, dan ilmuwan asal Inggris, Thomas Penyngton Kirkman (Ilin dkk., 2023). *Travelling Salesman Problem* juga merupakan masalah *NP-hard* (*nondeterministic polynomial problem*).

Penjelasan tentang *Travelling Salesman Problem* oleh Mladenović dkk. (2013) yaitu diberikan himpunan simpul-simpul dan bobot (atau jarak) dari setiap perjalanan. Tujuan dari *Travelling Salesman Problem* yaitu mengunjungi semua simpul tepat satu kali dan kembali ke simpul semula dengan bobot seminimum mungkin. Pada dasarnya, TSP merupakan masalah yang serupa seperti mencari panjang minimum dari sirkuit Hamiltonian, sirkuit Hamiltonian adalah lintasan tertutup yang melewati semua simpul tepat satu kali (Wibawa, 2022).

Contoh-contoh algoritma yang dipakai dalam menyelesaikan *Travelling Salesman Problem* di antaranya yaitu algoritma *Nearest Neighbor*, algoritma *cheapest inser-*

tion heuristic, algoritma genetika, algoritma Christofides, dan masih banyak lagi jenis algoritma yang dapat dipakai untuk menyelesaikan *Travelling Salesman Problem* (Tohari dan Astuti, 2023).

2.4 Algoritma *Nearest Neighbor*

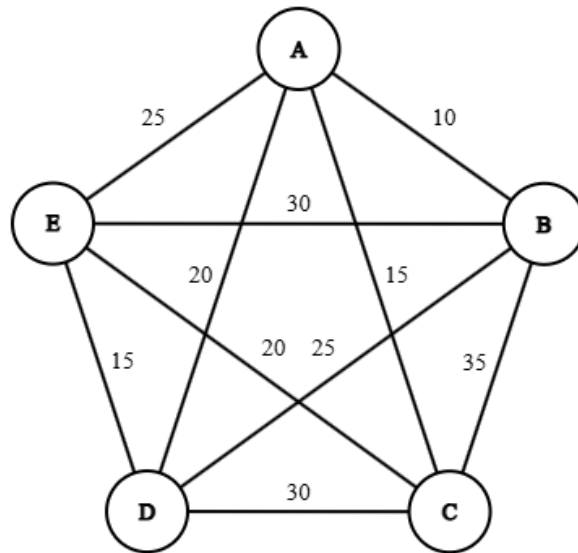
Salah satu cara menyelesaikan dalam *Travelling Salesman Problem* adalah dengan menggunakan algoritma *Nearest Neighbor*. Algoritma *Nearest Neighbor* dilakukan dengan memilih simpul awal dan memilih sisi yang nilainya terkecil untuk menuju ke simpul yang menempel pada sisi dengan nilai terkecil. Algoritma *nearest neighbor* dapat dimulai di simpul mana saja sebagai simpul awal dan simpul akhir *tour* (Suryani dkk., 2018).

Langkah-langkah dari algoritma *Nearest Neighbor* dijelaskan sebagai berikut (Christata dan Primadasa, 2023).

1. Pilih sebarang simpul sebagai simpul awal dan sebagai simpul akhir dari suatu lintasan.
2. Cari sisi yang bernilai minimum yang menghubungkan dengan simpul lain yang menempel pada sisi tersebut. Hubungkan sisi yang bernilai minimum antara simpul yang sebelumnya dengan simpul yang selanjutnya.
3. Ulangi langkah 2 sampai semua simpul dikunjungi.
4. Hubungkan simpul awal dan simpul terakhir dalam pencarian untuk membentuk suatu lintasan.
5. Cek apakah lintasan yang terbentuk terdapat perpotongan simpul, jika ya maka perbaiki, jika tidak maka lanjut ke langkah berikutnya.
6. Selesai.

Contoh 2.4.1

Diberikan jarak sesuai dengan Tabel 2.1, selesaikan *Travelling Salesman Problem* dengan menggunakan algoritma *Nearest Neighbor*.

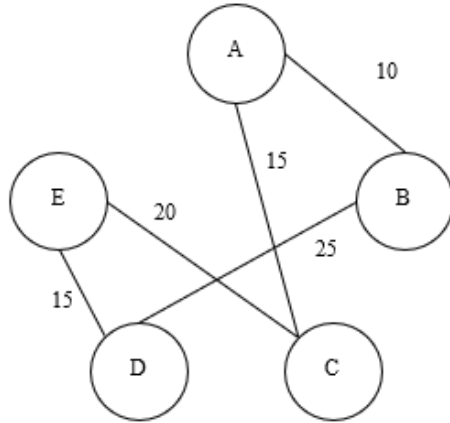


Gambar 2.4 Graf yang terbentuk berdasarkan Tabel 2.1.

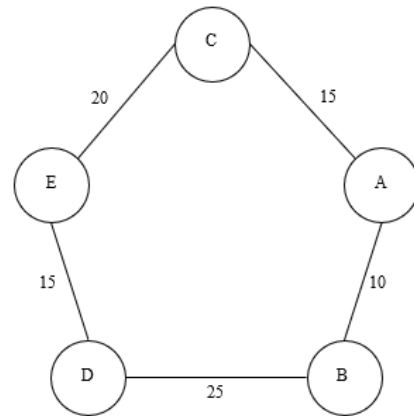
Untuk menyelesaikan masalah pada Contoh 2.4.1, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pilih simpul *A* sebagai simpul awal.
2. Selanjutnya pilih sisi yang minimum menempel dengan simpul *A*, pilih sisi yang menghubungkan simpul *A* dengan simpul *B* yang berbobot 10 km.
3. Pilih sisi yang menghubungkan simpul *B* dengan simpul *D* yang berbobot 25 km.
4. Pilih sisi yang menghubungkan simpul *D* dengan simpul *E* yang berbobot 15 km.
5. Pilih sisi yang menghubungkan simpul *E* dengan simpul *C* yang berbobot 20 km.
6. Hubungkan simpul *C* dengan simpul *A* agar membentuk *tour*.

Berdasarkan langkah-langkah tersebut, hasil *tour* yang terbentuk adalah $A - B - D - E - C - A$ dengan total bobot 85 km.



Gambar 2.5 *Tour* yang terbentuk.



Gambar 2.6 Graf *tour* optimal (1).

2.5 Algoritma Christofides

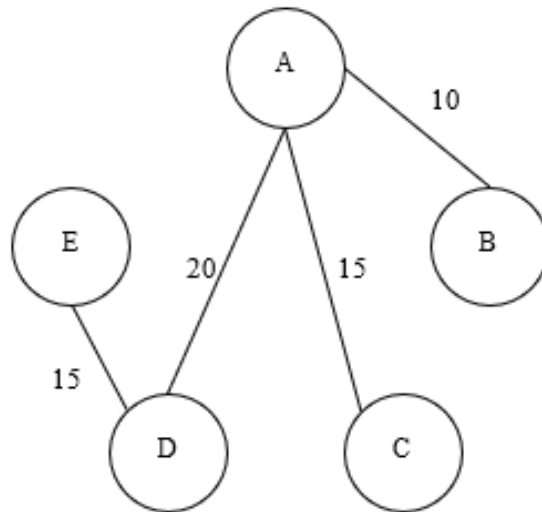
Algoritma Christofides merupakan salah satu cara dalam menyelesaikan *Travelling Salesman Problem* melalui aproksimasi solusi untuk TSP. Adapun langkah-langkah algoritma Christofides untuk mencari solusi dari TSP sebagai berikut (Tjoea dan Halim, 2023).

1. Mulai dengan mencari *Minimum Spanning Tree*.
2. Pasangkan simpul yang berderajat ganjil pada simpul lain agar terbentuk sirkuit Euler.
3. Modifikasi sirkuit Euler menjadi sirkuit Hamiltonian dengan mereduksi derajat simpul yang berderajat lebih dari dua dengan cara menghapus sisi.
4. Cek apakah lintasan yang terbentuk terdapat perpotongan simpul, jika ya maka perbaiki, jika tidak maka lanjut ke langkah berikutnya.
5. Selesai.

Contoh 2.5.1

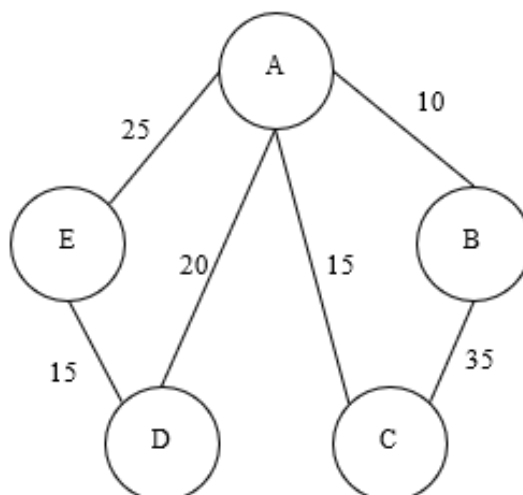
Pada Contoh 2.5.1 data yang digunakan adalah data Tabel 2.1 beserta dengan graf pada Gambar 2.4. Langkah-langkah penyelesaian TSP pada Contoh 2.5.1 dengan menggunakan algoritma Christofides sebagai berikut:

1. Tentukan *minimum spanning tree* pada graf dari Gambar 2.4. Ditemukan *minimum spanning tree* seperti pada Gambar 2.3.



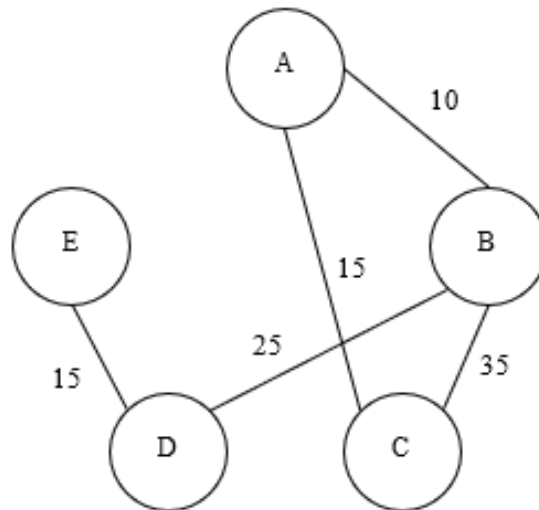
Gambar 2.7 *Minimum spanning tree* yang terbentuk dari Gambar 2.3.

2. Pasangkan simpul yang berderajat ganjil dengan sisi lain berdasarkan Gambar 2.7. Sisi yang berderajat ganjil adalah A, B, C, dan E. Hubungkan simpul A dan E dengan bobot 25 km, hubungkan simpul B dan C dengan bobot 35 km.



Gambar 2.8 Graf Eulerian.

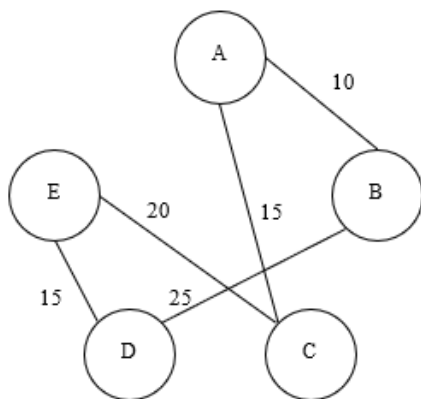
3. Bentuk sirkuit Euler dengan membuang sisi pada simpul A agar berderajat dua. Buang sisi $e_{A,D}$ dan $e_{A,E}$, kemudian hubungkan simpul B dan D.



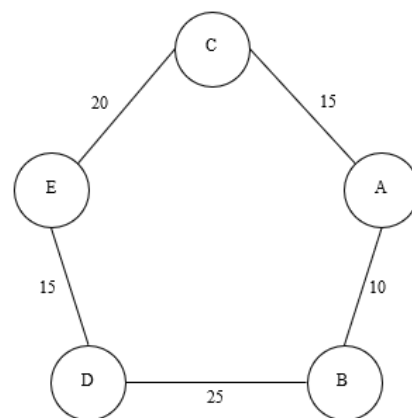
Gambar 2.9 Graf Euler yang terbentuk.

Karena masih ada simpul yang berderajat ganjil, ulangi langkah sebelumnya.

4. Misalkan sisi dibuang pada simpul B yang memiliki bobot terbesar dan ganti dengan sisi yang menghubungkan simpul E dan C agar menjadi sirkuit Hamiltonian.



Gambar 2.10 Sirkuit Hamiltonian yang terbentuk.



Gambar 2.11 Graf *tour* optimal (2).

5. Graf sudah menjadi sirkuit Hamiltonian, maka solusi TSP ditemukan yaitu

$A - B - D - E - C - A$ dengan total bobot $10 + 15 + 25 + 15 + 20 = 85$ km.

2.6 Python

Python merupakan bahasa pemrograman yang mudah dipahami dan dinamis. Awal mula pengembangan Python yaitu dimana si kreator, Guido van Rossum, ingin membuat suatu bahasa pemrograman yang cantik dan mudah dipahami oleh semua orang. Hingga saat ini Python memiliki versi hingga versi ke-3, dalam perkembangannya Python banyak menyelesaikan komputasi yang rumit dengan cara yang tidak serumit bahasa pemrograman lainnya. Python juga dapat membantu komputasi tentang *Travelling Salesman Problem* (Rawat, 2020).

2.7 Jarak Euclidean

Jarak Euclidean merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengukur jarak lurus antara dua titik dalam ruang Euclidean. Secara umum, konsep pengukuran dari jarak Euclidean menggunakan penerapan dari teorema Pythagoras yang dijelaskan oleh (Blumenfeld, 2009). Pada kasus ini, titik direpresentasikan sebagai koordinat lintang dan bujur dalam peta.

Berikut rumus jarak Euclidean dua dimensi dalam koordinat lintang dan bujur:

$$D = \sqrt{(\phi_1 - \phi_2)^2 + (\lambda_1 - \lambda_2)^2} \quad (2.1)$$

dengan keterangan,

- D = *distance* (jarak);
- ϕ_1 = titik koordinat lintang 1;
- ϕ_2 = titik koordinat lintang 2;
- λ_1 = titik koordinat bujur 1;
- λ_2 = titik koordinat bujur 2.

2.8 Jarak Haversine

Haversine merupakan singkatan dari *half versed sine*, suatu metode untuk menghitung jarak berdasarkan garis lintang dan garis bujur titik koordinat pada permukaan bumi. Asumsi terhadap rumus Haversine ini mengabaikan struktur permukaan bumi seperti kedalaman lembah dan tinggi gunung. Dua titik koordinat memiliki notasi ϕ_1 dan ϕ_2 yang mewakili garis lintang serta λ_1 dan λ_2 yang mewakili garis bujur (Maria dkk., 2020).

Berikut rumus jarak Haversine berdasarkan koordinat lintang dan bujur yang diketahui (Basyir dkk., 2017):

$$D = 2r \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos \phi_1 \cos \phi_2 \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right) \quad (2.2)$$

dengan keterangan,

- D = *distance* (jarak);
- r = *radius* (jari-jari) bumi sebesar 6371 km;
- ϕ_1 = titik koordinat lintang 1;
- ϕ_2 = titik koordinat lintang 2;
- λ_1 = titik koordinat bujur 1;
- λ_2 = titik koordinat bujur 2;
- 1° = 0.0174532925 rad.

2.9 Google Maps Application Programming Interface (API)

Google Maps Application Programming Interface (API) adalah layanan pemetaan berbasis *web* yang dikembangkan oleh perusahaan Google. Layanan utama yang diberikan oleh *Google Maps* ini adalah menyediakan peta dalam bentuk digital (Wahyudi, 2024). Beberapa fitur yang diberikan oleh *Google Maps* yang sangat berguna yaitu citra satelit dan peta jalan, panorama 360°, kondisi lalu lintas secara langsung, serta perencanaan rute.

2.10 *Google Earth*

Google Earth adalah sebuah aplikasi pemetaan tentang bumi secara digital yang dikembangkan oleh perusahaan *Google* dengan memberikan akses untuk mencari bentuk bumi secara dimensi tiga dan mendetail. *Google Earth* juga menyediakan fitur-fitur yang dapat digunakan yaitu penggambaran bumi melalui satelit, memberikan pengguna untuk navigasi bumi, mengukur jarak, dan juga membuat lintasan (Whitmeyer, 2012).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

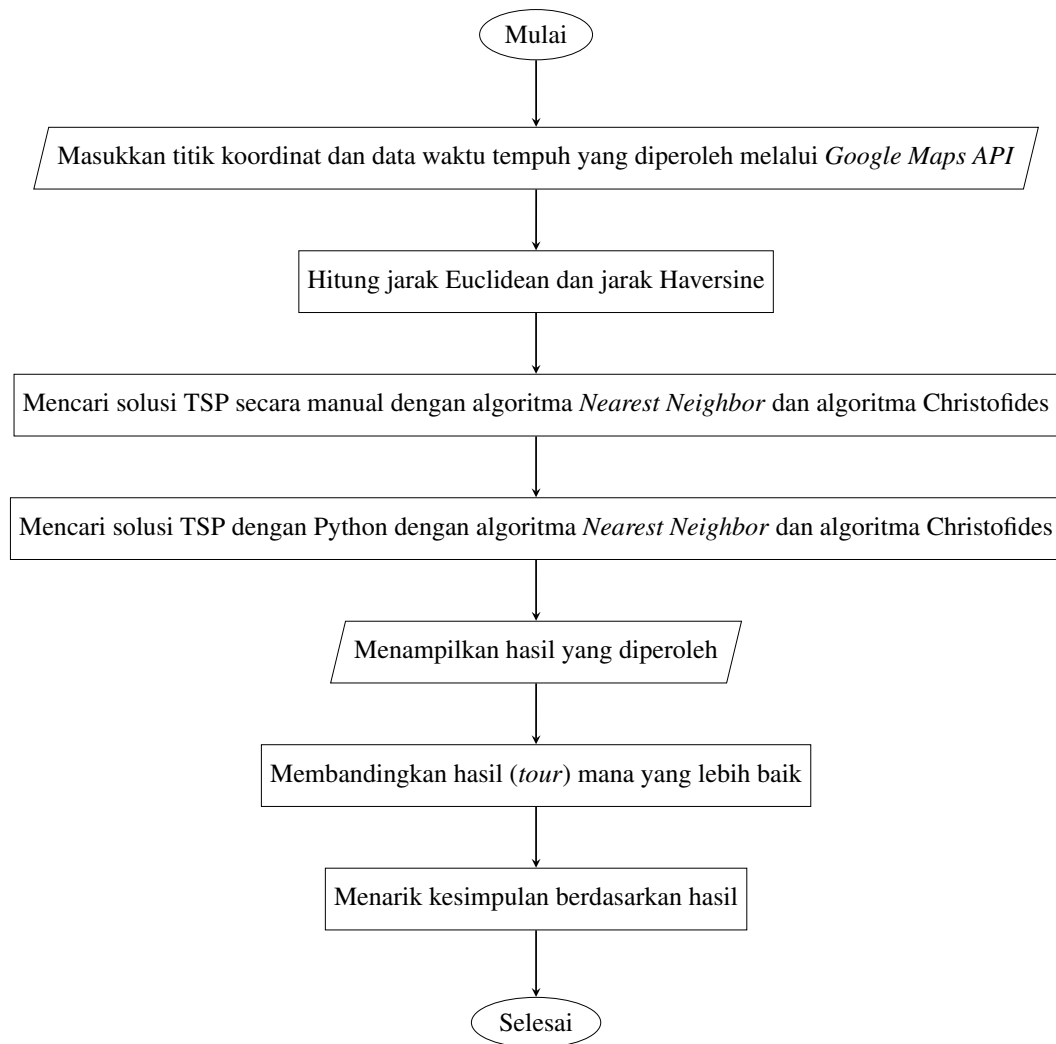
Penelitian ini dilakukan pada tahun ajaran 2024/2025 di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang beralamatkan di Jalan Prof. Dr. Ir. Soemantri Brojonegoro, Gedong Meneng, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah melalui studi literatur secara terstruktur baik dari buku, jurnal, maupun situs yang memberikan informasi tambahan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Mencari materi dan informasi tentang *Travelling Salesman Problem* beserta algoritma *Nearest Neighbor* dan algoritma Christofides.
2. Mengumpulkan data jarak Haversine, data jarak Euclidean, dan data waktu tempuh antar rumah sakit yang dijadikan studi kasus.
3. Menyelesaikan TSP dengan algoritma *Nearest Neighbor* dan algoritma Christofides baik secara manual maupun menggunakan Python.
4. Membandingkan hasil yang lebih baik antara kedua algoritma yang digunakan berdasarkan data waktu tempuh, data jarak Euclidean, dan data jarak Haversine.
5. Penarikan kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh.

Adapun diagram alir dari penelitian ini sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

3.3 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data jarak Euclidean yang diperoleh melalui *Google Maps API*, data jarak yang diperoleh melalui metode Haversine, dan data waktu tempuh antar rumah sakit pemerintah yang ada di Provinsi Lampung sebanyak 19 rumah sakit melalui *Google Maps API* yang diambil pada hari Senin tanggal 17 Juni 2024 pukul 11.00-18.00 WIB.

Data titik koordinat rumah sakit akan diberikan kode dari angka 1 sampai 19 untuk masing-masing rumah sakit pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Daftar rumah sakit pemerintah Provinsi Lampung dan titik koordinatnya

Nama Rumah Sakit	Kode	<i>Latitude</i> (Lintang)	<i>Longitude</i> (Bujur)
RSUD Dr. H. Abdul Moeloek	1	-5.3818894681275715	105.270731374337
RSUD Dr. A. Dadi Tjokrodipo	2	-5.41334512061499	105.24039632101038
RSJ Provinsi Lampung	3	-5.347915329484523	105.1949014738754
RSUD Pesawaran	4	-5.43393832312765	105.0900024261975
RSUD Pringsewu	5	-5.349137664619746	104.9370785777719
RSUD Batin Mangunang	6	-5.462413157487595	104.63745903672183
RSUD KH Muhammad Thohir	7	-5.193106404350448	105.19087154686672
RSUD Alimuddin Umar	8	-5.020648401506885	104.06568341379719
RSUD Zainal Abidin	9	-4.577373287872272	104.53774621255085
RSUD Mayjend HM Ryacudu	10	-5.064106238172603	105.14389110758025
RSUD Tulang Bawang Barat	11	-4.463946037588843	105.10691403882358
RSUD Ragab Begawi Caram	12	-3.9622997668191725	105.38510353345634
RSUD Menggala	13	-5.424423398203235	105.21530714286697
RSUD Demang Sepulau Raya	14	-4.99294970072238	105.2991890912538
RSUD Jend Ahmad Yani	15	-5.10373597342187	105.1834534414914
RSUD Summersari	16	-5.145275918524046	105.35985333250793
RSUD Sukadana	17	-5.047086260889866	105.5608035052993
RSUD Bandar Negara Husada	18	-5.272396373251678	105.49716141336318
RSUD Dr. H. Bob Bazar, S.K.M.	19	-5.705161263700641	105.06031665229193

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian didapat hasil bahwa untuk data Haversine, algoritma Christofides secara manual memberikan hasil yang lebih baik (731.863 km) dibandingkan dengan algoritma *Nearest Neighbor* secara manual (1043.797 km). Pada kedua algoritma terbentuk perpotongan lintasan sehingga perlu perbaikan *tour*. Setelah dilakukan perbaikan, kedua algoritma menghasilkan hasil yang sama (696.452 km).

Hasil penelitian untuk data Euclidean didapat bahwa algoritma Christofides secara manual memberikan hasil yang lebih baik (732.657 km) dibandingkan dengan algoritma *Nearest Neighbor* secara manual (1044.950 km). Pada kedua algoritma terbentuk perpotongan lintasan sehingga perlu perbaikan *tour*. Setelah dilakukan perbaikan, kedua algoritma menghasilkan hasil yang sama (697.213 km).

Hasil penelitian untuk data waktu tempuh didapat bahwa algoritma Christofides secara manual memberikan hasil yang lebih baik (1454 menit) dibandingkan dengan algoritma *Nearest Neighbor* secara manual (1546 menit). Pada kedua algoritma terbentuk perpotongan lintasan sehingga perlu perbaikan *tour*. Setelah dilakukan perbaikan, kedua algoritma menghasilkan hasil yang sama (1443 menit).

Secara keseluruhan, berdasarkan hasil TSP dari penggunaan tiga data yang berbeda menunjukkan bahwa algoritma Christofides lebih baik daripada algoritma *Nearest Neighbor* untuk penyelesaian *tour* terpendek rumah sakit pemerintah di Provinsi Lampung.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut seperti menggunakan algoritma lain dengan tujuan membandingkan hasil yang lebih optimal atau penambahan banyaknya data pada simpul atau titik.

DAFTAR PUSTAKA

- Basyir, M., Nasir, M., Suryati, S., dan Mellyssa, W. (2017). Determination of Nearest Emergency Service Office using Haversine Formula Based on Android Platform. *International Journal of Engineering Technology*, 5(2), 270-278.
- Blumenfeld, D. (2009). *Operations Research Calculations Handbook*. CRC Press, Boca Raton.
- Christata, B.R. dan Primadasa, B. (2023). Penentuan Rute Pengiriman Es Batu Menggunakan Nearest Neighbor dan Excel Solver. *Journal of Industrial Engineering and Technology*, 3(2), 62-73.
- Gross, J.L. dan Yellen, J. (2003). *Handbook of Graph Theory*. CRC Press, Boca Raton.
- Harary, F. (1969). *Graph Theory*. Addison-Wesley Publishing Company, New York.
- Ilin, V., Simić, D., Simić, S.D., Simić, S., Simić, N., dan, Calvo-Rolle, J.L. (2023). A Hybrid Genetic Algorithm, List-based Simulated Annealing Algorithm, and Different Heuristic Algorithms for The Travelling Salesman Problem. *Logic Journal of the IGPL*, 31(4), 602-617.
- Indriastuti, A.K. dan Andriani, H. (2022). Analisis Penyimpanan dan Distribusi Obat, Alat Kesehatan dan Bahan Medis Habis Pakai di Instalasi Farmasi Rumah Sakit Gigi Mulut Universitas Jenderal Achmad Yani Cimahi. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(12), 17398-17411.
- Jutriano, J. dan Abidin, A. (2023). Integrasi Servqual, Kano Model, dan Kansei Engineering Untuk Peningkatan Kualitas Pelayanan Distribusi Alat Kesehatan Urologi. *Journal of Comprehensive Science*, 2(12), 1458-1466.
- Lusiani, A., Purwaningsih, S.S., dan Sartika, E. (2023). TSP Method Using Nearest

- Neighbor Algorithm at PT. J&T Express in Bandung. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika, dan Statistika*, 4(3), 1560-1568.
- Lutfi, L., Khoswara, M., Aflah, H.S., dan Suseno, S. (2023). Pencarian Rute Optimal Distribusi Melalui Pendekatan Metode Ant Colony Optimization (ACO). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 2(2), 63-71.
- Maria, E., Budiman, E., Haviluddin, H., dan Taruk, M. (2020). Measure Distance Locating Nearest Public Facilities Using Haversine and Euclidean Methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 1450, 1-7.
- Mladenović, N., Todosijević, R., dan Urošević, D. (2013). An Efficient General Variable Neighborhood Search for Large Travelling Salesman Problem With Time Windows. *Yugoslav Journal of Operation Research*, 23(1), 19-30.
- Mokalu, G., Maramis, F.R.R., dan Tucunan, A.A.T. (2019). Sistem Penyimpanan dan Pendistribusian Logistik Non Medis di Rumah Sakit Jiwa Prof. Dr. V.L. Ratumbuang Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal KESMAS*, 8(12), 85-92.
- Pariyani, S., Yundari, Y., dan Fran, F. (2022). Penentuan Semua Minimum Spanning Tree (MST) dengan Menggunakan Algoritma All MST. *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya*, 11(1), 185-194.
- Prasetio, S.A.J. dan Suseno, S. (2024). Optimasi Rute dengan Metode Ant Colony Optimization dan Nearest Neighbor di Perusahaan Yellow Moon Production. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 2(6), 619-632.
- Pratama, R.R., Rerung, R.R., dan Erfina, A. (2020). Penyelesaian Travelling Salesman Problem Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*, 2(1), 10-18.
- Rawat, A. (2020). A Review on Python Programming. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 3(12), 8-11.
- Suryani, S., Kuncoro, D.K.R., dan Fathimahhayati, L.D. (2018). Perbandingan Penerapan Metode Nearest Neighbour dan Insertion Untuk Penentuan Rute Distribusi Optimal Produk Roti pada UKM Hasan Bakery Samarinda. *Profisiensi*, 6(1), 41-49.

- Tjoea, F.J. dan Halim, S. (2023). Evaluasi Rute Pelayaran Kapal dengan Pendekatan Modified Minimum Spanning Tree. *Jurnal Titra*, 11(2), 265-272.
- Tohari, A. dan Astuti, Y.P. (2023). Penerapan Algoritma Genetika dalam Menentukan Rute Terpendek PT. Pos Cabang Lamongan. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 11(3), 458-467.
- Wibawa, C. (2022). Optimalisasi Rute Wisata di Yogyakarta Menggunakan Metode Travelling Salesman Problem dan Algoritma Brute Force. *Jurnal Teknik dan Science*, 1(3), 59-65.
- Wahyudi, W. (2024). Penggabungan Mapbox dan Google Maps dalam Sistem Informasi Geografis untuk Memperkaya Fitur Tambahan. *Jurnal Ilmu Komputer Ruru*, 1(1), 22-26.
- Wattimena, A.Z. dan Lawalatta, S. (2013). Aplikasi Algoritma Kruskal dalam Penentuan Rute Terpendek. *Jurnal Barekeng*, 7(2), 13-18.
- Whitmeyer, S.J. (2012). Google Earth and Virtual Visualizations in Geoscience Education and Research. Geological Society of America, Colorado.