

**PERBANDINGAN METODE *DYNAMIC PROGRAMMING* DAN METODE
CHRISTOFIDES UNTUK MENENTUKAN *TOUR* TERPENDEK
ANTAR KANTOR KECAMATAN DI KABUPATEN
LAMPUNG SELATAN**

Skripsi

Oleh

Nawang Wulan Kusumawati
NPM. 2217031087



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRACT

A COMPARISON OF DYNAMIC PROGRAMMING AND THE CHRISTOFIDES METHOD FOR DETERMINING THE SHORTEST TOUR BETWEEN SUB-DISTRICT OFFICES IN SOUTH LAMPUNG REGENCY

By

Nawang Wulan Kusumawati

Tour optimization is a crucial aspect in various sectors, particularly in the context of local government, which aims to improve time efficiency. Mathematically, tour determination can be modeled using the Traveling Salesman Problem (TSP), which aims to determine a route from a starting point to all destinations and back to starting point, with each point only being passed once to achieve the minimum distance. This study was conducted to compare and analyze which method is more efficient in determining the shortest tour between sub-district offices in South Lampung Regency. The data used was travel time data obtained from Google Maps from 17 locations or 17 sub-districts. The results showed that the Christofides method was more effective in producing the shortest tour in this study compared to the Dynamic Programming method, based on the travel time calculations.

Key words: Tour, Travelling Salesman Problem, Dynamic Programming Method, Christofides Method.

ABSTRAK

PERBANDINGAN METODE *DYNAMIC PROGRAMMING* DAN METODE *CHRISTOFIDES* UNTUK MENENTUKAN *TOUR* TERPENDEK ANTAR KANTOR KECAMATAN DI KABUPATEN LAMPUNG SELATAN

Oleh

Nawang Wulan Kusumawati

Optimalisasi *tour* merupakan aspek penting dalam berbagai sektor, khususnya dalam konteks pemerintahan daerah yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi waktu. Secara matematis penentuan *tour* dapat dimodelkan menggunakan *Traveling Salesman Problem* (TSP) yang bertujuan untuk menentukan rute dari titik awal ke semua titik tujuan dan kembali ke titik awal lagi, dimana setiap titik hanya dilalui satu kali untuk mendapatkan jarak minimum. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan dan menganalisis metode mana yang lebih efisien dalam penentuan *tour* terpendek antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan. Data yang digunakan adalah data waktu tempuh yang diambil melalui *Google Maps* dari 17 titik lokasi atau 17 kecamatan. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa metode *Christofides* lebih efektif dalam menghasilkan *tour* terpendek pada kasus penelitian ini dibandingkan dengan metode *Dynamic Programming* dilihat dari hasil perhitungan waktu tempuhnya.

Kata kunci: *Tour*; *Travelling Salesman Problem*, Metode *Dynamic Programming*, Metode *Christofides*.

**PERBANDINGAN METODE *DYNAMIC PROGRAMMING* DAN METODE
CHRISTOFIDES UNTUK MENENTUKAN *TOUR* TERPENDEK
ANTAR KANTOR KECAMATAN DI KABUPATEN
LAMPUNG SELATAN**

Oleh

Nawang Wulan Kusumawati

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul Skripsi : **PERBANDINGAN METODE *DYNAMIC PROGRAMMING* DAN METODE *CHRISTOFIDES* UNTUK MENENTUKAN *TOUR* TERPENDEK ANTAR KANTOR KECAMATAN DI KABUPATEN LAMPUNG SELATAN**

Nama Mahasiswa : **Nawang Wulan Kusumawati**

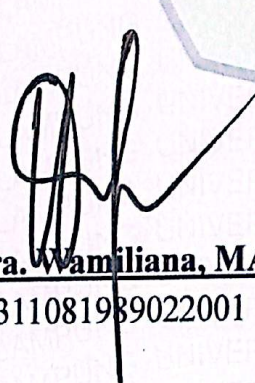
Nomor Pokok Mahasiswa : **2217031087**

Jurusan : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

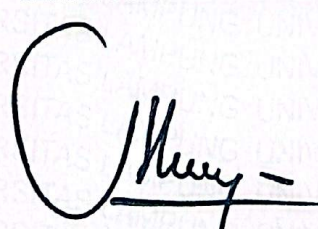


1. Komisi Pembimbing


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


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

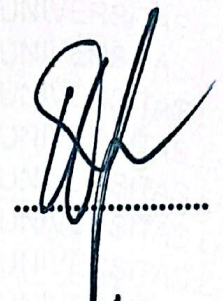
2. Ketua Jurusan Matematika


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

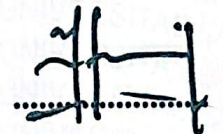
Ketua : Prof. Dra. Wamiliana, MA., Ph.D.



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



Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Asmiati, S.Si., M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP 19710012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Januari 2026

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : **Nawang Wulan Kusumawati**
Nomor Pokok Mahasiswa : **2217031087**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **Perbandingan Metode *Dynamic Programming* dan Metode *Christofides* untuk Menentukan *Tour* Terpendek antar Kantor Kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan**

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, 29 Januari 2026
Penulis,



Nawang Wulan Kusumawati
NPM. 2217031087

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Nawang Wulan Kusumawati yang lahir di Sinar Pasmah Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan pada tanggal 24 Januari 2004. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara, putri dari pasangan Bapak Sujarwo dan Ibu Tuminem.

Penulis memulai pendidikan formal di TK KB Aisyiyah pada tahun 2009 dan menyelesaikannya pada tahun 2010. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan di SDNegeri 1 Sinar Pasmah Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung pada tahun 2010 sampai dengan 2016. Penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Candipuro Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung pada tahun 2016 sampai dengan tahun 2019, dan menyelesaikan pendidikan di SMA Negeri 1 Candipuro Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung pada tahun 2022.

Pada tahun 2022, penulis diterima di program studi S1 Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Pada pertengahan tahun 2025, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Bank Rakyat Indonesia (BRI) Unit Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung selama 40 hari sampai dengan Agustus 2025. Sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat, penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di desa Banjar Agung Mataram, Kecamatan Seputih Mataram, Kabupaten Lampung Tengah, sampai dengan Februari 2025.

Selama masa studi, penulis telah berkesempatan untuk terjun langsung ke masyarakat desa melalui berbagai kegiatan akademik dan pengabdian. Pengalaman tersebut menambah wawasan serta memperkuat kemampuan penulis dalam menerapkan ilmu yang diperoleh selama perkuliahan. Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta bagi masyarakat, khususnya dalam bidang Matematika Terapan.

KATA INSPIRASI

“Cobaan hidupmu bukanlah untuk menguji kekuatan dirimu tetapi menakar seberapa besar kesungguhan dalam memohon pertolongan kepada Allah”

– Ibnu Qoyyim.–

“Jangan menangis karena sudah berakhir, tersenyumlah karena itu sudah terjadi”

– Anonim.–

“Beljarlah dari kesalahan sebelumnya lalu jangan diulangi lagi, semua harus tetap berjalan walaupun pelan karena diam tidak akan merubah apapun”

– Nawang Wulan K. –

PERSEMBAHAN

Alhadulillahirobbil"alamin

Dengan mengucapkan puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala karena limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Tak lupa shalawat beserta salam selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam.

Dengan rasa syukur dan bahagia, saya persembahkan rasa terima kasih kepada:

Keluarga Tercinta

Terima kasih kepada keluargaku untuk semua kasih sayang, nasihat, do'a, dan dukungan dalam segala hal serta selalu memberikan semangat untukku.

Sahabat-sahabatku

Terima kasih 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 “Perbandingan Metode *Dymanic Programming* dan Metode *Christofides* untuk Menentukan *Tour* Terpendek antar Kantor Kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan” 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 Prof. Dra. Wamiliana, MA., Ph.D. selaku Pembimbing 1 yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan, motivasi, saran serta dukungan kepada penulis sepanjang proses penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si. selaku Pembimbing 2 yang telah memberikan arahan, dukungan, serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Prof. Dr. Asmiati, S.Si., M.Si. selaku Penguji yang telah bersedia memberikan saran, dan kritik yang membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Muslim Ansori, S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

7. Seluruh guru TK, SD, SMP, dan SMA yang telah mengajarkan dan memberikan ilmu dengan penuh kesabaran hingga penulis bisa menduduki bangku perkuliahan.
8. Untuk support system, panutan, dan superhero. Ayahanda Sujarwo dan Ibu Tuminem yang menjadi alasan utama penulis bisa bertahan saat ini. Terima kasih selalu berjuang tanpa mengenal kata lelah dan menyerah demi mengupayakan yang terbaik untuk kehidupan penulis. Terima kasih karena tidak pernah menuntut akan segala hal bahkan senantiasa mendampingi setiap langkah penulis. Sekali lagi terima kasih untuk segala bentuk pengorbanan baik secara moral maupun finansial.
9. Kakak-kakak dan juga ponakan-ponakan tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, perhatian, dan motivasi kepada penulis. Terima kasih atas kontribusi yang sangat besar selama masa perkuliahan, baik dalam bentuk tenaga, waktu, maupun materi, serta doa dan kasih sayang yang tidak pernah putus, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
10. Teman-teman Jurusan Matematika yang telah memberikan semangat, motivasi, dan bantuan selama perkuliahan sampai proses penyelesaian skripsi.

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,

Nawang Wulan Kusumawati

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Teori Graf.....	4
2.2 <i>Travelling Salesman Problem</i> (TSP).....	7
2.3 <i>Minimum Spanning Tree</i> (MST)	8
2.4 Metode <i>Dynamic Programming</i>	10
2.5 Metode <i>Christofides</i>	13
III. METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	15
3.2 Data Penelitian	15
3.3 Metode Penelitian	16
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Deskripsi Data.....	18
4.2 Perhitungan Metode <i>Dynamic Programming</i>	21
4.3 Perhitungan Metode <i>Christofides</i>	29
V. KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Urutan sisi dari yang terkecil sampai terbesar dari Graf G	9
2. Prosedur Algoritma Kruskal graf G.....	10
3. Hasil jarak minimum pada Langkah 1 dari graf G.....	12
4. Hasil jarak minimum pada Langkah 2 dari graf G.....	12
5. Nama titik beserta alamat kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan .	19
6. Data waktu tempuh antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan (menit)	20
7. Hasil jarak minimum pada Langkah 1 dari jarak antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan.....	22
8. Hasil jarak minimum pada Langkah 2 dari jarak antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan.....	23
9. Hasil jarak minimum pada Langkah 3 dari jarak antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan.....	23
10. Hasil jarak minimum pada Langkah 4 dari jarak antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan	24
11. Hasil jarak minimum pada Langkah 5 dari jarak antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan.....	24
12. Urutan sisi dari yang terkecil sampai terbesar.....	31
13. Prosedur Algoritma Kruskal untuk jarak antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Contoh graf sederhana.....	5
2. Contoh graf lengkap	5
3. Contoh graf berbobot.....	6
4. Contoh graf berarah.....	6
5. Graf G.....	7
6. Contoh representasi graf G.....	9
7. Contoh <i>Minimum Spanning Tree</i> graf G	10
8. Menentukan Tahap dari graf G.....	12
9. Contoh graf hasil metode <i>Dynamic Programming</i>	13
10. Contoh graf hasil metode <i>Cristofides</i>	14
11. <i>Flowchart</i> langkah-langkah penelitian.....	17
12. Titik lokasi kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan	18
13. Representasi graf lengkap 17 titik lokasi kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan.....	21
14. Tahap lokasi antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan opsi pertama	22
15. Lintasan antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan opsi pertama	24
16. Hasil <i>tour</i> terpendek dengan metode <i>Dynamic Programming</i> opsi pertama.....	25
17. Tahap lokasi antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan opsi kedua	26

18. Lintasan antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan opsi kedua	27
19. Hasil <i>tour</i> terpendek dengan metode <i>Dynamic Programming</i> opsi kedua.....	27
20. Tahap lokasi antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan opsi ketiga	28
21. Lintasan antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan opsi ketiga.	28
22. Hasil <i>tour</i> terpendek dengan metode <i>Dynamic Programming</i> opsi ketiga.....	29
23. MST lokasi antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan	36
24. Graf sirkuit Euler.....	36
25. Hasil <i>tour</i> terpendek dengan metode <i>Christofides</i>	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Optimalisasi *tour* merupakan aspek penting dalam berbagai sektor, seperti manajemen logistik dan transportasi, khususnya dalam konteks pemerintahan daerah yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi waktu (Amin & Hendrik, 2025). Dalam optimalisasi *tour*, pendekatan yang umum digunakan adalah penentuan *tour* terpendek, karena pendekatan ini berfokus pada pemilihan jalur dengan jarak atau waktu tempuh paling minimal. Selain untuk meningkatkan efisiensi waktu, penentuan *tour* terpendek juga dapat menghemat biaya operasional dan meningkatkan produktivitas. Luasnya wilayah Kabupaten Lampung Selatan dan sebaran lokasi pelayanan yang terpencar menjadikan permasalahan optimasi *tour* semakin relevan. Oleh karena itu, diperlukan strategi penentuan *tour* yang mampu meningkatkan efisiensi waktu dan efektivitas pelayanan.

Oeitama dkk. (2024) menyatakan bahwa secara matematis penentuan *tour* dapat dimodelkan menggunakan *Traveling Salesman Problem* (TSP). Model TSP bertujuan untuk menentukan rute dari titik awal ke semua titik tujuan dan kembali ke titik awal lagi, dimana setiap titik hanya dilalui satu kali untuk mendapatkan jarak minimum. Penentuan rute terpendek dalam TSP adalah bagian dari masalah graf, dimana sirkuit minimum dibentuk oleh sisi-sisi yang menghubungkan sepasang titik dengan bobot yang merepresentasikan waktu dan jarak (Sagala dkk., 2022).

Dalam konteks penyelesaian TSP, berbagai penelitian telah dilakukan dengan memanfaatkan serta mengembangkan metode optimasi, diantaranya metode *Dynamic Programming* dan metode *Christofides*. Metode *Dynamic Programming* memberikan solusi optimal dengan membagi permasalahan menjadi sub-masalah yang lebih kecil melalui pendekatan rekursif (Stoian, 2024). Sedangkan metode

Christofides dapat digunakan untuk menentukan rute dengan memasang titik berderajat ganjil dan kemudian menjadi Hamiltonian *tour* dengan mereduksi derajat titik yang lebih dari 2 (Aswin dkk., 2022).

Berbagai penelitian telah membahas permasalahan TSP dengan metode *Dynamic Programming* dan metode *Christofides*, seperti penelitian Aswin dkk. (2022) yang membandingkan *Cheapest Insertion Heuristik* (CIH) dan Algoritma *Christofides* untuk permasalahan TSP pada 25 pasar tradisional di Bandar Lampung. Hasil manual yang diperoleh kedua metode tersebut sama, namun dengan bahasa pemrograman *Python* menunjukkan hasil metode CIH dan *Christofides* berbeda akibat perpotongan rute. Setelah dilakukan perbaikan dengan menghilangkan perpotongan, kedua metode kembali menghasilkan solusi yang sama. Sementara itu, Sagala dkk.(2022) dalam penelitiannya menggunakan pendekatan kuantitatif TSP dengan program dinamik berbasis model matriks untuk menentukan rute optimal dan biaya angkut barang di perusahaan logistik Pematang Siantar. Hasil optimal yang diperoleh yaitu jarak 23,5 km dengan biaya sebesar Rp19.720.

Gunawan & Andriani (2023) menerapkan algoritma *Dynamic Programming* dalam proses pencarian judul skripsi untuk menghindari duplikasi judul dan mempercepat proses pencarian berdasarkan empat variabel, yaitu kategori, judul, tahun, dan abstrak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan algoritma *Dynamic Programming* mampu mempersempit pencarian secara efektif dan menghasilkan sistem yang akurat serta efisien dalam mendeteksi kesamaan judul. Selanjutnya penelitian Thariq (2023) membandingkan algoritma *Dynamic Programming* dan *Greedy* dalam menentukan lokasi pasar optimal di Kelurahan Allepolea, Kabupaten Maros. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Algoritma *Dynamic Programming* memberikan hasil yang lebih teliti namun memerlukan waktu lebih lama, sedangkan algoritma *Greedy* lebih cepat tetapi hanya mencapai solusi optimum lokal.

Wahyudi dkk. (2024) yang menerapkan *Dynamic Programming* untuk menentukan rute pengiriman paket pada kurir J&T di Kertosono, menggunakan data koordinat nyata dan pengujian pada lima skenario, yang menghasilkan urutan rute sama dengan rute aktual sehingga mencapai akurasi 100%. Namun, dengan keterbatasan jumlah sampel dan tidak adanya perbandingan dengan metode lain, penelitian ini memerlukan pengujian lebih luas untuk analisis kinerja pada kasus dengan jumlah tujuan yang lebih besar, menjadikannya rujukan penting bagi implementasi algoritma optimisasi. Putri dkk. (2025) menerapkan algoritma *Christofides* untuk menentukan

lintasan terpendek dalam pendistribusian alat medis ke 20 rumah sakit di Kota Palembang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total waktu tempuh optimal yang diperoleh adalah 171 menit, tanpa menghitung waktu pelayanan di rumah sakit.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode *Dynamic Programming* dan metode *Christofides* memiliki keunggulan tersendiri, namun belum banyak penelitian yang secara langsung membandingkan kedua metode ini. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan dan menganalisis metode mana yang lebih efisien. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai kelebihan dan kekurangan masing-masing metode berdasarkan kriteria waktu komputasi.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan metode *Dynamic Programming* dan metode *Christofides* dalam penentuan *tour* terpendek antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan.
2. Membandingkan metode *Dynamic Programming* dan metode *Christofides* dalam menentukan *tour* terpendek antar kantor kecamatan.
3. Mengidentifikasi *tour* terpendek antar kantor kecamatan yang lebih efisien berdasarkan hasil perbandingan kedua metode.

1.3 Manfaat Penelitian

Mengacu pada tujuan penelitian, diharapkan penelitian ini bermanfaat untuk:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang optimasi rute menggunakan metode *Dynamic Programming* dan metode *Christofides*.
2. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan perbandingan metode dalam pencarian *tour* terpendek.
3. Membantu instansi terkait penentuan *tour* terpendek antar kantor kecamatan yang lebih efisien.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

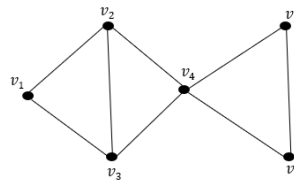
2.1 Teori Graf

Teori graf pertama kali diperkenalkan oleh Leonhard Euler pada tahun 1736 melalui penyelesaian masalah Jembatan Königsberg. Euler merepresentasikan daratan sebagai titik dan jembatan sebagai sisi, sehingga melahirkan konsep Lintasan Euler dan menjadi dasar perkembangan teori graf modern (Aziz, 2021). Sejak saat itu, teori graf terus berkembang dan banyak diterapkan dalam berbagai bidang seperti ilmu komputer, riset operasi, dan transportasi. Menurut Wamiliana (2022), istilah graf dalam matematika diskrit digunakan untuk merepresentasikan suatu objek matematika yang terdiri atas himpunan objek-objek serta hubungan di antara objek-objek tersebut.

Nur & Rahadjeng (2021) menyatakan bahwa, graf merupakan pasangan berurut yang mencakup himpunan titik $V(G)$ dan himpunan sisi $E(G)$ dengan notasi $G = (V, E)$. Himpunan $V(G) = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$ merupakan himpunan berhingga yang tidak kosong dan elemennya berupa objek bernama *vertex* atau titik dan biasanya dilambangkan dengan noktah (Rozi & Multahadah, 2021). Sedangkan himpunan $E(G) = \{e_{ij} | i, j \in V\}$ adalah himpunan berhingga yang bisa saja kosong, dengan anggota berupa objek yang disebut *edge* atau sisi dan digambarkan dalam bentuk garis atau kurva sederhana (Nur & Rahadjeng, 2021).

Terminologi penting lainnya dalam graf adalah jalan. Jalan (*walk*) adalah barisan berhingga yang berselang-seling dari titik dan garis, sedemikian sehingga setiap garis menempel dengan titik sebelum dan sesudahnya. Selain jalan ada juga lintasan. Lintasan (*path*) adalah suatu jalan dimana tidak ada titik yang dilewati lebih dari satu kali (Aulia dkk., 2023). Lintasan yang berawal dan berakhir pada titik yang sama disebut sirkuit (Rumetna dkk., 2023).

Menurut Tjoea & Halim (2023), graf merupakan struktur matematika yang digunakan untuk merepresentasikan hubungan antar objek, di mana objek direpresentasikan sebagai titik (*vertex*) dan hubungan antar objek direpresentasikan sebagai sisi (*edge*). Dalam konteks perjalanan atau *rute*, graf dapat digunakan untuk memodelkan lokasi tujuan sebagai titik dan jarak waktu tempuh antar lokasi sebagai sisi. Berikut penjelasan mengenai pengertian dan contoh masing-masing graf. Pertama, graf sederhana (*simple graph*) adalah graf yang tidak memiliki gelang dan sisi ganda (Daniel & Taneo, 2020). Gelang (*loop*) merupakan suatu sisi yang memiliki titik-titik ujung yang sama atau titik yang terhubung dengan dirinya sendiri oleh suatu sisi sedangkan sisi ganda (*parallel*) ialah dua atau lebih sisi yang memiliki titik-titik ujung yang sama. Berikut contoh graf sederhana.

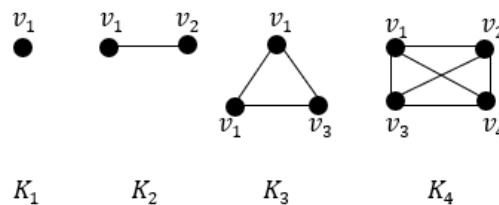


Gambar 1. Contoh graf sederhana.

Graf lengkap (*complete graph*) merupakan graf sederhana dimana setiap pasangan titik yang berbeda saling terhubung melalui tepat satu sisi (Daniel & Taneo, 2020). Graf lengkap dengan n titik dinotasikan dengan K_n dan banyaknya sisi pada graf lengkap yang memiliki n titik dapat ditulis $|E(K_n)|$ dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$|E(K_n)| = \frac{n(n-1)}{2}$$

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai graf lengkap dapat dilihat Gambar 2. berikut sebagai ilustrasi:

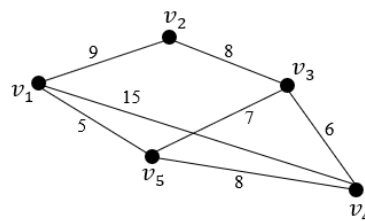


Gambar 2. Contoh graf lengkap.

Pada Gambar 2. di atas dapat dilihat contoh dari graf lengkap K_1 yang berarti banyak titiknya 1, graf lengkap K_2 yang berarti banyak titiknya 2 begitupun untuk

graf lengkap K_3 dan K_4 . Hal ini menunjukkan bahwa pola banyak sisi pada graf lengkap meningkat seiring bertambahnya banyak titik. Setiap pasangan titik pada graf lengkap saling terhubung oleh satu sisi, sehingga tidak ada pasangan titik yang tidak memiliki hubungan langsung.

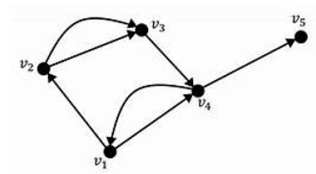
Graf berbobot (*weighted graph*) merupakan graf yang setiap sisinya diberi suatu bobot (nilai) satuan, dapat berupa jarak, panjang, atau jumlah suatu barang (Ningrum dkk., 2023). Menurut Yuliantari & Musabbikhah (2022), graf berbobot biasa digunakan untuk mencari lintasan terpendek. Sebagai ilustrasi, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh graf berbobot.

Pada Gambar 3. dapat dilihat contoh graf berbobot, misalkan dari titik v_1 ke titik v_2 bobotnya 9, dari titik v_2 ke titik v_3 bobotnya 8 dan seterusnya setiap sisi mempunyai bobotnya masing-masing.

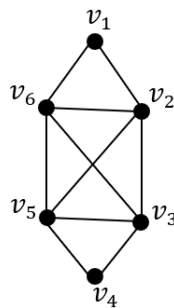
Graf berarah (*directed graph*) adalah graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah (Daniel & Taneo, 2020). Gambar 4. adalah contoh graf berarah sederhana yang terdiri dari lima titik dan beberapa sisi yang memiliki arah berbeda.



Gambar 4. Contoh graf berarah.

Dari Gambar 4. dapat dilihat arah setiap sisi yang ditunjukkan oleh tanda panah menghubungkan antar titik. Graf berarah seperti ini digunakan untuk merepresentasikan hubungan yang bersifat satu arah.

Graf Euler (*Eulerian graph*) merupakan graf yang mempunyai sirkuit Euler. Sirkuit Euler ialah sirkuit yang melewati masing-masing sisi tepat satu kali (Munir, 2021). Sedangkan Graf Hamilton adalah graf yang memiliki sirkuit Hamilton. Sirkuit Hamilton ialah sirkuit yang melalui tiap titik di dalam graf tepat satu kali, kecuali titik awal (sekalius titik akhir) yang dilalui dua kali (Munir, 2021). Lihat contoh Graf G pada Gambar 5.



Gambar 5. Graf G .

Graf G di atas mengandung Sirkuit Euler maupun Sirkuit Hamilton. Sirkuit Euler pada graf G yaitu $v_1 - v_2 - v_3 - v_4 - v_5 - v_3 - v_6 - v_5 - v_2 - v_6 - v_1$ sedangkan Sirkuit Hamiltonnya yaitu $v_1 - v_2 - v_3 - v_4 - v_5 - v_6 - v_1$.

Berdasarkan pengertian dan karakteristik graf-graf tersebut, graf yang digunakan dalam penelitian ini adalah graf sederhana dimana untuk merepresentasikan setiap lokasi tujuan kunjungan adalah graf lengkap berbobot.

2.2 Travelling Salesman Problem (TSP)

TSP dikenal sebagai salah satu permasalahan klasik yang dirumuskan secara matematis oleh ilmuwan yang berasal dari Irlandia, yaitu Wiliam Rowan Hamilton dan juga ilmuwan dari Inggris, Thomas Penyngton pada tahun 1800 (Fachrudin, 2019). Pada tahun 1932, konsep TSP pertama kali diperkenalkan oleh Karl Menger di Universitas Wina sebagai permasalahan optimasi rute terpendek yang harus ditempuh oleh seorang penjual keliling. TSP kemudian menjadi populer setelah subjek baru pada pemrograman linear dan upaya pemecahan masalah kombinatorial (Sihombing & Ahyaningsih, 2023).

TSP merupakan permasalahan umum yang melibatkan seorang salesman yang harus mengunjungi seluruh wilayah dengan rute perjalanan seefisien mungkin. Menurut Purnomo dkk. (2025), TSP adalah proses permasalahan seorang wisatawan dalam menentukan jalur perjalanan untuk mengunjungi sejumlah lokasi yang telah ditentukan, dengan syarat memulai dari satu titik awal kemudian menuju tiap titik satu kali dan kembali lagi ke titik awal tersebut. Tujuan wisatawan tersebut adalah untuk meminimalkan total jarak tempuh, dimana setiap lokasi hanya boleh dikunjungi tepat satu kali (Purnomo dkk., 2025).

2.3 *Minimum Spanning Tree* (MST)

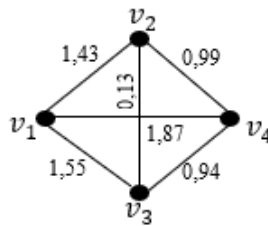
Minimum Spanning Tree (MST) merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh lintasan dengan total jarak paling minimum, dimana pemilihan dilakukan terhadap sisi-sisi dengan bobot terendah sehingga seluruh titik pada graf dapat saling terhubung tanpa membentuk siklus (Rahmadi, 2023). Kegunaan MST adalah untuk meminimalkan bobot keseluruhan sisi pada graf. Selain itu, MST juga sering digunakan sebagai *backbone* dari masalah yang muncul pada desain jaringan dengan menambahkan kendala pada MST (Wamiliana, 2022).

Terdapat banyak algoritma untuk menyelesaikan MST seperti Algoritma Kruskal, Algoritma Prim, Algoritma *Reverse-Delete*, dan Algoritma Boruvka (Sayli & Alkhalissi, 2018). Pada penelitian ini digunakan Algoritma Kruskal untuk membentuk MST. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan Algoritma Kruskal sebagai berikut (Wamiliana, 2022):

1. Sortir sisi dari urutan bobot terkecil ke terbesar.
2. Pilih sisi terkecil dalam sortir lalu masukkan ke T .
3. Pilih sisi terkecil berikutnya dalam sortir.
4. Cek apakah penambahan sisi pada T menyebabkan terjadinya sirkuit. Jika terjadi sirkuit, buang sisi tersebut dari sortir dan kembali ke Langkah 2. Jika tidak, masukkan sisi tersebut pada T dan lanjut ke Langkah 5.
5. Cek apakah $|T| = n - 1$. Jika iya, maka solusi sudah didapat. Jika tidak kembali ke Langkah 2.

Contoh 2.3.1

Seorang kurir paket J&T Express dalam mengantarkan paket memulai perjalanannya dari daerah v_1 , kemudian mengunjungi daerah v_2 , v_3 , dan v_4 sebelum kembali lagi ke daerah v_1 . Setiap perjalanan antar daerah memiliki jarak tertentu yang direpresentasikan sebagai bobot pada graf. Perjalanan kurir tersebut dapat digambarkan ke dalam bentuk graf G sebagai berikut:



Gambar 6. Contoh representasi graf G .

Setelah graf G terbentuk dari representasi perjalanan kurir, langkah selanjutnya adalah menentukan MST untuk mendapatkan rute optimal dalam pengantaran paket. Untuk mendapatkan MST dari permasalahan tersebut berikut langkah-langkahnya.

Langkah 1: Urutkan sisi dari yang terkecil sampai terbesar.

Tabel 1. Urutan sisi dari yang terkecil sampai terbesar dari Graf G

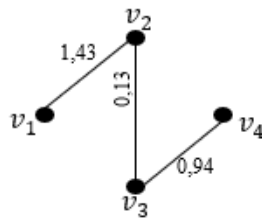
$e_{v_2v_3} = 0,13$	$e_{v_2v_4} = 0,94$
$e_{v_2v_4} = 0,99$	$e_{v_2v_4} = 1,43$
$e_{v_1v_3} = 1,55$	$e_{v_1v_4} = 1,87$

Langkah 2: Pilih sisi terkecil lalu masukkan ke dalam T dengan syarat tidak terjadi *cycle* sampai didapat $|T| = n - 1$.

Tabel 2. Prosedur Algoritma Kruskal graf G

Iterasi	Sisi yang dipilih	Membentuk <i>cycle</i> atau tidak	T	$ T = n - 1$	Keterangan
1	$e_{v_2v_3}$	Tidak	$e_{v_2v_3}$	Tidak	
2	$e_{v_3v_4}$	Tidak	$e_{v_2v_3}, e_{v_3v_4}$	Tidak	
3	$e_{v_2v_4}$	Ya	$e_{v_2v_3}, e_{v_3v_4}$	Tidak	Sisi $e_{v_2v_4}$ dibuang dari list. Elemen di T tetap
4	$e_{v_1v_2}$	Tidak	$e_{v_2v_3}, e_{v_3v_4}, e_{v_1v_2}$	Ya	Karena $ T = n - 1 = 3$, maka solusi sudah diperoleh.

Karena banyaknya elemen di T sama dengan $n - 1$, maka telah terbentuk MST. Dari graf G di atas dapat dibentuk MST dengan total bobot = 2,50.

Gambar 7. Contoh *Minimum Spanning Tree* graf G .

2.4 Metode *Dynamic Programming*

Menurut Wang dkk. (2020), *Dynamic Programming* merupakan teknik matematis yang digunakan untuk menyelesaikan berbagai jenis permasalahan kompleks dengan cara memecahnya menjadi submasalah yang lebih kecil dan saling berkaitan. Salah satu penerapan utamanya adalah dalam penentuan jarak minimum antar titik. Metode ini bekerja dengan menyusun solusi optimal dari submasalah terlebih dahulu,

kemudian menggabungkannya untuk mendapatkan solusi optimal dari keseluruhan masalah (Guo dkk., 2020).

Prinsip kunci dalam penyelesaian masalah menggunakan metode *Dynamic Programming* adalah prinsip optimalitas, yaitu bahwa solusi optimal dari suatu permasalahan dapat diperoleh dari kombinasi solusi optimal dari submasalah-submasalahnya. Dengan kata lain, setiap keputusan pada suatu tahap harus mempertimbangkan dampaknya terhadap keputusan pada tahap berikutnya.

Metode *Dynamic Programming* banyak digunakan dalam berbagai bidang Riset Operasi (RO), karena mampu memberikan solusi optimal untuk permasalahan yang memiliki sifat rekursif, seperti *Shortest Path Problem* dan *Traveling Salesman Problem* (TSP) (Hidayat dkk., 2024). Dalam penyelesaian TSP menggunakan *Dynamic Programming*, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan titik awal sebagai tempat dimulainya perjalanan dan tahap-tahap.
2. Membentuk himpunan submasalah, yaitu mencari jarak minimum dari titik awal ke semua titik lain yang belum dikunjungi.
3. Menghitung jarak minimum dengan menggunakan Persamaan (1) berikut:

$$\left. \begin{aligned} f_1(s) &= c_{x_1,s}, & (\text{Basis}) \\ f_k(s) &= \min\{f_{k-1}(x_k) + c_{x_k,s}\}, & (\text{Rekurensi}) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Keterangan:

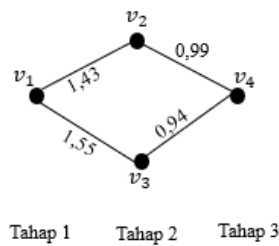
- x_k : peubah keputusan pada tahap k ($k = 1, 2, 3, \dots, n$).
- s : status pada setiap tahap.
- $c_{x_k,s}$: bobot sisi dari x_k ke s .
- $f_k(s)$: nilai minimum dari $f_k(x_{k,s})$.
- $f_{k-1}(x_k)$: nilai minimum tahap sebelumnya dari x_k ke s .

4. Rekontruksi solusi optimal.

Dengan pendekatan ini, *Dynamic Programming* memastikan setiap tahapan keputusan saling berhubungan dan mengarah pada solusi global yang optimal, bukan hanya solusi lokal pada tiap tahap.

Contoh 2.4.1

Graf G pada Contoh 2.3.1 juga dapat diselesaikan menggunakan metode *Dynamic Programming*. Untuk menyelesaikan permasalahan TSP dengan metode *Dynamic Programming* langkah awal yaitu menentukan tahap sampai semua lokasi di lalui. Pembagian tahap dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Menentukan Tahap dari graf G .

Setelah semua lokasi dilalui selanjutnya mencari jarak minimum dengan menggunakan Persamaan (1) yang terdiri dari beberapa tahap. Pada Langkah 1 akan dicari jarak minimum titik yang dilalui pada Tahap 2 ke Tahap 1. Berikut hasil dari Langkah 1 disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil jarak minimum pada Langkah 1 dari graf G

s	Solusi Optimum	
	$f_1(s)$	x_1^*
v_2	1,43	v_1
v_3	1,55	v_1

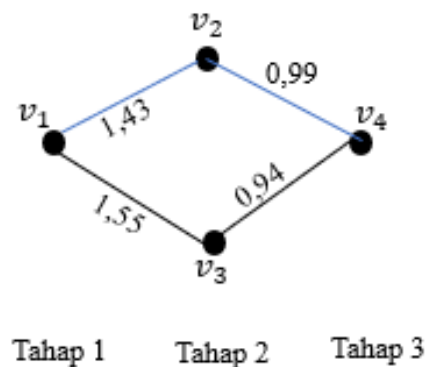
Pada Langkah 1 diperoleh jarak minimum yaitu dari v_1 ke v_2 . Selanjutnya mencari jarak minimum pada Tahap 3 yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil jarak minimum pada Langkah 2 dari graf G

s	$f_2(s) = f_1(x_2) + c_{x_2,s}$		Solusi Optimum	
	v_2	v_3	$f_2(s)$	x_2^*
v_4	2,42	2,49	2,42	v_2

Dari Langkah 2 tersebut diperoleh jarak minimum yang diperoleh yaitu dari v_2 ke v_4 . Dari Langkah 1 dan Langkah 2 diperoleh jarak minimum yang membentuk lintasan

$v_1 - v_2 - v_4$ yang ditandai dengan sisi berwarna biru. Setelah itu rekontruksi hasil optimal hingga membentuk *tour* TSP. Supaya terbentuk *tour* TSP maka tambahkan lagi sisi dengan jarak yang paling minimum dengan melihat graf G yang ditandai dengan sisi yang berwarna hitam diperoleh hasil seperti Gambar 9.



Gambar 9. Contoh graf hasil metode *Dynamic Programming*.

Pada Gambar 9. *tour* TSP sudah terbentuk dan metode *Dynamic Programming* sudah selesai dengan total jarak 4,91 km.

2.5 Metode *Christofides*

Menurut Tjoea & Halim (2023), metode *Christofides* digunakan untuk memperoleh solusi pendekatan pada permasalahan TSP dengan menggunakan graf berbobot lengkap yang tak berarah. Dengan memanfaatkan MST, metode ini berupaya untuk menemukan bobot terkecil untuk menghasilkan graf yang optimal. Kemudian, hasil yang diperoleh dari MST dimanfaatkan dalam pembentukan sirkuit Euler agar diperoleh pendekatan solusi terhadap TSP.

Adapun langkah-langkah dalam menyelesaikan TSP dengan menggunakan metode *Christofides* adalah sebagai berikut (Aswin dkk., 2022):

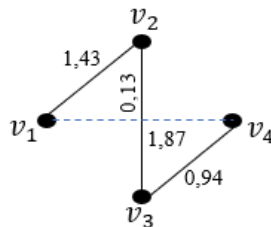
1. Tentukan *Minimum Spanning Tree* (TSP) dari n titik yang terhubung dari dari graf.
2. Tentukan titik graf yang memiliki derajat ganjil lalu hubungkan dengan titik yang berderajat ganjil juga agar terbentuk titik yang berderajat genap.

3. Bentuk sirkuit Euler.
4. Lakukan penyederhanaan titik yang berderajat lebih dari dua dengan menghilangkan sisi tertentu supaya semua titik hanya berderajat dua.

Dari langkah-langkah tersebut, metode *Christofides* memiliki tiga konsep utama dalam penyelesaiannya yaitu MST untuk memperoleh jaringan dengan total jarak minimum, kemudian menambahkan pencocokan pada titik berderajat ganjil agar terbentuk sirkuit Euler. Dari sirkuit tersebut dilakukan penyederhanaan sehingga diperoleh lintasan Hamilton yang mewakili solusi mendekati optimal untuk permasalahan TSP.

Contoh 2.5.1

Untuk menyelesaikan permasalahan TSP dengan metode *Christofides* langkah pertama yaitu mencari MST. Dari MST Contoh 2.3.1 yang terbentuk langkah selanjutnya yaitu menghubungkan titik-titik yang berderajat ganjil agar titik-titik tersebut berderajat genap, berikut yang disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Contoh graf hasil metode *Christofides*.

Dari Gambar 10. tersebut dapat dilihat bahwa titik v_1 dan titik v_4 sama-sama berderajat ganjil sehingga harus dihubungkan agar titik-titik tersebut menjadi titik yang berderajat genap. Setelah TSP terjadi penambahan pada sisi $v_1 - v_4$, graf sudah membentuk *tour* TSP dengan sirkuit $v_1 - v_2 - v_3 - v_4 - v_1$ dan semua titik berderajat genap. Hasil menunjukkan bahwa total waktu tempuh seorang kurir J&T ekspres menjadi $2,50 + 1,87 = 4,37$ km. Jika graf sudah membentuk *tour* TSP dan semua titik berderajat dua, maka metode *Christofides* sudah selesai.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026 di Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang beralamat di Jalan Prof. Dr. Ir. Soemantri Brojonegoro, Gedong Meneng, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung. Data lokasi kunjungan dinas diperoleh melalui *Google Maps* pada hari Senin, 22 September 2025 untuk menentukan waktu tempuh lokasi yang menjadi objek penelitian.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa lokasi kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan yang menjadi titik tujuan penelitian dan jarak waktu tempuh antar lokasi yang diperoleh dari aplikasi *Google Maps* dengan satuan menit. Data waktu tempuh ini kemudian disusun dalam bentuk matriks jarak untuk digunakan dalam pemodelan masalah *Travelling Salesman Problem* (TSP).

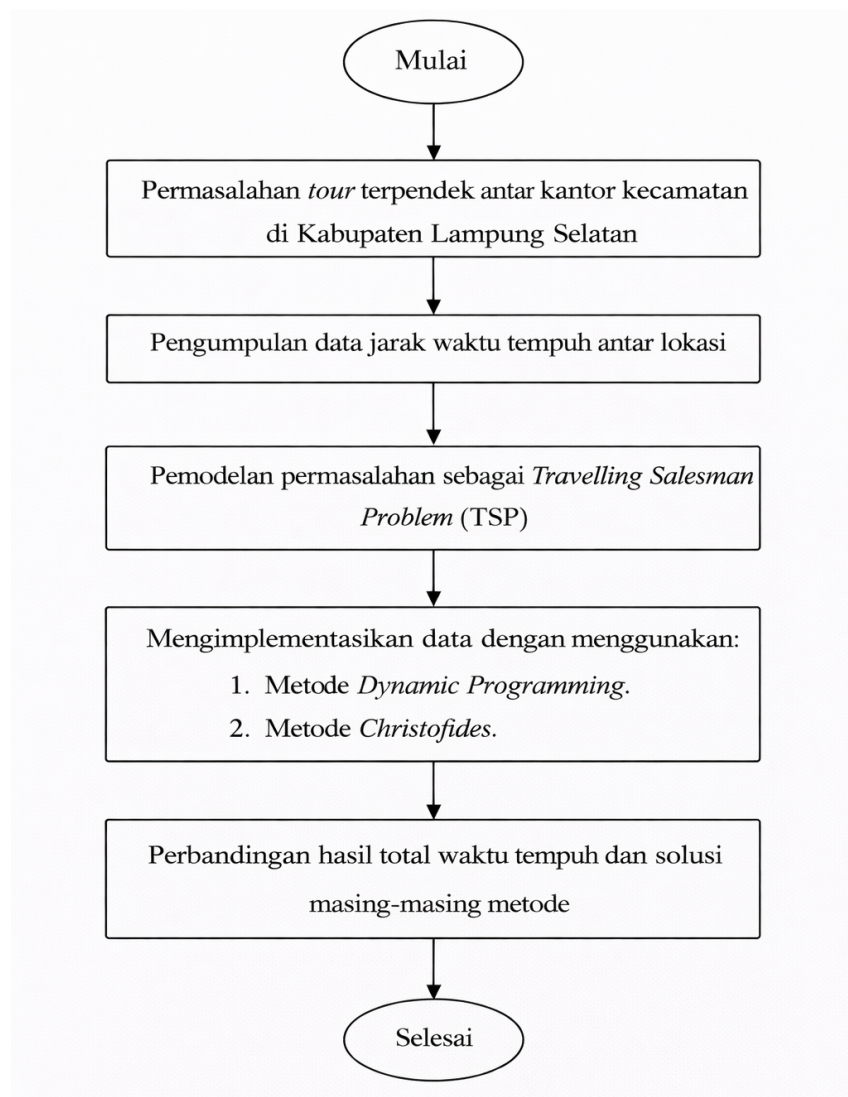
Data tersebut digunakan untuk menentukan urutan kantor kecamatan yang paling efisien sehingga total waktu perjalanan dapat diminimalkan. Pemilihan *Google Maps* sebagai sumber data bertujuan untuk memperoleh estimasi waktu tempuh yang akurat berdasarkan kondisi jalan aktual. Dengan demikian, hasil pemodelan TSP yang diperoleh diharapkan dapat merepresentasikan kondisi lapangan secara realistis.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode *Dynamic Programming* dan metode *Christofides* dalam menentukan *tour* terpendek antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan. Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merumuskan permasalahan *tour* terpendek antar kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan sebagai persoalan TSP.
2. Menentukan jarak waktu tempuh dan membentuk matriks jarak antar lokasi dari *Google Maps*.
3. Merepresentasikan setiap lokasi sebagai titik (*vertex*) dan jarak waktu tempuh antar lokasi sebagai sisi (*edge*) berbobot dalam graf.
4. Menyelesaikan permasalahan TSP dengan cara menghitung seluruh kemungkinan *tour* secara sistematis untuk memperoleh *tour* yang optimal.
5. Menyelesaikan permasalahan TSP dengan pendekatan heuristik yang memberikan solusi mendekati optimal.
6. Membandingkan *tour* yang diperoleh kedua metode untuk mengetahui mana yang menghasilkan total waktu tempuh paling minimum.

Adapun *flowchart* langkah-langkah penelitian yang dilakukan dalam menyelesaikan permasalahan *tour* terpendek antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. *Flowchart* langkah-langkah penelitian.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai perbandingan metode *Dynamic Programming* dan metode *Christofides* dalam menentukan *tour* terpendek antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode *Dynamic Programming* dan metode *Christofides* sama-sama dapat diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan *Travelling Salesman Problem* (TSP) dalam penentuan *tour* terpendek antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan.
2. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode *Dynamic Programming* menghasilkan *tour* dengan total waktu tempuh sebesar 558 menit, sedangkan metode *Christofides* menghasilkan *tour* dengan total waktu tempuh yang lebih kecil yaitu sebesar 538 menit.
3. Berdasarkan hasil perbandingan dalam menentukan *tour* terpendek antar kantor kecamatan di Kabupaten Lampung Selatan diperoleh metode *Christofides* lebih efektif dengan sirkuit $v_1 - v_8 - v_7 - v_6 - v_3 - v_4 - v_2 - v_5 - v_{10} - v_9 - v_{12} - v_{13} - v_{11} - v_{14} - v_{15} - v_{16} - v_{17} - v_1$ dibandingkan dengan metode *Dynamic Programming* dengan sirkuit $v_1 - v_2 - v_5 - v_9 - v_{12} - v_{13} - v_{14} - v_{17} - v_{16} - v_{15} - v_{11} - v_{10} - v_6 - v_7 - v_8 - v_4 - v_3 - v_1$ dilihat dari hasil perhitungan waktu tempuhnya.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan metode yang digunakan, baik melalui modifikasi metode, penggabungan dengan metode heuristik atau

metaheuristik, maupun pemanfaatan teknologi komputasi yang lebih canggih. Pengembangan tersebut diharapkan mampu meningkatkan efisiensi perhitungan serta kualitas solusi dalam menentukan *tour* terpendek pada permasalahan TSP.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, A., & Hendrik, B. 2025. Analisis Penerapan Algoritma Dijkstra dalam Optimasi Penentuan Rute. *Journal of Education Research*, 6(1), 100-106.
- Aswin, M. Y., Wamiliana, W., Fitriani, F., Ansori, M., & Notiragayu, N. 2024. Perbandingan Cheapest insertion heuristic dan Algoritma Christofides untuk Menentukan Tour Pasar Tradisional di Kota Bandar Lampung. *Jurnal Pepadun*, 5(2), 182-194.
- Aulia, S. R., Wamiliana, W., Asmiati, A., & Notiragayu, N. 2023. Perbandingan Algoritme Dijkstra dan Algoritme A*(A-Star) dalam Penentuan Lintasan Terpendek dari Dinas Pendidikan Provinsi Lampung ke Beberapa Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri di Provinsi Lampung. *Jurnal Pepadun*, 4(2), 183-190.
- Aziz, T. A. 2021. Eksplorasi Justifikasi dan Rasionalisasi Mahasiswa dalam Konsep Teori Graf. *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia*, 6(2), 40-54.
- Daniel, F., & Taneo, P. N. 2020. *Teori Graf*. Deepublish. Yogyakarta.
- Fachrudin, H. 2019. *Optimasi Penentuan Rute Perjalanan Sales pada UD. Aster*; (Tesis). Universitas Islam Majapahit Mojokerto.
- Gunawan, G., & Andriani, Y. 2023. Penerapan Algoritma Dynamic Programming Dalam Pencarian Judul Skripsi. *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD*, 6(1), 67-75.
- Guo, Z., Wei, W., Chen, L., Wang, Z., Catalão, J. P., & Mei, S. 2020. Optimal energy management of a residential prosumer: A robust data-driven dynamic programming approach. *IEEE Systems Journal*, 16(1), 1548-1557.
- Hidayat, F. N., Ferdinan, B. D., Saputra, R., Christian, E., & Pranatawijaya, V. H. 2024. Penerapan Algoritma Dynamic Programming Dalam Penentuan Prioritas Pengerjaan Tugas Kuliah Mahasiswa. *Informatika*, 12(2), 190-198.

- Munir, R. 2021. Program Dinamis (Dynamic Programming). *Jurnal Teknik Informatika*, 5(1), 1-57.
- Ningrum, E. R., Sanwidi, A., Akbarita, R., & Qomaruddin, M. N. H. 2023. Optimasi Rute Pendistribusian Gas Elpiji Menggunakan Algoritma Floyd Warshall dan Algoritma Greedy. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan*, 20(1), 1–14.
- Nur, M. A. S., & Rahadjeng, B. 2021. Kombinasi Algoritma Branch and Bound dan Cheapest Insertion Heuristic dalam Menyelesaikan Asymmetric Travelling Salesman Problem. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 9(2), 351-358.
- Oeitama, W. Y., Sitandi, F. F., & Mas' ud, S. 2024. Optimasi Rute Pendistribusian Barang Menggunakan Kombinasi Algoritma Branch and Bound dan Cheapest Insertion Heuristic. *Square: Journal of Mathematics and Mathematics Education*, 6(2), 89-104.
- Purnomo, M., Simarmata, J. E., & Chrisinta, D. 2025. Optimasi Jarak Terpendek untuk Mencapai Wisata Super Prioritas Indonesia Dengan Menggunakan Pendekatan Traveling Salesman Problem. *MathVision: Jurnal Matematika*, 7(1), 53-61.
- Putri, D. R. A., Oktavia, N. S., Chasanah, S. L., Sawitri, R., & Paskalia, F. A. 2025. Implementation of Christofides Algorithm to Determine the Shortest Tour of Some Hospitals in Palembang City. *Integra: Journal of Integrated Mathematics and Computer Science*, 2(1), 15-19.
- Rahmadi, D., & Sandariria, H. 2023. Penerapan Minimum Spanning Tree dalam Menentukan Rute Terpendek Distribusi Naskah Soal USBN di SMA Negeri Se-Sleman. *Basis: Jurnal Ilmiah Matematika*, 2(1), 66-71.
- Rumetna, M. S., Lina, T. N., Santoso, A. B., Komansilan, R., & Karay, J. 2023. Implementasi Algoritma Depth First Search Dalam Penyelesaian Permasalahan Lintasan dan Sirkuit Euler. *Jurnal Komtika (Komputasi Dan Informatika)*, 7(1), 12-21.
- Rozi, S., & Multahadah, C. 2021. Rute terpendek untuk Pengangkutan Sampah dengan Pendekatan Lintasan Hamilton. *E-Jurnal Matematika*, 10(2), 115-121.
- Sagala, J. P., Sinaga, R. F., & Simbolon, L.D. 2022. Travelling Salesman Problem untuk Optimasi Rute Terpendek Menggunakan Program Dinamik. *JPMS (Jurnal Pembelajaran Dan Matematika Sigma)*, 4(1), 37-43.

- Sayli, A., & Alkhalissi, J. H. S. 2018. Negligence Minimum Spanning Tree Algorithm. *European Journal of Science and Technology*, (14), 70-76.
- Sihombing, D. E., & Ahyaningsih, F. 2023. Optimalisasi Rute Distribusi Air Minum dalam Kemasan Menggunakan Algoritma Genetika pada PT. Mual Natio Maju Bersama. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Pendidikan*, 2(1), 70-83.
- Stoian, M. 2024. TSP Escapes the $O(2^n n^2)$ Curse. *LIPICs (Leibniz International Proceedings in Informatics)*, 297(51), 110:1–110:20.
- Thariq, A. 2023. Perbandingan Penerapan Algoritma Dynamic Programming dengan Algoritma Greedy dalam Menentukan Optimasi Posisi Pasar di Suatu Wilayah. *Jurnal Simetrik*, 13(1), 690-696.
- Tjoea, F., & Halim, S. 2023. Evaluasi Rute Pelayaran Kapal dengan Pendekatan Modified Minimum Spanning Tree. *Jurnal Titra*, 11(2), 265-272.
- Wahyudi, R., Sanjaya, A., & Mahdiah, U. 2024. Implementasi Dynamic Programming dalam Menentukan Rute Pengiriman Paket. *Jurnal Inotek*, 8(2), 45-55.
- Wamiliana. 2022. *Minimum Spanning Tree dan Desain Jaringan*. Pusaka Media, Bandar Lampung.
- Wang, J., Kang, L., & Liu, Y. 2020. Optimal scheduling for electric bus fleets based on dynamic programming approach by considering battery capacity fade. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 130, 109978.
- Wiyanti, D. T. 2013. Algoritma Optimasi untuk Penyelesaian Travelling Salesman Problem. *Jurnal Transformatika*, 11(1), 1-6.
- Yuliantari, R., & Musabbikhah, L. 2022. Review Artikel: Analisis Penggunaan Algoritma Dijkstra untuk Mencari Rute Terpendek di Rumah Sakit. *Edu Elekrika Journal*, 11(1), 5-8.