

**PERBANDINGAN METODE *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC* (CIH)
DAN *NEAREST NEIGHBOR HEURISTIC* (NNH) PADA
TOUR TERPENDEK DESTINASI AIR TERJUN
DI PROVINSI LAMPUNG**

Skripsi

Oleh

**DEYRA KARTIKA
NPM. 2157031010**



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

2025

ABSTRACT

COMPARISON OF CHEAPEST INSERTION HEURISTIC (CIH) METHOD AND NEAREST NEIGHBOR HEURISTIC (NNH) ON SHORTEST TOUR OF WATERFALL DESTINATION IN LAMPUNG PROVINCE

By

Deyra Kartika

Nature tourism such as visits to waterfalls is one of the attractions that tourists are interested in to enjoy the beauty and tranquility of nature. When moving from one location to another, it is important to consider time and cost in order to find the shortest and most efficient route. One of the difficulties that often arises is determining the shortest route for a journey that requires visiting each point exactly once and then returning to the starting point. This problem is known as the Traveling Salesman Problem (TSP). This study aims to compare two heuristic methods, namely Cheapest Insertion Heuristic (CIH) and Nearest Neighbor Heuristic (NNH) in determining the shortest tour to 20 waterfall destinations in Lampung Province. Location coordinate data was obtained from Google Maps and converted into Euclidean distance and Haversine distance. The results showed that the CIH method tends to produce shorter travel distances than the NNH method for each type of data, both through manual and Python calculations.

Keywords: Tourism, Traveling Salesman Problem, Cheapest Insertion Heuristic, Nearest Neighbor Heuristic, Euclidean, Haversine, Python.

ABSTRAK

PERBANDINGAN METODE *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC* (CIH) DAN *NEAREST NEIGHBOR HEURISTIC* (NNH) PADA *TOUR TERPENDEK DESTINASI AIR TERJUN* DI PROVINSI LAMPUNG

Oleh

Deyra Kartika

Pariwisata alam seperti kunjungan ke air terjun merupakan salah satu daya tarik yang diminati oleh wisatawan untuk menikmati keindahan dan ketenangan alam. Saat berpindah dari satu lokasi ke lokasi lain, mempertimbangkan waktu dan biaya menjadi hal yang penting agar dapat menemukan jalur terpendek yang paling efisien. Salah satu kesulitan yang kerap muncul adalah menentukan lintasan terpendek dalam perjalanan yang mengharuskan mengunjungi setiap titik tepat satu kali kemudian kembali ke titik awal. Permasalahan ini dikenal sebagai *Traveling Salesman Problem* (TSP). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dua metode *heuristic*, yaitu *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) dan *Nearest Neighbor Heuristic* (NNH) dalam menentukan *tour* terpendek ke 20 destinasi air terjun di Provinsi Lampung. Data koordinat lokasi diperoleh dari *Google Maps* dan dikonversi menjadi jarak *Euclidean* dan jarak *Haversine*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode CIH cenderung menghasilkan jarak tempuh yang lebih pendek dibandingkan metode NNH untuk setiap jenis data, baik melalui perhitungan manual maupun *Python*.

Kata kunci: Pariwisata, *Traveling Salesman Problem*, *Cheapest Insertion Heuristic*, *Nearest Neighbor Heuristic*, *Euclidean*, *Haversine*, *Python*.

**PERBANDINGAN METODE *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC* (CIH)
DAN *NEAREST NEIGHBOR HEURISTIC* (NNH) PADA
TOUR TERPENDEK DESTINASI AIR TERJUN
DI PROVINSI LAMPUNG**

DEYRA KARTIKA

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 METODE *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC* (CIH) DAN *NEAREST NEIGHBOR HEURISTIC* (NNH) PADA TOUR TERPENDEK DESTINASI AIR TERJUN DI PROVINSI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa

: **Deyra Kartika**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2157031010**

Program Studi

: **Matematika**

Fakultas


: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


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

NIP 196311081989022001


Dina Eka Nurvazly, S.Pd., M.Si.

NIP 199311062019032018

2. Ketua Jurusan Matematika


Dr. Aang Nurjaman, S.Si., M.Si.

NIP. 197403162005011001

MENGESAHKAN

1. tim penguji

Ketua

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

Sekretaris

: Dina Eka Nurvazly, S.Pd., M.Si.

Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si.

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 11 Juli 2025

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Deyra Kartika
Nomor Pokok Mahasiswa : 2157031010
Jurusan : Matematika
Judul Skripsi : **PERBANDINGAN METODE *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC* (CIH) DAN *NEAREST NEIGHBOR HEURISTIC* (NNH) PADA *TOUR TERPENDEK* DESTINASI AIR TERJUN DI PROVINSI LAMPUNG**

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

Bandar Lampung, 11 Juli 2025

Penulis,



Deyra Kartika

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Deyra Kartika yang lahir di Negara Ratu pada tanggal 21 Desember 2002. Penulis merupakan anak tunggal dari pasangan suami istri Bapak Irawan dan Ibu Eka Yuyun Susanti.

Penulis menempuh pendidikan pertama di RA An-Nuur pada tahun 2008-2009, pendidikan Sekolah Dasar di MI An-Nuur pada tahun 2009-2015, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di MTSN 3 Lampung Utara pada tahun 2015-2018, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di MAN 2 Lampung Utara pada tahun 2018-2021.

Pada tahun 2021, penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswa S1 di jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) di Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN Barat.

Pada bulan Desember 2023-Februari 2024, penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di Dinas Perhubungan Kota Bandar Lampung. Selanjutnya penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada Juni-Agustus 2024 di Desa Rajabasa Lama II, Labuhan Ratu, Lampung Timur.

KATA INSPIRASI

"Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan."

(QS. Al-Insyirah: 6)

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."

(QS. Al-Baqarah: 286)

PERSEMBAHAN

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

Ayah dan Ibuku Tercinta

Terimakasih kepada orang tuaku 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.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

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

Sahabat-sahabatku

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

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Perbandingan Metode *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) dan *Nearest Neighbor Heuristic* (NNH) Pada *Tour* Terpendek Destinasi Air Terjun di Provinsi Lampung" dengan baik dan lancar serta tepat pada waktu yang telah ditentukan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

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

1. Ibu Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph.D. selaku Pembimbing 1 yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan, motivasi, saran serta dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dina Eka Nurvazly, S.Pd., M.Si. selaku Pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan dan dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si. selaku Penguji yang telah bersedia memberikan kritik dan saran serta evaluasi kepada penulis sehingga dapat menjadi lebih baik lagi.
4. Bapak Drs. Nusyirwan, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang selalu membimbing penulis selama proses mengemban pendidikan di perguruan tinggi.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

6. Bapak Dr. Ahmad Faisol, S.Si., M.Sc., selaku Sekretaris Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Seluruh dosen, staff dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
9. Ayah, Ibu, dan keluargaku yang selalu memotivasi, memberikan dukungan dan do'a kepada penulis.
10. Untuk Nindya dan Fira terimakasih untuk semua motivasi dan dukungan serta semangat yang sudah diberikan kepada penulis.
11. Sahabat-sahabat penulis yakni Ayu, Umi, Rahma, Meli, Tuti, dan Reza.
12. Teman-teman satu bimbingan Ayu, Assyfa, Nining, Shinna, Riska, Echi, Nur yang telah memberikan semangat, motivasi maupun saran kepada penulis.
13. Teman-teman Jurusan Matematika angkatan 2021 yang sudah banyak membantu selama masa perkuliahan.
14. Semua pihak yang membantu dalam proses penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

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, 11 Juli 2025

Deyra Kartika

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
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 Graf	4
2.2 <i>Traveling Salesman Problem</i> (TSP)	5
2.3 <i>Google Maps</i>	5
2.4 <i>Python</i>	6
2.5 <i>Cheapest Insertion Heuristic</i> (CIH)	6
2.6 Algoritma <i>Nearest Neighbor Heuristic</i> (NNH)	10
2.7 Jarak <i>Euclidean</i>	12
2.8 Jarak <i>Haversine</i>	12
III METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Data Penelitian	14
3.3 Langkah-Langkah Penelitian	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Deskripsi Data	17
4.2 Proses Penyelesaian TSP dengan Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan <i>Cheapest Insertion Heuristic</i> (CIH)	22
4.3 Proses Penyelesaian TSP dengan Jarak <i>Haversine</i> Menggunakan <i>Cheapest Insertion Heuristic</i> (CIH)	32
4.4 Proses Penyelesaian TSP dengan Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan <i>Nearest Neighbor Heuristic</i> (NNH)	42
4.5 Proses Penyelesaian TSP dengan Jarak <i>Haversine</i> Menggunakan <i>Nearest Neighbor Heuristic</i> (NNH)	56

V SIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Simpulan	71
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72

DAFTAR TABEL

2.1	Jarak Antar Lokasi (km)	8
2.2	Hasil Perhitungan <i>Tour</i> Dan Total Jarak	11
4.1	Data Alamat Tempat Destinasi Air Terjun Di Provinsi Lampung	18
4.4	Data <i>Euclidean</i>	20
4.5	Data <i>Haversine</i>	21
4.6	Hasil Penyelesaian Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan CIH	22
4.7	Hasil Penyelesaian Jarak <i>Haversine</i> Menggunakan CIH	32
4.8	Hasil TSP dengan Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan NNH	49
4.11	Hasil TSP dengan Jarak <i>Haversine</i> Menggunakan NNH	63
4.14	Hasil Penyelesaian TSP	70

DAFTAR GAMBAR

2.1	Graf G	4
2.2	Subtour	7
2.3	Representasi Graf untuk Tabel 2.1	8
3.1	Flowchart Penelitian	16
4.1	Data Tempat Wisata Destinasi Air Terjun di Lampung yang Digunakan (Dinyatakan dengan v_1 Sampai dengan v_{20})	17
4.2	Hasil Penyelesaian Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan CIH	25
4.3	Proses Perhitungan Kembali Hasil TSP Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan CIH	26
4.4	Setelah Perhitungan Kembali Hasil TSP Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan CIH	27
4.5	Output Python Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan CIH	29
4.6	Proses Perhitungan Kembali Output Python Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan CIH	30
4.7	Setelah Perhitungan Kembali Output Python Hasil TSP Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan CIH	31
4.8	Hasil Penyelesaian Jarak <i>Haversine</i> Menggunakan CIH	35
4.9	Proses Perhitungan Kembali Hasil TSP Jarak <i>Haversine</i> Menggunakan CIH	36
4.10	Setelah Perhitungan Kembali Hasil TSP Jarak <i>Haversine</i> Menggunakan CIH	37
4.11	Output Python Jarak <i>Haversine</i> Menggunakan CIH	39
4.12	Proses Perhitungan Kembali Output Python Jarak <i>Haversine</i> Menggunakan CIH	40
4.13	Setelah Perhitungan Kembali Output Python Hasil TSP Jarak <i>Haversine</i> Menggunakan CIH	41
4.14	Hasil Penyelesaian Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan NNH	50
4.15	Proses Perhitungan Kembali Hasil TSP Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan NNH	51

4.16 Setelah Perhitungan Kembali Hasil TSP Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan NNH	52
4.17 <i>Output Python</i> Hasil Penyelesaian Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan NNH	53
4.18 Proses Perhitungan Kembali <i>Output Python</i> Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan NNH	54
4.19 Setelah Perhitungan Kembali <i>Output Python</i> Hasil TSP Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan NNH	55
4.20 Hasil Penyelesaian Jarak <i>Haversine</i> Menggunakan NNH	64
4.21 Proses Perhitungan Kembali Hasil TSP Jarak <i>Haversine</i> Menggunakan NNH	65
4.22 Setelah Perhitungan Kembali Hasil TSP Jarak <i>Euclidean</i> Menggunakan NNH	66
4.23 <i>Output Python</i> Hasil Penyelesaian Jarak <i>Haversine</i> Menggunakan NNH	67
4.24 Proses Perhitungan Kembali <i>Output Python</i> Jarak <i>Haversine</i> Menggunakan NNH	68
4.25 Setelah Perhitungan Kembali <i>Output Python</i> Hasil TSP Jarak <i>Haversine</i> Menggunakan NNH	69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam dunia pariwisata, kunjungan ke lokasi-lokasi wisata alam seperti air terjun menjadi salah satu daya tarik bagi wisatawan, terutama bagi mereka yang ingin menikmati keindahan alam dan ketenangan. Saat berpindah dari satu lokasi ke lokasi lain, mempertimbangkan waktu dan biaya menjadi hal yang penting agar dapat menemukan jalur terpendek yang paling efisien. Salah satu kesulitan yang kerap muncul adalah menentukan lintasan terpendek dalam perjalanan yang mengharuskan mengunjungi setiap titik tepat satu kali kemudian kembali ke titik awal. Permasalahan ini dikenal sebagai *Traveling Salesman Problem* (TSP) (Sinaga & Marpaung, 2023).

Traveling Salesman Problem (TSP) adalah permasalahan dalam menentukan jalur terpendek yang dimulai dari suatu titik awal, mengunjungi setiap titik lainnya tepat satu kali, dan berakhir dengan kembali ke titik awal tersebut (Bisma & Sanggala, 2023). Pokok permasalahan TSP adalah bagaimana melakukan perjalanan ke sejumlah lokasi tepat satu kali, dengan jarak antar lokasi yang telah diketahui, kemudian kembali ke titik awal (Aristi, 2014). Salah satu metode yang dapat diterapkan untuk mengoptimalkan rute dalam permasalahan TSP adalah *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH), yang bertujuan menentukan jalur perjalanan kendaraan sedemikian rupa sehingga total jarak tempuh menjadi seminimal mungkin (Naufal, 2017).

Terdapat beberapa penelitian yang pernah dilakukan mengenai TSP, salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Amelia dkk. (2024) dengan judul "Perbandingan *Brute Force*, *Cheapest Insertion*, dan *Nearest Neighbor Heuristic* dalam Menentukan Rute Terpendek untuk Mengunjungi Pusat Perbelanjaan di Bandar Lampung". Penelitian ini membandingkan tiga metode pendekatan dalam

menyelesaikan permasalahan *Traveling Salesman Problem* (TSP), dengan tujuan menentukan jalur kunjungan terpendek ke beberapa pusat perbelanjaan di Kota Bandar Lampung. Melalui perbandingan tersebut, diperoleh gambaran mengenai efektivitas dan efisiensi masing-masing metode dalam hal waktu komputasi dan panjang rute yang dihasilkan. [Ananda dkk. \(2023\)](#) melakukan penelitian tentang permasalahan pendistribusian pada perusahaan jasa pengiriman ini termasuk permasalahan *Travelling Salesman Problem* (TSP) yang dapat diselesaikan menggunakan Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) dengan penyelesaian masalah dilakukan secara manual dan juga menggunakan bahasa pemrograman *Python*. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH), baik secara manual maupun dengan bantuan *Python*, mampu menghasilkan lintasan yang lebih efisien dibandingkan dengan rute yang digunakan PT. Indah Logistik Cargo, di mana perhitungan menggunakan *Python* memberikan hasil yang paling optimal. Kemudian adapun penelitian yang dilakukan oleh [Syarif \(2022\)](#) dengan judul "Optimisasi Rute Pengiriman Produk Komponen Otomotif (*Traveling Salesman Problem*) Melalui Pendekatan Heuristik". Penelitian ini menggunakan metode *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) dalam menyelesaikan permasalahan *Traveling Salesman Problem* dan diperoleh hasil rute distribusi produk yang optimal dengan jarak yang minimum.

Algoritma *Nearest Neighbor Heuristic* (NNH) merupakan metode yang mudah diterapkan dalam menyusun *tour* yang layak untuk permasalahan TSP. Algoritma ini menggunakan pendekatan secara optimal dengan cara memilih solusi terbaik di setiap langkah ([Nuraiman dkk., 2018](#)). [Sinaga & Marpaung \(2023\)](#) melakukan riset mengenai perbandingan Algoritma CIH dan Algoritma NNH. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa dengan menggunakan NNH diperoleh panjang rute yang lebih pendek dari panjang sirkuit yang dihasilkan Algoritma CIH untuk rute pengiriman barang di PT. Jalur Nugraha Ekakurir (JNE) Medan. Adapun penelitian yang dilakukan oleh [Lestari dkk. \(2025\)](#) dengan judul "Optimalisasi Penentuan Jalur Distribusi Terpendek dalam Pengiriman Produk *Chemical* Pembersih Kolam Renang Menggunakan Metode *Nearest Neighbor*". Dari penelitian tersebut diperoleh hasil optimasi rute distribusi menggunakan metode *Nearest Neighbor* terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi pengiriman produk pembersih kolam renang oleh CV MD. Kedua Algoritma ini digunakan untuk menentukan *tour* terpendek destinasi air terjun di Provinsi Lampung dan kemudian hasilnya dibandingkan sehingga hasilnya dapat memberikan solusi yang efisien dalam menentukan *tour* perjalanan bagi wisatawan yang ingin mengunjungi berbagai

destinasi air terjun.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menyelesaikan masalah *Traveling Salesman Problem* (TSP) untuk menentukan *tour* optimal di antara destinasi wisata air terjun di Provinsi Lampung dengan jarak antar lokasi dari titik v_1 ke v_{20} tidak lebih dari 188 km yang mencakup empat kabupaten yaitu Bandar Lampung, Lampung Selatan, Pesawaran dan Tanggamus. Data didapat dari aplikasi *Google Maps*.
2. Membandingkan metode CIH dan NNH untuk menghasilkan *tour* perjalanan wisata yang lebih efisien dalam hal jarak sehingga dapat diaplikasikan dalam industri pariwisata untuk meningkatkan efisiensi perjalanan wisata.
3. Membandingkan hasil dengan menggunakan data *Euclidean* dan data *Haversine* pada metode CIH serta NNH untuk menentukan data yang lebih akurat.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efisien dalam menentukan *tour* perjalanan bagi wisatawan yang ingin mengunjungi berbagai destinasi air terjun di Provinsi Lampung dengan menerapkan metode CIH dan NNH.
2. Memberikan referensi untuk penelitian lebih lanjut.

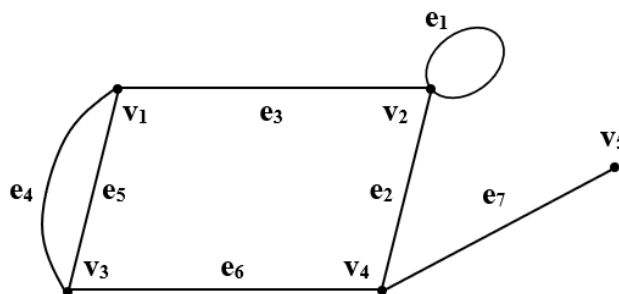
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Graf

Graf G adalah suatu himpunan $(V(G), E(G))$ dengan $V(G) = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ himpunan tak kosong dengan elemen-elemennya disebut *vertex* (titik) dan himpunan $E(G) = \{e_{v_1 v_n} | v_1, v_n \in V\}$ yang unsur-unsurnya disebut *edge* (sisi) yang boleh kosong. Banyaknya titik pada $V(G)$ disebut orde dari graf G (Deo, 1989). Dua titik dikatakan bertetangga (*adjacent*) jika ada sisi yang menghubungkan keduanya. Berdasarkan orientasi yang ada pada sisinya, graf dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu graf berarah (*directed graph*) yaitu graf yang di setiap sisinya diberikan arah sehingga untuk dua titik v_i dan v_j , maka $(v_i, v_j) \neq (v_j, v_i)$ dan graf tak berarah (*undirected graph*) yaitu graf yang sisinya tidak mengandung arah sehingga untuk dua titik v_i dan v_j , maka $(v_i, v_j) = (v_j, v_i)$ (Ahuja dkk., 1993).

Graf umumnya digambarkan dalam bentuk diagram visual. Dalam diagram ini, *vertex* digambar sebagai noktah (titik kecil atau bulatan) dan tiap *edge* dinyatakan sebagai garis atau kurva sederhana yang menghubungkan noktah-noktah tersebut. Untuk lebih jelasnya, perhatikan contoh graf pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Graf G

Dalam sebuah graf, seperti terlihat pada Gambar 2.1, sisi e_1 disebut sebagai *loop* yaitu sisi yang menghubungkan suatu titik dengan dirinya sendiri. Jumlah sisi yang menempel dengan suatu titik disebut derajat (*degree*) dari titik tersebut. Derajat minimum dari graf G dinotasikan dengan $\delta(G)$ dan derajat maksimumnya dinotasikan dengan $\Delta(G)$. Sebagai contoh, dalam Gambar 2.1, $d(v_1) = d(v_3) = d(v_4) = 3$, $d(v_2) = 4$ dan $d(v_5) = 1$. Jadi, $\delta(G) = 1$ dan $\Delta(G) = 4$. Selanjutnya pandang sebuah graf G dengan m sisi dan n titik (v_1, v_2, \dots, v_n) . Karena tiap sisi menyumbangkan dua derajat, maka jumlah derajat dari semua titik dalam G sama dengan dua kali jumlah sisi dalam G (Buhaerah dkk., 2022).

2.2 Traveling Salesman Problem (TSP)

Permasalahan TSP pertama kali diperkenalkan pada awal tahun 1800-an oleh dua matematikawan, yaitu William Rowan Hamilton dari Irlandia dan Thomas Penyngton Kirkman dari Inggris (Amin dkk., 2003). TSP termasuk dalam kategori permasalahan optimasi kombinatorial dengan tujuan untuk menentukan *tour* perjalanan terpendek yang dimulai dari suatu titik, mengunjungi setiap titik lainnya tepat satu kali, dan kembali lagi ke titik awal (Permanasari & Salim, 2006).

Pada permasalahan ini rute yang ditempuh dinyatakan sebagai sirkuit dari graf tidak berarah dengan kota disimbolkan sebagai titik dan jalan antar kota sebagai (sisi), sedangkan bobot dinyatakan dalam bentuk jarak yang menghubungkan setiap kota. Apabila graf berbobot memiliki titik yang terhubung ke setiap titik lainnya maka graf yang terbentuk merupakan graf lengkap berbobot (Nurmaulidar, 2014). TSP dapat diaplikasikan pada graf lengkap berbobot yang memiliki jumlah bobot sisi minimum, dengan setiap bobot sisi merepresentasikan jarak. Dalam TSP, lokasi-lokasi digambarkan sebagai titik, sedangkan sisi-sisi menunjukkan jarak yang menghubungkan dua lokasi tersebut.

2.3 Google Maps

Google Maps adalah salah satu aplikasi yang tersedia di *smartphone* yang dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran Geografi. Hal ini didukung oleh berbagai fitur seperti peta, citra satelit (satelit *view*) dan medan lokasi yang memungkinkan pengguna memperoleh informasi terkait kenampakan bumi,

lingkungan, pola muka bumi, kondisi wilayah, kontur, serta data lainnya. Layanan ini disediakan oleh *Google* untuk membantu pengguna dalam mengembangkan aplikasi atau memanfaatkan *Google Maps* secara langsung. Aplikasi ini memerlukan akses internet dan memiliki proses penggunaan yang mudah (Sari, 2024).

2.4 Python

Python merupakan bahasa pemrograman yang menekankan keterbacaan kode serta menggabungkan kemudahan penggunaan dengan kapabilitas tinggi. Bahasa ini memiliki sintaks yang jelas dan didukung oleh berbagai pustaka (*library*) yang lengkap dan komprehensif. Selain itu, *Python* mendukung paradigma pemrograman yang beragam, termasuk pemrograman fungsional, berbasis objek, dan imperatif (Supardi & Syarif, 2020). Salah satu karakteristik *Python* adalah filosofi desainnya yang menekankan pada keterbacaan kode.

2.5 Cheapest Insertion Heuristic (CIH)

Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* adalah metode yang digunakan untuk membentuk suatu *tour* perjalanan secara bertahap dengan menambahkan titik-titik secara satu per satu, sehingga diperoleh jalur dengan bobot total yang minimal. Pada setiap tahap, algoritma ini memilih titik dan sisi yang memberikan nilai penyisipan terkecil. Keunggulan algoritma ini terletak pada kemampuannya dalam menentukan titik mana yang akan disisipkan, baik titik yang belum termasuk dalam *tour* yang sedang dibentuk maupun sisi yang sudah menjadi bagian dari *tour* tersebut (Kusrini & Istiyanto, 2007).

Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) berfokus pada penambahan titik-titik yang belum dikunjungi dengan bobot minimum hingga semua titik tercakup untuk memperoleh solusi masalah. Metode ini memulai perjalanan (*tour*) dari titik awal (v_1) kemudian mengunjungi semua titik lainnya (v_2, v_3, \dots, v_n), dan kembali ke titik awal (v_1) tanpa mengunjungi titik lebih dari sekali. Setiap kali titik baru ditambahkan ke dalam partial *tour*, bobot tambahan minimum diperhitungkan untuk menjaga efisiensi perjalanan (Meliantri dkk., 2018).

Adapun cara pembentukan *tour* yaitu sebagai berikut.

1. Hubungkan dua titik dengan sebuah *subtour*. *Subtour* merupakan perjalanan dari titik pertama dan berakhir di titik pertama sehingga membentuk sirkuit, seperti $(v_1, v_2) \rightarrow (v_2, v_1)$ pada gambar berikut:



Gambar 2.2 *Subtour*

2. Penambahan jarak untuk *tour* terbaru adalah dengan kombinasi dua sisi, yaitu sisi (i, j) dengan sisi (i, k) dan sisi (k, j) , dengan k adalah titik tambahan dengan jarak terkecil, diperoleh:

$$c_{jk} = c_{ik} + c_{kj} - c_{ij} \quad (2.5.1)$$

Keterangan:

1. c_{ik} adalah jarak dari titik i ke titik k ;
2. c_{kj} adalah jarak dari titik k ke titik j ;
3. c_{ij} adalah jarak dari titik i ke titik j ;
4. Ulangi langkah ke 2 sampai seluruh titik masuk dalam *subtour* (Meliantri dkk., 2018).

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi pada langkah pertama dengan menghubungkan tiga titik, bukan dua titik. Berikut ini merupakan langkah-langkah *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH):

Langkah 1: Menentukan 3 sisi yang memiliki bobot terkecil, selanjutnya jumlahkan semua bobot dari sisi yang telah ditentukan (total bobot).

Langkah 2: Cari kandidat sisi terkecil dari 3 titik yang telah dipilih untuk digabungkan ke dalam *subtour* baru.

Langkah 3: Hitung semua kandidat sisi yang dipilih dengan menggunakan rumus Total bobot – bobot sisi yang dibuang + bobot sisi yang menggabungkan antara titik yang ditambah dengan titik yang dibuang.

Langkah 4: Pilih bobot nilai paling kecil dari kandidat sisi yang sudah dihitung.

Langkah 5: Gabungkan sisi yang dipilih di Langkah 1 dengan kandidat sisi paling kecil yang telah dihitung menjadi *subtour* baru.

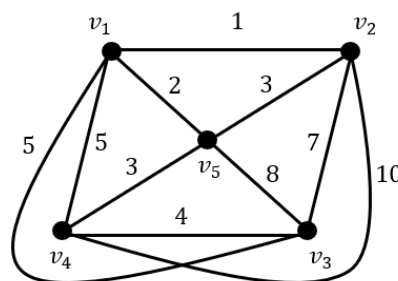
Langkah 6: Jika terdapat sisi yang berpotongan, penghapusan dapat dilakukan dengan mengasumsikan jarak *Euclidean*.

Ulangi langkah-langkah tersebut hingga semua titik masuk ke dalam *subtour* (untuk langkah selanjutnya atau iterasi selanjutnya dimulai dari Langkah 2).

Berikut diberikan contoh penyelesaian CIH.

Tabel 2.1 Jarak Antar Lokasi (km)

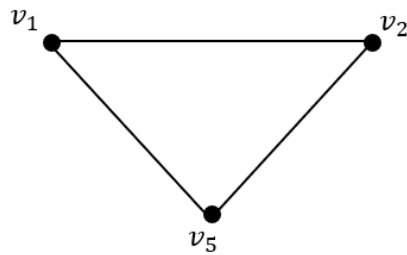
Kota	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5
v_1	0	1	5	5	2
v_2	1	0	7	10	3
v_3	5	7	0	4	8
v_4	5	10	4	0	3
v_5	2	3	8	3	0



Gambar 2.3 Representasi Graf untuk Tabel 2.1

Untuk menyelesaikan permasalahan menentukan lintasan terpendek dengan metode CIH adalah sebagai berikut.

1. Pilih 3 sisi dengan bobot terkecil, maka dari $d(v_1, v_2) = 1$, $d(v_2, v_5) = 3$, $d(v_5, v_1) = 2$ dengan total jarak 6 km.



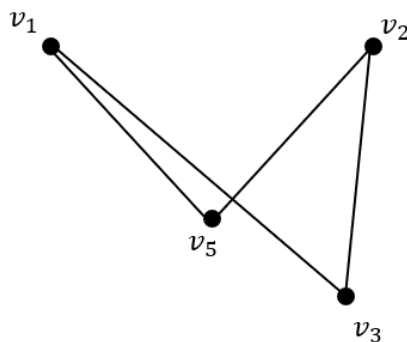
2. Pilih kandidat sisi:

$$d(v_1, v_3) = 5, d(v_2, v_3) = 7, d(v_5, v_3) = 8$$

3. Hitung jumlah bobot dari kandidat:

- Penambahan $e_{1,3}$ dan membuang $e_{1,2}$: Total bobot lama $-d(v_1, v_2) + d(v_1, v_3) + d(v_2, v_3) = 6 - 1 + 5 + 7 = 17$
- Penambahan $e_{2,3}$ dan membuang $e_{2,5}$: Total bobot lama $-d(v_2, v_5) + d(v_2, v_3) + d(v_5, v_3) = 6 - 3 + 7 + 8 = 18$
- Penambahan $e_{5,3}$ dan membuang $e_{5,1}$: Total bobot lama $-d(v_5, v_1) + d(v_5, v_3) + d(v_1, v_3) = 6 - 2 + 8 + 5 = 17$

4. Pilih kandidat paling kecil, karena terdapat total bobot yang sama maka pilih salah satu yaitu $e_{1,3}$ dengan total semua bobot baru 17 km.



5. Didapat *subtour* baru $v_1 - v_3 - v_2 - v_5 - v_1$.

Karena terdapat titik yang belum terhubung dengan *subtour*, maka dilakukan kembali perhitungan yang sama dimulai dari langkah 2 untuk iterasi ke 2 ini:

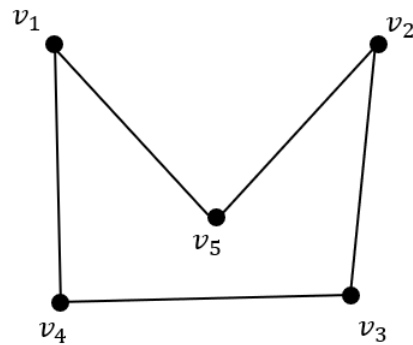
(a) Pilih kandidat sisi:

$$d(v_1, v_4) = 5, d(v_3, v_4) = 4, d(v_2, v_4) = 10, d(v_5, v_4) = 3$$

(b) Hitung perhitungan bobot dari kandidat:

- Penambahan $e_{1,4}$ dan membuang $e_{1,3}$: Total bobot lama $- d(v_1, v_3) + d(v_1, v_4) + d(v_3, v_4) = 17 - 5 + 5 + 4 = 21$
- Penambahan $e_{3,4}$ dan membuang $e_{3,2}$: Total bobot lama $- d(v_3, v_2) + d(v_3, v_4) + d(v_2, v_4) = 17 - 7 + 4 + 10 = 24$
- Penambahan $e_{2,4}$ dan membuang $e_{2,5}$: Total bobot lama $- d(v_2, v_5) + d(v_2, v_4) + d(v_5, v_4) = 17 - 3 + 10 + 3 = 27$
- Penambahan $e_{5,4}$ dan membuang $e_{1,4}$: Total bobot lama $- d(v_5, v_1) + d(v_5, v_4) + d(v_1, v_4) = 17 - 2 + 3 + 5 = 23$

(c) Pilih kandidat paling kecil, yaitu $e_{1,4}$ dengan total semua bobot baru 21 km.



(d) Didapat *tour* $v_1 - v_4 - v_3 - v_2 - v_5 - v_1$.

Jadi, *tour* terpendek yang didapat adalah: $v_1 - v_4 - v_3 - v_2 - v_5 - v_1$ dengan total bobot jarak tempuh 20 km.

2.6 Algoritma *Nearest Neighbor Heuristic* (NNH)

Dalam menyelesaikan masalah TSP, Algoritma *Nearest Neighbor Heuristic* (NNH) merupakan algoritma yang bersifat sederhana dan efisien dalam membentuk panjang lintasan awal yang dapat diterima untuk menyelesaikan TSP. Algoritma ini bekerja dengan memilih pilihan terbaik pada setiap langkahnya (Nuraiman dkk., 2018). Cara kerja dari Algoritma NNH yaitu dengan membandingkan jarak dari suatu titik ke titik terdekat yang bertetangga. Proses dimulai dengan pemilihan kota secara acak, lalu dilanjutkan dengan mengunjungi kota-kota lain yang belum dikunjungi hingga seluruh kota telah dilewati (Alsalibi dkk., 2018).

Berikut ini merupakan langkah-langkah *Nearest Neighbor Heuristic* (NNH):

1. Memilih sebuah titik yang akan menjadi titik awal yang juga sebagai titik akhir *tour*.
2. Dari titik yang dipilih, identifikasi titik-titik lain yang terhubung dan belum pernah dikunjungi.
3. Memilih nilai terkecil dari sisi yang menghubungkan titik-titik tersebut.
4. Titik yang dipilih akan menjadi titik awal untuk bergerak ke titik lainnya, kemudian tandai titik yang telah dikunjungi.
5. Mengulangi langkah b sampai d hingga semua titik ditandai (sudah terlewati) (Amelia dkk., 2024).

Berikut diberikan contoh penyelesaian NNH.

Berdasarkan Tabel 2.1 dengan menggunakan langkah-langkah di atas, berikut disajikan tabel yang berisi informasi mengenai *tour* dan total bobot jarak tempuh yang dihasilkan menggunakan NNH.

Titik awal dan akhir	Tour yang Terbentuk	Perhitungan Bobot	Total Jarak (km)
v_1	$v_1 - v_2 - v_5 - v_4 - v_3 - v_1$	$1 + 3 + 3 + 4 + 5$	16 (Pilih)
v_2	$v_2 - v_1 - v_5 - v_4 - v_3 - v_2$	$1 + 2 + 3 + 4 + 7$	17
v_3	$v_3 - v_4 - v_5 - v_1 - v_2 - v_3$	$4 + 3 + 2 + 1 + 7$	17
v_4	$v_4 - v_5 - v_1 - v_2 - v_3 - v_4$	$3 + 2 + 1 + 7 + 4$	17
v_5	$v_5 - v_1 - v_2 - v_3 - v_4 - v_5$	$2 + 1 + 7 + 4 + 3$	17

Tabel 2.2 Hasil Perhitungan *Tour* Dan Total Jarak

Berdasarkan total jarak, disimpulkan bahwa *tour* $v_1 - v_2 - v_5 - v_4 - v_3 - v_1$ dengan total jarak 16 km merupakan *tour* terbaik.

2.7 Jarak *Euclidean*

Euclidean Distance adalah metode yang digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik dalam ruang *Euclidean*, yang pertama kali diperkenalkan oleh matematikawan Yunani bernama Euclid. Metode ini sering dimanfaatkan sebagai fungsi *heuristic* dalam berbagai aplikasi. Perhitungannya memiliki keterkaitan yang erat dengan Teorema *Pythagoras* (Setiawan dkk., 2018), karena mengacu pada panjang garis lurus yang menghubungkan dua titik. Notasi *Euclidean Distance* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \times 111.319 \text{ (1 derajat di bumi)} \quad (2.7.1)$$

Dari rumus di atas dapat diimplementasikan menjadi:

$$\text{Jarak} = \sqrt{(\text{Lon}_2 - \text{Lon}_1)^2 + (\text{Lat}_2 - \text{Lat}_1)^2} \times 111.319 \quad (2.7.2)$$

Misal diberikan titik A dengan koordinat:

$\text{Lat}_1 = -5.81913$ dan $\text{Lon}_1 = 105.65810$

titik B dengan koordinat:

$\text{Lat}_2 = -5.81352$ dan $\text{Lon}_2 = 105.62191$

maka:

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{(\text{Lon}_2 - \text{Lon}_1)^2 + (\text{Lat}_2 - \text{Lat}_1)^2} \times 111.319 \\ &= \sqrt{(105.62191 - 105.65810)^2 + (-5.81352 - (-5.81913))^2} \times 111.319 \\ &= 4.07675 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh jarak antara titik A terhadap titik B dengan menggunakan *Euclidean Distance* adalah 4.07675 km.

2.8 Jarak *Haversine*

Teorema *Haversine* digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik di permukaan bumi dengan memperhitungkan koordinat lintang (*latitude*) dan bujur (*longitude*) dari masing-masing titik (Hartanto dkk., 2017). Jarak yang diperoleh melalui perhitungan menggunakan rumus *Haversine* merepresentasikan jarak antara dua titik yang dapat divisualisasikan pada peta, seperti melalui *Google Map*

(Maulana dkk., 2018).

Berikut merupakan persamaan dari formula *Haversine*:

$$d = 2r \cdot \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Delta \text{lat}}{2} \right) + \cos(\text{lat}_1) \cdot \cos(\text{lat}_2) \cdot \sin^2 \left(\frac{\Delta \text{lon}}{2} \right)} \right) \quad (2.8.1)$$

Keterangan:

d = Jarak
 r = Jari-jari bumi (6371 km)
 Δlat = Besar perubahan *latitude*
 Δlon = Besar perubahan *longitude*

Implementasi formula *Haversine* disajikan dalam masalah berikut.

Misal diberikan titik A dengan koordinat:

$\text{Lat}_1 = -5.81913$ dan $\text{Lon}_1 = 105.65810$

titik C dengan koordinat:

$\text{Lat}_2 = -5.42031$ dan $\text{Lon}_2 = 105.30529$

maka:

$\text{Lat}_1 = -5.81913$ derajat diubah ke dalam radian (-0.10156 radian);

$\text{Lon}_1 = 105.65810$ derajat diubah ke dalam radian (1.84408 radian);

$\text{Lat}_2 = -5.42031$ derajat diubah ke dalam radian (-0.09460 radian);

$\text{Lon}_2 = 105.30529$ derajat diubah ke dalam radian (1.83792 radian);

$\Delta \text{lat} = -0.09460 - (-0.10156) = 0.00696$

$\Delta \text{lon} = 1.83792 - 1.84408 = -0.00616$

$$\begin{aligned}
 d &= 2r \cdot \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Delta \text{lat}}{2} \right) + \cos(\text{lat}_1) \cdot \cos(\text{lat}_2) \cdot \sin^2 \left(\frac{\Delta \text{lon}}{2} \right)} \right) \\
 &= 2 \cdot 6371 \cdot \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{0.00696}{2} \right) + \cos(-0.10156) \cdot \cos(-0.09460) \cdot \sin^2 \left(\frac{-0.00616}{2} \right)} \right) \\
 &= 59.21503 \text{ km.}
 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh jarak antara titik A terhadap titik C menggunakan formula *Haversine* adalah 59.21503 km.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Tahun Akademik 2024/2025, bertempat di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung di Jl. Prof. Dr. Ir Sumantri Brojonegoro No. 1, Gedong Meneng, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35141.

3.2 Data Penelitian

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data jarak destinasi air terjun di Provinsi Lampung dengan jarak antar lokasi dari titik v_1 ke v_{20} tidak lebih dari 188 km yang mencakup empat kabupaten yaitu Bandar Lampung, Lampung Selatan, Pesawaran, dan Tanggamus. Data tersebut didapat dari aplikasi *Google Maps* yang diubah ke dalam data jarak *Euclidean* dan jarak *Haversine*.

3.3 Langkah-Langkah Penelitian

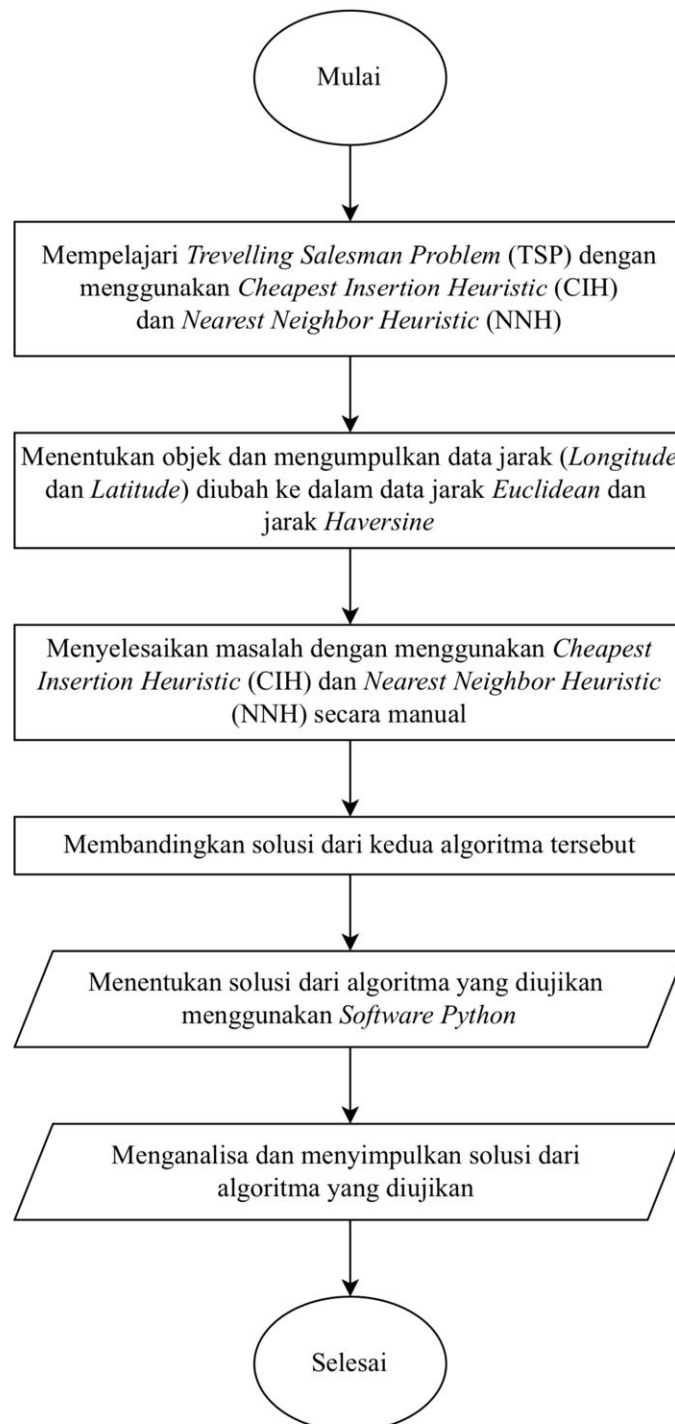
Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan sumber literatur utama untuk mendukung topik pembahasan ini;
2. Memahami dan mempelajari metode CIH dan NNH untuk menentukan *tour* terpendek;
3. Mengumpulkan data jarak tempat destinasi wisata air terjun di Provinsi Lampung dengan jarak antar lokasi dari titik v_1 ke v_{20} tidak lebih dari 188 km yang mencakup empat kabupaten yaitu Bandar Lampung, Lampung Selatan,

Pesawaran dan Tanggamus sebanyak 20 titik menggunakan bantuan *Google Maps* kemudian diubah ke dalam data jarak *Euclidean* dan jarak *Haversine*;

4. Menyelesaikan langkah-langkah dalam mencari *tour* terpendek menggunakan CIH dan NNH;
5. Membandingkan hasil yang optimal dengan kedua metode CIH dan NNH untuk menemukan solusi pencarian *tour* terpendek tempat destinasi wisata air terjun dari titik awal hingga titik akhir;
6. Menarik kesimpulan tentang perbandingan hasil yang optimal dari kedua algoritma dalam menentukan pencarian *tour* terpendek tempat destinasi wisata air terjun.

Berikut merupakan *flowchart* penelitian:



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini, penyelesaian *Traveling Salesman Problem* (TSP) menunjukkan bahwa perhitungan menggunakan program *Python* menghasilkan jarak yang lebih panjang dibandingkan perhitungan manual untuk semua metode dan jenis data. Pada metode CIH, jarak terpendek ditemukan pada perhitungan manual dengan data jarak *Euclidean* sebesar 215.7 km, sedangkan jarak terpanjang terdapat pada perhitungan *Python* dengan data jarak *Euclidean* sebesar 356.7 km. Untuk metode NNH, hasil perhitungan manual dan *Python* dengan data jarak *Haversine* menunjukkan jarak yang relatif lebih pendek dibandingkan hasil dengan data jarak *Euclidean*. Dengan demikian, metode CIH cenderung menghasilkan jarak tempuh yang lebih pendek dibandingkan metode NNH untuk setiap jenis data, baik melalui perhitungan manual maupun *Python*.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan algoritma lain dengan data yang sama, sehingga hasil dari perbandingan yang diperoleh dapat memberikan wawasan yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahuja, R.K., Magnanti, T.L., & Orlin, J.B. (1993). *Network Flow: Theory, Algorithms and Applications*. Prentice Hall, New Jersey.
- Alsalibi, B., Babaeianjelodar, M., & Venkat, I. (2013). A Comparative Study between the Nearest Neighbor and Genetic Algorithms: A revisit to the Traveling Salesman Problem. *International Journal of Computer Science and Electronics Engineering (IJCSEE)*, 1(1), 34–38.
- Amelia, M., Sholeha, I. I., Revangga, Y. R., & Wamiliana. (2024). The Comparison of Brute Force, Cheapest-Insertion, and Nearest-Neighbor Heuristics for Determining the Shortest Tour for Visiting Malls in Bandar Lampung. *EXPERT: Jurnal Manajemen Sistem Informasi dan Teknologi*, 14(1), 51–54.
- Amin, R.A., Ikhsan, M., & Wibisono, L. (2003). Treveling Salesman Problem. *Jurnal Teknik Informatika*, 1, 1-6.
- Ananda, A. S., Notiragayu, N., Wamiliana, W., & Ansori, M. (2023). Penentuan Lintasan Terpendek Perjalanan Pengiriman Barang Menggunakan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic (Studi Kasus PT. Indah Logistik Cargo Bandar Lampung). *Jurnal EurekaMatika*, 11(2), 111-120.
- Aristi, G., (2014). Perbandingan Algoritma Greedy, Algoritma Cheapest Insertion Heuristics Dan Dynamic Programming Dalam Penyelesaian Travelling Salesman Problem. *Jurnal Paradigma*, 10(1), 101-106.
- Bisma, M. A., & Sanggala, E. (2023). Genetic Algorithm for Improving Route of Travelling Salesman Problem Generated by Savings Algorithm. *Sainteks: Jurnal Sains Dan Teknik*, 5(1), 102–111.
- Buhaerah, B., Busrah, Z., & Sanjaya, H. (2022). *Teori Graf dan Aplikasinya*. Living Spiritual Quotient (LSQ), Makassar.
- Deo, N. (1989). *Graph Theory with Applications to Engineering and Computer Science*. Prentice Hall Inc., New York.

- Hartanto, S., Furqon, M., Siahaan, A. P. U., & Fitriani, W. (2017). Haversine Method in Looking for the Nearest Masjid. *International Journal of Recent Trends in Engineering and Research*, 3(8), 187–195.
- Kusrini, & Istiyanto, E.J. (2007). Penyelesaian Treveling Salesman Problem Dengan Algoritma Cheapest Insertion Heuristics Dan Basis Data. *Jurnal Informatika*, 8, 109-114.
- Lestari, N. W. A. F., Widhiatmika, I. W. A., Wafa, A., Nola, N. M., & Hutabarat, A. V. R. (2025). Optimalisasi Penentuan Jalur Distribusi Terpendek dalam Pengiriman Produk Chemical Pembersih Kolam Renang Menggunakan Metode Nearest Neighbor. *Jurnal Syntax Admiration*, 6(3), 1426-1436.
- Maulana, A., Solichin, A., & Syafrullah, M. (2018). Penerapan Metode Haversine Pada Sistem Informasi Geografis Untuk Penentuan Lokasi Pembangunan Menara Telekomunikasi Pada Kota Tangerang. *Indonesian Journal on Software Engineering (IJSE)*, 4(1), 45-51.
- Meliantri, K., Githa, P., & Wirdiani, N.K.A. (2018). Optimasi Distribusi Produk Menggunakan Metode Cheapest Insertion Heuristics Berbasis Web. *Jurnal Jurusan Teknologi Informasi*, 6, 204-213.
- Naufal, R. (2017). Implementasi Firefly Algorithm - Tabu Search Untuk Penyelesaian Traveling Salesman Problem. *JOIN: Jurnal Online Inform*, 2(1), 42–48.
- Nuraiman, D., Ilahi, F., Dewi, Y., & Hamidi, E. A. Z. (2018). A New Hybrid Method Based on Nearest Neighbor Algorithm and 2-Opt Algorithm for Traveling Salesman Problem, *Jurnal International Conference On Wireless And Telematics*, 1(4), 1-4.
- Nurmaulidar. (2014). The Application of Fitness Sharing Method in Evolutionary Algorithm to Optimizing the Travelling Salesman Problem (TSP). *Jurnal Natural*, 14(2), 23–32.
- Permanasari, Y., & Salim, A.R. (2006). Representasi Jalur (Path) Pada Treveling Salesman Problem Untuk Menentukan Jarak Terpendek Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Matematika*, 6, 55-62.
- Sari, N. P. (2024). Apikasi Google Maps untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas 7F SMP Negeri 1 Batu pada Materi Mengenal Lokasi Tempat Tinggal. *Jurnal Pendidikan Taman Widya Humaniora*, 3(1), 225-253.

- Setiawan, K., Supriyadin, Santoso, I., & Buana, R. (2018). Menghitung Rute Terpendek Menggunakan Algoritma A* Dengan Fungsi Euclidean Distance. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi (SENTIKA)*, 70–79.
- Sinaga, R. P., & Marpaung, F. (2023). Perbandingan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic Dan Nearest Neighbor Dalam Menyelesaikan Traveling Salesman Problem. *Jurnal Riset Rumpun Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(2), 238-247.
- Supardi, Y., & Syarif, Y. (2020). *Tips dan trik program database python*. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Syarif, H. (2022). Optimisasi Rute Pengiriman Produk Komponen Otomotif (Traveling Salesman Problem) Melalui Pendekatan Heuristik. *Jurnal Teknik Industri Universitas Pelita Bangsa (JUTIN)*, 38-46.