

**PENENTUAN *TOUR* TERPENDEK LOKASI TEMPAT WISATA
DI BANDAR LAMPUNG MENGGUNAKAN *CHEAPEST*
INSERTION HEURISTIC (CIH) DAN MODIFIKASI
ALGORITMA SOLLIN**

(Skripsi)

Oleh

**ABDI RESTU DINATA
2017031066**



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

**DETERMINING THE SHORTEST TOUR LOCATION OF THE
TOURISM DESTINATION IN BANDAR LAMPUNG USING
CHEAPEST INSERTION HEURISTIC (CIH) AND
MODIFICATION SOLLIN'S ALGORITHM**

ABSTRACT

By

Abdi Restu Dinata

The travel and tourism industry play important role in economics. Like various urban areas on the island of Sumatra which is famous for its tourist destinations, the city of Bandar Lampung is one of the tourist destinations for urban communities on the island of Sumatra because it has many cultural tourist attractions that tourists can visit. With so many choices of tourist destinations, tourists will definitely think about considering the time and costs as efficiently as possible to visit the available tourist attractions. Therefore, it is necessary to take the shortest tour so that it can save time and costs. This problem is known as the Traveling Salesman Problem (TSP). The results obtained show that the solution using the modified Sollin Algorithm is better than the Cheapest Insertion Heuristic (CIH) for the case of solving TSP travel time for tourist attractions in Bandar Lampung City.

Keywords: *Travelling Salesman Problem, Cheapest Insertion Heuristic, Sollin Algorithm*

**PENENTUAN TOUR TERPENDEK LOKASI TEMPAT WISATA
DI BANDAR LAMPUNG MENGGUNAKAN *CHEAPEST
INSERTION HEURISTIC (CIH)* DAN MODIFIKASI
ALGORITMA SOLLIN**

ABSTRAK

Oleh

Abdi Restu Dinata

Industri perjalanan pariwisata merupakan salah satu industri penting yang berperan sebagai penggerak perekonomian. Seperti halnya berbagai kawasan perkotaan di Pulau Sumatera dan terkenal dengan destinasi wisatanya, Kota Bandar Lampung merupakan salah satu tujuan wisata masyarakat perkotaan di Pulau Sumatera karena memiliki banyak tempat wisata dan budaya yang dapat dikunjungi oleh wisatawan. Dengan banyaknya pilihan destinasi wisata, wisatawan pasti akan berpikir untuk mempertimbangkan waktu dan biaya seefisien mungkin untuk mengunjungi tempat wisata yang tersedia. Oleh karena itu, diperlukan *tour* terpendek yang akan dilalui sehingga bisa menghemat waktu dan biaya. Permasalahan ini dikenal dengan *Travelling Salesman Problem* (TSP). Hasil yang didapat menunjukkan bahwa solusi menggunakan Algoritma Sollin yang di modifikasi lebih baik dibandingkan *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) untuk kasus penyelesaian TSP waktu tempuh tempat wisata di Kota Bandar Lampung.

Kata Kunci: *Travelling Salesman Problem*, *Cheapest Insertion Heuristic*,
Algoritma Sollin

**PENENTUAN TOUR TERPENDEK LOKASI TEMPAT WISATA
DI BANDAR LAMPUNG MENGGUNAKAN *CHEAPEST*
INSERTION HEURISTIC (CIH) DAN MODIFIKASI
ALGORITMA SOLLIN**

Oleh

Abdi Restu Dinata

2017031066

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Judul Skripsi : **PENENTUAN *TOUR* TERPENDEK LOKASI
TEMPAT WISATA DI BANDAR LAMPUNG
MENGUNAKAN *CHEAPEST INSERTION
HEURISTIC (CIH)* DAN MODIFIKASI
ALGORITMA SOLLIN**

Nama Mahasiswa : **Abdi Restu Dinata**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2017031066**

Jurusan : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

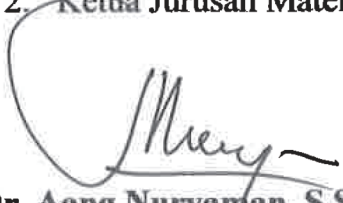


Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph.D
NIP. 19631108 19890 2 001



Dr. Fitriani, S.Si., M.Sc.
NIP. 19840627 200604 2 001

2. Ketua Jurusan Matematika



Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 19740316 200501 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph.D.



Sekretaris : Dr. Fitriani, S.Si., M.Sc.



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



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung



Dr. Ing. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP.19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 17 April 2024

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Abdi Restu Dinata**
Nomor Pokok Mahasiswa : **2017031066**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **Penentuan *Tour* Terpendek Lokasi Tempat Wisata di Bandar Lampung Menggunakan *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) dan Modifikasi Algoritma Sollin**

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

Bandar Lampung, 26 April 2024
Penulis,



Abdi Restu Dinata
NPM. 2017031066

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Abdi Restu Dinata, lahir di Kotabumi Kabupaten Lampung Utara pada tanggal 13 Agustus 2002. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan suami istri Bapak Alzoni dan Ibu Lesrida Santi.

Penulis menempuh pendidikan di TK Aisyiyah II Kotabumi pada tahun 2007-2008, sekolah dasar di SD 1 Menggala pada tahun 2008-2014, sekolah menengah pertama di SMP 1 Menggala pada tahun 2014-2017, dan sekolah menengah atas di SMA Kebangsaan Kalianda pada tahun 2017-2020.

Pada tahun 2020, penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswa jurusan S1 Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif diorganisasi yaitu sebagai Anggota Bidang Keilmuan Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (Himatika) tahun 2021.

Pada bulan Januari – Februari 2023, penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di PT Perkebunan Nusantara VII. Kemudian pada bulan Juni – Agustus 2023, sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Gunung Sugih, Kecamatan Kedondong, Kabupaten Pesawaran.

KATA INSPIRASI

“Terlambat bukan berarti gagal, cepat bukan berarti hebat. Terlambat bukan menjadi alasan untuk menyerah, setiap orang memiliki proses yang berbeda. Percaya proses itu yang paling penting, karena Allah telah mempersiapkan hal baik dibalik kata proses yang kamu anggap rumit”

(Edwar Satria)

“Bila kau tak sanggup menahan lelahnya belajar, maka kau harus sanggup menahan perihnya kebodohan”

(Imam Syafi'i)

“Jangan bandingkan prosesmu dengan orang lain karena tidak semua bunga tumbuh mekar secara bersamaan”

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa ta'ala atas limpahan rahmat, taufik, hidayah dan inayah-Nya kepada penulis beserta keluarga dan saudara lainnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

1. Pertama untuk diri sendiri, terima kasih karena mau berjuang dan bertahan sampai saat ini sampai mampu berada dititik ini.
2. Panutanku, ayahanda tercinta Alzoni. Beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan sampai dengan bangku perkuliahan, namun beliau dapat mendidik penulis, mendoakan, memberikan semangat dan motivasi tiada henti hingga penulis dapat menyelesaikan studinya sampai sarjana.
3. Pintu surgaku, ibunda tercinta Lesrida Santi. Terima kasih sebesar-besarnya penulis berikan kepada beliau atas segala bentuk bantuan, semangat, dan doa yang diberikan selama ini. Terima kasih atas nasihat yang selalu diberikan meski terkadang pikiran kita tidak sejalan, terima kasih atas kesabaran dan kebesaran hati menghadapi penulis yang sering kali membuatmu kesal. Ibu menjadi pengingat dan penguat paling hebat. Terima kasih, sudah menjadi tempatku untuk pulang, bu.
4. Ketiga adikku tersayang, Resi, Hamilul dan Hafidza. Terima kasih sudah mood booster dan menjadi alasan penulis untuk pulang ke rumah setelah beberapa bulan meninggalkan rumah demi menempuh pendidikan di bangku perkuliahan.

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penentuan *Tour* Terpendek Lokasi Tempat Wisata di Kota Bandar Lampung Menggunakan *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) dan Modifikasi Algoritma Sollin”.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, bantuan dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan hati penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph. D. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa selalu membimbing dan meberikan arahan, kritik, dan saran serta dukungan kepada penulis selama proses perkuliahan dan pembuatan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Fitriani, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta saran yang membantu kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
3. Ibu Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembahas atas ketersediaannya untuk membahas serta memberikan kritik dan saran serta evaluasi kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Ir. Warsono, M.S., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama mengikuti perkuliahan.
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., M.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. Keluarga tercinta bapak, ibu, adik-adik dan keluarga besar yang selalu memotivasi, memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat penulis yakni Aperiz, Dimas, Handrio, Rifki, dan Taufik terimakasih untuk semua motivasi, dukungan, semangat, kebersamaan serta kenangan yang indah dalam menjalani perkuliahan dan selama proses penyusunan skripsi ini.
11. Teman-teman satu bimbingan Anisa, Intan, Micelle dan Wisel yang telah memberikan semangat, motivasi maupun saran kepada penulis.
12. Teman-teman Jurusan Matematika angkatan 2020 yang sudah banyak membantu selama masa perkuliahan.
13. Terakhir, terima kasih untuk diri sendiri, karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini. Mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tak pernah memutuskan menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini dengan menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin, ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri.

Akhirnya, sungguh penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini masih sangat jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kepada semua pihak utamanya para pembaca yang budiman, penulis senantiasa mengharapkan saran dan kritiknya demi kesempurnaan skripsi ini.

Mudah-mudahan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi semua pihak utamanya kepada Almamater tercinta Kampus Hijau Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 26 April 2024
Penulis,

Abdi Restu Dinata
NPM. 2017031066

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Graf dan Terminologi Dasar Graf	3
2.2 <i>Travelling Salesman Problem</i> (TSP).....	4
2.3 <i>Google Maps</i>	5
2.4 <i>Google Earth</i>	5
2.5 Python.....	6
2.6 <i>Cheapest Insertion Heuristic</i> (CIH)	6
2.7 Algoritma Sollin	16
2.8 Tempat Wisata di Kota Bandar Lampung.....	19
III. METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2 Data Penelitian	22
3.3 Metode Penelitian.....	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Deskripsi Data	25
4.2 Proses Penyelesaian <i>Travelling Salesman Problem</i> (TSP) Menggunakan <i>Cheapest Insertion Heuristic</i> (CIH)	29

4.3	Proses Penyelesaian <i>Travelling Salesman Problem</i> (TSP)	
	Menggunakan Modifikasi Algoritma Sollin	44
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran	61
	DAFTAR PUSTAKA.....	62
	LAMPIRAN.....	64

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.6.1 Data waktu tempuh antarlokasi (menit)	8
Tabel 2.6.2 Hasil penyelesaian contoh <i>Cheapest Insertion Heuristic</i> (CIH)	12
Tabel 4.1.1 Data alamat tempat wisata di Kota Bandar Lampung	26
Tabel 4.1.2 Data waktu tempuh tempat wisata di Kota Bandar Lampung (dalam satuan menit)	28
Tabel 4.2.1 Hasil penyelesaian <i>Cheapest Insertion Heuristic</i> (CIH)	29

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1.1 Contoh graf.....	4
Gambar 2.6.1 <i>Subtour</i>	6
Gambar 2.6.2 Graf untuk Tabel 2.6.1.	8
Gambar 2.8.1 Tempat wisata di Kota Bandar Lampung.....	21
Gambar 3.3.1 Diagram metode penelitian	24
Gambar 4.1.1 Tempat wisata di Kota Bandar Lampung yang akan diteliti (dinyatakan dengan v_1 sampai dengan v_{24})	25
Gambar 4.2.1 Hasil TSP menggunakan CIH	34
Gambar 4.2.2 Proses perhitungan kembali hasil TSP menggunakan CIH.....	35
Gambar 4.2.3 Setelah proses perhitungan kembali hasil TSP menggunakan CIH	37
Gambar 4.2.4 <i>Syntax</i> Python CIH.....	38
Gambar 4.2.5 <i>Output syntax</i> Python CIH	39
Gambar 4.2.6 Proses perhitungan kembali <i>output syntax</i> CIH	40
Gambar 4.2.7 Setelah proses perhitungan kembali <i>output syntax</i> Python CIH	43
Gambar 4.3.1 Hasil TSP menggunakan Modifikasi Algoritma Sollin.....	53
Gambar 4.3.2 Proses perhitungan kembali hasil TSP Modifikasi Algoritma Sollin.....	54
Gambar 4.3.3 Setelah proses perhitungan kembali hasil TSP Modifikasi Algoritma Sollin	55
Gambar 4.3.4 <i>Syntax</i> Python Modifikasi Algoritma Sollin	56
Gambar 4.3.5 <i>Output syntax</i> Python Modifikasi Algoritma Sollin.....	57

Gambar 4.3.6 Proses perhitungan kembali <i>output syntax</i> Modifikasi Algoritma Sollin.....	58
Gambar 4.3.7 Setelah proses perhitungan kembali <i>output syntax</i> Modifikasi Algoritma Sollin	60

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Matematika memiliki peranan penting karena sebagai dasar logika yang disebut dengan penalaran dan penyelesaian masalah. Tanpa disadari hampir semua aktivitas dalam kehidupan sehari-hari berkaitan dengan konsep matematika, salah satunya aktivitas perjalanan pariwisata yang dilakukan oleh wisatawan.

Industri perjalanan pariwisata merupakan salah satu industri penting yang berperan sebagai penggerak perekonomian. Seperti halnya berbagai kawasan perkotaan di Pulau Sumatera dan terkenal dengan destinasi wisatanya, Kota Bandar Lampung merupakan salah satu tujuan wisata masyarakat perkotaan di Pulau Sumatera karena memiliki banyak tempat wisata dan budaya yang dapat dikunjungi oleh wisatawan. Dengan banyaknya pilihan destinasi wisata, wisatawan pasti akan berpikir untuk mempertimbangkan waktu dan biaya seefisien mungkin untuk mengunjungi tempat wisata yang tersedia. Oleh karena itu, diperlukan *tour* terpendek yang akan dilalui sehingga bisa menghemat waktu dan biaya. Permasalahan ini dikenal dengan *Travelling Salesman Problem* (TSP).

Tujuan TSP adalah untuk menentukan *tour* terpendek yang menghubungkan semua titik yang dipertimbangkan. Untuk menentukan *tour* terpendek dapat digunakan suatu algoritma. Algoritma merupakan langkah-langkah logis penyelesaian masalah yang disusun secara sistematis terhadap permasalahan yang akan diselesaikan (Mulyadi, 2021). Telah dilakukan penelitian TSP dengan menggunakan *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) dan Algoritma Sollin oleh beberapa penelitian sebelumnya seperti Utomo dkk. (2018) yang meneliti

implementasi CIH untuk menentukan rute terpendek distribusi air mineral di PT Al-Ma'soem Muawanah. Hignasari dan Mahira (2018) meneliti tentang optimalisasi rute distribusi barang dengan bantuan Google Maps menggunakan CIH. Algoritma Sollin merupakan salah satu algoritma untuk menyelesaikan *Minimum Spanning Tree* (MST) (Wamiliana, 2022). Algoritma Sollin juga dapat digunakan untuk menyelesaikan TSP dengan melakukan modifikasi terhadap algoritma tersebut.

Pada penelitian ini akan digunakan CIH dan modifikasi Algoritma Sollin untuk mencari *tour* terpendek antara dua algoritma tersebut. Kedua algoritma tersebut akan dibandingkan untuk menentukan TSP dari tempat-tempat wisata di Kota Bandar Lampung.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. menentukan solusi TSP tempat wisata di Kota Bandar Lampung menggunakan CIH dan Algoritma Sollin yang dimodifikasi dengan cara manual dan menggunakan *software* Python;
2. membandingkan hasil yang diperoleh dengan menggunakan CIH dan Algoritma Sollin yang dimodifikasi.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. memberikan pemahaman bagi pembaca mengenai CIH dan Algoritma Sollin yang dimodifikasi;
2. memberikan referensi untuk penelitian lebih lanjut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Graf dan Terminologi Dasar Graf

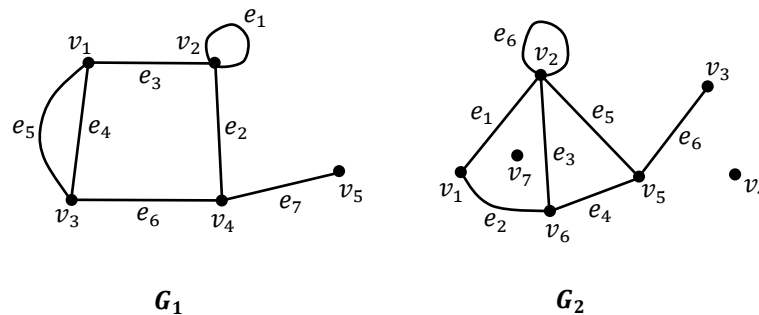
Istilah dan definisi yang digunakan pada subbab ini diambil dari Deo (2017). Graf $G(V, E)$ terdiri dari himpunan $V = \{v_1, v_2, \dots\}$ dengan $V \neq \emptyset$ disebut titik dan himpunan lainnya E yang elemen-elemennya disebut sisi, sehingga setiap sisi $e_{i,j}$ diidentifikasi dengan pasangan titik tidak berurutan (v_i, v_j) .

Jika titik v_i dan v_j merupakan titik ujung dari sisi $e_{i,j}$, maka v_i dan v_j dikatakan menempel (*incident*) dengan $e_{i,j}$. Dua sisi dikatakan bertetangga (*adjacent*) jika keduanya menempel pada titik yang sama (titik v_i dan v_j dikatakan bertetangga harus menempel pada sisi yang sama, $e_{i,j}$). Sisi yang titik ujungnya adalah titik yang sama disebut dengan *loop*. Derajat dari suatu titik adalah banyaknya sisi yang menempel pada titik tersebut. Suatu barisan berhingga dari titik dan sisi secara bergantian yang dimulai dan diakhiri dengan titik sehingga setiap titik yang menempel dengan titik sebelum dan sesudahnya, dimana setiap sisi hanya dilalui satu kali disebut jalan (*walk*). Jalan terbuka yang tidak ada titik yang muncul lebih dari satu kali disebut lintasan (*path*). Suatu graf G dikatakan terhubung jika terdapat paling sedikit satu lintasan di antara setiap graf tersebut sepasang titik di G , jika tidak, G tak terhubung. Suatu titik yang tidak memiliki sisi yang bersisian disebut titik terpencil (*isolated vertex*). Suatu graf yang setiap titiknya mempunyai derajat satu disebut daun (*pendant vertex*). Lintasan tertutup yang tidak ada titik (kecuali titik awal dan titik akhir) yang muncul lebih dari satu kali disebut sirkuit (*circuit*). Jarak dari titik v_i ke v_j dinotasikan sebagai $d(v_i, v_j)$ adalah bobot dari lintasan yang menghubungkan titik v_i dan v_j . *Tour* adalah lintasan tertutup yang

melintasi setiap titik tepat satu kali, kecuali pada titik awal sedangkan *subtour* adalah bagian kecil dari *tour*.

Berikut merupakan contoh dari terminologi dasar graf.

Contoh 2.1.1



Gambar 2.1.1 Contoh graf

Titik v_3 dan v_4 di G_1 menempel dengan sisi e_6 di G_1 . Titik v_1 dan v_3 di G_1 bertetangga. Titik v_2 di G_1 dan G_2 merupakan *loop*. Derajat dari masing-masing titik di G_1 adalah $d(v_1) = d(v_3) = d(v_4) = 3, d(v_2) = 4$ dan $d(v_5) = 1$. Barisan berhingga $v_1, e_5, v_3, e_4, v_1, e_3, v_2, e_1, v_2, e_2, v_4, e_7, v_5$ merupakan jalan di G_1 . Barisan berhingga $v_2, e_3, v_1, e_5, v_3, e_6, v_4, e_7, v_5$ merupakan lintasan di G_1 . Graf G_1 merupakan graf terhubung sedangkan graf G_2 merupakan graf tak terhubung. Titik v_4 dan v_7 di G_2 merupakan titik terpencil. Titik v_3 di G_2 merupakan daun. Barisan berhingga $v_2, e_3, v_6, e_4, v_5, e_5, v_2$ merupakan sirkuit di G_2 .

2.2 Travelling Salesman Problem (TSP)

Travelling Salesman Problem (TSP) merupakan suatu masalah dimana konsep yang digunakan dalam permasalahan tersebut adalah mencari *tour* terpendek yang harus dilalui oleh *salesman* menuju beberapa titik tempat tujuan dari suatu titik asal kembali lagi ke titik asalnya dan di setiap titik dikunjungi tepat satu kali (Tisen, 2019).

Terdapat dua jenis TSP yaitu:

1. *Travelling Salesman Problem* (TSP) asimetris. Pada TSP jenis ini, biaya dari kota 1 ke kota 2 tidak sama dengan biaya dari kota 2 ke kota 1;
2. *Travelling Salesman Problem* (TSP) simetris. Pada TSP jenis simetris, biaya dari kota 1 ke kota 2 adalah sama dengan biaya dari kota 2 ke kota 1 (Aristi, 2014).

Pada penelitian ini, jenis TSP yang digunakan adalah TSP jenis simetris.

2.3 Google Maps

Google Maps adalah layanan pemetaan *web* yang dikembangkan oleh Google. Layanan ini memberikan citra satelit, peta jalan, panorama 360°, kondisi lalu lintas dan perencanaan lintasan bepergian dengan jalan kaki, mobil, sepeda atau angkutan umum (Harahap dan Hidayatullah, 2018). Pada penelitian ini, *Google Maps* digunakan untuk mengumpulkan data waktu tempuh secara *real time* tempat wisata di Kota Bandar Lampung (dalam satuan menit).

2.4 Google Earth

Google Earth merupakan sebuah program globe *virtual* yang sebenarnya disebut *Earth Viewer* dan dibuat oleh Keyhole, Inc.. Program ini memetakan bumi dari superimposisi gambar yang dikumpulkan dari pemetaan satelit, fotografi udara dan globe GIS 3D. Pada penelitian ini, *Google Earth* digunakan untuk menyajikan data waktu tempuh yang diperoleh melalui *Google Maps* dalam bentuk gambar.

2.5 Python

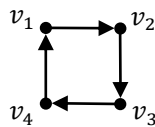
Python merupakan bahasa pemrograman yang dikembangkan pada akhir tahun 1980-an di *National Research Institute* oleh Guido van Rossum. Python merupakan bahasa pemrograman yang dinilai fleksibel, hal ini dikarenakan bahasa pemrograman Python sebagian besar menggunakan bahasa yang dapat dikenali (bahasa Inggris) oleh manusia (Setiawan dkk., 2020).

2.6 Cheapest Insertion Heuristic (CIH)

Menurut Meliantri dkk. (2018) konsep dari CIH adalah menambahkan kota yang belum terlewati dengan menambahkan bobot minimum hingga semua titik terlewati untuk mendapatkan solusi permasalahan. Suatu perjalanan (*tour*) metode CIH dimulai dari titik awal (v_1) menuju ke semua titik ($v_2, v_3, v_4, \dots, v_n$) dan kembali ke titik awal (v_1) tanpa mengunjungi titik lebih dari satu kali dengan mempertimbangkan tambahan bobot minimum ketika satu titik ditambahkan ke dalam *subtour* yang ada.

Berikut ini diberikan cara pembentukan *tour* (Meliantri dkk., 2018)

1. Hubungkan dua titik dengan sebuah *subtour*, sehingga membentuk sirkuit seperti pada Gambar 2.6.1.



Gambar 2.6.1 *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:

$$c_{jk} = c_{ik} + c_{kj} - c_{ij}$$

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 .

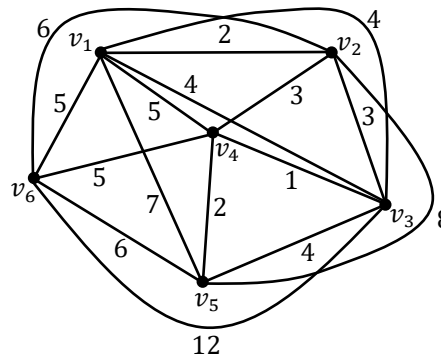
Pada penelitian ini akan ditentukan TSP dari 24 tempat wisata di Kota Bandar Lampung. Masalah ini dapat diselesaikan dengan menggunakan metode *heuristic*. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam menyelesaikan masalah ini adalah CIH. Berikut ini merupakan langkah-langkah CIH:

1. Lakukan pencarian dengan menentukan 3 sisi yang memiliki bobot terkecil, selanjutnya jumlahkan semua bobot dari sisi yang telah ditentukan (total bobot).
2. Cari kandidat sisi yang paling terkecil dari 3 titik yang telah dipilih untuk digabungkan ke dalam *subtour* baru.
3. Hitung semua kandidat sisi yang dipilih dengan menggunakan rumus: Total bobot sekarang = Total bobot – bobot sisi yang dibuang + bobot sisi yang ditambah + bobot sisi yang menggabungkan antara titik yang ditambah dengan titik yang dibuang).
4. Pilih bobot nilai paling kecil dari kandidat sisi yang sudah dihitung.
5. Gabungkan sisi yang dipilih dilangkah 1 dengan kandidat sisi paling kecil yang telah dihitung menjadi *subtour* baru.

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

Tabel 2.6.1 Data waktu tempuh antarlokasi (menit)

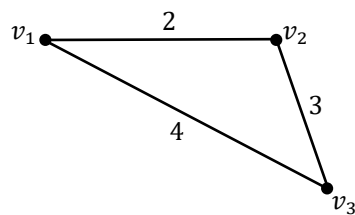
Tempat Asal	Tempat Tujuan						
		v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6
	v_1	0	2	4	5	7	5
	v_2	2	0	3	3	8	6
	v_3	4	3	0	1	4	12
	v_4	5	3	1	0	2	5
	v_5	7	8	4	2	0	6
	v_6	5	6	12	5	6	0



Gambar 2.6.2 Graf untuk Tabel 2.6.1

Langkah-langkah untuk menyelesaikan permasalahan menentukan *tour* terpendek:

1. Pilih 3 sisi dengan bobot waktu tempuh terkecil, maka dari $d(v_1, v_2) = 2$, $d(v_2, v_3) = 3$ dan $d(v_3, v_1) = 4$ dengan total bobot waktu tempuh $d(v_1, v_2) + d(v_2, v_3) + d(v_3, v_1) = 2 + 3 + 4 = 9$ menit.



2. Pilih kandidat sisi:

$$d(v_1, v_4) = 5, d(v_2, v_4) = 3 \text{ dan } d(v_3, v_4) = 1$$

3. Hitung pertambahan bobot waktu tempuh dari kandidat:

i. Penambahan $e_{1,4}$ dan membuang $e_{1,3}$: Total bobot waktu tempuh lama –

$$d(v_1, v_3) + d(v_1, v_4) + d(v_3, v_4) = 9 - 4 + 5 + 1 = 11 \text{ menit}$$

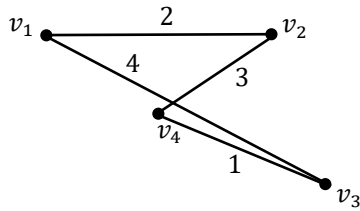
ii. Penambahan $e_{2,4}$ dan membuang $e_{2,3}$: Total bobot waktu tempuh lama –

$$d(v_2, v_3) + d(v_2, v_4) + d(v_3, v_4) = 9 - 3 + 3 + 1 = 10 \text{ menit (dipilih)}$$

iii. Penambahan $e_{3,4}$ dan membuang $e_{3,1}$: Total bobot waktu tempuh lama –

$$d(v_3, v_1) + d(v_3, v_4) + d(v_1, v_4) = 9 - 4 + 1 + 5 = 11 \text{ menit}$$

4. Pilih kandidat paling kecil, maka pilih sisi $e_{2,4}$ untuk sisi yang dibuang $e_{2,3}$ dan ditambahkan sisi baru $e_{3,4}$ dengan total bobot waktu tempuh 10 menit.



5. Didapat *subtour* baru $v_1 - v_2 - v_4 - v_3 - v_1$

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

1. Pilih kandidat sisi:

$$d(v_1, v_5) = 7, d(v_2, v_5) = 8, d(v_4, v_5) = 2 \text{ dan } d(v_3, v_5) = 4$$

2. Hitung perhitungan bobot waktu tempuh dari kandidat:

i. Penambahan $e_{1,5}$ dan membuang $e_{1,3}$: Total bobot waktu tempuh lama –

$$d(v_1, v_3) + d(v_1, v_5) + d(v_3, v_5) = 10 - 4 + 7 + 4 = 17 \text{ menit (dipilih)}$$

ii. Penambahan $e_{2,5}$ dan membuang $e_{2,4}$: Total bobot waktu tempuh lama –

$$d(v_2, v_4) + d(v_2, v_5) + d(v_4, v_5) = 10 - 3 + 8 + 2 = 17 \text{ menit}$$

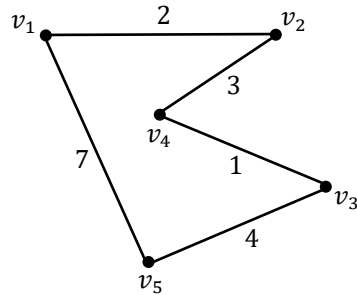
iii. Penambahan $e_{4,5}$ dan membuang $e_{4,2}$: Total bobot waktu tempuh lama –

$$d(v_4, v_2) + d(v_4, v_5) + d(v_2, v_5) = 10 - 3 + 2 + 8 = 17 \text{ menit}$$

iv. Penambahan $e_{3,5}$ dan membuang $e_{3,1}$: Total bobot waktu tempuh lama –

$$d(v_3, v_1) + d(v_3, v_5) + d(v_1, v_5) = 10 - 4 + 4 + 7 = 17 \text{ menit}$$

3. Pilih kandidat paling kecil, karena semua kandidat memiliki nilai bobot waktu tempuh yang sama, ambil salah satu saja maka pilih sisi $e_{1,5}$, untuk sisi yang dibuang $e_{1,3}$ dan ditambahkan sisi baru $e_{3,5}$, dengan total bobot waktu tempuh 17 menit.



4. Didapat *subtour* baru $v_1 - v_2 - v_4 - v_3 - v_5 - v_1$

Karena terdapat titik yang belum terhubung dengan *subtour*, maka dilakukan kembali perhitungan yang sama dimulai dari langkah 2 untuk iterasi ke 3 ini.

1. Pilih kandidat sisi:

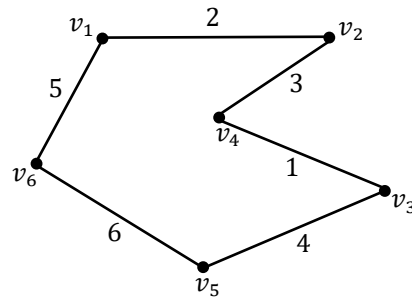
$$d(v_1, v_6) = 5, d(v_2, v_6) = 6, d(v_4, v_6) = 5, d(v_3, v_6) = 12 \text{ dan} \\ d(v_5, v_6) = 6$$

2. Hitung perhitungan bobot waktu tempuh dari kandidat:

- i. Penambahan $e_{1,6}$ dan membuang $e_{1,5}$: Total bobot waktu tempuh lama
 $- d(v_1, v_5) + d(v_1, v_6) + d(v_5, v_6) = 17 - 7 + 5 + 6 = 21$ menit
- ii. Penambahan $e_{2,6}$ dan membuang $e_{2,4}$: Total bobot waktu tempuh lama
 $- d(v_2, v_4) + d(v_2, v_6) + d(v_4, v_6) = 17 - 3 + 6 + 5 = 25$ menit
- iii. Penambahan $e_{4,6}$ dan membuang $e_{4,2}$: Total bobot waktu tempuh lama
 $- d(v_4, v_2) + d(v_4, v_6) + d(v_2, v_6) = 17 - 3 + 5 + 6 = 25$ menit
- iv. Penambahan $e_{3,6}$ dan membuang $e_{3,5}$: Total bobot waktu tempuh lama
 $- d(v_3, v_5) + d(v_3, v_6) + d(v_5, v_6) = 17 - 4 + 12 + 6 = 31$ menit
- v. Penambahan $e_{5,6}$ dan membuang $e_{5,1}$: Total bobot waktu tempuh lama
 $- d(v_5, v_1) + d(v_5, v_6) + d(v_1, v_6) = 17 - 7 + 6 + 5 = 21$ menit
 (dipilih)

3. Pilih kandidat paling kecil, karena terdapat dua kandidat dengan nilai bobot waktu tempuh terkecil, ambil salah satu saja maka pilih sisi

$e_{5,6}$, untuk sisi yang dibuang $e_{5,1}$ dan ditambahkan sisi baru $e_{1,6}$ dengan total bobot waktu tempuh 21 menit.



4. Didapat *tour* $v_1 - v_2 - v_4 - v_3 - v_5 - v_6 - v_1$

Dengan demikian, langkah-langkah sudah diselesaikan, didapat *tour* terpendek untuk seorang *salesman* mengunjungi enam lokasi tepat satu kali dan kembali ke lokasi awal adalah $v_1 - v_2 - v_4 - v_3 - v_5 - v_6 - v_1$ dengan total bobot waktu tempuh 21 menit.

Disajikan juga langkah-langkah tersebut menggunakan tabel sederhana, seperti pada Tabel 2.6.2.

Tabel 2.6.2 Hasil penyelesaian contoh *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH)

Iterasi	<i>Subtour</i>	Total bobot waktu tempuh	$ E = n?$	Bobot sisi yang dipilih	Total bobot waktu tempuh baru	Keterangan
	$v_1 - v_2 - v_3 - v_1$	9	Tidak	$d(v_1, v_2) = 2$		
				$d(v_2, v_3) = 3$		
				$d(v_3, v_1) = 4$		
1	$v_1 - v_2 - v_3 - v_1$	9	Tidak	$d(v_1, v_4) = 5$	$9 - d(v_1, v_3) + d(v_1, v_4) + d(v_3, v_4) = 11$	
				$d(v_2, v_4) = 3$	$9 - d(v_2, v_3) + d(v_2, v_4) + d(v_3, v_4) = 10$	Karena penambahan sisi $e_{2,4}$ memiliki total bobot waktu tempuh baru terkecil maka pilih $e_{2,4}$ sebagai sisi yang ditambahkan pada <i>subtour</i> .
				$d(v_3, v_4) = 1$	$9 - d(v_3, v_1) + d(v_3, v_4) + d(v_1, v_4) = 11$	
						<i>Subtour</i> baru: $v_1 - v_2 - v_4 - v_3 - v_1$

2	$v_1 - v_2 - v_4 - v_3 - v_1$	10	Tidak	$d(v_1, v_5) = 7$	$10 - d(v_1, v_3) + d(v_1, v_5) + d(v_3, v_5) = 17$	Karena penambahan sisi $e_{1,5}$, $e_{2,5}$, $e_{4,5}$ dan $e_{3,5}$ memiliki total bobot waktu tempuh baru terkecil maka pilih salah satu dan dipilih $e_{1,5}$ sebagai sisi yang ditambahkan pada <i>subtour</i> .
				$d(v_2, v_5) = 8$	$10 - d(v_2, v_4) + d(v_2, v_5) + d(v_4, v_5) = 17$	
				$d(v_4, v_5) = 2$	$10 - d(v_4, v_2) + d(v_4, v_5) + d(v_2, v_5) = 17$	
				$d(v_3, v_5) = 4$	$10 - d(v_3, v_1) + d(v_3, v_5) + d(v_1, v_5) = 17$	
						<i>Subtour</i> baru: $v_1 - v_2 - v_4 - v_3 - v_5 - v_1$

3	$v_1 - v_2 - v_4 - v_3 - v_5 - v_1$	17	Tidak	$d(v_1, v_6) = 5$	$17 - d(v_1, v_5) + d(v_1, v_6) + d(v_5, v_6) = 21$	
				$d(v_2, v_6) = 6$	$17 - d(v_2, v_4) + d(v_2, v_6) + d(v_4, v_6) = 25$	
				$d(v_4, v_6) = 5$	$17 - d(v_4, v_2) + d(v_4, v_6) + d(v_2, v_6) = 25$	
				$d(v_3, v_6) = 12$	$17 - d(v_3, v_5) + d(v_3, v_6) + d(v_5, v_6) = 31$	
				$d(v_5, v_6) = 6$	$17 - d(v_5, v_1) + d(v_5, v_6) + d(v_1, v_6) = 21$	Karena penambahan sisi $e_{5,6}$ dan $e_{1,6}$ memiliki total bobot waktu tempuh baru terkecil maka pilih salah satu dan dipilih $e_{5,6}$ sebagai sisi yang ditambahkan pada <i>subtour</i>

						<i>Tour:</i> $v_1 - v_2 - v_4 - v_3 - v_5 - v_6 - v_1$
4	$v_1 - v_2 - v_4 - v_3 - v_5 - v_6 - v_1$	21	Ya			

Jadi, *tour* terpendek yang didapat adalah $v_1 - v_2 - v_4 - v_3 - v_5 - v_6 - v_1$ dengan total bobot waktu tempuh 21 menit.

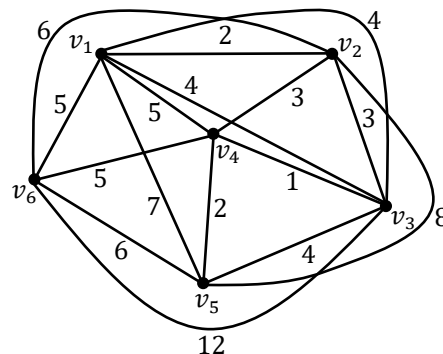
2.7 Algoritma Sollin

Menurut Wamiliana (2022) konsep dari Algoritma Sollin adalah menghubungkan setiap titik dengan sisi memiliki bobot yang minimum sehingga terbentuk komponen-komponen graf. Kemudian komponen-komponen graf tersebut dihubungkan dengan sisi yang terpendek sehingga terbentuk *Minimum Spanning Tree* (MST). Algoritma Sollin yang dimodifikasi dapat digunakan untuk menentukan TSP dengan cara menghubungkan komponen-komponen pada graf dan membentuk *tour*. Caranya adalah dengan menghubungkan titik awal dan titik yang sudah semua komponennya terhubung dan merevisi titik dengan derajat lebih dari dua.

Langkah-langkah modifikasi Algoritma Sollin diberikan sebagai berikut.

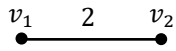
1. Hubungkan tiap titik di graf dengan bobot terkecil sehingga terbentuk *forest*.
2. Untuk titik-titik yang derajatnya lebih dari dua, reduksi derajat dengan menghapus salah satu garis dan menghubungkan titik yang terisolasi dengan titik berderajat satu.
3. Hubungkan titik yang berderajat satu sehingga dibentuk *tour* dengan bobot terkecil.

Contoh 2.7.1 Akan ditentukan *tour* terpendek pada graf yang diberikan pada Gambar 2.6.2

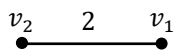


Berikut proses menentukan *tour* terpendek menggunakan Algoritma Sollin yang dimodifikasi:

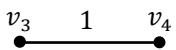
Pada titik v_1 , sisi yang memiliki bobot waktu tempuh terkecil adalah sisi yang menempel dengan titik v_2 atau $e_{1,2}$.



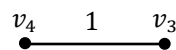
Pada titik v_2 , sisi yang memiliki bobot waktu tempuh terkecil adalah sisi yang menempel dengan titik v_1 atau $e_{2,1}$.



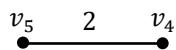
Pada titik v_3 , sisi yang memiliki bobot waktu tempuh terkecil adalah sisi yang menempel dengan titik v_4 atau $e_{3,4}$.



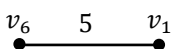
Pada titik v_4 , sisi yang memiliki bobot waktu tempuh terkecil adalah sisi yang menempel dengan titik v_3 atau $e_{4,3}$.



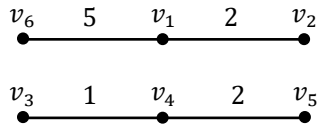
Pada titik v_5 , sisi yang memiliki bobot waktu tempuh terkecil adalah sisi yang menempel dengan titik v_4 atau $e_{5,4}$.



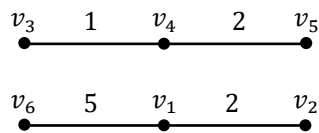
Pada titik v_6 , sisi yang memiliki bobot waktu tempuh terkecil adalah sisi yang menempel dengan titik v_1 atau $e_{6,1}$.



Didapat dua komponen dari hasil menggabungkan sisi, berikut hasil yang didapat dan selanjutnya akan dilakukan proses mereduksi titik yang berderajat lebih dari dua menjadi titik yang berderajat satu atau dua.



Pada dua komponen tersebut tidak ada yang berderajat lebih dari dua, sehingga tidak perlu dilakukan proses mereduksi titik yang berderajat lebih dari dua.

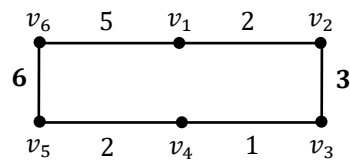


Agar membentuk sirkuit maka dilakukan proses penggabungan komponen pada titik dengan derajat satu. Berikut merupakan bobot waktu tempuh pada ujung titik masing-masing komponen:

$$\begin{aligned} e_{3,6} &= 12 \\ e_{3,2} &= 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_{5,6} &= 6 \\ e_{5,2} &= 8 \end{aligned}$$

Pilih sisi yang memiliki bobot waktu tempuh terkecil yaitu sisi $e_{6,5} = 6$ dan $e_{2,3} = 3$, sehingga dua komponen tersebut membentuk sirkuit sebagai berikut:



Jadi, *tour* terpendek yang didapat adalah: $v_1 - v_2 - v_3 - v_4 - v_5 - v_6 - v_1$ dengan total bobot waktu tempuh 19 menit.

2.8 Tempat Wisata di Kota Bandar Lampung

Berikut diberikan gambar 24 tempat wisata di Kota Bandar Lampung:



Museum Lampung



Taman Betung



Lembah BKP



Bukit Sakura



Puncak Mas



Pintu Langit



Lengkung Langit



Pulau Permata



Pantai Tiska



Wira Garden



Lembah Hijau



Transmart Lampung



Lampung Walk



Lampung Elephant Park



Tebing Vietnam



Teropong Kota Bukit Sindy



Lembah Durian Farm Stable



Camp 91 Kedaung Outbound



Puncak Nirwana



Farm Day Education Park



Taman Kupu-kupu Gita Persada



Air Terjun Batu Putu



Waterpark Citra Garden



Alam Wawai

Gambar 2.8.1 Tempat wisata di Kota Bandar Lampung

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester genap pada tahun akademik 2023/2024 di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data waktu tempuh tempat wisata di Kota Bandar Lampung sebanyak 24 titik tempat wisata, data ini diambil pada hari Rabu, 06 September 2023 secara *real time* menggunakan bantuan Google Maps.

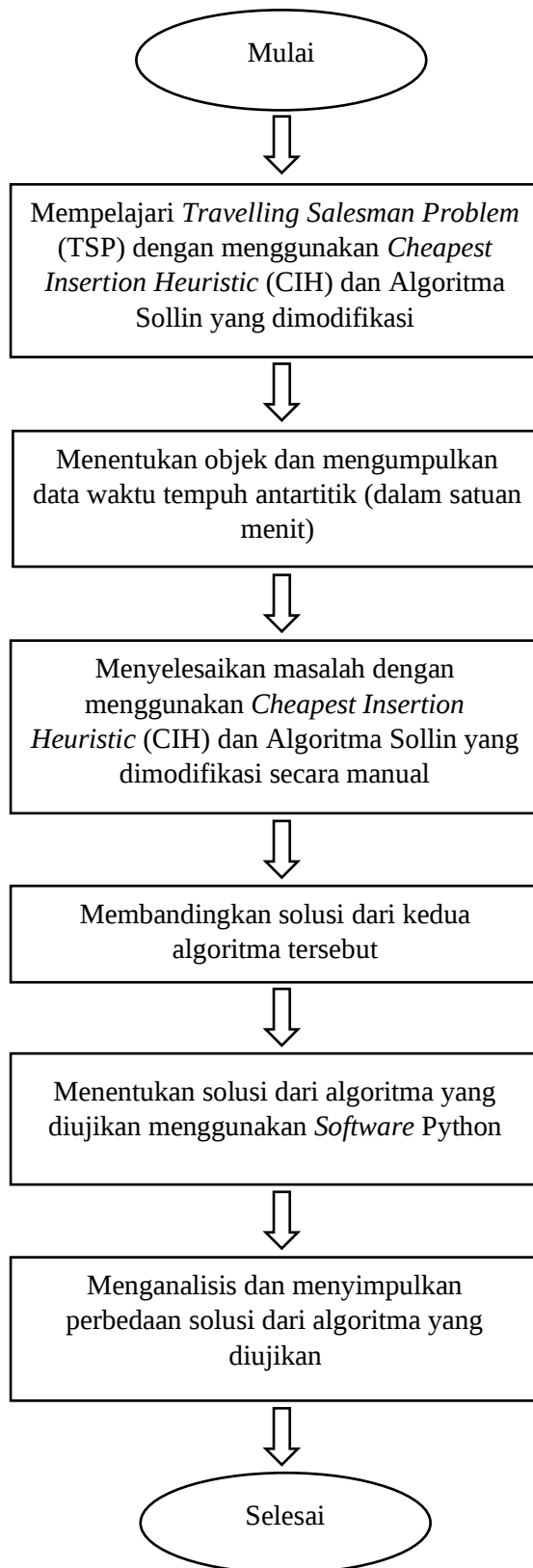
3.3 Metode Penelitian

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

1. mencari literatur utama yang mendukung topik pembahasan ini;
2. memahami dan mempelajari metode CIH dan Algoritma Sollin dalam mencari *tour* terpendek;
3. mengumpulkan data waktu tempuh tempat wisata di Kota Bandar Lampung sebanyak 24 titik tempat wisata secara *real time* menggunakan bantuan Google Maps;

4. menyelesaikan langkah-langkah untuk mendapatkan *tour* terpendek menggunakan CIH dan Algoritma Sollin yang dimodifikasi;
5. membandingkan hasil yang optimal dari kedua metode CIH dan Algoritma Sollin yang dimodifikasi untuk menemukan solusi pencarian *tour* terpendek tempat wisata dari titik awal hingga titik akhir;
6. menarik kesimpulan tentang perbandingan hasil yang optimal dari kedua algoritma dalam menentukan solusi pencarian *tour* terpendek tempat wisata di Kota Bandar Lampung.

Berikut diberikan diagram metode penelitian:



Gambar 3.3.1 Diagram metode penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini *tour* terpendek yang didapat dari kedua algoritma adalah 244 menit atau 4 jam 4 menit menggunakan Algoritma CIH sedangkan menggunakan Algoritma Sollin yang dimodifikasi diperoleh lintasan terpendek 241 menit atau 4 jam 1 menit. Dari hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa Algoritma Sollin yang dimodifikasi lebih baik dibandingkan Algoritma CIH untuk kasus penyelesaian TSP waktu tempuh tempat wisata di Kota Bandar Lampung.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan mampu menggunakan algoritma lain untuk menyelesaikan TSP maupun pencarian *tour* terpendek.

DAFTAR PUSTAKA

- Aristi, G. (2014). Perbandingan Algoritma Greedy, Algoritma Cheapest Insertion Heuristics dan Dynamic Programming dalam Penyelesaian Travelling Salesman Problem. *Paradigma* 16(2), 52–58.
- Deo, N. (2017). *Graph Theory With Applications To Engineering and Computer Science*. Dover Edition, New York:
- Harahap, R. R., & Hidayatullah. (2018). Sistem Informasi Google Maps dengan Menggunakan Vb.Net. *Journal of Science and Social Research* 1(1), 36–41.
- Hignasari, L., V., & Mahira, E., D. (2018). Optimization of Goods Distribution Route Assisted by Google Map with Cheapest Insertion Heuristic Algorithm (CIH). *Jurnal Sinergi*, 22(2), 132 – 138.
- Meliantri, K., Githa, P., & Wirdiani, N. K. A. (2018). Optimasi Distribusi Produk Menggunakan Metode Cheapest Insertion Heuristic Berbasis Web. *Jurnal Jurusan Teknologi Informasi* 6(3), 204–213.
- Mulyadi, R. (2021). Analisis Sistem Distribusi Penjualan Sembako Usaha Kecil dan Menengah dengan Menggunakan Algoritma Dijkstra Berbasis Android di Kota Bontang. *Jurnal Teknik JAGO (Juara, Aktif, Global, Optimis)* 1(2), 55-69.
- Setiawan, I., Dewanta, W., Nugroho, H. A., & Supriyono, H. (2020). *Image Counting* Berbasis Citra *Realtime* untuk Mengendalikan Arus Lalu Lintas Menggunakan Phytion dan Matlab. *Jurnal Informatika*, 9(1), 1–8.
- Tisen, M. (2019). Penentuan Rute Optimal Pengantaran Koran Menggunakan Travelling Salesman Problem. *Jurnal S1 Teknik Industri UNTAN*, 3(2), 27 – 32.

Utomo, G. R., Maylawati, S. D., & Alam, N. C. (2018). Implementasi Algoritma Cheapest Insertion Heuristic (CIH) dalam Penyelesaian Travelling Salesman Problem (TSP). *Jurnal Online Informatika*, 3(1), 61 – 67.

Wamiliana (2022) *Minimum Spanning Tree dan Desain Jaringan*. Pustaka Media, Bandar Lampung: