

**PENYELESAIAN MASALAH *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM* (TSP)
DENGAN MENGGUNAKAN *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC*
DAN MODIFIKASI ALGORITMA SOLLIN**

(Skripsi)

Oleh

Shella Tri Astuti



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**TRAVELLING SALESMAN PROBLEM (TSP) RESOLUTION
USING THE CHEAPEST INSERTION HEURISTIC AND
MODIFICATION OF THE SOLLIN ALGORITHM**

ABSTRACT

By

SHELLA TRI ASTUTI

The Traveling Salesman Problem was coined in 1800 by Irish mathematician William Rowan Hamilton and British mathematician Thomas Penyngton Krikman. The objectives to obtained from this study are to compare the results obtained to determine the Traveling Salesman Problem from one gas station to 25 other gas stations in Bandar Lampung City. The results obtained show that the solution obtained using the Modified Sollin Algorithm method is better than the solution obtained using the Cheapest Insertion Heuristic (CIH) method.

Keywords: Traveling Salesman Problem, Cheapset Insertion Heuristic, Sollin's Algorithm.

**PENYELESAIAN MASALAH *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM* (TSP)
DENGAN MENGGUNAKAN *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC*
DAN MODIFIKASI ALGORITMA SOLLIN**

ABSTRAK

Oleh

SHELLA TRI ASTUTI

Travelling Salesman Problem dicetuskan pada tahun 1800 oleh ilmuwan matematika yang bernama Irlandia William Rowan Hamilton dan ilmuwan matematika Inggris yang bernama Thomas Penyngton Krikman. Adapun tujuan yang ingin didapatkan dari penelitian ini membandingkan hasil yang didapat untuk menentukan *Travelling Salesman Problem* dari satu SPBU ke 25 SPBU lainnya di Kota Bandar Lampung. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa solusi yang didapat dengan menggunakan metode Modifikasi Algoritma Sollin lebih baik dari solusi yang didapat dengan menggunakan metode *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH).

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

**PENYELESAIAN MASALAH *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM* (TSP)
DENGAN MENGGUNAKAN *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC*
DAN MODIFIKASI ALGORITMA SOLLIN**

Oleh

SHELLA TRI ASTUTI

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
2023**

Judul Skripsi

: PENYELESAIAN MASALAH *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM* (TSP) DENGAN MENGGUNAKAN *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC* DAN MODIFIKASI ALGORITMA SOLLIN

Nama Mahasiswa

: *Sheila Tri Astuti*

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1957031008

Jurusan

: Matematika

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph.D.
NIP. 19631108 198902 2 001

Dina Eka Nurvazly, S.Pd., M.Si.
NIP. 19931106 201903 2 018

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



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



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung,



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

NIP. 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **20 Juni 2023**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Shella Tri Astuti**
Nomor Pokok Mahasiswa : **1957031008**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **Penyelesaian Masalah *Travelling Salesman Problem* (TSP) dengan Menggunakan *Cheapest Insertion Heuristic* dan Modifikasi Algoritma *Sollin***

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, 20 Juni 2023

Penulis,



Shella Tri Astuti

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Shella Tri Astuti yang dilahirkan di Bogatama Kabupaten Tulang Bawang pada tanggal 26 Maret 2002. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan suami istri Bapak Suroto dan Ibu Nurul ‘Aini.

Penulis telah menempuh awal pendidikan di TK Darma Wanita pada tahun 2006-2007, pendidikan Sekolah Dasar di SDN 01 Bogatama pada tahun 2007-2013, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 02 Penawartama pada tahun 2013-2016, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA N 01 Penawartama pada tahun 2016-2019.

Pada tahun 2019, penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswi S1 di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN Barat.

Pada bulan Januari sampai Februari 2022, sebagai bentuk pengabdian mahasiswa dan menjalankan Tri Dharma Perguruan Tinggi, penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Agung Jaya, Kecamatan Banjar Margo, Kabupaten Tulang Bawang dan pada bulan Juni sampai Juli 2022, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Kota Bandar Lampung.

KATA INSPIRASI

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Q.S. Al-Baqarah: 286)

“Doa ibu saya lebih luas dari pada langit, di mana pun saya berada saya berteduh dibawahnya”
(Aan Mansyur)

“Kejarlah masa depanmu, jangan sia siakan waktu yang ada ingat ada orang tua yang harus dibanggakan dimulyakan hidupnya”
(Shella Tri Astuti)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil' alamin,

Puji dan syukur kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala atas limpahan nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam.

Dengan penuh syukur, kupersembahkan karya ini kepada:

Keluarga Tercinta

Terima kasih kepada keluargaku untuk semua do'a, kasih sayang, serta nasihat yang diberikan. Terima kasih seluruh keluargaku karena sudah mendukungku dalam segala hal dan selalu memberikan semangat.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Terima kasih kepada dosen pembimbing dan pembahas yang sudah sangat berjasa dalam membantu, memberikan masukan, arahan, serta ilmu yang berharga.

Sahabat – Sahabatku

Terima kasih kepada sahabat – sahabatku atas semua do'a, dukungan, semangat, serta canda tawa keceriaan selama masa perkuliahan ini.

Almamater Tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillahirabbilalamin, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan karunia serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penyelesaian Masalah *Travelling Salesman Problem* (TSP) dengan Menggunakan *Cheapest Insertion Heuristic* dan Modifikasi Algoritma Sollin”. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph. D. selaku pembimbing I dan selaku dosen pembimbing akademik atas kesediaan waktu dalam memberikan arahan, motivasi, bimbingan, serta saran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dina Eka Nurvazly, S.Pd., M.Si. selaku Pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Fitriani, S.Si., M.Sc. selaku Penguji yang telah bersedia memberikan kritik dan saran serta evaluasi yang membangun kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengatahuan Alam Universitas Lampung.
6. Seluruh dosen, staff, dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Lampung.

7. Keluarga tercinta bapak, ibu, mas, mba, dan keluarga besar yang selalu memotivasi, memberikan dukungan dan do'a kepada penulis.
8. Terimakasih kepada diriku sendiri karena sudah berjuang dan bertahan sejauh ini. Terimakasih tidak pernah menyerah dan selalu yakin bahwa diriku mampu. Terimakasih telah menjadi diriku sendiri dengan versi terbaik yang aku miliki.
9. Sahabat-sahabat penulis yakni Aulia Ayu, Meli, Alenia, Triya, Roro, Listra, Aulia Zahro, Kori, Nada, Fitri, Hana, Feby, Echa, Putri, Deswita, Hijri, Lutfi , Fovi, dan Adinda terimakasih untuk semua motivasi, dukungan, semangat, kebersamaan serta kenangan yang indah dalam menjalani perkuliahan dan selama proses penyusunan skripsi ini.
10. Teman-teman satu bimbingan, Alenia, Roro, Hana, Rehsya, dan Silvia yang telah memberikan semangat, motivasi maupun saran kepada penulis.
11. Sahabat-sahabat terbaikku Fadilla, Alis, Malla. Terima kasih untuk kabar dan dukungan kalian yang tiada henti membantu penulis untuk terus semangat mengerjakan skripsi ini.
12. Partnerku Rama Fachrul Anam, yang senantiasa mendengarkan keluh kesah penulis, memberi dukungan, dan menemani penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
13. Teman-teman Jurusan Matematika angkatan 2019 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, 20 Juni 2023

Penulis,

Sheila Tri Astuti

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Graf.....	4
2.2 <i>Travelling Salesman Problem (TSP)</i>	5
2.3 <i>Google Maps</i>	6
2.4 Algoritma <i>Cheapest Insertion Heuristic (CIH)</i>	6
2.5 Algoritma Sollin	11
III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Data Penelitian	13
3.3 Metode Penelitian.....	13

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 <i>Travelling Salesman Problem</i> dan Proses Survei BBM di Bandar Lampung.....	15
4.2 Proses Peyelesaian Masalah Menggunakan Algoritma <i>Cheapest Insertion Heuristic</i>	20
4.3 Proses Penyelesaian Masalah Menggunakan Algoritma Sollin yang dimodifikasi.....	30
V. KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar

Gambar 2.1.1 Contoh Graf	4
Gambar 2.1.2 Contoh jalan (<i>walk</i>)	4
Gambar 2.1.3 Contoh lintasan.....	5
Gambar 2.4.1 <i>Subtour</i>	6
Gambar 2.4.2 Lintasan Terpendek 5 Lokasi	10
Gambar 2.5.1 <i>Subtour</i> 5 titik.....	12
Gambar 3.3.1. Diagram Metode Penelitian... ..	14
Gambar 4.1.1 Titik-titik lokasi SPBU yang tersebar di Kota Bandar Lampung	15
Gambar 4.2.1 <i>Tour</i> 25 lokasi SPBU di Bandar Lampung.....	26
Gambar 4.2.2 <i>Tour</i> pada <i>maps</i>	27
Gambar 4.2.3 <i>Tour</i> yang didapat setelah direvisi dari hasil Algoritma CIH.....	27
Gambar 4.2.4 Penghapusan dan penambahan sisi pada <i>maps</i> setelah direvisi	28
Gambar 4.2.5 <i>Tour</i> yang direvisi	29
Gambar 4.2.6 Lintasan terpendek baru pada <i>maps</i>	29
Gambar 4.3.1 Sirkuit pada <i>maps</i> (dengan Algoritma CIH)	39
Gambar 4.3.2 Penghapusan dan penambahan sisi pada <i>maps</i> setelah revisi (Modifikasi Algoritma Sollin).....	39
Gambar 4.3.3 Sirkuit baru pada <i>maps</i> (dengan Algoritma Modifikasi Sollin)	41

DAFTAR TABEL

Tabel

Tabel 2.4.1 Tabel Jarak Antar Lokasi (km)	8
Tabel 2.4.2 Tabel Iterasi Algoritma <i>Cheapest Insertion</i> <i>Heuristic (CIH)</i>	10
Tabel 2.5.1 Tabel Jarak Antar Lokasi (km)	11
Tabel 4.1.1 Tabel data titik-titik SPBU yang tersebar di Kota Bandar Lampung	16
Tabel 4.1.2 Jarak antar lokasi survei petugas pertamina ke seluruh SPBU di Kota Bandar Lampung satuan kilometer	18
Tabel 4.2.1 Hasil penyelesaian <i>Cheapest Insertion Heuristic (CIH)</i> ..	20

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

SPBU atau Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum merupakan tempat bagi para pihak yang membutuhkan bahan bakar untuk kegiatan bisnis ataupun menunjang aktivitasnya dalam berkerja (Suryawardana dan Yani, 2015), maka perlu juga dipertimbangkan waktu seefisien mungkin sehingga dicari jalur terpendek yang akan dilalui dan kembali ke tempat asal. Permasalahan ini dikenal dengan *Travelling Salesman Problem* (TSP).

Travelling Salesman Problem (TSP) adalah pencarian jalur minimum perjalanan seorang salesman dari titik awal ke beberapa titik yang telah ditentukan, kemudian kembali ke titik awal dengan jarak total yang ditempuh minimum dan di setiap titik dikunjungi tepat satu kali (Rohman dkk., 2020). Tujuannya adalah untuk menentukan sirkuit terpendek dengan jarak keseluruhan. Ada beberapa algoritma yang dapat digunakan untuk menentukan TSP yaitu *Linear Programming* (LP), Algoritma Genetika, *Nearest Neighbourhood Heuristic* (NNH), *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) dan lainnya. Pada penelitian ini menggunakan algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH). *Cheapest Insertion Heuristic* merupakan algoritma yang membentuk suatu *tour* dan membuat lintasan terpendek dengan bobot minimal secara berurutan dengan menambahkan lokasi baru. Pemilihan titik baru dilakukan bersamaan dengan pemilihan sisi sehingga menghasilkan nilai penyisipan yang minimum. (Saleh dkk., 2015). Dalam penelitian ini digunakan Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* dan modifikasi Algoritma Sollin untuk mencari sirkuit (lintasan terpendek tertutup) antara dua algoritma tersebut.

Telah dilakukan penelitian *Travelling Salesman Problem* dengan *Cheapest Insertion Heuristic* oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti Utomo dkk. (2018) yang meneliti tentang implementasi Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* dalam penyelesaian *Travelling Salesman Problem*. Paillin dan Tupan (2018) meneliti Pemecahan *Travelling Salesman Problem* menggunakan teknik *Branch and Bound* dan *Cheapest Insertion Heuristic* (studi kasus: PT. Paris Jaya Mandiri – Ambon). Selain itu, Kusriani dan Istiyanto (2007) meneliti tentang penyelesaian *Travelling Salesman Problem* dengan Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* dan basis data. Selanjutnya, Afif dkk., (2022) meneliti optimasi pengiriman produk otomotif (*Travelling Salesman Problem*) melalui pendekatan heuristic, serta Rohman dkk. (2020) meneliti tentang optimisasi *travelling salesman problem* dengan algoritma genetika pada kasus pendistribusian barang PT. Pos Indonesia di Kota Bandar Lampung.

Prosedur sederhana untuk menyelesaikan masalah TSP dibagi menjadi dua metode, yaitu metode eksak dan metode heuristik. Metode eksak memberikan solusi optimal, sementara itu untuk metode heuristik memberikan solusi pendekatan (Rohman dkk., 2020).

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian *Travelling Salesman Problem* (TSP) dengan menggunakan *Cheapest Insertion Heuristic* dan modifikasi Algoritma Sollin untuk menentukan lintasan terpendek dari satu SPBU ke 25 SPBU lainnya di Bandar Lampung dan kembali ke SPBU awal.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan solusi pada permasalahan *Travelling Salesman Problem* (TSP) dari satu SPBU ke 25 SPBU lainnya di kota Bandar Lampung dengan menggunakan Software *Python*.
2. Membandingkan hasil yang didapat dengan menggunakan metode *Cheapest Insertion Heuristic* dan Algoritma Sollin yang dimodifikasi.

1.4 Manfaat Penelitian

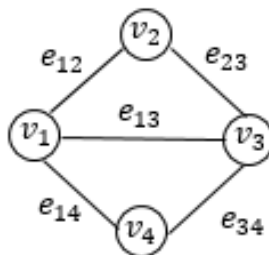
Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan pemahaman bagi pembaca mengenai *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) dan Algoritma Sollin yang dimodifikasi.
2. Memberikan referensi untuk penelitian lebih lanjut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

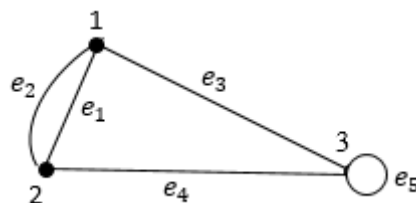
2.1 Graf

Menurut Munir (2010) Graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V, E) , dengan V adalah himpunan tidak kosong dari titik-titik dan E adalah sisi yang menghubungkan sepasang titik di V . Sisi yang menghubungkan titik u dengan titik v dinyatakan dengan pasangan (u, v) atau dinyatakan dengan e_{uv} .



Gambar 2.1.1 Contoh Graf

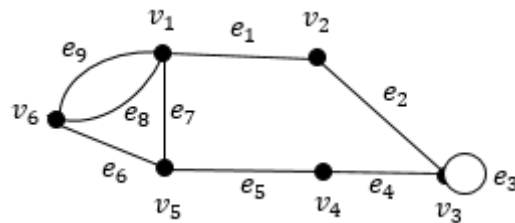
Jalan (*walk*) adalah barisan berhingga bergantian titik dan sisi yang dimulai dan diakhiri dengan titik sedemikian sehingga setiap titik menempel dengan sisi sebelum dan sesudahnya pada graf (Deo, 1989).



Gambar 2.1.2 Contoh jalan (*walk*)

Pada Gambar 2.1.2, barisan $v_1, e_1, v_2, e_2, v_3, e_3, v_3, e_4, v_4$ adalah *walk*.

Lintasan yang panjangnya n dari titik awal v_0 ke titik tujuan v_n didalam graf G ialah barisan berselang-seling titik-titik dan sisi yang berbentuk $(v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n)$ (Munir, 2010).



Gambar 2.1.3 Contoh lintasan

Pada Gambar 2.1.3, $1, e_1, 2, e_4, 3, e_5, 3$ adalah lintasan dari titik 1 ke titik 3 yang melalui e_1, e_4 , dan e_5 .

2.2 Travelling Salesman Problem (TSP)

Travelling Salesman Problem dicetuskan pada tahun 1800 oleh ilmuan matematika yang bernama Irlandia William Rowan Hamilton dan ilmuan matematika Inggris yang bernama Thomas Penyngton Krikman (Amin dkk., 2003).

Travelling Salesman Problem adalah salah satu masalah optimasi kombinatorial. Tujuannya ialah bagaimana menentukan lintasan perjalanan paling dekat dengan suatu lokasi dan mengunjungi semua lokasi lainnya, di mana masing-masing lokasi dikunjungi tepat hanya satu kali, kemudian harus kembali ke lokasi asal tersebut (Pernama dan Salim, 2006).

Travelling Salesman Problem dapat diterapkan pada graf lengkap berbobot dengan total bobot sisi minimum, di mana bobot sisi merupakan jarak. Pada persoalan *Travelling Salesman Problem* lokasi ditunjukkan sebagai titik, kemudian sisi mempresentasikan jarak yang menghubungkan dua lokasi.

2.3 Google Maps

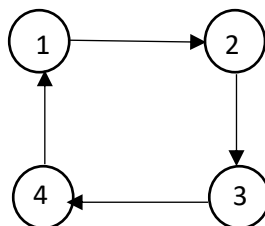
Google Maps adalah layanan pemetaan *web* yang dikembangkan oleh *Google*. Layanan ini memberikan citra satelit, peta jalan, panorama 360°, kondisi lalu lintas dan perencanaan lintasan bepergian dengan jalan kaki, mobil, sepeda atau angkutan umum. *Google maps* diluncurkan pada Februari 2005. Layanan *Google maps* dapat dilihat melalui situs <http://maps.google.com>. Pada situs tersebut dapat dilihat informasi geografis pada hampir semua wilayah di bumi. Layanan ini interaktif, karena di dalamnya peta dapat digeser sesuai keinginan pengguna, mengubah tingkat *zoom* serta tampilan peta merupakan mode *map* (Harahap dan Hidayatullah, 2018).

2.4 Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH)

Menurut Meliantri dkk. (2018) konsep dari Algoritma (CIH) adalah menambahkan kota yang belum terlewati dengan menambahkan bobot minimum hingga semua titik terlewati untuk mendapatkan solusi permasalahan. Suatu perjalanan (*tour*) metode *Cheapest Insertion Heuristic* dimulai dari titik awal (1) menuju ke semua titik (2, 3, 4, ... , n) dan kembali ke titik awal (1) tanpa mengunjungi titik lebih dari satu kali dengan mempertimbangkan tambahan bobot minimum ketika satu titik ditambahkan ke dalam partial *tour* yang ada.

Berikut ini diberikan cara pembentukan *tour*.

1. Hubungkan dua titik dengan sebuah *subtour*. *Subtour* merupakan perjalanan dari titik pertama dan berakhir di titik pertama, sehingga membuat sirkuit, seperti $(1, 2) \rightarrow (2, 3) \rightarrow (3, 4) \rightarrow (4, 1)$ pada gambar berikut:



Gambar 2.4.1 *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 ,
4. ulangi langkah ke 4 sampai seluruh titik masuk dalam *subtour* Meliantri dkk.,(2018).

Pada permasalahan akan ditentukan *Travelling Salesman Problem* (TSP) dari satu ke-25 SPBU lainnya di Kota Bandar Lampung. Masalah ini dapat diselesaikan dengan menggunakan metode heuristic. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam menyelesaikan masalah ini ialah dengan algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH). Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH):

Langkah 1: Pertama melakukan pencarian dengan menentukan 3 sisi yang memiliki bobot terkecil, selanjutnya jumlahkan semua bobot dari sisi yang telah ditentukan (total bobot).

Langkah 2: Cari kandidat sisi yang paling 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 ditambah + 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 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).

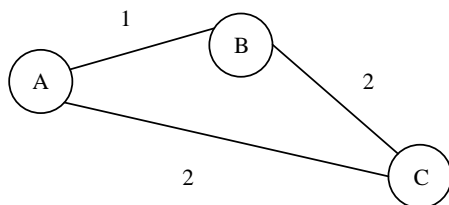
Contoh 2.3.1

Tabel 2.4.1 Tabel Jarak Antar Lokasi (km)

Kota \ Kota	Jarak (km)				
	A	B	C	D	E
A	0	1	2	4	3
B	1	0	2	3	5
C	2	2	0	3	2
D	4	3	3	0	5
E	3	5	2	5	0

Langkah-langkah untuk menyelesaikan permasalahan menentukan lintasan terpendek:

1. Pilih 3 sisi dengan bobot terkecil, maka dari $AB = 1$, $BC = 2$, $CA = 2$ dengan total jarak 5 km.



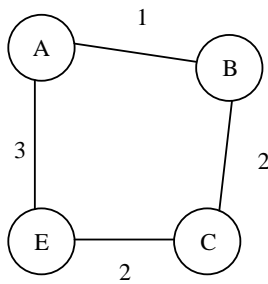
2. Pilih kandidat sisi:

$$AE = 3, BE = 5, CE = 2$$

3. Hitung penambahan bobot dari kandidat:

- Penambahan AE dan membuang AC : Total bobot lama – Bobot (AC) + Bobot (CE) + Bobot (AE) = $5 - 2 + 2 + 3 = 8$.
- Penambahan BE dan membuang BC : Total bobot lama – Bobot (BC) + Bobot (CE) + Bobot (BE) = $5 - 2 + 5 + 2 = 10$.
- Penambahan CE dan membuang CA : Total bobot lama – Bobot (CA) + Bobot (AE) + Bobot (CE) = $5 - 2 + 3 + 2 = 8$.

4. Pilih kandidat paling kecil, karena terdapat dua kandidat dengan nilai bobot sama, ambil salah satu saja maka terpilih sisi EA , untuk sisi yang dibuang AC dan ditambahkan sisi baru CE , dengan total semua bobot baru 8 km.



5. Didapat *subtour* baru $A - B - C - E - A$.

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

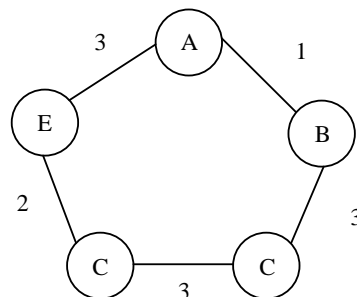
1. Pilih kandidat sisi:

$$AD = 4, BD = 3, CD = 3, ED = 5.$$

2. Hitung perhitungan bobot dari kandidat:

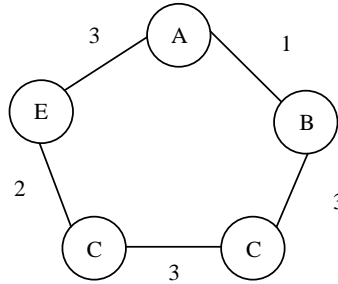
- Penambahan AD dan membuang BC : Total bobot lama – bobot (BC) + bobot (ED) + bobot (AD) = $8 - 2 + 5 + 4 = 15$.
- Penambahan BD dan membuang BC : Total bobot lama – bobot (BC) + bobot (CD) + bobot (BD) = $8 - 2 + 3 + 3 = 12$.
- Penambahan CD dan membuang BC : Total bobot lama – bobot (BC) + bobot (BD) + bobot (CD) = $8 - 2 + 3 + 3 = 12$.
- Penambahan ED dan membuang EC : Total bobot lama – bobot (EC) + bobot (CD) + bobot (ED) = $8 - 2 + 3 + 5 = 8$.

3. Karena semua kandidat memiliki nilai bobot yang sama, maka pilih salah satu yaitu CD , untuk sisi yang dibuang BC dan ditambahkan sisi baru BD , dengan total semua bobot baru 12 km.



4. Didapat *subtour* baru $A - B - D - C - E - A$.

Maka dari langkah-langkah yang sudah diselesaikan diperoleh lintasan terpendek untuk seorang salesman mengunjungi 5 lokasi tepat satu kali dengan lintasannya adalah $A - B - D - C - E - A$ seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.4.2 Lintasan Terpendek 5 lokasi

Disajikan juga langkah-langkah tersebut menggunakan tabel sederhana, seperti pada Tabel 2.4.2.

Tabel 2.4.2 Tabel Iterasi Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH)

Iterasi	Subtour	Total Bobot	$ E =n?$	Kandidat sisi yang dipilih	Total Bobot Baru	Subtour baru
	A-B-C-A	5	Tidak	AB = 1		
				BC = 2		
				CA = 2		
1	A-B-C-A	5	Tidak	AE = 3	5 – bobot (AC) + bobot (CE) + bobot (AE) = 8	A-B-C-E-A
				BE = 5	5 – bobot (BC) + bobot (CE) + bobot (BE) = 10	
				CE = 2	5 – bobot (CA) + bobot (AE) + bobot (CE) = 8	
2	A-B-C-E-A	8	Tidak	CD = 3	8 – bobot (CB) + bobot (BD) + bobot (CD) = 12	
3	A-B-D-C-E-A	12	Ya			

2.5 Algoritma Sollin

Menurut Wamiliana dkk., (2014) 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*. Algoritma Sollin yang dimodifikasi dapat digunakan untuk menentukan *Travelling Salesman Problem* dengan cara menghubungkan komponen-komponen pada graf dan membentuk *tour*. Caranya adalah dengan menghubungkan titik awal dan titik yang sudah semua komponennya terhubung.

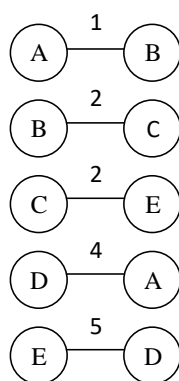
Contoh 2.5.1

Tabel 2.5.1. Tabel Jarak Antar Lokasi (km)

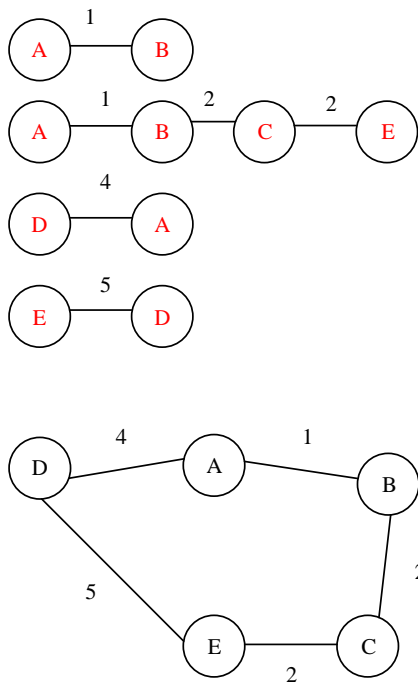
Kota \ Kota	Jarak (km)				
	A	B	C	D	E
A	0	1	2	4	3
B	1	0	2	3	5
C	2	2	0	3	2
D	4	3	3	0	5
E	3	5	2	5	0

Berikut langkah-langkah mencari bobot terkecil pada modifikasinya:

1. Hubungkan tiap titik dengan memilih bobot terkecil.

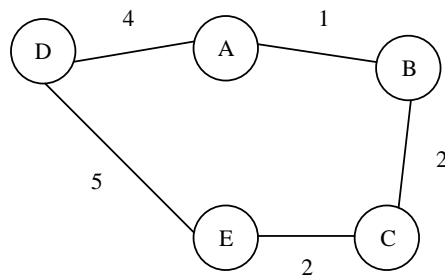


2. Hubungkan semua titik hingga membentuk *tour* baru dan hitung panjang lintasan yang sudah dipilih.



Catatan: Titik yang ditandai dengan warna merah merupakan titik yang sudah terhubung pada *tour* baru.

Total semua nilai bobotnya adalah 14 km.



Gambar 2.5.1. *Subtour* 5 titik

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Tahun Akademik 2022/2023, 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

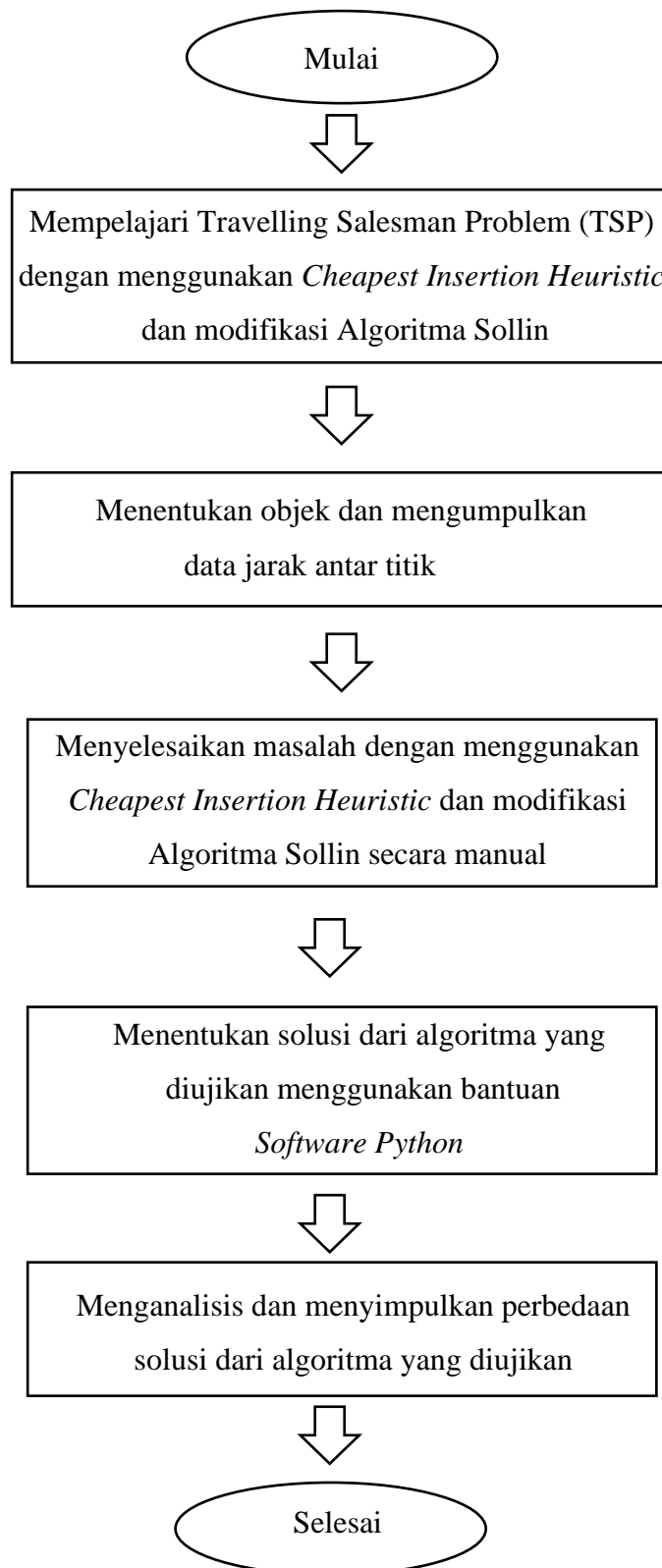
Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah jarak antara SPBU di Kota Bandar Lampung yang didapat dari aplikasi *Google Maps*.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan studi literatur secara sistematis yang diperoleh dari buku, jurnal maupun dari media. Metode yang digunakan dalam penelitian ini berisi beberapa tahapan yaitu, identifikasi masalah, perumusan masalah, penyelesaian masalah, dan penarikan kesimpulan. Identifikasi masalah adalah langkah untuk menentukan permasalahan sebelum dilakukannya penelitian. Identifikasi masalah dilakukan untuk mendapatkan gambaran yang lengkap mengenai ruang lingkup masalah dan langkah yang benar dalam menentukan penyelesaiannya.

Penyelesaian masalah dilakukan dengan pengumpulan data penelitian. Untuk mendapatkan data jarak antara SPBU maka dilakukan langkah penentuan jarak dengan menggunakan bantuan aplikasi *Google maps*.

Berikut diberikan diagram metode penelitian:



Gambar 3.3.1. Diagram Metode Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini hasil yang didapatkan dari dua algoritma yang diujikan mendapatkan solusi yang terbaik yaitu modifikasi menggunakan modifikasi Algoritma Sollin dengan mendapatkan lintasan yang terpendek yang lebih baik dibandingkan dengan Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic*. Didapat juga solusi menggunakan bantuan *software Python* pada Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* dengan total lintasan 79,25 km, dan setelah dilakukan perbaikan lintasan pada garis yang masih berpotongan didapat hasil dengan total lintasan 74,85 km. Untuk Algoritma Sollin didapat total lintasan 79,15 km, dan setelah dilakukan observasi untuk melihat apakah masih terdapat sisi yang berpotongan, maka dilakukan perbaikan lintasan agar tidak ada sisi yang berpotongan, didapat hasil dengan total lintasan 65,05 km. Dari hasil yang didapat, dapat disimpulkan bahwa Algoritma Sollin lebih baik dari Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* untuk kasus penyelesaian masalah *Travelling Salesman Problem (TSP)* dengan menggunakan *Cheapest Insertion Heuristic* dan modifikasi Algoritma Sollin.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan perlu adanya metode penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang optimal dengan menggunakan Algoritma lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, N. S. ., Ats-Tsauri, I. ., & Hadiwijaya, S. (2022). Optimisasi Rute Pengiriman Produk Komponen Otomotif (Traveling Salesman Problem) Melalui Pendekatan Heuristik. *Jurnal Teknik Industri*, 3, 38–48.
- Amin R, A., IKhsan, M., & Wibisono, L. (2003). Traveling Salesman Problem. *Jurnal Teknik Informatika*, 1, 1–6.
- Deo, N. 1975. Graph Theory With Applications To Engineering and Computer Science. *Networks* 5(3):299–300.
- Harahap, R. R., & Hidayatullah. (2018). Sistem Informasi Google Maps Dengan Menggunakan Vb.Net. *Journal of Science and Social Research*, 1, 36–41.
- Kusrini, & Istiyanto, E. J. (2007). Penyelesaian Travelling Salesman Problem Dengan Algoritma Cheapest Insertion Heuristics Dan Basis Data. *Jurnal Informatika*, 8, 109–114.
- Meliantri, K., Githa, P., & Wirdiani, N. K. A. (2018). Optimasi Distribusi Produk Menggunakan Metode Cheapest Insertion Heuristic Berbasis Web. *Jurnal Jurusan Teknologi Informasi*, 6, 204–213.
- Munir, R. (2010). *Matematika Diskrit*. Informatika Bandung.
- Paillin, D. B., & Tupan, J. M. (2018). Pemecahan Traveling Salesman Problem Menggunakan Teknik Branch and Bound dan Cheapest Insertion Heuristic (Studi Kasus : PT. Paris Jaya Mandiri – Ambon). *Jurnal Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC*, 1, 1–10.
- Pernama, Y., & Salim.A, R. (2006). Representasi Jalur (Path) Pada Traveling Salesman Problem Untuk Menentukan Jarak Terpendek Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Matematika*, 6, 55–62.
- Rohman, S., Zakaria, L., Asmiati, & Nuryaman, A. (2020). Optimisasi Travelling Salesman Problem dengan Algoritma Genetika pada Kasus Pendistribusian Barang PT. Pos Indonesia di Kota Bandar Lampung. *Jurnal Matematika Integratif*, 16, 61–73.

- Saleh, K., Helmi, & Prihandono, B. (2015). Penentuan Rute Terpendek Dengan Menggunakan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic (Studi Kasus: PT. Wicaksana Overseas International Tbk. Cabang Pontianak). *Jurnal Ilmiah Math. Stat. Dan Terapannya (Bimaster)*, 4, 294–304.
- Suryawardana, E., & Yani, T. E. (2015). Analisis Pengaruh Reputasi, Kualitas Pelayanan Dan Kepercayaan Terhadap Keputusan Pembelian Pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (Spbu) Di Kota Semarang. *Jurnal Dinamika Sosbud*, 17, 258–269.
- 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, 61–67.
- Wamiliana, Kurniawan, D., & Shavitri, C. (2014). Perbandingan Kompleksitas Algoritma Prim, Algoritma Kruskal, Dan Algoritma Sollin Untuk Menyelesaikan Masalah Minimum Spanning Tree. *Jurnal Komputasi*, 2, 60–74.