

**PERBANDINGAN *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC* DAN
ALGORITMA CHRISTOFIDES UNTUK MENENTUKAN *TOUR*
PASAR TRADISIONAL DI KOTA BANDAR LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh:

MICELLE YAP ASWIN

2017031003



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

**COMPARISON OF THE CHEAPEST INSERTION HEURISTIC AND
THE CHRISTOFIDES ALGORITHM TO DETERMINE TRADITIONAL
MARKET TOURS IN BANDAR LAMPUNG CITY**

ABSTRACT

By

MICELLE YAP ASWIN

Traveling Salesman Problem is a problem that determines the tour through several cities that must be passed by a salesman. The aim of this research is to compare the results obtained to determine a traditional market tour in Bandar Lampung, using the Cheapest Insertion Heuristic and the Christofides Algorithm. The results obtained show that the solutions obtained using the Cheapest Insertion Heuristic and the Christofides Algorithm are equally good in solving the Traveling Salesman Problem.

Keywords: Traveling Salesman Problem, Cheapest Insertion Heuristic, Christofides Algorithm.

**PERBANDINGAN *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC* DAN
ALGORITMA CHRISTOFIDES UNTUK MENENTUKAN *TOUR*
PASAR TRADISIONAL DI KOTA BANDAR LAMPUNG**

ABSTRAK

Oleh

MICELLE YAP ASWIN

Travelling Salesman Problem adalah masalah yang menentukan *tour* melalui beberapa kota yang harus dilalui oleh seorang *salesman*. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan hasil yang diperoleh untuk menentukan *tour* pasar tradisional yang ada di Bandar Lampung, menggunakan *Cheapest Insertion Heuristic* dan Algoritma Christofides. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa, solusi yang didapat menggunakan *Cheapest Insertion Heuristic* dan Algoritma Christofides sama baiknya dalam menyelesaikan permasalahan *Travelling Salesman Problem*.

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

**PERBANDINGAN *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC* DAN
ALGORITMA CHRISTOFIDES UNTUK MENENTUKAN *TOUR*
PASAR TRADISIONAL DI KOTA BANDAR LAMPUNG**

Oleh

MICELLE YAP ASWIN

Skripsi

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 : **PERBANDINGAN *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC* DAN ALGORITMA CHRISTOFIDES UNTUK MENENTUKAN TOUR PASAR TRADISIONAL DI KOTA BANDAR LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Micelle Yap Aswin**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2017031003**

Jurusan : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

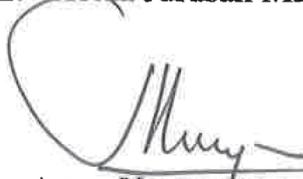
MENYETUJUI

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.**



**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: 17 April 2024

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Micelle Yap Aswin**
Nomor Pokok Mahasiswa : **2017031003**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **Perbandingan *Cheapest Insertion Heuristic* dan Algoritma Christofides untuk Menentukan *Tour* Pasar Tradisional di Kota Bandar Lampung.**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri. 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, 20 Mei 2024
Penulis,



Micelle Yap Aswin

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Michelle Yap Aswin yang dilahirkan di Kota Bandar Lampung pada tanggal 28 September 2002. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan suami istri Bapak Lim Eddy Aswin dan Ibu Lucyana Aristin.

Penulis telah menempuh awal Pendidikan di TX Xaverius pada tahun 2007-2008, pendidikan Sekolah Dasar di SD Kristen 04 Srimenanti pada tahun 2008-2014, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Bandar Sribhawono pada tahun 2014-2017, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Bandar Sribhawono pada tahun 2017-2020. Pada tahun 2020, penulis melanjutkan Pendidikan perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswi S1 di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN.

Pada tahun 2021 dan 2022 penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Tingkat Jurusan atau HIMATIKA UNILA, di tahun 2021 penulis diamanahkan menjadi Anggota Bidang Keilmuan dan pada tahun 2022, penulis diamanahkan menjadi Sekretaris Bidang Keilmuan. Pada bulan Januari sampai Februari 2023, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Dinas Perhubungan Kota Bandar Lampung dan pada bulan Juni sampai Agustus 2023, sebagai bentuk pegabdian mahasiswa dan menjalankan Tri Dharma Perguruan Tinggi, penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Kuripan, Kota Agung Pusat, Kabupaten Tanggamus.

KATA INSPIRASI

“Akuilah Dia dalam segala lakumu, maka Ia akan meluruskan jalanmu.”

Amsal 3:6

“Serahkanlah perbuatanmu kepada TUHAN, maka terlaksanalah segala rencanamu.”

Amsal 16:3

“Banyaklah rancangan di hati manusia, tetapi keputusan TUHANlah yang terlaksana.”

Amsal 19:21

“Sebab itu janganlah kamu kuatir akan hari besok, karena hari besok mempunyai kesusahannya sendiri. Kesusahan sehari cukuplah sehari.”

Matius 6:34

“Orang hebat tidak dihasilkan dari kemudahan, kesenangan, dan kenyamanan. Mereka dibentuk melalui kesulitan, tantangan, dan air mata.”

Dahlan Iskan

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan kuasanya sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik. Dengan rasa syukur dan bahagia saya persembahkan karya ini kepada:

Keluarga Tercinta

Terima kasih kepada kedua orang tuaku atas segala pengorbanan, doa, dan dukungan dari kalian selama ini. Terima kasih kepada adik-adikku tersayang telah memberikan dukungan dan motivasi.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Terima kasih kepada dosen pembimbing dan pembahas yang telah membantu, memberikan motivasi, arahan dan ilmu yang sangat berharga.

Sahabat-sahabatku

Terima kasih kepada semua orang-orang baik yang telah memberikan dukungan, doa, motivasi, dan bantuannya dari awal hingga saat ini.

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

SANWACANA

Puji Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perbandingan *Cheapest Insertion Heuristic* dan Algoritma Christofides untuk Menentukan *Tour* Pasar Tradisional di Bandar Lampung” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika.

Dalam proses penyusunan laporan ini banyak pihak yang telah membantu memberikan bimbingan, dukungan, motivasi, serta saran sehingga skripsi ini dapat diselesaikan, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dra. Wamiliana, M.A., P.hd. selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing Akademik yang selalu membimbing, memberikan ilmu dan memberi arahan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Fitriani, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang banyak memberikan ilmu, arahan, saran serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Notiragayu, S.Si., M.si. selaku Dosen Penguji yang telah 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 Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Seluruh dosen, staff, dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Keluarga tercinta, Mama dan Papa, Adik-Adik, serta keluarga besar yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat kepada penulis.

8. Terima kasih kepada diriku sendiri karena telah berjuang dan bertahan sampai sejauh ini.
9. Untuk Nyinyek, Anggita, Rani, Demi, Ka Arind dan Anti yang selalu memberikan semangat, motivasi, bantuan dan mendengarkan keluh kesah penulis selama perkuliahan dan selama proses penyusunan skripsi sampai saat ini.
10. Untuk teman-teman satu bimbingan, Intan, AM, Abdi dan Wisel yang telah memberikan motivasi, bantuan dan semangat selama proses penyusunan skripsi ini.
11. Partner terbaikku Bayu Tiar, yang selalu memberikan bantuan, dukungan, saran, mendengarkan segala keluh kesah penulis serta menemani penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
12. Teman-teman KKN Kuripan 2023, Zahra, Lidya, Happy, Husna, Yuri, Raja dan tentunya Adit yang telah memberikan semangat kepada penulis.
13. Untuk teman-teman Pimpinan HIMATIKA periode 2022, dan Matematika 2020 yang telah memberikan semangat yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
14. Orang-orang baik yang namanya tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam semua proses penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan pada penulisan skripsi ini, baik dari segi isi maupun cara penyampaian. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun dari pembaca. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, 20 Mei 2024

Penulis,

Micelle Yap Aswin

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Graf	4
2.2 <i>Minimum Spanning Tree</i>	5
2.3 Graf dan Sirkuit Euler	5
2.4 <i>Travelling Salesman Problem</i>	6
2.5 <i>Cheapest Insertion Heuristic (CIH)</i>	7
2.6 Algoritma Christofides	12
2.7 Algoritma Kruskal	15
2.8 <i>Google Maps</i>	15
2.9 <i>Google Earth</i>	16
2.10 Program Python	16
III. METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Data Penelitian	17

3.3 Metode Penelitian	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Penyelesaian Masalah Menggunakan <i>Cheapest Insertion Heuristic</i> ...	24
4.2 Penyelesaian Masalah Menggunakan Algoritma Christofides	38
V. KESIMPULAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran.....	51

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.2.1 Alamat pasar tradisional di Bandar Lampung dan kodenya	17
Tabel 3.2.2 Lama waktu tempuh antar pasar tradisional yang ada di Bandar Lampung satuan menit.....	19
Tabel 4.1.1 Hasil penyelesaian <i>Cheapest Insertion Heuristic</i>	24

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.3.1 Diagram metode penelitian	22
Gambar 4.1 Titik-titik lokasi pasar tradisional di Kota Bandar Lampung.....	23
Gambar 4.1.1 Model graf <i>tour</i> minimum.....	27
Gambar 4.1.2a Sketsa <i>tour</i>	27
Gambar 4.1.2b Sketsa <i>tour</i> di <i>Google Earth</i>	28
Gambar 4.1.3a Pemilihan sisi yang akan dihapus pada <i>tour</i>	28
Gambar 4.1.3b Pemilihan sisi yang akan dihapus pada <i>tour</i> di <i>Google Earth</i>	29
Gambar 4.1.4a Sisi yang telah ditambahkan pada <i>tour</i>	29
Gambar 4.1.4b Sisi yang telah ditambahkan pada <i>tour</i> di <i>Google Earth</i>	30
Gambar 4.1.5a Sisi yang akan dihapus dari <i>tour</i>	30
Gambar 4.1.5b Sisi yang akan dihapus dari <i>tour</i> di <i>Google Earth</i>	31
Gambar 4.1.6a <i>Tour</i> baru	32
Gambar 4.1.6b <i>Tour</i> baru di <i>Google Earth</i>	32
Gambar 4.1.7 Graf <i>tour</i> baru.....	33
Gambar 4.1.8 <i>Syntax</i> program Python CIH	33
Gambar 4.1.9a Pemetaan <i>tour output</i> CIH dengan Python.....	34
Gambar 4.1.9b Pemetaan <i>tour output</i> CIH dengan Python di <i>Google Earth</i>	34
Gambar 4.1.10a Sisi yang dipilih untuk dihapus dari <i>tour</i>	35
Gambar 4.1.10b Sisi yang dipilih untuk dihapus dari <i>tour</i> di <i>Google Earth</i>	35
Gambar 4.1.11a Hasil <i>tour</i> sementara.....	36
Gambar 4.1.11b Hasil <i>tour</i> sementara di <i>Google Earth</i>	36
Gambar 4.1.12a <i>Tour</i> baru setelah perhitungan kembali	37
Gambar 4.1.12b <i>Tour</i> baru setelah perhitungan kembali di <i>Google Earth</i>	37
Gambar 4.2.1a <i>Minimum Spanning Tree</i> dari 25 titik pasar tradisional	38
Gambar 4.2.1b <i>Minimum Spanning Tree</i> dari 25 titik pasar tradisional di <i>Google Earth</i>	38

Gambar 4.2.2a Menghubungkan titik berderajat ganjil pada MST.....	39
Gambar 4.2.2b Menghubungkan titik berderajat ganjil pada MST di <i>Google Earth</i>	39
Gambar 4.2.3a Graf Eulerian yang terbentuk	40
Gambar 4.2.3b Graf Eulerian yang terbentuk di <i>Google Earth</i>	40
Gambar 4.2.4a Hasil revisi sisi	41
Gambar 4.2.4b Hasil revisi sisi di <i>Google Earth</i>	41
Gambar 4.2.5a Hasil revisi sisi (2).....	42
Gambar 4.2.5b Hasil revisi sisi di <i>Google Earth</i> (2).....	42
Gambar 4.2.6a Hasil <i>tour</i> TSP opsi pertama	43
Gambar 4.2.6b Hasil <i>tour</i> TSP opsi pertama di <i>Google Earth</i>	43
Gambar 4.2.7a Hasil <i>tour</i> baru opsi pertama	44
Gambar 4.2.7b Hasil <i>tour</i> baru opsi pertama di <i>Google Earth</i>	44
Gambar 4.2.8a Hasil <i>tour</i> TSP opsi kedua.....	45
Gambar 4.2.8b Hasil <i>tour</i> TSP opsi kedua di <i>Google Earth</i>	46
Gambar 4.2.9a Hasil <i>tour</i> baru opsi kedua.....	46
Gambar 4.2.9b Hasil <i>tour</i> baru opsi kedua di <i>Google Earth</i>	47
Gambar 4.2.10 <i>Syntax</i> program Python Algoritma Christofides	47
Gambar 4.2.11a Hasil pemetaan <i>output</i> program Algoritma Christofides.....	48
Gambar 4.2.11b Hasil pemetaan <i>output</i> program Algoritma Christofides di <i>Google Earth</i>	48
Gambar 4.2.12a Hasil <i>tour</i> baru Algoritma Christofides dengan Python	49
Gambar 4.2.12b Hasil <i>tour</i> baru Algoritma Christofides dengan Python di <i>Google Earth</i>	50

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Matematika merupakan “*Queen and Servant of Science*” yang berarti selain sebagai fondasi bagi ilmu pengetahuan juga sebagai pembantu bagi ilmu pengetahuan yang lain, khususnya dalam pengembangan ilmu pengetahuan tersebut. Saat ini, matematika telah mengalami pertumbuhan yang signifikan dan menjadi fokus penelitian yang intens oleh para ilmuwan, salah satunya pada bidang riset operasi.

Riset operasi berkenaan dengan pengambilan keputusan optimal dalam penyusunan model dari sistem-sistem, baik deterministik maupun probabilistik yang berasal dari kehidupan nyata. Aplikasi-aplikasi ini, yang terjadi dalam pemerintah, bisnis, teknik, ekonomi, serta ilmu pengetahuan alam dan sosial ditandai dengan kebutuhan untuk mengalokasikan sumberdaya-sumberdaya yang terbatas (Meflinda & Mahyarni, 2011). Riset operasi banyak digunakan untuk menggambarkan suatu masalah yang melibatkan pengambilan keputusan dan optimalisasi, sementara untuk menyelesaikan masalah tersebut, teori graf seringkali digunakan sebagai alat analisis yang efektif.

Teori graf adalah suatu ilmu yang mempelajari tentang graf. Secara umum, graf merupakan suatu diagram yang memiliki sisi dan titik, yang memuat informasi tertentu jika diinterpretasikan dengan tepat. Teori graf merupakan salah satu cabang dari matematika yang bermanfaat diberbagai bidang ilmu pengetahuan. Salah satu topik bahasan dari teori graf adalah Hamiltonian dan *Travelling Salesman Problem* merupakan salah satu contoh dari Hamiltonian. *Travelling Salesman Problem* (TSP) adalah masalah yang menentukan urutan rute melalui beberapa kota yang harus dilalui oleh seorang *salesman*.

Setiap kota hanya dapat dilalui satu kali selama perjalanan dan perjalanan harus berakhir di kota awal *salesman* memulai perjalanannya. *Salesman* harus meminimalkan biaya dan jarak tempuh (Munir, 2005). TSP merupakan masalah *NP-hard* yang sudah banyak diteliti. Ada banyak algoritma yang dapat digunakan untuk menyelesaikan TSP seperti, Algoritma *Linear Programming*, Algoritma *Ant Colony System*, Algoritma *Dijkstra*, *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH), Algoritma Christofides dan lainnya. Beberapa penelitian yang sudah dilaksanakan antara lain, pada tahun 2021 Fargiana telah melakukan penelitian menentukan rute pengiriman barang menggunakan *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH). Kemudian, Kusriani & Istiyanto juga telah melakukan penelitian penyelesaian TSP dengan menggunakan CIH dan basis data pada tahun 2007, untuk menyelesaikan masalah mencari jarak optimal antar kota. Pada tahun 2018, Hignasari & Mahira telah melakukan penelitian optimalisasi jalur distribusi barang dibantu dengan *Google Maps* menggunakan CIH. Selain itu juga, pada tahun 2023, Tjoea & Halim telah melakukan penelitian dengan menggunakan Algoritma Christofides dan pendekatan *modified minimum spanning tree* untuk mengevaluasi rute pelayaran kapal.

Cheapest Insertion Heuristic (CIH) adalah algoritma yang membangun suatu *tour* (perjalanan) dengan membuat jalur terpendek dengan bobot minimal dan secara berturut-turut ditambah dengan tempat baru. Pemilihan titik baru tersebut dilakukan bersamaan dengan pemilihan sisi sehingga didapatkan nilai penyisipan minimum (Kusriani & Istiyanto, 2007). Sedangkan Algoritma Christofides merupakan metode pemecahan TSP berdasarkan *minimum spanning tree*, algoritma ini mencari nilai atau bobot minimum dari sebuah lintasan sehingga akan menghasilkan irisan dari suatu graf yang memiliki bobot optimal. Kemudian hasil dari algoritma MST tersebut akan digunakan untuk membentuk sirkuit Euler sehingga dapat menghasilkan sebuah rute perjalanan, yang dimulai dari suatu titik dan kembali lagi ke titik tersebut (Tjoea & Halim, 2023).

Untuk saat ini, masih belum ada penelitian yang membandingkan CIH dengan Algoritma Christofides dalam penyelesaian kasus TSP. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan *Cheapest Insertion Heuristic* dan Algoritma Christofides untuk menentukan *tour* pasar tradisional di Bandar

Lampung. *Tour* tersebut menjadi bentuk TSP dimana seseorang mulai dari satu pasar tradisional, lalu ke pasar-pasar lainnya tepat satu kali dan kembali ke posisi semula.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. membandingkan hasil yang diperoleh dengan menggunakan *Cheapest Insertion Heuristic* dan Algoritma Christofides untuk menentukan *Travelling Salesman Problem* dalam kehidupan sehari-hari yaitu menentukan *tour* pasar tradisional di Bandar Lampung;
2. menentukan solusi permasalahan *Travelling Salesman Problem* dari satu pasar ke pasar lainnya di Kota Bandar Lampung dengan menggunakan Software *Python*.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. memberikan pemahaman bagi pembaca mengenai *Cheapest Insertion Heuristic* dan Algoritma Christofides;
2. sebagai bahan referensi untuk penelitian lebih lanjut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Graf

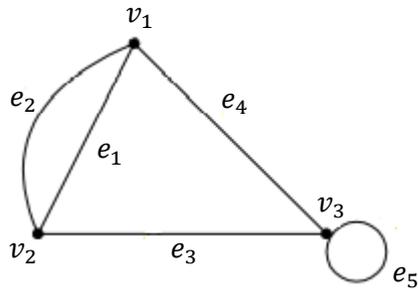
Pada subbab ini istilah dan definisi yang digunakan diambil dari Deo (2016).

Suatu Graf $G(V, E)$ didefinisikan sebagai suatu struktur (V, E) dengan himpunan $V(G) = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$ adalah himpunan tak kosong dengan anggotanya disebut titik, sedangkan himpunan $E(G) = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$ adalah himpunan sisi yang menghubungkan titik-titik di himpunan $V(G)$ yang anggotanya disebut sisi, dimana E boleh kosong. Setiap graf memiliki suatu diagram yang berhubungan dengannya. Titik v_i dan v_j disebut menempel (*incidence*) dengan sisi e_{ij} , serta titik v_i disebut bertetangga (*adjacent*) dengan titik v_j . Banyaknya sisi yang menempel pada titik v_i disebut derajat, dengan notasi $d(v_i)$.

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah bobot. Bobot dari titik v_i ke v_j dinotasikan sebagai c_{ij} , dengan $c_{ij} \geq 0$. Bobot dapat menyatakan jarak, waktu, biaya perjalanan dan sebagainya. Suatu barisan berhingga, bergantian antar titik dan sisi yang dimulai dan diakhiri dengan titik sedemikian rupa sehingga setiap titik menempel dengan sisi sebelum dan sesudahnya pada graf disebut jalan (*walk*). Jalan terbuka yang tidak ada titik yang dilewati lebih dari satu kali disebut lintasan (*path*), dan jika titik awal dan akhirnya sama maka lintasan tersebut disebut lintasan tertutup. Lintasan tertutup yang berawal dan berakhir pada titik yang sama disebut sirkuit (*circuit*). Sedangkan lintasan tertutup yang melalui semua titik tepat sekali dan tidak mengulangi titik mana pun, kecuali titik awal dan akhir disebut *tour*. Bagian kecil dari *tour* disebut *subtour*.

Berikut ini merupakan contoh dari graf:

Contoh 2.1.1



Gambar 2.1.1 Graf G

Dari Gambar 2.1.1 terlihat bahwa titik v_1, v_3 menempel dengan sisi e_4 . Titik v_1 bertetangga dengan v_2 dan v_3 . Derajat pada graf tersebut adalah $d(v_1) = 3$, $d(v_2) = 3$, dan $d(v_3) = 4$. Contoh jalan pada graf tersebut adalah $v_1e_2v_2e_1v_1e_4v_3e_5v_3$, sedangkan contoh lintasannya adalah $v_1e_1v_2e_3v_3$, dan sirkuitnya adalah $v_1e_1v_2e_3v_3e_4v_1$.

2.2 Minimum Spanning Tree

Minimum Spanning Tree dari suatu graf berbobot adalah pohon yang merupakan subgraf dari graf berbobot tersebut yang mengandung semua titik dari graf berbobot tersebut dan jumlah bobot-bobot dalam subgraf tersebut haruslah yang paling minimum (Rosen, 2012). Secara sederhana, *Minimum Spanning Tree* adalah pohon yang terdiri dari subgraf graf berbobot dengan total bobot yang minimal.

2.3 Graf dan Sirkuit Euler

Graf Euler merupakan graf yang memuat lintasan Euler dan sirkuit Euler. Lintasan Euler ialah lintasan yang melalui masing-masing sisi di dalam graf tepat satu kali. Apabila lintasan tersebut kembali ke titik asal, maka akan membentuk lintasan tertutup (sirkuit). Lintasan tertutup itu dinamakan sirkuit Euler. Jadi sirkuit Euler ialah sirkuit yang melewati masing-masing sisi tepat satu kali.

Graf yang mempunyai sirkuit Euler disebut graf Euler (*Eulerian graph*). Graf yang mempunyai lintasan Euler dinamakan juga graf semi-euler (*semi-eulerian graph*) (Munir, 2005).

2.4 Travelling Salesman Problem

Travelling Salesman Problem (TSP) adalah masalah yang menentukan *tour* melalui beberapa kota yang harus dilalui oleh seorang *salesman*. Setiap kota hanya dapat dilalui satu kali selama perjalanan dan perjalanan harus berakhir di kota awal *salesman* memulai perjalanannya. *Salesman* harus meminimalkan biaya dan jarak tempuh (Munir, 2005).

Penentuan *tour* perjalanan merupakan salah satu permasalahan yang sering dihadapi dalam kehidupan sehari - hari. Salah satu contoh yaitu *tour* manakah yang memiliki biaya paling murah untuk dilalui seorang salesman ketika harus mengunjungi sejumlah daerah. Tiap daerah tersebut harus dikunjungi tepat satu kali kemudian kembali lagi ke tempat semula. Permasalahan tersebut dikenal sebagai *Traveling Salesman Problem* (TSP) yaitu mencari *tour* terpendek dengan syarat *salesman* berawal dan berakhir di titik/kota yang sama dan setiap kota dikunjungi tepat satu kali. Berikut adalah aturan-aturan yang mengidentifikasi bahwa permasalahan tersebut adalah TSP:

1. Perjalanan dimulai dan diakhiri di kota yang sama sebagai kota asal sales.
2. Seluruh kota harus dikunjungi tanpa satupun kota yang dilewatkan.
3. Sales tidak boleh kembali ke kota asal sebelum seluruh kota dikunjungi.

2.5 *Cheapest Insertion Heuristic (CIH)*

Cheapest Insertion Heuristic (CIH) adalah algoritma yang membangun suatu tour (perjalanan) dengan membuat rute jalur terpendek dengan bobot minimal dan secara berturut-turut ditambah dengan tempat baru. Pemilihan titik baru tersebut dilakukan bersamaan dengan pemilihan sisi sehingga didapatkan nilai penyisipan minimum. Keistimewaan CIH adalah untuk proses seleksi titik yang akan disisipkan dilakukan pada setiap titik di luar *tour* dan setiap sisi di dalam *tour* (Kusrini & Istiyanto, 2007).

Secara umum, CIH merupakan algoritma sederhana yang dilakukan penyisipan terhadap tempat yang akan dikunjungi dan menghitung jarak yang ditempuh. Secara lengkap langkah-langkah dalam pengerjaan CIH yaitu sebagai berikut:

Langkah 1: Pencarian dimulai dengan menentukan 3 titik yang memiliki jarak terpendek dan jumlahkan jarak antar 3 titik tersebut (total bobot).

Langkah 2: Cari kandidat sisi yang akan dipilih untuk dimasukkan ke dalam *subtour* baru.

Langkah 3: Hitung masing-masing kandidat sisi yang sudah dipilih, dengan rumus total bobot - bobot sisi yang akan dibuang + bobot sisi yang akan ditambah + bobot sisi yang menghubungkan antara titik yang dibuang dengan titik yang ditambah.

Langkah 4: Cari bobot nilai yang terkecil dari kandidat sisi yang sudah dihitung.

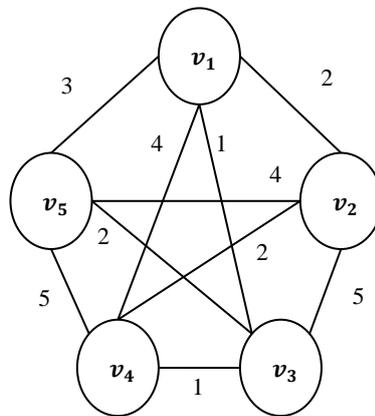
Langkah 5: Buat *subtour* baru dengan sisi yang sudah dipilih.

Ulangi langkah-langkah tersebut sampai semua titik masuk ke dalam *subtour* (untuk langkah selanjutnya dimulai dari langkah ke-2 dengan total bobot dan *subtour* yang baru, yang sudah diperoleh dari sebelumnya).

Contoh 2.5.1

Tabel 2.5.1 Tabel Jarak Antar Lokasi (km)

Titik	Jarak (km)				
	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5
v_1	0	2	1	4	3
v_2	2	0	5	2	4
v_3	1	5	0	1	2
v_4	4	2	1	0	5
v_5	3	4	2	5	0

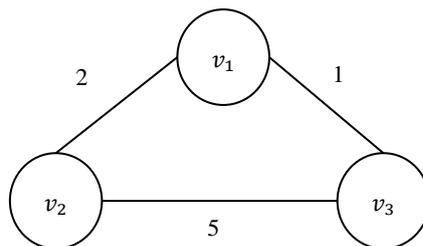


Gambar 2.5.1 Graf Contoh 2.5.1

Langkah-langkah untuk menyelesaikan permasalahan menemukan lintasan terpendek:

1. Pilih 3 sisi dengan bobot terkecil. Berdasarkan Tabel 2.5.1 diperoleh 3 titik dengan sisi yang memiliki bobot terkecil yaitu $e_{1,2} = 2$, $e_{1,3} = 1$ dan $e_{2,3} = 5$ dengan total bobot 8 km.

Hasil dapat dilihat pada Gambar 2.5.2:



Gambar 2.5.2 Graf 3 sisi dengan bobot terkecil

2. Pilih kandidat sisi:

$$e_{1,5} = 3, e_{2,4} = 2, e_{3,4} = 1$$

3. Hitung penambahan bobot dari kandidat:

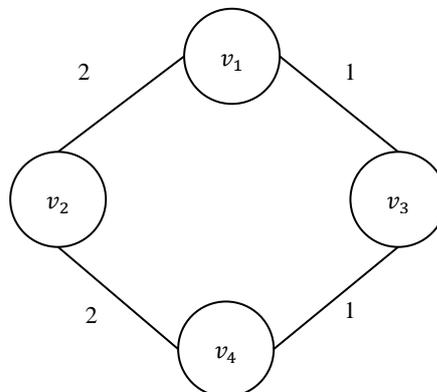
a. Tambah $e_{1,5}$ dan buang $e_{1,2}$: Total bobot lama $- c_{1,2} + c_{1,5} + c_{2,5} = 8 - 2 + 3 + 4 = 13$.

b. Tambah $e_{2,4}$ dan buang $e_{2,3}$: Total bobot lama $- c_{2,3} + c_{2,4} + c_{3,4} = 8 - 5 + 2 + 1 = 6$.

c. Tambah $e_{3,4}$ dan buang $e_{2,3}$: Total bobot lama $- c_{2,3} + c_{3,4} + c_{2,4} = 8 - 5 + 1 + 2 = 6$.

4. Pilih kandidat yang bobotnya paling kecil, karena terdapat dua kandidat dengan nilai bobot sama, maka ambil salah satu. Ambil sisi $e_{3,4}$, sisi yang dibuang $e_{2,3}$ dan tambahkan sisi baru $e_{2,4}$ dengan total bobot 6 km.

5. Diperoleh *subtour* baru $v_1 - v_3 - v_4 - v_2 - v_1$ dengan total bobot 6 km. Hasil dapat dilihat pada Gambar 2.5.3:



Gambar 2.5.3 Graf *subtour* baru

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

1. Kandidat sisi yang akan dipilih:

$$e_{1,5} = 3, e_{3,5} = 2, e_{4,5} = 5, \text{ dan } e_{2,5} = 4$$

2. Hitung penambahan bobot dari kandidat:

a. Tambah $e_{1,5}$ dan buang $e_{1,2}$ = Total bobot lama $- c_{1,2} + c_{1,5} + c_{2,5} = 6 - 2 + 3 + 4 = 11$.

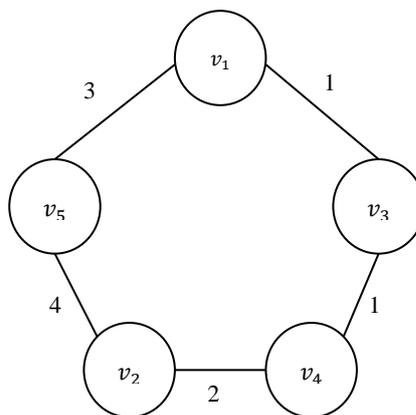
b. Tambah $e_{3,5}$ dan buang $e_{3,4}$ = Total bobot lama $- c_{3,4} + c_{3,5} + c_{4,5} = 6 - 1 + 2 + 5 = 12$.

c. Tambah $e_{4,5}$ dan buang $e_{4,2}$ = Total bobot lama $- c_{4,2} + c_{4,5} + c_{2,5} = 6 - 2 + 5 + 4 = 13$.

d. Tambah $e_{2,5}$ dan buang $e_{1,2}$ = Total bobot lama $- c_{1,2} + c_{2,5} + c_{1,5} = 6 - 2 + 4 + 3 = 11$.

3. Akan dipilih kandidat sisi yang bobotnya terkecil. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh dua kandidat sisi dengan nilai bobot yang sama, maka akan dipilih sisi $e_{1,5}$, kemudian buang sisi $e_{1,2}$ dan tambahkan sisi baru $e_{2,5}$ dengan total bobot 11 km.

Dari langkah-langkah tersebut dapat diperoleh lintasan terpendek untuk mengunjungi 5 kota tersebut dan kembali lagi ke kota asal adalah $v_1 - v_3 - v_4 - v_2 - v_5 - v_1$ seperti pada Gambar 2.5.4:



Gambar 2.5.4 Graf lintasan terpendek

Adapun, langkah-langkah tersebut dapat dikerjakan dengan ringkas menggunakan tabel sederhana seperti di bawah ini:

Tabel 2.3.2 Tabel iterasi metode CIH

Iterasi	Subtour	Total Bobot	$ E =n?$	Kandidat sisi yang akan dipilih	Perhitungan	Sisi yang dipilih dan yang ditambah	Sisi yang dibuang	Total Bobot Setelah Penambahan	Subtour Baru
1	$v_1 - v_3$ $- v_2 - v_1$	8	Tidak	$e_{1,5} = 3$	$8 - c_{1,2} + c_{1,5} + c_{2,5} = 8 - 2 + 3 + 4 = 13$	$e_{3,4} - e_{2,4}$	$e_{2,3}$	6	$v_1 - v_3 - v_4$ $- v_2 - v_1$
				$e_{2,4} = 2$	$8 - c_{2,3} + c_{2,4} + c_{3,4} = 8 - 5 + 2 + 1 = 6$				
				$e_{3,4} = 1$	$8 - c_{2,3} + c_{3,4} + c_{2,4} = 8 - 5 + 1 + 2 = 6$				
2	$v_1 - v_3$ $- v_4 - v_2$ $- v_1$	6	Tidak	$e_{1,5} = 3$	$6 - c_{1,2} + c_{1,5} + c_{2,5} = 6 - 2 + 3 + 4 = 11$	$e_{1,5} - e_{2,5}$	$e_{1,2}$	11	$v_1 - v_3 - v_4$ $- v_2 - v_5$ $- v_1$
				$e_{3,5} = 2$	$6 - c_{3,4} + c_{3,5} + c_{4,5} = 6 - 1 + 2 + 5 = 12$				
				$e_{4,5} = 5$	$6 - c_{2,4} + c_{4,5} + c_{2,5} = 6 - 2 + 5 + 4 = 13$				
				$e_{2,5} = 4$	$6 - c_{1,2} + c_{2,5} + c_{1,5} = 6 - 2 + 4 + 3 = 13$				
3	$v_1 - v_3$ $- v_4 - v_2$ $- v_5 - v_1$	11	Ya						

Diperoleh *tour* sebagai berikut $v_1 - v_3 - v_4 - v_2 - v_5 - v_1$ dengan total jarak 11 km.

2.6 Algoritma Christofides

Algoritma Christofides digunakan untuk menghasilkan solusi aproksimasi dalam TSP pada graf tak berarah berbobot lengkap. Algoritma ini mencari nilai minimum bobot dengan menggunakan *Minimum Spanning Tree* (MST) sehingga menghasilkan graf yang memiliki nilai optimal. Selanjutnya, hasil dari algoritma MST tersebut akan digunakan untuk membentuk sirkuit Euler sehingga dapat menjadi aproksimasi dari solusi TSP (Tjoea & Halim, 2023). Berikut ini adalah langkah-langkah Algoritma Christofides untuk menyelesaikan TSP:

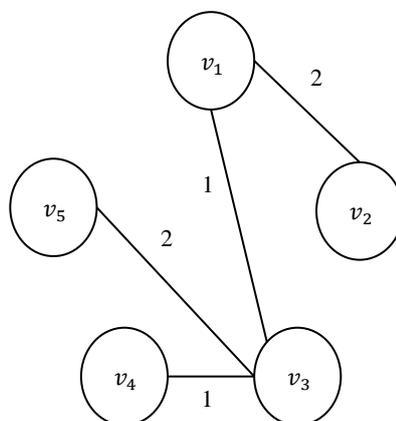
1. Cari *minimum spanning tree* yang menghubungkan tiap n titik dari graf (dapat menggunakan Algoritma Kruskal, Algoritma Prim, dan lainnya. Pada penelitian ini akan digunakan Algoritma Kruskal).
2. Tentukan titik graf yang berderajat ganjil, dan hubungkan dengan titik yang berderajat ganjil juga sehingga diperoleh titik berderajat genap.
3. Bentuk sirkuit Euler.
4. Kemudian reduksi titik yang berderajat lebih dari dua dengan cara menghapus sisi sehingga seluruh titik menjadi berderajat dua.

Contoh 2.6.1

Data yang digunakan pada contoh ini adalah data pada Tabel 2.5.1 dan dengan graf lengkap seperti pada Gambar 2.5.1 yang terdapat pada Contoh 2.5.1.

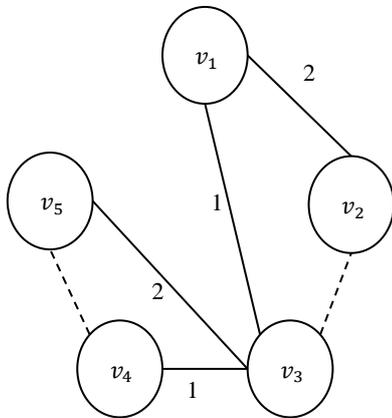
Langkah-langkah untuk menyelesaikan permasalahan menemukan *tour* terpendek menggunakan Algoritma Christofides:

1. Cari *minimum spanning tree* yang menghubungkan tiap 5 titik dari graf.

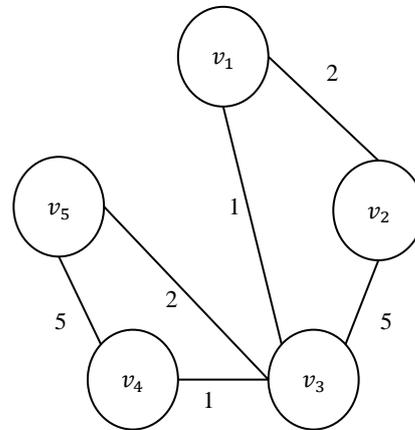


Gambar 2.6.1 *Minimum Spanning Tree*

2. Tentukan titik graf yang berderajat ganjil, dan hubungkan dengan titik yang berderajat ganjil juga sehingga diperoleh titik berderajat genap.



Gambar 2.6.2 Menghubungkan titik berderajat ganjil

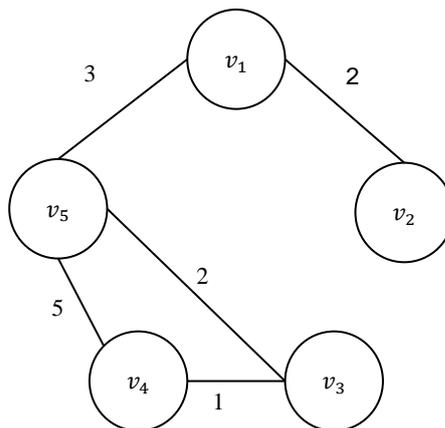


Gambar 2.6.3 Eulerian

3. Bentuk sirkuit Euler.

Karena titik v_3 berderajat 4, maka akan dibuat berderajat 2 dengan mengeliminasi 2 sisi. Akan dipilih sisi $e_{3,2}$, $e_{3,1}$, $e_{3,5}$ dan $e_{3,4}$.

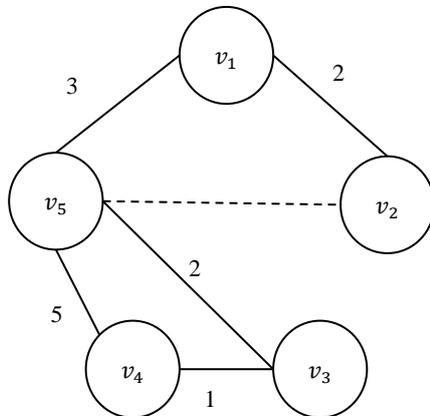
Misal buang $e_{3,1}$ dan $e_{3,2}$, kemudian hubungkan titik v_1 ke v_5 diperoleh hasil seperti pada gambar sebagai berikut:



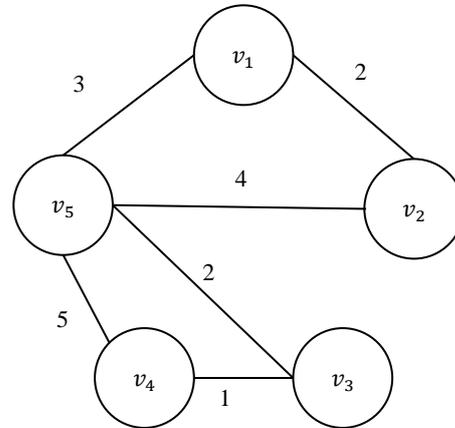
Gambar 2.6.4 Graf Euler

Karena titik v_5 dan v_2 berderajat ganjil maka kita ulangi langkah 2.

Sehingga diperoleh hasil seperti gambar berikut:



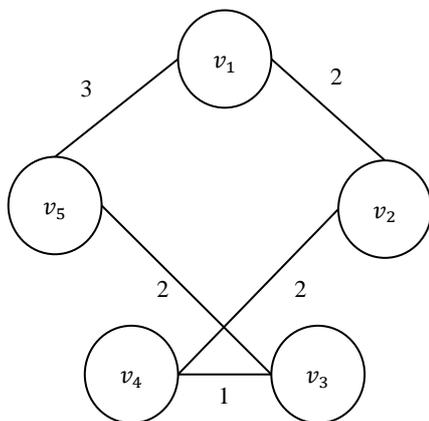
Gambar 2.6.5 Hubungkan titik berderajat ganjil



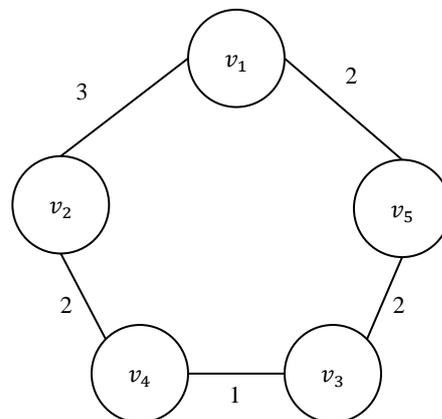
Gambar 2.6.6 Eulerian (2)

Karena titik v_5 berderajat 4, maka akan dibuat berderajat 2 dengan mengeliminasi 2 sisi. Akan dipilih sisi $e_{5,1}$, $e_{5,2}$, $e_{5,3}$ dan $e_{5,4}$.

Misal buang $e_{5,2}$ dan $e_{5,4}$, karena titik v_4 dan v_2 menjadi berderajat ganjil maka akan kita hubungkan, sehingga diperoleh hasil seperti gambar berikut:



Gambar 2.6.7 Graf *tour* optimal



Gambar 2.6.8 *Tour* optimal

Karena semua titik sudah berderajat 2, maka diperoleh solusi TSP yang optimal dengan *tour* $v_1 - v_5 - v_3 - v_4 - v_2 - v_1$ dengan bobot 10 km.

2.7 Algoritma Kruskal

Algoritma Kruskal merupakan salah satu algoritma *Greedy* yang digunakan untuk menyelesaikan MST. Pada algoritma ini, Sisi-sisi pada graf diurutkan terlebih dahulu berdasarkan bobotnya dari yang terkecil ke yang terbesar.

Pada keadaan awal, himpunan T berupa himpunan kosong, dan titik-titik di jaringan merupakan graf tanpa sisi. Sisi dari graf G ditambahkan ke T jika ia tidak membentuk sirkuit di T (Wamiliana, 2022). Berikut ini merupakan langkah-langkah algoritma Kruskal:

1. Sortir sisi dari urutan bobot terkecil ke terbesar.
2. Pilih sisi terkecil dalam sortir dan masukkan ke T .
3. Pilih sisi berikutnya dalam sortir.
4. Cek apakah penambahan sisi tersebut pada T menyebabkan terjadinya sirkuit. Jika ya, buang sisi tersebut dari sortir dan kembali ke langkah 2. Jika tidak, masukkan sisi tersebut pada T dan ke langkah 4.
5. Cek apakah $|T| = n - 1$. Jika ya, berhenti, solusi diperoleh. Jika tidak, kembali ke Langkah 2.

2.8 Google Maps

Google Maps adalah sebuah jasa peta globe virtual gratis dan online disediakan oleh *Google*. Fasilitas *Google Maps* dihadirkan oleh *Google* sejak tahun 2005 dan terus berkembang hingga sekarang ini. Di *Google Maps*, tidak hanya terdapat tampilan peta dunia, namun juga informasi pendukung berupa informasi jalan, lokasi layanan publik, bisnis dan sebagainya (Lengkong dkk., 2015). *Google Maps* sangat populer, layanan ini dibuat sangat interaktif, karena di dalamnya, peta dapat digeser sesuai keinginan pengguna, mengubah *level zoom*, serta mengubah tampilan jenis peta (Rismayani, 2017).

Google Maps mempunyai sistem koordinat yang sama dengan *Google Earth* yaitu *World Geodetic System 1984 (WGS-8)*. Proyeksi peta pada *Google Maps* menggunakan proyeksi *Mercator*. Salah satu keunggulan dari *Google Maps* adalah menyediakan tiga jenis gambar yang dapat ditampilkan yaitu *Maps*, *Satelit* dan *Hybrid* (Ramadhan dkk., 2016). Pada penelitian ini, *Google Maps* digunakan untuk mencari jarak antar 25 pasar tradisional yang ada di Bandar Lampung.

2.9 Google Earth

Google Earth merupakan aplikasi pemetaan interaktif yang dikeluarkan *Google* yang menampilkan peta bola dunia dalam bentuk 3D, keadaan topografi, foto satelit, *terrain* yang dapat dioverlay dengan jalan, bangunan, lokasi, ataupun informasi geografis lainnya (Isnaini, 2015).

Google Earth memungkinkan penggunaanya untuk mencari alamat sedetail mungkin, memasukkan koordinat atau mencari lokasi. Sampai saat ini, *Google Earth* masih menjadi raksasa dalam kategori peta digital karena kemampuannya menunjukkan seluruh gambaran permukaan bumi dan memperlihatkannya secara *real* dari waktu ke waktu. Pada penelitian ini, *Google Earth* digunakan untuk menginterpretasikan data yang diperoleh melalui *Google Maps*.

2.10 Program Python

Bahasa Pemrograman Python dimulai pada awal 1990 dan diciptakan oleh Guido Van Rossum di *Stichting Mathematisch Centrum (CWI)*, Belanda yang merupakan kelanjutan dari Bahasa pemrograman ABC. Kini Python merupakan perangkat lunak dengan lisensi di bawah *Python Software Foundation* yang merupakan bentuk nonprofit kedua setelah *Apache Software Foundation*. Python merupakan salah satu Bahasa pemrograman tingkat tinggi dengan tipe bahasa *interpreted* karena program-program Python langsung dieksekusi oleh interpreter tanpa harus melalui tahap kompilasi (Utami & Raharjo, 2004).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Tahun Akademik 2023/2024, 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 waktu antar 25 pasar tradisional di Kota Bandar Lampung yang diperoleh melalui aplikasi *Google Maps* secara *real time*, data diambil pada hari Rabu, 20 September 2023 pada pukul 16.30-17.45 WIB dan diinterpretasikan menggunakan aplikasi *Google Earth*. Data alamat pasar tradisional yang akan dilalui disimbolkan dengan kode v_1 sampai v_{25} . Data dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.2.1 Alamat pasar tradisional di Bandar Lampung dan kodenya.

KODE	NAMA PASAR	ALAMAT PASAR
v_1	Pasar Bambu Kuning	Klp. Tiga, Kec. Tj. Karang Pusat, Kota Bandar Lampung
v_2	Pasar Tugu	Jl. Hayam Wuruk No.68, Tj. Agung Raya, Kedamaian, Kota Bandar Lampung
v_3	Pasar Bawah	Jl. Raden Intan, Gn. Sari, Engal, Kota Bandar Lampung
v_4	Pasar Rakyat Way Halim	Perumnas Way Halim, Kec. Kedaton, Kota Bandar Lampung
v_5	Pasar Koga	Jl. Teuku Umar, Sidodadi, Kec. Kedaton, Kota Bandar Lampung

KODE	NAMA PASAR	ALAMAT PASAR
v_6	Pasar Kangkung	Tlk. Betung, Kec. Telukbetung Selatan, Kota Bandar Lampung
v_7	Pasar Tempel Rajabasa Raya	Jl. H. Komarudin baronggan Kotok No.2 a, Rajabasa Raya, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung
v_8	Pasar Tengah	Jl. Padang, Gn. Sari, Kec. Tj. Karang Pusat, Kota Bandar Lampung
v_9	Pasar Cimeng	Jl. Kh. Hasyim Ashari, Talang, Kec. Telukbetung Selatan, Kota Bandar Lampung
v_{10}	Pasar Untung Suropati	Jl. R.A. Basyid No.100, Labuhan Dalam, Kec. Tj. Senang, Kota Bandar Lampung
v_{11}	Pasar Mambo	Jl. Ikan Tongkol No.24, Pesawahan, Kec. Telukbetung Selatan, Kota Bandar Lampung
v_{12}	Pasar Tani Kemiling	Jl. Teuku Cik Ditiro, Beringin Raya, Kec. Kemiling, Kota Bandar Lampung
v_{13}	Pasar Senggol	Kampung Baru3 Rt01Lk I N05, Panjang Utara, Kec. Panjang, Kota Bandar Lampung
v_{14}	Pasar Phillip	Campang Raya, Kec. Tj. Karang Tim., Kota Bandar Lampung
v_{15}	Pasar Baru Way Kandis	Jl. Ratu Dibalau, Way Kandis, Kec. Tj. Senang, Kota Bandar Lampung
v_{16}	Pasar Way Halim Permai	Kedaton, Kec. Kedaton, Kota Bandar Lampung
v_{17}	Pasar Kota Karang	Kota Karang, Kec. Tlk. Betung Bar., Kota Bandar Lampung
v_{18}	Pasar Tamin	Jl. Antara, Klp. Tiga, Kec. Tj. Karang Bar., Kota Bandar Lampung
v_{19}	Pasar Koppamastera	Jl. Tlk. Ratai, Kota Karang, Kec. Tlk. Betung Bar., Kota Bandar Lampung
v_{20}	Pasar Panjang	Jl. Yos Sudarso, Panjang Utara, Kec. Panjang, Kota Bandar Lampung
v_{21}	Pasar Tempel Bringin Raya	Jl. Bhineka, Beringin Raya, Kec. Kemiling, Kota Bandar Lampung
v_{22}	Pasar Stasiun Labuhan Ratu	Jl. Untung Suropati No.30, Labuhan Ratu, Kec. Kedaton, Kota Bandar Lampung
v_{23}	Pasar Tempel Way Halim	Gg. Kedua, Kedaton, Kec. Kedaton, Kota Bandar Lampung
v_{24}	Pasar Tempel Gotong Royong	Jl. Wolter Monginsidi No.63 A, Gotong Royong, Kec. Tj. Karang Pusat, Kota Bandar Lampung
v_{25}	Pasar Tempel Way Dadi	Jl. Pembangunan A, Way Dadi, Kec. Sukarame, Kota Bandar Lampung

Berdasarkan Tabel 3.2.1 Pasar Bambu Kuning yang menjadi titik awal dan titik akhir pada 25 titik pasar tradisional yang ada di Kota Bandar Lampung.

Tabel 3.2.2 Tabel waktu tempuh antar pasar tradisional yang ada di Bandar Lampung satuan menit.

KODE	NAMA PASAR	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8	v_9	v_{10}	v_{11}	v_{12}	v_{13}	v_{14}	v_{15}	v_{16}	v_{17}	v_{18}	v_{19}	v_{20}	v_{21}	v_{22}	v_{23}	v_{24}	v_{25}
v_1	Pasar Bambu Kuning	0	6	2	15	6	12	21	2	14	17	12	15	27	30	23	12	18	6	18	25	18	14	11	7	21
v_2	Pasar Tugu	6	0	6	15	9	15	25	6	16	21	14	22	26	24	22	11	20	10	20	24	23	19	10	9	15
v_3	Pasar Bawah	2	6	0	16	7	11	22	1	13	18	11	18	26	29	24	13	16	6	16	24	19	14	12	5	19
v_4	Pasar Rakyat Way Halim	15	15	16	0	11	24	13	21	13	17	11	16	26	29	23	11	16	6	17	24	20	14	10	6	19
v_5	Pasar Koga	6	9	7	11	0	18	16	7	20	11	18	16	33	29	17	8	22	12	23	30	19	8	7	13	14
v_6	Pasar Kangkung	12	15	11	24	18	0	34	13	5	35	3	25	14	25	38	25	7	17	8	17	25	30	22	9	27
v_7	Pasar Tempel Rajabasa Raya	21	25	22	13	16	34	0	18	31	7	28	16	36	32	19	16	34	24	34	33	19	11	16	24	15
v_8	Pasar Tengah	2	6	1	21	7	13	18	0	15	23	13	22	24	33	27	15	18	7	19	26	21	17	14	7	23
v_9	Pasar Cimeng	14	16	13	13	20	5	31	15	0	28	3	20	23	27	34	24	3	12	3	21	21	25	23	8	28
v_{10}	Pasar Untung Suropati	17	21	18	17	11	35	7	23	28	0	26	17	30	24	12	10	31	21	32	27	21	5	12	21	9
v_{11}	Pasar Mambo	12	14	11	11	18	3	28	13	3	26	0	24	20	29	38	27	5	15	6	22	24	28	24	9	31
v_{12}	Pasar Tani Kemiling	15	22	18	16	16	25	16	22	20	17	24	0	37	39	28	20	22	14	23	34	6	16	19	18	25
v_{13}	Pasar Senggol	27	26	26	26	33	14	36	24	23	30	20	37	0	19	33	28	22	28	23	5	38	35	31	24	27
v_{14}	Pasar Phillip	30	24	29	29	29	25	32	33	27	24	29	39	19	0	29	22	25	31	25	16	40	28	24	26	19
v_{15}	Pasar Baru Way Kandis	23	22	24	23	17	38	19	27	34	12	38	28	33	29	0	13	34	26	34	30	32	18	14	26	11
v_{16}	Pasar Way Halim Permai	12	11	13	11	8	25	16	15	24	10	27	20	28	22	13	0	24	15	25	26	24	9	2	15	8
v_{17}	Pasar Kota Karang	18	20	16	16	22	7	34	18	3	31	5	22	22	25	34	24	0	15	1	24	25	29	26	11	32

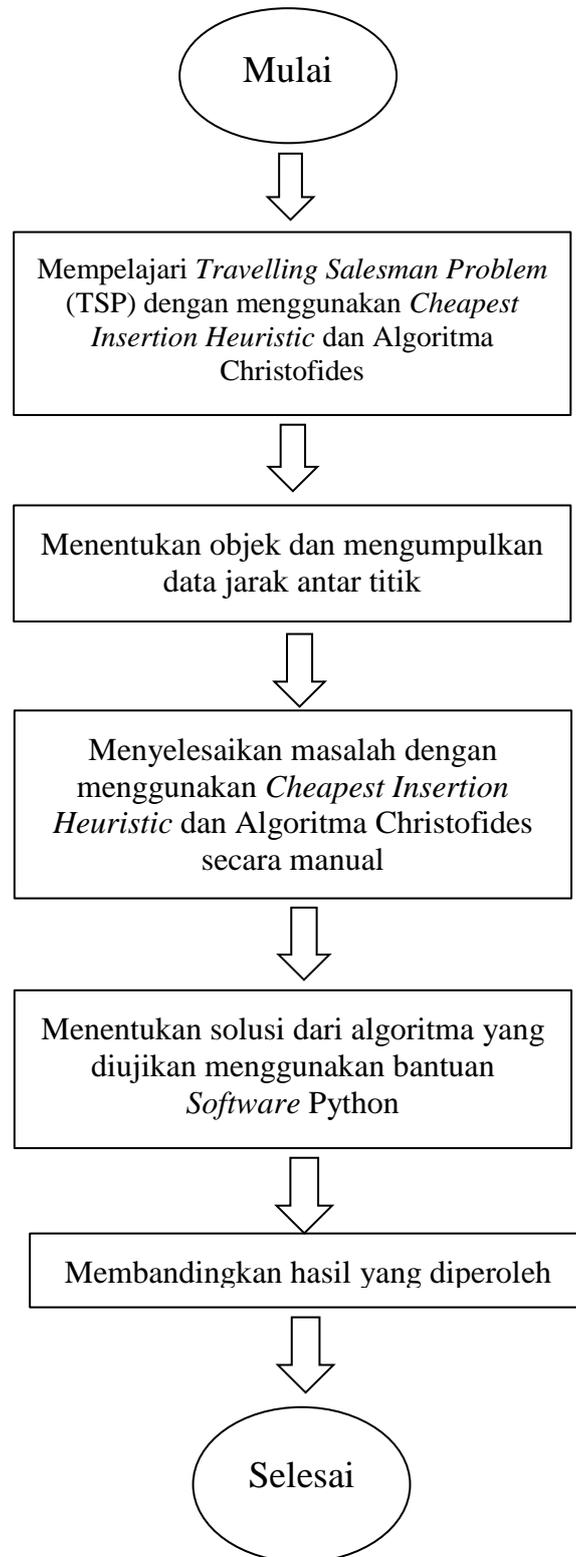
KODE	NAMA PASAR	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8	v_9	v_{10}	v_{11}	v_{12}	v_{13}	v_{14}	v_{15}	v_{16}	v_{17}	v_{18}	v_{19}	v_{20}	v_{21}	v_{22}	v_{23}	v_{24}	v_{25}
v_{18}	Pasar Tamin	6	10	6	6	12	17	24	7	12	21	15	14	28	31	26	15	15	0	14	26	15	16	13	6	22
v_{19}	Pasar Koppamastera	18	20	16	17	23	8	34	19	3	32	6	23	23	25	34	25	1	14	0	23	23	26	23	10	30
v_{20}	Pasar Panjang	25	24	24	24	30	17	33	26	21	27	22	34	5	16	30	26	24	26	23	0	38	32	27	21	24
v_{21}	Pasar Tempel Bringin Raya	18	23	19	20	19	25	19	21	21	21	24	6	38	40	32	24	25	15	23	38	0	18	20	18	26
v_{22}	Pasar Stasiun Labuhan Ratu	14	19	14	14	8	30	11	17	25	5	28	16	35	28	18	9	29	16	26	32	18	0	8	15	14
v_{23}	Pasar Tempel Way Halim	11	10	12	10	7	22	16	14	23	12	24	19	31	24	14	2	26	13	23	27	20	8	0	13	10
v_{24}	Pasar Tempel Gotong Royong	7	9	5	6	13	9	24	7	8	21	9	18	24	26	26	15	11	6	10	21	18	15	13	0	22
v_{25}	Pasar Tempel Way Dadi	21	15	19	19	14	27	15	23	28	9	31	25	27	19	11	8	32	22	30	24	26	14	10	22	0

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan studi literatur secara sistematis yang diperoleh dari buku, jurnal, artikel ilmiah, prosiding maupun dari media yang ada kaitannya dengan TSP, CIH dan Algoritma Christofides. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mencari data dan literatur utama yang mendukung atau berkaitan dengan topik penelitian ini.
2. Memahami dan mempelajari CIH dan Algoritma Christofides dalam mencari *tour* terpendek.
3. Mengumpulkan data objek penelitian dan mencari *tour* terpendek antar pasar tradisional yang ada di Bandar Lampung menggunakan bantuan aplikasi *Google Maps*. Dan merepresentasikannya menggunakan bantuan aplikasi *Google Earth*.
4. Menyelesaikan langkah-langkah untuk memperoleh *tour* terpendek menggunakan CIH dan Algoritma Christofides, secara perhitungan manual dan pemrograman menggunakan *software* Python.
5. Membandingkan hasil yang optimal dari kedua metode CIH dan Algoritma Christofides untuk menemukan algoritma yang lebih baik dalam menentukan penyelesaian *Travelling Salesman Problem*.
6. Menarik ketitikan tentang perbandingan hasil yang optimal dari kedua algoritma dalam menemukan solusi pencarian *tour* terpendek pasar tradisional yang ada di Kota Bandar Lampung.

Berikut diberikan diagram metode penelitian:



Gambar 3.3.1 Diagram metode penelitian

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Cheapest Insertion Heuristic* dan Algoritma Christofides sama-sama memberikan hasil yang optimal dalam menyelesaikan permasalahan Travelling Salesman Problem (TSP) untuk menentukan *tour* pasar tradisional di Kota Bandar Lampung. Pada pengujian menggunakan bantuan *software* Python, *Cheapest Insertion Heuristic* memberikan solusi dengan total bobot 217 menit, setelah dilakukan perbaikan *tour* pada sisi yang masih berpotongan diperoleh hasil total bobot 216 menit. Nilai bobot tersebut sama dengan hasil perhitungan manual baik setelah maupun sebelum perbaikan *tour*.

Untuk Algoritma Christofides diperoleh hasil total bobot 216 menit dengan perhitungan manual dan juga dengan bantuan *software* Python. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *Cheapest Insertion Heuristic* dan Algoritma Christofides sama baiknya, dalam penyelesaian *Travelling Salesman Problem* untuk menentukan *tour* pasar tradisional di Kota Bandar Lampung.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan, perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang optimal dengan menggunakan algoritma lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Deo, N. (2016). *Graph Theory with Applications to Engineering & Computer Science*. New York. Dover Publications.
- Fargiana, F. R. (2021). Implementasi Algoritma Cheapest Insertion Heuristic dalam Menentukan Rute Pengiriman Barang. *Jurnal Riset Matematika*: **1**(2), 129-136.
- Hignasari, L.V. & Mahira, E.D. (2018). Optimization of Goods Distribution Route assisted by Google Maps with Cheapest Insertion Heuristic Algorithm (CIH). *Sinergi*: **22**(2)132-138.
- Isnaini, N. (2015). Komparasi Penggunaan Media Google Earth dengan Peta Digital pada Materi Persebaran Fauna Kelas XI IPS di SMA Negeri 1 Semarang. *Jurnal Geografi*: **12**(1)51-60.
- Kusrini, & Istiyanto, J.E. (2007). Penyelesaian Travelling Salesman Problem dengan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic dan Basis Data. *Jurnal Teknik Informatika*: **8**(2)109-114.
- Lengkong, H. N., Sinsuw, A. A. E. & Lumenta, A. S. M. (2015). Perancangan Petunjuk Rute pada Kendaraan Pribadi Menggunakan Aplikasi Mobile GIS Berbasis Android yang Terintegasi pada Google Maps. *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*: **4**(2)18-25.
- Meflinda, A. & Mahyarni, M. (2011). *Operation Research (Riset Operasi)*. Riau: Unri Press.
- Munir, Rinaldi. (2005). *Matematika Diskrit (Edisi 3)*. Bandung: Informatika.
- Ramadhan, A. R., Silvana, M., & Suryamen, H. (2016). Pembangunan Sistem Informasi Geografis Sekolah Menengah Kejuruan di Kota Padang Berbasis Web Menggunakan Google Maps API. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. Aplikasi Energi dan Teknologi Maju untuk Kemandirian Bangsa: 1-7. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, 8 November 2016.

- Rismayani, R. (2017). Sistem Informasi Geografis Penyebaran Sekolah Dasar di Kota Makassar Berbasis Mobile Mapping Menggunakan Teknologi Google Maps API. *Jurnal Masyarakat Telematika dan Informasi*: **8**(1)11-18.
- Ristono, A. & Puryani. (2011). *Penelitian Operasi Lanjut*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rosen, K. H. (2012). *Discrete Mathematics and Its Application* ed 7. New York: McGraw-Hill.
- Suyanto, S. (2010). *Algoritma Optimasi (Deterministik dan Probabilistik)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Tjoea, F. J. & Halim, S. (2023). Evaluasi Rute Pelayaran Kapal dengan Pendekatan Modified Minimum Spanning Tree. *Jurnal Tirta*: **11**(2)265-272.
- Utami, E. & Raharjo, S. (2004). *Logika, Algoritma dan Implementasinya dalam Bahasa Python di GNU/Linux*. Yogyakarta: ANDI.
- Wamiliana. (2022). *Minimum Spanning Tree & Desain Jaringan*. Bandar Lampung: Pusaka Media.