

**PERBANDINGAN ALGORITMA *NEAREST NEIGHBOUR* DAN
ALGORITMA CHRISTOFIDES PADA PENENTUAN *TOUR*
PEMASANGAN RAMBU KEAMANAN PLN**

(Skripsi)

Oleh

ANNISA SALSABILA



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

ABSTRACT

THE COMPARISON OF NEAREST NEIGHBOR ALGORITHM AND CHRISTOFIDES ALGORITHM IN DETERMINING TOUR INSTALLATION OF PLN SECURITY SIGNS

By

ANNISA SALSABILA

Determining the optimal tour for installing PLN security signs is one of the most important efforts in logistics and operational management. In this context, the problem can be represented as a Traveling Salesman Problem (TSP), with the main objective is to determine a tour that visits each sign installation location once and returns to the starting point. This study aims to compare the performance of two algorithms, namely the Nearest Neighbor Algorithm and the Christofides Algorithm in determining the tour of installing PLN security signs. The data used is travel time data taken from 24 location points via Google Maps. The results obtained show that the Nearest Neighbor Algorithm and Christofides Algorithm have the same results both manually and with the help of software. However, in terms of calculation completion, the Nearest Neighbor Algorithm is faster in providing solutions than the Christofides Algorithm.

Keywords: Tour, Traveling Salesman Problem, Nearest Neighbor Algorithm, Christofides Algorithm.

ABSTRAK

PERBANDINGAN ALGORITMA *NEAREST NEIGHBOUR* DAN ALGORITMA CHRISTOFIDES PADA PENENTUAN *TOUR* PEMASANGAN RAMBU KEAMANAN PLN

Oleh

ANNISA SALSABILA

Penentuan *tour* yang optimal dalam pemasangan rambu keamanan PLN merupakan salah satu upaya penting dalam manajemen logistik dan operasional. Dalam konteks ini, permasalahan tersebut dapat direpresentasikan sebagai *Travelling Salesman Problem* (TSP), dengan tujuan utamanya untuk menentukan *tour* yang mengunjungi setiap lokasi pemasangan rambu satu kali dan kembali ke titik awal. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja dua algoritma, yaitu Algoritma *Nearest Neighbour* dan Algoritma Christofides dalam penentuan *tour* pemasangan rambu keamanan PLN. Data yang digunakan adalah data waktu tempuh yang diambil dari 24 titik lokasi melalui *Google Maps*. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa Algoritma *Nearest Neighbour* dan Algoritma Christofides memiliki hasil yang sama baik secara manual maupun dengan bantuan *software*. Namun secara penyelesaian perhitungannya, Algoritma *Nearest Neighbour* lebih cepat dalam memberikan solusi dibanding Algoritma Christofides.

Kata kunci : *Tour*, *Travelling Salesman Problem*, Algoritma *Nearest Neighbour*, Algoritma Christofides.

**PERBANDINGAN ALGORITMA *NEAREST NEIGHBOUR* DAN
ALGORITMA CHRISTOFIDES PADA PENENTUAN *TOUR*
PEMASANGAN RAMBU KEAMANAN PLN**

Oleh

ANNISA SALSABILA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA MATEMATIKA**

Pada

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



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

Judul Skripsi : **PERBANDINGAN ALGORITMA *NEAREST NEIGHBOUR* DAN ALGORITMA CHRISTOFIDES PADA PENENTUAN TOUR PEMASANGAN RAMBU KEAMANAN PLN**

Nama Mahasiswa : **Annisa Salsabila**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2017031096**

Jurusan : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



MENYETUJUI
1. Komisi Pembimbing

Dr. Muslim Ansori, S.Si., M.Si.
NIP. 19720227 199802 1 001

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

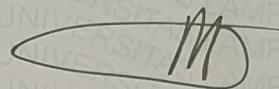
2. Ketua Jurusan Matematika

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 19740316 200501 1001

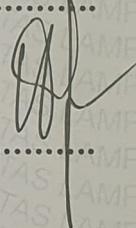
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

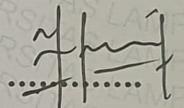
Ketua : **Dr. Muslim Ansori, S.Si., M.Si.**



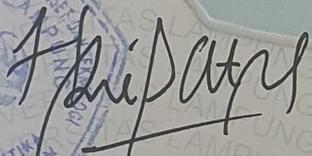
Sekretaris : **Prof. Dra. Wamiliana, MA., Ph.D.**



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



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 : **09 Juli 2024**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Annisa Salsabila**
Nomor Pokok Mahasiswa : **2017031096**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **Perbandingan Algoritma *Nearest Neighbour* dan Algoritma Christofides pada Penentuan *Tour* Pemasangan Rambu Keamanan PLN**

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, 09 Juli 2024

Yang Menyatakan,



Annisa Salsabila
NPM. 2017031096

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Annisa Salsabila yang dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 29 Juli 2002. Penulis merupakan anak pertama dari lima bersaudara dari pasangan suami istri Bapak Dudi Mulyadi dan Ibu Desi Ambarsari.

Penulis telah menempuh awal pendidikan di TK Al-Muttaqin pada tahun 2007-2008, pendidikan Sekolah Dasar di SDN 4 Sumberrejo pada tahun 2008-2014, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP IT Daarul ‘Ilmi pada tahun 2014-2017, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA IT Daarul ‘Ilmi pada tahun 2017-2020.

Pada tahun 2020, penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswi S1 di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswi, penulis terpilih menjadi sekretaris Biro Pembinaan Rois FMIPA Unila pada tahun 2022 dan menjadi Wakil Ketua DPM FMIPA Unila pada tahun 2023.

Pada bulan Januari sampai Februari 2023 penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di PLN UP2D Lampung dan pada bulan Juni sampai Juli 2023, sebagai bentuk pengabdian mahasiswa dan menjalankan Tri Dharma Perguruan Tinggi, penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Banjar Negeri, Kecamatan Way Lima, Kabupaten Pesawaran.

KATA INSPIRASI

حَسْبُنَا اللَّهُ وَنِعْمَ الْوَكِيلُ نِعْمَ الْمَوْلَى وَنِعْمَ النَّصِيرُ

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۝ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۝ فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ۝ وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَب ۝

(Qs. Al-Insyirah : 5-8)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanku tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanku.”

(Umar bin Khattab)

“Bentuk yakin dengan Allah adalah hadirnya rasa tenang, ketika masih merasa gelisah, itu artinya kamu masih belum yakin”

(Anonim)

“Tidak ada hal lain yang perlu ditakuti ataupun terlalu dikhawatirkan ketika mengetahui bahwa pemilikmu adalah maha dari segala-galanya”

(Annisa Salsabila)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamiin,

Puji dan syukur kehadirat 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

Alhamdulillah rabbi'l'alamiin, puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perbandingan Algoritma *Nearest Neighbour* dan Algoritma Christofides pada Penentuan *Tour* Pemasangan Rambu Keamanan PLN”.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

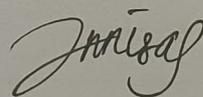
1. Bapak Dr. Muslim Ansori, S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing I atas kesediaan waktu dalam memberikan arahan, motivasi, bimbingan, serta saran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Prof. Dra. Wamiliana, Ma., Ph.D. selaku dosen Pembimbing II yang selalu memberikan arahan, bimbingan, serta dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Prof. Dr. Asmiati, S.Si., M.Si. selaku dosen Penguji yang telah bersedia memberikan kritik dan saran serta evaluasi yang membangun kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Notiragayu S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama mengikuti perkuliahan.
5. Bapak Dr. Nuryaman S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Lampung.

8. Umi, Abi, Adek-adek, Mbah Kakung, Nenek, Aki, dan semua keluarga yang selalu memberikan semangat dukungan, doa maupun memberikan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan laporan.
9. Rifdah, Dzakira, Novi, Zahra, Ela, Via, Evita, Husnul, Fifi, Sayyida, Rara, Naimah, keluarga-keluarga kecil dan rumah kedua yang selalu ada dalam suka maupun duka, yang selalu memberikan *support*, do'a, dan usahanya untuk membantu menyelesaikan setiap drama selama perkuliahan.
10. Keluarga besar Rois FMIPA Unila 2022 dan DPM FMIPA Unila 2023 yang memberi motivasi, dukungan, semangat, kebersamaan, serta kenangan yang indah selama menjalani masa organisasi di dunia perkuliahan.
11. Keluarga KKN Desa Banjar Negeri 2023, Yolla, Muthia, Amal, Alip, Dira, dan Yusuf yang telah memberi do'a, semangat, pengalaman, dan kebersamaan.
12. Teman satu bimbingan, Aji Alfianto yang telah memberikan semangat, motivasi, dan banyak bantuan selama proses penyelesaian skripsi.
13. Teman-teman Jurusan Matematika angkatan 2020 yang sudah banyak membantu selama perkuliahan.
14. Seluruh pihak terkait yang membantu menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan baik dalam penyajian maupun teknik penulisan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun pembaca. Dengan harapan skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, 09 Juli 2024

Penulis,



Annisa Salsabila

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|-------------|
| DAFTAR ISI | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR TABEL | xvi |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.3 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Graf..... | 4 |
| 2.2 <i>Travelling Salesman Problem</i> | 6 |
| 2.3 <i>Google Maps</i> | 7 |
| 2.4 Algoritma <i>Nearest Neighbour</i> | 8 |
| 2.5 Algoritma Christofides | 9 |
| III. METODE PENELITIAN | 13 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 13 |
| 3.2 Data Penelitian | 13 |
| 3.3 Studi Literatur..... | 14 |
| 3.4 Prosedur Penelitian..... | 14 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 16 |
| 4.1 Deskripsi Data | 16 |
| 4.2 Perhitungan Algoritma <i>Nearest Neighbour</i> | 20 |
| 4.3 Perhitungan Algoritma Christofides..... | 26 |
| V. SIMPULAN DAN SARAN | 35 |
| 5.1 Simpulan..... | 35 |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| 5.2 Saran..... | 36 |
| DAFTAR PUSTAKA | 37 |
| LAMPIRAN..... | 39 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1. Skema Tahapan Penelitian..... | 15 |
| Gambar 2. 24 Titik lokasi LBSM dan PLN UP2D Lampung | 16 |
| Gambar 3. Representasi Graf 24 titik lokasi..... | 20 |
| Gambar 4. Graf Algoritma <i>Nearest Neighbour</i> dengan titik awal 11. | 24 |
| Gambar 5. Representasi Algoritma <i>Nearest Neighbour</i> pada <i>Google Maps</i> | 25 |
| Gambar 6. Perbaikan <i>tour</i> Algoritma <i>Nearest Neighbour</i> | 25 |
| Gambar 7. <i>Tour</i> hasil perbaikan Algoritma <i>Nearest Neighbour</i> | 26 |
| Gambar 8. Representasi hasil Algoritma Christofides pada <i>Google Maps</i> | 33 |
| Gambar 9. Perbaikan <i>tour</i> Algoritma Christofides..... | 33 |
| Gambar 10. <i>Tour</i> hasil perbaikan Algoritma Christofides | 34 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1. Titik beserta Alamat LBSM dan PLN UP2D Lampung..... | 17 |
| Tabel 2. Waktu tempuh antar 24 titik (menit) | 19 |
| Tabel 3. Urutan sisi dari yang terkecil sampai terbesar..... | 27 |
| Tabel 4. Prosedur Algoritma Kruskal..... | 28 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penentuan *tour* yang optimal dalam pemasangan rambu keamanan PLN merupakan salah satu upaya dalam manajemen logistik dan operasional. PLN sebagai perusahaan penyedia listrik nasional, memiliki tanggung jawab untuk memastikan seluruh infrastruktur kelistrikan yang ada di berbagai lokasi mendapatkan rambu keamanan yang memadai. Proses ini tidak hanya melibatkan penempatan fisik rambu, namun juga perencanaan *tour* yang efisien untuk pemasangan, agar biaya maupun waktu yang ditempuh dapat diminimalkan.

Studi kasus yang diambil pada penelitian kali ini yaitu terkait pemasangan rambu K3 PLN pada panel *Load Break Switch Motorized* (LBSM). LBSM merupakan saklar pemutus beban yang digunakan untuk mengalihkan aliran arus listrik dan dapat dikendalikan secara elektronis dalam jarak jauh. LBSM juga digunakan untuk pemutusan lokal jika terjadi gangguan atau saat pekerjaan pemeliharaan pada jaringan distribusi di area tertentu, sehingga kegagalan daya tidak terjadi di area bebas gangguan dan tanpa pengawasan (Sukadana & Suartika, 2019).

Upaya penyelesaian masalah pada penentuan *tour* seringkali direpresentasikan sebagai *Travelling Salesman Problem* (TSP), dimana TSP merupakan masalah

optimasi kombinatorial klasik dalam bidang *computer science* dan matematika untuk menemukan tour yang mengunjungi setiap lokasi sekali dan kembali ke titik awal (Gohil *et al.* 2022). Pada konteks pemasangan rambu keamanan PLN, solusi dari TSP dapat membantu menentukan urutan lokasi yang harus dikunjungi oleh tim pemasang rambu dalam meminimalkan total waktu perjalanan. Terdapat beberapa algoritma yang dapat digunakan dalam menyelesaikan permasalahan TSP, seperti algoritma *Linear Programming* (LP), algoritma *Branch and Bound*, algoritma *Dijkstra*, *Nearest Neighbour*, *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) dan lainnya.

Penelitian ini akan menggunakan dua algoritma dalam menyelesaikan masalah TSP, yaitu Algoritma *Nearest Neighbour* dan Algoritma Christofides. Dalam konteks pemasangan rambu keamanan PLN, membandingkan kedua algoritma ini menjadi penting untuk menentukan metode mana yang lebih efisien dan efektif dalam penentuan *tour*. Dengan demikian, diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang lebih tepat mengenai algoritma mana yang sebaiknya digunakan dalam penentuan *tour* pemasangan rambu keamanan agar efisiensi operasional PLN dapat ditingkatkan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menerapkan Algoritma *Nearest Neighbour* dan Algoritma Christofides pada model TSP untuk menentukan lintasan terpendek pada pemasangan rambu keamanan PLN,

2. Membandingkan Algoritma *Nearest Neighbour* dan Algoritma Christofides pada penentuan *tour* pemasangan rambu keamanan PLN.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan pemahaman bagi pembaca mengenai algoritma *Nearest Neighbour* dan Algoritma Christofides.
2. Memberikan referensi untuk penelitian lebih lanjut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Graf

Bermula pada abad ke-18 tahun 1736, Swiss Leonhard Euler memperkenalkan konsep teori graf dalam penyelesaian masalah Seven Bridges of Konigsberg. Menurut Euler, keberadaan simpul-simpul dengan derajat ganjil lebih dari dua membuat masalah ini tidak dapat diselesaikan. Namun seiring waktu teori graf berkembang, berlanjut dengan penelitian terkait permukaan dan struktur jaringan. Hingga pada abad ke-20 tahun 1936, teori graf modern mulai berkembang dengan adanya publikasi karya D.O. Konig terkait teorema graf dan polinomial. Teori graf terus diperluas dan menjadi salah satu cabang penting dalam matematika diskrit dan ilmu komputer (Maulani, 2023).

Graf merupakan salah satu kajian matematika yang saat ini sudah memiliki banyak terapan di berbagai bidang. Penggunaan graf dalam matematika diskrit pada objek matematika terdiri dari himpunan objek-objek dan bagaimana objek-objek tersebut saling terhubung (Wamiliana, 2022). Suatu Graf $G =$

$(V(G), E(G))$ terdiri dari 2 himpunan berhingga yaitu :

- a. $V(G)$ adalah himpunan vertex atau simpul/titik, biasanya dinotasikan dengan V saja yaitu himpunan tak kosong dari titik-titik.

b. $E(G)$ adalah himpunan sisi (*edge*) biasanya dinotasikan dengan E saja yaitu himpunan (mungkin kosong) dari sisi yang menghubungkan sepasang simpul. Setiap elemen e dalam $E(G)$ merupakan sebuah pasangan tak berurutan dari simpul-simpul di $V(G)$.

Vertex atau simpul sering disebut juga titik maupun noktah. Jika e adalah sisi dengan simpul ujung u dan v maka e dikatakan sisi yang menghubungkan u dan v . Dalam representasi graf, sisi tidak selalu digambarkan sebagai sebuah garis lurus, tetapi bisa digambarkan berupa garis melengkung (Daniel & Taneo, 2019).

Tree (pohon) adalah graf terhubung yang tidak memuat sirkuit dan *forest* (hutan) adalah gabungan dari *tree*. *Spanning Tree* adalah *tree* yang memuat semua titik pada graf. Selain itu, terdapat istilah lain yang biasa digunakan dalam sebuah graf, seperti lintasan dan sirkuit *Euler* maupun lintasan dan sirkuit Hamiltonian. Lintasan *Euler* merupakan lintasan yang melalui setiap sisi dalam graf tepat satu kali dan tidak kembali ke titik awal mulai, lintasan tidak berupa sirkuit saat dilalui, dengan kondisi simpul awal dan akhir harus memiliki derajat ganjil. Sedangkan sirkuit *Euler* merupakan sirkuit yang melewati setiap sisi dalam graf tepat satu kali dan kembali ke titik awal. Sirkuit *Euler* yang dimiliki oleh graf tertentu menunjukkan bahwa graf memiliki lintasan *Euler*, namun tidak sebaliknya (Rumetna, 2023).

Lintasan Hamiltonian merupakan lintasan sederhana yang melalui tiap titik tepat satu kali dalam graf. Jika lintasan kembali ke titik awal dengan membentuk sebuah lintasan tertutup, maka lintasan tersebut dinamakan sirkuit Hamiltonian. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa sirkuit Hamiltonian merupakan sirkuit

yang melalui tiap titik tepat satu kali dalam graf, kecuali titik awal yang sekaligus menjadi titik akhir sehingga dikunjungi dua kali (Hermanto, 2019).

2.2 Travelling Salesman Problem

Travelling Salesman Problem (TSP) dikemukakan pada tahun 1800 oleh matematikawan Irlandia, William Rowan Hamilton dan matematikawan Inggris, Thomas Penyngton. TSP merupakan permasalahan yang klasik, namun permasalahan ini akan terus menjadi objek studi yang menarik karena tidak ada penyelesaian yang paling optimal selain mencoba seluruh kemungkinan yang ada (Fachrudin, 2019).

TSP melibatkan seorang salesman yang harus mengunjungi semua kota dimana tiap kota hanya boleh dikunjungi sekali, dimulai dari titik awal dan kembali ke titik awal lagi, dengan tujuan untuk menentukan *tour* dengan jarak total atau biaya yang paling minimum. Jika dapat diselesaikan masalah-masalah TSP yang mempunyai n besar, maka proses-proses *routing*, pengiriman barang, dan permasalahan lainnya akan semakin efisien untuk dilakukan (Amin dkk, 2021).

TSP direpresentasikan dengan menggunakan sebuah graf lengkap dan berbobot $G = (V, E)$ dimana V adalah himpunan titik pada kota yang dikunjungi dan E adalah himpunan jalur antar titik dan sisi $e = (v_i, v_j)$ memiliki bobot $c(e) = c_{ij}$ yaitu bobot sisi antara titik v_i dan v_j yang menunjukkan jarak antara titik i dan j . $C = c_{ij}$ juga diberikan sebagai matriks bobot yang bersesuaian dengan E sehingga

permasalahan TSP adalah mencari bobot minimum siklus Hamilton pada graf G (Yulianto & Setiawan, 2018).

Adapun beberapa contoh masalah yang dapat diselesaikan menggunakan TSP yaitu seperti pencarian *tour* bus sekolah untuk mengantar siswa, pencarian *tour* truk pengantar barang, maupun pengambilan tagihan telepon. Selain itu, terdapat algoritma yang bisa digunakan untuk memecahkan masalah tersebut, diantaranya menggunakan *Linier Programming (LP)*, *Genetic Algorithm (GA)*, *Nearest Neighbour Heuristic (NNH)*, dan *Cheapest Insertion Heuristic (CIH)* (Kusrini & Istiyanto, 2007).

2.3 Google Maps

Google Maps merupakan inovasi layanan gratis yang disediakan oleh *Google*. *Google Maps* adalah suatu peta dunia yang dapat digunakan untuk melihat suatu daerah dengan menggunakan browser. Pada awalnya *Google Maps* merupakan sebuah program C++ yang dibuat oleh dua bersaudara asal Denmark yaitu Lars dan Jens Eilstrup Rasmussen, serta Noel Gordon dan Stephen Ma, diperusahaan Where 2 Technologies yang berbasis di Sydney.

Google Maps memungkinkan orang untuk menavigasi dan menemukan rute terpendek paling nyaman ke tujuan yang diinginkan. Menurut survei terbaru, *Google Maps* telah memiliki hampir 64 juta pengguna. Selain itu, *Google Maps* juga telah menyertakan fitur-fitur baru seperti tampilan jalan, lokasi rumah sakit, kafe, kantor polisi, dan masih banyak lagi fitur yang berguna. Algoritma, teknik,

dan teknologi yang digunakan pun sangat update dan canggih. Tim insinyur di *Google*, menyimpan dan menganalisis banyak sekali kumpulan data termasuk data historis dan data waktu nyata, yang membuat *Google Maps* begitu progresif dan akurat.

Pada tahun 2007, tim *Google Maps* meluncurkan fitur baru yang sangat luar biasa yang dikenal dengan *Street View*. Inovasi ini terbukti menjadi tonggak sejarah navigasi dan GPS. Fitur tampilan jalan yang baru diperkenalkan menyediakan pemandangan panorama 3D HD dari banyak lingkungan, jalan, jalan raya, dan area lain di ponsel maupun komputer. Selain itu, gambar-gambar tersebut diambil secara manual menggunakan mobil khusus yang dilengkapi dengan banyak kamera dan peralatan lain yang diperlukan untuk mengambil gambar lingkungan yang dilewati (Mehta dkk, 2019).

2.4 Algoritma *Nearest Neighbour*

Nearest Neighbour merupakan metode heuristik yang menjadi dasar penentuan *tour* bagi metode-metode metaheuristik dan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *tour*. Algoritma ini memiliki waktu penyelesaian dalam perhitungan yang lebih cepat dibandingkan algoritma genetika (Martono & Warnas, 2020). Penyelesaian algoritma ini dilakukan pada setiap iterasinya dengan melakukan pencarian jarak terdekat dengan jarak terakhir untuk ditambahkan kedalam akhir *tour* tersebut (Wulandari, 2020).

Adapun langkah-langkah penyelesaian menggunakan algoritma *Nearest Neighbour* sebagai berikut :

1. Pilih salah satu lokasi sebagai titik awal, misal pilih lokasi A sebagai titik awal.
2. Mulailah dengan sebuah *tour* yang hanya berisi kota awal (A).
3. Cari lokasi terdekat yang belum dikunjungi dari lokasi terakhir dalam *tour*.
Hitung jarak dari lokasi terakhir (A) ke semua lokasi yang belum dikunjungi.
4. Dari hasil perhitungan, tambahkan lokasi tersebut kedalam *tour*.
5. Update lokasi terakhir dengan menetapkan lokasi terdekat sebagai lokasi terakhir dalam *tour*.
6. Hapus lokasi dari daftar belum dikunjungi.
7. Ulangi langkah-langkah 3 hingga 6 sampai semua lokasi telah dikunjungi.
8. Setelah semua lokasi telah dikunjungi, kembalilah ke lokasi awal untuk menyelesaikan *tour*.
9. Implementasikan *tour* yang sudah didapat ke dalam peta persebaran LBSM
10. Jika terdapat perpotongan garis pada *tour*, maka lakukan perbaikan pada *tour* sampai tidak ada lagi perpotongan garis.

Lakukan langkah-langkah di atas dengan titik awal yang berbeda-beda, setelah itu akan didapatkan total jarak yang paling minimal.

2.5 Algoritma Christofides

Algoritma Christofides dikembangkan oleh Nicos Christofides pada tahun 1976. Algoritma ini memiliki tiga konsep utama dalam penyelesaiannya yaitu *Minimum Spanning Tree* (MST), graf *Euler*, dan graf Hamiltonian.

a. *Minimum Spanning Tree* (MST)

Algoritma Christofides menggunakan kombinasi dari algoritma *Minimum Spanning Tree* (MST) sebagai tahap awal penyelesaian. MST merupakan sebuah graf berbobot yang saling terhubung, yang memuat semua titik pada graf tanpa adanya sirkuit dengan jumlah bobot minimum (Munir, 2016). MST merupakan salah satu masalah klasik yang hadir sebagai bentuk terapan dari teori graf. Selain itu MST juga sering digunakan sebagai *backbone* dari masalah yang muncul pada desain jaringan dengan menambahkan kendala pada MST (Wamiliana, 2022). Penggunaan MST pada jaringan distribusi diharapkan mampu menghasilkan jarak terpendek yang menghubungkan beberapa jumlah titik lokasi (Hardianto, 2015).

Guna MST untuk meminimalkan bobot keseluruhan sisi pada graf. Adapun beberapa algoritma yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan MST seperti Algoritma Kruskal, Algoritma Prim, Algoritma Reverse-Delete dan Algoritma Boruvka (Sayli & Alkhalissi, 2018). Pada penelitian ini digunakan Algoritma Kruskal untuk membentuk MST. Algoritma Kruskal berasal dari analogi *growing forest* yang berarti untuk membentuk MST dari graf G yaitu dengan cara mengambil satu-persatu sisi yang terpendek dari graf G dan memasukkannya dalam pohon atau *forest* yang telah terbentuk sebelumnya. Seiring dengan berjalannya iterasi pada setiap sisi maka *forest* akan memiliki pohon yang semakin sedikit. Oleh sebab itu analogi ini disebut *growing forest*. Algoritma Kruskal akan terus menambahkan sisi-sisi ke *forest* yang sesuai sampai dengan tidak ada lagi *forest* (Wattimena & Lawalatta, 2013).

Adapun langkah-langkah yang dapat dilakukan dalam menyelesaikan Algoritma Kruskal sebagai berikut (Wamiliana, 2022) :

Set T = himpunan kosong, input graf $G(V, E)$, jumlah titik = n .

1. Sortir sisi dari urutan bobot terkecil ke terbesar (*increasing order*).
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 langkah ke 4.
5. Cek apakah $|T| = n - 1$. Jika Ya, STOP, solusi didapat. Jika Tidak, kembali ke langkah 2.

b. Graf *Euler*

Graf *Euler* merupakan graf yang memiliki sirkuit *Euler* atau *Eulerian tour*. Pada algoritma Christofides, setelah mendapatkan MST, algoritma akan membentuk sirkuit *Euler* dengan cara menghubungkan titik-titik yang berderajat ganjil sehingga semua titik berderajat genap. Langkah berikutnya, adalah menentukan *tour*.

c. Graf Hamiltonian

Graf Hamiltonian merupakan graf yang memiliki sirkuit Hamiltonian dan merupakan langkah terakhir dari algoritma Christofides. Setelah membentuk sirkuit *Euler*, dilakukan penghapusan beberapa sisi yang menempel pada titik yang berderajat lebih dari dua dengan membuat sirkuit Hamiltonian.

Dengan konsep-konsep di atas, adapun langkah-langkah penyelesaian Algoritma Christofides sebagai berikut :

1. Bangun MST yang menghubungkan tiap n titik dari graf menggunakan algoritma Kruskal.
2. Tentukan titik-titik yang berderajat ganjil dalam MST.
3. Hubungkan titik-titik yang berderajat ganjil sehingga setiap titik berderajat genap (membentuk *Eulerian tour*).
4. Perbaiki *tour* menjadi *tour Travelling Salesman Problem* dengan menjadikan semua titik berderajat dua (menghapus sisi-sisi yang berderajat lebih dari dua).
5. Implementasikan *tour* yang sudah didapat ke dalam peta persebaran LBSM.
6. Jika terdapat perpotongan garis pada *tour*, maka lakukan perbaikan pada *tour* sampai tidak ada lagi perpotongan garis.

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

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data aset LBSM yang tersebar di Provinsi Lampung. Adapun teknik dalam pengumpulan data-data yang diperlukan yaitu :

1. Mencari lokasi LBSM pada APKEPO PLN

APKEPO merupakan aplikasi penyimpanan data aset yang dimiliki PLN untuk mempermudah Administrasi, maupun pengecekan terkait aset yang ada. Pada APKEPO PLN terdapat folder aset yang berisikan aset-aset yang dimiliki PLN yang tersebar di seluruh Provinsi Lampung.

2. Pengamatan menggunakan *google maps*

Dalam menentukan waktu tempuh antar satu LBSM ke LBSM lainnya, maka digunakan *Google Maps*.

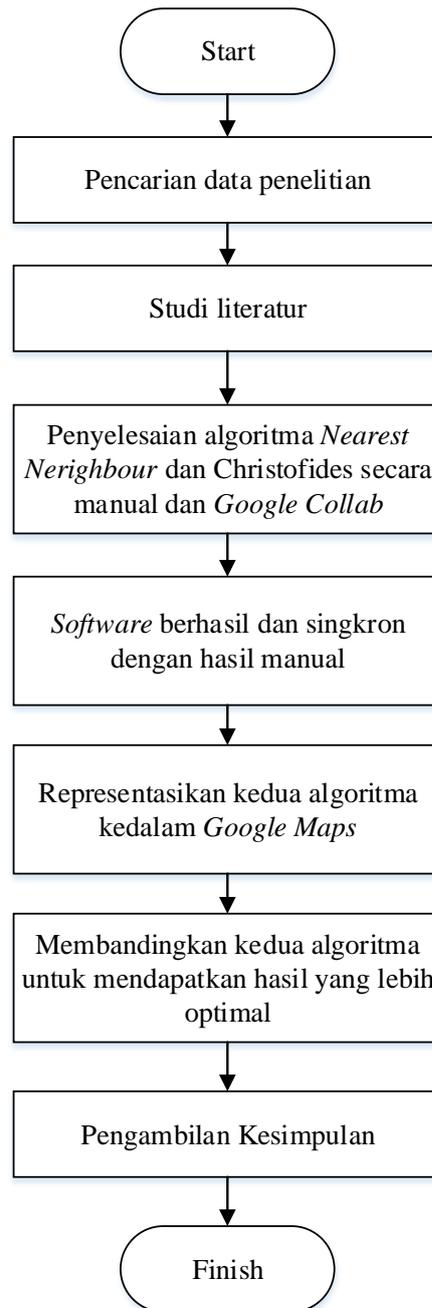
Studi kasus yang diambil pada penelitian kali ini yaitu pada LBSM yang termasuk dalam UP3 Tanjung Karang, ULP Karang, Gardu Induk Teluk Betung, dengan jumlah LBSM sebanyak 23 titik lokasi dan UP2D Lampung, sehingga terdapat 24 titik yang diuji.

3.3 Studi Literatur

Penelitian dilakukan dengan menggunakan studi literatur secara sistematis yang diperoleh dari buku, jurnal, serta media yang dapat memberikan informasi dan mendukung penelitian ini. Selain itu, kegiatan ini dilakukan dengan mengumpulkan data berupa bahan pustaka yang mencakup tentang permasalahan algoritma *Nearest Neighbour*, algoritma Christofides, dan objek penelitian berupa *Travelling Salesman Problem*. Data waktu kemudian diselesaikan dengan menggunakan bantuan *software Google Colab* dan perhitungan secara manual.

3.4 Prosedur Penelitian

Dalam menyelesaikan permasalahan dan tujuan dari penelitian ini melibatkan beberapa tahap, dengan langkah-langkah diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Tahapan Penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, Algoritma *Nearest Neighbour* (134) memiliki waktu tempuh yang lebih kecil dibandingkan Algoritma Christofides (136) ketika diselesaikan secara manual. Kedua solusi ini menunjukkan adanya perpotongan garis pada *tour* saat diimplementasikan dalam peta. Setelah perbaikan *tour* pada garis yang berpotongan, kedua algoritma memberikan total waktu tempuh yang sama sebesar 134 menit, begitupun dengan bantuan *software Google Colab*. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa berdasarkan hasil perbandingan kedua algoritma dalam penyelesaian TSP pada penentuan *tour* pemasangan rambu keamanan PLN, Algoritma *Nearest Neighbour* lebih baik dalam segi waktu penyelesaian maupun hasil yang didapat dibandingkan Algoritma Christofides.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan Algoritma yang berbeda dan mampu mengembangkannya menjadi lebih baik dalam penyelesaian masalah TSP maupun penentuan *tour* lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, A. R., Ikhsan, M., & Wibisono, L. (2021). *Algoritma Yang Efisien Untuk Permasalahan TSP*. (Makalah). Institut Teknologi Bandung. Diakses dari <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/Makalah/MakalahStmik30.pdf>.
- Daniel, F., & Taneo, P. N. (2019). *Teori Graf*. Deepublish. Yogyakarta. 87.
- Fachrudin, H. (2019). *Optimasi Penentuan Rute Perjalanan Sales Pada UD. Aster*. (Tesis). Universitas Islam Majapahit Mojokerto. 35.
- Gohil, A., Tayal, M., Sahu, T., & Sawalpurkar, V. (2022). Travelling Salesman Problem: Parallel Implementations & Analysis. *arXiv preprint arXiv:2205.14352*.
- Hardianto, H. (2015). Penentuan Penurunan Tegangan Berdasarkan Minimum Spanning Tree Pada Jaringan Listrik Distribusi Primer. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 15 (1), 1 – 10.
- Hermanto, K., & Ermayanti, T. D. (2019). Analisa Optimasi Rute Transportasi Antar Jemput Siswa Menggunakan Model CGVRP dan Algoritma Dijkstra di SDIT Darus Sunnah. *UJMC (Unisda Journal of Mathematics and Computer Science)*, 5(2), 19-28.
- Kusrini, K., & Istiyanto, J. E. (2007). Penyelesaian Travelling Salesman Problem dengan Algoritma Cheapest Insertion Heuristics dan Basis Data. *Jurnal Informatika*, 8(2), 109-114.
- Martono, S., & Warnars, H. L. H. S. (2020). Penentuan rute pengiriman barang dengan metode Nearest Neighbor. *PETIR : (Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknik Informatika)*, 13(1).

- Maulani, A. (2023). *Teori Graf*. Unpam Press. Tangerang Selatan. 375.
- Mehta, H., Kanani, P., & Lande, P. (2019). Google maps. *International Journal of Computer Applications*, 178(8), 41-46.
- Munir, R. (2016). *Matematika Diskrit (Revisi Keenam)*. Informatika Bandung. Bandung. 546.
- Rumetna, M. S., Lina, T. N., Santoso, A. B., Komansilan, R., & Karay, J. (2023). Implementasi Algoritma Depth First Search Dalam Penyelesaian Permasalahan Lintasan dan Sirkuit Euler. *Jurnal Komtika (Komputasi dan Informatika)*, 7(1), 12-21.
- Sayli, A., & Alkhalissi, J. H. S. (2018). Negligence Minimum Spanning Tree Algorithm. *European Journal of Science and Technology*, (14), 70-76.
- Sukadana, I. W., & Suartika, I. N. (2019). Optimalisasi LBS Motorized Key Point Pada Jaringan Distribusi 20 KV untuk Meningkatkan Keandalan Sistem. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 5(1.1), 141-149.
- Wamiliana. (2022). *Minimum Spanning Tree dan Desain Jaringan*. Pusaka Media. Bandar Lampung. 127.
- Wattimena, A. Z., & Lawalatta, S. (2013). Aplikasi Algoritma Kruskal dalam Pengotimalan Panjang Pipa. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 7(2), 13-18.
- Wulandari, C. B. K. (2020). Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Metode Nearest Neighbors dan Metode Branch and Bound untuk Meminimumkan Biaya Distribusi di PT. X. *Jurnal Optimasi Teknik Industri (JOTI)*, 2(1), 7-12.
- Yulianto, E., & Setiawan, A. (2018). Optimasi Rute Sales Coverage Menggunakan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic Dan Layanan synta API. *INTERNAL (Information System Journal)*, 1(1), 39-54.