

Optimasi Jaringan Distribusi Listrik dengan Pohon Rentang Minimum Menggunakan Bahasa Pemrograman *Python*

Ali Mulki*, Didi Suhaedi, Yurika Permanasari

Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*alii.mlki31@gmail.com, dsuhaedi@unisba.ac.id, yurikakoe@gmail.com

Abstract. Minimum spanning tree is one of the concepts in graph theory, which one of the applications is in determining the electricity distribution network at PT PLN Karawang City, especially in the Wadas Village. The concept of electricity distribution can be applied into a graph form, where the substations and power poles that attached can be symbolized as point or vertex and the cable that connecting power poles or another substation as a side or edge. In this electricity distribution problem, there are 83 points and 109 sides with total length of the cable or the weight of 9.483 meters, a method is needed so that electricity distribution network can be obtained efficiently so that it can minimize the using of power cables. Therefore, the electric distribution network that has minimum total weight must be searching. This searching use Prim's Algorithm with *Python* programming language help. The results obtained from the search of the electricity distribution network using *Python* help is minimum spanning tree from electricity distribution network that have 83 points and 82 sides, with minimum total weight are 4.148 meters. The total weight that obtain is smaller than before applying minimum spanning tree on electricity distribution network so it can save the using of cables 1.048 meters long or 20,47% from total cable's weight before which is 5.196 meters.

Keywords: *Minimum Spanning Tree, Electricity Distribution Network, Prim's Algorithm, Python.*

Abstrak. Pohon rentang minimum merupakan salah satu konsep pada teori graf, yang salah satu aplikasinya adalah dalam menentukan jaringan distribusi listrik pada PT. PLN Kota Karawang khususnya di desa Wadas. Konsep pendistribusian listrik ini dapat diaplikasikan ke dalam bentuk graf, dimana gardu serta tiang yang terpasang dapat disimbolkan sebagai titik atau *vertex* dan kabel yang menghubungkan antara tiang ataupun gardu lainnya sebagai sisi atau *edge*. Dalam masalah pendistribusian listrik ini terdapat 83 titik dan 109 sisi dengan total panjang kabel atau bobot sebanyak 9.483 meter, diperlukan suatu cara agar jaringan distribusi listrik dapat diperoleh seefisien mungkin sehingga dapat meminimumkan penggunaan kabel listrik. Oleh karena itu, akan dicari jalur distribusi listrik yang memiliki total bobot minimum. Pencarian ini menggunakan Algoritma Prim dengan bantuan bahasa pemrograman *Python*. Hasil yang diperoleh dari pencarian jalur distribusi listrik menggunakan bantuan *Python* ini berupa pohon rentang minimum dari jalur distribusi listrik yang memiliki titik sebanyak 83 dan sisi sebanyak 82, dengan total bobot minimum yang diperoleh yaitu 4.148 meter. Total bobot yang diperoleh lebih kecil daripada sebelum diterapkannya pohon rentang minimum pada jalur pendistribusian listrik sehingga mampu menghemat penggunaan kabel sepanjang 1.048 meter atau 20,47% dari total panjang kabel sebelumnya yaitu 5.196 meter.

Kata Kunci: *Pohon Rentang Minimum, Jaringan Distribusi Listrik, Algoritma Prim, Python.*

A. Pendahuluan

PT. Perusahaan Listrik Negara Kota Karawang atau PLN (Persero) adalah sebuah BUMN yang mengelola semua aspek kelistrikan yang ada di seluruh Indonesia. Salah satu tugas yang dilakukan oleh PLN adalah pendistribusian listrik, yaitu bagaimana sumber listrik bisa tersalurkan secara merata kepada konsumen baik rumah tangga, industri, maupun pengguna listrik lainnya. Konsep pendistribusian listrik ini dapat diaplikasikan kedalam bentuk graf dengan merepresentasikan gardu serta tiang yang terpasang sebagai titik atau *vertex*, dan kabel yang menghubungkan antara gardu ataupun tiang lainnya sebagai sisi atau *edge*. Kemudian panjang dari kabel dapat didefinisikan sebagai bobot sehingga bisa direpresentasikan ke dalam teori graf khususnya tentang pohon [1].

Dalam masalah pendistribusian listrik, diperlukan suatu cara agar perusahaan dapat meminimumkan penggunaan kabel dalam pendistribusian listrik. Penggunaan metode pohon rentang minimum mampu memecahkan permasalahan penyaluran distribusi listrik dengan menggunakan algoritma Prim. Penentuan jalur distribusi listrik tentunya relatif tidak mudah. Dengan banyaknya data yang diketahui maka akan semakin sulit menentukan jalur terpendek dari jaringan distribusi listrik tersebut apabila dikerjakan secara manual. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu program untuk membantu pencarian jalur terpendek dari jaringan distribusi listrik tersebut. Salah satu program yang digunakan untuk mengatasi permasalahan jaringan distribusi listrik ini adalah dengan menggunakan bantuan bahasa pemrograman *Python*. Dengan membuat program dari *minimum spanning tree* pada *Python*, akan diperoleh jalur terpendek untuk pendistribusian listrik yang memiliki banyak data, namun waktu eksekusi yang diperlukan cukup singkat serta relatif mudah.

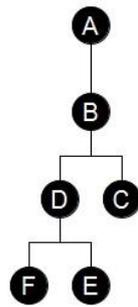
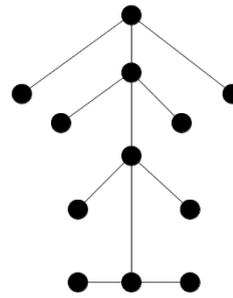
Berdasarkan uraian diatas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah, “Bagaimana menentukan total bobot optimal jaringan distribusi listrik dengan pohon rentang minimum menggunakan Bahasa pemrograman *Python* pada PT. PLN Kota Karawang di Desa Wadas?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini yaitu menentukan total bobot minimum jaringan distribusi listrik dengan pohon rentang minimum menggunakan Bahasa pemrograman *Python* pada PT. PLN Kota Karawang di Desa Wadas.

B. Metodologi Penelitian

Pohon (*Tree*)

Pohon merupakan graf yang mempunyai n buah titik, $n-1$ sisi, serta tidak memiliki sirkuit (*cycle free*) dan merupakan graf terhubung. Suatu titik dari pohon yang memiliki derajat 1 dinamakan daun atau *leaf* atau titik terminal (*terminal vertex*), sedangkan titik yang derajatnya lebih dari 1 disebut dengan cabang (*branch vertex*) atau disebut juga titik internal (*internal vertex*) [2].

Adapun kumpulan beberapa pohon disebut juga dengan hutan. Terdapat kesamaan serta perbedaan antara pohon dan juga hutan. Kesamaan antara pohon dengan hutan yaitu sama-sama merupakan graf asiklik atau graf yang tidak memiliki sirkuit (*cycle*). Pohon dan hutan memiliki perbedaan yaitu, pohon merupakan graf terhubung sedangkan hutan merupakan graf yang boleh terhubung maupun tidak. Dengan kata lain, semua pohon adalah hutan, tetapi tidak semua hutan merupakan pohon.

Gambar 1. Contoh Pohon (*Tree*)

Gambar 2. Contoh Hutan

Pohon Rentang Minimum

Pohon rentang minimum dari suatu graf G yang berbobot adalah pohon Rentang dari G yang memiliki jumlah bobot yang minimal [3]. Dengan kata lain, pohon rentang minimum adalah sebuah bentuk pohon (*tree*) pada graf yang memiliki dua sifat yaitu:

1. Rentang pada graf, atau semua *vertex* nya dalam graf terhubung.
2. Minimal, artinya memiliki jumlah bobot dari semua *edges* yang sekecil mungkin.

Misalkan terdapat suatu graf yang sangat kompleks, akan dicari beberapa alternatif untuk melakukan kunjungan-kunjungan (*visiting*) dari suatu simpul ke simpul lainnya, tentu dapat segera dicari tahu alternatif yang terbaik untuk melakukannya [4]. Maka alternatif yang cukup baik yaitu dengan cara mencari jarak yang terdekat atau yang memiliki total bobot paling minimum antar simpul tersebut.

Algoritma Prim

Algoritma prim ini dimulai dari simpul yang berubah-ubah di setiap tingkatnya, diperbolehkan menambah cabang baru untuk membuat susunan pohon baru. Misalkan T merupakan pohon rentang yang sisi-sisinya diambil dari graf G . Algoritma Prim membentuk pohon rentang minimum (*minimum spanning tree*) langkah demi langkah. Pada setiap langkah diambil sisi e dari graf G yang mempunyai bobot minimum dan bersisian dengan simpul-simpul di dalam T , tetapi e tidak membentuk sirkuit di dalam T [5].

Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi merupakan saluran atau jaringan yang menghubungkan dari sumber daya listrik besar atau gardu induk dengan para konsumen atau pemakai listrik baik itu pabrik, industri, ataupun rumah tangga. Jaringan distribusi listrik terbagi menjadi dua sistem yaitu sistem tegangan menengah dan tegangan rendah.

Sistem tegangan menengah merupakan jaringan tenaga listrik yang menyalurkan daya listrik dari gardu induk sub transmisi menuju ke gardu distribusi. Standar tegangan menengah sebagai tegangan operasi yang digunakan di Indonesia adalah 20 kV [6]. Ciri khas pada jaringan ini yaitu penggunaan penghantar telanjang yang ditopang dengan isolator pada tiang besi atau beton. Tiang-tiang inilah yang dapat direpresentasikan sebagai titik atau *vertex* pada graf.

Bahasa Pemrograman Python

Bahasa pemrograman *Python* diciptakan oleh Guido van Rossum pertama kali di *Scitcthting Mathematisch Centrum* (CW1) di Belanda pada awal tahun 1990-an. Bahasa *Python* terinspirasi dari bahasa pemrograman ABC. Sampai sekarang, Guido masih menjadi penulis utama dari *Python*, meskipun sifatnya *open source* sehingga banyak orang juga berkontribusi dalam mengembangkannya. Pada tahun 1995, Guido melanjutkan pembuatan *Python* di *Corporation for National Research Initiative* (CNRI) di Virginia Amerika, tempat Guido merilis beberapa versi dari bahasa pemrograman *Python* [7]. *Python* merupakan bahasa pemrograman interpretatif multiguna. Tidak seperti bahasa lain yang relatif susah untuk dibaca dan dipahami, *Python* lebih menekankan pada keterbacaan kode agar lebih mudah untuk memahami sintaks.

Hal ini membuat *Python* relatif mudah untuk dipelajari baik pemula maupun yang sudah menguasai bahasa pemrograman lain sekalipun [8].

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Data yang akan digunakan dalam simulasi penentuan jaringan distribusi listrik dengan pohon rentang minimum menggunakan *Python* pada PLN Kota Karawang berupa:

1. Data jaringan distribusi listrik sistem udara tegangan menengah (SUTM) PT. PLN Kota Karawang.
2. Data Panjang Kabel jaringan distribusi listrik sistem udara tegangan menengah (SUTM) PT. PLN Kota Karawang.

Berikut data yang digunakan dalam penentuan jaringan distribusi listrik PT. PLN Kota Karawang di Desa Wadas.

Tabel 1. Panjang Kabel Jaringan Distribusi Listrik

Titik yang terkait	Bobot (meter)
T1-T2	32
T1-T8	71
T1-T54	34
T2-T5	64
T2-T3	17
T3-T4	28
T3-T7	111
T4-T7	115
T5-T6	44
T5-T7	53
⋮	⋮
T82-T83	47

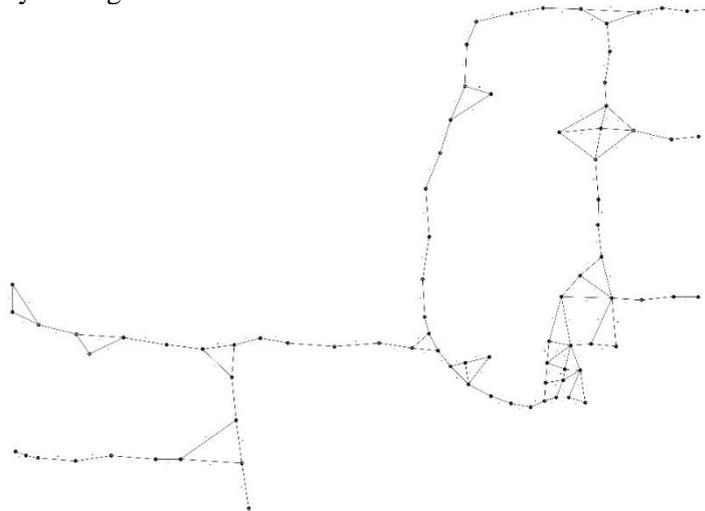
Sebelum melakukan pencarian pohon rentang minimum. Bagan alir program merupakan bagan yang menjelaskan secara rinci langkah-langkah dari proses suatu program [9]. Fungsi dari bagan alir program untuk membantu menggambarkan urutan penyelesaian masalah dengan sederhana, rapi, dan jelas. Adapun alur dalam penentuan jaringan distribusi listrik terpendek PLN Kota Karawang di wilayah Desa Wadas:

1. *Input* data-data yang diperoleh yaitu banyaknya titik (gardu dan tiang) serta bobot dari sisi-sisi (panjang kabel) yang menghubungkan titik-titik tersebut.
2. Inisiasi tiang atau gardu sebagai titik awal.
3. Membuat matriks *adjacency* atau matriks ketetanggaan dari gardu dan tiang berdasarkan titik awal yang ada.
4. Meng*Inputkan* data matriks ketetanggaan kedalam menu *script Python*.
5. Menjalankan program pencarian pohon rentang minimum dengan bantuan bahasa pemrograman *Python* menggunakan bantuan *module* yang sudah disediakan oleh *Python*.
6. Menghitung total bobot minimum yang diperoleh dari pencarian pohon rentang minimum tersebut.



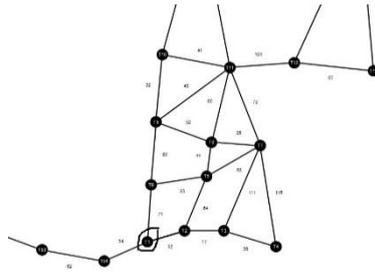
Gambar 3. Flowchart Optimasi Jaringan Distribusi Listrik PLN

Pembuatan graf dapat dilakukan setelah adanya *flowchart*. Graf diperoleh berdasarkan data panjang kabel dari jaringan distribusi listrik. Diperoleh gambar graf yang akan dicari pohon rentang minimumnya sebagai berikut.



Gambar 4. Jaringan Distribusi Listrik

Berdasarkan gambar jaringan tersebut, graf yang terbentuk yaitu graf siklus dan diketahui bahwa terdapat 83 titik dan 109 sisi yang menghubungkan setiap titiknya dengan bobot yang berbeda-beda. Setelah membuat graf pada peta jaringan distribusi listrik, diasumsikan tiang 1 sebagai titik awal dalam membuat matriks *adjacency* atau matriks ketetanggaan dari graf jaringan listrik tersebut dalam mencari pohon rentang minimum graf tersebut.



Gambar 5. Tiang 1 pada Jaringan Distribusi Listrik PLN

Matriks *adjacency* atau matriks ketetanggaan adalah salah satu matriks yang diperoleh dengan cara merepresentasikan suatu graf dengan melihat hubungan antar *vertices* yang ada pada suatu graf tersebut. Dalam penelitian ini akan dibuat matriks ketetanggaan dengan acuan dari graf jaringan distribusi listrik yang sudah diperoleh dengan tiang 1 atau T1 sebagai titik awal. Suatu *vertices* yang bertetanggaan dengan *vertices* lain akan diisi sesuai dengan bobot yang dimiliki yaitu panjang kabel listrik. Berdasarkan keterangan tersebut, diperoleh matriks ketetanggaan sebagai berikut:

Tabel 2. Matriks Ketetanggaan Jaringan Distribusi Listrik

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	...	T83
T1	0	32	0	0	0	0	...	0
T2	32	0	17	0	64	0	...	0
T3	0	17	0	28	0	0	...	0
T4	0	0	28	0	0	0	...	0
T5	0	64	0	0	0	44	...	0
T6	0	0	0	0	44	0	...	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	0
T83	0	0	0	0	0	0	⋮	0

Proses pencarian pohon rentang minimum menggunakan bantuan Bahasa pemrograman *Python* dilakukan langkah demi langkah seperti berikut:

1. Mengimport module *numpy array* yang sudah diinstall ke dalam *Python*. Module *numpy array* pada Gambar 3.3 adalah salah satu *library* yang sudah disediakan oleh *Python* untuk mempermudah penggunaan *array* dalam program [9]. Untuk menyederhanakan program, module *numpy* dapat diberi nama alias dengan menggunakan keyword *as*.


```

import sys

class Graph(object):
    def __init__(self, titik):
        self.titik = titik
        self.graph = [[0 for column in range(titik)]
                      for row in range(titik)]

```

Gambar 8. Bagian *script* Pohon Rentang Minimum pada *Python*

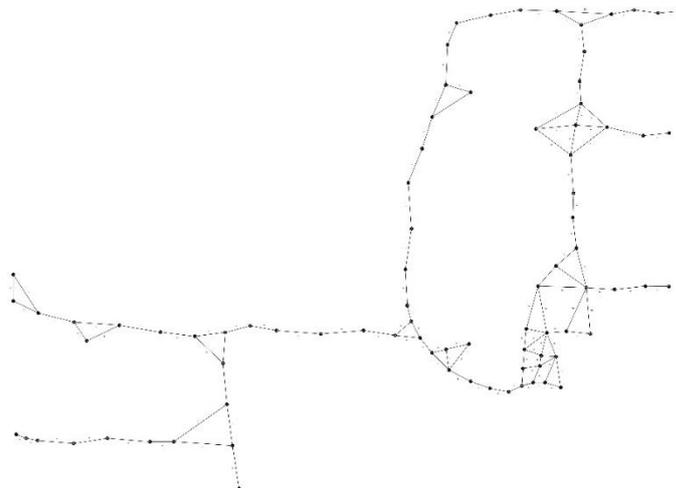
- Langkah awal dalam pencarian pohon rentang minimum menggunakan *Python* yaitu dengan mendefinisikan *verteks* serta meng-*Input* banyaknya *vertex* yang diketahui dengan perintah seperti pada Gambar 8. *Vertex* tersebut merupakan representasi dari tiang atau gardu listrik. Langkah berikutnya dibuat matriks ketetangaan dari *vertex-vertex* yang sudah di-*Inputkan*. Matriks ketetangaan yang terbentuk akan memiliki ukuran $n \times n$ (n merupakan banyaknya *vertex*). Matriks ketetangaan yang sudah didefinisikan kemudian diproses dengan *Python* sehingga output yang diperoleh adalah titik-titik yang terhubung beserta dengan bobot dari setiap titik yang terhubung.

Tabel 3. Panjang kabel antar tiang pada pohon rentang minimum

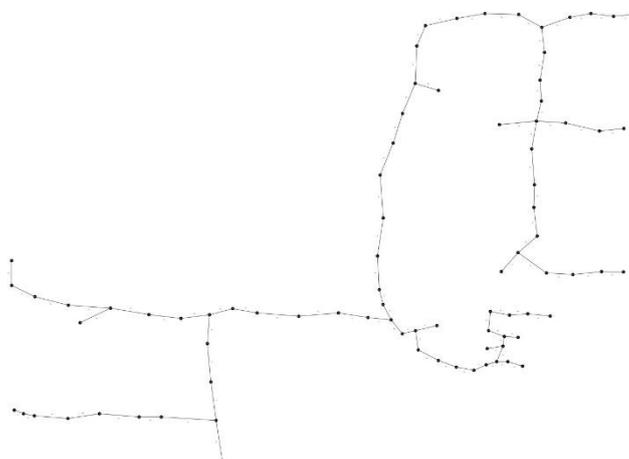
Titik yang terhubung	Jarak (meter)
T1-T2	32
T2-T3	17
T2-T5	64
T4-T3	28
T5-T6	44
T7-T6	26
T8-T5	33
T9-T6	52
T10-T9	32
T11-T10	41
:	:
T82-T83	47

Titik yang terhubung tidak akan membentuk suatu siklus karena sudah berbentuk graf merentang.

Berdasarkan hasil pencarian menggunakan Bahasa pemrograman *Python*, pohon rentang minimum jaringan listrik PLN di Desa Wadas yang diperoleh memiliki titik atau *vertex* yang sama yaitu 83. Sementara banyaknya edge berkurang menjadi 82 dikarenakan tidak adanya siklus pada graf.



Gambar 9. Jaringan Distribusi Listrik sebelum Pohon Rentang Minimum



Gambar 10. Jaringan Distribusi Listrik setelah Pohon Rentang Minimum

Total panjang kabel minimum yang diperoleh dari pohon rentang minimum yaitu 4.148 m. Total kabel yang diketahui dari jaringan distribusi listrik PLN di Desa Wadas adalah 5216 m. Maka selisih kabel yang diperoleh adalah sepanjang 1.068 meter. Perusahaan dapat mengoptimalkan kabel sebanyak 20,47% dari total panjang kabel yang sudah terpasang.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan yaitu pada jaringan distribusi listrik PT. PLN Kota Karawang di desa Wadas dengan asumsi satu tiang dapat menampung delapan rumah, memiliki 83 titik dan 109. Setelah dicari pohon rentang minimum dari jaringan tersebut menggunakan Algoritma Prim dengan bantuan bahasa pemrograman *Python*, diperoleh titik sebanyak 83 dan sisi sebanyak 82 dengan total panjang kabel minimum yang diperoleh sepanjang 4.148 meter. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat efisiensi kabel sebanyak 20,47% dari total panjang kabel yang sudah terpasang yaitu 5.216 meter.

Acknowledge

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu peneliti ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Abdul Kudus, S.Si., M.Si., Ph.D selaku dekan fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

2. Bapak Didi Suhaedi, M.Si., selaku Ketua Program Studi Matematika dan dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian artikel ini
3. Ibu Yurika Permanasari, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] R. Swaditya, "Penerapan Teori Graf Untuk Menyelesaikan Minimum Spanning Tree (MST) Menggunakan Algoritma Kruskal," *AKSIOMA (Jurnal Pendidikan Matematika Vol I, no 2*, pp. 142-152, 2012.
- [2] A. D. Putri dan Narwen, "Bilangan Kromatik Lokasi Untuk Graf Pohon n-ARY Lengkap," *Jurnal Matematika UNAND*, pp. 90-96, 2017.
- [3] U. Latifah, "Laporan Skripsi Penerapan Algoritma Prim dan Kruskal Pada Jaringan Distribusi Air PDAM Tirta Moedal Cabang Semarang," Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2014.
- [4] R. Fachry, I. Mukhlash dan Soetrisno, "Penentuan Pola Jaringan Pergerakan Logistik yang Optimal pada Transportasi Laut Menggunakan Minimum Spanning Tree Berbasis Algoritma Genetika," *Jurnal Sains dan Seni Vol 4, No. 2*, pp. 89-94, 2015.
- [5] D. W. Nugraha, "Aplikasi Algoritma Prim Untuk Menentukan Spanning Tree Suatu Graf Berbobot dengan Menggunakan Pemograman Berorientasi Objek," *Jurnal Ilmiah Foristek Vol 1 No. 2*, pp. 70-79, 2011.
- [6] I. H. Amin, "Visualisasi Pohon Rentang Minimum Menggunakan Algoritma Kruskal dan Prim," *Jurnal Ilmiah Dinamika Teknik DINAMIKA TEKNIK Vol 8 No. 8*, pp. 44-53, 2014.
- [7] A. Salim, A. R. Sultan dan A. Akmal, "Analisis Perbandingan Sistem Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) dan Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM)," *Jurnal Teknologi Elekrika Vol 13, No 2*, pp. 195-212, 2016.
- [8] A. Anshari, "Laporan Skripsi Rancang Bangun Interpreter Bahasa Isyarat Indonesia Menggunakan Leap Motion dan Algoritma Naive Bayes Dengan Bahasa Pemograman Python", Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, 2019.
- [9] J. Enterprise, *Python untuk Programmer Pemula*, Yogyakarta: PT Elex Media Komputindo, 2021.
- [10] I. M. Sukarsa, "Aplikasi Konversi Flowchart ke Kode Program Pemograman PL/SQL MYSQL," *Teknologi Elektro*, vol. VIII, no. 02, pp. 44-53, 2009.
- [11] Fargiana Farid Risqullah, Harahap Erwin, (2021). *Implementasi Algoritma Cheapest Insertion Heuristic dalam Menentukan Rute Pengiriman Barang*. Jurnal Riset Matematika, 1(2), 129-136.