

Pengoptimalan Pendistribusian Jaringan Listrik Menggunakan Kruskal Algorithm

Andrini Julistia^{1*}, Bunga Mardhotillah²

^{1,2} Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan konfigurasi jaringan distribusi listrik pada PT PLN (Persero) Unit Induk Wilayah Sumatera Selatan, Jambi, dan Bengkulu (UIW S2JB) melalui Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Muara Bungo, khususnya di Unit Layanan Pelanggan (ULP) Muara Tebo yang mencakup kawasan Perumahan Pallima City Residence. Area tersebut mengalami ketidakseimbangan distribusi serta redundansi jalur yang menyebabkan inefisiensi penggunaan kabel dan peningkatan biaya instalasi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini menerapkan Algoritma Kruskal guna membentuk *Minimum Spanning Tree* (MST) yang mampu menentukan jalur distribusi paling efisien tanpa membentuk siklus. Data yang dianalisis meliputi titik-titik gardu (node), sambungan jaringan (edge), serta bobot berupa panjang kabel dalam meter. Melalui proses komputasi dan simulasi, hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang total kabel dapat dikurangi dari 4.350 meter menjadi 3.877 meter, menghasilkan efisiensi sepanjang 473 meter. Selain itu, terdapat pengurangan jumlah sisi dari 82 menjadi 75, yang berarti eliminasi tujuh sambungan yang tidak efisien. Temuan ini membuktikan bahwa penerapan Algoritma Kruskal efektif dalam merancang ulang jaringan distribusi listrik yang lebih hemat, baik dari sisi penggunaan material maupun biaya operasional. Dengan demikian, metode ini dapat dijadikan referensi dalam perencanaan jaringan distribusi lainnya untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem kelistrikan.

ABSTRACT

This study aims to optimize the configuration of the electricity distribution network at PT PLN (Persero) South Sumatra, Jambi and Bengkulu (UIW S2JB) through the Muara Bungo Customer Service Implementation Unit (UP3), especially in the Muara Tebo Customer Service Unit (ULP) which includes the Pallima City Residence Housing area. The area experiences distribution imbalance and line redundancy which causes inefficiency in cable usage and increased installation costs. To overcome these problems, this research applies the Kruskal Algorithm to form a *Minimum Spanning Tree* (MST) that is able to determine the most efficient distribution path without forming a cycle. The data analyzed includes substation points (nodes), network connections (edges), and weights in the form of cable lengths in meters. Through computation and simulation, the results showed that the total cable length could be reduced from 4,350 meters to 3,877 meters, resulting in 473 meters of efficiency. In addition, there was a reduction in the number of edges from 82 to 75, which meant the elimination of seven inefficient connections. These findings prove that the application of the Kruskal Algorithm is effective in redesigning a more efficient electricity distribution network, both in terms of material usage and operational costs. Thus, this method can be used as a reference in planning other distribution networks to improve the efficiency and reliability of the electricity system.

Kata Kunci: Algoritma Kruskal, Jaringan Distribusi Listrik, Optimisasi, Pohon Rentang Minimum
Email: * andrinijulistia99@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.30829/jistech.v10i1.24730>

Diterima 29 Maret 2025; Direvisi 22 Juni 2025; Disetujui 24 Juni 2025



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Pendahuluan

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok dalam kehidupan modern. Hampir seluruh aktivitas masyarakat, baik di sektor rumah tangga, industri, maupun layanan publik, bergantung pada listrik sebagai sumber energi utama. Listrik dihasilkan dari perpindahan elektron akibat adanya perbedaan potensial, dan penggunaannya perlu dikelola secara efisien mengingat keterbatasan sumber daya serta meningkatnya permintaan dari waktu ke waktu [1][2]. Untuk memastikan ketersediaan listrik yang stabil dan merata, diperlukan sistem jaringan distribusi yang efektif, efisien, dan andal. Jaringan distribusi listrik berfungsi mengalirkan energi dari pembangkit atau

sumber tegangan tinggi ke konsumen akhir. Dalam praktiknya, sistem distribusi ini harus dirancang secara cermat untuk meminimalkan kehilangan daya, menekan biaya instalasi, serta menjaga keandalan pasokan listrik [3]. Ketidakteraturan dalam perencanaan distribusi dapat menyebabkan pemborosan material, distribusi yang tidak merata, serta tingginya biaya operasional.

Salah satu tantangan yang dihadapi oleh PT PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo adalah mengelola jaringan distribusi listrik, khususnya di kawasan padat penduduk seperti Perumahan Pallima City Residence. Berdasarkan pengamatan lapangan, ditemukan adanya jalur distribusi yang redundan serta struktur jaringan yang tidak efisien. Hal ini berdampak pada pemborosan kabel dan peningkatan biaya operasional yang tidak perlu. Kondisi ini menunjukkan pentingnya penerapan strategi perencanaan distribusi yang lebih sistematis dan matematis guna merancang jalur distribusi yang lebih efisien, salah satunya dengan penerapan teori graf dan algoritma optimasi [4][5].

Pendekatan yang relevan adalah penerapan teori graf, khususnya konsep *Minimum Spanning Tree* (MST), yaitu subgraf berbentuk pohon yang menghubungkan seluruh simpul (node) dalam jaringan dengan total bobot sisi terkecil [6]. Penerapan MST memungkinkan pemilihan jalur distribusi yang paling efisien, baik dari sisi panjang kabel maupun biaya [7]. Dalam konteks jaringan distribusi listrik, simpul dapat diartikan sebagai titik distribusi atau trafo, sedangkan sisi mewakili jalur kabel yang menghubungkan simpul-simpul tersebut, dengan bobot berupa panjang atau biaya instalasi.

Untuk memahami pendekatan graf dalam sistem distribusi listrik, penting untuk terlebih dahulu memahami klasifikasi dan istilah dasar dalam teori graf. Dalam teori graf dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa aspek. Berdasarkan ada tidaknya sisi ganda atau gelang (loop), graf dibagi menjadi dua jenis, yaitu graf sederhana dan graf tak sederhana. Graf sederhana tidak memiliki sisi ganda maupun loop, sedangkan graf tak sederhana terdiri dari multigraf (mengandung sisi ganda) dan graf semu (mengandung sisi ganda dan loop). Berdasarkan jumlah simpul, graf digolongkan menjadi graf berhingga dan tak berhingga. Dari sisi arah, terdapat graf berarah (directed graph) dan graf tak berarah (undirected graph). Dalam graf berarah, sisi memiliki arah tertentu dari simpul asal ke simpul tujuan. Sebaliknya, dalam graf tak berarah, urutan simpul tidak memengaruhi relasi antar simpul [8].

Selain klasifikasi, terdapat pula istilah penting dalam analisis graf. Dua simpul disebut bertetangga jika dihubungkan langsung oleh sisi, dan sisi disebut bersisian jika memiliki irisan dengan simpul tertentu. Istilah lain seperti loop (sisi yang berawal dan berakhir di simpul yang sama), simpul terisolasi (tidak memiliki sisi yang bersisian), dan graf kosong (tidak memiliki sisi) juga relevan dalam analisis graf. Selain itu, derajat simpul (jumlah sisi yang bersisian), lintasan (path), dan siklus (cycle) merupakan komponen utama dalam struktur graf. Graf dikatakan terhubung apabila terdapat lintasan yang menghubungkan setiap pasangan simpul. Sementara itu, graf berbobot (weighted graph) adalah graf yang setiap sisinya memiliki nilai bobot tertentu, seperti panjang kabel atau biaya, yang sangat sesuai untuk pemodelan sistem distribusi listrik [8][9].

Berbagai algoritma telah dikembangkan untuk membentuk MST, di antaranya Algoritma Kruskal, Prim, Boruvka, dan Reverse-Delete [10]. Dalam penelitian ini, Algoritma Kruskal merupakan salah satu metode yang efektif dalam membentuk jalur distribusi yang efisien. Algoritma ini bekerja dengan memilih sisi-sisi berbiaya terendah secara bertahap tanpa membentuk siklus, hingga seluruh simpul terhubung [11]. Dalam konteks jaringan distribusi listrik, penggunaan Algoritma Kruskal membantu merancang ulang jalur distribusi agar lebih optimal, menghindari jalur berulang, dan mengurangi kebutuhan kabel secara signifikan.

Melalui penerapan algoritma Kruskal, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan jalur distribusi listrik yang ada melalui pendekatan graf berbobot dan algoritma MST, serta menganalisis efektivitas hasil optimasi dalam mengurangi penggunaan kabel di Perumahan Pallima City. Data yang dianalisis meliputi titik-titik gardu (node), sambungan jaringan (edge), serta panjang kabel (bobot) dalam meter. Menggunakan metode ini, diharapkan dapat diperoleh jalur distribusi listrik yang efisien sehingga kebutuhan listrik masyarakat dapat terpenuhi dengan baik tanpa membebani perusahaan dengan biaya yang tinggi.

Metodologi Penelitian

Suatu Graf $G(V, E)$ adalah suatu struktur (V, E) dengan himpunan $V(G) = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$ adalah himpunan tak kosong dengan anggota anggotanya disebut titik (node) atau *vertex*, sedangkan himpunan $E(G) = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$ (yang mungkin kosong) adalah himpunan garis-garis yang menghubungkan titik-titik di himpunan $V(G)$ yang anggotanya disebut sisi (*edge*) [12][13][14]. Notasi lain untuk penulisan garis adalah e_{ij} atau (v_i, v_j) yaitu garis yang menghubungkan titik v_i dan titik v_j . Anggota himpunan $V(G)$ dapat tak berhingga, dan graf yang dibentuknya merupakan graf tak berhingga [13].

Minimum Spanning Tree (MST) adalah pohon merentang yang berbobot minimum di antara semua pohon merentang di G . Pohon merentang minimum dapat diperoleh dari suatu graf berbobot yang dilakukan pemutusan satu atau lebih sirkuit yang berada dalam sebuah graf tersebut menjadi sebuah pohon merentang dan memiliki total bobot yang terkecil [12][15]. *Minimum Spanning Tree* (MST) umumnya digunakan dalam desain network/jaringan [13].

Persoalan pohon rentang minimum ini dapat diselesaikan dengan cara yang sangat mudah sebagai berikut.

1. Pilihlah secara sebarang salah satu titik, kemudian hubungkan titik tersebut dengan titik lain yang terdekat.
2. Tentukan titik lain yang belum dihubungkan, yang jaraknya paling dekat dengan titik yang sudah dihubungkan pada langkah sebelumnya. Kemudian hubungkan titik ini. Ulangi langkah ini hingga seluruh titik terhubung.

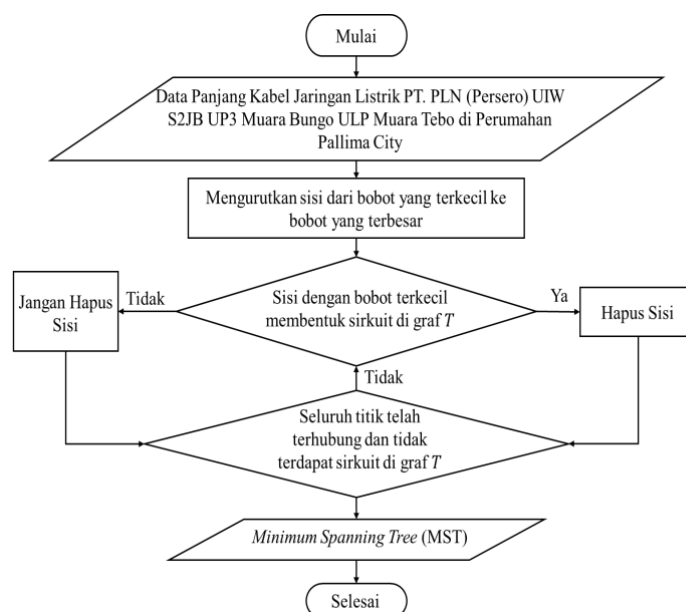
Algoritma Kruskal merupakan salah satu algoritma yang terdapat dalam teori graf untuk menyelesaikan persoalan *Minimum Spanning Tree* (MST). Pada Algoritma Kruskal, garis-garis pada graf diurut terlebih dahulu berdasarkan bobotnya secara *increasing order* (dari kecil ke besar). Garis yang dimasukkan ke dalam himpunan T adalah garis di graf G sedemikian sehingga T adalah pohon [12][13][16].

Penelitian ini menggunakan data sekunder dengan data yang dianalisis mencakup peta dan informasi panjang kabel listrik yang sudah terpasang di Perumahan Pallima City Residence oleh PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo diperoleh dengan menggunakan bantuan *Software* Peta ARCGis.

Adapun langkah-langkah penyelesaian optimasi untuk pengoptimalan pendistribusian jaringan listrik di Perumahan Pallima City Residence adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data jaringan distribusi listrik PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini berupa:
 - a. Titik (*node*), menyatakan lokasi pemasangan jaringan distribusi listrik. (tempat pemasangan kabel listrik PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo di perumahan Pallima City Residence)
 - b. Sisi (*edges*), menyatakan jalur kabel listrik PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo yang terdapat di perumahan Pallima City Residence.
 - c. Bobot (*weight*), menyatakan panjang kabel listrik PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo di perumahan Pallima City Residence.
2. Membuat graf awal dari data jaringan distribusi listrik PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo di perumahan Pallima City Residence.
3. Melakukan pencarian *Minimum Spanning Tree* (MST) pada graf jaringan distribusi listrik PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo di perumahan Pallima City Residence menggunakan Algoritma Kruskal.
4. Menarik kesimpulan berdasarkan hasil pencarian *Minimum Spanning Tree* (MST) pada graf jaringan distribusi listrik PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo di perumahan Pallima City Residence menggunakan Algoritma Kruskal.

Berdasarkan tahapan-tahapan penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya, alur penelitian dapat dirancang dan ditampilkan sebagaimana terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Hasil dan Pembahasan

1. Pengumpulan Data

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan struktur jaringan distribusi listrik yang optimal menggunakan *Minimum Spanning Tree* (MST) dengan pendekatan Algoritma Kruskal. Data yang digunakan bersumber dari peta digital jaringan kabel listrik yang terpasang di Perumahan Pallima City Residence oleh PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo yang diperoleh dengan menggunakan bantuan *Software* Peta ARCGis. Data yang diperoleh meliputi:

- a. Titik (*node*), menyatakan lokasi pemasangan jaringan distribusi listrik. (tempat pemasangan kabel listrik PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo di perumahan Pallima City Residence)
- b. Sisi (*edges*), menyatakan jalur kabel listrik PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo yang terdapat di perumahan Pallima City Residence.

- c. Bobot (*weight*), menyatakan panjang kabel listrik PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo di perumahan Pallima City Residence.

Peta dan jaringan listrik yang terpasang di Perumahan villa ditampilkan pada gambar 2.



Gambar 2. Peta Jaringan Distribusi Listrik PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo
(Sumber: *Software Peta ArcGIS*, 2024)

Berdasarkan gambar 2, dapat dibentuk berupa data bobot panjang jaringan distribusi listrik PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo di perumahan Pallima City Residence sebagai berikut:

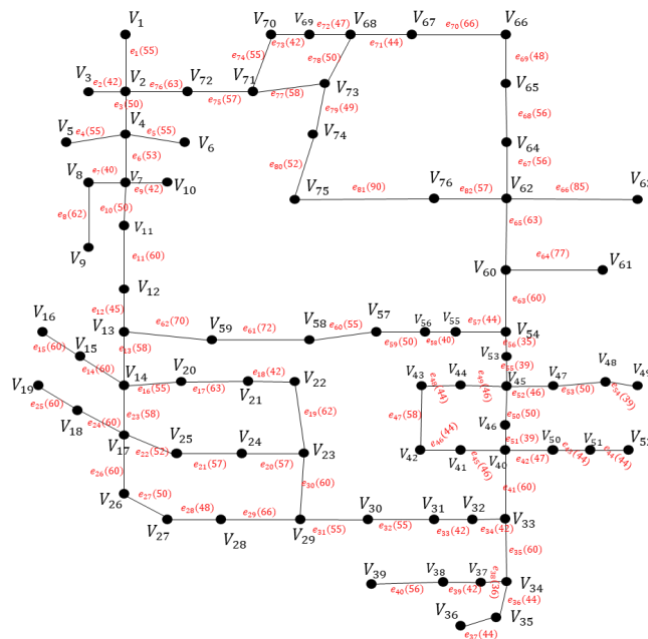
Tabel 1. Data Panjang Kabel Pendistribusian Jaringan Listrik PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo yang telah terpasang di Perumahan Pallima City Residence

No.	Sisi	Titik yang Dihubungkan	Panjang Kabel (Bobot) (Meter)	No.	Sisi	Titik yang Dihubungkan	Panjang Kabel (Bobot) (Meter)
1.	e_1	$V_1 - V_2$	55	14.	e_{14}	$V_{14} - V_{15}$	60
2.	e_2	$V_2 - V_3$	42	15.	e_{15}	$V_{15} - V_{16}$	60
3.	e_3	$V_2 - V_4$	50	16.	e_{16}	$V_{14} - V_{20}$	55
4.	e_4	$V_4 - V_5$	55	17.	e_{17}	$V_{20} - V_{21}$	63
5.	e_5	$V_4 - V_6$	55	18.	e_{18}	$V_{21} - V_{22}$	42
6.	e_6	$V_4 - V_7$	53	19.	e_{19}	$V_{22} - V_{23}$	62
7.	e_7	$V_7 - V_8$	40	20.	e_{20}	$V_{23} - V_{24}$	57
8.	e_8	$V_8 - V_9$	62	21.	e_{21}	$V_{24} - V_{25}$	57
9.	e_9	$V_7 - V_{10}$	42	22.	e_{22}	$V_{17} - V_{25}$	52
10.	e_{10}	$V_7 - V_{11}$	50	23.	e_{23}	$V_{14} - V_{17}$	58
11.	e_{11}	$V_{11} - V_{12}$	60	24.	e_{24}	$V_{17} - V_{18}$	60
12.	e_{12}	$V_{12} - V_{13}$	45	25.	e_{25}	$V_{18} - V_{19}$	60
13.	e_{13}	$V_{13} - V_{14}$	58	26.	e_{26}	$V_{17} - V_{26}$	60
27.	e_{27}	$V_{26} - V_{27}$	50	56.	e_{56}	$V_{53} - V_{54}$	35
28.	e_{28}	$V_{27} - V_{28}$	48	57.	e_{57}	$V_{54} - V_{55}$	44
29.	e_{29}	$V_{28} - V_{29}$	66	58.	e_{58}	$V_{55} - V_{56}$	40
30.	e_{30}	$V_{23} - V_{29}$	60	59.	e_{59}	$V_{56} - V_{57}$	50
31.	e_{31}	$V_{29} - V_{30}$	55	60.	e_{60}	$V_{57} - V_{58}$	55
32.	e_{32}	$V_{30} - V_{31}$	55	61.	e_{61}	$V_{58} - V_{59}$	72
33.	e_{33}	$V_{31} - V_{32}$	42	62.	e_{62}	$V_{13} - V_{59}$	70
34.	e_{34}	$V_{32} - V_{33}$	42	63.	e_{63}	$V_{54} - V_{60}$	60
35.	e_{35}	$V_{33} - V_{34}$	60	64.	e_{64}	$V_{60} - V_{61}$	77
36.	e_{36}	$V_{34} - V_{35}$	44	65.	e_{65}	$V_{60} - V_{62}$	63
37.	e_{37}	$V_{35} - V_{36}$	44	66.	e_{66}	$V_{62} - V_{63}$	85
38.	e_{38}	$V_{34} - V_{37}$	36	67.	e_{67}	$V_{62} - V_{64}$	56
39.	e_{39}	$V_{37} - V_{38}$	42	68.	e_{68}	$V_{64} - V_{65}$	56

40.	e_{40}	$V_{38} - V_{39}$	56	69.	e_{69}	$V_{65} - V_{66}$	48
41.	e_{41}	$V_{33} - V_{40}$	60	70.	e_{70}	$V_{66} - V_{67}$	66
42.	e_{42}	$V_{40} - V_{50}$	47	71.	e_{71}	$V_{67} - V_{68}$	44
43.	e_{43}	$V_{50} - V_{51}$	44	72.	e_{72}	$V_{68} - V_{69}$	47
44.	e_{44}	$V_{51} - V_{52}$	44	73.	e_{73}	$V_{69} - V_{70}$	42
45.	e_{45}	$V_{40} - V_{41}$	46	74.	e_{74}	$V_{70} - V_{71}$	55
46.	e_{46}	$V_{41} - V_{42}$	44	75.	e_{75}	$V_{71} - V_{72}$	57
47.	e_{47}	$V_{42} - V_{43}$	58	76.	e_{76}	$V_2 - V_{72}$	63
48.	e_{48}	$V_{43} - V_{44}$	44	77.	e_{77}	$V_{71} - V_{73}$	58
49.	e_{49}	$V_{44} - V_{45}$	46	78.	e_{78}	$V_{68} - V_{73}$	50
50.	e_{50}	$V_{45} - V_{46}$	50	79.	e_{79}	$V_{73} - V_{74}$	49
51.	e_{51}	$V_{40} - V_{46}$	39	80.	e_{80}	$V_{74} - V_{75}$	52
52.	e_{52}	$V_{45} - V_{47}$	46	81.	e_{81}	$V_{75} - V_{76}$	90
53.	e_{53}	$V_{47} - V_{48}$	50	82.	e_{82}	$V_{62} - V_{76}$	57
54.	e_{54}	$V_{48} - V_{49}$	39				
55.	e_{55}	$V_{45} - V_{53}$	39				
Total Bobot (Meter)							4350

2. Pemodelan Graf

Berdasarkan gambar 1 dan data pada tabel 1, dapat diketahui bahwa titik (node) dan sisi yang membentuk jaringan distribusi listrik berjumlah 76 titik (node) dan 82 sisi (edge) dengan total bobot 4.350 meter. Dari data ini, dibentuk graf terhubung $G(V, E)$, yang memodelkan jaringan distribusi listrik saat ini secara matematis. Graf ini kemudian menjadi objek optimasi untuk pencarian MST sebagai berikut:



Gambar 3. Graf G adalah Graf Jaringan Distribusi Listrik PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo yang Telah Terpasang di Perumahan Pallima City Residence

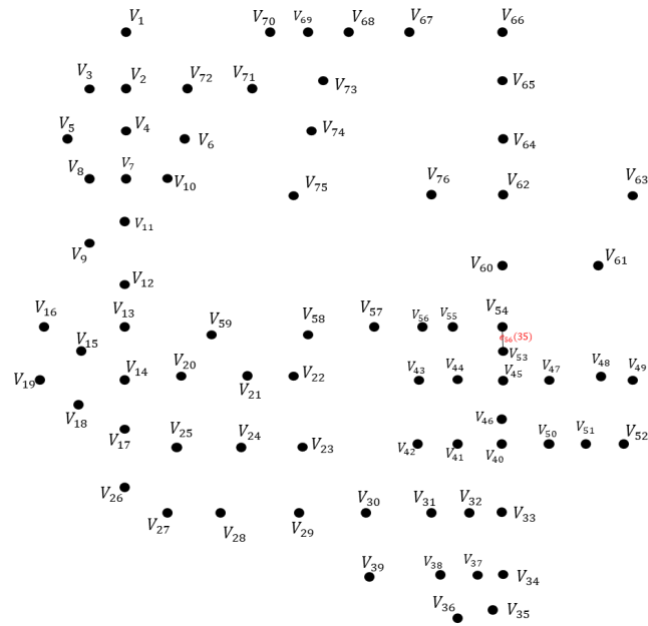
3. Pencarian Minimum Spanning Tree (MST) dengan Algoritma Kruskal

Pencarian *Minimum Spanning Tree* (MST) dengan menerapkan Algoritma Kruskal dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh hasil yang optimal disertai penjelasan langkah per langkah. Berikut ini langkah-langkah yang dilakukan untuk mencari Minimum Spanning Tree (MST) menggunakan Algoritma Kruskal:

1. Urutkan sisi graf dari bobot yang terkecil hingga yang terbesar.
2. Pilih sisi e dengan bobot minimum yang tidak membentuk sirkuit di T , tambahkan e ke dalam T .
3. Jika sisi e membentuk sirkuit maka pilihlah sisi e yang memiliki bobot yang minimum dan tidak membentuk sirkuit.
4. Ulangi langkah 2 dan 3 di atas hingga membentuk pohon merentang minimum (*Minimum Spanning Tree*) dan seluruh titiknya terhubung tanpa adanya sirkuit.

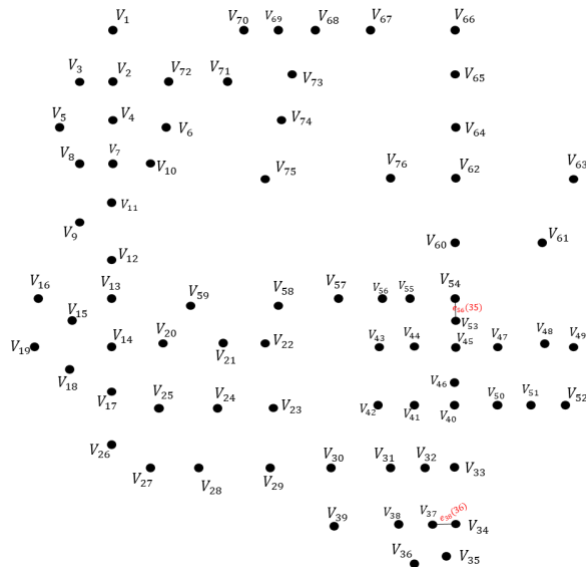
Berikut iterasi yang dilakukan untuk mencari Minimum Spanning Tree (MST) dengan menerapkan Algoritma Kruskal.

- 1) Iterasi 1, sisi e_{56} dengan panjang 35 dipilih. Karena tidak membentuk sirkuit, maka ditambahkan ke dalam graf T .



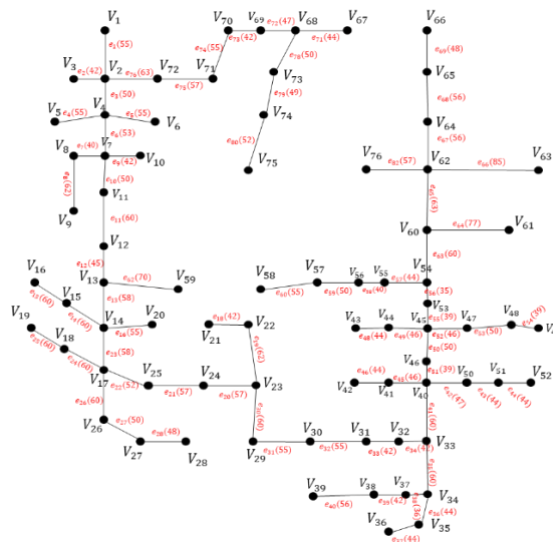
Gambar 4. Iterasi 1 Pencarian *Minimum Spanning Tree* (MST) dengan Algoritma Kruskal

- 2) Iterasi 2, sisi e_{38} dengan panjang 36 dipilih, karena tidak membentuk sirkuit, maka ditambahkan ke dalam graf T .



Gambar 5. Iterasi 2 Pencarian *Minimum Spanning Tree* (MST) dengan Algoritma Kruskal

- 3) Iterasi 82, sisi e_{82} dengan panjang 90 tidak dipilih, karena sisi tersebut membentuk sirkuit, maka tidak ditambahkan ke dalam graf T .



Gambar 6. Iterasi 82 Pencarian *Minimum Spanning Tree* (MST) dengan Algoritma Kruskal

Berdasarkan hasil iterasi 1 sampai 82, diperoleh perhitungan *Minimum Spanning Tree* (MST) yaitu sebagai berikut:

$$MST = (e_{56}) + (e_{38}) + (e_{51}) + (e_{54}) + (e_{55}) + (e_7) + (e_{58}) + (e_2) + (e_9) + (e_{18}) + (e_{33}) + (e_{34}) + (e_{39}) + (e_{73}) + (e_{36}) + (e_{37}) + (e_{43}) + (e_{44}) + (e_{46}) + (e_{48}) + (e_{57}) + (e_{71}) + (e_{12}) + (e_{45}) + (e_{49}) + (e_{52}) + (e_{42}) + (e_{72}) + (e_{28}) + (e_{69}) + (e_{79}) + (e_3) + (e_{10}) + (e_{27}) + (e_{50}) + (e_{53}) + (e_{59}) + (e_{78}) + (e_{22}) + (e_{80}) + (e_6) + (e_1) + (e_4) + (e_5) + (e_{16}) + (e_{31}) + (e_{32}) + (e_{60}) + (e_{74}) + (e_{40}) + (e_{67}) + (e_{68}) + (e_{20}) + (e_{21}) + (e_{75}) + (e_{82}) + (e_{13}) + (e_{23}) + (e_{11}) + (e_{14}) + (e_{15}) + (e_{24}) + (e_{25}) + (e_{26}) + (e_{30}) + (e_{35}) + (e_{41}) + (e_{63}) + (e_8) + (e_{19}) + (e_{65}) + (e_{76}) + (e_{62}) + (e_{64}) + (e_{66})$$

$$MST = (35 + 36 + 39 + 39 + 39 + 40 + 40 + 42 + 42 + 42 + 42 + 42 + 42 + 42 + 44 + 44 + 44 + 44 + 44 + 44 + 44 + 45 + 46 + 46 + 46 + 47 + 47 + 48 + 48 + 49 + 50 + 50 + 50 + 50 + 50 + 50 + 50 + 50 + 52 + 52 + 53 + 55 + 55 + 55 + 55 + 55 + 55 + 55 + 56 + 56 + 56 + 57 + 57 + 57 + 57 + 58 + 58 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 62 + 62 + 63 + 63 + 70 + 77 + 85)m$$

$$MST = 3877m$$

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 6, diketahui bahwa beberapa sisi pada jaringan distribusi listrik di Perumahan Pallima City Residence telah dihapus setelah penerapan Algoritma Kruskal untuk mencari Minimum Spanning Tree (MST). Sisi yang dihapus ditampilkan ke dalam Tabel 2.

Tabel 2. Sisi yang Dihapus dari Hasil Pencarian *Minimum Spanning Tree* (MST) dengan Algoritma Kruskal

No.	Sisi	Titik yang Dihubungkan	Panjang Kabel (Bobot) (Meter)
1.	e_{47}	$V_{42} - V_{43}$	58
2.	e_{77}	$V_{71} - V_{73}$	58
3.	e_{17}	$V_{20} - V_{21}$	63
4.	e_{29}	$V_{28} - V_{29}$	66
5.	e_{70}	$V_{66} - V_{67}$	66
6.	e_{61}	$V_{58} - V_{59}$	72
7.	e_{81}	$V_{75} - V_{76}$	90
Total Bobot (Meter)			473

4. Penarikan Kesimpulan

Berdasarkan Tabel 2, setelah menerapkan Algoritma Kruskal terhadap graf jaringan distribusi listrik Perumahan Pallima City Residence, diperoleh struktur jaringan baru berupa Minimum Spanning Tree (MST) yang terdiri dari 75 sisi dengan total panjang kabel sebesar 3.877 meter. Jumlah ini lebih pendek 473 meter dibandingkan dengan total panjang kabel jaringan distribusi awal yang mencapai 4.350 meter. Dengan demikian, pengaplikasian MST menghasilkan efisiensi panjang kabel sebesar sekitar 10,87%. Efisiensi ini menunjukkan bahwa penggunaan Algoritma Kruskal dapat secara signifikan mengurangi kebutuhan material, mempercepat waktu instalasi, serta menurunkan biaya operasional dalam pembangunan jaringan listrik. Hasil ini menunjukkan potensi optimalisasi sistem distribusi listrik yang tidak hanya efisien secara matematis, tetapi juga memiliki dampak nyata dalam perencanaan teknis dan penghematan sumber daya oleh pihak pengelola jaringan, dalam hal ini PT. PLN (Persero).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, penerapan Algoritma Kruskal berhasil mengoptimalkan jaringan distribusi listrik PT. PLN (Persero) UIW S2JB UP3 Muara Bungo ULP Muara Tebo di Perumahan Pallima City Residence. Dari graf awal yang memiliki 76 titik dan 82 sisi dengan total panjang kabel 4.350 meter, diperoleh Minimum Spanning Tree (MST) yang terdiri dari 76 titik dan 75 sisi dengan total panjang kabel 3.877 meter. Optimasi ini menghasilkan penghematan sepanjang 473 meter kabel distribusi listrik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Algoritma Kruskal efektif dalam merancang jaringan distribusi yang lebih efisien, baik dari segi panjang kabel, potensi penghematan biaya, maupun penyederhanaan struktur jaringan.

Ucapan Terima Kasih

1. Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Studi Independen beserta laporan Studi Independen ini dengan lancar.
2. Kedua orang tua penulis serta keluarga besar penulis yang tiada hentinya memberikan dukungan dan doa untuk keberhasilan penulis.
3. Bunga Mardhotillah, S.Si., M. Stat., selaku Dosen Pembimbing Penulis untuk menyelesaikan artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] N. Nur Aulia *et al.*, “Penerapan Minimum Spanning Tree Dalam Pengoptimalan Jaringan Listrik Di Perumahan Grand Cilegon Residence, Jl. Bougenville,” *J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind. J. Taguchi*, vol. 4, no. 1, pp. 2024–96, 2024.
- [2] K. Kusnadi, W. Gata, and F. Nova Arviantino, “Aplikasi Algoritma Kruskal dan Sollin Pada Jaringan Transmisi Nasional Provinsi Sulawesi Selatan,” *Metik J.*, vol. 6, no. 1, pp. 8–17, 2022, doi: 10.47002/metik.v6i1.260.
- [3] A. Mulki, D. Suhaedi, and Y. Permanasari, “Optimasi Jaringan Distribusi Listrik dengan Pohon Rentang Minimum Menggunakan Bahasa Pemrograman Python,” *Bandung Conf. Ser. Math.*, vol. 2, no. 1, pp. 32–41, 2022, doi: 10.29313/bcsm.v2i1.1542.
- [4] U. Latifah and E. Sugiharti, “Penerapan Algoritma Prim dan Kruskal pada Jaringan Distribusi Air PDAM Tirta Moedal Cabang Semarang Utara,” *UNNES J. Math.*, vol. 4, no. 1, pp. 47–57, 2015, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm>
- [5] J. Tania, D. Firza, and I. N. Cahyadi, “Penerapan Minimum Spanning Tree Pada Pengoptimalan Jaringan Listrik Di Perumahan Depok Indah I,” *Bull. Appl. Ind. Eng. Theory*, vol. 2, no. 2, pp. 85–90, 2021.
- [6] C. E. Siahaan and N. Rarasati, “Penerapan Algoritma Reverse-Delete dalam Menentukan Minimum Spanning Tree Pada Jaringan Pipa PERUMDA Air Minum Tirta Mayang di Perumahan Sunderland,” *Technologica*, vol. 3, no. 1, pp. 10–19, 2024, doi: 10.55043/technologica.v3i1.139.
- [7] Dwiyanto Debby Kurnia; Nurhayati Sri, “Implementasi Algoritma Kruskal Untuk Distribusi Listrik (Studi Kasus PT. PLN Cabang UPJ. Jatibarang),” *Peran Kepuasan Nasabah Dalam Memediasi Pengaruh Cust. Relatsh. Mark. Terhadap Loyal. Nasabah*, vol. 2, no. 3, pp. 310–324, 2023, [Online]. Available: <https://bnr.bg/post/101787017/bsp-za-balgaria-e-pod-nomer-1-v-buletinata-za-vota-gerb-s-nomer-2-pp-db-s-nomer-12>
- [8] Ubaidillah Ariq Prathama, “Analisis Kompleksitas Algoritma Minimum Spanning Tree dan Alternatifnya,” *Serambi Eng.*, vol. IV, pp. 5–6, 2021.
- [9] N. Sahl, “Aplikasi Minimum Spanning Tree pada Distribusi Tenaga Listrik Desa di Indonesia,” *Makal. IF2120 Mat. Disk. – Sem. I Tahun 2022/2023*, 2022, [Online]. Available: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/20>
- [10] A. SAYLI and J. H. S. Alkhalissi, “Negligence Minimum Spanning Tree Algorithm,” *Eur. J. Sci. Technol.*, no. 14, pp. 70–76, 2018, doi: 10.31590/ejosat.386716.
- [11] R. Ilham Baihaki, “Perbandingan Algoritma Reverse-Delete Dan Ant Colony Optimization Pada Jaringan Fiber Optic,” 2019, *Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember*.
- [12] R. Munir, *Matematika Diskrit*, 3rd ed., no. May. Informatika Bandung, 2010.
- [13] Wamiliana, *Minimum Spanning Tree dan Desain Jaringan*. Pusaka Media, 2016.
- [14] C. Rozi, Syamsyida; Multahadah, “Rute Terpendek Untuk Pengangkutan Sampah dengan Pendekatan Lintasan Hamilton,” pp. 1–23, 2016.
- [15] S. Rizki, “Penerapan Teori Graf Untuk Menyelesaikan Masalah Minimum Spanning Tree (Mst) Menggunakan Algoritma Kruskal,” *AKSIOMA J. Math. Educ.*, vol. 1, no. 2, 2012, doi: 10.24127/ajpm.v1i2.68.
- [16] M. A. B. Yasin, “Simulasi Minimum Spanning Tree Graf Berbobot Menggunakan Algoritma Prim dan Algoritma Kruskal,” vol. 2, no. 2, pp. 121–130, 2014.