

MENGOPTIMALKAN RUTE TERPENDEK JARINGAN LISTRIK DI PONDOK PESANTREN PANCASILA SALATIGA DENGAN ALGORITMA PRIM

Rizki Istikomah¹, Laila Maulidatul Mufidah^{2*}, Luluk Atul Mutoharoh³, Muhamad Gani Rohman⁴
^{1, 2, 3, 4} Program Studi Tadris Matematika, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, Universitas Islam Negeri Salatiga

Article Info

Article history:

Received Februari 20, 2025

Revised Maret 10, 2025

Accepted Maret 28, 2025

Kata Kunci:

Algoritma Prim, Graf Berbobot, Jaringan Listrik, Minimum Spanning Tree, Efisiensi Distribusi Matematik

Keywords:

Prim's Algorithm, Weighted Graph, Electrical Network, Minimum Spanning Tree, Distribution Efficiency, Mathematics

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan rute jaringan listrik di Pondok Pesantren Pancasila Salatiga menggunakan Algoritma Prim. Permasalahan efisiensi distribusi listrik di lingkungan pesantren sering kali muncul akibat kondisi geografis yang kompleks dan sebaran bangunan yang tidak merata. Dengan mengimplementasikan pendekatan graf berbobot dan menerapkan Algoritma Prim, penelitian ini berhasil membentuk jaringan distribusi listrik yang optimal dengan total panjang kabel minimum. Data dikumpulkan melalui survei langsung, di mana jarak antar bangunan diukur dan disusun dalam bentuk graf tak berarah berbobot. Hasilnya menunjukkan bahwa panjang total kabel dapat ditekan dari 157,5 meter menjadi 138,5 meter, menghasilkan efisiensi biaya sekitar 12% dari total estimasi awal. Temuan ini membuktikan bahwa penerapan teori graf, khususnya Algoritma Prim, efektif dalam menyelesaikan persoalan perancangan jaringan distribusi listrik secara efisien dan ekonomis.

This study aims to optimize the electrical network route at Pondok Pesantren Pancasila Salatiga using Prim's Algorithm. The inefficiency of electrical distribution in boarding school environments often arises due to complex geographical conditions and uneven building distribution. By implementing a weighted graph approach and applying Prim's Algorithm, this research successfully constructs an optimal electricity distribution network with the minimum total cable length. Data were collected through direct surveys, where distances between buildings were measured and modeled into an undirected weighted graph. The results show that the total cable length was reduced from 157.5 meters to 138.5 meters, achieving a cost efficiency of approximately 12% from the initial estimate. These findings demonstrate that the application of graph theory, particularly Prim's Algorithm, is effective in solving real-world problems of designing efficient and economical electricity distribution networks

Copyright © 2025 STKIP Paracendekia NW Sumbawa.
All rights reserved.

✉ Corresponding author:

Email Address: mufidahlaila885@gmail.com

PENDAHULUAN

Jaringan listrik yang efisien merupakan salah satu kebutuhan utama dalam menunjang kegiatan sehari-hari di lingkungan pondok pesantren. Pada kenyataannya, banyak lembaga pendidikan berbasis asrama yang menghadapi kendala dalam perencanaan jaringan listrik, terutama dari segi biaya dan efisiensi distribusi. Kondisi geografis dan sebaran bangunan yang tidak merata seringkali mengakibatkan jalur pemasangan kabel menjadi tidak optimal. Menurut Setiawan dan Lestari (2021), perencanaan jaringan listrik yang tidak dirancang dengan tepat di lingkungan pendidikan dapat menimbulkan pemborosan biaya hingga mencapai 20%.

Pondok Pesantren Pancasila Salatiga merupakan salah satu pesantren yang memiliki banyak bangunan dengan fungsi berbeda, seperti asrama santri, masjid, dan dapur umum, yang semuanya memerlukan pasokan listrik. Seiring dengan meningkatnya jumlah santri dan pembangunan fasilitas di dalam pesantren, kebutuhan akan infrastruktur dasar seperti jaringan listrik yang efisien dan andal menjadi sangat penting. Salah satu tantangan utama dalam membangun jaringan listrik adalah bagaimana menyambungkan seluruh bangunan dengan biaya minimum tanpa mengorbankan keandalan sistem. Oleh karena itu, diperlukan sebuah pendekatan matematis dan sistematis untuk merancang jaringan listrik yang efisien.

Untuk menjawab tantangan ini, kajian yang dilakukan oleh Wijaya dan Sutrisno (2020) menyebutkan bahwa penerapan teori graf sangat berguna dalam mengurangi siklus berlebih dan mempercepat efisiensi sistem jaringan. Rinaldi (2022) menjelaskan bahwa teori graf merupakan alat matematis yang banyak digunakan untuk memodelkan hubungan antar elemen dalam berbagai sistem, termasuk jaringan listrik. algoritma graf dalam komputer dapat dimanfaatkan. Salah satu algoritma yang relevan adalah algoritma prim. Algoritma Prim dikenal sebagai algoritma rakus (greedy) yang digunakan untuk membentuk pohon rentang minimum dari graf berbobot (Rahmat & Yunita, 2021). Algoritma Prim dipilih dalam penelitian ini karena kemampuannya untuk membentuk struktur jaringan minimum yang menghubungkan seluruh simpul (bangunan) dengan total bobot (biaya) terkecil. Penelitian ini akan menunjukkan penerapan algoritma Prim dalam konteks nyata, sekaligus memberikan alternatif solusi yang ekonomis untuk perencanaan instalasi listrik di pondok pesantren.

Zhang et al. (2021) mengemukakan bahwa Minimum Spanning Tree adalah pendekatan yang efisien untuk menghasilkan konektivitas antar titik dengan total biaya terendah. Penggunaan MST dalam desain sistem seperti listrik, air, dan telekomunikasi telah terbukti meningkatkan efisiensi operasional (Ahmed & Latif, 2022).

Salah satu permasalahan yang dapat diselesaikan dengan menggunakan Algoritma Prim adalah mencari rute kabel yang terpendek. Tujuan penelitian ini yaitu mencari rute terpendek untuk jaringan listrik di pondok pesantren Pancasila Salatiga dengan menggunakan algoritma prim.

Dilakukannya penelitian ini, kami berharap mendapatkan hasil rute terpendek jaringan listrik di pondok pesantren Pancasila Salatiga agar mendapat minimum tegangan supaya biaya yang dikeluarkan berkurang menjadi lebih sedikit.

METODE

Penelitian dilakukan di Pondok Pesantren Pancasila yang berlokasi di Jl. Fatmawati, Klumpit, Blotongan, Sidorejo, Salatiga. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2025. Objek kajian pada

penelitian ini yaitu rute jaringan listrik di pondok pesantren pancasila salatiga. Metode yang digunakan dalam pengolahan data menggunakan metode *Minimum Spanning Tree* yaitu Algoritma Prim. Algoritma Prim merupakan salah satu algoritma untuk menentukan *Minimum Spanning Tree* atau pohon perentang minimum. Algoritma Prim merupakan salah satu pendekatan *greedy* yang digunakan dalam penyelesaian permasalahan *Minimum Spanning Tree* (MST). Pada Algoritma Prim, langkah pertama yang dilakukan yaitu memilih sembarang titik (Hendra et al., 2023). Pengolahan data dimulai dengan mengidentifikasi 15 titik simpul (V1 hingga V15) berdasarkan hasil survei di lingkungan Pondok Pesantren Pancasila Salatiga. Masing-masing simpul mewakili bangunan atau titik strategis seperti pusat listrik, ruang kelas, asrama, dapur, masjid, dan sebagainya.

Studi ini dimaksudkan dalam menganalisis kemampuan berpikir kritis berbasis soal HOTS pada materi aljabar matematika kelas VII di MTs Penyaring. Jenis penelitian yang dimanfaatkan yaitu penelitian kualitatif melalui pendekatan kualitatif deskriptif. Teknik pengambilan sampel yang dimanfaatkan adalah purposive sampling. Proses pemerolehan data yang dilangsungkan peneliti dalam menganalisis kemampuan berpikir kritis siswa, peneliti memberikan tes kemampuan berpikir kritis menggunakan soal berbasis HOTS kepada 10 siswa, hal ini digunakan untuk mendapatkan subjek penelitian yang ada pada kategori siswa dengan berkemampuan tinggi, sedang, dan rendah dengan subjek ST (Subjek Tinggi), SS (Subjek Sedang), SR (Subjek Rendah). Instrumen yang dimanfaatkan ialah tes sejumlah 3 butir soal aljabar berbasis soal HOTS mengacu pada kemampuan berpikir kritis siswa berbasis soal HOTS.

Kusuma dan Widodo (2023) menyatakan bahwa algoritma Prim bekerja dengan memilih titik awal, kemudian secara bertahap menambahkan jalur dengan bobot paling ringan untuk menciptakan jaringan yang optimal. Setiap simpul yang memiliki koneksi langsung dengan simpul lain dicatat lengkap dengan jarak antar simpul (dalam meter) yang menjadi bobot pada graf. Data ini kemudian direpresentasikan dalam bentuk graf tak berarah berbobot dan dikonversi menjadi matriks bobot berukuran 15×15 . Pengukuran secara langsung yang kita lakukan mendapatkan hasil sebagai berikut:

1. Pengumpulan data berupa jarak antar kamar yang ada di Pondok Pesantren Pancasila menggunakan alat bantu sederhana
2. Membuat sebuah graf lokasi kamar yang ada di pondok pesantren pancasila salatiga.
3. Membuat sebuah pohon yang terdiri dari satu simpul (node), pilih secara acak dari graf yang dimodelkan.
4. Mengumpulkan semua sisi (cabang) yang ada di graf ke dalam sebuah himpunan

Tabel 1. Daftar ruang di pondok pesantren pancasila salatiga

Titik	Pasar
v1	Ndalem Utama
v2	Kamar Sayiddah

v_3	Kamar Fatimah
v_4	Kamar Syarifah
v_5	Kamar Aisyah
v_6	Masjid
v_7	Kamar Aminah
v_8	Kamar Choiriyah
v_9	Kamar Robiah
v_{10}	Dapur Umum
v_{11}	Kamar Halimah
v_{12}	Kamar Hubabah
v_{13}	Kamar Adhawiyah
v_{14}	Kamar Nazila
v_{15}	Kamar Azzaha

Data jarak antar ruang dalam jaringan distribusi listrik disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 2. Bobot Jarak

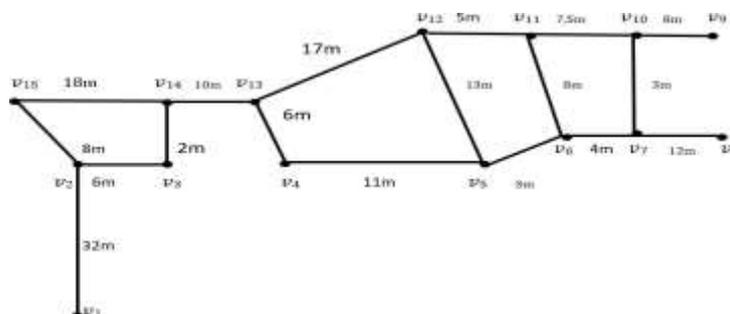
Sisi	Titik	Jarak (m)
e_1	$v_1 \rightarrow v_2$	32
e_2	$v_2 \rightarrow v_3$	6
e_3	$v_2 \rightarrow v_{15}$	8
e_4	$v_3 \rightarrow v_{14}$	2
e_5	$v_4 \rightarrow v_5$	11
e_6	$v_4 \rightarrow v_{13}$	6
e_7	$v_5 \rightarrow v_6$	3
e_8	$v_6 \rightarrow v_7$	4
e_9	$v_6 \rightarrow v_{11}$	8
e_{10}	$v_7 \rightarrow v_8$	12
e_{11}	$v_7 \rightarrow v_{10}$	3
e_{12}	$v_8 \rightarrow v_9$	7
e_{13}	$v_9 \rightarrow v_{10}$	8
e_{14}	$v_{10} \rightarrow v_{11}$	7,5
e_{15}	$v_{11} \rightarrow v_{12}$	5

e_{16}	$v_{12} \rightarrow v_{13}$	17
e_{17}	$v_{13} \rightarrow v_{14}$	10
e_{18}	$v_{14} \rightarrow v_{15}$	8

Tabel 2 menyajikan data bobot jarak antar titik dalam jaringan distribusi listrik yang diteliti. Setiap titik dilambangkan dengan notasi v_1 hingga v_{15} , sementara sisi yang menghubungkan antar titik diberi kode e_1 hingga e_{18} . Kolom pertama pada tabel menunjukkan kode sisi yang merepresentasikan hubungan antar dua titik, kolom kedua mencantumkan pasangan titik yang terhubung, dan kolom ketiga menunjukkan jarak atau panjang kabel yang dibutuhkan untuk menghubungkan kedua titik tersebut dalam satuan meter. Data ini berfungsi sebagai dasar perhitungan dalam penerapan algoritma Prim untuk menemukan jalur optimal yang menghubungkan seluruh titik dengan panjang kabel minimum tanpa membentuk siklus

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nurdin et al. (2022) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa penggunaan MST dapat menghasilkan penghematan biaya hingga 18%, khususnya dalam lingkungan pemukiman padat seperti pesantren. Dari data bobot jarak antar titik pada jaringan listrik yang disajikan dalam Tabel 2, diterapkan algoritma Prim untuk menentukan rute minimum yang menghubungkan seluruh simpul tanpa membentuk siklus dan dengan total panjang kabel seminimal mungkin. Proses dimulai dari simpul pusat v_1 , dan secara bertahap menambahkan sisi dengan bobot terkecil yang menghubungkan simpul baru ke pohon yang telah terbentuk. Adapun urutan pemilihan sisi pada proses algoritma Prim adalah sebagai berikut:

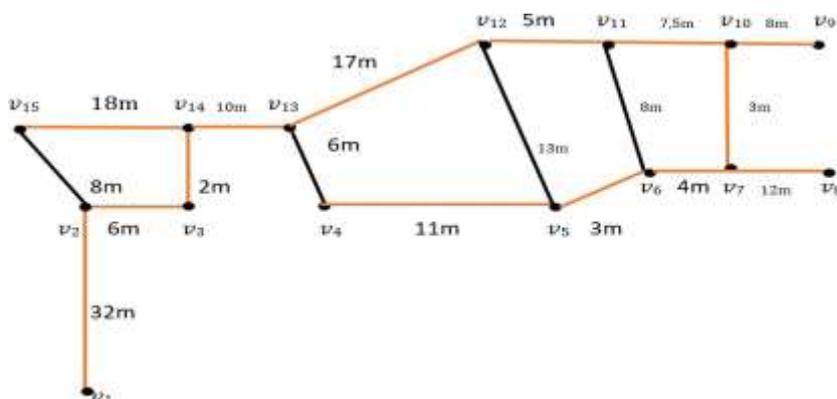


Gambar 1. Graf Dari Data Tabel 2

Berdasarkan Gambar 1, Menurut Farid dan Wahyuni (2021), penerapan algoritma Prim terbukti mampu memberikan hasil yang lebih ekonomis dibandingkan metode manual dalam desain distribusi kabel listrik. menyajikan struktur graf tak berarah berbobot yang terdiri atas 15 buah simpul, dinotasikan sebagai v_1, v_2, \dots, v_{15} , dan sejumlah sisi yang menghubungkan pasangan simpul dengan bobot tertentu (dinyatakan dalam satuan meter). Graf ini mencerminkan jaringan distribusi yang mungkin merepresentasikan sistem seperti jaringan listrik, jaringan jalan, atau jaringan komunikasi. Dalam struktur ini, setiap bobot mencerminkan jarak, biaya, atau hambatan dari hubungan antar simpul. Titik awal (root) ditetapkan pada simpul v_1 , yang bertindak sebagai pusat jaringan. Informasi graf awal ini menjadi landasan untuk melakukan proses optimasi jalur minimum

melalui penerapan Algoritma Prim dalam pembentukan MST (Minimum Spanning Tree). Belum dilakukan pemilihan jalur terpendek, seluruh sisi yang tersedia ditampilkan secara utuh. Berdasarkan data bobot jarak yang tercantum dalam tabel, algoritma Prim dipilih karena mampu membentuk *Minimum Spanning Tree* (MST), yaitu sebuah jaringan yang menghubungkan semua simpul tanpa membentuk siklus dengan total panjang kabel paling minimum.

Gambar 1 memperlihatkan struktur awal graf berbobot tak berarah yang terdiri atas 15 simpul dan 18 sisi penghubung antar simpul. Setiap sisi merepresentasikan lintasan antar dua titik dengan bobot berupa panjang dalam satuan meter. Jika seluruh sisi yang tersedia digunakan, maka total panjang jaringan yang terbentuk mencapai 157,5 meter. Graf ini menggambarkan kemungkinan koneksi penuh antar titik tanpa mempertimbangkan efisiensi jalur, dan menjadi dasar awal sebelum dilakukan proses optimasi menggunakan algoritma Prim. Dengan asumsi biaya pembangunan per meter sebesar Rp10.933,45, maka estimasi total biaya konstruksi jaringan sebelum optimasi adalah sebesar Rp1.722.017. Struktur ini menunjukkan potensi pemborosan sumber daya karena melibatkan jalur yang tidak efisien dan kemungkinan pembentukan siklus dalam jaringan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan algoritmik seperti algoritma Prim untuk memperoleh struktur jaringan yang minimum namun tetap menghubungkan seluruh simpul



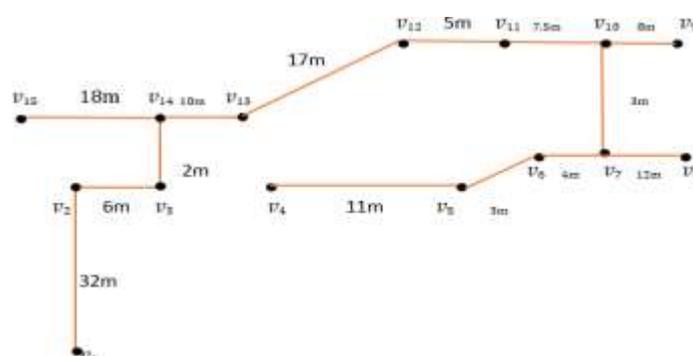
Gambar 2. Hasil Akhir Menggunakan Algoritma Prim

Berdasarkan gambar graf distribusi yang telah dianalisis, jalur kuning pada gambar 2 menunjukkan hasil dari proses seleksi sisi menggunakan Algoritma Prim yang membentuk pohon perentang minimum (*Minimum Spanning Tree*). MST ini menghubungkan seluruh 14 simpul (dari total 18 simpul yang tersedia) secara optimal tanpa membentuk siklus dan dengan total bobot jarak terkecil. Algoritma Prim bekerja dengan cara memilih sisi atau jalur terpendek yang menghubungkan simpul yang sudah terhubung ke simpul yang belum terhubung. Pada penerapannya dalam kasus ini, proses dimulai dari simpul v_1 kemudian dilanjutkan ke simpul v_2 dengan jarak 32 meter, lalu ke v_3 sejauh 6 meter, dan seterusnya hingga seluruh simpul dari v_1 hingga v_{15} saling terhubung tanpa siklus. Hasil akhirnya menghubungkan seluruh titik dengan total panjang kabel sebesar 138,5 meter. Jalur-jalur yang terpilih seluruhnya merupakan sisi dengan bobot atau jarak terkecil pada setiap tahapannya, seperti sisi antara v_3 dan v_{14} (2 m), v_5 dan v_6 (3 m), serta v_7 dan v_{10} (3 m), yang secara signifikan mengurangi panjang kabel yang dibutuhkan.

Hasil optimasi menunjukkan bahwa total panjang lintasan dapat dikurangi dari semula 157,5 meter menjadi 138,5 meter, sehingga terjadi penghematan sepanjang 19 meter. Dengan

estimasi biaya konstruksi sebesar Rp10.933,45 per meter, maka total biaya jaringan setelah optimasi turun menjadi sekitar Rp1.513.870, dari sebelumnya Rp1.722.017. Efisiensi ini mencerminkan penghematan biaya sebesar kurang lebih Rp208.147, atau setara dengan pengurangan sekitar 12% dari total biaya awal.

Jika dibandingkan dengan kondisi sebelum penggunaan algoritma Prim, perbedaannya sangat signifikan. Sebelum diterapkannya algoritma, pemilihan rute cenderung bersifat manual atau berdasarkan kedekatan fisik antar titik secara visual. Hal ini sangat berisiko menghasilkan sambungan berulang (redundansi kabel), siklus yang tidak diperlukan, serta penggunaan total kabel yang jauh lebih banyak. Selain itu, pola sambungan sebelum optimasi biasanya tidak sistematis dan dapat mengakibatkan biaya instalasi yang lebih mahal dan proses pemasangan yang lebih kompleks. Sementara itu, setelah diterapkannya algoritma Prim, seluruh titik dapat terhubung secara efisien dengan penghematan kabel yang signifikan dan rute yang lebih sederhana. Dengan demikian algoritma Prim terbukti efektif dalam merancang jaringan yang lebih hemat dan efisien tanpa mengorbankan keterhubungan antar simpul.



Gambar 3. Jalur Algoritma Prim Jalur

Gambar 3 menampilkan hasil akhir optimasi graf berbobot menggunakan algoritma Prim dalam bentuk Minimum Spanning Tree (MST). Graf ini terdiri atas 15 simpul (v_1 hingga v_{15}) yang seluruhnya saling terhubung melalui 14 sisi dengan total panjang lintasan sebesar 138,5 meter. Jalur yang ditampilkan pada gambar merupakan hasil seleksi sisi-sisi berbobot minimum yang menghubungkan setiap simpul tanpa membentuk siklus. yang dipilih mencakup sisi-sisi berikut:

- $v_1 \rightarrow v_2$ sejauh 32 m
- $v_2 \rightarrow v_3$ sejauh 6 m
- $v_3 \rightarrow v_{14}$ sejauh 2 m
- $v_{14} \rightarrow v_{15}$ sejauh 18 m
- $v_{14} \rightarrow v_{13}$ sejauh 10 m
- $v_{13} \rightarrow v_{12}$ sejauh 17 m
- $v_{12} \rightarrow v_{11}$ sejauh 5 m
- $v_{11} \rightarrow v_{10}$ sejauh 7,5 m
- $v_{10} \rightarrow v_7$ sejauh 3 m
- $v_7 \rightarrow v_6$ sejauh 4 m
- $v_6 \rightarrow v_5$ sejauh 3 m
- $v_5 \rightarrow v_4$ sejauh 11 m
- $v_{10} \rightarrow v_9$ sejauh 8 m

- $v_7 \rightarrow v_8$ sejauh 12 m

Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis algoritma bukan hanya teori semata, tetapi juga mampu memberikan solusi nyata dalam perencanaan teknis yang lebih hemat, rapi, dan efisien

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa ALgoritma Prim efektif dalam menentukan rute distribusi tependek jaringan listrik di Pondok Pesantren Pancasila Salatiga. Dengan membentuk graf berbobot berdasarkan jarak tempuh dan menerapkan Algoritma Prim, diperoleh jalur optimal dengan jarak minimum sebesar 138,5 m. Hasil ini membuktikan pendekatan teori graf dapat meningkatkan efisiensi distribusi, menghemat waktu, dan biaya operasional. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar pendekatan ini diterapkan pada skala jaringan yang lebih kompleks, serta mempertimbangkan faktor-faktor tambahan seperti kontur medan, hambatan teknis, dan kapasitas beban tiap simpul. Selain itu, perbandingan efektivitas antara algoritma Prim dan algoritma lainnya seperti Kruskal atau Dijkstra juga dapat dijadikan fokus analisis lanjutan guna memperoleh strategi distribusi yang lebih adaptif dan optimal dalam konteks kebutuhan nyata di lapangan. Tanjung dan Malik (2021) menekankan bahwa pemodelan berbasis graf berbobot dalam distribusi listrik terbukti mampu mengefisienkan sistem jaringan, baik dari segi biaya maupun tata letak kabel. Irawan dan Putra (2020) menunjukkan bahwa pendekatan MST tidak hanya terbatas pada sistem kelistrikan, tetapi juga bisa diterapkan pada sistem distribusi lainnya seperti air dan data.

REFERENSI

- Ahmed, M., & Latif, A. (2022). *Applications of Graph Algorithms in Real-World Network Design*. International Journal of Computer Applications, 184(5), 15–21.
- Comprehensive survey & analysis. *Tuijin Jishu / Journal of Propulsion Technology*, 44(5), 5212–5225. ISSN: 1001-4055.
- Farid, A., & Wahyuni, L. (2021). *Perbandingan Efektivitas Prim dan Dijkstra dalam Perencanaan Jaringan Kabel*. Jurnal Matematika dan Aplikasinya, 3(2), 55–62.
- Irawan, F., & Putra, D. (2020). *Pemodelan MST untuk Berbagai Sistem Distribusi*. Jurnal Sistem dan Teknologi, 11(4), 93–99.
- Jain, L., Kumar, S., Singh, C., Madaan, A., & Puri, A. (2023). Minimum spanning tree (MST): A comprehensive survey & analysis. *Tuijin Jishu / Journal of Propulsion Technology*, 44(5), 5212–5225. ISSN: 1001-4055.
- Kusuma, A., & Widodo, E. (2023). *Strategi Minimum Spanning Tree Menggunakan Algoritma Prim dan Kruskal*. Jurnal Sains Komputasi, 7(1), 23–31.
- Nurdin, R., Hadi, T., & Fadli, M. (2022). *Optimasi Jaringan Menggunakan MST di Lingkungan Komplek Pondok*. Jurnal Rekayasa Sistem, 10(3), 110–118.
- Rahmat, M., & Yunita, D. (2021). *Implementasi Algoritma Prim dalam Pengembangan Sistem Jaringan*. Jurnal Komputasi dan Sistem, 4(3), 88–95.
- Rinaldi, F. (2022). *Dasar-Dasar Teori Graf dan Aplikasinya*. Jakarta: Pustaka Ilmiah Nusantara.
- Rudini, M., & Melinda. (2020). Motivasi orang tua terhadap pendidikan siswa SDN Sandana (Studi pada keluarga nelayan Dusun Nelayan). *Tolis Ilmiah: Jurnal Penelitian*, 2(2), 122–131.

-
- Setiawan, D., & Lestari, N. (2021). *Perencanaan Distribusi Listrik di Lembaga Pendidikan Berbasis MST*. *Jurnal Energi dan Sistem*, 6(2), 34–42.
- Syahputra, R. (2020). *Validasi Data Spasial dalam Model Graf*. *Jurnal Teknologi Informasi*, 5(2), 70–78.
- Tanjung, S., & Malik, Z. (2021). *Implementasi MST pada Sistem Distribusi Komplek Pendidikan*. *Jurnal Rekayasa Energi*, 6(2), 77–85.
- Wijaya, A., & Sutrisno, B. (2020). *Penerapan Algoritma Graf dalam Perencanaan Infrastruktur Desa*. *Jurnal Matematika Terapan*, 8(1), 44–52.
- Zhang, L., Chen, X., & Wang, J. (2021). *Minimum Spanning Tree Optimization in Infrastructure Planning*. *IEEE Access*, 9, 123456–123465.