

Penerapan Algoritma Kruskal untuk Menentukan Minimum Spanning Tree dalam Optimalisasi Jaringan Komputer di Warung Internet

Muhammad Faishal Al-Bukhari¹, Naufal Dzaki¹, Nadiin Nur'azizah Widiyanto¹, Naila Ramadhani¹, Nadhifa Zahra Syaifi¹

¹Department of Informatics, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Apr 22, 2025

Revised Jun 18, 2025

Accepted Jun 18, 2025

Keywords:

Algoritma Kruskal
Jaringan Komputer
Minimum Spanning Tree
Optimalisasi Jaringan
Warung Internet

ABSTRACT

Dalam era digital saat ini, kebutuhan akan jaringan komputer yang efisien dan hemat biaya menjadi sangat penting, terutama bagi usaha kecil seperti warung internet (warnet). Perancangan topologi jaringan yang optimal dapat meningkatkan kualitas layanan dan mengurangi biaya operasional. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah Algoritma Kruskal, yang merupakan algoritma graf untuk membentuk Minimum Spanning Tree (MST). MST memungkinkan seluruh simpul dalam jaringan terhubung dengan total bobot seminimal mungkin, seperti panjang kabel atau biaya instalasi. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan Algoritma Kruskal dalam perancangan jaringan komputer di lingkungan warung internet, dengan fokus pada efisiensi penggunaan kabel. Simulasi dilakukan menggunakan model graf, di mana simpul mewakili komputer dan sisi mewakili kabel yang dibobot berdasarkan panjang kabel. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan Algoritma Kruskal dapat mengurangi kebutuhan kabel, dari 94 meter menjadi 52 meter. Meski demikian, penelitian ini bersifat simulatif dengan pendekatan jaringan peer-to-peer. Pada implementasi fisik, hal ini berpotensi menimbulkan masalah koneksi jika tidak dilengkapi dengan perangkat jaringan tambahan seperti switch. Oleh karena itu, hasil ini lebih tepat dijadikan sebagai rancangan awal dalam perencanaan jaringan yang hemat biaya. Penelitian lanjutan disarankan untuk menguji desain ini dalam lingkungan nyata guna mengatasi keterbatasan simulasi dan menghasilkan sistem jaringan yang lebih aplikatif dan efisien.

Corresponding Author:

Muhammad Faishal Al-Bukhari,
Informatics Department, Faculty of Science & Technology, UIN Sunan Gunung Djati Bandung
Jl. Otista No 59, Tarogong Kaler, Garut, Indonesia. 44151
Email: dedefaisal233@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Warung Internet atau lebih dikenal dengan sebutan warnet merupakan salah satu tempat yang menyediakan akses jaringan internet dengan sistem sewa komputer, harga sewa tergantung dengan berapa lama pengguna memakai komputer tersebut. Pada era digital ini, warnet sangat dibutuhkan terutama bagi kalangan pelajar dan mahasiswa. Namun Sebagian dari mereka belum mempunyai penghasilan tetap. Oleh karena itu, mereka tentunya mencari warnet dengan harga sewa yang relatif murah.

Kesalahan dalam merancang jaringan dapat menyebabkan penurunan efisiensi kerja dan membawa dampak kerugian dari sisi pengeluaran biaya [1]. Dalam hal ini, optimalisasi jaringan komputer diperlukan guna menekan biaya operasional sehingga harga sewa tetap terjangkau. Jaringan komputer menjadi tulang punggung dalam penyediaan layanan digital di berbagai sektor, termasuk warung internet (warnet). Dalam operasionalnya, banyak warnet menghadapi tantangan dalam merancang topologi jaringan yang efisien dari segi penggunaan kabel dan biaya instalasi.

Salah satu cara untuk mengoptimalkan jaringan komputer adalah menentukan jarak yang paling efisien untuk saling menghubungkan antar komputer [2]. Oleh sebab itu, teori Minimum Spanning Tree (MST) diperlukan dalam menyelesaikan masalah ini [3]. MST membantu mengurangi penggunaan kabel jaringan, sehingga dapat mengurangi biaya pemasangan dan tentunya akan berpengaruh terhadap harga sewa [4]. Cara kerjanya, menentukan koneksi antar simpul dengan memilih jalur yang memiliki bobot paling ringan, sehingga seluruh simpul terhubung tanpa membentuk lingkaran dalam struktur graf [5].

Jaringan komputer merupakan sekumpulan perangkat komputer yang saling terkoneksi melalui media komunikasi atau internet. Jaringan ini juga dapat terintegrasi dengan jaringan lain, sehingga memungkinkan pertukaran informasi antar pengguna [6].

Minimum Spanning Tree (MST) atau pohon rentang minimum menjadi solusi optimal dalam menghubungkan simpul-simpul jaringan dengan total bobot sisi yang seminimal mungkin. MST merupakan permasalahan optimasi yang mendasar dalam teori graf, di mana tujuannya adalah membangun struktur jaringan yang efisien, baik dari segi biaya maupun penggunaan sumber daya [7].

Untuk mencari MST dengan menggunakan algoritma Kruskal yang dibutuhkan untuk menghitung jarak antara satu komputer dengan komputer lainnya, dengan memprioritaskan jarak dari yang terkecil hingga terbesar. Maka dari itu, kabel yang dibutuhkan juga akan lebih optimal.

Dalam teori graf, Algoritma Kruskal merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan masalah pohon merentang minimum. Prinsip dasar Algoritma Kruskal dianalogikan dengan 'growing forest', yaitu pembentukan pohon merentang minimum T dari graf G dengan memasukkan tiap sisi graf G ke dalam pohon yang terbentuk sebelumnya. Iterasi penambahan sisi ini secara bertahap mengurangi jumlah pohon dalam forest, hingga akhirnya menghasilkan pohon merentang minimum tunggal.

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas penggunaan Minimum Spanning Tree (MST), khususnya Algoritma Kruskal dan Prim, dalam mengoptimalkan desain jaringan di berbagai bidang. Nur Aulia et al. [8] berhasil menerapkan MST untuk pengoptimalan jaringan listrik di perumahan Grand Cilegon Residence, dengan hasil penghematan panjang kabel dari 285 km menjadi 85 km. Sari et al. [9] menggunakan Algoritma Prim dalam pemasangan instalasi air bersih dan berhasil menghemat 162 meter pipa, sehingga mengurangi biaya instalasi secara signifikan. Sartika et al. [10] menunjukkan bahwa penerapan Algoritma Kruskal dalam jaringan distribusi listrik PLN UP3 Cimahi mampu mengurangi panjang kabel sebesar 11,69%, baik melalui perhitungan manual maupun dengan bantuan perangkat lunak POM-QM. Ahsanti et al. [11] mengoptimalkan jaringan jalan antar kecamatan di Kabupaten Ngawi menggunakan Algoritma Prim dan memperoleh total jarak terpendek sejauh 146 km melalui implementasi Python di Visual Studio Code. Sementara itu, Ramadhan et al. [12] menerapkan Algoritma Kruskal untuk menentukan rute dan biaya minimum antar tempat wisata di Lombok Barat, serta menemukan bahwa rute terpendek tidak selalu berarti biaya termurah. Temuan-temuan ini memperkuat dasar teoritis dan praktis penggunaan MST dalam merancang sistem jaringan yang efisien dan hemat biaya. [13] membandingkan efektivitas algoritma Kruskal dan Prim dalam menyelesaikan masalah transportasi menggunakan pendekatan Minimum Spanning Tree (MST). Algoritma Kruskal dinilai lebih efektif untuk graf dengan sedikit sisi dan banyak simpul karena berorientasi pada bobot sisi, sementara algoritma Prim lebih sesuai untuk graf yang padat karena berfokus pada simpul. Namun,

masing-masing algoritma memiliki kelemahan, seperti Kruskal yang kurang efisien pada graf lengkap dan Prim yang tidak secara eksplisit mengecek pembentukan siklus.

Dari berbagai penelitian tersebut, terlihat bahwa MST dan Algoritma Kruskal telah digunakan di berbagai bidang, termasuk jaringan internet dan transportasi, dengan hasil yang menunjukkan peningkatan efisiensi baik dari segi biaya maupun penggunaan jalur. Hal ini memperkuat dasar penerapan algoritma tersebut dalam studi ini, yang difokuskan pada optimalisasi jaringan komputer di lingkungan warung internet.

Maka dari itu Penelitian ini berfokus pada penerapan algoritma Kruskal dengan mempertanyakan bagaimana penerapan Algoritma Kruskal ini untuk menentukan Minimum Spanning Tree (MST) pada jaringan komputer di Warung Internet dan bagaimana Pengaruh Minimum Spanning Tree terhadap efisiensi penggunaan kabel dan biaya operasional di Warung Internet.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membahas rancangan topologi jaringan komputer di lingkungan Warung Internet secara efisien, dengan meminimalkan total panjang kabel jaringan berdasarkan simulasi konektivitas antar komputer. Inovasi dari penelitian ini terletak pada penerapan Algoritma Kruskal untuk menyusun struktur jaringan peer-to-peer secara optimal pada skala bisnis mikro, sehingga mendukung efisiensi biaya pemasangan jaringan di Warung Internet.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan simulasi model graf. Data diperoleh melalui pemetaan posisi komputer dalam jaringan dan dilakukan perhitungan menggunakan algoritma Kruskal untuk menentukan Minimum Spanning Tree. Implementasi dilakukan dalam bentuk simulasi jaringan, bukan instalasi jaringan fisik secara nyata.

Penelitian ini menggunakan pendekatan jaringan Peer-to-Peer (P2P), di mana setiap komputer saling terhubung langsung tanpa perantara switch atau hub. Skema ini dipilih untuk menyederhanakan pemodelan graf, di mana simpul mewakili komputer dan sisi mewakili kabel jaringan antar komputer.

2.1 Representasi Graf Jaringan

Dalam matematika diskrit, terdapat salah satu pembahasan mengenai visualisasi atau penggambaran jarak antar objek, biasanya disimbolkan dengan titik yang dihubungkan oleh garis. Pembahasan tersebut dibahas dalam Materi Graf [12].

Dalam bentuk matematis, graf didefinisikan sebagai pasangan terdiri dari himpunan simpul tak kosong (V) dan himpunan sisi (E) yang menghubungkan dua simpul. Notasi graf biasanya ditulis sebagai $G = (V, E)$ [14]. Di mana V adalah himpunan simpul yang merepresentasikan perangkat seperti komputer dan E adalah himpunan sisi yang menghubungkan dua simpul, dengan bobot tertentu yang menunjukkan panjang kabel (dalam meter).

Graf mempunyai bantak jenis, salah satunya adalah Graf Berbobot. Dalam Graf Berbobot G , notasinya adalah $G = (V, E, W)$ dengan W adalah bobot atau nilai dari edge tersebut. Data jarak antar perangkat diasumsikan berdasarkan skenario yang telah ditentukan. Setiap koneksi antara dua perangkat dihitung menggunakan nilai-nilai yang diperkirakan dan selanjutnya diubah menjadi bobot pada graf.

Spanning tree adalah sebuah pohon yang dibentuk dari graf terhubung tanpa siklus, di mana setiap simpul saling terhubung satu sama lain. Struktur ini memastikan bahwa semua simpul dalam jaringan berada dalam satu kesatuan pohon, tanpa membentuk lingkaran atau sirkuit tertutup [15].

Minimum Spanning Tree adalah sebuah spanning tree dengan nilai sisi yang minimum. Oleh karena itu, syarat dari MST ini adalah graf harus memiliki bobot atau Graf Berbobot [16]. Minimum

Spanning Tree ini sering digunakan untuk menentukan jalur minimum dari sebuah graf berbobot, di mana untuk menentukan MST ini perlu beberapa metode atau algoritma [17]. Seperti, Algoritma Prim, Kruskal, dan Brůvka. Dengan menentukan jalur minimum ini dapat diimplementasikan ke dalam kehidupan sehari-hari. Contohnya untuk mengoptimalkan jaringan komputer.

2.2 Penjelasan Algoritma Kruskal

Algoritma Kruskal ini pertama kali dikenalkan oleh Joseph Kruskal pada tahun 1956 [18]. Seperti yang sudah dibahas sebelumnya, salah satu metode untuk menentukan Minimum Spanning Tree adalah Algoritma Kruskal. Algoritma ini termasuk ke dalam algoritma greedy [19], dikarenakan algoritma ini selalu memilih sisi dengan bobot dari yang terkecil terlebih dahulu hingga terbesar, menyelesaikan masalah langkah demi langkah untuk mencapai hasil optimum.

Langkah-langkah dalam Algoritma Kruskal adalah sebagai berikut:

1. Mengurutkan data (bobot) dari yang terkecil hingga bobot terbesar.
2. Memilih sisi dengan bobot yang paling minimum diantara sisi lainnya.
3. Jika terdapat sisi dengan bobot yang sama, maka bisa dipilih salah satu atau lebih, dengan syarat tidak membentuk sirkuit.
4. Ulangi proses pemilihan dan penambahan sisi berdasarkan urutan bobot, hingga jumlah sisi mencapai $|V| - 1$, dengan $|V|$ adalah jumlah simpul dalam graf.
5. Setelah seluruh simpul terhubung tanpa siklus, maka terbentuklah Minimum Spanning Tree (MST).

2.3 Implementasi Simulasi

Algoritma Kruskal diterapkan dalam simulasi jaringan komputer untuk mengoptimalkan penggunaan kabel dengan tujuan meningkatkan efisiensi [20]. Dalam simulasi ini, setiap simpul merepresentasikan komputer di warnet, sementara sisi merepresentasikan kabel yang diperlukan untuk menghubungkan antar komputer. Dengan menerapkan Algoritma Kruskal ini diharapkan dapat mengurangi penggunaan total kabel jaringan dengan menentukan jalur minimal yang dibutuhkan kabel untuk menghubungkannya ke komputer.

Pendekatan jaringan yang digunakan bersifat peer-to-peer, yaitu setiap komputer terhubung langsung satu sama lain tanpa perantara switch atau router. Dengan menerapkan Algoritma Kruskal untuk mencari Minimum Spanning Tree (MST) dari jaringan tersebut, jalur koneksi antar komputer dapat dioptimalkan sehingga total panjang kabel yang digunakan menjadi minimal, dan biaya instalasi dapat ditekan secara signifikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi Kasus

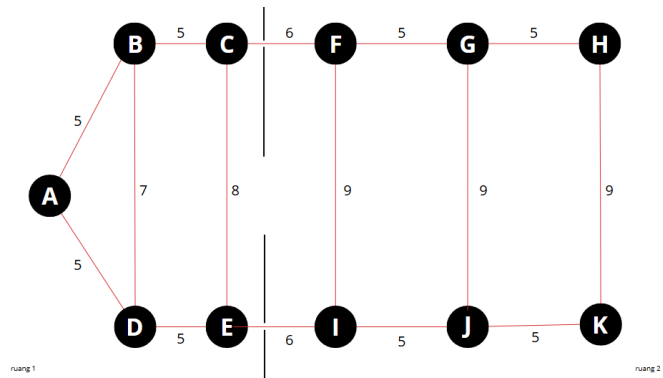
Dalam studi kasus ini, diasumsikan sebuah warnet memiliki jaringan komputer yang terdiri dari 11 komputer yang tersebar dalam dua buah ruangan berbeda, komputer tersebut dihubungkan oleh sebuah kabel. Asumsi dalam simulasi ini adalah penggunaan kabel jaringan standar seperti UTP Cat 5e, yang umum diterapkan dalam instalasi jaringan LAN berskala kecil seperti Warung Internet. Setiap simpul mewakili sebuah komputer, sementara sisi mewakilkan jarak antar masing masing komputer

(simpul). Simpul-simpul tersebut tersebar pada dua ruangan sebagaimana dapat dilihat pada gambar 3.2.1.

3.2 Representasi Graf dan Bobot

3.2.1. Visualisasi Graf

Gambar berikut menunjukkan representasi Graf Berbobot $G: = (V, E, W)$ dari jaringan komputer di lingkungan warung internet, dengan V adalah komputer (simpul), E (sisi), dan W adalah jarak antar komputer (bobot). Terdapat 11 simpul yang dihubungkan oleh berbagai edge, simpul A – K merupakan komputer dan garis merah merupakan sisi atau kabel, dengan keterangan bahwa garis hitam merupakan pembatas (dinding) antara dua ruangan.



Gambar 3.2.1: Graf (Berbobot) G Jaringan Komputer Warnet (jarak dalam meter)

3.2.2. Tabel Bobot Antar Simpul

No	Sisi	Simpul 1	Simpul 2	Bobot (jarak dalam meter)
1	AB	A	B	5
2	AD	A	D	5
3	BC	B	C	5
4	BD	B	D	7
5	CE	C	E	8
6	CF	C	F	6
7	DE	D	E	5
8	EI	E	I	6
9	FG	F	G	5
10	FI	F	G	9
11	GH	G	H	5

12	GJ	G	J	9
13	HK	H	K	9
14	IJ	I	J	5
15	JK	J	K	5

Tabel 3.2.2: Tabel Bobot Antar Simpul

3.3 Penerapan Algoritma Kruskal

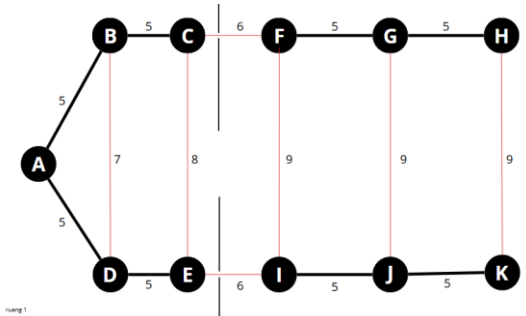
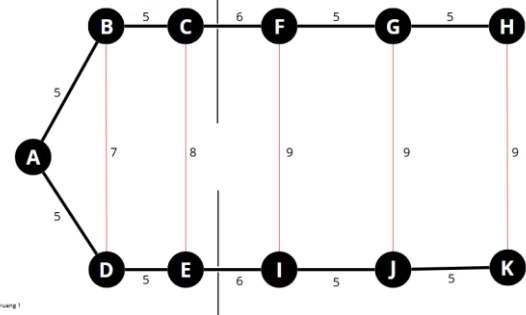
Berikut penerapan dari langkah-langkah Algoritma Kruskal terhadap graf pada gambar 3.2.1

1. Mengurutkan data (bobot) dari yang terkecil hingga bobot terbesar.

No	Sisi	Simpul 1	Simpul 2	Bobot (jarak dalam meter)
1	AB	A	B	5
2	AD	A	D	5
3	BC	B	C	5
4	DE	D	E	5
5	FG	F	G	5
6	GH	G	H	5
7	IJ	I	J	5
8	JK	J	K	5
9	CF	C	F	6
10	EI	E	I	6
11	BD	B	D	7
12	CE	C	E	8
13	FI	F	I	9
14	GJ	G	J	9
15	HK	H	K	9

Tabel 3.3.1: Tabel Proses Mengurutkan Sisi dengan Bobot Terkecil Hingga Terbesar

2. Memilih sisi dengan bobot yang paling minimum diantara sisi lainnya.

No	Sisi	Bobot (jarak)	Himpunan Spanning Tree
1	{AB, BD, BC, DE, FG, GH, IJ, JK}	5 meter	 <p>Gambar 3.2 Graf setelah pemilihan sisi berbobot minimum 5 meter (Langkah 2 Algoritma Kruskal)</p>
2	{CF, EI}	6 meter	 <p>Gambar 3.3 Graf setelah pemilihan sisi berbobot minimum 6 meter (Langkah 2 Algoritma Kruskal)</p>

Tabel 3.3.2: Tabel Proses Pemilihan Sisi Minimum pada Algoritma Kruskal

3. Jika terdapat sisi dengan bobot yang sama, maka bisa dipilih salah satu atau lebih, dengan syarat tidak membentuk siklus.

Terdapat sisi dengan bobot yang sama yaitu, untuk bobot 5 meter {AB, BD, BC, DE, FG, GH, IJ, JK} dan untuk bobot 6 meter {CF, EI}.

4. Ulangi proses pemilihan dan penambahan sisi berdasarkan urutan bobot, hingga jumlah sisi mencapai $|V| - 1$, dengan $|V|$ adalah jumlah simpul dalam graf.

Pada graf ini terdapat 11 jumlah simpul, maka $|11| - 1 = 10$. Setelah melakukan pemilihan dan penambahan sisi berdasarkan urutan bobot, didapatkan jumlah sisi sebesar 10. Di mana sisi-sisi tersebut sudah membentuk Minimum Spanning Tree tanpa siklus.

3.4 Hasil Akhir

Setelah melakukan penerapan Algoritma Kruskal terhadap graf jaringan komputer pada lingkungan warnet, didapatkan himpunan sisi yang membentuk Minimum Spanning Tree sebagai berikut:

$$\{AB, BD, BC, DE, FG, GH, IJ, JK, CF, EI\}$$

Dapat dilihat bahwa terdapat 10 sisi yang sesuai dengan syarat pembentukan Minimum Spanning Tree yaitu $|V| - 1$, dengan V merupakan total simpul. Selanjutnya, menghitung total bobot Minimum Spanning Tree dengan menambahkan bobot masing-masing sisi yang telah terpilih.

$$5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 6 + 6 = 52 \text{ meter}$$

Total kabel jaringan yang dibutuhkan Ketika menggunakan penerapan ini sebesar 52 meter. Sedangkan jika tidak melakukan penerapan Algoritma Kruskal dan Minimum Spanning Tree, kabel yang dibutuhkan sebesar 94 meter.

Dapat disimpulkan, bahwa penerapan Algoritma Kruskal dalam membentuk Minimum Spanning Tree pada jaringan komputer di lingkungan warung internet mampu mengurangi penggunaan kabel jaringan secara signifikan. Dari total kebutuhan kabel sebesar 94 meter pada kondisi awal (tanpa optimasi), dapat ditekan menjadi hanya 52 meter dengan menggunakan algoritma tersebut.

Pengurangan sepanjang 42 meter ini menunjukkan bahwa Algoritma Kruskal dapat membantu dalam mengoptimalkan jalur koneksi antar komputer, menghindari pemborosan kabel, serta menurunkan biaya instalasi jaringan secara keseluruhan. Hasil ini menunjukkan efektivitas Algoritma Kruskal dalam perancangan jaringan komputer yang efisien dan bebas dari siklus.

Tetapi berdasarkan simulasi koneksi jaringan antar komputer menggunakan model peer-to-peer tanpa switch, ditemukan bahwa implementasi fisik secara langsung berpotensi menyebabkan gangguan koneksi. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan jaringan peer-to-peer dalam hal jumlah perangkat yang dapat terhubung dan pengelolaan lalu lintas data yang tidak optimal.

4. KESIMPULAN

Penerapan Algoritma Kruskal dalam menentukan Minimum Spanning Tree (MST) berhasil dilakukan pada graf jaringan komputer di lingkungan Warung Internet. Proses penerapan dimulai dengan mengurutkan sisi berdasarkan bobot terendah, kemudian memilih sisi-sisi secara bertahap tanpa membentuk siklus. Setelah jumlah sisi yang terpilih mencapai sebanyak $|V| - 1$, diperoleh struktur MST yang menghubungkan seluruh simpul secara optimal.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan MST dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap efisiensi penggunaan kabel dan biaya operasional jaringan. Dengan menerapkan algoritma Kruskal, total panjang kabel yang dibutuhkan hanya 52 meter, jauh lebih efisien dibandingkan kondisi tanpa optimasi sebesar 94 meter. Efisiensi ini tentu berdampak positif terhadap penghematan biaya instalasi jaringan.

Meskipun simulasi ini menunjukkan keberhasilan dalam penerapan algoritma secara teoritis, implementasi dalam studi kasus ini masih terbatas pada pemodelan graf statis. Simulasi tersebut belum sepenuhnya mencerminkan tantangan nyata di lapangan. Dalam skenario koneksi fisik menggunakan model jaringan peer-to-peer tanpa perangkat pendukung seperti switch atau router, ditemukan bahwa implementasi langsung berpotensi menimbulkan error koneksi. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan model peer-to-peer dalam menangani banyak perangkat sekaligus serta dalam pengelolaan lalu lintas data. Oleh karena itu, meskipun algoritma Kruskal efektif dalam membentuk struktur jaringan minimum secara teoritis, penerapan fisiknya tetap membutuhkan perangkat jaringan tambahan untuk menjamin konektivitas yang stabil dan andal. Hasil penelitian ini lebih tepat dijadikan sebagai dasar rancangan awal sebelum implementasi fisik dilakukan.

Sebagai rekomendasi, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji penerapan nyata dari desain jaringan berbasis MST, sehingga hasil yang diperoleh dapat mengatasi keterbatasan dalam

simulasi graf statis dan memberikan kontribusi yang lebih aplikatif terhadap perancangan jaringan komputer di lingkungan bisnis mikro seperti Warung Internet.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak akan terlaksana tanpa dukungan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung atas segala bentuk dukungan akademik dan fasilitas yang telah diberikan selama proses penelitian.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pengampu yang telah memberikan arahan, masukan, serta motivasi dalam penyusunan artikel ini. Tidak lupa, penulis juga menghaturkan terima kasih kepada rekan satu tim yang telah bekerja sama secara kompak dan saling melengkapi selama proses penyusunan jurnal.

Akhir kata, penulis mengapresiasi seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan kontribusi dalam mendukung keberhasilan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Q. A. A. Ruhimat, Slamin, and A. Malinda, "Efektivitas Algoritma Kruskal dalam Mengoptimalkan Jalur Terpendek pada Jaringan Intranet," *JSN J. Sains Nat.*, vol. 2, no. 3, pp. 59–67, 2024, doi: 10.35746/jsn.v2i3.546.
- [2] D. Fikri, H. Soeprianto, M. Turmuzi, and Amrullah, "Implementasi Algoritma Dijkstra dalam Menentukan Biaya Transportasi Berdasarkan Rute Terpendek Pada Tempat Wisata di Daerah Lombok Tengah," *J. Ilm. Profesi Pendidik.*, vol. 8, no. 3, pp. 1470–1476, 2023, doi: 10.29303/jipp.v8i3.1511.
- [3] P. K. Krishutami and D. A. B. Prasetyo, "PENGOPTIMALAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI UNIT PDAM SLEMAN CABANG WILAYAH PRAMBANAN MENGGUNAKAN ALGORITMA KRUSKAL Air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat dibutuhkan oleh semua orang . Di Indonesia terdapat salah satu unit usaha milik daerah yan," pp. 262–269, 2021.
- [4] A. P. Suwardi, M. Arifin, E. Yuniarti, U. Dirgantara, and M. Suryadarma, "Optimasi Jaringan Pada Pangkalan Udara di Indonesia Menggunakan Metode Minimum Spanning Tree," vol. 9, no. 2, pp. 115–126, 2024.
- [5] K. A. Wirakusuma and K. D. Diatmika, "Analisis Perbandingan Kompleksitas Waktu Algoritma Mst Dalam Penyusunan Jaringan Pipa Air Bersih," vol. 7, no. 1, pp. 172–179, 2025.
- [6] N. Umah, F. A. Yudanto, and E. Rilvani, "Evaluasi Segmentasi VLAN dalam Optimalisasi Kinerja dan Keamanan pada Jaringan LAN di Universitas Pelita Bangsa," vol. 8, no. 1, pp. 38–47, 2025.
- [7] Kusnadi, W. Gata, and F. N. 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.
- [8] 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.
- [9] R. F. Sari, R. Widyasari, and F. Aidra Marpaung, "Optimasi Pemasangan Jalur Pipa Air Bersih Melalui Minimum Spanning Tree Dengan Algoritma Prim," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 7, no. 1, pp. 70–74, 2023, doi: 10.33379/gtech.v7i1.1819.
- [10] E. Sartika, A. Lusiani, I. Suhartini, and N. Nuryati, "ALGORITMA KRUSKAL UNTUK MENYELESAIKAN MASALAH OPTIMASI DISTRIBUSI JARINGAN LISTRIK DI PLN UP3 CIMAHI," vol. 18, no. 2, pp. 192–202, 2024.
- [11] A. Ahsanti, A. Insyafilla, N. N. Fatimah, W. C. Dwi, and D. Rahmadi, "Optimalisasi Jaringan Jalan Antar Kecamatan dengan Minimum Spanning Tree dan Algoritma Prim di Kabupaten Ngawi," vol. 4, no. 1, pp. 1–11, 2025.

- [12] F. Ramadhan, H. Soeprianto, M. Turmuzi, and A. Amrullah, "Implementasi Algoritma Kruskal dalam Menentukan Rute Terpendek dan Biaya Minimum Pada Tempat Pariwisata di Daerah Lombok Barat," *J. Ilm. Profesi Pendidik*, vol. 8, no. 3, pp. 1509–1521, 2023, doi: 10.29303/jipp.v8i3.1512.
- [13] Y. N. Dili, E. R. Wulan, and F. Ilahi, "Penyelesaian Masalah Transportasi Untuk Mencari Solusi Optimal Dengan Pendekatan Minimum Spanning Tree (Mst) Menggunakan Algoritma Kruskal Dan Algoritma Prim," *KUBIK J. Publ. Ilm. Mat.*, vol. 6, no. 1, pp. 44–50, 2021, doi: 10.15575/kubik.v6i1.13907.
- [14] G. D. Rembulan, J. A. Luin, V. Julianto, and G. Septorino, "Optimalisasi Panjang Jaringan Pipa Air Bersih di Dki Jakarta Menggunakan Minimum Spanning Tree," *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 6, no. 1, pp. 75–87, 2020, doi: 10.30656/intech.v6i1.2164.
- [15] T. Y. Akhirina and T. Afrizal, "Pendekatan Matriks Ketetangaan Berbobot untuk Solusi Minimum Spanning Tree (MST)," *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.*, vol. 4, no. 3, p. 280, 2020, doi: 10.30998/string.v4i3.5900.
- [16] S. A. Sholikhatin, A. B. Prasetyo, A. Nurhopipah, F. I. Komputer, and U. A. Purwokerto, "Aplikasi Berbasis Desktop Untuk Penyelesaian Graph Dengan Algoritma Kruskal dan Algoritma Prim," vol. 3, no. 2, pp. 89–93, 2020.
- [17] C. Wulandari, F. Aqfi, S. Maulida, S. Asmal, and S. Z. Hadatul, "Systematic Literature Review : Analisis Penerapan Network Models dalam," 2025.
- [18] Yosua Mangapul Situmorang and Abil Mansyur, "Pengoptimalan Jaringan Pipa Primer PDAM Tirtanadi Cabang Tuasan Dengan Menggunakan Algoritma Kruskal," *J. Ris. Rumpun Mat. Dan Ilmu Pengetah. Alam*, vol. 2, no. 2, pp. 225–237, 2023, doi: 10.55606/jurrimipa.v2i2.1613.
- [19] D. N. Putu and M. Noor Fitriyanto, "PERBANDINGAN ALGORITMA PRIM, KRUSKAL, DIJKSTRA, DAN FLOYD-WARSHALL UNTUK MEMECAHKAN MASALAH MINIMUM SPANNING TRESS: Perancangan Pemasangan Pipa Saluran Air Bersih," *Bitnet J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 2, pp. 17–24, 2021, doi: 10.33084/bitnet.v6i2.2636.
- [20] M. M. Manik and C. Sormin, "Optimasi Jaringan Pipa PDAM Tirta Sanjung Buana Di Perumahan Salasah Indah Menggunakan Algoritma Kruskal," vol. 9, no. December, pp. 249–257, 2024.