

IMPLEMENTASI ALGORITMA KRUSKAL DALAM PERANCANGAN JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR UNIVERSITAS NUSA CENDANA BERBASIS APLIKASI WEB

Samuel Bertolens Jacob¹, Prana Widya Utama², Kimi Samuel Edward Tjung³, Yanuarius Edmundus Laki Keko⁴, Clara Chononie Nenabu⁵, Petrin Clarita Lado⁶

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Indonesia

Email: 1samuelbjacob505@gmail.com, 2pranawidyautama24@gmail.com,
3kimitjung67@gmail.com, 4verisbatara@gmail.com, 5laranenabu2005@gmail.com,
6boslit12@gmail.com

ABSTRAK

Suplai air bersih dalam lingkungan Universitas Nusa Cendana saat ini masih bergantung pada distribusi manual menggunakan truk tangki, yang menyebabkan permasalahan seperti keterlambatan distribusi, ketidakmerataan ketersediaan air, serta tingginya biaya operasional. Penelitian ini bertujuan untuk merancang jaringan pipa distribusi air bersih yang efisien dari sumber air ke setiap fakultas dan program studi dengan menerapkan Algoritma Kruskal untuk memperoleh jalur pipa dengan total panjang minimum. Metode penelitian melibatkan pengumpulan data 22 titik dengan observasi lewat *Google Maps*, pra-pemrosesan data untuk menghitung bobot jarak antar node menggunakan rumus Haversine, dan implementasi algoritma Kruskal melalui aplikasi web berbasis ReactJS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Algoritma Kruskal efektif dalam mengoptimalkan perancangan jaringan dengan menghasilkan total panjang pipa minimum sebesar 3.446,90 meter untuk menghubungkan seluruh titik tujuan. Hasil rancangan ini divisualisasikan dalam bentuk peta jaringan pada aplikasi web simulator yang dapat diakses secara terbuka lewat tautan <https://kruskal-analisis-algo.vercel.app>.

Kata kunci: Algoritma Kruskal, rute terpendek, graf berbobot, jaringan pipa air, aplikasi web.

ABSTRACT

Clean water supply at University of Nusa Cendana currently still reliant on manual distribution with water tank truck, which causes issues such as distribution delays, uneven water availability, and high operational costs. This study aims to design a water distribution pipe network from the water source to every faculty and study program by applying Kruskal's Algorithm to obtain a pipe path with the minimum total length. The research method involves collecting data for 22 points with observation using Google Maps, pre-processing data to calculate distance weights between nodes using the Haversine formula, and implementing Kruskal's algorithm via a ReactJS-based web application. The results demonstrate that Kruskal's Algorithm is effective in optimizing the network design, producing a minimum total pipe length of 3,446.90 meters to connect all destination points. The results of this design are visualized in the form of a network map in the web simulator application which can be accessed openly via the <https://kruskal-analisis-algo.vercel.app>. link

Keywords: Kruskal Algorithm, shortest route, weighted graph, water pipe network, web application.

1. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting dalam menunjang aktivitas akademik, penelitian, serta operasional di lingkungan perguruan tinggi [1]. Universitas Nusa Cendana sebagai salah satu institusi pendidikan tinggi terbesar di Nusa Tenggara Timur melayani ribuan mahasiswa, dosen, dan tenaga kependidikan setiap hari sehingga memerlukan sistem distribusi air bersih yang memadai dan berkelanjutan. Namun, hingga saat ini distribusi air bersih di lingkungan kampus masih bergantung pada suplai manual menggunakan truk tangki. Kondisi tersebut menimbulkan berbagai permasalahan, antara lain keterlambatan distribusi, ketidakmerataan ketersediaan air antar fakultas, serta tingginya biaya operasional. Situasi ini menunjukkan bahwa diperlukan perancangan sistem jaringan pipa distribusi air yang lebih efisien, terstruktur, dan mampu memenuhi kebutuhan seluruh area kampus secara berkelanjutan.

Perancangan jaringan pipa yang optimal membutuhkan pendekatan matematis untuk menentukan jalur distribusi dengan total panjang minimum sehingga dapat meminimalkan biaya pemasangan dan perawatan pipa [2]. Salah satu algoritma yang dapat digunakan dalam penyelesaian permasalahan optimasi jaringan

adalah algoritma Minimum Spanning Tree (MST) dengan metode Kruskal. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa algoritma Kruskal dapat digunakan untuk mengoptimalkan jaringan pipa primer PDAM sehingga memperoleh total panjang pipa minimum secara signifikan dan meningkatkan efisiensi distribusi [3]. Selain itu, algoritma ini juga telah diterapkan secara efektif dalam optimasi jalur komunikasi pada jaringan intranet untuk menghasilkan lintasan minimum antar node [4], serta dalam menentukan lokasi strategis jaringan ATM berbasis pemetaan spasial secara efisien [5]. Penerapan algoritma Kruskal pada berbagai kasus menunjukkan keandalannya dalam menghasilkan jaringan dengan biaya minimum tanpa mengorbankan koneksi.

Lebih lanjut, penerapan algoritma Kruskal juga ditemukan dalam berbagai bidang teknik lainnya, seperti dalam perancangan jaringan kabel di wilayah perkotaan [6], distribusi air bersih pada perusahaan daerah air minum [7], dan optimasi rute wisata berbasis graf spasial [8]. Berbagai penelitian tersebut memperlihatkan bahwa algoritma Kruskal memiliki fleksibilitas tinggi dalam menyelesaikan permasalahan jaringan yang kompleks, terutama pada kondisi lingkungan dengan jumlah simpul yang banyak dan distribusi jarak yang bervariasi. Dalam konteks kampus Universitas Nusa Cendana yang memiliki area luas dan sebaran fakultas yang berjauhan, pendekatan berbasis algoritma graf seperti Kruskal menjadi sangat relevan untuk memperoleh konfigurasi jaringan distribusi air yang efisien.

Dalam konteks perbandingan, algoritma Prim dan Dijkstra sering digunakan dalam perancangan jaringan serupa, namun memiliki karakteristik berbeda. Algoritma Prim lebih efisien untuk jaringan yang padat (dense graph), sedangkan algoritma Kruskal lebih unggul untuk jaringan yang jarang (sparse graph), seperti sistem pipa air bersih di kawasan kampus yang memiliki jarak antar node cukup jauh [9]. Sementara itu, algoritma Dijkstra lebih cocok digunakan untuk menentukan jalur terpendek antara dua titik tertentu, bukan untuk membangun jaringan distribusi dengan total biaya minimum secara keseluruhan [10]. Oleh karena itu, pemilihan algoritma Kruskal dianggap paling tepat dalam penelitian ini karena mampu memberikan hasil global minimum untuk seluruh jaringan distribusi air bersih kampus secara komprehensif.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk merancang jaringan pipa utama distribusi air bersih non-minum dari sumber air utama menuju setiap fakultas dan program studi di Universitas Nusa Cendana serta menerapkan algoritma Kruskal untuk memperoleh jalur pipa dengan total panjang minimum. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rancangan teknis alternatif yang lebih efisien dibandingkan metode distribusi manual menggunakan truk tangki, sekaligus menjadi dasar pengambilan keputusan bagi pihak universitas dalam perencanaan pembangunan infrastruktur distribusi air bersih di masa mendatang. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur akademik terkait implementasi algoritma graf dalam penyelesaian masalah nyata di bidang rekayasa infrastruktur dan manajemen sumber daya air.

2. MATERI DAN METODE

2.1 Teori Graf

Teori graf merupakan cabang matematika yang mempelajari tentang graf struktur dan membantu dalam pemecahan berbagai masalah dengan sistematis. Struktur graf terdiri dari simpul (*vertex / node*) dan sisi (*edge*) yang menghubungkan antar simpul. Dalam konteks jaringan pipa, titik-titik seperti sumber air dan gedung dapat dimodelkan sebagai *vertex* dan jalur yang menghubungkan setiap titik tersebut dimodelkan sebagai *edge* yang diberi bobot berupa jarak. Pemanfaatan teori graf sangat umum digunakan pada pencarian Minimum Spanning Tree (MST), Travelling Salesman Problem (TSP) [3] [4].

2.2 Minimum Spanning Tree (MST)

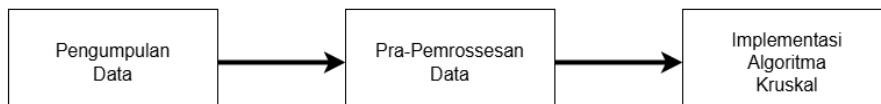
Minimum Spanning Tree (MST) adalah bagian dari graf berbobot yang menghubungkan seluruh simpul tanpa membentuk siklus (*cycle*) dengan total bobot sisi yang minimum. MST banyak digunakan dalam perancangan jaringan agar sangat baik dalam mengoptimalkan biaya dalam proyek seperti perancangan jaringan listrik, telekomunikasi hingga distribusi air [4], [6]. Konsep MST sangat relevan dalam perancangan jaringan pipa distribusi air karena dapat meminimalkan total panjang pipa yang digunakan, yang berdampak langsung pada penghematan biaya pembangunan dan perawatan.

2.3 Algoritma Kruskal

Algoritma Kruskal adalah salah satu algoritma dalam teori graf yang termasuk dalam kategori algoritma *greedy* dan diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan *Minimum Spanning Tree* (MST). Algoritma ini merupakan pengembangan dari analogi *Growing Forest* di mana algoritma mengambil satu per satu sisi terpendek dan membentuk pohon alias jalur terpendek [7], [8]. Berikut adalah langkah-langkah Algoritma Kruskal:

1. Urutkan semua sisi pada graf dari bobot terkecil hingga terbesar.
2. Mulai dengan pohon masih kosong, lalu pilih sisi dengan bobot terendah yang tidak membentuk *cycle* dan tambahkan sisi tersebut ke dalam pohon.
3. Ulangi langkah ke-2 hingga jumlah sisi sama dengan $n-1$ (n adalah jumlah simpul).

2.4 Metode Penelitian



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

2.4.1 Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data adalah tahap awal penelitian ini. Pengumpulan data dilakukan menggunakan *Google Maps* untuk menentukan lokasi awal titik dan jalur yang dibutuhkan dalam model graf. Posisi sumber air dan seluruh gedung fakultas dan program studi dalam ruang lingkup Universitas Nusa Cendana ditentukan secara manual melalui pengamatan lewat peta satelit *Google Maps*.

2.4.2 Pra-Pemrosesan Data

Tahap pra-pemrosesan data dilakukan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh dari pengumpulan data siap digunakan dalam implementasi algoritma Kruskal. Pada tahap ini dilakukan pembersihan dengan menggabungkan beberapa titik yang berjarak dekat lalu titik yang tersisa diberi identitas sebagai node. Selanjutnya, pasangan *node* yang terhubung oleh jalur jalan dipetakan sebagai *edge* kandidat. Setiap *node* yang telah ditentukan kemudian diambil koordinatnya untuk dihitung jarak antar *node* dengan menggunakan rumus *Haversine*. Nilai tersebut kemudian menjadi bobot untuk setiap *edge* pada graf.

2.4.3 Implementasi Algoritma Kruskal

Tahapan implementasi algoritma Kruskal dilakukan setelah semua *node* serta *edge* serta bobot jaraknya telah dibuat di fase pra-pemrosesan. Tahapan implementasi algoritma Kruskal dilakukan dalam berberapa langkah penting berikut ini. Awalnya dilakukan pengurutan semua *edge* berdasarkan bobot jaraknya yang dijadikan kunci pengambil keputusan pada langkah berikutnya. Setelah itu dilakukan perhitungan dengan algoritma Kruskal untuk membangun struktur MST dengan cara mengambil *edge* terkecil bertahap jika *edge* itu tidak melintasi suatu *cycle*.

Seluruh proses tersebut akan diimplementasikan dalam aplikasi web berbasis reactJS. Sistem ini memiliki input berupa *file* graf awal dalam format GeoJSON. File GeoJSON tersebut di-*parse* untuk diekstrak seluruh *node* dan *edge*-nya. Setelah data berhasil di-*load* maka dilakukan proses perhitungan dengan algoritma Kruskal. Aplikasi web ini mampu menampilkan graf awal serta graf hasil penggunaan algoritma Kruskal. Hasil perhitungan MST dari algoritma di atas akan divisualisasikan dalam sebuah peta jaringan agar pengguna melihat hasil optimasi dari graf.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

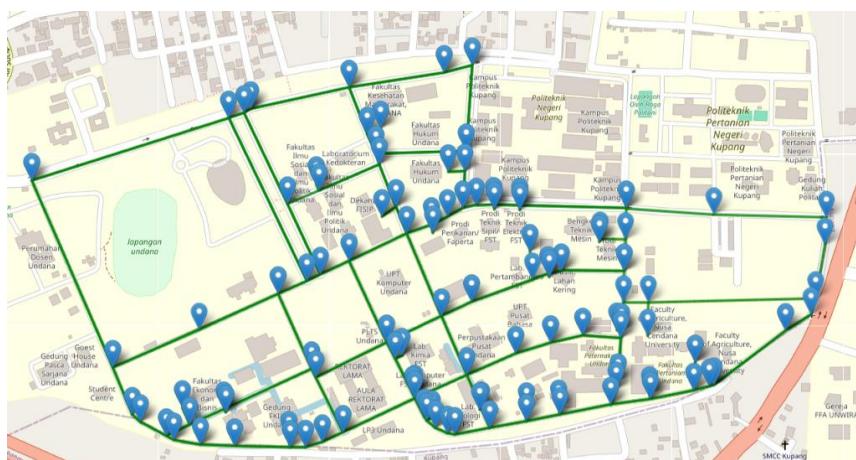
Peneliti menetapkan 23 titik dalam area Universitas Nusa Cendana sebagai titik dalam perancangan jaringan pipa distribusi air Universitas Nusa Cendana yang terdiri dari 1 titik sumber air dan 22 titik tujuan.. Berikut adalah daftar titik yang telah ditentukan oleh peneliti:

Tabel 1. Titik Distribusi Pipa Air

NO	Titik	Longitude	Latitude
1	T.ARSITEKTUR	123.6683873762837	-10.154678849799964
2	T.MESIN	123.66919504771903	-10.15412480062156

3	T.TAMBANG	123.66807786936533	-10.154272638065834
4	FKM	123.66568696979249	-10.152338867706149
5	FISIP	123.66570375486464	-10.153724365755963
6	FKKH	123.66465746689369	-10.153213308691377
7	T.ELEKTRO	123.66791103872322	-10.153625904945699
8	T.SIPIL	123.66750435688374	-10.153611435813986
9	HUKUM	123.66676258252448	-10.153017286133164
10	KEHUTANAN	123.67072209058051	-10.156020372322672
11	PETERNAKAN	123.66947262289386	-10.155514323041672
12	PERTANIAN	123.6699583433645	-10.15561237551681
13	FPKP	123.663198657429	-10.156814237378256
14	FKIP 2	123.663198657429	-10.156814237378256
15	KIMIA	123.6660297018563	-10.155912250448907
16	FEB	123.66250843591786	-10.156737109486087
17	FKIP 1	123.66420966361022	-10.157224347311484
18	ILKOM-BIOLOGI	123.66726738011732	-10.156772850089666
19	MATEMATIKA	123.66623139733218	-10.156498831262326
20	FISIKA	123.66650304036733	-10.156901251692148
21	FARMASI	123.6685339876924	-10.156732423467659
22	SUMBER AIR	123.66801736218173	-10.156767056511
23	ARGOTEK	123.6699583433645	-10.15561237551681

Titik-titik tersebut kemudian dibuat ke dalam graf atau himpunan node yang berisi sumber air, seluruh titik program studi, dan titik persimpangan yang relevan, beserta seluruh edge yang membentuk opsi jalur realistik di sepanjang jalan kampus. Graf dibuat menggunakan GeoJSON yang kemudian selanjutnya menjadi input bagi proses optimasi menggunakan Algoritma Kruskal.



Gambar 2. Himpunan Titik dan Jalur Awal (Graf)

Peneliti membangun aplikasi web sederhana untuk secara otomatis dan efisien menghitung jarak terpendek pada graf menggunakan algoritma Kruskal serta memberikan visualisasi secara langsung pada peta di dalam aplikasi web tersebut. Aplikasi web ini bisa diakses lewat: <https://kruskal-analisis-algo.vercel.app>. Graf yang sudah dibuat pada proses sebelumnya kemudian di-import ke dalam aplikasi web yang telah dibuat di mana akan secara langsung diproses dengan algoritma Kruskal untuk menemukan jalur terpendek dari titik awal sumber air ke setiap titik gedung fakultas dan program studi yang telah ditentukan. Hasil dari perhitungan dan visualisasi oleh aplikasi web yang dibangun dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Denah Hasil Perancangan Jaringan Pipa Distribusi Air Universitas Nusa Cendana

Hasil dari implementasi algoritma Kruskal dalam perancangan jaringan pipa distribusi air bertujuan untuk menemukan total jalur terpendek secara lebih akurat dari titik awal sumber air menuju setiap titik fakultas dan program studi Universitas Nusa Cendana yang telah ditentukan. Diharapkan dengan simulasi yang dilakukan, rancangan jaringan pipa yang dihasilkan dapat menjadi alternatif solusi distribusi air bersih yang lebih efisien dibandingkan metode distribusi manual menggunakan truk tangki. Selain mampu meminimalkan total panjang pipa, hasil perancangan ini juga memberikan gambaran visual yang jelas mengenai konfigurasi jaringan distribusi air di lingkungan kampus, sehingga dapat digunakan sebagai dasar perencanaan pembangunan infrastruktur air bersih secara bertahap dan berkelanjutan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Implementasi algoritma Kruskal untuk perancangan jaringan pipa distribusi air Universitas Nusa Cendana berhasil menunjukkan efektifitas dalam menghitung jarak terpendek dari sumber air ke setiap gedung fakultas dan program studi yang telah ditentukan. Dari total 22 titik tujuan, penelitian berhasil menemukan jaringan pipa optimal pada 3,446.90 meter. Penelitian ini membuktikan bahwa algoritma Kruskal dapat diimplementasikan secara efektif untuk perancangan jaringan pipa distribusi air dan perancangan serupa untuk mengoptimalkan jaringan berbasis graf. Selain menghasilkan rancangan jalur pipa, penelitian ini juga berhasil mengimplementasikan hasil perancangan dalam bentuk aplikasi web yang memungkinkan visualisasi jalur jaringan secara terbuka yang dapat diakses pada: <https://kruskal-analisis-algo.vercel.app>.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, khususnya dalam penggunaan bobot jarak sebagai satu-satunya parameter optimasi, tanpa memasukkan faktor elevasi, biaya konstruksi, atau tekanan hidraulik secara rinci. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan model optimasi multi-parameter agar hasil perancangan dapat lebih mendekati kondisi implementasi nyata di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Mildawati and A. S. Putra, "Analisis Kebutuhan Air Bersih dan Sistem Penyediaan Air Bersih di Institut Teknologi Sumatera," *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*, vol. 3, no. 2, pp. 75–84, 2021, doi: 10.21831/jri.v3i2.42471.
- [2] K. F. Sulistyan, D. B. Irianto, and Y. L. Imanda, "Perencanaan Jaringan Pipa Pembawa Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Bersih Desa Purwosekar, Kabupaten Malang, Jawa Timur," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur (SENTIKUIN)*, vol. 7, 2024.
- [3] Yosua Mangapul Situmorang and Abil Mansyur, "Pengoptimalan Jaringan Pipa Primer PDAM Tirtanadi cabang Tuasan Dengan menggunakan algoritma kruskal," *JURNAL RISET RUMPUT MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM*, vol. 2, no. 2, pp. 225–237, Jul. 2023. doi:10.55606/jurrimipa.v2i2.1613
- [4] Q. A. Ar Ruhimat, S. Slamin, and A. Malinda, "Efektivitas algoritma Kruskal Dalam mengoptimalkan Jalur Terpendek Pada Jaringan intranet," *JSN : Jurnal Sains Natural*, vol. 2, no. 3, pp. 59–67, Jun. 2024. doi:10.35746/jsn.v2i3.546

- [5] G. Gunawan and M. I. Cahyani, “Penerapan Algoritma Kruskal Dalam Mencari Lokasi anjungan tunai Mandiri Bank Rakyat Indonesia Cabang Bengkulu Berbasis Android,” *Journal of Technopreneurship and Information System (JTIS)*, vol. 1, no. 2, pp. 44–49, Jul. 2018. doi:10.36085/jtis.v1i2.31
- [6] D. Sulaiman, “Penerapan Algoritma Kruskal Pada Jaringan Kabel di Tanjung Selor,” *Wahana Matematika dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya*, vol. 15, no. 2, Aug. 2021.
- [7] Azizatul Mualimah and Aris Fanani, “Penggunaan Algoritma Kruskal Dalam Jaringan Pipa Pendistribusian Air Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Dharma Lamongan”, *J. Algebra*, vol. 1, no. 2, pp. 150–156, Aug. 2020.
- [8] N. Made Ayu Ulandari, A. Amrullah, J. Junaidi, and S. Subarinah, “Implementasi algoritma Kruskal Dalam menentukan Rute Terdekat Pada tempat pariwisata di Daerah Lombok Tengah,” *Griya Journal of Mathematics Education and Application*, vol. 1, no. 4, pp. 578–589, Dec. 2021. doi:10.29303/griya.v1i4.117
- [9] D. S. Pratama and F. Anggraini, “Perbandingan Algoritma Prim dan Kruskal dalam Optimasi Jaringan Pipa Air Bersih,” *Jurnal Informatika dan Sains Terapan*, vol. 5, no. 1, pp. 33–41, 2022.
- [10] R. Wibowo and T. Hidayat, “Implementasi Algoritma Dijkstra dan Kruskal dalam Sistem Distribusi Air Bersih,” *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 9, no. 2, pp. 145–154, 2023.