

IMPLEMENTASI ALGORITMA PRIM UNTUK OPTIMASI PANJANG PIPA PADA SISTEM DISTRIBUSI AIR BERSIH DI DESA BANTERAN

Shafira Zakiatul Faizah¹, Dwiani Listya Kartika², Ambar Winarni³

Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto^{1,2,3}

Email: shafirazakiatul13@gmail.com¹, dwianikartika@gmail.com²,
a.winarni@unupurwokerto.ac.id³

Corresponding Author: Shafira Zakiatul Faizah email: shafirazakiatul13@gmail.com

Abstrak. Air bersih merupakan kebutuhan penting bagi kehidupan semua makhluk hidup, termasuk manusia. Namun, dengan bertambahnya jumlah penduduk dan aktivitas manusia yang semakin padat jumlah pasokan air bersih semakin terbatas, salah satunya akibat pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Untuk mengatasi masalah ini, distribusi air yang efisien menjadi sangat penting. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem distribusi air bersih di Desa Banteran, Kecamatan Sumbang, dengan penerapan algoritma Prim yang termasuk dalam teori graf. Algoritma Prim digunakan untuk menentukan pohon merentang minimum (Minimum Spanning Tree/MST) dalam jaringan pipa distribusi, yang bertujuan untuk mengurangi panjang pipa, biaya, dan waktu yang dibutuhkan. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan analisis kuantitatif dengan mengumpulkan data panjang dan rute pipa dari KPS PAM Tirta Wening Desa Banteran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan algoritma Prim dapat meminimalkan panjang pipa sebesar 3.870 meter, dari total panjang awal 14.890 meter menjadi 11.020 meter. Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi air menjadi lebih efisien dan biaya pembangunan pipa lebih hemat, serta memberikan kontribusi bagi perbaikan sistem distribusi air bersih di Desa Banteran.

Kata Kunci: Distribusi Air, Optimasi Jaringan Pipa, Algoritma Prim.

Abstract. Clean water is an essential resource for all living beings, including humans. However, with the increasing population and human activities, the availability of clean water is becoming more limited, partly due to pollution caused by human activities. Efficient water distribution is a critical solution to address this issue. This research focuses on enhancing the clean water distribution system in Banteran Village, Sumbang District, by utilizing Prim's algorithm, a method derived from graph theory. Prim's algorithm is used to determine the Minimum Spanning Tree (MST) in the pipeline network, which aims to reduce pipeline length, costs, and time required. The research method uses a quantitative analysis approach, collecting data on pipeline lengths and routes from KPS PAM Tirta Wening in Banteran Village. The results of the study show that by applying Prim's algorithm, the pipeline length can be minimized by 3,870 meters, from an initial total of 14,890 meters to 11,020 meters. This result demonstrates that water distribution becomes more efficient and the cost of pipeline construction is reduced, contributing to the improvement of the clean water distribution system in Banteran Village.

Keywords: Water Distribution, Pipeline Optimization, Prim's Algorithm.

A. Pendahuluan

Bagi semua makhluk hidup termasuk manusia, air sangatlah penting. Karena hampir setiap aktivitas manusia membutuhkan air, jumlah air yang dibutuhkan akan meningkat setiap tahunnya seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Salah satu hal yang menyebabkan berkurangnya pasokan air bersih adalah banyaknya aktivitas manusia yang mencemari air. Untuk mengatasi kendala tersebut, air bersih harus didistribusikan ke berbagai lokasi yang membutuhkannya (Situmorang & Mansyur, 2023). Salah satu perusahaan yang mengelola pendistribusian air bersih adalah Kelompok Pengelola Sanitasi Penyedia Air Minum (KPS PAM) Tirta Wening di Desa Banteran, Kecamatan Sumbang. KPS PAM Tirta Wening ini



adalah perusahaan yang dikelola oleh Pemerintah Desa Banteran yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat Desa Banteran. Namun, distribusi air bersih di Desa Banteran masih menghadapi berbagai kendala. Sebagian besar penduduk bergantung pada sumber air alami seperti sumur atau sungai yang ketersediaannya tidak selalu mencukupi, terutama saat musim kemarau. Meskipun KPS PAM berperan sebagai pengelola distribusi air, aliran air masih sering mengalami gangguan atau kemacetan di beberapa titik wilayah sehingga kebutuhan air bersih masyarakat belum sepenuhnya terpenuhi secara optimal.

Dalam hal pendistribusian perlu disertai dengan penentuan rute yang tepat agar proses distribusi dapat berjalan secara optimal. Perusahaan memiliki banyak pilihan rute dalam menjalankan distribusi yang menyebabkan dalam jarak tempuh, biaya, dan waktu yang diperlukan berbeda-beda. Oleh karena itu, diperlukan metode yang mampu menganalisis proses distribusi untuk meminimalkan jarak, biaya, waktu, serta tenaga yang dibutuhkan (Widyastiti & Sumarsa, 2024). Jaringan pipa distribusi KPS PAM Tirta Wening di Desa Banteran, Kecamatan Sumbang, hingga saat ini masih menggunakan konsep yang sangat mendasar, seperti kurangnya perhitungan terperinci untuk memaksimalkan pembangunan jaringan pipa. Maka, Permasalahan dalam pendistribusian air ini adalah bagaimana menentukan metode yang tepat untuk memastikan jaringan distribusi air dapat mencapai semua konsumen dengan penggunaan panjang pipa yang paling efisien, sehingga distribusi air dapat dilakukan secara optimal tanpa pemborosan. Kasus kegagalan dalam sistem distribusi air akibat kurangnya perencanaan terperinci telah ditemukan di beberapa wilayah, salah satunya adalah kondisi jaringan distribusi air PDAM Pusat Kabupaten Sambas yang masih menghadapi berbagai permasalahan, di antaranya keterbatasan jaringan pipa yang belum mampu memenuhi kebutuhan di wilayah pelayanan, tingginya tingkat kebocoran yang sulit terdeteksi, serta aliran air yang tidak dapat berlangsung secara kontinu (Argono, 2015).

Teori graf sebagai cabang ilmu matematika dapat diterapkan untuk membangun sistem jaringan pipa air bersih yang optimal. Hubungan antara objek dengan garis ditunjukkan menggunakan graf. Dalam konteks ini, graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan $(V(G), E(G))$, dimana $V(G)$ merupakan himpunan tidak kosong yang berisi simpul-simpul (*vertex*), sementara $E(G)$ adalah himpunan sisi (*edge*) yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. Graf yang terhubung, tidak berarah, dan berbobot digunakan untuk menggambarkan jaringan pipa air yang terpasang. Bobot setiap sisi menunjukkan panjang pipa dan titik sudut mewakili ujung pipa (Ilahy, Ahmad, & Hartono, 2023). Graf terhubung yang tidak memiliki siklus disebut pohon (*tree*). Dengan kata lain, pohon adalah graf terhubung yang bebas dari siklus (*cycle*). Karena tidak memiliki siklus, pohon dengan n simpul akan memiliki $n-1$ sisi. Sebuah pohon dapat dibentuk dari graf terhubung dan dikenal sebagai pohon rentang (*spanning tree*). Sebuah graf terhubung dapat memiliki beberapa pohon rentang. (Sumardi, Afrania, & Panggabean, 2021).

Studi mengenai pohon merentang minimum (*Minimum Spanning Tree/MST*) bertujuan untuk menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan bobot minimum pada suatu graf. Masalah ini dapat diselesaikan dengan tepat menggunakan beberapa algoritma, seperti algoritma Kruskal, Prim, dan Sollin. Algoritma-algoritma ini sering digunakan dalam memecahkan masalah optimasi MST di dunia nyata, seperti dalam pembangunan jalan antar lokasi dengan jarak terpendek, penentuan rute dengan biaya terendah, serta optimasi jaringan kabel listrik. (Alisah & Ulum, 2018). Setiap algoritma memiliki metode kerja yang berbeda, sedangkan algoritma Sollin memadukan konsep dari algoritma Kruskal dan Prim dalam proses kerjanya (Anggraeni, 2015). Namun, berbeda dengan algoritma Kruskal yang fokus pada bobot sisi graf, algoritma Prim lebih berfokus pada simpul-simpul dalam graf. Algoritma Kruskal bekerja paling baik ketika graf memiliki banyak simpul dan sedikit sisi. Sebaliknya algoritma Prim bekerja paling baik ketika graf memiliki banyak sisi dan sedikit simpul (Sari, Widyasari, & Marpaung, 2023). Karena sistem distribusi air bersih di Desa Banteran memiliki banyak aspek



kompleksitas terutama pada sisinya yang perlu dianalisis secara mendalam, maka dalam penelitian ini dipilih metode algoritma Prim sebagai pendekatan untuk menemukan solusi optimal dalam perencanaan dan pengelolaan jaringan distribusi air bersih yang efisien.

Algoritma Prim dikenal sebagai salah satu pendekatan yang efektif untuk menemukan pohon rentang minimum (MST) pada graf berbobot (Nugraha, 2011). Algoritma Prim lebih efektif dibandingkan algoritma Kruskal karena setiap langkahnya selalu menambahkan sisi yang membentuk pohon rentang minimum, sedangkan algoritma Kruskal seringkali ditemukan bahwa pengoperasian tersebut hanya tidak menghasilkan apa-apa atau menjadi sia-sia (Prima, 2009). Penelitian lainnya membuktikan algoritma Prim lebih cepat dalam menentukan rute optimal (Ramadhan, Zarlis, Efendi, Putera, & Siahaan, 2018). Dan terbukti bahwa algoritma Prim dapat digunakan untuk pengoptimalan jaringan pipa (Rembulan, Luin, Julianto, & Septorino, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan panjang pipa pada sistem distribusi air bersih di Desa Banteran, Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas melalui implementasi algoritma Prim. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem distribusi air bersih yang lebih efisien dengan penggunaan panjang pipa yang optimal. Keberhasilannya akan diukur berdasarkan seberapa besar pengurangan panjang pipa yang digunakan setelah penerapan algoritma Prim dan penghematan biaya pemasangan. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perencanaan dan pengelolaan infrastruktur air bersih yang lebih efektif dan berkelanjutan.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di KPS PAM Tirta Wening Desa Banteran, Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas, pada November 2024. Objek kajian dalam penelitian ini yaitu implementasi algoritma Prim untuk optimasi panjang pipa pada sistem distribusi air bersih di Desa Banteran. Data yang dikumpulkan yaitu data bobot panjang dan rute jaringan pipa KPS PAM Tirta Wening Desa Banteran.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis kuantitatif, yang berfokus pada pengolahan data numerik untuk memperoleh hasil yang objektif dan terukur. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan berbagai pendekatan, dimulai dengan wawancara mendalam bersama petugas lapangan yang terlibat langsung dalam kegiatan pemasangan jaringan pipa. Wawancara ini bertujuan untuk mendapatkan informasi yang lebih rinci mengenai jalur pipa yang telah dipasang, serta tantangan yang dihadapi selama proses tersebut. Untuk memperoleh informasi yang lebih lengkap mengenai jalur pipa, peneliti juga berusaha mendapatkan gambaran visual jalur pipa yang telah terpasang, berupa sketsa yang disediakan oleh pihak KPS PAM yang kemudian digambar ulang oleh peneliti untuk meningkatkan kejelasan dan akurasi guna memperoleh informasi yang lebih lengkap. Penelitian ini juga memanfaatkan teknologi internet sebagai sumber informasi tambahan, serta menelusuri berbagai literatur yang relevan, seperti jurnal ilmiah dan referensi lainnya yang membahas topik terkait dengan pengelolaan dan pengoptimalan jaringan pipa.

Berikut adalah tahapan-tahapan dalam mengimplementasikan algoritma Prim setelah memilih simpul awal :

1. Pilih sisi dengan bobot terkecil dari graf G dan masukkan ke dalam T (pohon).
2. Pilih sisi (u,v) dengan bobot terkecil yang terhubung dengan simpul di T , tetapi pastikan (u,v) tidak membentuk sirkuit dalam T . Tambahkan sisi tersebut ke T .
3. Ulangi langkah kedua sebanyak $n-2$ kali.

Total langkah yang diperlukan dalam algoritma Prim adalah $1+(n-2) = n-1$, yang sesuai dengan jumlah sisi pada pohon merentang dengan n simpul (Syahputra, 2016). Dalam hal ini pasangan (u,v) adalah sisi atau *edge* dalam graf, u menunjukkan simpul (*vertex*) awal dari sisi dan v menunjukkan simpul (*vertex*) akhir dari sisi.



C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

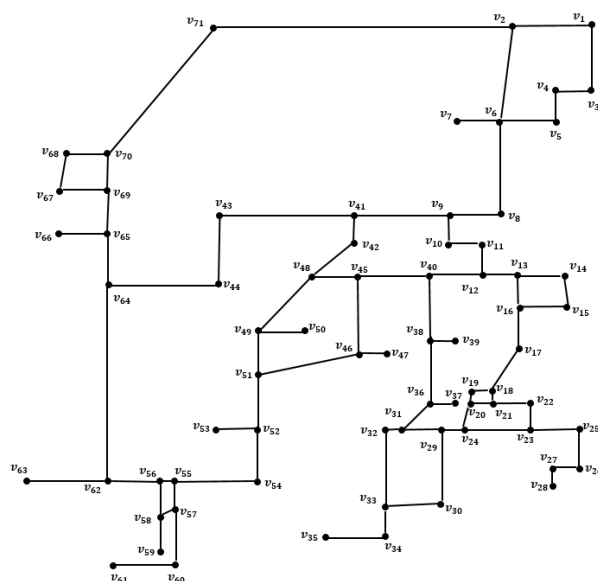
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bobot panjang jaringan pipa primer KPS PAM Tirta Wening di Desa Banteran. Dalam penelitian ini, panjang pipa hanya mencakup ujung jalan atau ujung pipa yang tidak langsung terhubung kepada pelanggan. Ujung pipa diasumsikan sebagai *vertex* (v), badan pipa atau sisi yang menghubungkan ujung pipa diasumsikan sebagai *edge* (e) dan bobot panjang pipa merepresentasikan jarak antar ujung pipa. Kemudian, ditentukan simpul (*vertex*) dinotasikan dengan $v_1, v_2, v_3, \dots, v_{71}$ dan sisi (*edge*) dinotasikan dengan $e_1, e_2, e_3, \dots, e_{82}$. Data yang diperoleh telah disusun dalam Tabel 1 dan Gambar 1 berikut.

Tabel 1. Data panjang pipa primer KPS PAM Tirta Wening Desa Banteran

Sisi	Simpul yang dihubungkan	Bobot Panjang Pipa (m)
e_1	$v_1 - v_2$	270
e_2	$v_1 - v_3$	200
e_3	$v_3 - v_4$	140
e_4	$v_4 - v_5$	110
e_5	$v_5 - v_6$	180
e_6	$v_2 - v_6$	320
e_7	$v_6 - v_7$	130
e_8	$v_6 - v_8$	310
e_9	$v_8 - v_9$	170
e_{10}	$v_9 - v_{10}$	90
e_{11}	$v_9 - v_{41}$	320
e_{12}	$v_{10} - v_{11}$	100
e_{13}	$v_{11} - v_{12}$	100
e_{14}	$v_{12} - v_{13}$	120
e_{15}	$v_{12} - v_{40}$	170
e_{16}	$v_{13} - v_{14}$	140
e_{17}	$v_{14} - v_{15}$	100
e_{18}	$v_{13} - v_{16}$	100
e_{19}	$v_{15} - v_{16}$	180
e_{20}	$v_{16} - v_{17}$	150
e_{21}	$v_{17} - v_{18}$	130
e_{22}	$v_{18} - v_{19}$	70
e_{23}	$v_{19} - v_{20}$	20
e_{24}	$v_{20} - v_{21}$	70
e_{25}	$v_{18} - v_{21}$	30
e_{26}	$v_{21} - v_{22}$	130
e_{27}	$v_{22} - v_{23}$	80
e_{28}	$v_{20} - v_{24}$	110
e_{29}	$v_{23} - v_{24}$	230
e_{30}	$v_{23} - v_{25}$	170
e_{31}	$v_{25} - v_{26}$	130
e_{32}	$v_{26} - v_{27}$	80
e_{33}	$v_{27} - v_{28}$	60
e_{34}	$v_{24} - v_{29}$	80
e_{35}	$v_{29} - v_{30}$	250
e_{36}	$v_{29} - v_{31}$	140
e_{37}	$v_{31} - v_{32}$	50
e_{38}	$v_{32} - v_{33}$	260
e_{39}	$v_{30} - v_{33}$	200
e_{40}	$v_{33} - v_{34}$	90
e_{41}	$v_{34} - v_{35}$	200
e_{42}	$v_{31} - v_{36}$	120
e_{43}	$v_{36} - v_{37}$	80
e_{44}	$v_{36} - v_{38}$	240
e_{45}	$v_{38} - v_{39}$	80



e_{46}	$v_{38} - v_{40}$	210
e_{47}	$v_{40} - v_{45}$	260
e_{48}	$v_{45} - v_{48}$	150
e_{49}	$v_{48} - v_{49}$	240
e_{50}	$v_{49} - v_{50}$	150
e_{51}	$v_{49} - v_{51}$	160
e_{52}	$v_{46} - v_{51}$	350
e_{53}	$v_{45} - v_{46}$	270
e_{54}	$v_{46} - v_{47}$	100
e_{55}	$v_{51} - v_{52}$	180
e_{56}	$v_{52} - v_{53}$	130
e_{57}	$v_{52} - v_{54}$	170
e_{58}	$v_{54} - v_{55}$	280
e_{59}	$v_{55} - v_{57}$	90
e_{60}	$v_{57} - v_{60}$	180
e_{61}	$v_{60} - v_{61}$	200
e_{62}	$v_{58} - v_{59}$	100
e_{63}	$v_{57} - v_{58}$	70
e_{64}	$v_{56} - v_{58}$	110
e_{65}	$v_{55} - v_{56}$	40
e_{66}	$v_{56} - v_{62}$	170
e_{67}	$v_{62} - v_{63}$	270
e_{68}	$v_{62} - v_{64}$	670
e_{69}	$v_{44} - v_{64}$	370
e_{70}	$v_{43} - v_{44}$	230
e_{71}	$v_{41} - v_{43}$	450
e_{72}	$v_{41} - v_{42}$	90
e_{73}	$v_{42} - v_{48}$	180
e_{74}	$v_{64} - v_{65}$	170
e_{75}	$v_{65} - v_{66}$	160
e_{76}	$v_{65} - v_{69}$	140
e_{77}	$v_{69} - v_{70}$	120
e_{78}	$v_{67} - v_{69}$	150
e_{79}	$v_{67} - v_{68}$	120
e_{80}	$v_{68} - v_{70}$	130
e_{81}	$v_{70} - v_{71}$	560
e_{82}	$v_2 - v_{71}$	1000
Jumlah		14890



Gambar 1 Graf jaringan pipa KPS PAM Tirta Wening Desa Banteran yang terpasang.



Selanjutnya, data graf jaringan pipa yang telah diperoleh tersebut akan dicari pohon merentang minimum (*Minimum Spanning Tree/MST*). Langkah-langkah pencarian MST dengan algoritma Prim sebagai berikut :

1. Proses penerapan algoritma Prim dimulai dengan memilih simpul awal v_1 dan sisi dengan bobot terkecil yang menghubungkan simpul tersebut, yaitu (v_1, v_3) dengan bobot 200, yang dimasukkan ke dalam T . Kemudian, sisi-sisi yang terhubung dengan simpul tersebut dipilih secara berurutan : (v_3, v_4) bobot 140; (v_4, v_5) bobot 110; (v_5, v_6) bobot 180; dan (v_6, v_7) bobot 130. Semua dimasukkan ke dalam T . Sementara sisi (v_2, v_6) dengan bobot 320 dihindari karena akan membentuk sirkuit.
2. Selanjutnya, (v_6, v_8) bobot 310 dipilih dan dimasukkan ke dalam T , diikuti oleh sisi (v_8, v_9) ; (v_9, v_{10}) ; (v_{10}, v_{11}) ; (v_{11}, v_{12}) ; (v_{12}, v_{13}) ; (v_{13}, v_{18}) ; (v_{13}, v_{14}) ; dan (v_{14}, v_{15}) secara berurutan dengan bobot masing-masing 170, 90, 100, 100, 120, 100, 140, dan 100 yang juga terhubung, memiliki bobot terkecil, dan tidak membentuk sirkuit. Kemudian, (v_{12}, v_{40}) bobot 170 dipilih terlebih dahulu dan dimasukkan ke dalam T karena lebih kecil dibandingkan (v_{15}, v_{16}) bobot 180 yang tidak dipilih karena membentuk sirkuit.
3. Proses berlanjut dengan memilih sisi (v_{16}, v_{17}) bobot 150 dan dimasukkan ke T , diikuti oleh (v_{17}, v_{18}) bobot 130 dan (v_{18}, v_{21}) bobot 30. Kemudian, karena (v_{18}, v_{19}) dan (v_{20}, v_{21}) memiliki bobot yang sama yaitu 70, sisi (v_{18}, v_{19}) dipilih terlebih dahulu, diikuti oleh (v_{19}, v_{20}) bobot 20 dan dimasukkan ke T . Berikutnya, sisi (v_{20}, v_{24}) bobot 110 dan (v_{24}, v_{29}) bobot 80 dipilih dan dimasukkan ke T , diikuti oleh (v_{21}, v_{22}) bobot 130 yang lebih kecil dari (v_{29}, v_{31}) bobot 140. Sementara itu, (v_{20}, v_{21}) bobot 70 dan (v_{23}, v_{24}) bobot 230 tidak dipilih dan tidak dimasukkan ke T karena menyebabkan terbentuknya sirkuit.
4. Setelah itu, berpindah ke sisi (v_{22}, v_{23}) bobot 80 dipilih, diikuti oleh (v_{29}, v_{31}) ; (v_{31}, v_{32}) ; (v_{31}, v_{36}) ; dan (v_{36}, v_{37}) masing-masing dengan bobot 140, 50, 120, dan 80 juga dimasukkan ke dalam T . Pemilihan berlanjut ke sisi (v_{23}, v_{25}) bobot 170; (v_{25}, v_{26}) bobot 120; (v_{26}, v_{27}) bobot 80; dan (v_{27}, v_{28}) bobot 60 dimasukkan ke dalam T .
5. Selanjutnya, sisi (v_{38}, v_{40}) bobot 210 dipilih terlebih dahulu diantara sisi lainnya yang memiliki bobot lebih besar yaitu (v_{29}, v_{30}) bobot 250 dan (v_{32}, v_{33}) bobot 260. Kemudian, (v_{38}, v_{39}) bobot 80 dipilih dan dimasukkan ke T . sementara sisi (v_{36}, v_{38}) bobot 240 tidak dipilih karena membentuk sirkuit. Berlanjut ke sisi (v_{29}, v_{30}) ; (v_{30}, v_{33}) ; (v_{33}, v_{34}) ; dan (v_{34}, v_{35}) dipilih dan dimasukkan ke T , dengan bobot masing-masing 250, 200, 90, dan 200. Sedangkan sisi (v_{32}, v_{33}) tidak dipilih karena menyebabkan sirkuit.
6. Algoritma ini berlanjut dengan memilih sisi (v_{40}, v_{45}) berbobot 260, diikuti oleh (v_{45}, v_{48}) bobot 150; (v_{42}, v_{48}) bobot 180; dan (v_{41}, v_{42}) bobot 90 yang saling terhubung dan dimasukkan ke T . Sementara itu, sisi (v_9, v_{41}) bobot 320 tidak dipilih karena akan menyebabkan sirkuit.
7. Sisi yang dipilih selanjutnya dan dimasukkan ke T yaitu (v_{48}, v_{49}) berbobot 240, diikuti oleh (v_{49}, v_{50}) bobot 150, (v_{49}, v_{51}) bobot 160, (v_{51}, v_{52}) bobot 180, (v_{52}, v_{53}) bobot 130, dan (v_{52}, v_{54}) bobot 170 yang saling terhubung dan tidak membentuk sirkuit. Pemilihan berlanjut ke sisi (v_{45}, v_{46}) bobot 270 dan (v_{46}, v_{47}) bobot 100, sedangkan sisi (v_{46}, v_{51}) dengan bobot 350 tidak dipilih karena memiliki bobot terbesar dan menyebabkan terbentuknya sirkuit.
8. Kemudian berlanjut ke sisi (v_{54}, v_{55}) berbobot 280 yang dipilih karena simpul tersebut terhubung dengan simpul di T . Pilihan berikutnya dilakukan secara berurutan pada sisi (v_{55}, v_{56}) bobot 40; (v_{55}, v_{57}) bobot 90; (v_{57}, v_{58}) bobot 70; (v_{58}, v_{59}) bobot 100; (v_{56}, v_{62}) bobot 170; (v_{57}, v_{60}) bobot 180; (v_{60}, v_{61}) bobot 200; dan (v_{52}, v_{54}) bobot



270 karena saling terhubung dan tidak membentuk sirkuit. Sisi yang dipilih dimasukkan ke T . Sedangkan, sisi (v_{56}, v_{58}) bobot 110 tidak dipilih karena akan membentuk sirkuit.

9. Selanjutnya, berpindah ke sisi (v_{41}, v_{43}) berbobot 450 dipilih karena menghubungkan simpul di T . Proses dilanjutkan dengan memilih sisi (v_{43}, v_{44}) bobot 230 dan (v_{44}, v_{64}) bobot 370 lalu dimasukkan ke T . Namun, sisi (v_{62}, v_{64}) dengan bobot 470 tidak dipilih karena akan membentuk sirkuit.
10. Setelah itu, sisi (v_{64}, v_{65}) berbobot 170 dipilih dan dimasukkan ke T . Langkah ini diikuti dengan pemilihan sisi (v_{65}, v_{69}) bobot 140; (v_{69}, v_{70}) bobot 120; (v_{68}, v_{70}) bobot 130; (v_{67}, v_{68}) bobot 120; dan (v_{65}, v_{66}) dengan bobot 160 karena saling terhubung dan tidak menyebabkan terbentuknya sirkuit. Sementara itu, (v_{67}, v_{69}) dengan bobot 150 tidak dipilih karena akan membentuk sirkuit. Terakhir, sisi (v_{70}, v_{71}) berbobot 560 dipilih. Sedangkan, sisi (v_2, v_{71}) dengan bobot 1000 tidak dipilih karena akan membentuk sirkuit.

Hasil implementasi algoritma Prim pada jaringan pipa air bersih KPS PAM Tirta Wening Desa Banteran yang diperoleh dari proses diatas disusun pada Tabel 2 dan Gambar 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Data panjang pipa primer KPS PAM Tirta Wening Desa Banteran hasil implementasi algoritma Prim

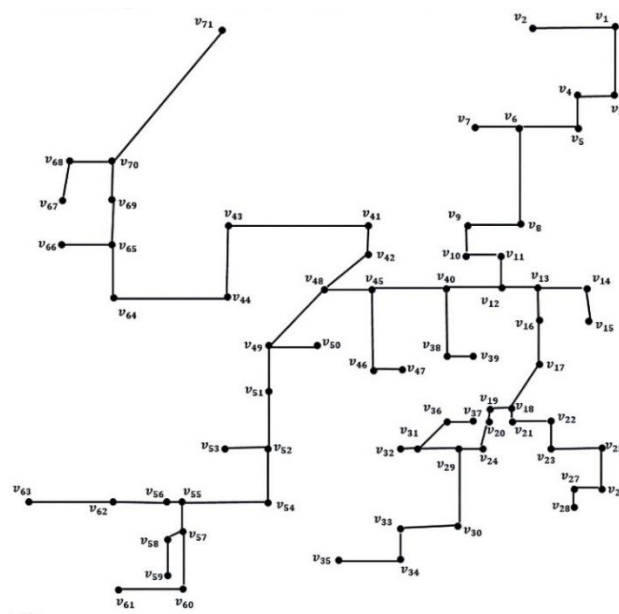
Sisi	Simpul yang dihubungkan	Bobot Panjang Pipa (m)
e_1	$v_1 - v_2$	270
e_2	$v_1 - v_3$	200
e_3	$v_3 - v_4$	140
e_4	$v_4 - v_5$	110
e_5	$v_5 - v_6$	180
e_7	$v_6 - v_7$	130
e_8	$v_6 - v_8$	310
e_9	$v_8 - v_9$	170
e_{10}	$v_9 - v_{10}$	90
e_{12}	$v_{10} - v_{11}$	100
e_{13}	$v_{11} - v_{12}$	100
e_{14}	$v_{12} - v_{13}$	120
e_{15}	$v_{12} - v_{40}$	170
e_{16}	$v_{13} - v_{14}$	140
e_{17}	$v_{14} - v_{15}$	100
e_{18}	$v_{13} - v_{16}$	100
e_{20}	$v_{16} - v_{17}$	150
e_{21}	$v_{17} - v_{18}$	130
e_{22}	$v_{18} - v_{19}$	70
e_{23}	$v_{19} - v_{20}$	20
e_{25}	$v_{18} - v_{21}$	30
e_{26}	$v_{21} - v_{22}$	130
e_{27}	$v_{22} - v_{23}$	80
e_{28}	$v_{20} - v_{24}$	110
e_{30}	$v_{23} - v_{25}$	170
e_{31}	$v_{25} - v_{26}$	130
e_{32}	$v_{26} - v_{27}$	80
e_{33}	$v_{27} - v_{28}$	60
e_{34}	$v_{24} - v_{29}$	80
e_{35}	$v_{29} - v_{30}$	250
e_{36}	$v_{29} - v_{31}$	140
e_{37}	$v_{31} - v_{32}$	50
e_{39}	$v_{30} - v_{33}$	200
e_{40}	$v_{33} - v_{34}$	90
e_{41}	$v_{34} - v_{35}$	200



e_{42}	$v_{31} - v_{36}$	120
e_{43}	$v_{36} - v_{37}$	80
e_{45}	$v_{38} - v_{39}$	80
e_{46}	$v_{38} - v_{40}$	210
e_{47}	$v_{40} - v_{45}$	260
e_{48}	$v_{45} - v_{48}$	150
e_{49}	$v_{48} - v_{49}$	240
e_{50}	$v_{49} - v_{50}$	150
e_{51}	$v_{49} - v_{51}$	160
e_{53}	$v_{45} - v_{46}$	270
e_{54}	$v_{46} - v_{47}$	100
e_{55}	$v_{51} - v_{52}$	180
e_{56}	$v_{52} - v_{53}$	130
e_{57}	$v_{52} - v_{54}$	170
e_{58}	$v_{54} - v_{55}$	280
e_{59}	$v_{55} - v_{57}$	90
e_{60}	$v_{57} - v_{60}$	180
e_{61}	$v_{60} - v_{61}$	200
e_{62}	$v_{58} - v_{59}$	100
e_{63}	$v_{57} - v_{58}$	70
e_{65}	$v_{55} - v_{56}$	40
e_{66}	$v_{56} - v_{62}$	170
e_{67}	$v_{62} - v_{63}$	270
e_{69}	$v_{44} - v_{64}$	370
e_{70}	$v_{43} - v_{44}$	230
e_{71}	$v_{41} - v_{43}$	450
e_{72}	$v_{41} - v_{42}$	90
e_{73}	$v_{42} - v_{48}$	180
e_{74}	$v_{64} - v_{65}$	170
e_{75}	$v_{65} - v_{66}$	160
e_{76}	$v_{65} - v_{69}$	140
e_{77}	$v_{69} - v_{70}$	120
e_{79}	$v_{67} - v_{68}$	120
e_{80}	$v_{68} - v_{70}$	130
e_{81}	$v_{70} - v_{71}$	560

Jumlah

11020



Gambar 2 Graf jaringan pipa KPS PAM Tirta Wening Desa Banteran hasil implementasi algoritma Prim

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 2, hasil penelitian menunjukkan bahwa graf jaringan pipa KPS PAM Tirta Wening di Desa Banteran merupakan graf terhubung tanpa sirkuit, sehingga membentuk pohon merentang minimum. Struktur ini dicapai melalui penerapan algoritma Prim, yang secara efektif menentukan bobot minimum untuk setiap sisi yang menghubungkan simpul-simpul dalam graf jaringan tersebut.

Dalam penelitian ini, panjang jaringan pipa KPS PAM Tirta Wening yang awalnya 14.890 meter dapat dipangkas menjadi 11.020 meter melalui algoritma Prim, dengan pengurangan sebesar 3.870 meter dari total bobot sisi-sisi dalam pohon merentang minimum.

Pada pohon merentang minimum yang awalnya terdapat 82 sisi dengan menerapkan algoritma Prim dihapus 12 sisi yaitu $\{(v_2, v_6); (v_9, v_{41}); (v_{15}, v_{16}); (v_{20}, v_{21}); (v_{23}, v_{24}); (v_{32}, v_{33}); (v_{36}, v_{38}); (v_{46}, v_{51}); (v_{56}, v_{58}); (v_{62}, v_{64}); (v_{67}, v_{69}); (v_2, v_{71})\}$. Karena membentuk sirkuit yang menyebabkan pemborosan pada aliran air. Akibatnya, panjang pipa yang terpasang menjadi 11.020 meter dengan 71 titik dan 70 sisi. Proses ini memerlukan $n-1$ langkah, yaitu $71-1 = 70$, yang sesuai dengan jumlah sisi dalam pohon merentang minimum (MST). Hasil ini membuktikan keberhasilan algoritma Prim dalam membentuk pohon merentang minimum sesuai dengan karakteristik dasar pohon dalam teori graf.

Hasil penelitian ini mendukung penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh (Ilahy et al., 2023) dan (Sari et al., 2023), yang menunjukkan keunggulan algoritma Prim dalam merancang jaringan minimum. Kedua penelitian tersebut menyimpulkan bahwa algoritma Prim mampu secara signifikan mengurangi total bobot jaringan dalam sistem distribusi air. Namun, penelitian ini memberikan kontribusi baru dengan fokus pada implementasi algoritma Prim khusus untuk jaringan pipa air bersih di wilayah Desa Banteran, yang belum banyak dibahas dalam penelitian sebelumnya.

Manfaat penelitian ini yaitu jaringan pipa air bersih di Desa Banteran dapat dirancang menjadi lebih efisien, yang berdampak pada distribusi air yang lebih cepat dan merata serta penurunan biaya pemasangan. Estimasi biaya pemasangan dapat berkurang sekitar dari Rp 154.800.000 dengan harga pipa per meter sekitar Rp 40.000 sebagai hasil dari pengurangan panjang jaringan pipa sepanjang 3.870 meter. Jalur distribusi yang optimal tidak hanya memastikan pasokan air ke rumah tangga lebih stabil, tetapi juga mengurangi kehilangan air akibat pemangkasan panjang jaringan pipa. Selain itu, sistem yang lebih efisien mempermudah deteksi kebocoran, memungkinkan respons yang lebih cepat sehingga meningkatkan layanan air bersih. Efisiensi ini juga memungkinkan lebih banyak rumah tangga di Desa Banteran untuk mengakses air bersih, meningkatkan kualitas hidup dan sanitasi. Penelitian ini dapat menjadi model bagi daerah lain dalam merancang jaringan distribusi air yang lebih efisien. Metode yang digunakan dalam penelitian ini juga dapat diadaptasi di wilayah lain dengan karakteristik jaringan distribusi serupa, dengan uji coba menggunakan data panjang dan titik-titik jaringan pipa di wilayah tersebut.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa implementasi algoritma Prim pada jaringan pipa KPS PAM Tirta Wening di Desa Banteran dapat mengatasi masalah pendistribusian air secara efisien. Panjang jaringan pipa yang semula mencapai 14.890 meter dapat dioptimalkan menjadi 11.020 meter, dengan pengurangan sebesar 3.870 meter. Proses optimasi ini menghasilkan pohon merentang minimum (*Minimum Spanning Tree/MST*) yang terdiri atas 71 simpul dan 70 sisi, serta melibatkan penghapusan 12 sisi yang membentuk sirkuit dan berpotensi menyebabkan pendistribusian air tidak efisien.

Berdasarkan hasil penelitian, penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan faktor lain, seperti debit air dan kondisi geografis. Debit air penting untuk memastikan pasokan yang cukup, sedangkan analisis kondisi wilayah seperti kemiringan tanah



dapat membantu merencanakan rute pipa yang efisien. Dengan variabel-variabel ini, distribusi air bersih diharapkan lebih optimal dan sesuai kebutuhan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alisah, E., & Ulum, M. M. (2018). Konstruksi Extreme Point Deterministic Algorithm Melalui Algoritma Kruskal dan Algoritma Prim pada Masalah Multi-Criteria Minimum Spanning Tree. *Prosiding SI MaNIs (Seminar ...)*, 2(1), 10–18.
- Anggraeni, W. (2015). Aplikasi Algoritma Sollin Dalam Pencarian Pohon Perentang Minimum Provinsi Jawa Tengah. *Faktor Exacta*, 8(4), 381–391.
- Argono, I. (2015). Evaluasi Dan Perencanaan Pengembangan Jaringan Distribusi Pdam Pusat Kabupaten Sambas. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 3(1), 1–10.
- Ilahy, W. I., Ahmad, M., & Hartono, B. P. (2023). Optimasi Jaringan Distribusi Air di Desa Gombolharjo Menggunakan Algoritma Prim. *Journal of Mathematics Education and Science*, 6(2), 177–183.
- Ningsih, N. P. D. U., & Fitriyanto, M. N. (2021). Perbandingan Algoritma Prim, Kruskal, Dijkstra, Dan Floyd-Warshall Untuk Memecahkan Masalah Minimum Spanning Tress: Perancangan Pemasangan Pipa Saluran Air Bersih. *Bitnet: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 6(2), 17–24.
- Nugraha, D. W. (2011). Aplikasi Algoritma Prim untuk Menentukan Minimum Spanning Tree Suatu Graf Berbobot Berorientasi Objek. *Teknik Elektro UNTAD Palu*, 1(2), 70–79.
- Prasetyo, V. Z., Suyitno, A., & Mashuri. (2013). Penerapan Algoritma Dijkstra Dan Prim Pada Pendistribusian Air Di Pdam Kabupaten Demak. *UNNES Journal of Mathematics*, 5(3), 75–84.
- Prima, P. (2009). Membandingkan kemangkusan algoritma prim dan algoritma kruskal dalam pemecahan masalah pohon merentang minimum. *J Tek Info*, (13508047), 1–6.
- Ramadhan, Z., Zarlis, M., Efendi, S., Putera, A., & Siahaan, U. (2018). Perbandingan Algoritma Prim Dengan Algoritma Floyd-Warshall Dalam Menentukan Rute Terpendek (Shortest Path Problem). *Jurikom*, 5(2), 136–139.
- Rembulan, G. D., Luin, J. A., Julianto, V., & Septorino, G. (2020). Optimalisasi Panjang Jaringan Pipa Air Bersih di Dki Jakarta Menggunakan Minimum Spanning Tree. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 6(1), 75–87.
- Sari, R. F., Widyasari, R., & Marpaung, F. A. (2023). Optimasi Pemasangan Jalur Pipa Air Bersih Melalui Minimum Spanning Tree Dengan Algoritma Prim. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(1), 70–74.
- Situmorang, Y. M., & Mansyur, A. (2023). Pengoptimalan Jaringan Pipa Primer PDAM Tirtanadi Cabang Tuasan Dengan Menggunakan Algoritma Kruskal. *Jurnal Riset Rumpun Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(2), 225–237.



- Sumardi, H., Afnaria, & Panggabean, S. (2021). Pengembangan Algoritma Prim Untuk Menentukan Minimum Spanning Forest. *Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 4, 80–90.
- Syahputra, E. R. (2016). Analisis Perbandingan Algoritma Prim Dengan Algoritma Dijkstra Dalam Pembentukan Minimum Spanning Tree (Mst). *Jurnal Teknik Informatika Unika St. Thomas (JTIUST)*, 1(2), 2548–1916.
- Widyastiti, M., & Sumarsa, A. (2024). Penerapan Multiple Traveling Salesman Problem Pada Optimasi Pendistribusian. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika (JMP)*, 16(1), 19–28.

