REALISTIC: Journal of Education Mathematics and Science
Vol.3, No.1, April 2025, pp. 18~27
ISSN: 2987 - 5153

APLIKASI ALGORITMA PRIM UNTUK OPTIMASI PADA ALIRAN SUMBER MATA AIR DI DESA BANJARSARI

Zulva Nur Laely[1*], Miftachul Janah[2], Muhamad Gani Rohman[3]
[1, 2,3] 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, jaringan pipa, Minimum Spanning Tree (MST), graf

Abstrak

Ketersediaan sumber mata air yang efisien dan terjangkau merupakan hal penting untuk mendukung kebutuhan air bersih masyarakat, khususnya di wilayah pedesaan seperti Desa Banjarsari yang menghadapi kendala geografis dan distribusi. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan algoritma Prim dalam merancang jaringan distribusi pipa air bersih yang optimal dari segi jarak dan biaya. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus dengan metode kuantitatif, melibatkan pengumpulan data lapangan berupa koordinat titik sumber dan distribusi, serta jarak antar titik. Data kemudian diolah ke dalam graf berbobot dan dianalisis menggunakan algoritma Prim melalui perangkat lunak komputer. Hasilnya menunjukkan bahwa algoritma ini mampu menghasilkan jalur distribusi air dengan total panjang pipa 510 meter, yang lebih efisien dibanding pendekatan konvensional. Kontribusi penelitian ini terletak pada penerapan algoritma Prim dalam konteks geografis spesifik serta potensi pengembangan model distribusi air berbasis graf minimum. Implikasi dari penelitian ini adalah memberikan alternatif solusi perencanaan infrastruktur air bersih yang hemat biaya dan dapat diadaptasi pada desa lain dengan kondisi serupa.

Keywords:

Prim Algorithm, pipe network, Minimum Spanning Tree (MST), graph.

The availability of efficient and affordable water sources is an important factor in supporting the clean water needs of the community in the village. This study aims to apply the Prim algorithm in the design of a water pipe distribution network to minimize the cost of installing and managing water resources in Banjarsari Village. The method used includes collecting field data related to the distance between source points and distribution points, then the data is processed using the Prim algorithm to determine the shortest path and minimum cost. The results of the study show that this algorithm is able to produce an optimal path with a total distance of 510 meters, thereby increasing the efficiency of water costs and distribution. These findings are expected to support the development of clean water infrastructure effectively and sustainably in the village.

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

✉ Corresponding author:
Email Address: zulvanurlaely@gmail.com

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat vital bagi kehidupan manusia. Ketersediaan dan distribusi air bersih yang merata menjadi faktor penting dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat, terutama di daerah pedesaan yang rentan terhadap kekurangan sumber daya air. Menurut Agustina (2007), kebutuhan air mencakup kebutuhan domestik, pertanian, hingga industri, dan pendistribusian yang tidak efisien dapat memicu berbagai permasalahan sosial dan kesehatan. Di Indonesia, kendala dalam distribusi air bersih sering kali disebabkan oleh keterbatasan infrastruktur, jarak distribusi yang jauh, dan biaya pembangunan yang tinggi (Suharno, 1973).

Salah satu pendekatan yang digunakan dalam mengatasi permasalahan distribusi air bersih adalah melalui optimasi jalur distribusi dengan metode graf. Agoritma Prim, yang merupakan bagian dari teori Minimum Spanning Tree (MST).Dalam konteks teori graf, MST bertujuan mencari struktur jaringan yang menghubungkan seluruh simpul dengan total bobot minimum tanpa membentuk siklus, yang sangat relevan dalam penghematan biaya dan material distribusi (Cormen et al., 2022). Algoritma ini bekerja secara iteratif dengan memilih sisi berbobot terkecil dan banyak digunakan dalam jaringan komputer, transportasi, dan infrastruktur air telah banyak digunakan dalam berbagai studi untuk mencari jalur distribusi paling efisien dari segi jarak dan biaya (Budayasa, 1997).

Beberapa penelitian sebelumnya, seperti di Desa Kwala Air Hitam, menunjukkan bahwa penerapan algoritma Prim mampu menurunkan biaya pemasangan pipa secara signifikan dan mempercepat proses pembangunan infrastruktur air bersih (Sari et al., 2023; Latifah & Sugiharti, 2015). Oleh karena itu, pengembangan dan penerapan algoritma ini di daerah lain yang membutuhkan optimasi distribusi air sangat relevan dan memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembangunan infrastruktur air bersih.

Namun demikian, hingga saat ini belum ada penelitian yang secara spesifik mengkaji penerapan algoritma Prim dalam konteks geografis Desa Banjarsari. Padahal, desa ini memiliki tantangan distribusi yang khas, seperti jarak antar titik sumber dan kondisi medan yang cukup kompleks. Ketiadaan kajian tersebut menunjukkan adanya kesenjangan dalam literatur yang perlu diisi, terutama untuk menguji efektivitas algoritma ini dalam konteks lokal yang berbeda dari penelitian sebelumnya

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritma Prim dalam merancang jalur distribusi air bersih di Desa Banjarsari secara optimal. Dengan melakukan analisis berbasis graf dan data lapangan, diharapkan penelitian ini mampu memberikan solusi teknis dan ekonomis yang dapat diadopsi dalam pembangunan infrastruktur air bersih di wilayah pedesaan.Selain itu, pembiayaan pembangunan infrastruktur yang efisien sangat dibutuhkan agar dana yang tersedia dapat digunakan secara maksimal tanpa mengabaikan aspek keberlanjutan dan keberhasilan jangka panjang. Dalam konteks teori graf, Permasalahan utama yang dihadapi dalam usaha optimalisasi distribusi air adalah Bagaimana algoritma Prim dapat digunakan untuk mengoptimalkan jalur distribusi air bersih di Desa Banjarsari agar diperoleh jarak dan biaya minimum?

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah metode Algoritma Prim yang berbasis paradigma Minimum Spanning Tree (MST). Algoritma ini mampu menghasilkan jaringan yang menyambungkan seluruh titik sumber dan distribusi dengan total jarak dan biaya terendah, sehingga mengurangi beban biaya pembangunan infrastruktur.

Penggunaan Algoritma Prim dalam perencanaan distribusi air bersih memiliki keunggulan dalam menemukan jalur minimum dari jaringan yang kompleks dan tersebar luas. Pendekatan ini tidak hanya terbatas pada pengaturan jalur pipa, tetapi juga dapat diterapkan untuk pengembangan sumber daya air secara efisien dan berkelanjutan. Dengan demikian, algortima Prim dapat menjadi solusi untuk menata perencanaan jaringan air yang optimal, menghemat anggaran, serta mendukung keberlanjutan pengelolaan sumber daya air di desa.

Selain dari segi biaya, penerapan metode ini juga membantu dalam pengaturan pengelolaan jaringan yang lebih terstruktur dan mudah dipantau. Dengan jalur distribusi yang efisien, masyarakat desa dapat memperoleh akses air bersih yang berkualitas dengan biaya yang lebih terjangkau, serta meminimalisasi gangguan distribusi akibat jalur yang kurang optimal. Oleh karena itu, penelitan ini difokuskan pada penerapan algoritma Prim untuk memperlihatkan bagaimana optimalisasi jalur sumber mata air dapat dilakukan secara efektif untuk desa Banjarsari.

Penerapan algoritma ini diharapkan dapat memberikan solusi yang konkret dan mudah diimplementasikan oleh pemerintah desa maupun pihak terkait dalam menyusun rencana pembangunan jaringan air bersih secara efektif dan efisien. Dengan hasil yang telah diperoleh dari studi terdahulu di desa lain, yaitu Desa Kwala Air Hitam, yang menunjukkan keberhasilan dalam penentuan jalur optimal dan biaya minimum, diharapkan penelitian ini mampu memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan strategi distribusi air bersih di wilayah desa Banjarsari dan sejenisnya

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain studi kasus deskriptif. Lokasi penelitian adalah Desa Banjarsari,Kandangan,Temanggung yang dijadikan sebagai populasi sekaligus sampel karena keterbatasan cakupan wilayah. Subjek penelitian adalah 23 titik distribusi dan sumber mata air yang dipilih secara purposive sampling, mewakili masing-masing RT dari empat RW di desa tersebut.

Langkah-langkah metode penelitian ini meliputi:

1. Pengumpulan Data Teknik: Pengumpulan data dilakukan melalui **s**urvei lapangan, pengukuran langsung menggunakan alat ukur manual dan GPS, serta dokumentasi visual untuk mendapatkan data koordinat titik sumber mata air dan titik distribusi di Desa Banjarsari. Data ini meliputi jarak, elevasi, serta faktor lain yang mempengaruhi biaya pemasangan pipa.Data ini meliputi jarak, elevasi, serta faktor lain yang mempengaruhi biaya pemasangan pipa. Validitas data dikonfirmasi melalui triangulasi hasil pengukuran manual dan hasil perangkat lunak komputer, serta divalidasi dengan konfirmasi kepada perangkat desa untuk memastikan keakuratan lokasi titik distribusi.

2. Pembuatan Model Graf: Mengonversi data lapangan ke dalam bentuk graf, yang terdiri atas simpul (titik sumber dan titik distribusi) dan sisi (jalur penghubung antar titik) beserta bobot (jarak atau biaya).

3. Penerapan Algoritma Prim: Menggunakan algoritma Prim secara manual maupun komputerisasi untuk menentukan jalur distribusi optimal yang membentuk pohon rentang minimum dari sumber mata air ke semua titik distribusi.

   Langkah-langkah penerapan Algoritma Prim

   a. Penyusunan graf: Membuat graf yang mewakili seluruh titik sumber dan distribusi sebagai simpul (vertices) dan jarak antar titik sebagai sisi (edges) yang berbobot sesuai jarak.
   b. Pemilihan titik awal: Menentukan salah satu titik sebagai titik awal (sumber mata air). Pemilihan ini dapat berdasarkan lokasi geografis tertentu atau acak.
   c. Pemilihan sisi minimum: Mengidentifikasi sisi dengan bobot terendah yang menghubungkan simpul yang sudah termasuk dalam pohon dan simpul yang belum dimasukkan ke dalam pohon, serta tidak membentuk siklus.
   d. Penyisipan sisi ke dalam MST: Menambahkan sisi tersebut ke dalam pohon rentang minimum dan menandai simpul yang baru terhubung
   e. Pengulangan proses: Mengulangi proses pemilihan sisi minimum dan penambahan simpul baru ke MST sampai seluruh simpul terhubung dan membentuk jaringan lengkap tanpa siklus

4. Analisis Hasil**:** Data dianalisis dengan algoritma Prim untuk menentukan pohon rentang minimum (Minimum Spanning Tree), sehingga didapatkan jalur distribusi air yang paling efisien. Hasil analisis juga dibandingkan dengan pendekatan konvensional untuk mengukur efisiensi biaya dan panjang pipa.

5. Evaluasi dan Rekomendasi: Memberikan rekomendasi jalur distribusi terbaik dan mendukung pengambilan keputusan pembangunan infrastruktur air bersih di Desa Banjarsari

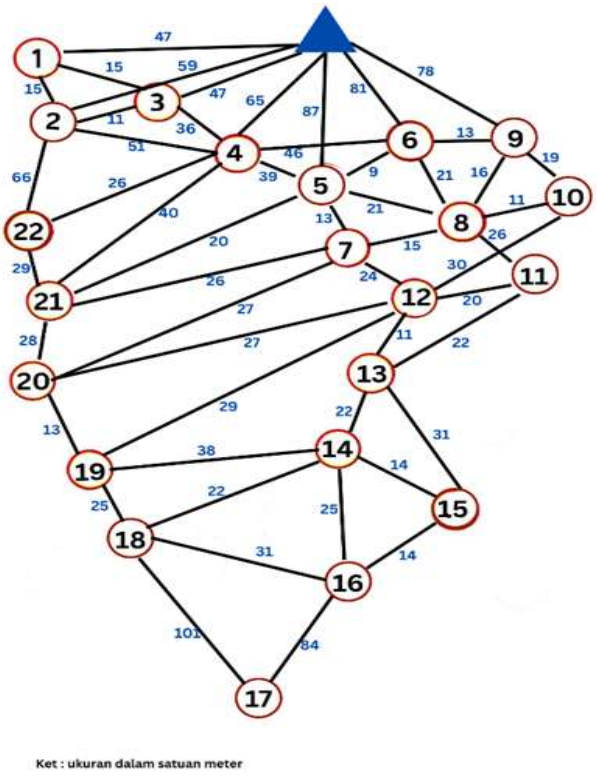
HASIL

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengoptimalan pemasangan pipa pada aliran sumber mata air di Desa Banjarsari, di mana yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana mencari pohon rentang minimum dari pemasangan pipa agar mendapatkan biaya yang minimum serta efektif dengan menggunakan algoritma Prim.

Pohon perentang minimum adalah sebuah pohon perentang dari suatu graf berbobot yang memiliki jumlah bobot sisi (edge) paling kecil dibandingkan pohon perentang lainnya yang mungkin ada pada graf tersebut. Dengan kata lain, pohon perentang minimum adalah himpunan sisi-sisi dari graf tak berarah berbobot yang menghubungkan semua simpul tanpa membentuk siklus dan dengan total bobot minimum.

Dalam hal ini penyebaran jaringan pipa tidak sampai langsung pada setiap rumah. Akan tetapi, air tersebut ditampung terlebih dahulu di tempat penampungan air yang terdapat di setiap RT (kita ambil contoh di desa Banjarsari RT 4 RW 1)**.**

Berikut ini adalah jaringan pipa yang menjadi yang menjadi graf awal



Gambar 1. Graf awal

Setelah didapatkan model grafnya, maka langkah selanjutnya adalah mengimplementasikan Algoritma Prim untuk menentukan minimum spanning tree. Berikut ini adalah penyelesaian persoalan optimasi jaringan distribusi air menggunakan Algoritma Prim. Langkah awal :

1. Iterasi Pertama dimulai dengan simpul awal misal A (yang berbentuk segitiga) dan menambahkannya ke dalam himpunan T. Selanjutnya, semua sisi yang terhubung dengan simpul A dimasukkan ke dalam priority queue (PQ), yaitu sisi (47 M, 1), (59 M, 2), (53 M, 3), (65 M, 4), (87 M, 5), (81 M, 6), dan (78 M, 9).

2. Kemudian Iterasi Kedua, dimana sisi dengan bobot terkecil, yaitu (47 M, 1), dipilih dan simpul 1 dimasukkan ke dalam T. Selanjutnya, sisi-sisi yang terhubung dengan simpul 1, yaitu (15 M, 2), dan (15 M, 3) dimasukkan ke dalam PQ.

3. Selanjutnya Iterasi Ketiga, yaitu sisi dengan bobot terkecil dari PQ adalah (15 M, 2), dan (15 M, 3), karena berbobot sama maka dipilih salah satu misal simpul 2. Simpul 2 dimasukkan ke dalam T, dan sisi-sisi terhubungnya yaitu (11 M, 3), (51 M, 4), dan (66 M, 22) dimasukkan ke dalam PQ.

4. Pada Iterasi Keempat, sisi dengan bobot terkecil dari PQ adalah (11 M, 3). Simpul 3 dimasukkan ke dalam T, dan sisi-sisi terhubungnya yaitu hanya (36 M, 4) dimasukkan ke dalam PQ.

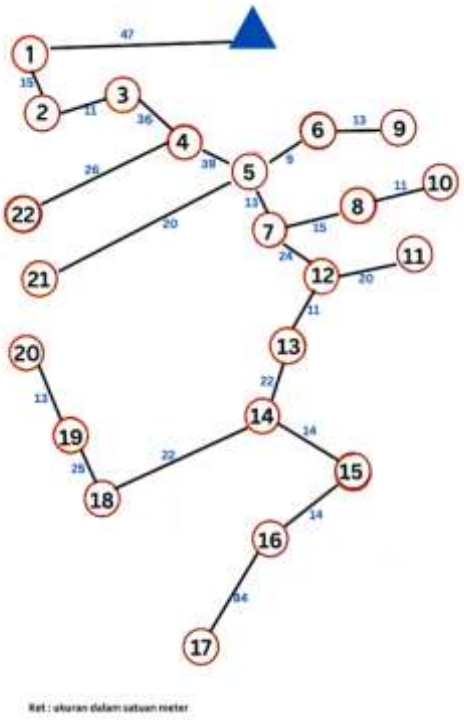
5. Untuk menentukan iterasi selanjutnya, mengunakan cara yang sama seperti pada cara diatas,sehingga menjadi seperti pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hasil iterasi Algoritma Prim

Titik	Sisi	Panjang pipa (meter)
1	A,1	47
2	1,2	15
3	2,3	11
4	3,4	36
5	4,5	39
6	4,22	26
7	5,6	9
8	5,7	13
9	5,21	20
10	6,9	13
11	7,8	21
12	7,12	24
13	8,10	11
14	11,12	20
15	12,13	11
16	13,14	22
17	14,15	14

18	14,18	22
19	15,16	14
20	16,17	84
21	18,19	25
22	19.20	13
	Total	510

Iterasi ke-22 merupakan iterasi yang terakhir, sehingga diperoleh graf seperti pada Gambar 3 sebagai berikut :



Gambar 3. Hasil Algoritma Prim

Berdasarkan iterasi terakhir, maka dapat dilihat bahwa setiap titik graf pada gambar 3 sudah terhubung dan tidak ada yang membentuk sirkuit

Hasilnya, diperoleh pohon rentang minimum (Minimum Spanning Tree) dengan bobot 510 meter. Dari graf awal dengan 23 titik dan 52 sisi. Setelah dicari pohon rentang minimumnya (Minimum Spanning Tree) diperoleh 23 titik dan 12 sisi.

Temuan dari penelitian ini menunjukkan perlunya modifikasi algoritma Prim agar dapat mempertimbangkan faktor keberlanjutan dan kapasitas sumber air. Sebagai contoh, pengembangan model yang mengintegrasikan variabel kapasitas aliran dan resistansi jalur akan menghasilkan solusi yang tidak hanya minim biaya dan jarak, tetapi juga mempertimbangkan aspek keberlanjutan dan keberlangsungan distribusi air. Dengan demikian, teori MST dalam konteks manajemen sumber daya alam perlu diperluas untuk mengakomodasi faktor-faktor tersebut

PEMBAHASAN

Temuan diperoleh melalui proses analisis data lapangan terkait jarak antar titik sumber dan titik distribusi di Desa Banjarsari, yang kemudian divisualisasikan dalam bentuk graf berbobot[A1] . Implementasi algoritma Prim dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak untuk menentukan pohon rentang minimum (minimum spanning tree). Hasilnya menunjukkan jalur yang paling optimal menghubungkan sumber utama ke seluruh titik distribusi, yang kemudian dianalisis dari segi panjang, biaya, dan efisiensi distribusi.

Berdasarkan temuan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan algoritma Prim di bidang pengelolaan sumber daya air dapat dimodifikasi untuk memperhitungkan variabel kapasitas aliran dan resistansi jalur tertentu, sehingga tidak hanya mengutamakan jarak atau biaya saja. Dengan demikian, teori MST yang ada perlu dimodifikasi menjadi model yang mengintegrasikan aspek keberlanjutan dan kapasitas jaringan. Secara teoritis, penelitian ini mendukung pengembangan model algoritma yang lebih komprehensif dalam perencanaan jaringan distribusi sumber daya alam.

Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan algoritma Prim secara manual dan otomatis mampu menentukan jalur pengaliran sumber mata air yang minimal biaya dan panjangnya. Secara spesifik, algoritma ini memanfaatkan graf berbobot yang merepresentasikan jarak antar titik sumber dan titik distribusi di wilayah Desa Banjarsari. Proses dilakukan dengan memilih sisi dengan bobot terendah yang menghubungkan titik sumber utama dan seluruh titik distribusi tanpa membentuk siklus (sirkuit). Hal ini sesuai dengan prinsip dasar algoritma Prim, yang bertujuan mencari Pohon Rentang Minimum (PRM).

Data yang digunakan meliputi jarak antar titik sumber mata air dan titik distribusi yang dikumpulkan melalui survey lapangan serta peta wilayah. Data ini diolah menjadi graf berbobot yang kemudian dianalisis menggunakan algoritma Prim secara manual dan perangkat lunak berbasis komputer. Hasilnya menunjukkan bahwa jalur yang dihasilkan memiliki total panjang pipa sebesar 510 meter. Perhitungan ini sejalan dengan standar biaya yang berlaku dan memperhatikan efisiensi penggunaan bahan serta jarak antar titik.

Hasil penelitian mendukung teori bahwa algoritma Prim efektif dalam aplikasi jaringan distribusi sumber daya alam seperti air bersih. Dengan memilih sisi berbobot minimum secara iteratif dan menghindari pembentukan siklus, algoritma ini mampu meminimalkan total biaya

pembangunan jaringan pipa. Ini menunjukkan bahwa penggunaan algoritma Prim tidak hanya valid secara teoretis, tetapi juga praktis dan efisien untuk implementasi di lapangan, terutama dalam wilayah yang memiliki graf lengkap atau graf dengan bobot sisi yang cukup tinggi.

Temuan ini memperkuat hasil studi sebelumnya yang menyatakan bahwa algoritma Prim lebih unggul dalam konteks graf lengkap atau graf dengan banyak sisi, dibandingkan algoritma Kruskal (yang lebih efisien pada graf yang memiliki sedikit sisi). Seperti yang dijelaskan dalam literatur, algoritma Prim berorientasi pada vertex (simpul), sehingga lebih cepat dalam proses pencarian pohon rentang minimum jika banyak sisi yang menghubungkan simpul yang ada., Di sisi lain, hasil ini juga mengonfirmasi bahwa metode ini dapat diterapkan secara efektif dalam pengembangan infrastruktur sumber daya air di daerah pedesaan dengan kondisi geografis tertentu..

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penerapan algoritma Prim secara signifikan membantu mengoptimalkan jalur distribusi air bersih di Desa Banjarsari dengan menghasilkan jalur terpendek dan biaya minimum. Temuan ini menunjukkan pentingnya penggunaan pendekatan graf dalam perencanaan infrastruktur berbasis spasial, khususnya di daerah dengan keterbatasan sumber daya dan kondisi geografis kompleks. Kontribusi penelitian ini tidak hanya bersifat praktis dalam konteks pembangunan desa, tetapi juga akademik dengan memperluas penerapan teori Minimum Spanning Tree dalam kasus nyata di lapangan.

REFERENSI

Ardiansyah, D., & Yuliando, H. (2019). Penerapan Teori Sirkuit Hamilton pada Distribusi Logistik Ritel. Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika, 5(3), 45-55.

Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press.

Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2022). *Introduction to algorithms* (4th ed.). MIT Press.

Daniel, F., & Taneo, P. (2019). TEORI GRAF.Yogyakarta: DEEPUBLISH.

Handoko, A., & Sutanto, E. (2019). Penerapan Teori Sirkuit Hamilton pada Distribusi Logistik Industri Farmasi. Jurnal Manajemen Farmasi, 11(3), 89-100.

Hartono, E., & Saputra, D. (2017). Aplikasi Algoritma Sirkuit Hamilton pada Distribusi Logistik Industri Aerospace. Jurnal Manajemen Industri Aerospace, 5(1), 78-89.

Haryanto, B., & Wibowo, A. (2018). Implementasi Teori Sirkuit Hamilton dalam Distribusi Logistik Sektor Energi. Jurnal Manajemen Energi, 6(3), 78-89.

Kruskal, J. B. (1956). On the shortest spanning subtree of a graph and the traveling salesman problem. *Proceedings of the American Mathematical Society, 7*(1), 48–50.

Kurniawan, A., & Suryadi, H. (2019). Optimalisasi Distribusi Produk Menggunakan Algoritma Sirkuit Hamilton pada Industri Perikanan. Jurnal Manajemen Perikanan, 11(3), 56-67.

Kusuma, A., & Wibowo, S. (2021). Optimizing Logistics Distribution Using Hamiltonian Circuit Algorithm in the Manufacturing Industry. Jurnal Manajemen Logistik dan Rantai Pasokan, 6(2), 89-101.

Latifah, U., & Sugiharti, E. (2015). Penerapan Algortima Prim dan Kruskal pada Jaringan Distribusi Air PDAM Tirta Moedal Cabang Semarang Utara. *UNNES Journal of Mathematics*, *4*(1), 47–57. http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm

Lestari, R., & Hartoyo, D. (2019). Penerapan Teori Sirkuit Hamilton untuk Optimasi Distribusi Barang di Industri Pertanian. Jurnal Manajemen Rantai Pasok, 4(2), 23-34.

Munir. R, Matematika Disktrit, Inform. Bandung, pp. 281–308, 2010.

Prasetyo, E., & Suharto, B. (2020). Optimasi Distribusi Barang Menggunakan Algoritma Sirkuit Hamilton pada Industri Tekstil. Jurnal Manajemen Industri, 14(1), 45-56.

Prasetyo, B., & Hartono, B. (2020). Optimalisasi Distribusi Logistik Menggunakan Algoritma Sirkuit Hamilton di Industri Farmasi. Jurnal Manajemen Industri dan Logistik, 4(1), 12-23.

Pratama, B., & Wibowo, A. (2018). Penerapan Teori Sirkuit Hamilton untuk Optimasi Distribusi Bahan Baku di Industri Kerajinan. Jurnal Manajemen Industri Kreatif, 7(2), 45-56.

Pratama, A., & Ardiansyah, D. (2020). Penerapan Algoritma Sirkuit Hamilton dalam Distribusi Logistik Industri Elektronik. Jurnal Manajemen Industri Elektronik, 7(2), 56-67.

Prim, R. C. (1957). Shortest connection networks and some generalisations. *Bell System Technical Journal*, *36*(6), 1389–1401.

Purnomo, E., & Setiawan, A. (2021). Optimalisasi Distribusi Logistik Menggunakan Algoritma Sirkuit Hamilton di Industri Pariwisata. Jurnal Manajemen Pariwisata, 9(1), 45-56.

Raharjo, D., & Pramono, S. (2020). Implementasi Teori Sirkuit Hamilton dalam Distribusi Logistik Industri Perkebunan. Jurnal Manajemen Perkebunan, 14(1), 78-89

Rembulan. G. D, Luin. J. A, Julianto. V, and Septorino. G, "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.

Sari, R. F., Widyasari, R., & Aidra Marpaung, F. (2023). Optimasi Pemasangan Jalur Pipa Air Bersih Melalui Minimum Spanning Tree Dengan Algoritma Prim. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, *7*(1), 70–74. https://doi.org/10.33379/gtech.v7i1.1819

Sembiring, R. R., Sufri, & Multahadah, C. (2022). Penerapan Algoritma Prim dalam Menentukan Minimum Spanning Tree (MST) (Studi Kasus: Jaringan Pipa PDAM Tirta Muaro Jambi). Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan, 19(1), 58–71. https://doi.org/10.22487/2540766x.2022.v19.i1.15890

Syahputra. E. R, "Analisis Perbandingan Algoritma Prim dengan Algoritma Dijkstra dalam Pembentukan Minimum Spanning Tree (MST)," J. Tek. Inform. Unika St. Thomas, vol. 01, no. 02, pp. 50–55, 2016.

Tania, J. Firza, D. Cahyadi, I.N, "Penerapan Minimum Spanning Tree 183 https://journal.unugiri.ac.id/index.php/JaMES Pada Pengoptimalan Jaringan Listrik Di Perumahan Depok Indah I," Bull. Appl. Ind. Eng. Theory, vol. 2, no. 2, pp. 85– 90, 2021.