

Penerapan Algoritma Prim dalam Menentukan Rute Prioritas Pengiriman Paket Express

Arya Bima Mohammad Heriansyah, Rinaldi Rizwar, Muhamad Rafliansyah, Efrans Christian, Viktor Handrianus Pranatawijaya

Universitas Palangka Raya

Alamat: Kampus Tunjung Nyaho Jalan Yos Sudarso, Palangka Raya, Kalimantan Tengah, Indonesia

Korespondensi penulis: aryabimamohammad.h@mhs.eng.upr.ac.id

Abstract. *This research analyzes the use of the Prim Algorithm in determining priority routes for package delivery by express service couriers. Through case studies, this research evaluates the efficiency of package delivery by considering delivery priority and the distance the courier will travel. The research results show that the Prim Algorithm is effective in minimizing delivery loads by connecting priority delivery points with minimal travel distance. This research method uses the Prim Algorithm to create a delivery route graph that connects all priority delivery points with a minimum travel distance, with data including the location of the delivery point, priority and distance between locations. The results show that the Prim Algorithm is effective in minimizing delivery load by generating optimal routes, allowing couriers to prioritize package delivery efficiently. This proves the important role of the Prim Algorithm in package delivery strategies for express service couriers..*

Keywords: *Delivery Route, Efficiency, Prim Algorithm.*

Abstrak. Penelitian ini menganalisis penggunaan Algoritma Prim dalam menentukan rute prioritas untuk pengiriman paket oleh kurir layanan ekspres. Melalui studi kasus, penelitian ini mengevaluasi efisiensi pengiriman paket dengan mempertimbangkan prioritas pengiriman dan jarak yang akan ditempuh oleh kurir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Algoritma Prim efektif dalam meminimalkan beban pengiriman dengan menghubungkan titik pengiriman prioritas dengan jarak tempuh minimal. Metode penelitian ini menggunakan Algoritma Prim untuk membuat grafik rute pengiriman yang menghubungkan semua titik pengiriman prioritas dengan jarak tempuh minimum, dengan data yang mencakup lokasi titik pengiriman, prioritas, dan jarak antar lokasi. Hasilnya menunjukkan bahwa Algoritma Prim efektif dalam meminimalkan beban pengiriman dengan menghasilkan rute optimal, memungkinkan kurir untuk memprioritaskan pengiriman paket dengan efisien. Hal ini membuktikan peran penting Algoritma Prim dalam strategi pengiriman paket untuk kurir layanan ekspres.

Kata kunci: Algoritma Prim, Rute Pengiriman, Efisiensi.

LATAR BELAKANG

Algoritma Prim merupakan suatu algoritma di dalam teori Minimum Spanning Tree (MST) yang memiliki tujuan untuk memilih pohon rentang dan memastikan seluruh sisi pada pohon tersebut berbobot minimal. Algoritma prim berfokus pada simpul yang didapatkan dari penentuan bobot minimum. Maka dari itu, algoritma Prim sesuai untuk pohon dengan jumlah simpul yang banyak [2].

Sebelum melakukan penelitian, kami telah meninjau penelitian penulis lain yang berkaitan dengan kasus yang akan diteliti. Dengan memahami prinsip dasar mekanisme kerja algoritma ini, diharapkan pembaca dapat menggali potensi optimalisasi rute pengiriman, sehingga dapat menghemat waktu dan biaya pengiriman. selain itu, artikel ini juga bertujuan untuk merinci keunggulan dan kelemahan algoritma prim dalam mengatasi permasalahan pengiriman paket express dengan memfokuskan pada pembentukan pohon grafik, algoritma Prim lebih mampu dalam menghasilkan total bobot minimum yang lebih kecil pada tiap simpul graf [3]. Hasil observasi dan pengujian yang telah dilakukan oleh penulis sebelumnya ini berpengaruh pada pengujian dan pembahasan yang akan kami lakukan, diharapkan pembaca dapat melihat kontribusi positif algoritma prim dalam meningkatkan efisiensi operasional serta memberikan solusi yang tepat dalam menghadapi tantangan logistik modern

KAJIAN TEORITIS

Sebagai contoh diambil penelitian dari (R.R. Sembiring¹, Sufri², dan C. Multahadah³), yaitu Penerapan algoritma Prim dalam menentukan Minimum Spanning Tree (MST) untuk jaringan pipa air PDAM Tirta Muaro Jambi. Studi ini melibatkan penggunaan iterasi algoritma Prim baik secara manual maupun dengan bantuan perangkat lunak TORA untuk mencari Minimum Spanning Tree. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan jaringan distribusi air dan menyoroti potensi penghematan panjang pipa yang signifikan. Studi menyimpulkan bahwa penerapan algoritma Prim secara efektif menentukan Minimum Spanning Tree, menawarkan potensi untuk mengoptimalkan jaringan distribusi air dan menghasilkan penghematan panjang pipa yang signifikan.[1]

GRAF

Graf adalah pasangan himpunan (V, E) , ditulis dengan notasi $G = (V, E)$, yang dalam hal ini V adalah himpunan tidak-kosong dari simpul-simpul dan E adalah himpunan sisi-sisi yang menghubungkan sepasang simpul. Tiap sisi mungkin memiliki angka tertentu yang dapat merepresentasikan biaya, jarak, waktu tempuh, dan sebagainya. Graf yang demikian disebut

sebagai graf berbobot. Graf sederhana adalah graf yang tiap sisinya menghubungkan dua simpul yang berbeda (bukan simpul yang sama) dan tidak ada dua atau lebih sisi menghubungkan sepasang simpul yang sama. Berdasarkan arah sisinya, graf dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu graf tak-berarah dan graf berarah. Pada graf berarah, sisi-sisinya memiliki orientasi arah simpul. Misalkan terdapat suatu sisi (a, b) , sisi ini dikatakan berpangkal atau bermula dari a dan berakhir atau berujung di b . Orientasi arah sisi tidak ditemukan pada graf tak-berarah[7]. Didalam graf tentu ada juga sebuah garis yang menghubungkan antar titik yang merepresentasikan jalan atau rute yang akan dilalui. Suatu rute tujuan dapat ditempuh melalui beberapa lintasan. Dalam hal ini, kita akan menentukan jalan manakah yang harus dilalui sehingga kita dapat mencari tempat tujuan dengan jarak terpendek. Dengan demikian lintasan terpendek dapat diartikan sebagai bobot minimal dari suatu lintasan, yaitu jumlah bobot dari seluruh busur yang membentuk lintasan.

Algoritma Prim

Algoritma Prim adalah algoritma yang digunakan untuk mencari Minimum Spanning Tree (MST) dalam sebuah graf berbobot. Pada setiap langkah, algoritma ini memilih sisi dengan bobot terkecil yang belum termasuk dalam MST dan menambahkannya ke MST. Proses ini diulangi hingga semua titik terhubung dan MST lengkap. Dalam setiap langkah, algoritma memilih sisi dengan bobot terkecil yang terhubung dengan titik-titik yang telah dimasukkan sebelumnya, sehingga memastikan MST yang optimal. Algoritma Prim (atau algoritma Prim-Jarnik) adalah salah satu algoritma untuk membangun pohon merentang minimum. Langkah-langkah algoritma ini adalah sebagai berikut.

1. Mengambil sisi dengan bobot minimum dari graf G ke pohon T .
2. Memilih sisi e yang berbobot minimum dan bersisian dengan salah satu simpul di T tetapi tidak mengakibatkan terbentuknya sirkuit di T jika dimasukkan. Kemudian e dihapus dari G dan dimasukkan ke T .
3. Mengulangi langkah 2 sebanyak jumlah simpul dikurangi dua.

Dengan demikian teori diatas dapat memberikan gambaran mendalam tentang penelitian sebelumnya yang terkait dengan penerapan algoritma Prim dalam mengoptimalkan jaringan distribusi air, menyoroti pentingnya pendekatan algoritmik dalam mengatasi tantangan optimasi infrastruktur dunia nyata.

Contoh: aplikasi pohon rentang yaitu pada pemeliharaan jalan raya dengan dana terbatas. Alokasi dana yang terbatas akan menyebabkan pertimbangan hanya merawat ruas jalan sesedikit mungkin, namun semua daerah masih tetap dapat terhubung satu sama lain[4].

Bagian ini menguraikan teori-teori relevan yang mendasari topik penelitian dan memberikan ulasan tentang beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dan memberikan acuan serta landasan bagi penelitian ini dilakukan. Jika ada hipotesis, bisa dinyatakan tidak tersurat dan tidak harus dalam kalimat tanya.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, diambil suatu studi kasus mengenai penerapan algoritma prim untuk menyelesaikan masalah yang sering dijumpai oleh para kurir. Dan untuk mengatasinya algoritma prim sangat cocok untuk penyelesaian kasus tersebut. Penulis mengambil data dari hasil pengamatan salah satu lokasi dipalangkarya dengan menggunakan google maps. Setelah mendapatkan data hasil pengamatan tersebut, penulis mengimplementasikannya kedalam suatu graf yang akan dieksekusi menggunakan algoritma prim. Berikut adalah *flowchart* dari metode penelitian ini:



Gambar 1. Flowchart Metodologi.

- Pilih simpul awal secara acak dan masukkan ke dalam himpunan T (pohon rentang minimum).
- Inisialisasikan bobot terkecil (key) dari setiap simpul dalam graf.
- Masukkan semua sisi yang terhubung dengan simpul awal ke dalam priority queue (PQ).

2. Pemilihan simpul

- Pilih sisi dengan bobot terkecil dari PQ.
- Jika bobot sisi tersebut lebih kecil dari key dari simpul terhubung, lakukan relaksasi
 1. Pilih sisi dengan bobot terkecil dari PQ.
 2. Jika bobot sisi tersebut lebih kecil dari key dari simpul terhubung, lakukan relaksasi
- Pilih sisi dengan bobot terkecil dari PQ.
- Jika bobot sisi tersebut lebih kecil dari key dari simpul terhubung, lakukan relaksasi

3. Pengulangan

- Ulangi langkah 2 hingga semua simpul terhubung ke dalam pohon rentang minimum.

Penelitian ini mengkaji suatu perusahaan X yang menawarkan jasa pengiriman paket ekspres melalui seorang kurir. Dalam penelitian ini diambil sampel daerah Kelurahan Langkai, Kecamatan Pahandut, Kota Palangka Raya dari Aplikasi Google Maps. Fokus utama dari sampel map tersebut adalah untuk menggambarkan rute pengiriman pake yang melalui jalan-jalan yang terhubung pada kantor JNE di jalan Seth Adji.

Dari data tersebut Kemudian dibuat Flowchart yang implementasikan ke graf yang menggambarkan rute pengiriman paket ekspres dalam sebuah program yang menerapkan Algoritma Prim untuk menentukan rute terpendek dengan menggunakan Pseudocode berikut:

Tabel 1. Pseudocode Algoritma Prim

```
function PrimMST(G, w, r):  
    MST = {}  
    key = {}  
    parent = {}  
  
    for each vertex v in G:  
        key[v] = INFINITY  
        parent[v] = NULL  
  
    key[r] = 0  
    parent[r] = NULL  
  
    while MST does not include all  
vertices in G:  
        u = minKey(key)  
        MST.add(u)  
  
        for each vertex v adjacent to u:  
            if v is not in MST and  $w(u, v) <$   
key[v]:  
                key[v] =  $w(u, v)$   
                parent[v] = u  
  
    return MST
```

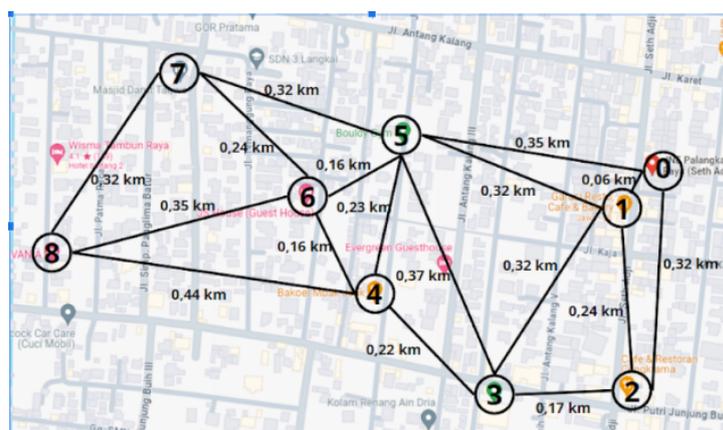
Algoritma Prim juga menggunakan pendekatan greedy, mirip dengan algoritma Dijkstra, tetapi dengan fokus yang sedikit berbeda. Tujuan utama algoritma Prim adalah membangun pohon rentang minimum dengan memilih sisi terpendek dari simpul yang telah dikunjungi pada

setiap iterasi. Dengan demikian, algoritma Prim memastikan bahwa setiap simpul hanya dimasukkan ke dalam pohon rentang minimum sekali dan memastikan bahwa pohon yang dihasilkan adalah pohon rentang minimum yang optimal.

Dengan demikian, algoritma Prim memastikan bahwa pohon rentang minimum yang dihasilkan merupakan pilihan optimal dari sisi-sisi dengan bobot terkecil, dengan mempertimbangkan setiap simpul secara individual untuk membangun jalur terpendek dari simpul awal ke simpul-simpul lainnya. Ini menjadikannya pilihan yang efektif untuk menemukan rute terpendek dalam konteks optimalisasi rute pengiriman.

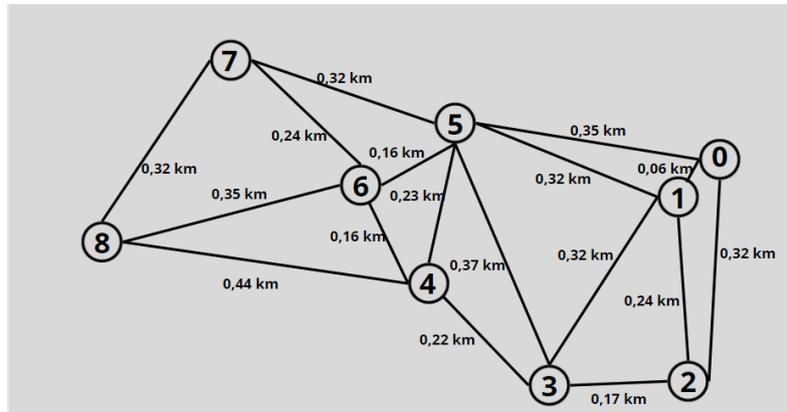
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Graf dari Rute Pengiriman Paket express, untuk melakukan pemodelan, terlebih dahulu akan ditentukan titik awal dan titik tujuan sehingga dapat dicari opsi-opsi rute yang dapat dilalui untuk mengirimkan paket express. setelah menentukan titik awal dan titik tujuan, akan ditentukan rute jalan yang dapat diambil oleh kurir paket untuk mengirimkan pakatnya secara cepat dan efisien. Penentuan dilakukan dengan menggunakan aplikasi Google Maps. Setelah itu graf akan digambar bersesuaian dengan titik pengiriman paket dan rute-rute yang telah diambil pada Google Maps. Tujuan penggambaran dengan graf adalah agar jarak dari tiap titik dapat terlihat lebih jelas. Dan data yang terdapat dalam penelitian ini adalah data berdasarkan hasil survey kami di lapangan. Berikut adalah graf pada Google Maps yang menggambarkan secara rinci mengenai setiap titik yang menjadi tempat pengiriman



Gambar 2. Peta rute pada kasus dari Google Maps.

Dari peta rute yang didapatkan dari Google Maps dapat dikonversi menjadi graf berbobot sebagai berikut :



Gambar 3. Graf berbobot dari peta rute.

Dengan keterangan lokasi sebagai berikut :

Tabel 3. Keterangan Simpul Graf

Simpul	Keterangan
0	Kantor Pusat JNE
1	Lokasi Penerima Barang 1
2	Lokasi Penerima Barang 2
3	Lokasi Penerima Barang 3
4	Lokasi Penerima Barang 4
5	Lokasi Penerima Barang 5
6	Lokasi Penerima Barang 6
7	Lokasi Penerima Barang 7
8	Lokasi Penerima Barang 8

Langkah awal dalam proses pengiriman paket express adalah menentukan titik awal dan titik tujuan pengiriman. Dengan menetapkan kedua titik ini, kita dapat mengeksplorasi opsi-opsi rute yang dapat dilalui oleh kurir paket untuk mengirimkan paket dengan cepat dan efisien. Setelah titik awal dan titik tujuan ditetapkan, langkah selanjutnya adalah menentukan rute jalan yang dapat diambil oleh kurir paket. Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi seperti Google Maps untuk menemukan rute tercepat dan paling efisien antara kedua titik tersebut.

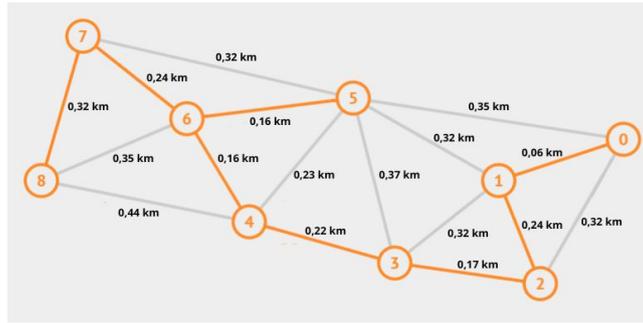
Setelah rute jalan telah ditentukan, langkah berikutnya adalah membuat graf yang merepresentasikan titik-titik pengiriman paket dan rute-rute yang telah diambil dari aplikasi Google Maps. Graf ini akan menggambarkan hubungan antara titik-titik pengiriman dan rute-rute yang dapat dilalui oleh kurir paket. Penggambaran graf ini bertujuan untuk memvisualisasikan jarak dari tiap titik dengan lebih jelas, sehingga memungkinkan identifikasi lintasan terpendek antara titik-titik pengiriman paket. Dengan demikian, graf menjadi alat yang berguna dalam perencanaan dan pelaksanaan pengiriman paket express dengan efisiensi dan ketepatan.

Selanjutnya, dengan menggunakan graf yang telah dibuat, dapat dilakukan analisis lebih lanjut terhadap rute-rute yang tersedia untuk pengiriman paket express. Graf memungkinkan identifikasi lintasan terpendek antara titik awal dan titik tujuan, serta memperkirakan waktu tempuh dan biaya yang diperlukan untuk setiap rute. Dengan informasi ini, pengelola pengiriman paket dapat mengoptimalkan proses pengiriman dengan memilih rute yang paling efisien sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Selain itu, graf juga dapat menjadi alat pemantauan yang efektif selama proses pengiriman, memungkinkan pengelola untuk melacak lokasi paket dan mengidentifikasi potensi masalah atau keterlambatan secara real-time. Dengan demikian, penggunaan graf dalam pengiriman paket express tidak hanya mempercepat proses pengiriman tetapi juga meningkatkan kualitas layanan dan kepuasan pelanggan.

Berikut adalah langkah-langkah algoritma prim yang digunakan dalam penyelesaian kasus diatas adalah sebagai berikut:

- 1) Iterasi Pertama dimulai dengan simpul awal 0 dan menambahkannya ke dalam himpunan T. Selanjutnya, semua sisi yang terhubung dengan simpul 0 dimasukkan ke dalam priority queue (PQ), yaitu sisi (0,06 KM, 1), (0,32 KM, 2), dan (0,35 KM, 5).

- 2) Kemudian Iterasi Kedua, dimana sisi dengan bobot terkecil, yaitu (0,06 KM, 1), dipilih dan simpul 1 dimasukkan ke dalam T. Selanjutnya, sisi-sisi yang terhubung dengan simpul 1, yaitu (0,24 KM, 2), (0,32 KM, 3), dan (0,32 KM, 5), dimasukkan ke dalam PQ.
- 3) Selanjutnya Iterasi Ketiga, yaitu sisi dengan bobot terkecil dari PQ adalah (0,24 KM, 2). Simpul 2 dimasukkan ke dalam T, dan sisi-sisi terhubungnya dimasukkan ke dalam PQ.
- 4) Pada Iterasi Keempat, sisi dengan bobot terkecil dari PQ adalah (0,17 KM, 3). Simpul 3 dimasukkan ke dalam T, dan sisi-sisi terhubungnya dimasukkan ke dalam PQ.
- 5) Iterasi Kelima, sisi dengan bobot terkecil dari PQ adalah (0,22 KM, 4). Simpul 4 dimasukkan ke dalam T, dan sisi-sisi terhubungnya dimasukkan ke dalam PQ.
- 6) Iterasi Keenam, sisi dengan bobot terkecil dari PQ adalah (0,16 KM, 6). Simpul 6 dimasukkan ke dalam T, dan sisi-sisi terhubungnya dimasukkan ke dalam PQ.
- 7) Kemudian Iterasi Ketujuh, sisi dengan bobot terkecil dari PQ adalah (0,16 KM, 5). Simpul 5 dimasukkan ke dalam T, dan sisi-sisi terhubungnya dimasukkan ke dalam PQ.
- 8) Pada Iterasi Kedelapan, setelah simpul 6 dimasukkan ke dalam T, sisi-sisi yang terhubung dengan simpul 6 adalah (0,16 KM, 5), (0,24 KM, 7), dan (0,35 KM, 8). Namun, simpul 5 sudah ada dalam T, sehingga sisi tersebut tidak dipilih dan yang dipilih adalah simpul ke 7 karena itu adalah simpul dengan bobot terkecil setelah simpul ke 5.
- 9) Iterasi Kesembilan, setelah simpul 5 dimasukkan ke dalam T, sisi-sisi yang terhubung dengan simpul 5 adalah (0,32 KM, 7). Namun, simpul 7 sudah ada dalam T, sehingga sisi tersebut tidak dipilih.
- 10) Terakhir Iterasi Kesepuluh, setelah simpul 7 dimasukkan ke dalam T, sisi-sisi yang terhubung dengan simpul 7 adalah (0,32 KM, 8). Namun, simpul 8 belum ada dalam T, sehingga sisi tersebut dipilih dan simpul 8 dimasukkan ke dalam T.



Gambar 4. Graf hasil algoritma prim pada kasus.

Dari hasil di atas, kita dapat melihat bahwa ketika algoritma Prim dijalankan maka program akan mencari rute terpendek dari titik asal ke titik tujuan berikutnya, sehingga dapat diperoleh tabel data hasil analisis sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Analisis Dengan Algoritma Prim

Simpul Tujuan	Lintasan Yang Dilalui Antar Simpul
0-1	0-1
0-2	0-1-2
0-3	0-1-2-3
0-4	0-1-2-3-4
0-5	0-1-2-3-4-6-5
0-6	0-1-2-3-4-6
0-7	0-1-2-3-4-6-7
0-8	0-1-2-3-4-6-7-8

KESIMPULAN

Penerapan Algoritma prim untuk menentukan rute pengiriman paket exspress paling efisien dapat menghasilkan rute-rute terdekat dari titik awal ke titik pengiriman berikutnya. Hal

ini menunjukkan bahwa Algoritma prim dapat memberikan hasil yang akurat untuk menentukan rute pengiriman paket ekspres dengan cara memilih jarak terpendek dari titik awal ke titik berikutnya untuk sampai ke titik tujuan.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat diberikan beberapa saran untuk penelitian lebih lanjut

1. Pengembangan kinerja Algoritma Prim lebih lanjut, dapat dilakukan untuk memahami mengapa algoritma prim memiliki kinerja yang kurang baik jika diterapkan pada graf yang sangat padat, yang dimana hampir setiap pasangan simpul terhubung satu sama lain. Hal tersebut dapat membantu dalam meningkatkan efisiensi dari algoritma prim itu sendiri.
2. Memperdalam pemahaman tentang algoritma prim agar dapat melihat potensi sebenarnya tentang algoritma prim tersebut, agar dapat digunakan untuk mengimplementasikannya kedalam kasus yang lebih luas kedepannya.
3. Mengembangkan perangkat lunak yang mengimplementasikan algoritma prim yang akan banyak digunakan untuk masa depan, terutama dalam bidang teknologi, salah satu contoh yang paling sering digunakan adalah google maps untuk menentukan rute perjalanan yang efisien, hal ini dilakukan agar para konsumen dapat melakukan sesuatu lebih efisien seperti pada kasus yang dibahas.

DAFTAR REFERENSI

Artikel Jurnal

- [1] 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>
- [2] Tania, J., Firza, D., & Cahyadi, I. N. (2021). Penerapan Minimum Spanning Tree Pada Pengoptimalan Jaringan Listrik Di Perumahan Depok Indah I. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, 2(2). Retrieved from <https://jim.unindra.ac.id/index.php/baiet/article/view/5861>
- [3] Syahputra, E. R. (2016). Analisis Perbandingan Algoritma PRIM Dengan Algoritma Dijkstra Dalam Pembentukan Minimum Spanning Tree (MST). *Jurnal Teknik Informatika UNIKA Santo Thomas*, 1(2), 50–55. <https://doi.org/10.17605/jti.v1i2.36>
- [4] Anie Lusiani, Euis Sartika, Endang Habinuddin, Agus Binarto, & Irfani Azis. (2021). Algoritma Prim dalam Penentuan Lintasan Terpendek dan Lintasan Tercepat pada Pendistribusian Logistik Bulog Jawa Barat. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 12, 673–677. Retrieved from <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/2780>
- [5] Al-Amin, I. H., Santi, R. C. N., & Hartono, B. (2016). Visualisasi Pohon Rentang

- Minimum Menggunakan Algoritma Kruskal dan Prim. *Dinamik*, 21(1), 32–37.
<https://doi.org/10.35315/dinamik.v21i1.6078>
- [6] Budihartono, E. (2016). Penerapan Algoritma Dijkstra untuk Sistem Pendukung Keputusan Bagi Penentuan Jalur Terpendek Pengiriman Paket Barang pada Travel. *Neliti.com*. <https://media.neliti.com/media/publications/171510-ID-penerapan-algoritma-dijkstra-untuk-siste.pdf>.
- [7] Husna, B. A. (2021). Penerapan Algoritma Prim dalam Perancangan Jaringan Telekomunikasi di Kabupaten Gunungkidul - PDF Free Download. Retrieved May 12, 2024, from docplayer.info website: <https://docplayer.info/222813692-Penerapan-algoritma-prim-dalam-perancangan-jaringan-telekomunikasi-di-kabupaten-gunungkidul.html>
- [8] Sulaiman, D. (2021a). Penerapan Algoritma Kruskal Pada Jaringan Kabel di Tanjung Selor. *Wahana Matematika Dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, Dan Pembelajarannya*, 15(2). <https://doi.org/10.23887/wms.v15i2.28512>
- [9] Wifqy Inayatul Ilahy, Ahmad, M., & Bryan Pudji Hartono. (2023). Optimasi Jaringan Distribusi Air di Desa Gombolharjo Menggunakan Algoritma Prim. *Journal of Mathematics Education and Science*, 6(2), 177–183. <https://doi.org/10.32665/james.v6i2.1896>