

## Minimum Spanning Tree Rute Shopping Mall di Kota Depok Dengan Menggunakan Algoritma Prim

Purni Munah Hartuti<sup>✉1</sup>, Roni Al Maududi<sup>2</sup>, Rini Widia Putri Z<sup>3</sup>  
Program Studi Teknik Informatika, Universitas Indraprasta PGRI, Indonesia<sup>123</sup>  
email: [purniibunyanum@yahoo.co.id](mailto:purniibunyanum@yahoo.co.id)<sup>1</sup>, [ronialmaududi@gmail.com](mailto:ronialmaududi@gmail.com)<sup>2</sup>,  
[r.widia.putri@gmail.com](mailto:r.widia.putri@gmail.com)<sup>3</sup>

Received 15 Des 2025, Accepted 30 Maret 2026, Published 31 Maret 2026

### Abstrak

Kota Depok merupakan salah satu kota penyangga Jakarta yang mengalami perkembangan pesat pada sektor perdagangan dan jasa, khususnya pembangunan pusat perbelanjaan. Keberadaan pusat perbelanjaan yang tersebar di berbagai wilayah menimbulkan kebutuhan akan analisis konektivitas jaringan yang efisien antar lokasi tersebut. Penelitian ini bertujuan menganalisis struktur jaringan konektivitas antar pusat perbelanjaan di Kota Depok dengan total bobot jarak minimum menggunakan pendekatan *Minimum Spanning Tree* (MST). Sebanyak sembilan pusat perbelanjaan dipilih sebagai objek penelitian dan dimodelkan sebagai simpul dalam graf berbobot, sedangkan jarak antar lokasi direpresentasikan sebagai sisi dengan bobot jarak dalam satuan kilometer yang diperoleh dari Google Maps. Teknik analisis yang digunakan adalah *Algoritma Prim*, yaitu algoritma *greedy* yang membangun MST dengan memilih sisi berbobot minimum secara bertahap hingga seluruh simpul terhubung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jaringan yang terbentuk mampu menghubungkan seluruh pusat perbelanjaan dengan total bobot jarak minimum sebesar 26,3 km tanpa membentuk siklus. Struktur jaringan tersebut memperlihatkan jalur konektivitas utama pada koridor perdagangan Kota Depok serta cabang yang menghubungkan wilayah Cimanggis dan Sawangan. Temuan ini dapat menjadi referensi dalam perencanaan transportasi dan distribusi logistik.

**Kata Kunci:** Teori graf, *Minimum Spanning Tree*, *Algoritma Prim*, konektivitas jaringan, pusat perbelanjaan.

### Abstract

Depok City is one of the satellite cities of Jakarta that has experienced rapid growth in the trade and service sectors, particularly in the development of shopping centers. The presence of shopping centers distributed across various areas of the city creates the need for an efficient analysis of network connectivity among these locations. This study aims to analyze the connectivity structure among shopping centers in Depok City by determining the minimum total distance using the *Minimum Spanning Tree* (MST) approach. Nine shopping centers were selected as the research objects and modeled as vertices in a weighted graph, while the distances between locations were represented as edges with distance weights measured in kilometers obtained from Google Maps. The analysis employed *Prim's algorithm*, a *greedy* algorithm that constructs an MST by iteratively selecting edges with the minimum weight until all vertices are connected. The results show that the resulting network connects all shopping centers with a minimum total distance of 26.3 km without forming cycles. The network structure also reveals a main connectivity corridor along Depok's commercial area with branches toward Cimanggis and Sawangan.

**Keywords:** *Graph theory, Minimum Spanning Tree, Prim's algorithm, network connectivity, shopping centers.*

---

✉Corresponding author

## PENDAHULUAN

Kota Depok adalah sebuah daerah yang berada di Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Kota ini menjadi bagian dari kawasan metropolitan Jabodetabekpunjur dan terletak di selatan Daerah Khusus Ibukota Jakarta. Kota Depok dibentuk dari wilayah Kota Administratif Depok ditambah kawasan dari Kecamatan Limo, Kecamatan Cimanggis, dan Kecamatan Sawangan, serta sebagian desa dari Kecamatan Bojonggede yang digabungkan dengan Kecamatan Pancoran Mas. Tanggal peluncuran Kota Depok ditetapkan sebagai Hari Jadi Kota Depok. Perkembangan Kota Depok sebagai bagian dari kawasan metropolitan Jabodetabekpunjur menunjukkan dinamika urbanisasi yang cukup pesat dalam beberapa dekade terakhir. Kota ini memiliki luas wilayah sekitar 199,91 km<sup>2</sup> dengan jumlah penduduk yang mencapai 2.024.664 jiwa pada tahun 2025, dengan tingkat pertumbuhan penduduk sekitar 1,12% per tahun, yang menunjukkan tingginya aktivitas sosial dan ekonomi di wilayah tersebut menjadikannya salah satu kota dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi di wilayah penyangga Jakarta. Pertumbuhan penduduk yang signifikan tersebut berimplikasi pada meningkatnya aktivitas ekonomi dan mobilitas masyarakat di berbagai sektor perkotaan.

Salah satu indikator perkembangan wilayah tersebut adalah meningkatnya pembangunan fasilitas perdagangan dan jasa, khususnya pusat perbelanjaan modern yang tersebar di berbagai kawasan kota. Perkembangan sektor perdagangan modern di Kota Depok juga tercermin dari meningkatnya jumlah pusat perbelanjaan dalam beberapa tahun terakhir. Pada tahun 2017 tercatat terdapat sekitar 9 pusat perbelanjaan modern yang sebagian besar berlokasi di koridor utama Jalan Margonda Raya sebagai pusat aktivitas ekonomi kota. Namun demikian, berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Depok tahun 2025, jumlah pusat perbelanjaan modern telah meningkat menjadi 14 unit pusat perbelanjaan, 11 pasar tradisional, 26 supermarket, dan lebih dari 900 minimarket yang tersebar di berbagai wilayah kota[1]. Penyebaran fasilitas perdagangan tersebut mencerminkan meningkatnya intensitas aktivitas ekonomi serta mobilitas masyarakat antar lokasi pusat kegiatan yang tersebar di berbagai wilayah kota. Peningkatan ini menunjukkan adanya pertumbuhan sekitar 55% dalam jumlah pusat perbelanjaan dalam kurun waktu kurang dari satu dekade. Pertumbuhan tersebut mencerminkan meningkatnya aktivitas ekonomi serta mobilitas masyarakat menuju pusat-pusat kegiatan perdagangan dan rekreasi. Dengan semakin banyaknya lokasi pusat perbelanjaan yang tersebar di berbagai wilayah kota, diperlukan suatu pendekatan analitis untuk menentukan struktur jaringan konektivitas antar mall dengan total bobot jarak minimum melalui pembentukan *Minimum Spanning Tree* yang efisien dalam menghubungkan lokasi-lokasi tersebut. Peningkatan mobilitas perkotaan di Kota Depok juga tercermin dari pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang cukup signifikan. Data menunjukkan bahwa jumlah kendaraan bermotor di Kota Depok mencapai sekitar 1,95 juta unit pada tahun 2025, yang didominasi oleh sepeda motor sebanyak sekitar 1,65 juta unit, diikuti

oleh mobil penumpang sekitar 267 ribu unit, serta kendaraan barang dan bus dalam jumlah yang lebih kecil. Angka tersebut menunjukkan peningkatan dibandingkan beberapa tahun sebelumnya, di mana jumlah kendaraan pada tahun 2023 tercatat sekitar 1,13 juta unit [1]. Pertumbuhan kendaraan yang pesat ini mencerminkan tingginya mobilitas masyarakat serta meningkatnya aktivitas ekonomi perkotaan. Kondisi tersebut juga berpotensi meningkatkan kompleksitas jaringan perjalanan antar lokasi pusat aktivitas ekonomi, termasuk pusat perbelanjaan, sehingga diperlukan pendekatan analisis jaringan yang mampu menentukan rute perjalanan yang lebih efisien. Pertumbuhan mobilitas perkotaan yang semakin kompleks menuntut adanya pendekatan analitis yang mampu mengoptimalkan jaringan transportasi secara efektif dan berkelanjutan. Teori graf menjadi salah satu metode matematis yang banyak digunakan dalam memodelkan struktur jaringan jalan serta menganalisis keterhubungan antar simpul untuk memperoleh solusi optimasi jaringan yang lebih efisien[2]

Dalam perspektif optimasi jaringan, lokasi pusat perbelanjaan dapat direpresentasikan sebagai simpul (*vertex*) dalam suatu graf, sedangkan jalur atau jarak antar lokasi dapat dimodelkan sebagai sisi (*edge*) yang memiliki bobot tertentu. Permasalahan yang muncul adalah bagaimana menentukan struktur jaringan konektivitas antar simpul yang mampu menghubungkan seluruh pusat perbelanjaan dengan total bobot jaringan yang minimum. Permasalahan ini secara matematis dikenal sebagai permasalahan *Minimum Spanning Tree* (MST), yaitu proses pencarian pohon merentang minimum yang menghubungkan seluruh simpul dalam suatu graf tanpa membentuk siklus dan dengan jumlah bobot sisi sekecil mungkin [3]. Salah satu metode dalam teori graf yang bisa dimanfaatkan untuk menemukan konfigurasi jaringan yang paling efisien secara keseluruhan adalah *Algoritma Prim*. *Algoritma Prim* berfungsi dengan membuat pohon merentang dan fokus pada pemilihan bobot (jarak) terendah yang berdasarkan simpul yang dipilih. Menurut [4] pendekatan *Minimum Spanning Tree*(MST) dengan *Algoritma Prim* lebih unggul karena nilai solusi optimal dan jumlah iterasinya paling kecil dengan memilih sembarang titik atau sumber lalu pilih *active edge* dengan biaya terkecil.

Berdasarkan latar belakang di atas, tim peneliti akan melakukan penelitian mengenai *Minimum Spanning Tree* untuk rute pusat perbelanjaan di Kota Depok dengan menggunakan *Algoritma Prim*. Berdasarkan penjelasan latar belakang yang telah disampaikan, identifikasi permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana memodelkan jaringan konektivitas antar pusat perbelanjaan di Kota Depok dalam bentuk graf berbobot.
2. Bagaimana menerapkan *Algoritma Prim* untuk memperoleh pohon merentang minimum yang menghubungkan seluruh simpul pusat perbelanjaan.
3. Bagaimana hasil optimasi jaringan tersebut dapat menunjukkan struktur rute dengan total bobot jarak minimum antar pusat perbelanjaan di Kota Depok.

Berdasarkan identifikasi masalah, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan struktur jaringan konektivitas antar pusat perbelanjaan di Kota Depok yang memiliki total bobot jarak minimum dengan menggunakan *Algoritma Prim* dalam kerangka *Minimum Spanning Tree*?

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memodelkan jaringan lokasi pusat perbelanjaan di Kota Depok dalam bentuk graf berbobot serta menerapkan *Algoritma Prim* untuk memperoleh struktur *Minimum Spanning Tree*. Melalui pendekatan ini

diharapkan dapat diperoleh konfigurasi jaringan konektivitas antar pusat perbelanjaan dengan total bobot jarak minimum..

Penelitian-penelitian sebelumnya yang membahas tentang *Algoritma Prim* yaitu [5] dalam penelitiannya membahas Optimasi Rencana Pemasangan Kabel Fiber Optic di ITERA dengan *Algoritma Prim*, hasil penelitian menunjukkan bahwa *Algoritma Prim* dapat digunakan sebagai metode untuk menemukan jaringan yang optimal pada jaringan FO ITERA sehingga dapat meminimalkan biaya pemasangan kabel FO. Kemudian [6] dalam penelitiannya yang berjudul Penerapan *Algoritma Prim* Dalam Penentuan Lintasan Terpendek dan Tercepat dari Dinas Pendidikan ke SMP Negeri di Salatiga, hasil penelitian dapat menyelesaikan permasalahan optimalisasi jarak waktu tempuh dari Dinas Pendidikan menuju SMP Negeri Salatiga dibuktikan dengan *minimum spanning tree* (MST) sehingga dapat dijadikan salah satu solusi dan bahan evaluasi untuk menentukan lintasan terpendek dan tercepat dari satu daerah ke daerah lainnya. Lebih lanjut [7] dalam penelitiannya yang berjudul Penerapan *Algoritma Prim* dalam Menentukan Rute Prioritas Pengiriman Paket *Express* hasil penelitian dapat menghasilkan rute optimal, mempertimbangkan prioritas pengiriman dan jarak yang akan ditempuh oleh kurir sehingga memungkinkan pengiriman paket dengan efektif dan efisien. Penelitian [8] dengan judul "PRIMATHRIC" : Aplikasi *Algoritme Prim* untuk Optimasi Penyediaan Akses Energi Listrik di Kabupaten Alor, hasil penelitian tersebut dapat mengoptimalkan penentuan alur distribusi dan alokasi energi listrik di Kabupaten Alor. Penelitian [9] yang berjudul Penerapan *Algoritma Prim* Dalam Menentukan *Minimum Spanning Tree* (MST)(Studi Kasus:Jaringan Pipa PDAM Tirta Muaro Jambi), memberikan hasil bahwa *Algoritma Prim* dapat diterapkan untuk menentukan *Minimum Spanning Tree* dalam mengoptimalkan panjang jaringan pipa PDAM Tirta Muaro Jambi di perumahan Mendalo Asri.

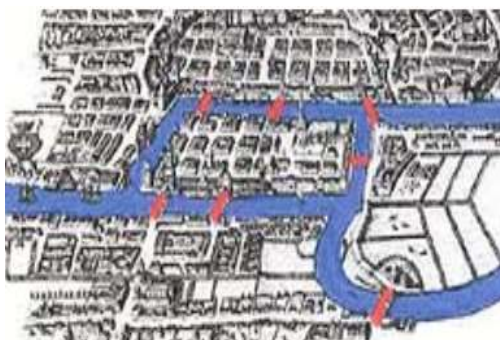
Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa teori graf dan konsep *Minimum Spanning Tree* (MST) dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi jaringan, seperti perencanaan jaringan transportasi, distribusi logistik, serta perancangan jaringan infrastruktur. *Algoritma* seperti *Prim* dan *Kruskal* telah banyak diterapkan untuk menentukan struktur jaringan dengan total bobot minimum. Namun, sebagian besar penelitian tersebut lebih berfokus pada jaringan transportasi umum, jaringan distribusi barang, atau sistem komunikasi. Sementara itu, kajian yang memodelkan keterhubungan spasial antar pusat aktivitas ekonomi perkotaan, khususnya pusat perbelanjaan, dalam kerangka optimasi jaringan masih relatif terbatas.

Penelitian mengenai pusat perbelanjaan di Kota Depok umumnya lebih menitikberatkan pada aspek ekonomi, perilaku konsumen, atau pengembangan wilayah, dan belum mengkaji struktur konektivitas jaringan antar pusat perbelanjaan menggunakan pendekatan teori graf. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut dengan memodelkan jaringan lokasi pusat perbelanjaan di Kota Depok sebagai graf berbobot serta menerapkan *Algoritma Prim* untuk membangun *Minimum Spanning Tree* guna menentukan konfigurasi jaringan rute dengan total jarak minimum. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam analisis optimasi jaringan pada konteks konektivitas antar pusat aktivitas ekonomi di wilayah perkotaan. Adapun peran penelitian ini adalah sebagai salah satu referensi dalam menentukan metode yang strategis untuk menganalisis struktur konektivitas jaringan

antar pusat perbelanjaan dengan total bobot jarak minimum melalui pembentukan *Minimum Spanning Tree*. Pendekatan ini dilakukan dengan memilih sisi dengan bobot (jarak) terkecil secara bertahap berdasarkan simpul yang telah terhubung menggunakan *Algoritma Prim*.

Graf merupakan suatu struktur yang dapat digunakan untuk menggambarkan keterkaitan antara objek diskrit yang satu dengan objek diskrit lainnya. Graf dapat diartikan sebagai pasangan himpunan dari sebuah himpunan simpul yang tidak kosong ( $V/Vertex$ ) dan himpunan sisi yang menghubungkan pasangan-pasangan simpul ( $E/Edge$ ), di mana  $E$  bisa saja kosong. Dengan demikian, sebuah graf bisa saja tidak memiliki sisi namun tetap memiliki minimal satu titik. Graf yang hanya memiliki satu titik tanpa sisi disebut graf *trivial*. Notasi untuk graf  $G$  dapat disederhanakan menjadi  $G = (V, E)$ . Sebuah graf  $G$  terdiri dari himpunan  $V$  yang berisi *vertex-vertex* (simpul-simpul) dan himpunan  $E$  dari sisi-sisi sehingga setiap sisi  $e \in E$  terhubung dengan pasangan simpul yang tidak terurut. Jika terdapat sebuah sisi  $e$  yang menghubungkan simpul simpul  $v$  dan  $w$ , hal ini bisa dinyatakan sebagai dengan  $e=(v,w)$  atau  $e=(w,v)$ . Dalam konteks ini,  $(v,w)$  menyatakan sebuah sisi antara simpul  $v$  dan simpul  $w$  dalam sebuah graf dan bukan sebuah pasangan terurut. Misal  $G$  adalah graf dengan himpunan simpul  $V(G)=\{a,b,c,d,e\}$  dan  $E(G) = \{(a,b), (b,c), (c,d), (d,e), (e,a), (e,b), (e,c), (d,b)\}$  [10]

Berdasarkan catatan sejarah, persoalan jembatan Königsberg merupakan masalah pertama yang menerapkan konsep graf pada tahun 1739. Di kota Königsberg (yang terletak di sebelah timur negara bagian Prussia, Jerman), kini dikenal dengan nama Kaliningrad, terdapat sungai Pregal yang mengalir mengelilingi pulau Kneiphof dan kemudian membelah menjadi dua anak sungai, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Peta kota Königsberg

Graf yang menggambarkan jembatan Königsberg: Simpul (*vertex*) mewakili daratan dan sisi (*edge*) melambangkan jembatan. Masalah yang dihadapi adalah mencari rute atau jalur dari suatu kota yang melalui tujuh jembatan, dengan ketentuan bahwa setiap jembatan harus dilalui tepat satu kali, dan kemudian kembali ke titik awal [11]. Permasalahan ini dikenal sebagai masalah tujuh jembatan Königsberg, yang kemudian dianalisis oleh Leonhard Euler pada tahun 1736. Euler memodelkan setiap wilayah daratan sebagai simpul (*vertex*) dan setiap jembatan sebagai sisi (*edge*) dalam suatu graf. Berdasarkan analisis tersebut, Euler menunjukkan bahwa rute yang memenuhi ketentuan tersebut tidak mungkin ada karena terdapat lebih dari dua simpul yang memiliki derajat ganjil, sehingga tidak memenuhi syarat terbentuknya lintasan Euler.

Konsep pohon (*tree*) adalah konsep yang paling terkenal dan cukup penting dibandingkan konsep lainnya yang ada dalam teori graf, karena mampu menye-

lesaikan permasalahan dalam berbagai terapan masalah graf, misalnya konsep pohon merentang (*Spanning Tree*) yang digunakan oleh perusahaan kereta api dalam menentukan jalur yang akan dilalui oleh kereta, dengan mempertimbangkan bobot biaya yang minimum[11]. Jika konsep *spanning tree* digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan dengan unsur pencarian bobot minimum pada sebuah graf berbobot, maka disebut sebagai MST (*Minimum Spanning Tree*)[12]. *Algoritma Prim* merupakan representasi dari pohon dan salah satu algoritma untuk mencari pohon merentang yang berbobot minimum. Menurut [13] *Algoritma Prim* ditemukan oleh Robert C. Prim. Algoritma ini diawali dengan graf yang tidak memiliki garis, yaitu dimulai dari graf yang sepenuhnya kosong. Untuk menemukan pohon merentang minimum T dari graf G dengan menggunakan *Algoritma Prim*, langkah awal adalah memilih satu titik secara acak (misalnya  $v_1$ ). Selanjutnya, tambahkan satu garis yang menghubungkan  $v_1$  dengan bobot terendah (misalnya  $e_1$ ) dan ujung lainnya menuju T, sehingga T terdiri dari sebuah garis  $e_1$  dan dua titik ujung dari garis  $e_1$  (salah satunya adalah  $v_1$ ). *Algoritma Prim* merupakan salah satu algoritma yang banyak digunakan untuk menentukan lintasan dengan total bobot minimum dalam permasalahan jaringan komputer, komunikasi, dan transportasi[14]. Dalam penelitian [15] membandingkan *Algoritma Prim* dengan *Algoritma Dijkstra* bahwa *Algoritma Prim* dalam membentuk *Minimum Spanning Tree* (MST) mendapat hasil total jarak lintasan lebih efektif dibandingkan *Algoritma Dijkstra* sedangkan *Algoritma Dijkstra* lebih efektif dalam menghasilkan jarak dari *vertex* awal menuju *vertex* tujuan.

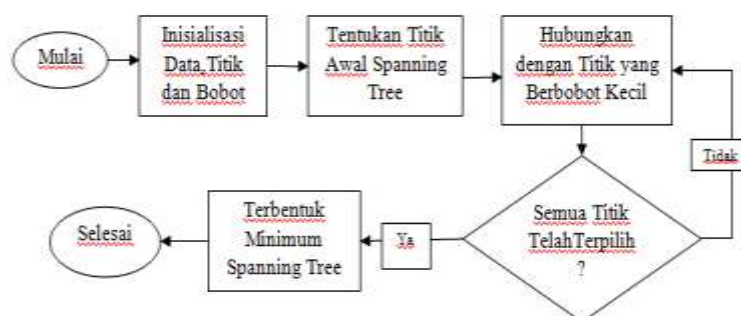
## METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif karena analisis dilakukan berdasarkan data numerik berupa jarak antar pusat perbelanjaan yang kemudian dimodelkan secara matematis dalam kerangka teori graf. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis graf (*graph analysis*) untuk menganalisis struktur konektivitas antar lokasi dalam bentuk graf berbobot. Desain penelitian yang diterapkan adalah pemodelan jaringan (*network modeling*), di mana setiap pusat perbelanjaan direpresentasikan sebagai simpul (*vertex*) dan jarak antar pusat perbelanjaan direpresentasikan sebagai sisi (*edge*) dengan bobot jarak dalam satuan kilometer. Teknik analisis yang digunakan adalah penerapan *Algoritma Prim* untuk membangun *Minimum Spanning Tree* (MST), yaitu struktur jaringan yang menghubungkan seluruh simpul dengan total bobot minimum tanpa membentuk siklus[3]. Pendekatan ini digunakan untuk memperoleh konfigurasi jaringan konektivitas antar pusat perbelanjaan yang paling efisien berdasarkan total jarak minimum. Dalam penelitian [16] yang berjudul Penerapan *Minimum Spanning Tree* Pada Pengoptimalan Jaringan Listrik Di Perumahan Depok Indah I, hasil penelitian menunjukkan penggunaan pohon perentangan minimal ini sangat berpengaruh pada pengoptimalan jarak yang menghubungkan antar rumah ke rumah lainnya dan lebih menghemat penggunaan kabel listrik sehingga dapat dikatakan efektif dan efisien. Lebih lanjut [17] dalam penelitiannya mengemukakan MST dapat mengoptimalkan panjang jaringan pipa air bersih di DKI Jakarta sehingga dapat meminimalkan total biaya pembelian pipa.

Jumlah pusat perbelanjaan di Kota Depok tercatat sekitar 14 unit, penelitian ini hanya memfokuskan analisis pada 9 unit sebagai objek penelitian karena tingkat popularitas, skala pusat perbelanjaan, intensitas kunjungan masyarakat dan

pembatasan jumlah simpul untuk mempermudah proses pemodelan jaringan graf serta analisis konektivitas antar pusat perbelanjaan dalam kerangka *Minimum Spanning Tree*. Data jarak antar pusat perbelanjaan diperoleh menggunakan aplikasi *Google Maps* sebagai sumber data geografis. Proses pengambilan data dilakukan dengan memanfaatkan fitur *Directions* pada *Google Maps*. Setiap lokasi pusat perbelanjaan terlebih dahulu diidentifikasi berdasarkan nama dan alamat resmi yang tersedia pada platform tersebut. Selanjutnya, jarak antar dua pusat perbelanjaan dihitung menggunakan moda transportasi kendaraan (*driving mode*) untuk memperoleh jarak tempuh jalan (*road distance*) yang direkomendasikan oleh *Google Maps* sebagai rute utama. Nilai jarak yang diperoleh dinyatakan dalam satuan kilometer dan digunakan sebagai bobot sisi (*edge weight*) pada graf berbobot yang merepresentasikan jaringan konektivitas antar pusat perbelanjaan. Untuk menjaga konsistensi data, seluruh pengambilan jarak dilakukan pada periode waktu yang sama sehingga hasil pengukuran jarak antar lokasi dapat direproduksi menggunakan metode yang sama. Data jarak yang diperoleh kemudian disusun dalam bentuk matriks jarak dan digunakan sebagai dasar dalam proses pemodelan graf serta penerapan *Algoritma Prim* untuk menentukan *Minimum Spanning Tree* pada jaringan pusat perbelanjaan di Kota Depok.

Teknik analisis data yang digunakan dengan menggunakan *Algoritma Prim*. Langkah pertama menentukan representasi graf setiap *shopping mall* dijadikan simpul (*vertex*) dan setiap hubungan antar *mall* (jarak) dijadikan sisi (*edge*) dengan bobot berupa jarak antar *mall*. Langkah kedua data jarak tersebut digunakan untuk membentuk graf terhubung berbobot positif yang siap dianalisis dengan *Algoritma Prim*. Langkah ketiga menerapkan *Algoritma Prim*. Langkah keempat menghitung total bobot minimum dan langkah kelima adalah visualisasi hasil. Dalam penelitian ini, graf dimodelkan sebagai graf berbobot tak berarah di mana bobot pada setiap sisi merepresentasikan jarak antar pusat perbelanjaan yang dinyatakan dalam kilometer. Informasi waktu tempuh yang diperoleh dari *Google Maps* digunakan sebagai informasi tambahan untuk interpretasi hasil dan tidak digunakan sebagai bobot dalam proses pembentukan *Minimum Spanning Tree* menggunakan *Algoritma Prim*. Flowchart pembentukan *Minimum Spanning Tree* menggunakan *Algoritma Prim* dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Flowchart pembentukan Minimum Spanning Tree menggunakan Algoritma Prim

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 2, proses pembentukan *Minimum Spanning Tree* (MST) menggunakan *Algoritma Prim* dilakukan melalui tahapan berikut.

1. *Inisialisasi* graf yaitu mendefinisikan graf yang terdiri dari himpunan simpul (*vertex*) dan sisi (*edge*) beserta bobotnya yang merepresentasikan jarak atau biaya antar simpul.

2. Menentukan simpul awal yaitu memilih satu simpul sebagai titik awal pembentukan *spanning tree*.
3. Memilih sisi dengan bobot minimum yaitu menentukan sisi dengan bobot terkecil yang menghubungkan simpul yang telah berada dalam *spanning tree* dengan simpul yang belum terpilih.
4. Menambahkan simpul ke dalam *spanning tree* yaitu sisi dengan bobot minimum beserta simpul yang terhubung ditambahkan ke dalam struktur *spanning tree*.
5. Mengulangi proses hingga semua simpul terhubung yaitu proses pemilihan sisi dengan bobot minimum diulangi hingga seluruh simpul dalam graf terhubung tanpa membentuk siklus sehingga diperoleh *Minimum Spanning Tree* dengan total bobot minimum

Proses tersebut dilakukan secara iteratif hingga seluruh simpul dalam graf terhubung dan terbentuk *Minimum Spanning Tree* dengan bobot total minimum.

Jaringan pusat perbelanjaan di Kota Depok pada penelitian ini dimodelkan menggunakan graf berbobot tak berarah (*undirected weighted graph*). Secara matematis graf tersebut dinyatakan sebagai:

$$G=(V,E)$$

- V adalah himpunan simpul (*vertices*) yang merepresentasikan pusat perbelanjaan.
- E adalah himpunan sisi (*edges*) yang merepresentasikan hubungan atau jalur antara dua pusat perbelanjaan.

Setiap sisi pada graf memiliki bobot yang dinyatakan dengan fungsi:  $W = E \rightarrow R$  di mana  $w(e)$  menyatakan bobot jarak antar dua pusat perbelanjaan yang diukur dalam kilometer [11].

Dalam penelitian ini, himpunan simpul didefinisikan sebagai:

$V=\{v_1,v_2,v_3,...,v_9\}$  yang merepresentasikan 9 pusat perbelanjaan di Kota Depok, yaitu:  $v_1$ = Depok Town Square,  $v_2$ = Margo City,  $v_3$  = D'Mall,  $v_4$  = Depok ITC,  $v_5$  = Depok Town Center,  $v_6$ = Pesona Square,  $v_7$  = Grand Mall Cimanggis,  $v_8$  = Citimall Cimanggis dan  $v_9$  = The Park Sawangan. Sedangkan himpunan sisi E merepresentasikan hubungan antar pusat perbelanjaan yang memiliki jarak tertentu, misalnya:  $E=\{(v_1,v_2),(v_2,v_3),(v_3,v_4),(v_4,v_5),(v_2,v_6),(v_6,v_7),(v_7,v_8),(v_5,v_9)\}$ . Graf berbobot adalah graf di mana setiap sisi atau edge memiliki nilai atau bobot. Bobot ini dapat menentukan suatu jarak, biaya, waktu perjalanan, dan hal-hal lainnya [18]. Bobot pada setiap sisi merupakan jarak antar pusat perbelanjaan, misalnya:  $w(v_1,v_2)=0.5$  km dan  $w(v_2,v_3)=2.2$  km dan seterusnya sesuai dengan data jarak yang digunakan dalam penelitian. Permasalahan yang diselesaikan dalam penelitian ini adalah menentukan *Minimum Spanning Tree* (MST) dari graf G, yaitu pohon merentang  $T \subseteq E$  yang menghubungkan seluruh simpul dengan total bobot minimum, yang secara matematis dirumuskan sebagai:  $\min \sum_{e \in T} w(e)$  dengan syarat bahwa T menghubungkan seluruh simpul dalam graf dan tidak membentuk siklus. Untuk memperoleh pohon merentang minimum tersebut digunakan *Algoritma Prim*, yang secara iteratif memilih sisi dengan bobot terkecil yang menghubungkan simpul yang sudah berada dalam pohon dengan simpul yang belum terhubung. Berikut *pseudocode Algoritma Prim* untuk membangun *Minimum Spanning Tree* (MST).

Input : Graf berbobot  $G = (V, E)$   
Output : Minimum Spanning Tree  $T$

1. Pilih satu simpul awal dari  $V$
2. Masukkan simpul tersebut ke dalam himpunan  $T$
3. Selama masih ada simpul yang belum masuk ke  $T$ :
4. Pilih sisi dengan bobot minimum yang menghubungkan simpul dalam  $T$  dengan simpul di luar  $T$
5. Tambahkan sisi tersebut ke dalam  $T$
6. Masukkan simpul baru ke dalam  $T$
7. Ulangi hingga seluruh simpul terhubung

*Algoritma Prim* merupakan *algoritma greedy* yang digunakan untuk membangun *Minimum Spanning Tree* pada graf berbobot. Algoritma ini bekerja dengan memilih sisi dengan bobot terkecil yang menghubungkan simpul yang telah berada dalam pohon dengan simpul lain yang belum terhubung[3]. Pendekatan *greedy* tersebut menjamin bahwa solusi yang diperoleh bersifat optimal dalam konteks pembentukan *Minimum Spanning Tree*. Dari sisi kompleksitas komputasi, algoritma Prim memiliki kompleksitas waktu sebesar  $O(V^2)$  jika menggunakan representasi matriks ketetanggaan, dan dapat ditingkatkan menjadi  $O(E \log V)$  jika menggunakan struktur data *priority queue* atau *min-heap*[19].

Validasi hasil penelitian dilakukan dengan memeriksa karakteristik dasar dari *Minimum Spanning Tree (MST)* yang diperoleh. Secara konseptual, suatu MST harus memenuhi beberapa sifat utama, yaitu seluruh simpul dalam graf harus terhubung dalam satu jaringan (*connected graph*), tidak membentuk siklus (*acyclic*), serta memiliki total bobot sisi minimum dibandingkan dengan semua kemungkinan kombinasi sisi lainnya yang dapat menghubungkan seluruh simpul dalam graf. Dalam penelitian ini, struktur jaringan yang dihasilkan dari penerapan *Algoritma Prim* diperiksa kembali untuk memastikan bahwa seluruh pusat perbelanjaan sebagai simpul graf telah terhubung dalam satu struktur pohon tanpa adanya siklus, serta bahwa total bobot jarak dari seluruh sisi yang terpilih merupakan nilai minimum.

Selain itu, validitas hasil juga dapat dijustifikasi secara teoretis melalui prinsip-prinsip dasar dalam teori graf, khususnya *cut property* dan *cycle property* dari *Minimum Spanning Tree*. *Cut property* menyatakan bahwa untuk setiap pemotongan (*cut*) yang membagi simpul graf menjadi dua himpunan yang tidak saling beririsan, sisi dengan bobot minimum yang melintasi pemotongan tersebut pasti merupakan bagian dari *Minimum Spanning Tree*. Prinsip ini menjadi dasar dari pendekatan *greedy* yang digunakan oleh *Algoritma Prim* dalam memilih sisi dengan bobot terkecil secara bertahap. Sementara itu, *cycle property* menyatakan bahwa dalam setiap siklus pada graf berbobot, sisi dengan bobot terbesar tidak akan menjadi bagian dari *Minimum Spanning Tree*[11]. Dengan demikian, penerapan *Algoritma Prim* secara iteratif akan menghasilkan struktur jaringan yang bebas siklus dan memiliki bobot total minimum. Lebih lanjut, hasil MST yang diperoleh melalui *Algoritma Prim* juga dapat diverifikasi menggunakan algoritma lain yang memiliki tujuan yang sama, seperti *Algoritma Kruskal*, yang juga digunakan untuk membangun *Minimum Spanning Tree*. Secara teoretis, kedua algoritma tersebut akan menghasilkan struktur pohon merentang minimum yang konsisten ketika diterapkan pada graf dengan bobot yang sama. Oleh karena itu, kesesuaian hasil dengan sifat-sifat MST serta prinsip optimalitas dalam

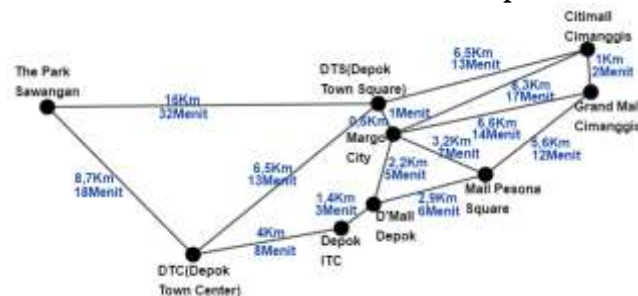
teori graf menunjukkan bahwa jaringan yang diperoleh dalam penelitian ini telah memenuhi kriteria sebagai *Minimum Spanning Tree*. Selain itu MST juga dapat dikombinasikan dengan *Algoritma Semut* seperti dalam penelitian [20] Aplikasi Algoritma Semut Dalam Menentukan Pohon Merentang Minimum (*Minimum Spanning Tree*) Terhadap Lintasan yang Mengarah ke Pusat Perbelanjaan di Kota Palopo, hasil penelitian menunjukkan bahwa total jarak minimum pada lintasan yang mengarah ke pusat perbelanjaan di Kota Palopo yang dihasilkan adalah 4,21 km maka dalam hal ini *Algoritma Semut* bisa diterapkan dalam menentukan pohon merentang minimum.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dipakai dalam studi ini adalah 9 lokasi mal yang paling banyak dikunjungi di Depok, dengan jarak dan waktu (bobot) setiap sisi yang diperoleh melalui *Google Maps* sebagai alat pengukuran. Lokasi-lokasi pusat perbelanjaan tersebut adalah: Mall Pesona Square, Margo City, D'Mall Depok, Depok ITC, DTC(Depok Town Square), Citimall Cimanggis, DTC (Depok Town Center), Grand Mall Cimanggis, The Park Sawangan. Titik-titik tesebut dipresentasikan pada Gambar 3 dan 4



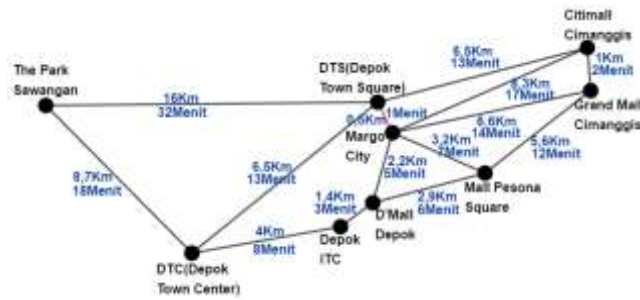
Gambar 3. Titik Mall di Kota Depok



Gambar 4. Graf terhubung dan berbobot representasi mall di Depok

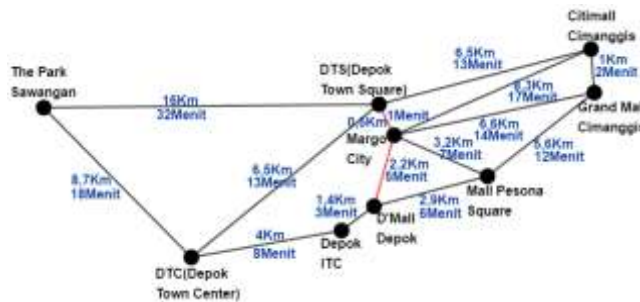
Berikut adalah langkah – langkah perhitungan dan pemilihan sisi pada graf representasi mall di Depok, sehingga terbentuk *minimum spanning tree* menggunakan *Algoritma Prim*:

Dimulai dari titik atau vertice DTS (Depok Town Square). Selanjutnya bobot terendah dari DTS (Depok Town Square) yaitu menuju ke Margo City dengan jarak 0,5 Km dengan waktu 1 Menit.



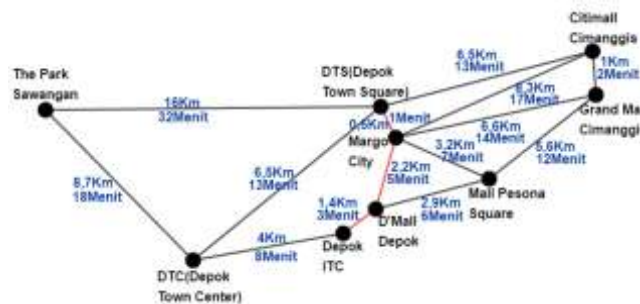
Gambar 5. Graf Step 1

Dari Margo City terdapat 4 tempat tujuan yaitu D'Mall, Mall Pesona Square, Grand Mall Cimanggis, dan Citimall Cimanggis dengan bobot yang berbeda-beda. Jarak dari Margo City ke D'Mall adalah yang terpendek, yaitu 2,2 Km dengan waktu tempuh 5 menit, jika dibandingkan dengan Mall Pesona Square, Grand Mall Cimanggis, dan Citimall Cimanggis.



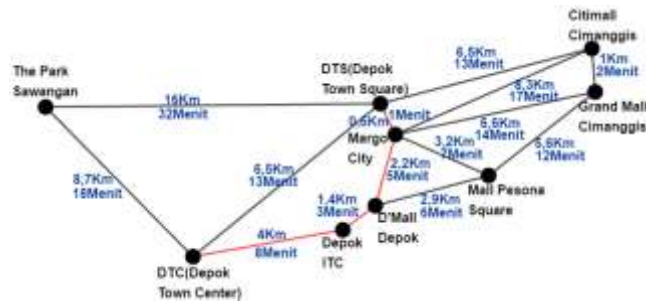
Gambar 6. Graf Step 2

Jarak minimum selanjutnya yaitu dari D'Mall ke Depok ITC yaitu sebesar 1.4 Km dengan waktu 3 Menit



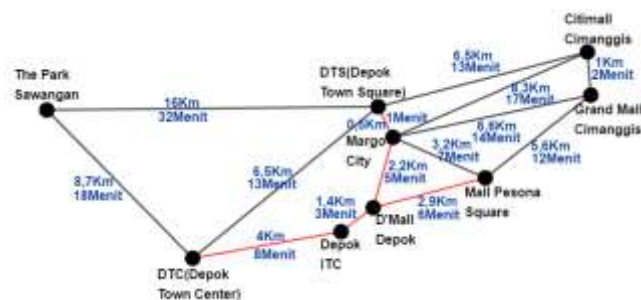
Gambar 7. Graf Step 3

Jarak minimum selanjutnya yaitu dari Depok ITC ke Depok Town Center yaitu sebesar 4 Km dengan waktu 8 Menit



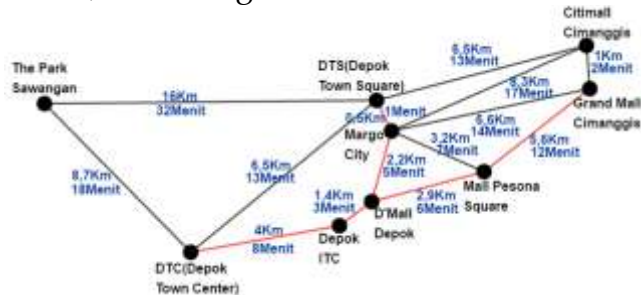
**Gambar 8. Graf Step 4**

Jarak minimum selanjutnya yaitu 2.9 Km dari D'Mall Depok menuju Mall Pesona Square dengan waktu 6 Menit.



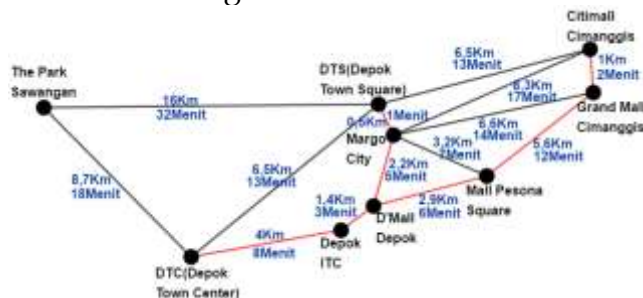
**Gambar 9. Graf Step 5**

Jarak minimum selanjutnya yaitu dari Mall Pesona Square ke Grand Mall Cimanggis yaitu sebesar 5,6 Km dengan waktu 12 Menit.



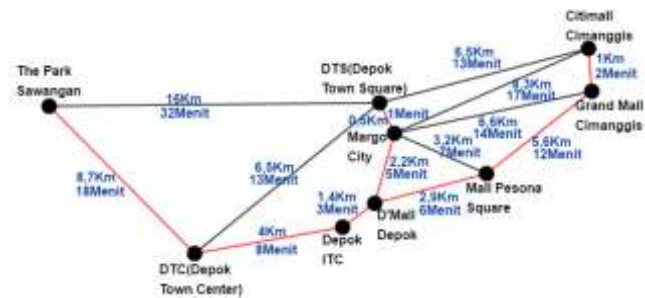
**Gambar 10. Graf Step 6**

Jarak minimum selanjutnya yaitu dari Grand Mall Cimanggis menuju Citimall Cimanggis yaitu sebesar 1 Km dengan waktu 2 Menit.



**Gambar 11. Graf Step 7**

Jarak minimum selanjutnya yaitu dari The Park Sawangan menuju DTC(Depok Town Center) yaitu sebesar 8,7 Km dengan waktu 18 Menit.



Gambar 12. Graf Step 8

Oleh karena itu, diperoleh pohon rentang minimum dari grafik yang disediakan seperti yang terlihat pada Gambar 13 dengan jumlah total pohon rentang minimum seperti yang tertera pada Tabel 1



Gambar 13. Minimum Spanning Tree

Tabel 1. Bobot dalam jarak dan waktu tempuh

| Sisi                                       | Bobot (Km) | Bobot (Menit) |
|--------------------------------------------|------------|---------------|
| (DTS Depok Town Square, Margo City)        | 0,5        | 1             |
| (Margo City, D'Mall)                       | 2,2        | 5             |
| (D'Mall, Depok ITC)                        | 1,4        | 3             |
| (Depok ITC, DTC Depok Town Center)         | 4          | 8             |
| (D'Mall, Mall Pesona Square)               | 2,9        | 6             |
| (Mall Pesona Square, Grand Mall Cimanggis) | 5,6        | 12            |
| (Grand Mall Cimanggis, Citimall Cimanggis) | 1          | 2             |
| (DTC Depok Town Center, The Park Sawangan) | 8,7        | 18            |

Berdasarkan proses perhitungan menggunakan *Algoritma Prim*, pembentukan *Minimum Spanning Tree* (MST) dilakukan dengan memilih sisi yang memiliki bobot terkecil secara bertahap hingga seluruh simpul terhubung. Proses dimulai dari simpul Depok Town Square (DTS) sebagai titik awal, kemudian dipilih sisi dengan bobot minimum yang menghubungkannya dengan Margo City, dilanjutkan ke D'Mall Depok, ITC Depok, dan Depok Town Center (DTC) sehingga terbentuk jalur utama. Selanjutnya, algoritma memilih sisi dengan bobot minimum yang menghubungkan simpul dalam MST dengan simpul yang belum terhubung. Dari D'Mall Depok terbentuk cabang menuju Pesona Square, Grand Mall Cimanggis, hingga Citimall Cimanggis. Sementara itu, dari DTC terbentuk cabang menuju The Park Sawangan. Berdasarkan proses tersebut, struktur MST yang dihasilkan membentuk tiga rute utama, yaitu jalur utama Margonda, cabang rute menuju wilayah Cimanggis, dan cabang rute menuju wilayah Sawangan.

Berdasarkan proses perhitungan dengan *Algoritma Prim*, diperoleh struktur rute optimal dengan tiga cabang utama, yaitu:

1. Rute Utama 1: DTS (Depok Town Square) → Margo City → D'Mall Depok → ITC Depok → DTC (Depok Town Center) Rute ini merupakan jalur utama yang menghubungkan pusat-pusat perbelanjaan besar di sepanjang jalur Margonda Raya dan kawasan utama Kota Depok. Rute ini dipilih karena memiliki kepadatan pusat bisnis tertinggi dan jarak antar mall relatif dekat.
2. Cabang Rute 2: D'Mall Depok → Pesona Square → Grand Mall Cimanggis → Citimall Cimanggis, Cabang ini merupakan percabangan dari D'Mall Depok ke arah utara Kota Depok. Hasil algoritma menunjukkan bahwa rute ini merupakan jalur terpendek untuk menghubungkan mall di wilayah Cimanggis, tanpa harus kembali ke jalur utama.
3. Cabang Rute 3: DTC (Depok Town Center) → The Park Sawangan. Cabang ini mengarah ke wilayah selatan Kota Depok (Sawangan). Dengan menambahkan cabang dari DTC ke The Park Sawangan, seluruh pusat perbelanjaan besar di Kota Depok berhasil dihubungkan secara efisien.

Berdasarkan hasil pengolahan data, total jarak yang dihasilkan dari keseluruhan rute adalah: 26,3 kilometer, dengan estimasi waktu tempuh sekitar 55 menit, (dengan asumsi kecepatan rata-rata kendaraan  $\pm 30$  km/jam dalam kondisi lalu lintas normal). Nilai total ini merupakan hasil minimum, karena tidak ada kombinasi jalur lain yang mampu menghubungkan seluruh mall dengan jarak total yang lebih pendek tanpa kehilangan konektivitas antar titik.

Berdasarkan proses penerapan *Algoritma Prim* pada graf yang merepresentasikan jaringan pusat perbelanjaan di Kota Depok, diperoleh struktur *Minimum Spanning Tree* yang menghubungkan seluruh simpul dengan total bobot jarak minimum tanpa membentuk siklus. Proses pembentukan MST dimulai dari simpul Depok Town Square (DTS) sebagai simpul awal, kemudian secara bertahap dipilih sisi dengan bobot jarak terkecil yang menghubungkan simpul yang telah berada dalam jaringan dengan simpul lain yang belum terhubung.

Hasil analisis menunjukkan bahwa Margo City berperan sebagai simpul penghubung utama dalam jaringan karena memiliki konektivitas langsung dengan beberapa pusat perbelanjaan lainnya, seperti DTS, D'Mall, dan Mall Pesona Square. Hal ini menunjukkan bahwa Margo City memiliki posisi yang cukup strategis dalam struktur jaringan pusat perbelanjaan di Kota Depok. Selain itu, simpul D'Mall juga berfungsi sebagai penghubung menuju Depok ITC, yang selanjutnya terhubung dengan Depok Town Center (DTC), membentuk jalur konektivitas pada bagian tengah jaringan.

Pada bagian lain jaringan, Mall Pesona Square berfungsi sebagai simpul perantara yang menghubungkan Margo City dengan Grand Mall Cimanggis, yang kemudian terhubung dengan Citimall Cimanggis. Struktur ini menunjukkan adanya sub-jaringan yang menghubungkan pusat perbelanjaan di wilayah Cimanggis dengan pusat aktivitas perdagangan yang berada di kawasan Margonda dan sekitarnya. Sementara itu, simpul The Park Sawangan terhubung dengan Depok Town Center (DTC) dengan bobot jarak sebesar 8,7 km, yang menunjukkan bahwa pusat perbelanjaan di wilayah Sawangan berada pada bagian perifer jaringan tetapi tetap terhubung dengan struktur jaringan utama.

Secara keseluruhan, topologi jaringan hasil MST menunjukkan bahwa jaringan konektivitas antar pusat perbelanjaan di Kota Depok membentuk struktur pohon dengan beberapa simpul yang berperan sebagai penghubung utama (*hub*), terutama Margo City dan Depok Town Center. Struktur ini memungkinkan seluruh pusat perbelanjaan terhubung melalui jalur dengan total bobot jarak minimum, sehingga jaringan yang terbentuk menjadi lebih efisien dalam hal konektivitas antar lokasi. Dengan demikian, penerapan *Algoritma Prim* pada graf jaringan pusat perbelanjaan di Kota Depok mampu menghasilkan konfigurasi jaringan yang optimal dalam kerangka *Minimum Spanning Tree*.

Optimalitas solusi yang diperoleh dalam penelitian ini dijustifikasi melalui prinsip dasar dalam teori graf, khususnya *cut property* dari *Minimum Spanning Tree*. Prinsip tersebut menjelaskan bahwa pemilihan sisi dengan bobot minimum yang menghubungkan dua himpunan simpul akan selalu menghasilkan bagian dari MST. Oleh karena itu, pendekatan *greedy* yang digunakan dalam *Algoritma Prim* secara teoretis menjamin bahwa struktur jaringan yang dihasilkan memiliki total bobot minimum. Dengan demikian, *Algoritma Prim* berhasil menemukan struktur jaringan konektivitas antar mall dengan total bobot jarak minimum melalui pembentukan *Minimum Spanning Tree*. Hasil menunjukkan bahwa rute yang dihasilkan oleh *Algoritma Prim* lebih efisien dibandingkan rute acak atau rute manual. Hal ini karena algoritma selalu memilih jalur dengan bobot (jarak) terkecil pada setiap langkah, sehingga total jarak keseluruhan menjadi minimum. Rute atau struktur jaringan yang diperoleh dari penerapan *Algoritma Prim* (*Minimum Spanning Tree*) dapat dimanfaatkan untuk beberapa kebutuhan praktis, antara lain:

1. Perencanaan jaringan transportasi perkotaan: Hasil rute dapat digunakan sebagai dasar dalam merancang jaringan konektivitas antar pusat aktivitas kota Depok sehingga jarak total yang menghubungkan seluruh lokasi menjadi lebih efisien.
2. Pengembangan sistem navigasi atau sistem rekomendasi rute: Struktur jaringan yang dihasilkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan aplikasi navigasi atau sistem informasi geografis (GIS) untuk memberikan alternatif konektivitas antar pusat perbelanjaan di Depok atau titik aktivitas lainnya.
3. Perencanaan distribusi dan logistik: Jaringan rute dengan total jarak minimum dapat dimanfaatkan untuk mendukung efisiensi distribusi barang atau layanan logistik yang menjangkau beberapa lokasi di Depok sekaligus.
4. Perencanaan lokasi layanan publik atau fasilitas komersial: Model jaringan ini dapat membantu pemerintah daerah Depok atau pelaku usaha dalam memahami pola konektivitas antar lokasi sehingga dapat menentukan titik layanan yang lebih strategis.
5. Pengembangan sistem transportasi atau layanan shuttle: Struktur konektivitas yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar perancangan jalur transportasi khusus, seperti shuttle bus yang menghubungkan beberapa pusat perbelanjaan di Depok.
6. Analisis jaringan fasilitas perkotaan: Pendekatan ini juga dapat diterapkan untuk menganalisis konektivitas fasilitas lain, seperti rumah sakit, sekolah, atau pusat pelayanan publik di Depok.

Penelitian ini berfokus pada penerapan *Algoritma Prim* untuk memodelkan struktur konektivitas antar pusat perbelanjaan di Kota Depok menggunakan pendekatan *Minimum Spanning Tree* (MST). Meskipun demikian, penelitian ini belum melakukan komparasi secara langsung dengan penelitian terdahulu maupun dengan

algoritma optimasi jaringan lainnya. Secara teoritis, terdapat beberapa algoritma lain yang sering digunakan dalam permasalahan serupa, seperti *Algoritma Kruskal* yang juga digunakan untuk membangun *Minimum Spanning Tree* serta *Algoritma Dijkstra* yang berfungsi untuk menentukan lintasan terpendek dari satu simpul ke simpul tujuan tertentu. Dibandingkan dengan algoritma tersebut, *Algoritma Prim* memiliki karakteristik membangun jaringan secara bertahap dari satu simpul awal dengan memilih sisi yang memiliki bobot minimum, sehingga lebih sederhana untuk diterapkan pada jaringan dengan jumlah simpul yang terbatas.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, model graf hanya menggunakan jarak antar pusat perbelanjaan sebagai bobot utama tanpa mempertimbangkan faktor lain seperti kondisi lalu lintas atau waktu perjalanan yang dinamis. Kedua, objek penelitian dibatasi pada 9 pusat perbelanjaan sehingga belum merepresentasikan seluruh pusat perbelanjaan di Kota Depok. Ketiga, data jarak diperoleh dari *Google Maps* yang merepresentasikan kondisi rute pada saat pengambilan data. Dalam permasalahan *Minimum Spanning Tree*, beberapa algoritma yang umum digunakan antara lain *Algoritma Prim* dan *Algoritma Kruskal*. Kedua algoritma tersebut memiliki tujuan yang sama, yaitu membangun pohon merentang minimum pada graf berbobot. Perbedaannya terletak pada mekanisme pemilihan sisi dalam proses pembentukan pohon. *Algoritma Prim* membangun pohon secara bertahap dari satu simpul awal, sedangkan *Algoritma Kruskal* memilih sisi dengan bobot minimum dari seluruh graf tanpa mempertimbangkan simpul awal.

Namun demikian, penelitian ini menyadari bahwa tidak dilakukannya analisis komparatif menjadi salah satu keterbatasan penelitian. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan perbandingan kinerja antara *Algoritma Prim* dengan algoritma lain seperti *Kruskal* maupun *Dijkstra*, baik dari sisi efisiensi perhitungan, kompleksitas algoritma, maupun struktur jaringan yang dihasilkan. Pendekatan komparatif tersebut diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai keunggulan dan keterbatasan masing-masing algoritma dalam konteks analisis jaringan fasilitas perkotaan, sehingga model optimasi yang dihasilkan dapat lebih aplikatif dan relevan dalam mendukung perencanaan konektivitas antar lokasi di wilayah perkotaan.

## SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *Algoritma Prim* dalam analisis jaringan pusat perbelanjaan di Kota Depok mampu menghasilkan struktur konektivitas yang efisien dengan total bobot jarak minimum sebesar 26,3 km dan estimasi waktu tempuh sekitar 55 menit. Struktur jaringan yang terbentuk memperlihatkan tiga cabang utama yang menghubungkan beberapa pusat perbelanjaan, yaitu jalur DTS (Depok Town Square) – Margo City – D'Mall Depok – Depok ITC – DTC (Depok Town Center), cabang dari D'Mall Depok menuju Mall Pesona Square – Grand Mall Cimanggis – Citimall Cimanggis, serta cabang dari DTC menuju The Park Sawangan. Secara konseptual, temuan ini menegaskan relevansi pendekatan *Minimum Spanning Tree* (MST) dalam teori graf untuk membangun jaringan konektivitas antar simpul dengan total bobot minimum. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak dimaknai sebagai penentuan rute perjalanan terpendek dalam arti lintasan linear dari satu titik ke titik tujuan tertentu, melainkan sebagai model struktur jaringan konektivitas optimal yang menghubungkan seluruh lokasi

dalam suatu sistem secara efisien. Sintesis ini menunjukkan bahwa algoritma optimasi jaringan dapat dimanfaatkan sebagai pendekatan analitis dalam memodelkan hubungan spasial antar fasilitas perkotaan secara sistematis.

Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada penguatan penerapan konsep optimasi jaringan berbasis teori graf dalam konteks analisis konektivitas fasilitas publik di lingkungan perkotaan, khususnya pada pemetaan jaringan pusat perbelanjaan di Kota Depok. Hasil penelitian ini memberikan implikasi bahwa pendekatan algoritmik seperti *Algoritma Prim* dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengembangan sistem pendukung keputusan, sistem informasi geografis, maupun analisis perencanaan transportasi yang berorientasi pada efisiensi jaringan. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena model yang digunakan hanya mempertimbangkan bobot jarak antar lokasi tanpa memasukkan variabel dinamis seperti kondisi lalu lintas, tingkat kepadatan kendaraan, maupun perubahan waktu tempuh yang bersifat fluktuatif. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan data spasial dan lalu lintas secara *real-time*, memperluas jumlah simpul yang dianalisis, serta melakukan komparasi dengan algoritma optimasi jaringan lainnya seperti *Kruskal* atau *Dijkstra* agar diperoleh model analisis yang lebih komprehensif, adaptif, dan aplikatif dalam mendukung perencanaan mobilitas perkotaan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada reviewer atas masukan yang konstruktif dalam proses penyempurnaan artikel. Dan penulis mengucapkan terima kasih kepada penyedia layanan *Google Maps* yang telah menyediakan data geografis yang digunakan dalam penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kota Depok Dalam Angka 2025, *Badan Pusat Statistik Kota Depok*. Depok: Badan Pusat Statistik Kota Depok. <https://depokkota.bps.go.id/>.
- [2] Fara et al, "Penerapan Teori Graf dalam Optimasi Jaringan Transportasi Perkotaan : Systematic Literature Review ( SLR )," *J. Arjuna Publ. Ilmu Pendidikan, Bhs. dan Mat.*, vol. 3, no. 6, pp. 159-169, 2025.
- [3] Hari et al, "Pengembangan Algoritma Prim Untuk Menentukan Minimum Spanning Forest," *J. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 4, no. 1, pp. 80-90, 2021.
- [4] Yusufiani et al, "Solusi Optimal Dengan Pendekatan Minimum Spanning Tree ( MST ) Menggunakan Algoritma Kruskal dan Algoritma Prim," *KUBIK J. Publ. Ilm. Mat.*, vol. 6, no. 1, pp. 44-50, 2021.
- [5] Dewi et al, "Optimalisasi Rencana Pemasangan Kabel Fiber Optic Di ITERA Dengan Algoritma Prim," *AKSIOMA J. Progr. Stud. Pendidik. Mat.*, vol. 9, no. 1, pp. 86-92, 2020.
- [6] Viola et al, "Penerapan Algoritma Prim dalam Penentuan Lintasan Terpendek dan Tercepat dari Dinas Pendidikan Ke Smp Negeri di Salatiga," *Realis. J. Educ. Math. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 76-83, 2024.
- [7] Arya et al, "Penerapan Algoritma Prim dalam Menentukan Rute Prioritas Pengiriman Paket Express," *J. Islam. Glob. Netw. Inf. Technol. Entrep.*, vol. 2, no. 3, pp. 21-33, 2024.
- [8] Yudasril et al, "' PRIMATHRIC ' : Aplikasi Algoritme Prim untuk Optimasi Penyediaan Akses Energi Listrik di Kabupaten Alor," *J. Mat. Integr.*, vol. 14, no. 2, pp. 123-134, 2018.
- [9] Sembiring et al, "Penerapan Algoritma Prim Dalam Menentukan Minimum Spanning

- Tree ( MST ) ( Studi Kasus : Jaringan Pipa PDAM Tirta Muaro Jambi ),” *urnal Ilm. Mat. dan Terap.*, vol. 19, no. 1, pp. 58–71, 2022.
- [10] R. Johnsoundbaugh, *Matematika Diskrit*. Jakarta: PT Prenhallindo, 2002.
- [11] Rinaldi Munir, *Matematika Diskrit*. Bandung: Informatika, 2007.
- [12] M. K.Siregar, *Matematika Diskrit*. Lampung,Indonesia: Perahu Litera, 2018.
- [13] M. S. Jong Jek Siang Drs., *Matematika Diskrit dan Aplikasinya pada Ilmu Komputer*. Yogyakarta: Andi, 2009.
- [14] Lusiani et al, “Algoritma Prim dalam Penentuan Lintasan Terpendek dan Lintasan Tercepat pada Pendistribusian Logistik Bulog Jawa Barat,” in *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2021, vol. 12, pp. 673–677.
- [15] E. R. Syahputra, “Analisis Perbandingan Algoritma Prim dengan Algoritma Dijkstra dalam Pembentukan Minimum Spanning Tree (MST),” *J. Tek. Inform. Unika St. Thomas*, vol. 1, no. 2, pp. 50–55, 2016.
- [16] Tania et al, “Penerapan Minimum Spanning Tree Pada Pengoptimalan Jaringan Listrik Di Perumahan Depok Indah I,” *Bull. Appl. Ind. Eng. Theory*, vol. 2, no. 2, pp. 85–90, 2021.
- [17] Glisina et al, “Optimalisasi Panjang Jaringan Pipa Air Bersih Di DKI,” *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 6, no. 1, pp. 75–87, 2020.
- [18] Akhirina dan Thomas, “Pendekatan Matriks Ketetanggaan Berbobot untuk Solusi Minimum Spanning Tree (MST),” *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.*, vol. 4, no. 3, pp. 280–287, 2020.
- [19] Lubis et al, “Algoritma Prim Dan Kruskal Dalam Mencari Minimum Spanning Tree Pada Bahasa Pemrograman C,” *JSI J. Sist. Inf.*, vol. 8, no. 2, pp. 1–14, 2021.
- [20] Fatimah dan Marwan, “Aplikasi Algoritma Semut Dalam Menentukan Pohon Merentang Minimum ( Minimum Spanning Tree ) Terhadap Lintasan yang Mengarah ke Pusat Perbelanjaan di Kota Palopo,” *Infin. -Jurnal Mat. dan Apl. ( IJMA )*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2020.