JUTIS (Jurnal Teknik Informatika Unis)
Vol. 14 No. 1 Bulan April 2026 **p-ISSN: 2252-5351**
Program Studi Teknik Informatika – Fakultas Teknik **e-ISSN: 2656-0860**
Universitas Islam Syekh-Yusuf Tangerang

.

Analisis Sentralitas Jaringan Jalan Kota Surakarta untuk Penentuan Lokasi Optimal SPKLU Menggunakan Algoritma Floyd-Warshall

Khashia Yasmin Az Zahra[1], Naomira Aulin Afnan Faiza[2], Sanny Tazkiyah Fastabiqul Husna[3], Trisa Dwi Rahmawati[4], Queen Nika Prahara Mutiara Pasya[5]
[1]Program Studi Informatika , Fakultas Teknologi Informasi dan Sains Data,
Universitas Sebelas Maret, 57126

*khashiayasmin@student.uns.ac.id[1], naomiraulin@students.uns.ac.id[1],
sannytazkiyah@student.uns.ac.id[1] , trisarahma10@student.uns.ac.id[1],
queennikamutiara@student.uns.ac.id[1]

Abstrak

Percepatan adopsi kendaraan listrik (*Electric Vehicle*) di Indonesia sebagai upaya dekarbonisasi transportasi masih terkendala oleh fenomena *range anxiety* akibat minimnya infrastruktur Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU). Di Kota Surakarta, tantangan penentuan lokasi infrastruktur ini menjadi kompleks akibat topologi jaringan jalan yang padat dan penerapan sistem satu arah (*one-way street*) yang dinamis, menyebabkan asimetri jarak tempuh antar-wilayah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lokasi SPKLU yang paling optimal secara strategis menggunakan pendekatan teori graf. Metode yang digunakan adalah Algoritma Floyd-Warshall untuk memecahkan masalah pencarian jalur terpendek antar seluruh pasangan simpul *(All-Pairs Shortest Path*) pada model graf berarah berbobot (*Directed Weighted Graph*). Data jarak antar-kecamatan diambil secara real-time berbasis rute berkendara. Matriks jarak hasil komputasi kemudian dianalisis menggunakan metrik *Closeness Centrality* untuk mengidentifikasi simpul dengan aksesibilitas terbaik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa Kecamatan Serengan memiliki nilai sentralitas tertinggi dengan rata-rata jarak tempuh minimum sebesar 3.9 km ke seluruh penjuru kota. Penelitian ini merekomendasikan lokasi tersebut sebagai titik prioritas pembangunan SPKLU utama guna menjamin efisiensi layanan dan kemudahan akses bagi pengguna kendaraan listrik di Surakarta.

Kata Kunci: Algoritma Floyd-Warshall, *Closeness Centralit, T*eori Graf.

A. Pendahuluan

Penggunaan kendaraan listrik (EV) terus berkembang akibat menipisnya sumber daya bahan bakar tradisional serta semakin parahnya polusi akibat kendaraan bermesin pembakaran. Namun, pengguna dari EV khawatir akan hal daya jelajah EV itu sendiri. Untuk mengurangi kekhawatiran tersebut, dibangunlah perencanaan stasiun pengisian daya EV dimana perencanaan tersebut secara bertahap bergeser dari sisi jaringan listrik menuju sisi pengguna agar pengguna bisa memperoleh manfaat dari perencanaan tersebut.

Pada dasarnya, perencanaan stasiun pengisian tersebut diambil dari perspektif pengguna, dimana pengguna pasti mempertimbangkan jarak layanan antara stasiun pengisian dengan kendaraan. Selain itu, kepadatan pengguna yang melebihi kapasitas stasiun dapat menimbulkan antrean, sehingga menjadi faktor penting guna penentuan lokasi stasiun

.

pengisian. Kemudian, perencanaan tersebut juga mempertimbangkan aspek temporal dan spasial, mengingat karakteristik dan perilaku pengguna yang beragam, preferensi individual juga mulai dipikirkan dalam perencanaan ini.

Di Kota Surakarta, tantangan penentuan lokasi ini menarik karena karakteristik jaringan jalannya yang padat dan memiliki banyak ruas jalan satu arah (*one-way street*), seperti pada jalan utama Slamet Riyadi. Kondisi ini menyebabkan jarak tempuh dari titik A ke B seringkali tidak simetris dengan jarak B ke A. Pembangunan SPKLU yang dilakukan secara acak tanpa memperhitungkan kompleksitas arah jalan dan sentralitas wilayah dapat mengakibatkan inefisiensi infrastruktur dan rendahnya tingkat okupansi stasiun**.**

Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan pendekatan matematis menggunakan Teori Graf guna menganalisis konektivitas antar-kecamatan. Algoritma Floyd-Warshall dipilih dalam penelitian ini karena kemampuannya menyelesaikan masalah *All-Pairs Shortest Path*, yaitu menghitung jarak terpendek dari seluruh titik ke seluruh titik lainnya secara komprehensif. Dengan menggabungkan algoritma ini dan konsep Sentralitas Kedekatan (*Closeness Centrality*), penelitian ini bertujuan untuk merekomendasikan lokasi SPKLU yang memiliki rata-rata jarak tempuh paling minimum, sehingga dapat dijangkau dengan mudah oleh pengguna EV di seluruh penjuru Surakarta.

Tren penelitian mengenai infrastruktur Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) menunjukkan pergeseran paradigma dari pendekatan berbasis jaringan listrik (*grid-centric*) menuju pendekatan yang berorientasi pada pengguna (*user-centric*). Transisi ini didorong oleh urgensi mitigasi emisi karbon dan penipisan bahan bakar fosil, yang menuntut adopsi kendaraan listrik secara masif. Kendati demikian, perencanaan SPKLU di wilayah perkotaan sering kali terkendala oleh penentuan lokasi yang tidak berbasis data spasial (*spatial blind-spot*), sehingga menghasilkan titik layanan yang tidak strategis dan mengabaikan pola mobilitas pengguna. Oleh karena itu, optimasi lokasi menjadi krusial. Penempatan SPKLU pada area fungsional campuran, seperti kawasan bisnis yang memiliki aksesibilitas tinggi, terbukti dapat meningkatkan utilitas layanan sekaligus mereduksi beban lalu lintas perkotaan akibat perjalanan yang tidak efisien.

Dalam konteks optimasi rute, berbagai pendekatan algoritmik telah diterapkan, mulai dari Algoritma Dijkstra hingga Bellman-Ford. Algoritma Dijkstra, yang berbasis prinsip *greedy*, terbukti efisien untuk kasus pencarian rute dari satu titik asal ke banyak tujuan (*Single-Source Shortest Path*). Namun, pendekatan ini memiliki keterbatasan komputasional ketika diterapkan untuk menganalisis sentralitas jaringan yang membutuhkan perhitungan jarak antar seluruh pasangan simpul (*All-Pairs Shortest Path*). Pada graf yang padat (*dense graph*) seperti jaringan jalan kota, penggunaan Dijkstra yang berulang dinilai kurang efisien dibandingkan pendekatan pemrograman dinamis. Selain itu, model konvensional sering kali mengasumsikan bobot graf yang simetris, padahal realitas jaringan jalan perkotaan memiliki karakteristik graf berarah (*directed graph*) akibat penerapan sistem jalan satu arah yang dinamis.

Menanggapi kompleksitas topologi jalan perkotaan tersebut, Algoritma Floyd-Warshall (FW) menawarkan solusi yang lebih komprehensif. Sebagai algoritma

.

pemrograman dinamis, FW mampu memetakan jarak terpendek antar seluruh pasangan simpul dalam satu proses komputasi matriks yang stabil. Keunggulan ini menjadikan FW kandidat ideal untuk analisis jaringan yang menyeluruh. Meskipun demikian, literatur yang ada menunjukkan bahwa integrasi eksplisit antara matriks jarak hasil komputasi FW dengan analisis Sentralitas Kedekatan (*Closeness Centrality*), khususnya pada graf berarah masih minim dieksplorasi. Penelitian ini bertujuan mengisi celah tersebut dengan menggabungkan ketepatan FW dan metrik sentralitas guna mengidentifikasi lokasi SPKLU yang paling strategis secara matematis dan aksesibel bagi pengguna.

B. Metode

1. Pengambilan Data

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Kota Surakarta. Data yang akan dianalisis berupa jarak setiap kantor kecamatan yang ada di Kota Surakarta. Pengambilan data melibatkan identifikasi jarak antar titik setiap kantor kecamatan. Proses pengambilan data dilaksanakan pada hari Kamis, 11 Desember 2025 pukul 09.20 hingga 13.00.

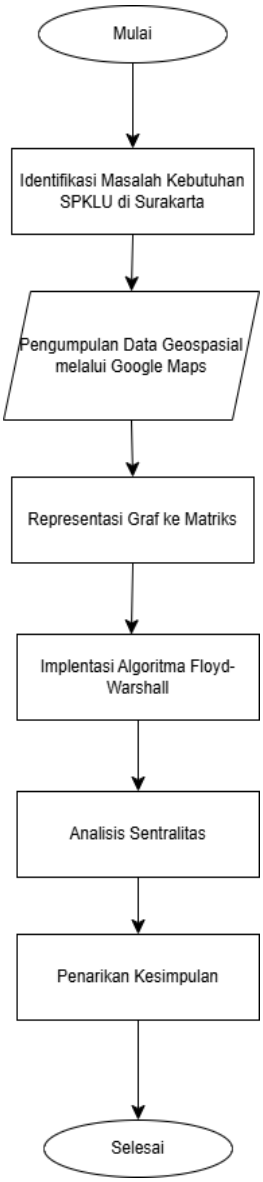
Setiap kantor kecamatan direpresentasikan sebagai satu simpul (*node*) dalam suatu jaringan jalan. Data utama berupa jarak tempuh antar kecamatan didapatkan melalui Google Maps dengan mengukur titik representatif, yaitu kantor kecamatan setiap kecamatan. Jarak yang digunakan adalah jarak terpendek antar kantor kecamatan yang dapat dilalui oleh mobil. Semua jarak yang didapatkan dicatat dalam satuan *kilometer* (km) pada tabel *pairwise* sehingga terbentuk matriks jarak berdimensi$n\ n \times n$, dengan n merupakan jumlah kecamatan yang ada.

2. Kerangka Penelitian

Penelitian ini diawali dengan identifikasi permasalahan penentuan lokasi SPKLU di Kota Surakarta. Kemudian dilakukan studi literatur untuk mendukung pemodelan penelitian. Selanjutnya melakukan pengumpulan data jarak antar kecamatan di Kota Surakarta menggunakan Google Maps dan di pra-pemrosesan sebelum direpresentasikan dalam bentuk graf berbobot. Setelah itu, menghitung jarak terpendek dengan menggunakan Algoritma Floyd-Warshall. Hasil dari perhitungan tersebut kemudian digunakan untuk menganalisis sentralitas jaringan jalan, sehingga dapat menentukan lokasi kecamatan yang paling strategis untuk membangun SPKLU.

p-ISSN: 2252-5351
e-ISSN: 2656-0860

.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

3. Pra-pemrosesan Data

Pra-pemrosesan data dilakukan dengan menentukan kantor kecamatan sebagai titik representatif setiap kecamatan. Jarak antar kecamatan diukur menggunakan Google Maps melalui jalan utama yang dapat dilalui mobil. Data jarak kemudian disusun dalam bentuk matriks jarak dan disamakan dalam satuan km.

$$\begin{pmatrix} 0 & 6 & 5,1 & 7,7 & 5,8 & 5,3 \\ 6 & 0 & 6,6 & 7,2 & 6,3 & 4,3 \\ 4,6 & 6,8 & 0 & 4,6 & 1,7 & 3,1 \\ 6,7 & 5,4 & 3,5 & 0 & 1,9 & 2,5 \\ 5,8 & 6,7 & 1,7 & 2,3 & 0 & 3 \\ 5,3 & 4,3 & 3,3 & 4,3 & 3 & 0 \end{pmatrix}$$

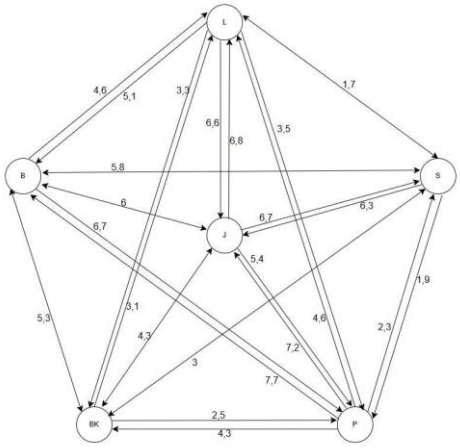
Gambar 2. Matriks Data

.

Matriks berukuran 6×6 tersebut merupakan representasi jarak tempuh antar kecamatan di Kota Surakarta. Setiap elemen matriks (*i,j*) menyatakan jarak tempuh terpendek dari kecamatan *i* ke kecamatan *j*. Matriks tersebut bukan merupakan suatu matriks simetris dengan nilai elemen (*i,j*) dan (*j,i*) tidak selalu sama. Perbedaan tersebut menunjukkan jarak antara suatu suatu kantor kecamatan $i \rightarrow j$ belum tentu sama dengan jarak kantor kecamatan $j \rightarrow i$. Hal ini dapat terjadi karena keberadaan faktor utama, yaitu jalan satu arah. Matriks ini akan digunakan sebagai masukan dalam perhitungan jarak terpendek antar seluruh pasangan simpul menggunakan algoritma Floyd–Warshall.

4. Representasi Graf

Data jarak antar kantor kecamatan di Kota Surakarta direpresentasikan sebagai graph G(V,E) dengan V adalah himpunan simpul/node (kantor kecamatan) dan E adalah himpunan sisi/*edges* yang menghubungkan pasangan simpul (i, j). Karena setiap sisi memiliki bobot berupa jarak antar kantor kecamatan dan suatu jaringan jalan memiliki arah, maka graf yang digunakan adalah graf berarah (*directed graph*) dan berbobot (*weighted graph*).



Gambar 3. Representasi Graf Jarak

Keterangan:

- L: Laweyan
- B: Banjarsari
- J: Jebres
- BK: Balai Kota
- S: Serengan
- P: Pasar Kliwon

5. Pemodelan Matematis

Rute perjalanan antar kecamatan dimodelkan sebagai graf berarah berbobot (*directed weighted graph*) G = (V,E).

Himpunan simpul (V) merepresentasikan titik-titik centroid dari setiap kecamatan, dalam penelitian ini menggunakan kantor kecamatan.

$$V = \{v_1, v_2, v_3, \ldots, v_n\}$$

.

Himpunan sisi (E) merepresentasikan jalur jalan yang menghubungkan simpul v_i ke v_j. Jalur yang diambil adalah jalur utama yang dapat dilewati oleh sepeda listrik, motor listrik, dan mobil listrik.

Bobot (w(i,j) merepresentasikan jarak tempuh dari simpul v_i ke v_j dalam satuan kilometer.

6. Rancangan Algoritma

Algoritma Floyd-Warshall akan menghitung jarak terpendek antara pasangan seluruh simpul dalam jaringan sebagai lokasi optimal SPKLU di Kota Surakarta. Pada algoritma ini, matriks jarak awal $D^{(0)}$diinisialisasi dengan elemen $d_{ij}^{(0)}$ merupakan jarak terpendek antara simpul i dan j. Kemudian, algoritma melakukan rekursif untuk menghitung matriks $D^{(1)}$, $D^{(2)}$,..,$D^{(n)}$. Perhitungan matriks tersebut melibatkan perbandingan antara jarak lama dengan baru yang melewati simpul perantara k. Matriks $D^{(n)}$ sebagai matriks terakhir berisi sekumpulan jarak terpendek di antara semua pasangan simpul dalam jaringan. Sentralitas diukur dengan menghitung jumlah jarak terpendek D_i dari setiap simpul i sebagai lokasi potensial SPKLU ke semua simpul lain. Lokasi optimal pembangunan SPKLU adalah lokasi dengan nilai total jarak (D) paling minimum.

C. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 Pseudocode Algoritma Floyd-Warshall

```
FLOYD-WARSHALL(dist)
 n ← jumlah simpul

 for k ← 0 to n−1 do
    for i ← 0 to n−1 do
       for j ← 0 to n−1 do
          if dist[i][k] + dist[k][j] < dist[i][j] then
dist[i][j] ← dist[i][k] + dist[k][j]
          end if
       end for
    end for
 end for

 return dist
```

Implementasi algoritma Floyd-Warshall dalam penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan matriks jarak terpendek antar seluruh pasangan simpul (*All-Pairs Shortest Path*). Berdasarkan pseudocode yang dirancang, proses komputasi berjalan seperti berikut:

a. Inisialisasi Matriks Jarak (dist)

Algoritma akan menerima input berupa matriks dist yang berukuran $n \times n$. Pada tahap awal, elemen pada dist[i][j] merepresentasikan bobot jarak langsung (dalam km) antara kecamatan[i] dan kecamatan[j]. Jika tidak terdapat jarak

.

langsung, nilai akan diatur menjadi tak hingga (∞), dan jika i=j maka nilai akan diatur menjadi 0.

b. Iterasi Tiga Lapis (*Triple Nested Loop*)

Inti dari algoritma terletak pada tiga perulangan bersarang yang memeriksa setiap kemungkinan rute. Sesuai dengan baris yang ada pada kode program, struktur iterasinya yaitu:

a. Loop Perantara (k): pada perulangan bagian terluar (for k = 0 to n-1) menetapkan simpul k sebagai kandidat titik transit atau perantara.
b. Loop Asal (i): pada perulangan bagian tengah (for i = 0 to n-1) menetapkan simpul asal.
c. Loop Tujuan (j): pada bagian perulangan terdalam (for j = 0 to n-1) menetapkan simpul tujuan.

c. Pembaruan Jarak

Pada bagian perulangan terdalam, algoritma akan menjalankan logika relaksasi untuk membandingkan jarak. Program akan memeriksa apakah rute dari i ke j melalui titik perantara k lebih pendek dibandingkan rute yang sudah ada saat ini. Logika ini menggunakan if dist[i][k] + dist[k][j] < dist[i][j]. Jika kondisi ini terpenuhi, maka nilai jarak akan diperbarui dengan menjumlahkan bobot rute melalui k (dist[i][j] = dist[i][k] + dist[k][j]). Proses ini berlangsung secara iteratif hingga seluruh simpul telah dicoba sebagai perantara, dan akan menghasilkan matriks dist final yang memuat jarak tempuh minimum absolut antara setiap pasang kecamatan di Kota Surakarta.

Lokasi SPKLU yang paling strategis ditentukan dengan melakukan analisis *closeness centrality*. Nilai ini didapatkan dengan melakukan perhitungan rata-rata jarak tempuh dari suatu simpul pusat (v) ke seluruh simpul lain (u) dalam jaringan.

Sentralitas dihitung dengan menggunakan formula:

$$Cc(v) = \frac{N-1}{\sum_{u \epsilon V, u \neq v} d(v,u)} \quad (1)$$

Sementara rata-rata jarak dapat dihitung dengan

$$avg = \frac{\sum_{u \epsilon V, u \neq v} d(v,u)}{N-1} \quad (2)$$

Tabel 2 Pseudocode *Closeness Centrality*

```
n ← jumlah baris pada dist
buat array CC dengan ukuran n

for i ← 0 to n−1 do
   sum_dist ← 0
   for j ← 0 to n−1 do
      if i ≠ j then
         sum_dist ← sum_dist + dist[i][j]
      end if
```

.

```
    end for

    if sum_dist > 0 then
        CC[i] ← (n − 1) / sum_dist
    else
        CC[i] ← 0
    end if
end for

return CC
```

Perolehan data jarak dan *closeness centrality* berdasarkan program yang telah dibuat:

Tabel 3
Output Program

Kecamatan	Rata-rata jarak (km)	*Closeness Centrality*
Banjarsari	5.98	0.1672
Jebres	6.08	0.1645
Laweyan	4.04	0.2475
Pasar Kliwon	4.00	0.2500
Serengan	3.90	0.2564
Balai Kota	4.04	0.2475

Kecamatan dengan lokasi paling strategis untuk dibangun SPKLU dapat dilihat dari kecamatan yang memiliki nilai *closeness centrality* tertinggi, yaitu Serengan dengan nilai 0.2564. Hal ini juga dibuktikan oleh kolom rata-rata jarak, Serengan memiliki rata-rata jarak terkecil yaitu sebesar 3.9 km. *Closeness Centrality* dipilih yang paling besar nilainya karena semakin besar nilai tersebut artinya semakin dekat jarak kecamatan tersebut ke kecamatan-kecamatan lainnya. Selanjutnya, sebagai alternatif, SPKLU juga dapat dibangun di Pasar Kliwon dengan *closeness centrality* sebesar 0.25. Selisih rata-rata jarak antara Kecamatan Serengan dan Pasar Kliwon tidak cukup besar yaitu sebesar 0.1 km yang menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang terlalu signifikan sehingga Pasar Kliwon dapat dipertimbangkan sebagai lokasi alternatif. Sebaliknya, Kecamatan Jebres dan Banjarsari menunjukkan performa terendah dengan rata-rata jarak di atas 5.9 km dan *closeness centrality* < 0.17 yang menunjukkan bahwa kedua kecamatan tidak direkomendasikan untuk dibangun SPKLU karena kurang efisien untuk melayani kebutuhan skala kota (*city-wide coverage*). Lokasi keduanya cenderung berada di pinggiran atau periferal struktur graf kota Surakarta sehingga akses dari wilayah lain menjadi kurang optimal.

Algoritma Floyd-Warshall memiliki kompleksitas waktu $O(V^3)$, dimana V merupakan jumlah simpul dalam graf. Kompleksitas ini berasal dari penggunaan tiga nested loop yang masing-masing merepresentasikan simpul awal, simpul tujuan, dan simpul perantara dalam proses perhitungan jarak terpendek antar seluruh pasangan simpul.

.

$$T(V) = \sum_{k=1}^{|V|} \blacksquare \sum_{i=1}^{|V|} \blacksquare \sum_{j=1}^{|V|} \blacksquare C = O(|V|^3) \quad (3)$$

|V| adalah jumlah simpul dan C adalah konstanta waktu untuk operasi perbandingan dan penjumlahan pada setiap langkah. Kompleksitas ruang yang diperlukan yaitu sebesar $O(V^2)$ untuk menyimpan data dalam bentuk *Adjacency Matrix* dengan ukuran N x N.

Meskipun kompleksitas waktu algoritma Floyd-Warshall tergolong tinggi untuk graf dengan jumlah simpul yang besar, algoritma ini masih sesuai dengan penelitian ini karena jumlah simpul yang dianalisis relatif sedikit, yaitu kecamatan-kecamatan di Kota Surakarta. Dengan jumlah simpul yang terbatas, yaitu 6 kecamatan (|V| = 6). Proses komputasi dapat dilakukan secara efisien dan stabil tanpa memerlukan optimasi tambahan. Total iterasi maksimal yang terjadi sejumlah 6^3 = 216 operasi. Selain itu, Floyd-Warshall mampu menghasilkan jarak terpendek untuk seluruh pasangan simpul dalam satu proses komputasi, sehingga memudahkan analisis lanjut seperti perhitungan *closeness centrality.* Oleh karena itu, penggunaan algoritma Floyd-Warshall dalam penelitian ini sangat relevan dan efektif untuk analisis sentralitas jaringan jalan.

Algoritma Dijkstra termasuk ke dalam jenis *Single-Source Shortest Path* (SSSP), yang dirancang untuk mencari jarak terpendek dari satu titik asal ke seluruh titik tujuan. Dijkstra menggunakan pendekatan *Greedy*, di mana algoritma memilih jalur dengan bobot terkecil pada setiap langkah lokal untuk mencapai solusi global. Algoritma Floyd-Warshall merupakan algoritma *All Pairs Shortest Path* (APSP) yang secara menyeluruh menghitung jarak terpendek antar seluruh pasangan simpul dalam graf. Floyd-Warshall menggunakan pendekatan Pemrograman Dinamis (*Dynamic Programming*), di mana keputusan optimal dibangun dari sub-masalah yang lebih kecil (membandingkan rute langsung vs rute via perantara *k*) secara sistematik

Dijkstra dengan *priority queue* memiliki kompleksitas $O(V^2)$ atau O(E + V log V) untuk setiap eksekusi. Jika dijalankan untuk seluruh simpul, yaitu sebanyak V kali, maka total kompleksitasnya mendekati $O(V^3)$ pada *dense graph.* Sementara Floyd-Warshall memiliki kompleksitas waktu tetap yaitu $O(V^3)$. Keputusan optimal dibangun secara sistematis dengan mengevaluasi sub-masalah yang lebih kecil, yaitu membandingkan efisiensi rute langsung (i → j) melewati rute melalui simpul perantara (i→k→k).

Meskipun secara asimtotik, total biaya komputasi kedua algoritma setara pada kasus *All-Pairs*, penelitian ini menetapkan Algoritma Floyd-Warshall sebagai metode terpilih dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Perhitungan *Closeness Centrality* secara matematis membutuhkan input berupa matriks jarak total (N x N). Floyd-Warshall menghasilkan *output* matriks dalam satu kali proses eksekusi. Sebaliknya, penggunaan

.

Dijkstra menuntut prosedur iteratif dan agregasi data manual yang meningkatkan redundansi proses (*computational overhead*).

- Dengan lingkup area studi yang mencakup N = 6 kecamatan di Surakarta, *overhead* yang ditimbulkan oleh manajemen struktur data kompleks pada Dijkstra (seperti *heap operations*) menjadi tidak efisien dibandingkan dengan operasi matriks primitif pada Floyd-Warshall. Floyd-Warshall menawarkan implementasi yang lebih ringkas dan stabil untuk menangani topologi graf berarah (*directed graph*) tanpa memerlukan *reset* algoritma untuk setiap simpul asal.

D. Kesimpulan

Integrasi pemodelan graf berarah berbobot (*Directed Weighted Graph*) dengan Algoritma Floyd-Warshall terbukti efektif dalam memecahkan permasalahan penentuan lokasi optimal SPKLU di Kota Surakarta, khususnya dalam menangani karakteristik asimetri jarak akibat penerapan sistem satu arah. Berdasarkan hasil komputasi *All-Pairs Shortest Path*, Kecamatan Serengan teridentifikasi sebagai lokasi paling strategis secara topologis dengan nilai *Closeness Centrality* tertinggi sebesar 0.2564 dan rata-rata jarak tempuh minimum 3.90 km ke seluruh kecamatan yang ada di Kota Surakarta, lebih unggul dibandingkan Kecamatan Pasar Kliwon yang dapat dipertimbangkan sebagai lokasi alternatif dengan selisih jarak 0.1 km. Temuan ini menegaskan bahwa penempatan infrastruktur di simpul sentral seperti Serengan mampu menawarkan aksesibilitas yang jauh lebih efisien dibandingkan lokasi periferal seperti Jebres atau Banjarsari yang memiliki rata-rata jarak tempuh di atas 5.9 km. Oleh karena itu, penelitian ini merekomendasikan Kecamatan Serengan sebagai titik prioritas pembangunan SPKLU utama guna menjamin pemerataan jangkauan layanan serta meminimalkan fenomena *range anxiety* bagi pengguna kendaraan listrik di Surakarta.

Daftar Pustaka

Bian, H., Zhou, C., Guo, Z., Wang, X., He, Y., & Peng, S. (2022). *Planning of electric vehicle fast-charging station based on POI interest point division, functional area, and multiple temporal and spatial characteristics*. *Energy Reports*, *8*, 831–840. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.10.161

Bunaen, M. C., Pratiwi, H., & Riti, Y. F. (2022). *Penerapan Algoritma Dijkstra untuk menentukan rute terpendek dari pusat kota Surabaya ke tempat bersejarah. Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, *4*(1), 213–223. https://doi.org/10.47233/jteksis.v4i1.407

Harahap, S., Kurniawan, R., & Suhardi. (2025). *Optimasi rute terdekat dalam pencarian bengkel sepeda motor di Kota Medan dengan pendekatan Algoritma Floyd Warshall. Jurnal EduSociety*, *5*(2), 2077–2088.

Haryanto, Z. I., & Afraah, S. M. (2025). Penentuan Lokasi Pengisian Ulang Kendaraan Listrik untuk Distribusi Last Mile Menggunakan Set Covering Problem di

.

Semarang. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 3(2), 35–45. https://doi.org/10.5506/jurritek.v4i3.6308

Innasia, S. P. (2024). Analisis Tingkat Pelayanan Jalan Yos Sudarso Kota Surakarta. *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 3(5), 82–87. https://doi.org/10.56799/jim.v3i5.3338

Lahoud, A. A., Schaffernicht, E., & Stork, J. A. (2024). *DataSP: A differential all-to-all shortest path algorithm for learning costs and predicting paths with context. arXiv*. https://arxiv.org/pdf/2405.04923

Parastvand, H., Bass, O., Masoum, M. A. S., Moghaddam, V., & Lachowicz, S. (2020). Placement and Sizing of EV Charging Stations According to Centrality of the Underlying Network. *2020 Intermountain Engineering, Technology and Computing (IETC)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/IETC47856.2020.9249203

Rosen, K. H. (2019). *Discrete Mathematics and Its Applications (8th ed.)*. McGraw-Hill Education.

Sari, F. N. (2023). *Penerapan Algoritma Floyd-Warshall pada penentuan jalur terpendek evakuasi korban kecelakaan di Boyolali Jawa Tengah* [Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang]. http://etheses.uin-malang.ac.id/50941/1/19610004.pdf

Sinabutar, A. J. (2020). *Penerapan Algoritma Floyd Warshall untuk menentukan rute pick-up dalam layanan same day delivery* [Makalah]. Institut Teknologi Bandung.

Yusuf, M. R., Nurwan, N., Wungguli, D., & Yahya, L. (2023). *Implementation of the Floyd-Warshall Algorithm and Bellman-Ford Algorithm to determine the shortest path in the distribution of LPG gas. E3S Web of Conferences*, *400*, 03004. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340003004