

## Efektivitas Parameter Algoritma Cheapest Insertion Heuristic (CIH) dalam Menentukan Rute Terpendek Bus Sekolah Gratis Kota Malang

Vivi Dayanti\*, Mohammad Nafie Jauhari

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Indonesia

vividayanti376@gmail.com\*, nafie.jauhari@uin-malang.ac.id

### Abstrak

Penelitian ini berfokus pada perubahan parameter-parameter terkait nilai awal untuk mengoptimalkan rute menggunakan Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH), dengan tujuan memperoleh solusi yang lebih efektif. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang menggunakan data jarak antar lokasi sekolah dari sumber resmi Dinas Perhubungan dan Pemerintah Kota Malang untuk mengukur efektivitas algoritma CIH dalam menentukan rute terpendek bus sekolah. Penelitian ini dimulai dengan memilih dua titik awal dengan menggunakan algoritma CIH untuk menentukan rute yang optimal. Algoritma CIH dikatakan efektif jika panjang rute terpendek yang dihasilkan dari dua titik awal dicari korelasinya dengan beberapa faktor. Seluruh kemungkinan pasangan titik awal akan dicoba, kemudian diidentifikasi antara panjang rute terpendek yang dihasilkan dengan faktor-faktor yang dipertimbangkan, seperti jarak antara dua titik awal, eksentrisitas, *betweenness centrality*, *eigenvector centrality*, dan *closeness centrality*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam menentukan rute terpendek bus sekolah gratis Kota Malang lebih efektif dengan mempertimbangkan faktor *eigenvector centrality*.

**Kata kunci:** Algoritma Cheapest Insertion Heuristic (CIH); Rute Terpendek; Pengoptimalan Parameter; Korelasi.

### Abstract

This research focuses on changing parameters related to the initial value to optimize routes using the Cheapest Insertion Heuristic (CIH) algorithm, with the aim of achieving a more efficient or optimal solution. This research is a quantitative study that uses distance data between school locations from the official sources of the Department of Transportation and the Malang City government to measure the effectiveness of the CIH algorithm in determining the shortest route for school buses. This research begins by selecting two starting points using the CIH algorithm to find the optimal route. All possible pairs of starting points will be tried, then the correlation between the length of the shortest route generated and the factors considered, such as distance between the two starting points, eccentricity, betweenness centrality, eigenvector centrality, and closeness centrality, will be identified. The results showed that eigenvector centrality showed the strongest correlation with the shortest route length, with a Pearson correlation coefficient of 0,122.

**Keywords:** Cheapest Insertion Heuristic (CIH) Algorithm; Shortest Route; Parameter Optimization; Correlation.

### Pendahuluan

Teori graf merupakan bidang studi yang telah ada sejak lama dan memiliki banyak aplikasi dalam berbagai bidang. Graf digunakan untuk merepresentasikan hubungan antara objek-objek

diskrit, di mana objek-objek tersebut direpresentasikan sebagai simpul dan hubungan antara objek-objek tersebut direpresentasikan sebagai sisi.

Penentuan rute terpendek adalah salah satu masalah umum dalam teori graf, di mana tujuannya adalah untuk menemukan rute dengan bobot total terkecil antara dua simpul dalam graf berbobot. Beberapa algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan masalah ini termasuk Bellman-Ford, Floyd-Warshall, Dijkstra, dan Kruskal, yang sering digunakan untuk Travelling Salesman Problem (TSP) [1]

Kota Malang dikenal sebagai pusat pendidikan di Jawa Timur, dan untuk mendukung pendidikan, Dinas Perhubungan Kota Malang meluncurkan program bus sekolah gratis. Namun, pemilihan rute yang tepat untuk bus sekolah ini sangat penting untuk memastikan efektivitas dan efisiensi penggunaan sumber daya [2].

Metode heuristik, seperti algoritma Cheapest Insertion Heuristic (CIH), sering digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi dalam teori graf. Algoritma CIH membangun tur dengan menambahkan titik baru secara berturut-turut dengan pemilihan sisi yang menghasilkan nilai penyisipan minimum. Hasil dari rute terpendek yang dihasilkan oleh algoritma CIH sangat dipengaruhi oleh nilai awal yang dipilih. Oleh karena itu, penting untuk memahami pengaruh nilai awal terhadap pembentukan rute terpendek dengan mempertimbangkan berbagai faktor yang terlibat [3].

Analisis korelasi Pearson (bivariat berkorelasi) digunakan untuk mengetahui hubungan antara satu variabel dengan variabel lainnya secara linier. Data yang digunakan berupa skala interval atau skala rasio. Nilai korelasi berkisar antara 0 hingga 1, dengan nilai yang mendekati 1 menunjukkan hubungan yang lebih kuat. Sebaliknya, semakin mendekati nilai 0 maka koneksinya semakin lemah [4].

Penentuan rute terpendek untuk layanan bus sekolah gratis di Kota Malang dilakukan dengan menerapkan algoritma CIH. Pendekatan ini merupakan suatu metode untuk memperoleh jalur teroptimal transportasi sekolah. Algoritma CIH memberikan solusi efisien dengan mempertimbangkan berbagai faktor, seperti jarak tempuh, waktu tempuh, dan keefisienan rute yang dihasilkan.

## **Metode Penelitian**

### **Data dan Sumber Data**

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif karena mengumpulkan data dalam bentuk angka, yaitu jarak antara lokasi sekolah, dan penelitian berfokus pada efektivitas algoritma CIH. Data-data yang terkumpul akan menjadi dasar analisis untuk mengukur sejauh mana algoritma CIH dapat menghasilkan rute terpendek bus untuk SMPN dan SMAN di Kota Malang. Dalam penelitian ini data yang dipakai adalah data sekunder yang didapatkan dari website resmi Dinas Perhubungan Kota Malang dan Pemerintah Kota Malang.

### **Tahapan Penelitian**

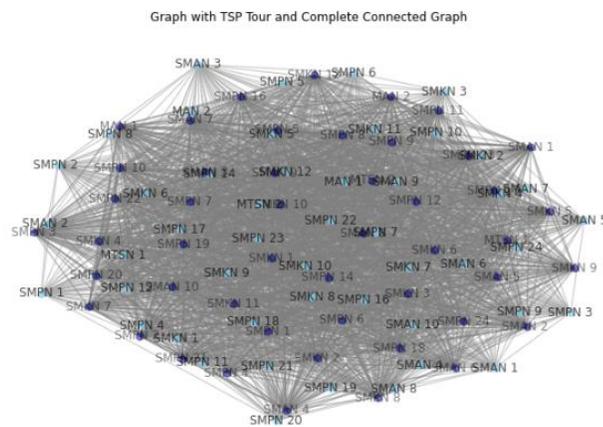
1. Melakukan studi literatur
2. Menggambarkan data ke dalam graf
3. Menentukan rute terpendek dari dua titik awal yang dipilih menggunakan algoritma CIH
4. Lakukan langkah 3 untuk semua kemungkinan titik  $u, v \in V(G)$
5. Mengidentifikasi titik-titik awal yang cenderung menghasilkan rute terpendek
6. Penentuan Efektivitas Parameter Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic*
  - a. Pilih sebarang dua titik awal  $u, v \in V(G)$
  - b. Tentukan panjang rute yang dihasilkan dengan Algoritma CIH dengan nilai awal  $u$  dan  $v$
  - c. Lakukan analisis korelasi antara faktor – faktor dengan panjang rute yang dihasilkan berikut:
    - i. Jarak dua titik awal

- ii. Selisih Eksentrisitas dari dua titik awal
  - iii. Selisih *Betweenness centrality* dari dua titik awal
  - iv. Jumlah *Eigenvector centrality* dari dua titik awal
  - v. Selisih *Closeness centrality* dari dua titik awal
- d. Pilih korelasi yang paling besar untuk memilih dua titik awal dengan faktor yang efektif

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Menggambarkan Data Ke Dalam Graf

Graf digunakan untuk merepresentasikan jaringan rute yang menghubungkan sekolah-sekolah di Kota Malang, baik SMPN maupun SMAN. Titik-titik dalam graf ini merepresentasikan lokasi masing-masing sekolah, sedangkan sisi-sisi menggambarkan jalur atau rute yang menghubungkan titik-titik tersebut. Melalui visualisasi graf, dapat dengan jelas melihat struktur dan pola hubungan antar sekolah di Kota Malang.



**Gambar 1 Visualisasi Data ke Dalam Graf**

### Perhitungan Algoritma CIH Untuk menentukan Rute Terpendek

Gambar 1 merupakan ilustrasi kemungkinan perjalanan dari bus sekolah gratis yang direpresentasikan ke dalam bentuk graf. Titik pada graf mempresentasikan lokasi-lokasi yang akan dituju oleh bus tersebut, sisi pada graf merepresentasikan jalan yang dilalui bus dari lokasi satu ke lokasi lainnya kemudian bobot pada graf merepresentasikan jarak tempuh atau waktu perjalanan yang dikeluarkan bus tersebut. Nilai atau bobot yang berbentuk jarak masing-masing sekolah dinyatakan dalam satuan kilometer. Pada penelitian ini hasil perhitungan Algoritma CIH dalam menentukan rute terpendek bus sekolah gratis kota malang. Setiap titik akan dijadikan titik awal, proses ini melibatkan langkah-langkah dengan mempertimbangkan dan menguji setiap kombinasi titik awal hingga diperoleh jarak total dan terbentuk 2256 rute yang dihasilkan. Berikut adalah 20 rute terpendek.

**Tabel 1 20 Rute Terpendek**

No	$W_1$	$W_2$	Panjang Rute (km)
1	SMAN 9	SMKN 7	75,95
2	SMKN 7	SMAN 9	76,02
3	SMAN 7	SMKN 7	76,62
4	SMKN 7	SMAN 7	76,72
5	SMPN 24	SMKN 7	76,97
6	SMAN 10	SMKN 7	76,97

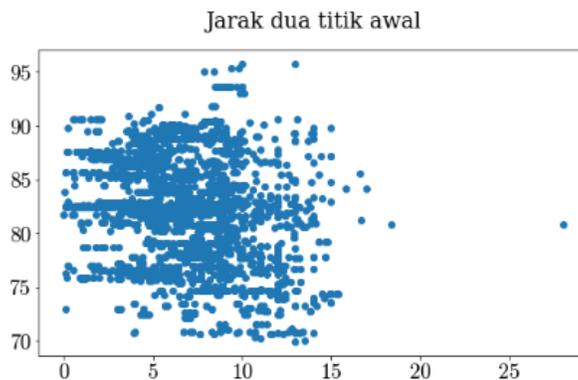
7	SMKN 7	SMPN 24	77,07
8	SMKN 10	SMPN 19	77,07
9	SMPN 23	SMPN 19	77,07
10	SMPN 24	SMPN 17	77,07
11	SMPN 19	SMKN 10	77,07
12	SMPN 19	SMPN 23	77,07
13	SMPN 17	SMPN 24	77,07
14	SMKN 7	SMAN 10	77,07
15	SMKN 10	SMKN 7	77,13
16	SMPN 21	SMKN 7	77,17
17	SMPN 11	SMKN 7	77,17
18	SMKN 5	SMKN 7	77,17
19	SMKN 12	SMKN 7	77,17
20	SMPN 16	SMKN 7	77,17

Untuk mengeksplorasi lebih lanjut dalam memahami pola-pola yang mungkin ada dalam rute-rute yang dibentuk, maka langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi semua kemungkinan dua titik awal untuk 2256 rute yang diperoleh. Diharapkan bahwa dengan mengidentifikasi semua pasangan titik awal ini, akan muncul pola-pola tertentu. Sebagai contoh, jika ditemukan bahwa pasangan titik awal yang berdekatan cenderung menghasilkan rute-rute dengan jarak total yang pendek, maka dapat diasumsikan adanya korelasi antara jarak awal dan jarak total rute.

### Mengidentifikasi Rute Total yang Dihasilkan Berdasarkan Titik Awal yang Dipilih

Berdasarkan graf rute yang telah dibuat pada gambar 4.1, maka akan diidentifikasi rute total yang dihasilkan berdasarkan titik awal yang dipilih, eksentrisitas, *betweenness centrality*, *closeness centrality*, dan *eigenvector centrality* seperti berikut:

#### a. Jarak Dua Titik Awal



**Gambar 1** Scatter Plot Jarak Dua Titik Awal

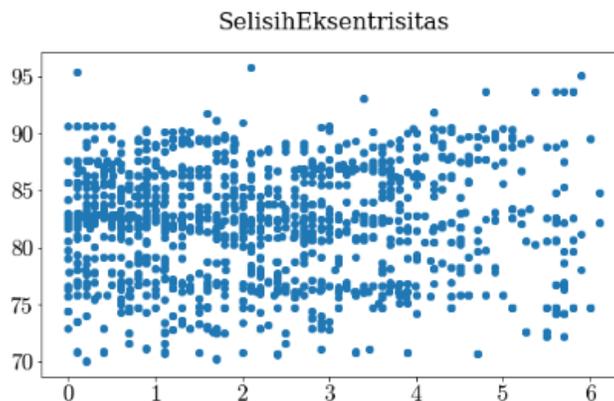
Sumbu  $x$  menunjukkan jarak dua titik awal dan sumbu  $y$  menunjukkan jarak rute terpendek yang dihasilkan. *Scatter plot* menunjukkan kumpulan titik secara acak. *Scatter Plot* pada gambar di atas menunjukkan tidak adanya hubungan yang signifikan antara dua variabel. Salah satu syarat dalam penggunaan teknik korelasi adalah bahwa hubungan antara variabel  $X$  dan  $Y$  adalah hubungan yang linier.

$H_0$ : Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara jarak dua titik awal sekolah dan jarak rute terpendek yang dihasilkan (P-value > 0.05)

$H_1$ : Terdapat hubungan yang signifikan antara jarak dua titik awal sekolah dan jarak rute terpendek yang dihasilkan (P-value < 0.05).

Korelasi negatif antara jarak dua titik awal sekolah (variabel  $x$ ) dan jarak rute terpendek yang dihasilkan (variabel  $y$ ) sebesar  $-0,15$ . Dengan korelasi sebesar  $-0,15$ , ini menunjukkan bahwa hubungan antara jarak dua titik awal dan jarak rute terpendek yang dihasilkan cenderung lemah dan berlawanan arah. Dengan nilai P-value sebesar 1,109 di mana nilai ini lebih dari  $\alpha$  (5%), maka terbukti dengan tingkat signifikansi 5% bahwa variabel jarak dua titik awal sekolah dan jarak rute terpendek yang dihasilkan memiliki tidak korelasi yang signifikan secara statistik. Dalam hal ini, korelasi yang rendah menunjukkan bahwa ada variasi yang besar di antara pasangan pengamatan, dan hubungan antara kedua variabel tersebut tidak cukup kuat untuk membuat prediksi yang akurat tentang salah satu variabel berdasarkan nilai variabel lainnya.

## b. Eksentrisitas



Gambar 2 Scatter Plot Selisih Eksentrisitas

Pada plot tersebut, sumbu  $x$  selisih eksentrisitas, sementara sumbu  $y$  mewakili jarak rute terpendek yang dihasilkan. *Scatter plot* yang ditampilkan pada gambar menunjukkan bahwa tidak ada korelasi yang jelas antara dua variabel yang diamati. Penyebaran titik-titik pada plot bersifat acak, tidak mengikuti pola yang konsisten. Untuk menggunakan teknik korelasi, harus dipastikan bahwa hubungan antara variabel  $X$  dan  $Y$  adalah linier

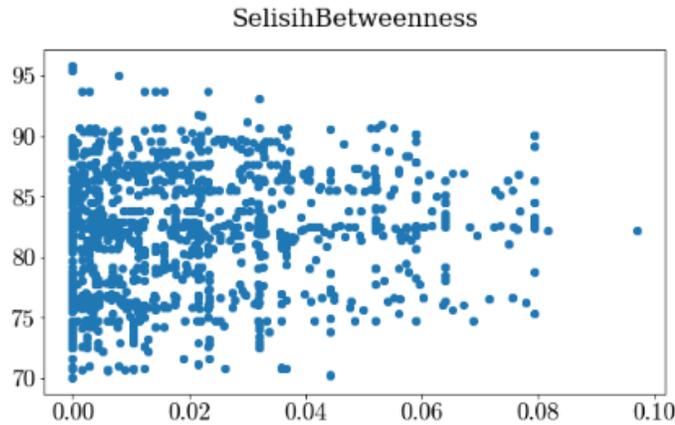
Hipotesis uji korelasi pearson sebagai berikut:

$H_0$  : Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara selisih eksentrisitas dan jarak rute terpendek yang dihasilkan (P-value > 0.05)

$H_1$  : Terdapat hubungan yang signifikan antara selisih eksentrisitas dan jarak rute terpendek yang dihasilkan (P-value < 0.05)

Korelasi negatif yang dihasilkan  $-0,0158672$  antara Korelasi Selisih Eksentrisitas dan jarak rute terpendek yang dihasilkan menunjukkan adanya hubungan yang sangat lemah antara kedua variabel tersebut. Dengan nilai P-value sebesar 0,299, yang melebihi  $\alpha$  (5%), dapat diketahui bahwa tidak terdapat bukti yang cukup untuk menegaskan adanya korelasi yang signifikan secara statistik antara variabel eksentrisitas dan jarak rute terpendek yang dihasilkan pada tingkat signifikansi 5%.

## c. *Betweenness Centrality*



**Gambar 3** Scatter Plot Selisih Betweenness Centrality

*Betweenness centrality* merupakan sebuah metrik penting dalam graf yang digunakan untuk mengukur seberapa sering sebuah titik berada pada jalur terpendek antara semua pasangan titik dalam graf. Dengan kata lain, nilai *betweenness centrality* menunjukkan seberapa signifikan peran sebuah titik dalam menghubungkan bagian-bagian berbeda dari jaringan.

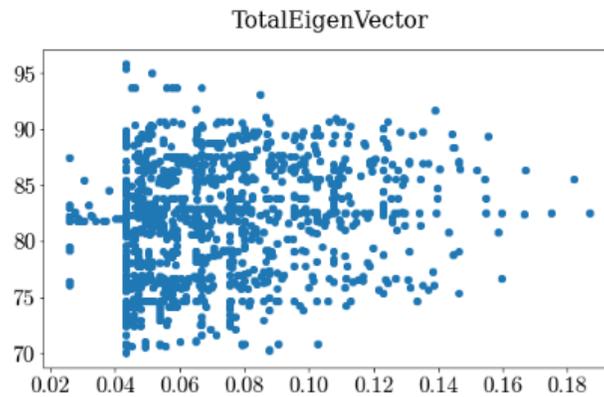
Hipotesis uji korelasi pearson sebagai berikut:

$H_0$  : Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara selisih *betweenness centrality* dan jarak rute terpendek yang dihasilkan (P-value > 0.05)

$H_1$  : Terdapat hubungan yang signifikan antara selisih *betweenness centrality* dan jarak rute terpendek yang dihasilkan (P-value < 0.05)

Korelasi statistik sebesar 0,087 antara jarak rute terpendek yang dihasilkan dan *betweenness centrality* menunjukkan adanya hubungan yang lemah antara kedua variabel tersebut. Jarak rute terpendek yang dihasilkan mengacu pada jarak geometris antara dua titik dalam suatu graf, sedangkan *betweenness centrality* adalah ukuran pentingnya suatu titik dalam graf berdasarkan seberapa sering titik tersebut menjadi bagian dari jalur terpendek antara pasangan titik lain dalam jaringan. Dengan nilai P-value sebesar 7,867, yang melebihi *alpha* (5%), dapat diketahui bahwa tidak terdapat bukti yang cukup untuk menegaskan adanya korelasi yang signifikan secara statistik antara variabel *Betweenness centrality* dan jarak rute terpendek yang dihasilkan pada tingkat signifikansi 5%. Korelasi yang rendah menunjukkan bahwa terdapat variasi yang besar di antara pasangan pengamatan, dan hubungan antara kedua variabel tersebut tidak memiliki kekuatan yang cukup untuk membuat prediksi yang akurat tentang nilai satu variabel berdasarkan nilai variabel lainnya.

#### d. *Eigenvector Centrality*



**Gambar 4** Scatter Plot Eigenvector Centrality

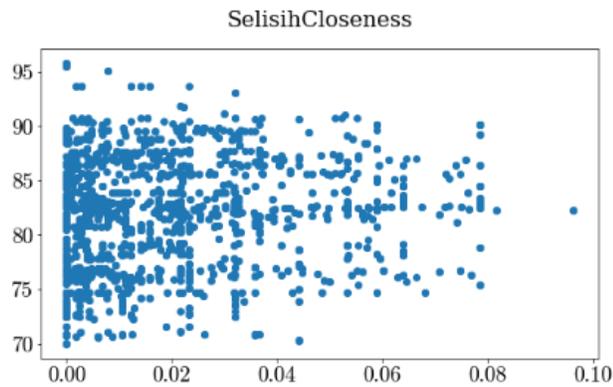
Kurang adanya hubungan antara dua variabel, seperti yang ditunjukkan oleh *Scatter Plot* pada gambar 4.5. Sumbu  $x$  menunjukkan nilai *eigenvector centrality*, dan sumbu  $y$  menunjukkan jarak rute terpendek yang dihasilkan. Cluster titik acak ditunjukkan dalam *Scatter plot* ini. Salah satu persyaratan untuk menggunakan teknik korelasi adalah bahwa hubungan antara variabel yang ditunjuk dengan huruf  $x$  dan  $y$  memiliki sifat linier.

Hipotesis uji korelasi pearson sebagai berikut:

$H_0$  : Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara total *eigenvector centrality* dan jarak rute terpendek yang dihasilkan (P-value > 0.05)

$H_1$  : Terdapat hubungan yang signifikan antara total *eigenvector centrality* dan jarak rute terpendek yang dihasilkan (P-value < 0.05)

Korelasi antara *eigenvector centrality* dan jarak rute terpendek yang dihasilkan sebesar 0.122 menunjukkan hubungan yang lemah antara kedua variabel tersebut. Secara khusus, nilai korelasi positif menandakan adanya kecenderungan bahwa semakin tinggi nilai *eigenvector centrality*, semakin jauh jarak rute terpendek yang dihasilkan. Namun, korelasi yang lemah menunjukkan bahwa hubungan antara *eigenvector centrality* dan rute terpendek yang dihasilkan tidak konsisten atau signifikan secara statistik. Dengan nilai P-value 7.867, yang melebihi  $\alpha$  (5%), dapat diketahui bahwa tidak ada bukti yang cukup untuk menunjukkan bahwa ada korelasi yang signifikan secara statistik antara *eigenvector centrality* variabel dan jarak rute terpendek yang dihasilkan pada tingkat signifikansi 5%.

e. *Closeness Centrality*

Gambar 5 Scatter Plot Selisih Closeness Centrality

*Scatter plot* di atas menunjukkan bahwa tidak ada hubungan yang jelas antara kedua variabel yang diamati, yaitu selisih eksentrisitas (sumbu  $x$ ) dan jarak rute terpendek (sumbu  $y$ ). Distribusi titik-titik pada plot tampak acak dan tidak mengikuti pola yang konsisten. Untuk menerapkan teknik korelasi, perlu dipastikan bahwa hubungan antara kedua variabel tersebut bersifat linier. Hal ini dapat dilakukan dengan mencari kemungkinan adanya garis lurus yang dapat mewakili mayoritas titik-titik pada plot.

Hipotesis uji korelasi pearson sebagai berikut:

$H_0$  : Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara selisih *closeness centrality* dan jarak rute terpendek yang dihasilkan (P-value > 0.05)

$H_1$  : Terdapat hubungan yang signifikan antara selisih *closeness centrality* dan jarak rute terpendek yang dihasilkan (P-value < 0.05)

Hubungan yang lemah antara *closeness centrality* dan jarak rute terpendek yang dihasilkan ditunjukkan oleh korelasi sebesar 0.0870 antara kedua variabel tersebut. Secara khusus, nilai korelasi positif menunjukkan kecenderungan bahwa nilai *closeness centrality* lebih besar dengan jarak antara dua titik awal. Namun, nilai korelasi yang lemah menunjukkan bahwa hubungan antara *closeness centrality* dan jarak rute terpendek yang dihasilkan tidak konsisten atau signifikan secara statistik. Dengan nilai P-value sebesar 7,867, melebihi  $\alpha$  (5%), terlihat bahwa tidak ada cukup bukti untuk mengkonfirmasi adanya korelasi yang signifikan secara statistik antara *closeness centrality* dan jarak rute terpendek yang dihasilkan. Korelasi yang rendah menunjukkan adanya perbedaan yang besar antara pasangan observasi dan hubungan antara dua variabel tidak cukup kuat untuk memperkirakan suatu nilai mengenai nilai suatu variabel berdasarkan nilai variabel lainnya.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa dalam penentuan rute terpendek bus sekolah gratis Kota Malang menggunakan algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) dengan mempertimbangkan korelasi antara panjang rute terpendek yang dihasilkan dengan beberapa faktor seperti *betweenness centrality*, *eigenvector centrality*, dan *closeness centrality*. Korelasi antara panjang rute yang dihasilkan dengan *betweenness centrality* menunjukkan nilai sebesar 0,089. Selanjutnya, korelasi antara panjang rute yang dihasilkan dengan *eigenvector centrality* sebesar 0,112. Terakhir, korelasi dengan *closeness centrality* memiliki nilai sebesar 0,089. Dari hasil korelasi ini, dapat disimpulkan bahwa efektivitas algoritma CIH paling optimal dicapai dengan mempertimbangkan faktor *eigenvector centrality*, dengan nilai korelasinya yang paling besar

yaitu 0,112. Dengan demikian, maka efektivitas parameter dari algoritma CIH adalah dengan mempertimbangkan faktor eigenvector centrality dengan nilai korelasi yang paling besar yaitu 0,112.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Salaki, D. T. (n.d.). *Fakultas Lain Di Unsrat Manado Menggunakan Algoritma Djikstra*
- [2] Dharoko, A. (2018). Perancangan Perpustakaan Kota Malang Dengan Pendekatan Arsitektur Organik Oktiannisa. *Journal of Sociological Research*.
- [3] Mutakhiroh, I., Saptono, F., Hasanah, N., Wiryadinata, R., Masalah, R., & Penelitian, T. (2007). *Pemanfaatan Metode Heuristic Dalam Pencarian Jalur. 2007(Snati)*
- [4] Pratama, R., Aisyah, S. A., Sirodj, R. A., Afgan, M. W., Islam, U., Raden, N., Palembang, F., Info, A., & History, A. (2023). *Correlational Research. 6*, 1754–1759.