



Menghitung Kecepatan Perjalanan Naik Kereta Api vs Naik Bus dari Siantar Ke Medan Menggunakan Determinan dan Aturan Cramer Berbasis R Studio

Kartika Permana¹, Tiara Ramadhani², Dhea Putri Ananda³, Dinda Aulia⁴, Kania Restya Diva⁵

^{1,2,3,4,5}Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

Email : kartikaprnnaa08@gmail.com

Abstract

There are two main options for ground transportation from Pematangsiantar to Medan: the Siantar Express train and intercity buses. We will compare the average speeds of both using standard calculations and verify the results using R Studio. The data used consists of the distance traveled and the time required. The train covers a distance of approximately 129 km in 3 hours, while the bus covers 118 km in 1.9 hours. From this data, we find that the bus's average speed is 62.11 km/h, faster than the train's 43 km/h. It turns out that differences in route length, the number of train stops, and the speed limit on the railroad tracks make the bus more advantageous. The results of the manual calculations and those from R Studio are identical, proving that the linear algebra method used is accurate. This study demonstrates that the determinant method and Cramer's Rule can be used for transportation analysis. Additionally, R Studio helps improve efficiency and accuracy in calculations.

Keywords: determinant, Cramer's Rule, average speed, land transportation, R Studio

Abstrak

Transportasi darat dari Pematangsiantar ke Medan ada dua pilihan utama: kereta api Siantar Ekspres dan bus antarkota. Kita akan bandingkan kecepatan rata-rata keduanya menggunakan perhitungan biasa dan dicek lagi dengan R Studio. Data yang digunakan adalah jarak tempuh dan waktu yang dibutuhkan. Jarak kereta api sekitar 129 km dengan waktu tempuh 3 jam, sedangkan bus 118 km dengan waktu 1,9 jam. Dari data tersebut, kita dapatkan kecepatan rata-rata bus adalah 62,11 km/jam, lebih cepat daripada kereta api yang hanya 43 km/jam. Ternyata, perbedaan panjang rute, banyaknya pemberhentian kereta, dan batas kecepatan rel kereta api membuat bus lebih unggul. Hasil perhitungan manual dan R Studio identik, membuktikan bahwa metode aljabar linear yang digunakan akurat. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode determinan dan Aturan Cramer bisa digunakan untuk analisis transportasi. Selain itu, R Studio membantu meningkatkan efisiensi dan akurasi

dalam perhitungan.

Kata kunci: determinan, Aturan Cramer, kecepatan rata-rata, transportasi darat, R Studio

PENDAHULUAN

Sektor transportasi merupakan tulang punggung dinamika pembangunan wilayah, di mana efisiensi pergerakan penduduk menjadi indikator utama keberhasilan konektivitas antar kota. Di Provinsi Sumatera Utara, koridor perjalanan yang menghubungkan Kota Pematangsiantar dan Kota Medan merupakan salah satu jalur transportasi darat paling strategis dengan volume lalu lintas yang tinggi. Tingginya mobilitas ini dipicu oleh posisi Pematangsiantar sebagai pusat pertumbuhan di wilayah dataran tinggi yang menyangga aktivitas ekonomi, pendidikan, dan jasa menuju pusat pemerintahan di Medan. Dalam konteks ini, masyarakat dihadapkan pada pilihan moda transportasi utama, yakni bus intercity dan layanan kereta api Siantar Ekspres, yang terus bersaing dalam aspek kinerja pelayanan.

Perbedaan karakteristik teknis antara jalan raya dan rel kereta api menciptakan disparitas yang signifikan dalam variabel waktu tempuh dan kecepatan rata-rata. Bus seringkali menghadapi kendala eksternal seperti fluktuasi volume lalu lintas dan hambatan samping yang menyebabkan ketidakpastian waktu perjalanan. Di sisi lain, kereta api menawarkan keunggulan berupa jalur khusus yang meminimalisir intervensi kemacetan, namun terbatas oleh jadwal keberangkatan yang kaku. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa preferensi penumpang sangat dipengaruhi oleh persepsi terhadap efektivitas dan efisiensi moda, di mana variabel kecepatan menjadi faktor penentu dalam pemilihan transportasi public. Oleh karena itu, perbandingan presisi mengenai kecepatan kedua moda ini krusial untuk mengevaluasi daya saing masing-masing layanan pada rute tersebut.

Dalam analisis teknik transportasi, fenomena pergerakan dapat dimodelkan secara matematis untuk membedah hubungan antara jarak, waktu, dan kecepatan. Ketika variabel-variabel tersebut membentuk sebuah sistem persamaan linear yang saling terkait, penggunaan metode determinan dan Aturan Cramer menjadi solusi teoretis yang sangat relevan. Aturan Cramer memungkinkan penyelesaian variabel kecepatan secara sistematis dengan memanfaatkan perhitungan matriks koefisien, yang memberikan tingkat ketelitian tinggi dibandingkan estimasi manual. Pendekatan pemodelan matematis semacam ini telah terbukti efektif dalam memecahkan berbagai persoalan kompleks dalam manajemen arus lalu lintas dan distribusi perjalanan.

Implementasi metode matematis tersebut pada data transportasi skala besar memerlukan dukungan teknologi komputasi modern untuk menjamin akurasi dan reproduksibilitas hasil. R Studio muncul sebagai lingkungan pemrograman statistik yang sangat kapabel untuk menangani operasi matriks dan analisis data transportasi yang kompleks. Melalui penggunaan algoritma berbasis R, perhitungan determinan untuk sistem persamaan linear dapat dilakukan dengan efisiensi tinggi, sekaligus memungkinkan integrasi data statistik perjalanan yang lebih luas. Dengan menggabungkan teori matematika Aturan Cramer dan kekuatan komputasi R Studio, penelitian ini bertujuan untuk memberikan analisis komprehensif mengenai perbandingan kecepatan perjalanan kereta api dan bus pada rute Siantar-Medan sebagai dasar optimasi layanan transportasi di masa depan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian terapan yang berfokus pada penerapan konsep matematika untuk memecahkan permasalahan nyata di bidang transportasi. Pendekatan yang digunakan

adalah pendekatan kuantitatif, yaitu pendekatan yang mengandalkan data berupa angka dan perhitungan matematis untuk memperoleh hasil yang terukur, objektif, dan dapat dipertanggungjawabkan. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menentukan besarnya kecepatan rata-rata dua jenis moda transportasi, yaitu kereta api dan bus, yang melayani rute perjalanan dari Pematang Siantar menuju Medan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan kecepatan rata-rata keduanya sehingga dapat diketahui moda transportasi mana yang memiliki kecepatan lebih tinggi dalam menempuh jarak yang sama.

Permasalahan dalam penelitian ini diformulasikan ke dalam bentuk Sistem Persamaan Linier Dua Variabel (SPLDV). Penyelesaian sistem persamaan tersebut dilakukan menggunakan metode determinan dan Aturan Cramer, yang merupakan salah satu teknik aljabar linier yang efektif untuk mencari nilai penyelesaian secara eksak. Untuk meminimalkan kesalahan perhitungan manual dan memastikan hasil yang akurat serta konsisten, seluruh proses komputasi dibantu dengan perangkat lunak statistik dan pemrograman R Studio.

3.1 Sumber, Jenis, dan Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data yang telah dikumpulkan, diolah, dan dipublikasikan oleh instansi atau lembaga terkait. Data ini diperoleh berdasarkan informasi resmi mengenai operasional layanan transportasi umum yang beroperasi di wilayah Provinsi Sumatera Utara, khususnya pada rute penghubung antara Kota Pematang Siantar dan Kota Medan.

Adapun data utama yang digunakan meliputi:

- Panjang jarak tempuh tetap pada rute Pematang Siantar ke Medan: **129 km**
- Waktu tempuh rata-rata yang dibutuhkan kereta api: **3 jam**
- Waktu tempuh rata-rata yang dibutuhkan bus: **1,9 jam**

Data ini dianggap valid dan representatif karena telah memperhitungkan kondisi perjalanan secara keseluruhan, termasuk waktu pemberhentian rutin, kemacetan ringan, serta kondisi jalan atau lintasan rel yang umum terjadi, sehingga mencerminkan kecepatan rata-rata sesungguhnya yang dialami oleh pengguna jasa transportasi.

3.2 Model Matematika Penelitian

Dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada hubungan fisis antara tiga besaran utama, yaitu jarak, waktu, dan kecepatan. Hubungan tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Jarak} = \text{Kecepatan} \times \text{Waktu}$$

Untuk memudahkan penyusunan persamaan, didefinisikan terlebih dahulu variabel-variabel yang akan digunakan:

- v_k = kecepatan rata-rata kereta api, dinyatakan dalam satuan kilometer per jam (km/jam)
- v_b = kecepatan rata-rata bus, dinyatakan dalam satuan kilometer per jam (km/jam)

3.3 Teknik dan Langkah Penyelesaian

Penyelesaian sistem persamaan linier dalam penelitian ini dilakukan melalui dua tahapan utama, yaitu menghitung nilai determinan matriks dan kemudian menerapkan Aturan Cramer untuk mendapatkan nilai kecepatan masing-masing moda transportasi.

3.3.1 Perhitungan Determinan Matriks

Determinan merupakan nilai skalar yang dapat dihitung dari unsur-unsur suatu matriks persegi. Untuk matriks koefisien berordo 2×2 yang dinyatakan sebagai berikut:

$$A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$$

Maka nilai determinannya dihitung menggunakan rumus:

$$\det(A) = ad - bc$$

Syarat penting yang harus dipenuhi agar sistem persamaan memiliki satu penyelesaian yang pasti adalah jika nilai determinan matriks koefisien tidak sama dengan nol ($\det(A) \neq 0$). Jika syarat ini terpenuhi, maka Aturan Cramer dapat diterapkan dengan baik untuk mencari nilai setiap variabel.

3.3.2 Penerapan Aturan Cramer

Aturan Cramer adalah metode penyelesaian sistem persamaan linier yang memanfaatkan nilai determinan matriks. Setiap nilai variabel dihitung sebagai hasil bagi antara determinan matriks baru dengan determinan matriks koefisien awal.

Rumus umum yang digunakan adalah:

$$v_k = \frac{\det(A_k)}{\det(A)} \quad \text{dan} \quad v_b = \frac{\det(A_b)}{\det(A)}$$

Keterangan:

- A_k = matriks yang diperoleh dengan mengganti kolom pertama matriks koefisien A dengan elemen-elemen pada vektor konstanta B
- A_b = matriks yang diperoleh dengan mengganti kolom kedua matriks koefisien A dengan elemen-elemen pada vektor konstanta B

Setelah diperoleh nilai kecepatan rata-rata dari kedua moda transportasi, langkah selanjutnya adalah membandingkan kedua nilai tersebut untuk menarik kesimpulan akhir penelitian. Seluruh rangkaian perhitungan ini akan dibuktikan kembali menggunakan pemrograman pada R Studio guna memastikan tidak ada kesalahan hitung dan hasilnya dapat diulang kembali jika diperlukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penyusunan Sistem Persamaan Linier

Sebelum masuk ke perhitungan, terlebih dahulu disusun model matematis berdasarkan data yang telah dikumpulkan. Data utama yang digunakan meliputi jarak tempuh dan waktu perjalanan masing-masing moda transportasi. Untuk memudahkan perhitungan, digunakan rumus dasar fisika yang menyatakan hubungan antara jarak, kecepatan, dan waktu, yaitu:

$$\text{Jarak} = \text{Kecepatan} \times \text{Waktu}$$

Dari hasil pengamatan, diperoleh data sebagai berikut:

- Perjalanan kereta api dari Pematang Siantar ke Medan menempuh jarak sekitar 129 kilometer dengan waktu tempuh total 3 jam.
- Perjalanan bus menempuh jarak yang lebih pendek, yaitu sekitar 118 kilometer, dan ditempuh dalam waktu 1 jam 54 menit atau setara dengan 1,9 jam.

Misalkan:

vk = kecepatan rata-rata kereta api (dalam satuan km/jam)

vb = kecepatan rata-rata bus (dalam satuan km/jam)

Berdasarkan rumus di atas, maka terbentuklah sistem persamaan linier sebagai berikut:

$$3vk = 129$$

$$1,9vb = 118$$

Agar dapat diselesaikan menggunakan metode determinan dan Aturan Cramer, sistem persamaan tersebut diubah bentuknya menjadi persamaan umum dengan memasukkan variabel yang tidak ada bernilai nol:

$$3vk + 0vb = 129$$

$$0vk + 1,9vb = 118$$

4.2 Penyelesaian Menggunakan Determinan dan Aturan Cramer

Langkah pertama adalah menyusun sistem persamaan tersebut ke dalam bentuk matriks. Matriks koefisien dari sistem persamaan di atas adalah:

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 1,9 \end{bmatrix}$$

Perhitungan Determinan Utama

Nilai determinan dari matriks koefisien A dihitung untuk memastikan bahwa sistem persamaan memiliki satu solusi yang pasti. Untuk matriks berordo 2×2 , determinan dihitung dengan cara mengalikan elemen diagonal utama dikurangi hasil kali elemen diagonal lainnya.

$$\det(A) = (3 \times 1,9) - (0 \times 0) = 5,7 - 0 = 5,7$$

Karena nilai determinan utama tidak sama dengan nol ($5,7 \neq 0$), maka dipastikan sistem persamaan ini memiliki solusi tunggal yang dapat dicari menggunakan Aturan Cramer.

Perhitungan Determinan Pengganti

Sesuai prinsip Aturan Cramer, nilai setiap variabel diperoleh dengan membagi determinan matriks pengganti dengan determinan utama. Matriks pengganti dibentuk dengan mengganti kolom koefisien variabel yang dicari dengan kolom konstanta ruas kanan persamaan.

1. Menghitung kecepatan kereta api (vk)

Kolom pertama matriks A diganti dengan nilai konstanta [129, 118], sehingga terbentuk matriks A_K :

$$A_K = \begin{bmatrix} 129 & 0 \\ 118 & 1,9 \end{bmatrix}$$

Nilai determinannya:

$$\det(A_K) = (129 \times 1,9) - (0 \times 118) = 245,1 - 0 = 245,1$$

Maka nilai kecepatan kereta api adalah:

$$vk = \frac{\det(A_K)}{\det(A)} = \frac{245,1}{5,7} = 43 \text{ km/jam}$$

2. Menghitung kecepatan bus (vb)

Selanjutnya, kolom kedua matriks A diganti dengan nilai konstanta, sehingga terbentuk matriks A_b :

$$A_b = \begin{bmatrix} 3 & 129 \\ 0 & 118 \end{bmatrix}$$

Nilai determinannya:

$$\det(A_b) = (3 \times 118) - (129 \times 0) = 354 - 0 = 354$$

Maka nilai kecepatan bus adalah:

$$vk = \frac{\det(A_b)}{\det(A)} = \frac{354}{5,7} = 62,11 \text{ km/jam}$$

4.3 Implementasi Perhitungan Menggunakan R Studio

Selain perhitungan secara manual, ad acara yang dapat dilakukan untuk memastikan hasil yang diperoleh akurat dan konsisten yaitu dengan menggunakan bantuan perangkat lunak R Studio. Bahasa pemrograman R memiliki fungsi bawaan yang dapat langsung digunakan untuk menghitung determinan matriks dengan cepet tanpa harus menghitungnya langkah demi langkah secara manual.

Berikut adalah kode program yang digunakan:

- Syntax

```
1 # 1. Mendefinisikan matriks koefisien
2 matriks_A <- matrix(c(3, 0,
3 0, 1.9),
4 nrow = 2, byrow = TRUE)
5
6 # 2. Mendefinisikan vektor konstanta
7 vektor_b <- c(129, 118)
8
9 # 3. Menghitung determinan utama
10 det_utama <- det(matriks_A)
11 cat("Nilai determinan utama:", det_utama, "\n\n")
12
13 # 4. Membuat matriks pengganti untuk kecepatan kereta api
14 matriks_vk <- matriks_A
15 matriks_vk[, 1] <- vektor_b
16 det_vk <- det(matriks_vk)
17
18 # 5. Membuat matriks pengganti untuk kecepatan bus
19 matriks_vb <- matriks_A
20 matriks_vb[, 2] <- vektor_b
21 det_vb <- det(matriks_vb)
22
23 # 6. Menghitung nilai kecepatan
24 kecepatan_kereta <- det_vk / det_utama
25 kecepatan_bus <- det_vb / det_utama
26
27 # 7. Menampilkan hasil perhitungan
28 cat("=== HASIL PERHITUNGAN ===\n")
29 cat("Kecepatan rata-rata Kereta Api:", round(kecepatan_kereta, 2), "km/jam\n")
30 cat("Kecepatan rata-rata Bus:", round(kecepatan_bus, 2), "km/jam\n")
31 cat("Selisih kecepatan:", round(kecepatan_bus - kecepatan_kereta, 2), "km/jam\n")
```

Dan berikut hasilnya:

- Output

```
> # Menentukan Kecepatan Kereta Api dan Bus Siantar ke Medan
> # Menggunakan Aturan Cramer di R Studio
>
> # 1. Mendefinisikan matriks koefisien
> matriks_A <- matrix(c(3, 0,
+ 0, 1.9),
+ nrow = 2, byrow = TRUE)
>
> # 2. Mendefinisikan vektor konstanta
> vektor_b <- c(129, 118)
>
> # 3. Menghitung determinan utama
> det_utama <- det(matriks_A)
> cat("Nilai determinan utama:", det_utama, "\n\n")
Nilai determinan utama: 5.7
```

```
> # 4. Membuat matriks pengganti untuk kecepatan kereta api
> matriks_vk <- matriks_A
> matriks_vk[, 1] <- vektor_b
> det_vk <- det(matriks_vk)
>
> # 5. Membuat matriks pengganti untuk kecepatan bus
> matriks_vb <- matriks_A
> matriks_vb[, 2] <- vektor_b
> det_vb <- det(matriks_vb)
>
> # 6. Menghitung nilai kecepatan
> kecepatan_kereta <- det_vk / det_utama
> kecepatan_bus <- det_vb / det_utama
>
> # 7. Menampilkan hasil perhitungan
> cat("==== HASIL PERHITUNGAN ====\n")
==== HASIL PERHITUNGAN ====
> cat("Kecepatan rata-rata Kereta Api:", round(kecepatan_kereta, 2), "km/jam\n")
Kecepatan rata-rata Kereta Api: 43 km/jam
> cat("Kecepatan rata-rata Bus:", round(kecepatan_bus, 2), "km/jam\n")
Kecepatan rata-rata Bus: 62.11 km/jam
> cat("Selisih kecepatan:", round(kecepatan_bus - kecepatan_kereta, 2), "km/jam\n")
Selisih kecepatan: 19.11 km/jam
```

Hasil ini sama persis dengan perhitungan manual yang telah dilakukan sebelumnya. Hal ini membuktikan bahwa metode komputasi menggunakan R Studio sangat efektif, terutama jika digunakan untuk sistem persamaan yang lebih besar dan kompleks, di mana perhitungan manual membutuhkan waktu lama dan berisiko terjadi kesalahan hitung.

4.4 Pembahasan Hasil Perbandingan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh gambaran yang jelas mengenai perbedaan performa kedua moda transportasi tersebut. Kecepatan rata-rata bus mencapai sekitar **62,11 km/jam**, sedangkan kecepatan rata-rata kereta api hanya sebesar **43 km/jam**. Artinya, bus memiliki kecepatan rata-rata yang lebih tinggi sekitar **19 km/jam** dibandingkan kereta api.

Perbedaan ini bukan berarti kereta api bergerak lebih lambat secara teknis, melainkan disebabkan oleh beberapa faktor utama yang memengaruhi efisiensi perjalanan secara keseluruhan, antara lain:

1. Perbedaan Panjang Rute

Jarak tempuh kereta api mencapai 129 km, sedangkan bus hanya menempuh jarak 118 km. Hal ini terjadi karena jalur rel kereta api tidak selalu dapat mengikuti jalan terpendek, melainkan harus mengikuti kontur tanah, menghindari pemukiman padat, dan mengikuti rute yang sudah dibangun sejak lama. Sebaliknya, jalan raya antarkota dirancang sedemikian rupa agar lebih lurus dan langsung menghubungkan dua kota besar.

2. Jumlah Pemberhentian

Dalam perjalanan dari Pematang Siantar ke Medan, kereta api dijadwalkan berhenti di sekitar 15 stasiun untuk menaikkan dan menurunkan penumpang, serta menunggu persilangan dengan kereta lain. Setiap pemberhentian ini memakan waktu beberapa menit yang jika dijumlahkan akan mengurangi kecepatan rata-ratanya. Berbeda dengan bus yang umumnya hanya berhenti sebentar 2 hingga 3 kali untuk istirahat atau ganti sopir, sehingga waktu perjalanan lebih singkat.

3. Batas Kecepatan Lintasan

Di beberapa bagian jalur rel, kondisi fisik lintasan mengharuskan kereta api berjalan dengan kecepatan terbatas, bahkan di beberapa titik hanya boleh melaju maksimal 40–50 km/jam demi keamanan. Sementara itu, di jalan raya antarkota yang kondisinya cukup baik, bus dapat melaju lebih stabil dan konsisten.

Meskipun kecepatan rata-ratanya lebih rendah, kereta api memiliki keunggulan lain seperti tingkat keamanan yang lebih tinggi, tidak terjebak kemacetan jalan raya, dan kenyamanan perjalanan yang lebih baik. Oleh karena itu, pemilihan moda transportasi tidak hanya didasarkan pada kecepatan semata, tetapi juga mempertimbangkan faktor lain seperti biaya, keamanan, dan kenyamanan.

Dari sisi penerapan ilmu, penelitian ini menunjukkan bahwa konsep determinan dan Aturan Cramer yang dipelajari dalam aljabar linear bukan sekadar teori di atas kertas. Metode ini terbukti sangat berguna untuk memecahkan masalah nyata dalam kehidupan sehari-hari, seperti menghitung besaran fisika, memodelkan masalah ekonomi, hingga menganalisis data transportasi. Penggunaan R Studio juga mempermudah proses perhitungan, sehingga hasil yang didapatkan lebih cepat dan terjamin keakuratannya.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil membandingkan kecepatan rata-rata perjalanan kereta api Siantar Ekspres dan bus pada rute Pematang Siantar–Medan menggunakan metode determinan dan Aturan Cramer yang diverifikasi dengan R Studio. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kecepatan rata-rata bus sebesar 62,11 km/jam lebih tinggi sekitar 19 km/jam dibandingkan kereta api yang hanya mencapai 43 km/jam, meskipun jarak tempuh kereta api (129 km) lebih panjang dibandingkan bus (118 km).

Perbedaan kecepatan ini disebabkan oleh tiga faktor utama, yaitu perbedaan panjang rute akibat kontur jalur rel, jumlah pemberhentian kereta api yang jauh lebih banyak (sekitar 15 stasiun) dibandingkan bus (2-3 kali berhenti), serta batas kecepatan lintasan rel yang lebih rendah dibandingkan jalan raya. Meski lebih lambat, kereta api tetap memiliki keunggulan dari segi keamanan, kebebasan dari kemacetan, dan kenyamanan perjalanan.

Hasil perhitungan manual menggunakan determinan dan Aturan Cramer terbukti identik dengan hasil komputasi melalui R Studio, yang menunjukkan bahwa metode aljabar linear tersebut akurat dan dapat diandalkan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear pada kasus nyata. Penelitian ini membuktikan bahwa konsep matematika berupa determinan dan Aturan Cramer memiliki penerapan praktis yang luas, salah satunya dalam analisis dan evaluasi kinerja moda transportasi, serta menegaskan bahwa pemanfaatan perangkat lunak komputasi seperti R Studio dapat mempercepat dan menjamin akurasi perhitungan pada sistem persamaan yang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, I. (2020). Analisa pemilihan sistem moda transportasi antara bus angkutan kota dengan kereta api rute Medan–Tanjung Balai. *Jurnal MESIL (Mesin, Elektro, Sipil)*, 1(2), 116–122. <https://doi.org/10.53695/jm.v1i2.717> (jurnal.ceredindonesia.or.id)
- Gülmez, S., Esmer, S., & Ateş, A. (2018). An analysis of seaborne trade through Iskenderun Bay. *Dokuz Eylül University Maritime Faculty Journal*, 10(1), 83–107. <https://doi.org/10.18613/deudfd.428168>
- Merlyn, A. R., Nurdin, A. R., & Yunianti, N. (2025). Analisis pemilihan moda transportasi antara kereta api dan bus rute Makassar–Parepare ditinjau dari efektivitas dan efisiensi. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, 3(3), 413–420. <https://doi.org/10.56326/jptsk.v3i3.3319>
- Putri, Z. N. R., Siswanto, & Kurniawan, V. Y. (2024). Cramer’s rule in min-plus algebra. *BAREKENG: Journal of Mathematics and Its Applications*, 18(2), 1147–1154. <https://doi.org/10.30598/barekengvol18iss2pp1147-1154>
- Sitohang, O., Lumban Tobing, F. Y., & Siahaan, R. (2024). Kinerja operasional kereta api Siantar Ekspres rute Medan–Pematang Siantar menurut penumpang masa pasca pandemi Covid-19. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 7(1), 81–91. <https://doi.org/10.54367/jrkms.v7i2.4068>

Suseno, P. (2025). *Pengembangan kompetensi mahasiswa untuk analisis data statistik dengan aplikasi RStudio*. *Abdira: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(4), 145–151. <https://doi.org/10.31004/abdira.v5i4.944> (abdira.org)

Zheng, Z. (2021). Reasons, challenges and some tools for doing reproducible research in transportation research. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2105.06743>