

# Application of the Hybrid Entropy–VIKOR Method for Urban EV Charging Station Prioritization in Central Java

Ivana Purbaningtyas<sup>1\*</sup>, Saifur Rohman Cholil<sup>2\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Sistem Informasi, Universitas Semarang

[ivanapurbaningtyass@gmail.com](mailto:ivanapurbaningtyass@gmail.com)<sup>1</sup>, [cholil@usm.ac.id](mailto:cholil@usm.ac.id)<sup>2</sup>

## Article Info

### Article history:

Received 2025-12-23

Revised 2026-01-05

Accepted 2026-01-08

### Keyword:

*Electric Vehicle Charging Station,  
Entropy,  
VIKOR,  
MCDM,  
Central Java.*

## ABSTRACT

The rapid growth of electric vehicles (EVs) in Indonesia necessitates strategic and data-driven planning of public electric vehicle charging stations (EVCS/SPKLU), particularly in urban areas with high mobility and economic activity such as Central Java Province. This study aims to determine priority locations for EVCS development using an objective hybrid Multi-Criteria Decision Making (MCDM) approach. Official secondary data from the Central Java Provincial Statistics Agency (BPS) for the 2023-2024 period are employed, involving 12 urban areas as decision alternatives. Criteria weighting is performed using the Entropy method to minimize subjectivity, while alternative ranking is conducted using the VIKOR method to obtain the best compromise solution. Six criteria are considered, including installed electrical capacity, population density, motor vehicle density, gross regional domestic product (GRDP) per capita, percentage of regional area, and the number of commercial facilities. The results indicate that Cilacap Regency ( $Q = 0.000$ ), Banyumas Regency (Purwokerto) ( $Q = 0.271$ ), and Tegal Regency ( $Q = 0.492$ ) are the highest-priority locations for EVCS development. Ranking validation using the Normalized Discounted Cumulative Gain (NDCG) yields a value of 0.963, indicating a very high level of agreement with the reference ranking, while the Spearman rank correlation coefficient of 0.832 reflects a strong positive consistency. The novelty of this study lies in integrating up-to-date regional statistical indicators with a fully objective Entropy-VIKOR framework complemented by ranking validation, providing a reliable data-driven decision-support tool for policymakers and investors in regional EVCS infrastructure planning.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

## I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah kendaraan listrik secara global, termasuk Indonesia mengalami peningkatan yang sangat signifikan dalam beberapa tahun terakhir [1], [2]. Seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya penggunaan energi bersih serta kebijakan pemerintah dalam memperkuat ekosistem kendaraan listrik serta mendukung transisi menuju energi berkelanjutan, pemerintah melalui Peraturan Menteri ESDM No. 1 Tahun 2023 telah mendorong pengembangan infrastruktur Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) di berbagai wilayah, termasuk di Provinsi di Jawa Tengah [3]. Keberadaan SPKLU menjadi elemen penting dalam

ekosistem kendaraan listrik, karena ketersediaan dan penempatan lokasinya berpengaruh langsung terhadap kemudahan pengguna dalam melakukan pengisian daya [4].

Keberadaan SPKLU memegang peranan krusial dalam mendukung adopsi kendaraan listrik, karena ketersediaan dan persebaran lokasi SPKLU secara langsung memengaruhi kenyamanan, jangkauan perjalanan, dan tingkat kepercayaan pengguna kendaraan listrik [5]. Wilayah perkotaan menjadi fokus utama pembangunan SPKLU mengingat tingginya mobilitas penduduk, aktivitas ekonomi, serta kepadatan kendaraan yang relatif tinggi dibandingkan wilayah nonperkotaan [6]. Provinsi Jawa Tengah, sebagai salah satu pusat pertumbuhan ekonomi di Pulau Jawa, memiliki karakteristik wilayah perkotaan yang beragam dengan tingkat

kebutuhan infrastruktur kendaraan listrik yang berbeda-beda antar kota dan kabupaten [7].

Namun, distribusi SPKLU di beberapa wilayah, termasuk Provinsi Jawa Tengah, masih belum merata dan cenderung terkonsentrasi pada titik-titik tertentu seperti pusat kota besar [8]. Kondisi ini berpotensi menghambat pertumbuhan ekosistem kendaraan listrik secara merata serta menimbulkan ketidakefisienan dalam perencanaan investasi infrastruktur. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang sistematis dan berbasis data untuk menentukan prioritas lokasi pembangunan SPKLU secara objektif dan terukur. Oleh karena itu, penentuan lokasi prioritas pembangunan SPKLU yang tepat menjadi kebutuhan strategis untuk mendukung pertumbuhan ekosistem kendaraan listrik di wilayah ini [9].

Masalah utama yang muncul dari kondisi tersebut adalah belum adanya sistem pendukung keputusan yang dapat membantu pihak terkait, seperti pemerintah daerah maupun investor, dalam menentukan lokasi pembangunan SPKLU berdasarkan berbagai kriteria yang relevan [10]. Kriteria tersebut meliputi Daya yang tersedia, Kepadatan Penduduk, jumlah kendaraan, PDRB/ Kapita, Presentase Luas Wilayah, serta Jumlah Fasilitas Perdagangan yang tersedia. Proses penentuan lokasi yang dilakukan secara manual cenderung bersifat subjektif dan memakan waktu karena melibatkan banyak faktor yang saling berkaitan [11].

Untuk menjawab tantangan tersebut, Maka diperlukan sebuah pendekatan sistem pendukung keputusan berbasis multikriteria yang dapat membantu pemerintah daerah, PLN, dan operator swasta dalam merumuskan kebijakan, perencanaan investasi, serta penentuan prioritas lokasi secara lebih terstruktur. Pendekatan multikriteria dibutuhkan karena setiap alternatif lokasi memiliki karakteristik yang berbeda-beda, sehingga penilaian intuitif atau subjektif berisiko menghasilkan keputusan yang tidak konsisten [12]. Oleh karena itu, dibutuhkan metode yang mampu mengolah data secara objektif dan mengintegrasikan berbagai faktor. Penelitian ini menggunakan metode Entropy sebagai teknik pembobotan objektif dan metode VIKOR sebagai model perankingan untuk menghasilkan solusi kompromi, di mana Entropy menentukan bobot berdasarkan variasi informasi dalam data, sementara VIKOR memberikan peringkat alternatif melalui mekanisme kompromi antara utilitas agregat dan tingkat penyesalan maksimum. Kombinasi kedua metode ini memungkinkan proses pengambilan keputusan yang lebih objektif, seimbang, dan dapat direplikasi [13], [14], [15].

Pada penelitian sebelumnya dengan judul “Application of Entropy-DEMATEL-VIKOR Multicriteria Decision-Making Method in Public Charging Infrastructure” mengembangkan model pengambilan keputusan yang menggabungkan metode Entropy, DEMATEL, dan VIKOR untuk menentukan prioritas infrastruktur pengisian daya kendaraan listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi metode ini mampu menghasilkan keputusan yang lebih objektif dengan mempertimbangkan hubungan antar kriteria dan bobot yang ditentukan secara statistik [16].

Kemudian pada penelitian yang berjudul “Location Selection of Electric Vehicle Charging Stations Through Employing the Spherical Fuzzy CoCoSo and CRITIC Technique” menerapkan pendekatan fuzzy dan metode CRITIC untuk menentukan bobot objektif kriteria dalam pemilihan lokasi SPKLU. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pendekatan berbasis objektif seperti Entropy dan CRITIC mampu meningkatkan akurasi penilaian dan menghasilkan perankingan lokasi yang lebih rasional [17].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada skala nasional atau wilayah terbatas, serta belum secara spesifik mengkaji wilayah perkotaan di Provinsi Jawa Tengah dengan pendekatan berbasis data statistik resmi daerah. Selain itu, kajian yang mengombinasikan metode Entropy dan VIKOR dengan validasi hasil menggunakan pendekatan evaluatif seperti Normalized Discounted Cumulative Gain (NDCG) dan Spearman Rank Correlation masih relatif terbatas dalam konteks penentuan lokasi SPKLU di Indonesia.

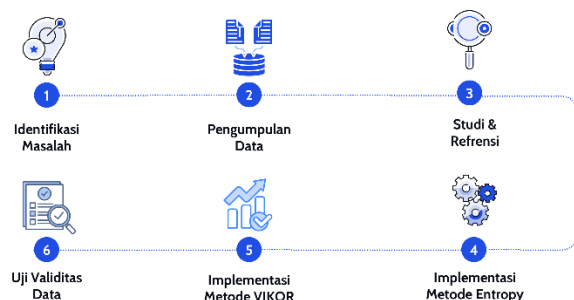
Penelitian ini menawarkan kebaharuan baik dari sisi metodologis maupun empiris. Secara metodologis, penelitian ini mengintegrasikan metode Entropy dan VIKOR dalam penentuan prioritas lokasi SPKLU serta memperkuat analisis melalui validasi hasil pemeringkatan menggunakan NDCG dan Spearman Rank Correlation, yang masih jarang diterapkan dalam studi MCDM infrastruktur di Indonesia. Secara empiris, penelitian ini memanfaatkan data statistik resmi Provinsi Jawa Tengah periode 2023–2024 untuk menghasilkan rekomendasi lokasi SPKLU yang lebih kontekstual dan berbasis karakteristik wilayah. Dengan demikian, penelitian ini secara langsung mendukung agenda nasional percepatan transisi energi dan pembangunan transportasi berkelanjutan berbasis kendaraan listrik, khususnya melalui perencanaan infrastruktur pengisian daya yang lebih terarah dan berbasis data.

Berdasarkan celah penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan sistem pendukung keputusan dalam menentukan prioritas pembangunan SPKLU di Provinsi Jawa Tengah. Kombinasi metode Entropy dan VIKOR digunakan untuk menghasilkan analisis yang lebih objektif dan komprehensif serta validasi hasil pemeringkatan dilakukan menggunakan metode NDCG dan Spearman Rank Correlation untuk mengukur tingkat konsistensi dan reliabilitas hasil. Pendekatan ini dapat digunakan untuk memberikan rekomendasi lokasi SPKLU yang lebih akurat dan mendukung pengambilan keputusan perencanaan infrastruktur kendaraan listrik.

## II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif sebagaimana dikemukakan oleh Sugiyono, yang berfokus pada pengolahan serta analisis data dalam bentuk angka secara terstruktur dan objektif. Pendekatan tersebut digunakan untuk mendukung proses pengambilan keputusan dalam menetapkan prioritas lokasi Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) di wilayah perkotaan

Jawa Tengah. Proses penelitian meliputi tahapan pengumpulan data, pengolahan data, hingga analisis data dengan menerapkan metode matematis berbasis multikriteria [18].



Gambar 1. Alur Penelitian

Gambar 1 menyajikan kerangka alur penelitian yang menggambarkan tahapan-tahapan metodologis secara sistematis dalam proses penentuan prioritas lokasi SPKLU. Setiap tahapan dalam alur tersebut memiliki peran penting dalam mendukung pengambilan keputusan.

#### A. Mengidentifikasi Masalah

Tahap awal penelitian dimulai dengan proses identifikasi permasalahan, yaitu terbatasnya ketersediaan lokasi SPKLU yang memiliki nilai strategis di Jawa Tengah serta perlunya penentuan skala prioritas lokasi berdasarkan sejumlah kriteria, seperti aspek teknis, sosial ekonomi, dan lingkungan. Tahap ini dilakukan melalui pengamatan terhadap kondisi yang ada, telaah kebijakan pemerintah yang relevan, serta kajian terhadap literatur dan penelitian terdahulu terkait pengembangan SPKLU.

#### B. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Tengah periode 2023-2024. Data diperoleh melalui situs resmi BPS <https://www.bps.go.id/id> yang menyediakan berbagai indikator statistik dan pembangunan wilayah yang relevan untuk mendukung analisis penentuan lokasi prioritas pembangunan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU). Data yang digunakan merupakan data terbaru yang

tersedia (latest available data) pada periode 2023-2024, disesuaikan dengan ketersediaan masing-masing indikator.

Penelitian ini memfokuskan analisis pada 12 wilayah perkotaan di Provinsi Jawa Tengah yang dijadikan sebagai alternatif keputusan. Pemilihan wilayah tersebut didasarkan pada pertimbangan metodologis, yaitu representasi kawasan perkotaan sebagai pusat aktivitas ekonomi dan mobilitas tinggi, serta keterbatasan ketersediaan dan konsistensi data pada tingkat kabupaten/kota, khususnya untuk indikator daya terpasang listrik dan fasilitas perdagangan. Pemilihan 12 wilayah perkotaan dilakukan untuk menjaga keseimbangan antara representativitas wilayah dan konsistensi data, sehingga analisis yang dihasilkan tetap robust secara metodologis.

Penilaian terhadap masing-masing alternatif dilakukan berdasarkan enam kriteria, yaitu daya terpasang listrik (VA), kepadatan penduduk (jiwa per km<sup>2</sup>), kepadatan kendaraan bermotor (unit), Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) per kapita (juta rupiah), persentase luas wilayah (%), serta jumlah fasilitas perdagangan. Kriteria-kriteria tersebut dipilih karena merepresentasikan aspek teknis, demografis, dan ekonomi yang berpengaruh terhadap kelayakan dan urgensi pembangunan SPKLU di wilayah perkotaan.

Data kepadatan penduduk diperoleh dari publikasi BPS tahun 2023, sedangkan data daya terpasang listrik, kepadatan kendaraan bermotor, PDRB per kapita, persentase luas wilayah, dan jumlah fasilitas perdagangan menggunakan data tahun 2024. Perbedaan tahun data ini mencerminkan keterbatasan ketersediaan indikator yang seragam pada periode pengamatan yang sama. Namun demikian, penelitian ini tidak bertujuan untuk menganalisis tren temporal, melainkan menerapkan analisis perbandingan lintas wilayah (cross-sectional analysis) dengan menggunakan kondisi terbaru yang tersedia. Oleh karena itu, penggunaan data lintas tahun yang berbeda dinilai tetap relevan dan tidak memengaruhi validitas pemeringkatan alternatif, karena fokus analisis diarahkan pada perbedaan karakteristik antarwilayah pada periode observasi terkini.

Seluruh data yang diperoleh kemudian diolah secara kuantitatif untuk menggambarkan karakteristik masing-masing alternatif, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam proses analisis multikriteria menggunakan metode Entropy-VIKOR. Rincian data untuk setiap kriteria dan alternatif disajikan pada Tabel 1.

TABEL 1  
SUMBER DATA

Wilayah	Daya Terpasang (VA)	Kepadatan penduduk (Km2)	Kepadatan Bermotor (Unit)	PDRB/kapita (Juta Rupiah)	Presentase Luas Wilayah (Persen)	Jumlah Fasilitas Perdagangan
Kota Semarang	2848041468	4580	1985109	100,04	1,08	54
Kota Surakarta	1995507837	11277	649657	81,24	0,14	53
Kab. Banyumas (Purwokerto)	1551860394	1314	911167	25,88	4,05	25
Kab. Tegal	1850092583	1682	757356	17,58	2,87	25
Kota Magelang	1131071200	6581	127514	62,64	0,05	5
Kab. Kudus	2319833780	1955	634503	84,92	1,3	25

Kota Salatiga	892359800	3618	170602	57,16	0,16	14
Kab. Klaten	980774082	1839	912678	25,97	2,04	50
Kota Pekalongan	1063912505	6873	230608	27,81	0,13	11
Kab. Cilacap	1385922535	864	968313	51,56	6,77	33
Kab. Demak	1072002971	1269	701031	17,47	2,85	18
Kab. Sukoharjo	1142500910	1890	688006	34,18	1,44	26

### C. Studi dan Refrensi

Tahap ini dilakukan melalui penelusuran dan kajian terhadap berbagai sumber pustaka, seperti jurnal ilmiah, artikel penelitian, serta dokumen resmi yang relevan. Studi literatur bertujuan untuk memperoleh pemahaman konseptual dan metodologis mengenai pendekatan Multi-Criteria Decision Making (MCDM), dengan penekanan pada penggunaan metode Entropy sebagai teknik penentuan bobot kriteria dan metode VIKOR sebagai alat perangsangan alternatif.

### D. Analisis dan Implementasi Metode

Pada tahap analisis, metode Entropy digunakan untuk menghitung bobot setiap kriteria secara objektif berdasarkan tingkat variasi data. Selanjutnya, metode VIKOR diterapkan untuk melakukan evaluasi dan penyusunan peringkat alternatif lokasi SPKLU. Proses perangsangan dilakukan dengan mempertimbangkan solusi kompromi yang menyeimbangkan nilai utilitas kelompok secara keseluruhan dan tingkat penyesalan maksimum dari masing-masing alternatif.

#### 1) Metode Entropy

Metode Entropy diperkenalkan oleh Claude Shannon pada tahun 1948 melalui karyanya yang berjudul "A Mathematical Theory of Communication" [19], [20]. Konsep ini digunakan untuk mengukur tingkat ketidakpastian atau variasi informasi dalam suatu sistem, sehingga dapat membantu menghasilkan keputusan yang lebih objektif dan komprehensif. Dalam konteks penentuan bobot kriteria, metode Entropy diterapkan melalui beberapa tahapan perhitungan yang sistematis.

#### Langkah 1 : Membuat Matriks Keputusan

Matriks keputusan disusun untuk merepresentasikan nilai setiap alternatif terhadap seluruh kriteria yang telah ditetapkan. Matriks ini menjadi dasar dalam proses perhitungan selanjutnya, karena menggambarkan hubungan antara alternatif dan kriteria dalam bentuk data kuantitatif.

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & X_{2n} \\ X_{m1} & X_{m2} & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

dengan:

$m$  = jumlah alternatif

$n$  = jumlah kriteria

$x_{ij}$  = penilaian alternatif  $A_i$  pada kriteria  $C_j$

#### Langkah 2 : Normalisasi Matriks Keputusan

Proses normalisasi dilakukan untuk menyamakan skala nilai pada setiap kriteria, sehingga seluruh data dapat

dibandingkan secara adil meskipun memiliki satuan dan rentang nilai yang berbeda.

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max_i(x_{ij})} & \text{keuntungan (benefit)} \\ \frac{\min_i(x_{ij})}{x_{ij}} & \text{biaya (cost)} \end{cases} \quad (2)$$

dengan:

$r_{ij}$  = nilai normalisasi dari elemen  $x_{ij}$  pada alternatif  $i$  dan kriteria  $j$

$x_{ij}$  = penilaian Alternatif  $A_i$  pada kriteria  $C_j$

$\max(x_{ij})$  = nilai maksimum dari kriteria  $j$  di semua alternatif

$\min(x_{ij})$  = nilai minimum dari kriteria  $j$  di semua alternatif

#### Langkah 3 : Menghitung Nilai Proporsi

Nilai proporsi  $p_{ij}$  diperoleh dari setiap elemen  $r_{ij}$  pada matriks keputusan yang telah dinormalisasi dengan cara membagi nilai tersebut terhadap jumlah keseluruhan nilai pada kolom kriteria yang sama ( $j$ ).

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad (3)$$

dengan:

$p_{ij}$  = proporsi elemen  $r_{ij}$

$r_{ij}$  = nilai elemen pada matriks keputusan yang dinormalisasi

$m$  = jumlah alternatif

#### Langkah 4 : Menghitung Nilai Entropy

Nilai entropy digunakan untuk menggambarkan tingkat ketidakpastian atau keragaman data pada masing-masing kriteria. Semakin tinggi tingkat ketidakpastian distribusi nilai suatu kriteria, maka semakin besar nilai entropy yang dihasilkan. Selain itu, entropy juga mencerminkan tingkat kontribusi informasi dari setiap kriteria.

$$E_j = \left[ \frac{-1}{\ln m} \right] \sum_{i=1}^n [p_{ij} * \ln(p_{ij})] \quad (4)$$

dengan:

$E_j$  = nilai entropi untuk kriteria  $j$

$m$  = jumlah alternatif

$n$  = jumlah kriteria

$p_{ij}$  = nilai dari alternatif  $i$  pada kriteria  $j$ , yang sudah

dinormalisasi menjadi proporsi

$\ln$  = fungsi logaritma natural.

#### Langkah 5 : Menghitung Nilai Dispersi

Nilai dispersi merupakan kebalikan dari entropy, di mana kriteria dengan nilai entropy yang rendah akan menghasilkan nilai dispersi yang tinggi, dan sebaliknya. Nilai dispersi diperoleh dengan menghitung selisih antara nilai maksimum (satu) dan nilai entropy.

$$d_j = 1 - E_j \quad (5)$$

dengan:

$d_j$  adalah nilai disperse untuk kriteria  $j$

$E_j$  adalah nilai entropi untuk kriteria  $j$

#### Langkah 6 : Menentukan Bobot Kriteria

Bobot kriteria menunjukkan tingkat kepentingan relatif masing-masing kriteria dalam proses pengambilan keputusan. Bobot akhir dihitung dengan melakukan normalisasi terhadap nilai dispersi yang telah diperoleh, sehingga total bobot seluruh kriteria bernilai satu.

$$W_{ij} = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (6)$$

dengan:

$w_j$  = bobot untuk kriteria  $j$

$d_j$  = nilai disperse untuk kriteria  $j$

$n$  = jumlah kriteria

## 2) Metode VIKOR

Metode VIKOR (Vlse Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) dikembangkan oleh Opricovic dan Tzeng pada tahun 1998 [21], [22]. VIKOR sebagai salah satu metode Multi-Criteria Decision Making (MCDM) yang digunakan untuk melakukan perangkingan serta menentukan alternatif terbaik dalam sistem pendukung keputusan [23], [24]. Metode ini dirancang untuk menyelesaikan permasalahan pengambilan keputusan yang melibatkan banyak kriteria dengan karakteristik yang saling bertentangan dan memiliki satuan yang berbeda, dengan menekankan pada pencapaian solusi kompromi yang optimal [25].

Dalam proses perhitungannya, metode VIKOR memanfaatkan dua ukuran utama, yaitu Utility Measure dan Regret Measure, yang masing-masing merepresentasikan tingkat kepuasan keseluruhan dan tingkat penyesalan maksimum dari suatu alternatif. Nilai indeks kinerja dihitung berdasarkan kombinasi kedua ukuran tersebut, sehingga alternatif terbaik dapat ditentukan secara objektif melalui nilai indeks minimum yang dihasilkan. Dalam penerapannya Metode VIKOR mengikuti beberapa tahapan tertentu sebagai berikut:

### Langkah 1 : Normalisasi

Normalisasi dilakukan untuk menyamakan skala nilai setiap kriteria sehingga seluruh alternatif dapat dibandingkan secara adil meskipun memiliki satuan yang berbeda.

$$r_{ij} = \left( \frac{x_j^+ - x_{ij}}{x_j^+ - x_j^-} \right) \quad (8)$$

dengan:

$r_{ij}$  = nilai normalisasi untuk alternatif  $I$  pada kriteria  $j$

$x_j^+$  = Nilai perfoma alternatif  $i$  terhadap kriteria

$x_j^-$  = Elemen terburuk dari kriteria  $j$

$x_{ij}$  = Elemen terbaik dari  $j$

### Langkah 2 : Menghitung Nilai $S$ dan $R$

Nilai  $S$  dihitung untuk merepresentasikan tingkat utilitas agregat dari setiap alternatif, sedangkan nilai  $R$  digunakan untuk menunjukkan tingkat penyesalan maksimum berdasarkan kriteria terburuk.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \left( \frac{x_j^+ - x_{ij}}{x_j^+ - x_j^-} \right) \quad (9)$$

dan

$$R_i = \max_j \left[ w_j \left( \frac{x_j^+ - x_{ij}}{x_j^+ - x_j^-} \right) \right] \quad (10)$$

dengan:

$W_j$  = bobot dari tiap kriteria  $j$

### Langkah 3 : Menentukan Nilai Indeks

Nilai indeks VIKOR ( $Q$ ) ditentukan dengan mengombinasikan nilai  $S$  dan  $R$  untuk memperoleh ukuran solusi kompromi dari setiap alternatif.

$$Q_i = \left[ \frac{S_i - S^-}{S^+ - S^-} \right] V + \left[ \frac{R_i - R^-}{R^+ - R^-} \right] (1 - V) \quad (11)$$

dengan:

$S^- = \min S_i$

$S^+ = \max S_i$

$R^- = \min R_i$

$R^+ = \max R_i$

$V = 0,5$  (digunakan untuk memberikan bobot seimbang antara utilitas agregat dan penyesalan maksimum)

### Langkah 4 : Hasil Perangkingan merupakan Hasil Pengurutan $S$ , $R$ , dan $Q$

Perangkingan alternatif dilakukan dengan mengurutkan nilai  $S$ ,  $R$ , dan  $Q$  dari yang terkecil hingga terbesar.

### Langkah 5 : Solusi Alternatif Peringkat Terbaik Berdasarkan Nilai $Q$ Minimum

Alternatif dengan nilai  $Q$  paling kecil ditetapkan sebagai solusi kompromi terbaik dalam penentuan prioritas lokasi.

### E. Uji Validitas dengan NDCG dan Spearman Rank Correlation.

Untuk menguji tingkat keandalan hasil pemeringkatan yang dihasilkan oleh metode VIKOR, penelitian ini menerapkan dua metode validasi, yaitu Normalized Discounted Cumulative Gain (NDCG) dan Spearman Rank Correlation. Kedua pendekatan tersebut digunakan untuk mengevaluasi kualitas hasil ranking secara kuantitatif dengan mempertimbangkan tingkat relevansi setiap alternatif serta membandingkan urutan hasil metode VIKOR dengan ranking acuan berbasis kuesioner [26]. Survei melibatkan sebanyak 20 responden, dengan kriteria utama pengguna kendaraan listrik. NDCG merupakan metrik evaluasi yang digunakan untuk menilai kemampuan suatu metode dalam menempatkan alternatif dengan tingkat relevansi tertinggi pada posisi teratas dalam hasil pemeringkatan [27]. Perhitungan NDCG didasarkan pada nilai Discounted Cumulative Gain (DCG) yang mengombinasikan tingkat relevansi alternatif dan faktor diskonto berdasarkan posisi peringkatnya. Proses validasi menggunakan NDCG dilakukan melalui tiga tahapan sebagai berikut.

#### 1) DCG (Discounted Cumulative Gain)

DCG digunakan untuk mengukur tingkat relevansi alternatif dalam suatu ranking dengan mempertimbangkan posisi alternatif tersebut, di mana alternatif dengan relevansi tinggi pada peringkat atas memberikan kontribusi skor yang lebih besar.

$$DCG_p = rel_1 + \sum_{i=2}^p \frac{rel_i}{\log_2(i+1)} \quad (12)$$

dengan:

$rel_i$  = nilai

$rel_i$  = nilai relevansi alternatif pada posisi ke -i

$p$  = jumlah total alternatif yang dievaluasi  
 Nilai relevansi ( $rel_i$ ) diperoleh berdasarkan hasil penilaian responden pada kuesioner, yang merepresentasikan tingkat prioritas setiap alternatif.

## 2) IDCG (Ideal DCG)

IDCG merupakan nilai DCG maksimum yang diperoleh apabila seluruh alternatif disusun berdasarkan urutan relevansi terbaik berdasarkan ranking acuan dari kuesioner. Nilai ini digunakan sebagai acuan untuk menentukan kondisi pemeringkatan ideal.

## 3) NDCG (Normalized DCG)

Nilai NDCG diperoleh dari perbandingan antara DCG aktual dan IDCG, sehingga menghasilkan nilai yang berada pada rentang 0 hingga 1.

$$NDCG_p = \frac{DCG_p}{IDCG_p} \quad (13)$$

dengan:

$DCG_p$  = total skor DCG sampai posisi  $p$

$IDCG_p$  = DCG maksimum (ideal) sampai posisi  $p$

Nilai NDCG yang mendekati 1 menunjukkan bahwa hasil pemeringkatan metode VIKOR memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi dalam menempatkan alternatif prioritas sesuai dengan preferensi responden. Dalam penelitian ini, ranking acuan disusun berdasarkan hasil kuesioner dan tidak dimaksudkan sebagai representasi kondisi objektif wilayah, melainkan sebagai pembanding untuk mengevaluasi konsistensi hasil pemeringkatan metode VIKOR.

Selain NDCG, pengujian validitas juga dilakukan menggunakan Spearman Rank Correlation untuk mengukur tingkat keselarasan secara statistik antara hasil pemeringkatan metode VIKOR dan ranking acuan [28]. Metode Spearman menghitung korelasi berdasarkan selisih peringkat ( $d_i$ ) antara ranking VIKOR dan ranking acuan yang digunakan sebagai pembanding.

$$d_i = \text{Rangking Vikor} - \text{Rangking History} \quad (14)$$

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (15)$$

dengan:

$n$  = jumlah alternatif

$d_i$  = selisih peringkat

$\rho$  = Spearman Rank Correlation

Nilai  $\rho$  yang mendekati +1 menunjukkan tingkat konsistensi yang tinggi antara hasil pemeringkatan metode VIKOR dan ranking acuan, sedangkan nilai yang mendekati 0 menunjukkan hubungan korelasi yang rendah.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Penentuan Alternatif

Penelitian ini menggunakan 12 alternatif lokasi prioritas SPKLU yang ditentukan dengan mempertimbangkan potensi penggunaan kendaraan listrik, tingkat aksesibilitas, serta pemerataan distribusi geografis di Provinsi Jawa Tengah. Alternatif yang dipilih mencakup berbagai karakteristik wilayah, mulai dari kota besar sebagai pusat pertumbuhan

ekonomi dan transportasi, kota menengah dengan aktivitas perdagangan dan mobilitas tinggi, hingga wilayah kabupaten yang berperan sebagai pusat aktivitas regional dan berada pada jalur strategis pergerakan antarwilayah. Variasi tipe lokasi dan karakteristik geografis tersebut dimaksudkan untuk menghasilkan analisis prioritas penempatan SPKLU yang representatif dan mampu menggambarkan kebutuhan pengembangan infrastruktur kendaraan listrik secara merata di Jawa Tengah. Daftar lengkap alternatif lokasi yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

TABEL II  
DATA ALTERNATIF

Alternatif	Titik Lokasi
A1	Kota Semarang
A2	Kota Surakarta
A3	Kab. Banyumas (Purwokerto)
A4	Kab. Tegal
A5	Kota Magelang
A6	Kab. Kudus
A7	Kota Salatiga
A8	Kab. Klaten
A9	Kota Pekalongan
A10	Kab. Cilacap
A11	Kab. Demak
A12	Kab. Sukoharjo

### B. Penentuan kriteria

Pada penelitian ini, penentuan kriteria dilakukan dengan mengevaluasi berbagai faktor strategis yang berpengaruh terhadap penetapan prioritas lokasi SPKLU. Evaluasi tersebut didasarkan pada enam kriteria utama yang dinilai mampu merepresentasikan aspek teknis, ekonomi, dan karakteristik wilayah dalam mendukung pengembangan infrastruktur kendaraan listrik.

TABEL III  
DATA KRITERIA

Kode	Nama Kriteria	Jenis Kriteria
C1	Daya Terpasang (VA)	Benefit
C2	Kepadatan Penduduk ((Km2)	Benefit
C3	Kendaraan Bermotor (Unit)	Benefit
C4	PDRB/kapita (Juta Rupiah)	Benefit
C5	Presentase Luas Wilayah (Persen)	Cost
C6	Jumlah Fasilitas Perdagangan	Benefit

### C. Nilai Alternatif setiap kriteria

Data alternatif yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari 12 kota/kabupaten di Provinsi Jawa Tengah sebagai lokasi prioritas pembangunan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU). Penilaian alternatif dilakukan berdasarkan enam kriteria utama, yaitu daya terpasang listrik (VA), kepadatan penduduk (jiwa per km<sup>2</sup>), kepadatan kendaraan bermotor (unit), Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) per kapita (juta rupiah), persentase luas wilayah (%), serta jumlah fasilitas perdagangan.

Seluruh data bersumber dari publikasi resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Tengah Tahun 2023-2024 dan digunakan sebagai dasar dalam penerapan metode Entropy-VIKOR untuk menentukan tingkat prioritas lokasi SPKLU. Nilai masing-masing alternatif terhadap setiap kriteria selanjutnya disajikan secara rinci pada Tabel 4.

TABEL IV  
DATA ALTERNATIF DAN KRITERIA

kode	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	2848041468	4580	1985109	100,04	1,08	54
A2	1995507837	11277	649657	81,24	0,14	53
A3	1551860394	1314	911167	25,88	4,05	25
A4	1850092583	1682	757356	17,58	2,87	25
A5	1131071200	6581	127514	62,64	0,05	5
A6	2319833780	1955	634503	84,92	1,3	25
A7	892359800	3618	170602	57,16	0,16	14
A8	980774082	1839	912678	25,97	2,04	50
A9	1063912505	6873	230608	27,81	0,13	11
A10	1385922535	864	968313	51,56	6,77	33
A11	1072002971	1269	701031	17,47	2,85	18
A12	1142500910	1890	688006	34,18	1,44	26

#### D. Perhitungan Metode Entropy

Setelah data alternatif dan kriteria ditetapkan, tahap selanjutnya adalah penerapan metode Entropy yang digunakan untuk menentukan bobot kriteria secara objektif berdasarkan tingkat variasi data pada masing-masing kriteria.

*Langkah 1 : Membuat Matriks Keputusan*

Matriks keputusan disusun untuk menampilkan nilai setiap alternatif terhadap seluruh kriteria yang digunakan, sebagaimana dirumuskan pada Persamaan (1) dalam metode Entropy.

TABEL V  
Matriks Keputusan

C1	C2	C3	C4	C5	C6
2848041468	4580	1985109	100,04	1,08	54
1995507837	11277	649657	81,24	0,14	53
1551860394	1314	911167	25,88	4,05	25
1850092583	1682	757356	17,58	2,87	25
1131071200	6581	127514	62,64	0,05	5
2319833780	1955	634503	84,92	1,3	25
892359800	3618	170602	57,16	0,16	14
980774082	1839	912678	25,97	2,04	50
1063912505	6873	230608	27,81	0,13	11
1385922535	864	968313	51,56	6,77	33
1072002971	1269	701031	17,47	2,85	18
1142500910	1890	688006	34,18	1,44	26

*Langkah 2 : Normalisasi Matriks Keputusan*

Tahap normalisasi dilakukan untuk mengubah nilai pada matriks keputusan ke dalam bentuk skala yang sebanding sesuai dengan Persamaan (2). Contoh perhitungan normalisasi untuk kriteria C1 (benefit) ditunjukkan sebagai berikut.

Kriteria C1:

$$r_{11} = \frac{2848041468}{202848041468} = 1$$

$$r_{21} = \frac{1995507837}{5284804146800} = 0.7$$

$$r_{31} = \frac{1551860394}{2848041468} = 0.544$$

....

$$r_{121} = \frac{1142500910}{2848041468} = 0.401$$

Perhitungan normalisasi dilakukan hingga alternatif ke-12 untuk setiap kriteria.

Kriteria C5:

$$r_{15} = \frac{0.05}{1.08} = 0.046$$

$$r_{25} = \frac{1.08}{0.05} = 0.5$$

$$r_{35} = \frac{300}{0.05} = 0.012$$

....

$$r_{125} = \frac{0.05}{1.44} = 0.481$$

Perhitungan normalisasi kriteria C2, C3, C4, dan C6 sama dengan perhitungan Kriteria C1 dengan Kriteria benefit, sedangkan normalisasi kriteria C5 Menggunakan Kriteria Cost. Berikut hasil tabel perolehan dari normalisasi matriks awal.

TABEL VI  
HASIL NORMALISASI MATRIKS KEPUTUSAN

kode	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	1	0.406	1	1	1	1
A2	0.7	1	0.327	0.812	0.357	0.981
A3	0.544	0.116	0.459	0.258	0.012	0.462
....	....	....	....	....	....	....
A10	0.486	0.076	0.487	0.515	0.007	0.611
A11	0.376	0.112	0.353	0.174	0.017	0.333
A12	0.401	0.167	0.346	0.341	0.034	0.481
$\sum r_{ij}$	<b>6.402</b>	<b>3.878</b>	<b>4.401</b>	<b>5.862</b>	<b>2.252</b>	<b>6.277</b>

*Langkah 3 : Menghitung Nilai Proporsi*

Nilai proporsi dihitung menggunakan Persamaan (3) dengan membagi nilai hasil normalisasi setiap alternatif terhadap total nilai pada masing-masing kriteria, sehingga diperoleh nilai proporsi untuk seluruh alternatif dan kriteria yang digunakan.

TABEL VII  
HASIL NILAI PROPORSI

kode	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	0.156	0.104	0.227	0.170	0.020	0.159
A2	0.109	0.257	0.074	0.138	0.158	0.156
A3	0.085	0.3	0.104	0.044	0.005	0.073
....	....	....	....	....	....	....
A10	0.076	0.019	0.11	0.087	0.003	0.097
A11	0.058	0.029	0.080	0.029	0.007	0.053
A12	0.062	0.042	0.078	0.058	0.015	0.076

*Langkah 4: Menghitung Nilai Entropy*

Perhitungan nilai entropy dilakukan menggunakan Persamaan (4), dengan terlebih dahulu menentukan nilai konstanta yaitu  $\left[ \frac{-1}{\ln m} \right] = \left[ \frac{-1}{\ln(12)} \right] = -0.4024$ . Kemudian menghitung nilai proposi  $\sum_{i=1}^n [p_{ij} * \ln(p_{ij})]$ .



TABEL VIII  
HASIL PERHITUNGAN NILAI ENTROPY

Kode	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	-0.290	-0.236	-0.336	-0.301	-0.079	-0.292
A2	-0.242	-0.349	-0.193	-0.273	-0.292	-0.290
A3	-0.209	-0.105	-0.235	-0.137	-0.028	-0.192
....	....	....	....	....	....	....
A10	-0.195	-0.077	-0.243	-0.213	-0.018	-0.226
A11	-0.166	-0.102	-0.202	-0.104	-0.037	-0.155
A12	-0.173	-0.135	-0.200	-0.165	-0.064	-0.197
$\sum_{i=1}^n [x_i * \ln(p_{ij})]$	-2.415	-2.186	-2.484	-2.331	-1.614	-2.326

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, nilai entropy masing-masing kriteria diperoleh sebagai berikut.

$$E_1 = (-0.4024) * (-2.415) = 0.972$$

$$E_2 = (-0.4024) * (-2.186) = 0.879$$

$$E_3 = (-0.4024) * (-2.484) = 0.919$$

$$E_4 = (-0.4024) * (-2.331) = 0.937$$

$$E_5 = (-0.4024) * (-1.614) = 0.649$$

$$E_6 = (-0.4024) * (-2.326) = 0.936$$

Langkah 5 : Menghitung Nilai Dispersi

Nilai dispersi dihitung menggunakan Persamaan (5) dengan mengurangkan nilai entropy dari satu, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

$$d_1 = 1 - 0.972 = 0.028$$

$$d_2 = 1 - 0.879 = 0.120$$

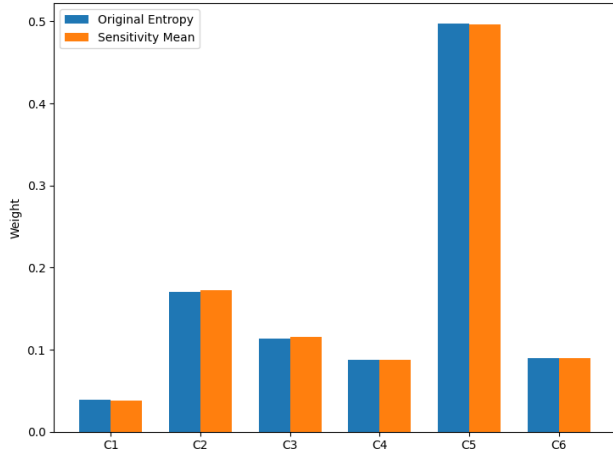
$$d_3 = 1 - 0.919 = 0.080$$

$$d_4 = 1 - 0.937 = 0.062$$

$$d_5 = 1 - 0.649 = 0.350$$

$$d_6 = 1 - 0.936 = 0.063$$

Comparison of Original and Sensitivity-Adjusted Weights



$$\sum_{j=1}^n d_j = 0.705$$

Langkah 6 : Menentukan Bobot Kriteria

Bobot kriteria ditentukan dengan melakukan normalisasi terhadap nilai dispersi menggunakan Persamaan (6), sehingga total bobot seluruh kriteria bernilai satu. Hasil perhitungan bobot kriteria adalah sebagai berikut.

$$W_1 = \frac{0.028}{0.705} = 0.039$$

$$W_2 = \frac{0.120}{0.705} = 0.170$$

$$W_3 = \frac{0.080}{0.705} = 0.114$$

$$W_4 = \frac{0.062}{0.705} = 0.088$$

$$W_5 = \frac{0.350}{0.705} = 0.498$$

$$W_6 = \frac{0.063}{0.705} = 0.090$$

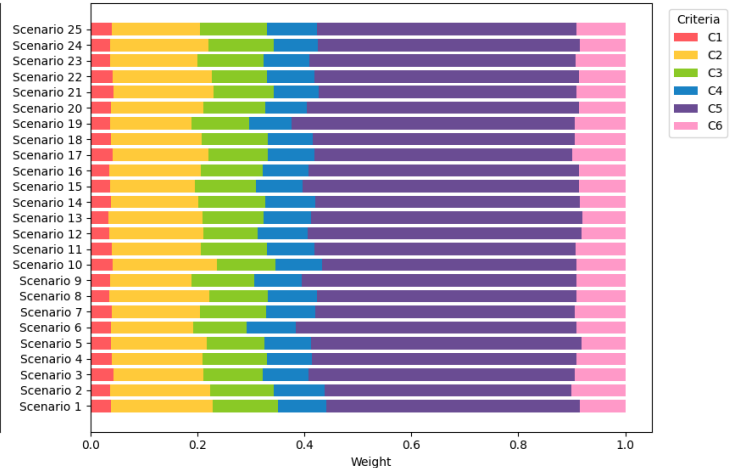
Bobot kriteria berhasil dihitung dengan Metode Entropy, dengan hasil sebagai berikut.

TABEL IX  
HASIL PERHITUNGAN BOBOT KRITERIA

C1	C2	C3	C4	C5	C6
0.039	0.170	0.114	0.088	0.498	0.090

Sebagai langkah evaluasi terhadap keandalan bobot kriteria, penelitian ini menerapkan analisis sensitivitas untuk menguji respons model terhadap perubahan bobot. Setiap bobot kriteria dimodifikasi dalam kisaran  $\pm 10\%$  guna mengamati tingkat stabilitas hasil, sesuai dengan praktik umum dalam analisis MCDM. Perbandingan bobot Entropy awal dengan bobot rata-rata hasil skenario sensitivitas, beserta distribusi bobot pada berbagai variasi, ditampilkan pada Gambar 2.

Varying Weight Values under Sensitivity Scenarios



Gambar 2. Hasil Analisis sensitivitas bobot Entropy

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa variasi bobot kriteria dalam kisaran yang diuji tidak mengubah pola kepentingan antar kriteria secara signifikan. Kriteria dengan bobot relatif tinggi pada kondisi awal tetap mempertahankan dominasinya pada berbagai skenario variasi bobot, sementara kriteria

dengan bobot rendah tidak menunjukkan peningkatan yang ekstrem. Kondisi ini mengindikasikan bahwa bobot kriteria yang dihasilkan oleh metode Entropy memiliki tingkat stabilitas yang baik, sehingga layak digunakan sebagai input



pada tahap pemeringkatan alternatif menggunakan metode VIKOR.

#### E. Implementasi Metode VIKOR

Setelah bobot kriteria diperoleh menggunakan metode Entropy, tahap selanjutnya adalah penerapan metode VIKOR untuk menentukan peringkat prioritas lokasi SPKLU.

##### Langkah 1 : Normalisasi

Tahap normalisasi dilakukan untuk mengubah nilai setiap alternatif ke dalam bentuk skala perbandingan menggunakan Persamaan (8). Contoh perhitungan normalisasi untuk kriteria C1 ditunjukkan sebagai berikut.

Kriteria C1:

$$r_{11} = \frac{2848041468 - 2848041468}{2848041468 - 892359800} = 0$$

$$r_{21} = \frac{2848041468 - 1995507837}{2848041468 - 892359800} = 0.436$$

$$r_{31} = \frac{2848041468 - 1551860394}{2848041468 - 892359800} = 0.663$$

....

$$r_{121} = \frac{2848041468 - 1142500910}{2848041468 - 892359800} = 0.872$$

Proses normalisasi dilakukan hingga seluruh alternatif dan kriteria, dan hasil lengkapnya disajikan dalam tabel normalisasi matriks keputusan. Berikut hasil tabel perolehan dari normalisasi matriks awal.

TABEL X  
HASIL NORMALISASI MATRIKS AWAL

kode	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	0	0.643	0	0	0.847	0
A2	0.436	0	0.719	0.228	0.987	0.02
A3	0.663	0.957	0.578	0.898	0.405	0.592
....	....	....	....	....	....	....
A10	0.748	1	0.547	0.587	0	0.429
A11	0.908	0.961	0.691	1	0.583	0.735
A12	0.872	0.901	0.698	0.798	0.793	0.571

##### Langkah 2 : Menghitung Nilai S dan R

Nilai S dihitung dari penjumlahan nilai selisih setiap kriteria yang telah dikalikan dengan bobotnya, sehingga mencerminkan tingkat kelemahan keseluruhan suatu alternatif. Sementara itu, nilai R menunjukkan selisih terbesar pada satu kriteria tertentu yang telah diberi bobot, sehingga menggambarkan kelemahan paling dominan dari alternatif tersebut. Bobot kriteria yang digunakan pada tahap ini berasal dari hasil perhitungan metode Entropy.

Diketahui bobot kriteria sebagai berikut.

$$W = (0.039, 0.170, 0.114, 0.088, 0.498, 0.090)$$

Nilai normalisasi untuk alternatif A1 adalah

$$r_1 = (0.0, 0.643, 0, 0, 0.847, 0)$$

Perhitungan Nilai S<sub>1</sub> dilakukan sebagai berikut

$$S_1 = (0.039 * 0.0) + (0.170 * 0.643) + (0.114 * 0.0) + (0.088 * 0.0) + (0.498 * 0.847) + (0.090 * 0) = 0.531$$

Selanjutnya perhitungan Nilai R<sub>1</sub> ditentukan dari nilai maksimum hasil perkalian bobot dan nilai normalisasi, yaitu

$$R_1 = \max\{(0.039 * 0), (0.170 * 0.643), (0.114 * 0), (0.088 * 0), (0.498 * 0.847), (0.090 * 0.0)\} = 0.422$$

Hasil lengkap perhitungan nilai S dan R untuk seluruh alternatif selanjutnya disajikan dalam tabel hasil perhitungan nilai S dan R.

TABEL XI  
HASIL PERHITUNGAN NILAI S DAN R

Alternatif	Nilai S	Nilai R
A1	0.531	0.422
A2	0.613	0.492
A3	0.589	0.202
A4	0.683	0.289
A5	0.853	0.498
A6	0.721	0.405
A7	0.885	0.49
A8	0.695	0.351
A9	0.864	0.492
A10	0.353	0.17
A11	0.723	0.29
A12	0.784	0.395
MIN	0.353	0.170
MAX	0.885	0.498

##### Langkah 3 : Menentukan Nilai Indeks

Setelah nilai S dan R diperoleh, tahap berikutnya adalah menghitung nilai indeks VIKOR (Q) menggunakan Persamaan (10). Nilai Q merupakan ukuran solusi kompromi yang menggabungkan tingkat kelemahan keseluruhan (S) dan kelemahan terbesar (R) dari setiap alternatif. Contoh hasil perhitungan nilai indeks ditunjukkan sebagai berikut.

$$Q_1 = 0.5 \left( \frac{0.531 - 0.353}{0.885 - 0.353} \right) + 0.5 \left( \frac{0.422 - 0.170}{0.498 - 0.170} \right) = 0.551$$

$$Q_2 = 0.5 \left( \frac{0.613 - 0.353}{0.885 - 0.353} \right) + 0.5 \left( \frac{0.492 - 0.170}{0.498 - 0.170} \right) = 0.735$$

$$Q_3 = 0.5 \left( \frac{0.589 - 0.353}{0.885 - 0.353} \right) + 0.5 \left( \frac{0.202 - 0.170}{0.498 - 0.170} \right) = 0.271$$

....

$$Q_{12} = 0.5 \left( \frac{0.784 - 0.353}{0.885 - 0.353} \right) + 0.5 \left( \frac{0.395 - 0.170}{0.498 - 0.170} \right) = 0.748$$

Berikut Merupakan Nilai Indeks yang dihasilkan.

TABEL XII  
HASIL PERHITUNGAN NILAI INDEKS

Alternatif	Nilai Indeks
A1	0.551
A2	0.735
A3	0.271
A4	0.492
A5	0.97
A6	0.704
A7	0.988
A8	0.597
A9	0.971
A10	0.0
A11	0.531
A12	0.748

##### Langkah 4 : Hasil Perangkingan

Tahap perangkingan dilakukan dengan mengurutkan nilai indeks Q dari yang terkecil hingga terbesar, di mana alternatif dengan nilai Q paling kecil ditetapkan sebagai prioritas tertinggi lokasi SPKLU karena merepresentasikan solusi

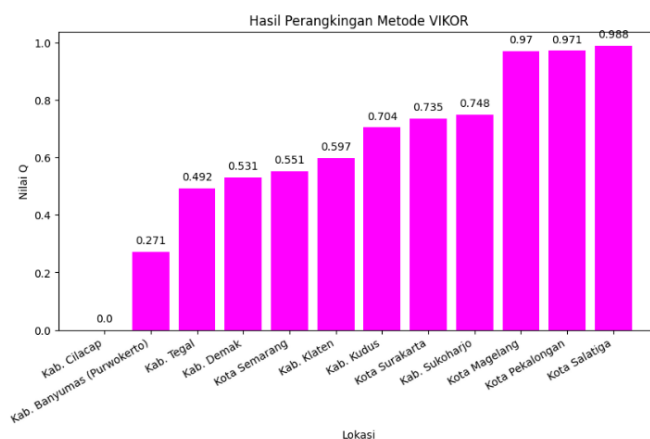
kompromi terbaik, sedangkan nilai  $Q$  yang lebih besar menunjukkan tingkat prioritas yang lebih rendah.

TABEL XIII  
HASIL PERANGKINGAN

Peringkat	Alternatif	Nilai Indeks	Nama Lokasi
1	A10	0.0	Kab.Cilacap
2	A3	0.271	Kab. Banyumas (Purwokerto)
3	A4	0.492	Kab. Tegal
4	A11	0.531	Kab. Demak
5	A1	0.551	Kota Semarang
6	A8	0.597	Kab. Klaten
7	A6	0.704	Kab. Kudus
8	A2	0.735	Kota Surakarta
9	A12	0.748	Kab. Sukoharjo
10	A5	0.97	Kota Magelang
11	A9	0.971	Kota Pekalongan
12	A7	0.988	Kota Salatiga

Berdasarkan hasil perangkingan menggunakan metode VIKOR sebagaimana disajikan pada Tabel XIII, Kabupaten Cilacap (A10) menempati peringkat pertama sebagai lokasi prioritas pembangunan SPKLU di Provinsi Jawa Tengah dengan nilai indeks  $Q$  terendah, yang menunjukkan solusi kompromi terbaik antara tingkat kelemahan agregat dan tingkat penyesalan maksimum. Posisi ini dipengaruhi oleh kombinasi kapasitas daya listrik yang relatif memadai, luas wilayah yang besar, serta aktivitas ekonomi yang berkembang, sehingga memberikan ruang pengembangan infrastruktur pengisian kendaraan listrik secara berkelanjutan. Peringkat kedua dan ketiga masing-masing ditempati oleh Kabupaten Banyumas (Purwokerto) dan Kabupaten Tegal, yang didukung oleh tingginya kepadatan kendaraan bermotor, peran sebagai pusat aktivitas ekonomi dan perdagangan regional, serta keseimbangan faktor teknis dan sosial ekonomi. Temuan ini mengindikasikan bahwa wilayah perkotaan dengan kepadatan kendaraan yang tinggi, kapasitas listrik yang mencukupi, dan aktivitas ekonomi yang signifikan memiliki tingkat urgensi lebih tinggi dalam pengembangan SPKLU. Hasil ini sejalan dengan arah kebijakan nasional percepatan adopsi kendaraan listrik dan dapat dimanfaatkan sebagai dasar perencanaan pemerintah daerah maupun pertimbangan investasi swasta dalam pemerataan pembangunan infrastruktur SPKLU di Jawa Tengah.

Grafik berikut menyajikan hasil analisis metode VIKOR dalam menentukan peringkat rekomendasi titik prioritas lokasi SPKLU di Provinsi Jawa Tengah.



Gambar 3. Visualisasi Hasil Perangkingan

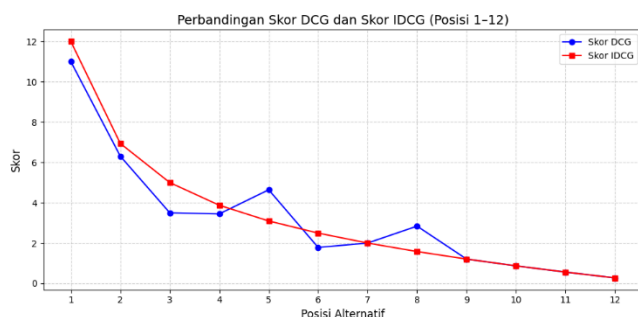
#### F. Uji Validitas dengan NDCG dan Spearman Rank Correlation.

Setelah diperoleh hasil pemeringkatan menggunakan metode VIKOR, tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian validitas untuk menilai konsistensi dan ketepatan peringkat yang dihasilkan. Ranking acuan diperoleh dari hasil kuesioner yang disebarakan kepada pengguna kendaraan listrik (mobil dan sepeda motor listrik) yang berdomisili dan beraktivitas di Provinsi Jawa Tengah, sehingga mencerminkan preferensi empiris pengguna aktual terhadap prioritas lokasi SPKLU. Kuesioner tersebut digunakan sebagai sumber ranking acuan untuk keperluan evaluatif dan tidak dimaksudkan untuk generalisasi statistik terhadap populasi pengguna kendaraan listrik secara keseluruhan. Pengujian ini menggunakan dua metode evaluasi, yaitu Normalized Discounted Cumulative Gain (NDCG) dan Spearman Rank Correlation. NDCG digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian urutan alternatif terhadap ranking acuan dengan mempertimbangkan tingkat relevansi dan posisi setiap alternatif, sedangkan Spearman Rank Correlation digunakan untuk mengukur tingkat keselarasan peringkat VIKOR dengan peringkat acuan berdasarkan hubungan monotonik. Kedua pendekatan ini memberikan penilaian yang komprehensif terhadap akurasi dan stabilitas hasil pemeringkatan, yang selanjutnya disajikan pada Tabel 14 berikut.

TABEL XIV  
HASIL PERANGKINGAN

Posisi	Alternatif (VIKOR)	Rank VIKOR	Rank Acuan	Relevansi	$\log_2(i+1)$	DCG	Alternatif Ideal	Relevansi Ideal	IDCG	NDCG
1	A10	1	2	11	1.000	11.000	A1	12	12.000	0.916
2	A3	2	3	10	1.585	6.309	A10	11	6.940	0.909
3	A4	3	6	7	2.000	3.500	A3	10	5.000	0.700
4	A11	4	5	8	2.322	3.445	A2	9	3.876	0.888
5	A1	5	1	12	2.585	4.642	A11	8	3.095	1.500
6	A8	6	8	5	2.807	1.781	A4	7	2.493	0.714
7	A6	7	7	6	3.000	2.000	A6	6	2.000	1.000
8	A2	8	4	9	3.170	2.839	A8	5	1.577	1.800
9	A12	9	9	4	3.322	1.204	A12	4	1.204	1.000
10	A5	10	10	3	3.459	0.867	A5	3	0.867	1.000
11	A9	11	11	2	3.585	0.558	A9	2	0.558	1.000
12	A7	12	12	1	3.700	0.270	A7	1	0.270	1.000
$\Sigma$					32.536	38.415			39.881	0.963

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai NDCG sebesar 0,963, yang menunjukkan tingkat kesesuaian yang tinggi antara hasil perankingan metode VIKOR dan ranking acuan. Nilai NDCG yang mendekati 1 mengindikasikan bahwa urutan prioritas lokasi SPKLU yang dihasilkan oleh metode VIKOR telah mencerminkan pola peringkat yang relevan dan konsisten dengan data acuan. Perbandingan antara nilai DCG dan IDCG secara visual ditunjukkan pada Gambar 3, yang memperlihatkan kedekatan pola kedua kurva sebagai indikator kualitas hasil pemeringkatan.



Gambar 4. Hasil Perbandingan Skor DCG dan Skor IDCG

Grafik tersebut memperlihatkan perbandingan antara skor Discounted Cumulative Gain (DCG) dan Ideal Discounted Cumulative Gain (IDCG) pada posisi alternatif 1 hingga 12. Hasil visualisasi menunjukkan bahwa pada posisi peringkat teratas, nilai DCG relatif mendekati nilai IDCG, yang menandakan bahwa metode VIKOR mampu menghasilkan urutan prioritas yang cukup selaras dengan kondisi ideal. Seiring bertambahnya posisi peringkat, terlihat adanya peningkatan selisih antara DCG dan IDCG, yang mengindikasikan penurunan tingkat relevansi alternatif terhadap urutan ideal. Pola ini menggambarkan bahwa akurasi pemeringkatan metode VIKOR lebih optimal pada alternatif dengan prioritas tinggi dibandingkan pada alternatif dengan prioritas rendah.

Untuk memperkuat evaluasi konsistensi hasil pemeringkatan, penelitian ini juga menerapkan Spearman Rank Correlation sebagai ukuran statistik hubungan antara ranking VIKOR dan ranking acuan. Analisis ini bertujuan menilai tingkat kesesuaian urutan alternatif secara monotonik, sehingga hasil pemeringkatan dapat dievaluasi tidak hanya secara posisi, tetapi juga secara hubungan peringkat keseluruhan. Hasil perhitungan Spearman Rank Correlation selengkapnya disajikan pada Tabel 15.

TABEL XV  
HASIL PERANGKINGAN

Alternatif	Rank VIKOR	Rank Acuan	$d_i$	$d^2$
A10	1	2	-1	1
A3	2	3	-1	1
A4	3	6	-3	9
A11	4	5	-1	1
A1	5	1	4	16
A8	6	8	-2	4
A6	7	7	0	0
A2	8	4	4	16
A12	9	9	0	0
A5	10	10	0	0
A9	11	11	0	0
A7	12	12	0	0
				48

Dari hasil perhitungan tersebut, nilai Spearman Rank Correlation dapat dihitung menggunakan rumus (15).

$$\rho = 1 - \frac{6(48)}{12(12^2 - 1)} = 0.832$$

Berdasarkan hasil perhitungan Spearman Rank Correlation, diperoleh nilai koefisien korelasi sebesar  $\rho = 0,832$ , yang menunjukkan adanya hubungan positif dengan tingkat kekuatan yang kuat antara peringkat yang dihasilkan oleh metode VIKOR dan peringkat acuan berbasis kuesioner. Nilai ini mengindikasikan bahwa secara umum urutan

prioritas yang dihasilkan oleh metode VIKOR memiliki tingkat keselarasan yang tinggi dengan persepsi responden terhadap prioritas lokasi SPKLU.

Meskipun demikian, masih terdapat perbedaan urutan pada beberapa alternatif. Perbedaan ini mencerminkan karakteristik metodologis yang berbeda antara kedua pendekatan. Metode VIKOR dengan bobot Entropy bersifat objektif secara matematis berdasarkan variasi data kuantitatif antarwilayah, sehingga sensitif terhadap perbedaan performa relatif setiap alternatif. Sementara itu, peringkat acuan yang diperoleh dari hasil kuesioner berbasis penilaian responden mengandung unsur subjektivitas dalam menilai tingkat kepentingan kriteria, yang dapat menghasilkan variasi urutan prioritas meskipun menggunakan kriteria yang sama. Dengan demikian, nilai korelasi Spearman yang tinggi menunjukkan bahwa hasil pemeringkatan metode Entropy-VIKOR memiliki konsistensi yang kuat dengan preferensi responden, sekaligus menegaskan bahwa perbedaan minor yang muncul merupakan konsekuensi wajar dari perbedaan sudut pandang antara pendekatan objektif berbasis data dan pendekatan subjektif berbasis preferensi. Dalam konteks pengambilan keputusan multikriteria yang kompleks, tingkat keselarasan ini menunjukkan bahwa metode Entropy-VIKOR mampu menghasilkan rekomendasi yang stabil, andal, dan relevan.

Hal ini diperkuat oleh nilai NDCG sebesar 0,963 yang menunjukkan tingkat kesesuaian yang sangat tinggi pada alternatif prioritas teratas. Kombinasi nilai NDCG dan Spearman Rank Correlation tersebut menegaskan bahwa metode Entropy-VIKOR tidak hanya konsisten secara matematis, tetapi juga selaras dengan peringkat acuan berbasis kuesioner yang merepresentasikan preferensi responden dalam penentuan lokasi prioritas SPKLU.

#### G. Implikasi Kebijakan

Hasil pemeringkatan lokasi Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) menggunakan metode Entropy-VIKOR memberikan implikasi kebijakan yang relevan bagi pengembangan infrastruktur kendaraan listrik di Provinsi Jawa Tengah. Bagi pemerintah daerah, hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai dasar penetapan lokasi prioritas SPKLU dalam dokumen perencanaan pembangunan daerah, seperti Rencana Kerja Pemerintah Daerah (RKPD) dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD), khususnya dalam alokasi anggaran, penentuan lokasi strategis, serta penguatan koordinasi dengan PLN. Bagi investor swasta dan operator SPKLU, hasil pemeringkatan ini menyediakan peta awal lokasi potensial yang memiliki keseimbangan antara kesiapan infrastruktur listrik, kepadatan pengguna, dan aktivitas ekonomi wilayah, sehingga dapat digunakan sebagai referensi awal dalam perencanaan dan studi kelayakan investasi. Selain itu, pendekatan ini selaras dengan roadmap nasional percepatan kendaraan listrik yang menekankan pemerataan pembangunan infrastruktur pengisian daya di luar kota metropolitan utama, sehingga

berpotensi mendukung implementasi kebijakan kendaraan listrik secara lebih efektif dan berkelanjutan di tingkat regional.

#### H. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil. Analisis dilakukan berdasarkan data sekunder Badan Pusat Statistik (BPS) dengan periode waktu yang tidak sepenuhnya seragam antar kriteria (2023-2024), sehingga pendekatan yang digunakan bersifat statis dan belum sepenuhnya merepresentasikan dinamika pertumbuhan kendaraan listrik di masa depan. Jumlah alternatif yang dianalisis juga terbatas pada 12 wilayah perkotaan akibat keterbatasan ketersediaan dan konsistensi data pada tingkat kabupaten/kota, sehingga generalisasi hasil untuk seluruh wilayah Provinsi Jawa Tengah perlu dilakukan secara hati-hati. Selain itu, penelitian ini belum memasukkan beberapa faktor penting lainnya, seperti kesiapan jaringan distribusi listrik, potensi pemanfaatan energi terbarukan, pola perjalanan harian masyarakat, serta ketersediaan lahan dan regulasi tata ruang, karena keterbatasan data kuantitatif yang seragam dan terukur. Dari sisi metodologis, meskipun metode Entropy digunakan untuk menghasilkan bobot kriteria secara objektif berbasis variasi data, pendekatan ini sensitif terhadap distribusi data yang timpang sehingga kriteria dengan variasi tinggi berpotensi memiliki bobot dominan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan alternatif, memperkaya kriteria, serta mengombinasikan pendekatan pembobotan objektif dan subjektif guna meningkatkan ketahanan dan generalisasi hasil pengambilan keputusan.

### IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan hybrid Entropy-VIKOR untuk menentukan bobot kriteria secara objektif dan memeringkat prioritas lokasi pembangunan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) di wilayah perkotaan Provinsi Jawa Tengah berdasarkan data statistik resmi periode 2023–2024. Hasil analisis menunjukkan bahwa Kabupaten Cilacap ( $Q = 0,000$ ), Kabupaten Banyumas (Purwokerto) ( $Q = 0,271$ ), dan Kabupaten Tegal ( $Q = 0,492$ ) merupakan wilayah dengan prioritas tertinggi dalam pengembangan SPKLU, sedangkan Kota Magelang, Kota Pekalongan, dan Kota Salatiga berada pada prioritas terendah. Validasi hasil pemeringkatan menggunakan Normalized Discounted Cumulative Gain (NDCG) menghasilkan nilai sebesar 0,963 yang menunjukkan tingkat kesesuaian yang sangat tinggi terhadap peringkat acuan, sementara nilai Spearman Rank Correlation sebesar  $\rho = 0,832$  mengindikasikan adanya hubungan positif dengan tingkat konsistensi yang kuat antara hasil pemeringkatan metode VIKOR dan peringkat preferensi yang diperoleh dari kuesioner pengguna kendaraan listrik (mobil dan sepeda motor listrik) di Provinsi Jawa Tengah. Temuan ini menunjukkan bahwa hasil pemeringkatan tidak hanya konsisten secara matematis, tetapi juga selaras dengan

persepsi pengguna aktual kendaraan listrik, sehingga pendekatan Entropy-VIKOR terbukti mampu menghasilkan rekomendasi prioritas lokasi SPKLU yang rasional, transparan, dan andal sebagai dasar pendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pemerataan infrastruktur kendaraan listrik di tingkat regional.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Electric Vehicle Outlook | BloombergNEF." Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://about.bnef.com/insights/clean-transport/electric-vehicle-outlook/>
- [2] "Global EV Outlook 2023 – Analysis - IEA." Accessed: Nov. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- [3] ESDM, "Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia," 2023.
- [4] A. R. HAKIM, "Analisis Penentuan Lokasi Spklu Dalam Mendukung Kebijakan K'Endaraan Listrik Bertenaga Baterai Di Wilayah Jawa Timur," Universitas Panca Marga Probolinggo, 2023. Accessed: Dec. 21, 2025. [Online]. Available: <http://repository.upm.ac.id/4827/>
- [5] I. P. Tama, O. Novareza, D. Hardiningtyas, R. Yuniarti, and N. F. Nuzula, "Potensi Masa Depan Elektrifikasi Kendaraan Bermotor di Indonesia: Sebuah Analisis Strategis Rantai Pasok," 2023, doi: 10.11594/UBPRESS9786232967663.
- [6] M. L. Souma, I. P. Hakim, R. N. Rizki, N. L. Fitriani, and M. Mushawir, "Dampak Electric Vehicle Terhadap Lingkungan Dan Ekonomi Berkelanjutan," *Jurnal Ekonomi Bisnis dan Kewirausahaan*, vol. 2, no. 4, pp. 12–18, 2025.
- [7] "Pertumbuhan Ekonomi Jawa Tengah 2024 4,95 Persen - Berita dan Siaran Pers - Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah," Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. Accessed: Dec. 21, 2025. [Online]. Available: <https://jateng.bps.go.id/id/news/2025/02/05/883/pertumbuhan-ekonomi-jawa-tengah-2024-4-95-persen.html>
- [8] M. M. Fahmi, "Minimnya SPKLU, Pasar Mobil Bensin di Jawa Tengah Masih Mendominasi - Suara Merdeka," *suara merdeka*, Feb. 27, 2025. Accessed: Dec. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.suaramerdeka.com/otomotif/0414642875/minimnya-spklu-pasar-mobil-bensin-di-jawa-tengah-masih-mendominasi>
- [9] I. C. P. Pratama, "Optimasi Lokasi Charging Station Kendaraan Listrik di Kota Yogyakarta menggunakan Metode Location Allocation," 2024, Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/53956>
- [10] Sriyono, F. L. Sarpanga Putri, and H. Fitriyah, "Decision Support System for Determining the Location of Public Electric Charging Stations (SPLU) with Machine Learning," *Jurnal Sistem Cerdas*, vol. 7, no. 2, pp. 163–174, Aug. 2024, doi: 10.37396/jsc.v7i2.437.
- [11] A. K. Raharja and M. Suef, "Study of location selection of public facilities using the AHP method (Case of Lamongan District BLK location selection)," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 562, no. 1, p. 012002, Sep. 2020, doi: 10.1088/1755-1315/562/1/012002.
- [12] Muh. Ilham, "Analisis Faktor-Faktor Dengan Multi-Criteria Decision Making Dalam Pemilihan Moda Transportasi Rute Kecamatan Sendana Menuju Pasar Sentral Majene," Universitas Sulawesi Barat, 2025.
- [13] P. Zofaisal Hamid, H. Sulistiani, and P. Koresponden, "Kombinasi Metode Pembobotan Entropy dan Multi-Attribute Utility Theory Dalam Penentuan Karyawan Terbaik," *JUSTINDO (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Indonesia)*, vol. 9, no. 2, pp. 121–132, Aug. 2024, doi: 10.32528/JUSTINDO.V9I2.1963.
- [14] R. Amanda and S. Leoni, "Systematic Literature Review: Penerapan VIKOR Dalam Sistem Pendukung Keputusan," *Journal of Information System and Education Development*, vol. 3, no. 2, pp. 35–40, Jun. 2025, doi: 10.62386/jised.v3i2.137.
- [15] Nectaria Putri Pramesti and Hariyanto Setiawan, "Pemetaan Penerapan Multi-Criteria Decision Making (MCDM) dalam Strategi Pemeliharaan di Sektor Industri dan Infrastruktur: Analisis Visual dengan VOSviewer," *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTeKS)*, vol. 2, no. 2, Jan. 2025, doi: 10.62603/konteks.v2i2.212.
- [16] H. Dong and K. Yang, "Application of the entropy-DEMATEL-VIKOR multicriteria decision-making method in public charging infrastructure," *PLoS One*, vol. 16, no. 10, p. e0258209, Oct. 2021, doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0258209.
- [17] R. Yan, Y. Han, H. Zhang, and C. Wei, "Location Selection of Electric Vehicle Charging Stations Through Employing the Spherical Fuzzy CoCoSo and CRITIC Technique," *Informatica*, vol. 35, no. 1, pp. 203–225, 2024, doi: 10.15388/24-INFOR545.
- [18] V. H. Saputra and T. Ardiansah, "Penerapan Combined Compromise Solution (CoCoSo) Method Dalam Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Modem," *Jurnal Ilmiah Computer Science*, vol. 1, no. 1, pp. 7–16, Jul. 2022, doi: 10.58602/jics.v1i1.2.
- [19] P. Thakur, A. Kaczynska, N. Gandotra, N. Saini, and W. Salabun, "The Application of the New Pythagorean Fuzzy Entropy to Decision-Making using Linguistic Terms," *Procedia Comput Sci*, vol. 207, pp. 4525–4534, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.PROCS.2022.09.516.
- [20] "Teori Entropi Informasi: Mengukur Ketidakpastian dalam Dunia yang Terhubung – Universitas Gadjah Mada," Universitas Gadjah Mada. Accessed: Dec. 22, 2025. [Online]. Available: <https://math.fmipa.ugm.ac.id/id/teori-entropi-informasi-mengukur-ketidakpastian-dalam-dunia-yang-terhubung/>
- [21] J. J. Thakkar, *ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR)*, vol. 336. Springer, Singapore, 2021. doi: 10.1007/978-981-33-4745-8\_8.
- [22] N. R. Antwo, S. Siswanto, and Y. Yupianti, "Penerapan Metode Vikor Dalam Rekomendasi Pemilihan Susu Gym Terbaik," *JOURNAL OF SCIENCE AND SOCIAL RESEARCH*, vol. 6, no. 3, pp. 789–795, Oct. 2023, doi: 10.54314/JSSR.V6I3.1446.
- [23] R. Akhsani, S. Prayoga, and A. A. Shavira, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Lokasi Gudang dengan Metode Vikor Pada PT. ABC," *SISFOTENIKA*, vol. 13, no. 2, pp. 151–161, Jul. 2023, doi: 10.30700/JST.V13I2.1409.
- [24] A. A. Sajidin, I. P. Windasari, and D. Eridani, "Decision Support System for Determining Small Dam Locations Using the Višekriterijumsko Kompromisno Rangiranje (VIKOR) Method," *Jurnal Terapan Teknologi Informasi*, vol. 7, no. 1, pp. 41–53, Apr. 2023, doi: 10.21460/JUTEL2023.71.233.
- [25] V. Al Fitriani, N. Budi Nugroho, D. Helsa Pane, S. Informasi, and S. Triguna Dharma, "Implementasi Metode Vikor Dalam Memilih Pemanen Buah Kelapa Sawit Terbaik," *JURNAL SISTEM INFORMASI TGD*, vol. 2, no. 2, pp. 284–293, Mar. 2023, [Online]. Available: <https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jsi>
- [26] A. Sinyo Andika Nasution, R. Farta Wijaya, A. Putera Utama Siahaan, M. Iqbal, Z. Sitorus, and M. agister Teknologi, "Komparasi Model Rating Factor Dan Vikor Dalam Pengambilan Keputusan Peluang Usaha Industri percetakan," *Jurnal SAINTIKOM (Jurnal Sains Manajemen Informatika dan Komputer)*, vol. 23, pp. 449–460, Aug. 2024, [Online]. Available: <https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jsi/index>
- [27] I. Darmawan, M. N. Arifin, U. Ubaidi, N. Ramadhani, and N. P. Dewi, "Algoritma Okapi Bm25 Dalam Sistem Pencarian Informasi Berbasis Teks," *Insand Comtech: Information Science and Computer Technology Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 30–37, May 2025, doi: 10.53712/IJC.V10I1.2649.
- [28] R. Yuniarti, H. Hartiani, and H. Harizahayu, "Pengaruh Distribusi Data Terhadap Hasil Uji Korelasi Studi Pada Uji Pearson Product Moment, Rank Spearman, dan Rank Kendall Tau," *UJMC (Unisda Journal of Mathematics and Computer Science)*, vol. 11, no. 1, pp. 9–16, Jun. 2025, doi: 10.52166/UJMC.V11I1.9439.