

Penerapan Metode TOPSIS dalam Pengambilan Keputusan Pemilihan Moda Transportasi Berkelanjutan untuk Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca

Galuh Pramita^{1,*}, Dedi Darwis²

¹Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Teknik Sipil, Universitas Teknokrat Indonesia, Bandar Lampung, Indonesia

²Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia, Bandar Lampung, Indonesia

Email: ^{1,*}galuh.pramita@teknokrat.ac.id, ²darwisdedi@teknokrat.ac.id

Email Penulis Korespondensi: galuh.pramita@teknokrat.ac.id

Submitted: 17/06/2024; Accepted: 25/06/2024; Published: 26/06/2024

Abstrak—Pemilihan moda transportasi berkelanjutan untuk pengurangan emisi gas rumah kaca merupakan aspek penting dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Dengan memilih moda transportasi yang ramah lingkungan, seperti transportasi publik, kendaraan listrik, sepeda, atau berbagi perjalanan, individu dan organisasi dapat berkontribusi secara signifikan pada pengurangan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh sektor transportasi. Tujuan penelitian dari aplikasi sistem pendukung keputusan dalam pemilihan moda transportasi berkelanjutan untuk pengurangan emisi gas rumah kaca adalah untuk menyediakan kerangka kerja yang terstruktur dan efektif dalam membantu individu dan organisasi dalam memilih alternatif moda transportasi yang paling sesuai dengan kebutuhan mereka sambil juga meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. SPK dapat menjadi alat yang sangat berguna dalam pemilihan moda transportasi berkelanjutan untuk pengurangan emisi gas rumah kaca. SPK dapat mengintegrasikan berbagai faktor seperti efisiensi energi, emisi gas rumah kaca, aksesibilitas infrastruktur, dan biaya untuk menentukan moda transportasi yang paling sesuai dengan kebutuhan dan preferensi pengguna. Hasil perankingan berdasarkan data penilaian responden untuk ranking 1 dengan nilai akhir sebesar 0,92974 dengan nama alternatif Sepeda, ranking 2 dengan nilai akhir sebesar 0,78159 dengan nama alternatif Transportasi Publik Berbasis Hidrogen, ranking 3 dengan nilai akhir sebesar 0,76089 dengan nama alternatif Transportasi Publik, dan ranking 4 dengan nilai akhir sebesar 0,15703 dengan nama alternatif Kendaraan Listrik. Hasil pengolahan data tanggapan responden berdasarkan 4 kriteria Model TRITAM maka didapatkan hasil *Trust* sebesar 76,25%, *Risk* sebesar 75%, *Perceived Usefulness* sebesar 93,96%, *Perceived Easy of Use* sebesar 82,92%. Dari keseluruhan kriteria Model TRITAM untuk penerimaan teknologi hasilnya sangat baik sebesar 84,17%.

Kata Kunci: Keputusan; Pemilihan; SPK; Transportasi; TRITAM

Abstract—The choice of sustainable modes of transportation for the reduction of greenhouse gas emissions is an important aspect in efforts to mitigate climate change. By choosing environmentally friendly modes of transportation, such as public transportation, electric vehicles, bicycles, or ride-sharing, individuals and organizations can contribute significantly to the reduction of greenhouse gas emissions produced by the transportation sector. The research objective of the application of decision support systems in the selection of sustainable modes of transportation for the reduction of greenhouse gas emissions is to provide a structured and effective framework in assisting individuals and organizations in choosing alternative modes of transportation that best suit their needs while also minimizing negative impacts on the environment. DSS can be a very useful tool in the selection of sustainable modes of transportation for the reduction of greenhouse gas emissions. DSS can integrate various factors such as energy efficiency, greenhouse gas emissions, infrastructure accessibility, and cost to determine the mode of transportation that best suits user needs and preferences. The ranking results are based on the respondents' assessment data for rank 1 with a final score of 0.92974 with an alternative name for Bicycles, rank 2 with a final score of 0.78159 with an alternative name for Hydrogen-Based Public Transportation, rank 3 with a final score of 0.76089 with an alternative name for Public Transportation, and rank 4 with a final score of 0.15703 with an alternative name for Electric Vehicles. The results of processing respondent response data based on 4 TRITAM Model criteria obtained Trust results of 76.25%, Risk of 75%, Perceived usefulness of 93.96%, Perceived easy of Use of 82.92%. Of the overall criteria of the TRITAM Model for technology acceptance, the result was very good at 84.17%.

Keywords: Decision; Election; DSS; Transportation; TRITAM

1. PENDAHULUAN

Moda transportasi berkelanjutan merupakan solusi yang penting dalam mengurangi emisi gas rumah kaca[1]–[3]. Dengan memprioritaskan transportasi publik yang ramah lingkungan seperti kereta api, bus listrik, dan transportasi berbasis pedal, kita dapat mengurangi jumlah kendaraan pribadi yang beroperasi di jalan raya. Selain itu, menggalakkan penggunaan kendaraan bermotor listrik atau bahan bakar alternatif dapat mengurangi emisi gas rumah kaca secara signifikan. Peningkatan infrastruktur untuk pejalan kaki dan sepeda juga dapat mendorong masyarakat untuk beralih ke moda transportasi yang lebih ramah lingkungan. Dengan langkah-langkah ini, kita dapat menciptakan sistem transportasi yang berkelanjutan dan mengurangi dampak negatif transportasi terhadap lingkungan. Selain itu, pengembangan transportasi berkelanjutan juga dapat memberikan manfaat ekonomi yang signifikan. Dengan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengadopsi teknologi hijau, kita dapat menciptakan lapangan kerja baru dalam industri yang berkelanjutan. Investasi dalam infrastruktur transportasi yang ramah lingkungan juga dapat meningkatkan aksesibilitas dan konektivitas, memperkuat perekonomian lokal, dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Dengan memanfaatkan moda transportasi berkelanjutan, kita dapat menciptakan sistem transportasi yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga ekonomis dan inklusif secara

sosial. Di samping manfaat ekonomi, moda transportasi berkelanjutan juga dapat memberikan dampak positif terhadap kesehatan masyarakat. Dengan mendorong orang untuk beralih ke transportasi aktif seperti berjalan kaki atau bersepeda, kita dapat meningkatkan tingkat aktivitas fisik dan mengurangi polusi udara, yang pada gilirannya dapat mengurangi risiko penyakit kronis seperti penyakit jantung dan gangguan pernapasan. Selain itu, dengan mengurangi kemacetan dan kepadatan lalu lintas, moda transportasi berkelanjutan juga dapat mengurangi stres dan risiko kecelakaan lalu lintas, menciptakan lingkungan yang lebih aman dan nyaman bagi masyarakat. Dengan mempromosikan moda transportasi berkelanjutan, kita dapat menciptakan masyarakat yang lebih sehat, berkelanjutan, dan berkualitas hidup tinggi[4], [5]. Pemilihan moda transportasi berkelanjutan untuk pengurangan emisi gas rumah kaca merupakan aspek penting dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Dengan memilih moda transportasi yang ramah lingkungan, seperti transportasi publik, kendaraan listrik, sepeda, atau berbagi perjalanan, individu dan organisasi dapat berkontribusi secara signifikan pada pengurangan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh sektor transportasi. Melalui keputusan yang cerdas dan kesadaran akan dampak lingkungan dari pilihan transportasi mereka, masyarakat dapat membantu mempromosikan mobilitas yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan, serta mendukung upaya global dalam memerangi perubahan iklim.

Pemilihan moda transportasi berkelanjutan untuk pengurangan emisi gas rumah kaca memerlukan pendekatan holistik yang mempertimbangkan berbagai faktor. Pemilihan moda transportasi berkelanjutan yang efektif dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan mendukung pembangunan berkelanjutan. Kesesuaian moda transportasi berkelanjutan dengan kebutuhan dan pola perjalanan masyarakat juga perlu dipertimbangkan. Moda transportasi yang dapat mengakomodasi berbagai tujuan perjalanan dan memiliki jaringan yang luas akan lebih diminati oleh masyarakat. Selain itu, faktor keamanan, kenyamanan, dan keandalan juga menjadi pertimbangan penting dalam pemilihan moda transportasi berkelanjutan. Dengan mempertimbangkan semua faktor ini secara komprehensif, pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya dapat merancang strategi yang efektif untuk mendorong penggunaan moda transportasi berkelanjutan dan mengurangi emisi gas rumah kaca secara signifikan.

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) adalah sebuah sistem komputer yang dirancang untuk membantu para pengambil keputusan dalam menyelesaikan masalah yang kompleks dengan menyediakan informasi, analisis, dan dukungan dalam proses pengambilan keputusan[6], [7]. Melalui penggunaan algoritma, model matematis, dan teknik analisis data, SPK mampu mengolah data yang kompleks menjadi informasi yang lebih mudah dimengerti dan berguna untuk memandu pengambilan keputusan yang efektif. Dengan menyediakan berbagai alternatif, evaluasi kriteria, dan solusi terbaik, SPK dapat membantu pengguna mengoptimalkan keputusan mereka dengan mempertimbangkan berbagai faktor yang relevan, baik itu dalam konteks bisnis, manajemen, maupun perencanaan strategis[8]–[10]. Dengan demikian, SPK telah menjadi alat yang tak ternilai dalam membantu para pengambil keputusan menghadapi tantangan kompleks dalam lingkungan yang cepat berubah dan kompetitif. SPK dapat menjadi alat yang sangat berguna dalam pemilihan moda transportasi berkelanjutan untuk pengurangan emisi gas rumah kaca. SPK dapat mengintegrasikan berbagai faktor seperti efisiensi energi, emisi gas rumah kaca, aksesibilitas infrastruktur, dan biaya untuk menentukan moda transportasi yang paling sesuai dengan kebutuhan dan preferensi pengguna. Dengan menggunakan data yang akurat dan teknik analisis yang tepat, SPK dapat membantu pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya dalam merencanakan dan mengimplementasikan kebijakan transportasi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. SPK juga dapat membantu mengidentifikasi potensi dampak dari kebijakan transportasi yang diusulkan, sehingga memungkinkan untuk melakukan simulasi dan analisis yang lebih baik terhadap skenario yang berbeda. Hal ini memungkinkan para pengambil keputusan untuk membuat keputusan yang lebih informasional dan efektif dalam memilih moda transportasi berkelanjutan yang dapat mengurangi emisi gas rumah kaca. Dengan demikian, penggunaan SPK dalam konteks ini dapat menjadi instrumen yang kuat dalam mencapai tujuan transportasi berkelanjutan yang lebih luas.

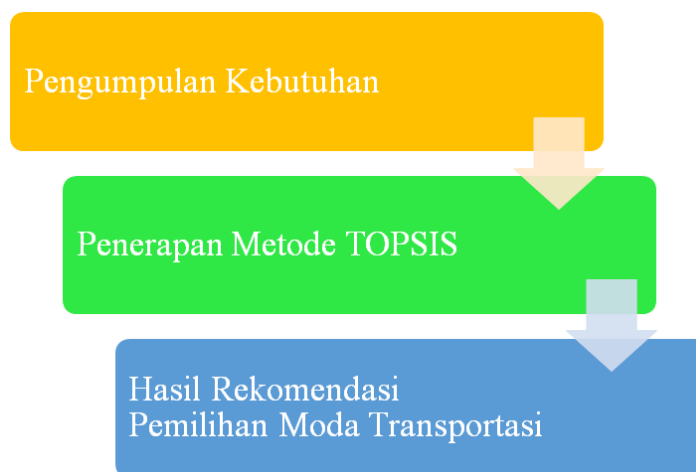
Metode TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) adalah salah satu metode dalam pengambilan keputusan multi-kriteria yang digunakan untuk memilih alternatif terbaik dari sejumlah kandidat berdasarkan jarak relatifnya terhadap solusi ideal dan solusi negatif[11]–[13]. Dalam metode ini, alternatif yang memiliki jarak terdekat dengan solusi ideal dan jarak terjauh dari solusi negatif akan dipilih sebagai alternatif terbaik. Proses ini melibatkan langkah-langkah seperti normalisasi matriks keputusan, pembobotan kriteria, perhitungan matriks solusi ideal dan solusi negatif, perhitungan jarak alternatif terhadap kedua solusi, dan pengurutan alternatif berdasarkan jarak tersebut[14]–[16]. Metode TOPSIS memberikan hasil yang intuitif dan mudah dipahami serta dapat diterapkan dalam berbagai konteks pengambilan keputusan, mulai dari pemilihan investasi hingga pemilihan moda transportasi berkelanjutan. Metode TOPSIS memberikan hasil yang intuitif dan mudah dipahami serta dapat diterapkan dalam berbagai konteks pengambilan keputusan, mulai dari pemilihan investasi hingga pemilihan moda transportasi berkelanjutan. Dengan mengidentifikasi solusi ideal dan solusi negatif, metode ini memungkinkan para pengambil keputusan untuk mengevaluasi setiap alternatif secara komprehensif, memperhitungkan sejumlah kriteria yang relevan dalam proses pengambilan keputusan. Selain itu, metode ini juga memperhitungkan bobot relatif dari setiap kriteria, sehingga memungkinkan untuk memberikan prioritas yang tepat sesuai dengan kepentingan masing-masing kriteria. Dengan demikian, Metode TOPSIS dapat menjadi alat yang berguna dalam membantu mengatasi kompleksitas dalam pengambilan keputusan multi-kriteria, memberikan kerangka kerja yang sistematis dan objektif untuk memilih alternatif yang paling sesuai dengan tujuan yang diinginkan.

Tujuan penelitian dari aplikasi sistem pendukung keputusan dalam pemilihan moda transportasi berkelanjutan untuk pengurangan emisi gas rumah kaca adalah untuk menyediakan kerangka kerja yang terstruktur dan efektif dalam membantu individu dan organisasi dalam memilih alternatif moda transportasi yang paling sesuai dengan kebutuhan mereka sambil juga meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Dengan memanfaatkan teknologi informasi dan data terkini, penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan kriteria penting seperti emisi gas rumah kaca, efisiensi energi, biaya operasional, dan ketersediaan infrastruktur dalam sebuah sistem yang dapat memberikan rekomendasi moda transportasi yang paling ramah lingkungan dan berkelanjutan. Penelitian ini membantu untuk mendukung upaya pengurangan emisi gas rumah kaca melalui penggunaan moda transportasi yang lebih berkelanjutan, serta mendorong kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam memilih opsi transportasi yang lebih ramah lingkungan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan serangkaian langkah yang sistematis dan terencana yang harus diikuti dalam proses penelitian untuk mencapai tujuan yang ditetapkan[17], [18]. Tahapan-tahapan ini mencakup studi literatur untuk memahami landasan teoritis, penetapan tujuan penelitian yang jelas, identifikasi variabel atau konsep yang relevan, perancangan metodologi penelitian, pengumpulan data, analisis data, interpretasi hasil, dan penyusunan laporan penelitian. Setiap tahapan memiliki peran penting dalam memandu dalam menjalankan penelitian secara efektif dan memastikan validitas dan reliabilitas hasil penelitian yang dihasilkan[19], [20]. Dengan mengikuti tahapan penelitian yang tepat, dapat menjaga kualitas dan integritas penelitian mereka serta memberikan kontribusi yang berarti dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Tahapan penelitian pada Gambar 1 merupakan proses penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan gambar 1 merupakan pemikiran kritis, perencanaan yang cermat, dan eksekusi yang teliti. Dengan memperhatikan tahapan penelitian dengan cermat, dapat memastikan bahwa penelitian mereka dilaksanakan dengan baik, sehingga menghasilkan kontribusi yang berarti dalam penelitian yang dilakukan.

2.2 Pengumpulan Kebutuhan

Pengumpulan kebutuhan merupakan tahap awal yang penting dalam merancang suatu proyek atau sistem. Tahap ini melibatkan pemahaman mendalam terhadap masalah yang ingin diselesaikan atau tujuan yang ingin dicapai. Dalam konteks pengembangan aplikasi Sistem Pendukung Keputusan (SPK) untuk pemilihan moda transportasi berkelanjutan, identifikasi kebutuhan melibatkan pemahaman terhadap tantangan dalam pemilihan moda transportasi, termasuk faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan pengguna seperti efisiensi energi, biaya operasional, dan dampak lingkungan. Dengan mengidentifikasi kebutuhan secara menyeluruh, pengembang dapat merancang dan mengembangkan aplikasi SPK yang dapat memenuhi kebutuhan pengguna dengan efektif dan efisien.

2.3 Penerapan Metode TOPSIS

Metode TOPSIS menggunakan pendekatan geometris dengan mengukur jarak antara alternatif dan solusi ideal positif serta solusi ideal negatif. Jarak ini mencerminkan sejauh mana suatu alternatif dapat memenuhi kriteria yang diinginkan dan sejauh mana ia dapat menghindari kriteria yang tidak diinginkan[21]. Selain itu, metode ini mengasumsikan bahwa bobot untuk setiap kriteria sudah diketahui dan dapat diukur dengan baik. Meskipun TOPSIS dapat memberikan solusi yang jelas dalam situasi dengan kriteria yang terdefinisi dengan baik, pengguna

perlu berhati-hati dalam menentukan bobot kriteria dan memastikan bahwa data input yang digunakan sesuai. Meskipun demikian, TOPSIS tetap menjadi salah satu alat yang berguna dalam mendukung pengambilan keputusan dengan menyederhanakan kompleksitas dalam mengevaluasi alternatif berdasarkan beberapa kriteria. Tahapan yang dilakukan dalam penyelesaian masalah menggunakan metode TOPSIS antara lain tahapan pertama membuat rating kinerja setiap alternatif pada setiap kriteria yang ternormalisasi dengan menggunakan rumus, yaitu:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (1)$$

Tahapan kedua melakukan perkalian ini untuk membentuk matrik Y, dapat ditentukan berdasarkan ranking bobot ternormalisasi dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Y_{ij} = w_i r_{ij} \quad (2)$$

Tahapan ketiga menentukan matriks solusi ideal positif dan matriks solusi ideal negatif dengan rumus sebagai berikut.

$$y_j^+ = \begin{cases} \max_i y_{ij} ; \text{jika } j \text{ merupakan atribut benefit} \\ \min_i y_{ij} ; \text{jika } j \text{ merupakan atribut cost} \end{cases} \quad (3)$$

$$y_j^- = \begin{cases} \min_i y_{ij} ; \text{jika } j \text{ merupakan atribut benefit} \\ \max_i y_{ij} ; \text{jika } j \text{ merupakan atribut cost} \end{cases} \quad (4)$$

Tahapan keempat menentukan jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif dengan rumus sebagai berikut

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_i^+ - y_{ij})^2} \quad (5)$$

Menentukan jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal negatif dengan rumus sebagai berikut

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_i^-)^2} \quad (6)$$

Tahapan kelima menentukan nilai preferensi untuk setiap alternatif diberikan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \quad (7)$$

2.4 Hasil Rekomendasi Pemilihan Moda Transportasi

Hasil penelitian dari pengembangan aplikasi SPK untuk pemilihan moda transportasi berkelanjutan untuk pengurangan emisi gas rumah kaca diharapkan akan memberikan kontribusi yang berharga dalam dua aspek utama. Pertama, aplikasi SPK diharapkan mampu memberikan rekomendasi moda transportasi yang paling berkelanjutan dan sesuai dengan preferensi pengguna berdasarkan analisis data yang komprehensif. Ini akan membantu individu dan organisasi untuk membuat keputusan yang lebih baik dan lebih terinformasi dalam memilih alternatif transportasi yang ramah lingkungan. Kedua, hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam penggunaan moda transportasi berkelanjutan, serta mempromosikan keberlanjutan lingkungan melalui pengurangan emisi gas rumah kaca dari sektor transportasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam upaya global untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan (SPK) dalam pemilihan moda transportasi berkelanjutan untuk pengurangan emisi gas rumah kaca bertujuan untuk memberikan solusi yang tepat bagi individu dan organisasi dalam memilih alternatif transportasi yang ramah lingkungan. Melalui integrasi data terkini tentang emisi gas, efisiensi energi, biaya operasional, dan preferensi pengguna, aplikasi ini akan menyediakan rekomendasi moda transportasi yang paling sesuai dengan kebutuhan dan nilai lingkungan pengguna. Dengan fitur interaktif dan antarmuka yang mudah digunakan, pengguna dapat memasukkan preferensi mereka, seperti jarak perjalanan, waktu tempuh, atau tingkat kenyamanan, dan menerima rekomendasi yang dipersonalisasi dan berbasis data. Aplikasi SPK ini diharapkan dapat menjadi alat yang efektif dalam membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor transportasi, serta mendorong penggunaan moda transportasi berkelanjutan untuk mendukung keberlanjutan lingkungan.

3.1 Pengumpulan Kebutuhan

Proses pengumpulan kebutuhan untuk pengembangan aplikasi Sistem Pendukung Keputusan (SPK) dalam pemilihan moda transportasi berkelanjutan untuk pengurangan emisi gas rumah kaca dimulai dengan studi literatur yang menyeluruh untuk memahami tren dan tantangan dalam mobilitas berkelanjutan. Selanjutnya, dilakukan serangkaian wawancara dengan pemangku kepentingan seperti pengguna transportasi, ahli lingkungan, dan penyedia layanan transportasi untuk mengidentifikasi kebutuhan, preferensi, dan masalah yang dihadapi dalam memilih moda transportasi berkelanjutan. Data yang diperoleh dari wawancara tersebut kemudian didukung oleh survei atau kuesioner yang disebar kepada kelompok responden yang lebih luas untuk mengonfirmasi temuan dan mendapatkan gambaran yang lebih holistik. Melalui analisis mendalam terhadap data yang terkumpul, termasuk pola-pola umum dan kebutuhan khusus pengguna, pengembang dapat memastikan bahwa aplikasi SPK yang dikembangkan dapat memenuhi kebutuhan dan ekspektasi pengguna dengan baik. Tabel 1 merupakan hasil pengumpulan kebutuhan data kriteria yang digunakan.

Tabel 1. Data Kriteria

Nama Kriteria	Jenis Kriteria	Bobot Kriteria
Biaya Operasional	<i>Cost</i>	0,3
Ketersediaan Infrastruktur	<i>Benefit</i>	0,2
Dampak Sosial	<i>Benefit</i>	0,05
Waktu Tempuh	<i>Cost</i>	0,2
Keamanan	<i>Benefit</i>	0,15
Kenyamanan	<i>Benefit</i>	0,1

Data kriteria tabel 1 merupakan hasil pengumpulan kebutuhan dengan menggunakan wawancara kepada ahli transportasi dalam menentukan kriteria yang digunakan.

Data alternatif yang diperlukan untuk pengembangan aplikasi Sistem Pendukung Keputusan (SPK) dalam pemilihan moda transportasi berkelanjutan adalah informasi yang terkait dengan berbagai jenis moda transportasi yang tersedia. Dengan mengumpulkan data alternatif yang komprehensif dan akurat, aplikasi SPK dapat memberikan rekomendasi transportasi yang lebih tepat dan efektif bagi pengguna, serta membantu dalam mempromosikan mobilitas yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Tabel 2 merupakan hasil pengumpulan kebutuhan data penilaian alternatif dari responden 1 terhadap kriteria yang digunakan.

Tabel 2. Data Penilaian Alternatif

Nama Alternatif	Biaya Operasional	Ketersediaan Infrastruktur	Dampak Sosial	Waktu Tempuh	Keamanan	Kenyamanan
Transportasi Publik	5000	5	4	30	5	4
Kendaraan Listrik	25000	4	3	20	4	5
Sepeda	2000	5	5	15	4	4
Transportasi Publik Berbasis Hidrogen	3500	3	3	25	4	4

Data penilaian alternatif tabel 2 merupakan hasil pengumpulan kebutuhan dengan menggunakan kuisisioner kepada pengguna dalam melakukan penilaian alternatif.

3.2 Penerapan Metode TOPSIS Dalam Pemilihan Moda Transportasi

Proses pengumpulan kebutuhan untuk pengembangan aplikasi Sistem Pendukung Keputusan (SPK) dalam pemilihan moda transportasi berkelanjutan untuk pengurangan emisi gas rumah kaca dimulai dengan studi literatur yang menyeluruh untuk memahami tren dan tantangan dalam mobilitas berkelanjutan. Selanjutnya, dilakukan serangkaian wawancara dengan pemangku kepentingan seperti pengguna transportasi, ahli lingkungan, dan penyedia layanan transportasi untuk mengidentifikasi kebutuhan, preferensi, dan masalah yang dihadapi dalam memilih moda transportasi berkelanjutan. Data yang diperoleh dari wawancara tersebut kemudian didukung oleh

Tahapan yang dilakukan dalam penyelesaian masalah menggunakan metode TOPSIS antara lain tahapan pertama membuat rating kinerja setiap alternatif pada setiap kriteria yang ternormalisasi dengan menggunakan (1).

$$r_{11} = \frac{x_{11}}{\sqrt{x_{11}^2 + x_{12}^2 + x_{13}^2 + x_{14}^2}}$$

$$r_{11} = \frac{5000}{\sqrt{5000^2 + 25000^2 + 2000^2 + 3500^2}}$$

$$r_{11} = \frac{5000}{25811,819} = 0,19371$$

Tabel 3 merupakan hasil perhitungan normalisasi setiap kriteria.

Tabel 3. Data Normalisasi

Nama Alternatif	Biaya Operasional	Ketersediaan Infrastruktur	Dampak Sosial	Waktu Tempuh	Keamanan	Kenyamanan
Transportasi Publik	0,19371	0,57735	0,52076	0,64700	0,58521	0,46816
Kendaraan Listrik	0,96855	0,46188	0,39057	0,43133	0,46816	0,58521
Sepeda	0,07748	0,57735	0,65094	0,32350	0,46816	0,46816
Transportasi Publik Berbasis Hidrogen	0,13560	0,34641	0,39057	0,53916	0,46816	0,46816

Tahapan selanjutnya menggunakan metode TOPSIS menghitung bobot ternormalisasi dengan menggunakan (2).

$$Y_{11} = w_1 * x_{11} = 0,3 * 0,19371 = 0,05811$$

Tabel 3 merupakan hasil perhitungan bobot ternormalisasi.

Tabel 3. Bobot ternormalisasi

Nama Alternatif	Biaya Operasional	Ketersediaan Infrastruktur	Dampak Sosial	Waktu Tempuh	Keamanan	Kenyamanan
Transportasi Publik	0,05811	0,11547	0,02604	0,12940	0,08778	0,04682
Kendaraan Listrik	0,29056	0,09238	0,01953	0,08627	0,07022	0,05852
Sepeda	0,02325	0,11547	0,03255	0,06470	0,07022	0,04682
Transportasi Publik Berbasis Hidrogen	0,04068	0,06928	0,01953	0,10783	0,07022	0,04682

Tahapan selanjutnya menggunakan metode TOPSIS menghitung matriks solusi ideal positif dan matriks solusi ideal negatif dengan menggunakan (3) dan (4), hasil matriks solusi ideal positif dan matriks solusi ideal negatif pada tabel 4.

Tabel 4. Matriks Solusi Ideal

	Biaya Operasional	Ketersediaan Infrastruktur	Dampak Sosial	Waktu Tempuh	Keamanan	Kenyamanan
Y^+	0,02325	0,11547	0,03255	0,06470	0,08778	0,05852
Y^-	0,29056	0,06928	0,01953	0,12940	0,07022	0,04682

Tahapan selanjutnya menggunakan metode TOPSIS menghitung jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif dan negatif dengan menggunakan (5) dan (6), hasil jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif dan negatif pada tabel 5.

Tabel 5. Jarak Alternatif Dengan Solusi Ideal Positif dan Negatif

Nama Alternatif	D^+	D^-
Transportasi Publik	0,07471	0,23773
Kendaraan Listrik	0,27007	0,05031
Sepeda	0,02110	0,27919
Transportasi Publik Berbasis Hidrogen	0,07009	0,25081

Tahapan terakhir menentukan nilai preferensi untuk setiap alternatif diberikan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$V_1 = \frac{D_1^-}{D_1^- + D_1^+} = \frac{0,23773}{0,23773 + 0,07471} = 0,76089$$

$$V_2 = \frac{D_2^-}{D_2^- + D_2^+} = \frac{0,05031}{0,05031 + 0,27007} = 0,15703$$

$$V_3 = \frac{D_3^-}{D_3^- + D_3^+} = \frac{0,27919}{0,27919 + 0,02110} = 0,92974$$

$$V_4 = \frac{D_4^-}{D_4^- + D_4^+} = \frac{0,25081}{0,25081 + 0,07009} = 0,78159$$

Hasil perbandingan dalam penerapan Metode TOPSIS untuk pemilihan moda transportasi berkelanjutan akan menghasilkan urutan moda transportasi yang paling optimal berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Setiap

moda transportasi akan diberikan skor relatif berdasarkan jarak Euclidean mereka terhadap solusi ideal dan solusi negatif. Moda transportasi yang memiliki jarak terdekat dengan solusi ideal dan jarak terjauh dari solusi negatif akan memiliki peringkat tertinggi dalam perbandingan. Tabel 6 merupakan hasil perbandingan berdasarkan data penilaian dari responden 1.

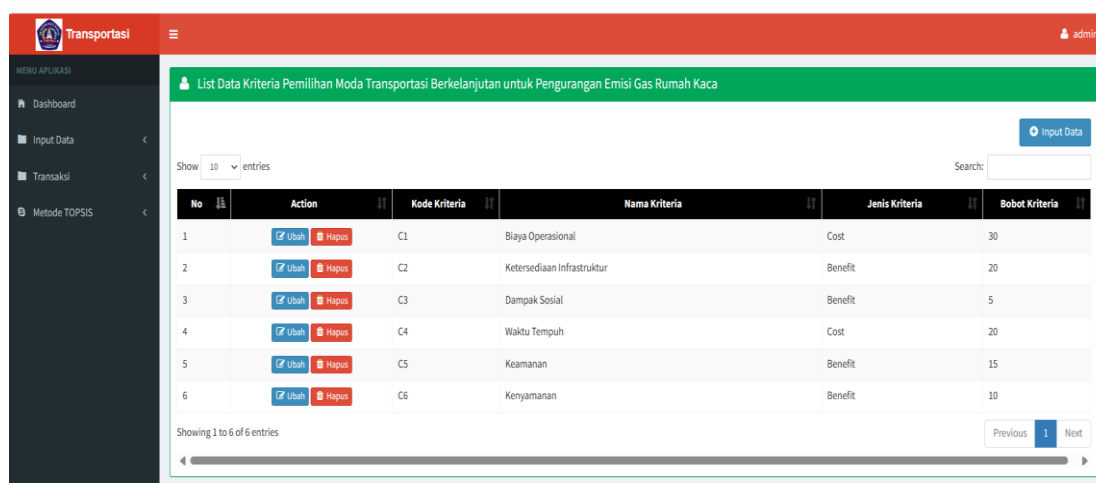
Tabel 6. Perbandingan Hasil Penilaian Responden 1

Nama Alternatif	Nilai Akhir	Rangking
Sepeda	0,92974	1
Transportasi Publik Berbasis Hidrogen	0,78159	2
Transportasi Publik	0,76089	3
Kendaraan Listrik	0,15703	4

Hasil perbandingan berdasarkan data penilaian responden 1 pada tabel 6 menunjukkan rangking 1 dengan nilai akhir sebesar 0,92974 dengan nama alternatif Sepeda, rangking 2 dengan nilai akhir sebesar 0,78159 dengan nama alternatif Transportasi Publik Berbasis Hidrogen, rangking 3 dengan nilai akhir sebesar 0,76089 dengan nama alternatif Transportasi Publik, dan rangking 4 dengan nilai akhir sebesar 0,15703 dengan nama alternatif Kendaraan Listrik.

3.3 Aplikasi Pemilihan Moda Transportasi Menggunakan Metode TOPSIS

Aplikasi pemilihan moda transportasi menggunakan Metode TOPSIS memberikan solusi yang canggih dan terukur bagi pengguna dalam memilih moda transportasi yang optimal. Dengan memanfaatkan data terkini tentang berbagai aspek moda transportasi, seperti efisiensi energi, biaya operasional, dan dampak lingkungan, aplikasi ini menghadirkan rekomendasi yang terperinci dan disesuaikan dengan preferensi pengguna. Metode TOPSIS memungkinkan aplikasi untuk menghasilkan peringkat moda transportasi berdasarkan kesesuaian dengan kriteria yang ditentukan pengguna, sehingga memudahkan pengguna dalam membuat keputusan yang tepat dan berbasis data. Aplikasi ini juga memberikan pengguna pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan moda transportasi. Dengan analisis mendalam yang disediakan oleh Metode TOPSIS, pengguna dapat melihat secara langsung bagaimana setiap moda transportasi memenuhi atau tidak memenuhi kriteria yang mereka tentukan. Hal ini membantu pengguna untuk membuat keputusan yang lebih terinformasi dan mempertimbangkan secara holistik tentang dampak dari pilihan transportasi mereka terhadap lingkungan. Dengan demikian, aplikasi ini tidak hanya bertindak sebagai alat praktis untuk memilih moda transportasi, tetapi juga sebagai sumber pengetahuan yang bernilai untuk meningkatkan kesadaran pengguna tentang mobilitas berkelanjutan dan pentingnya pengurangan emisi gas rumah kaca. Tampilan Gambar 2 merupakan tampilan data kriteria yang ada pada aplikasi pemilihan moda transportasi.

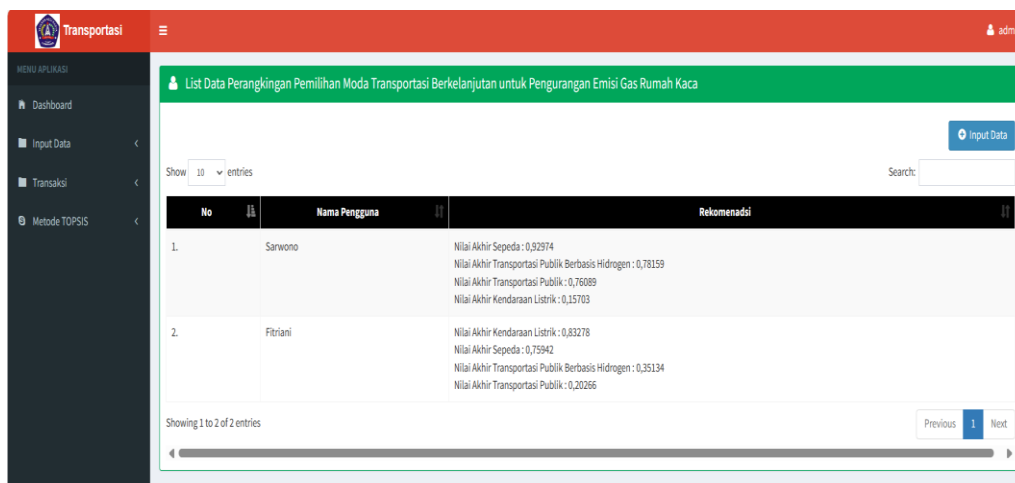


No	Action	Kode Kriteria	Nama Kriteria	Jenis Kriteria	Bobot Kriteria
1	Ubah Hapus	C1	Biaya Operasional	Cost	30
2	Ubah Hapus	C2	Ketersediaan Infrastruktur	Benefit	20
3	Ubah Hapus	C3	Dampak Sosial	Benefit	5
4	Ubah Hapus	C4	Waktu Tempuh	Cost	20
5	Ubah Hapus	C5	Keamanan	Benefit	15
6	Ubah Hapus	C6	Kenyamanan	Benefit	10

Gambar 2. Menu Data Kriteria

Menu data kriteria gambar 2 pada aplikasi pemilihan moda transportasi menggunakan Metode TOPSIS menyediakan pengguna dengan kemampuan untuk menentukan kriteria evaluasi yang ingin mereka pertimbangkan dalam proses pemilihan moda transportasi. Pengguna dapat menambahkan, mengedit, atau menghapus kriteria sesuai dengan preferensi mereka dan kebutuhan spesifik mereka. Setiap kriteria dapat memiliki bobot yang berbeda sesuai dengan tingkat pentingnya dalam pengambilan keputusan.

Tampilan Gambar 3 merupakan tampilan data hasil rekomendasi berdasarkan penilaian dari pengguna yang ada pada aplikasi pemilihan moda transportasi.



No	Nama Pengguna	Rekomendasi
1.	Sarwono	Nilai Akhir Sepeda : 0,92974 Nilai Akhir Transportasi Publik Berbasis Hidrogen : 0,78159 Nilai Akhir Transportasi Publik : 0,76089 Nilai Akhir Kendaraan Listrik : 0,15703
2.	Fitriani	Nilai Akhir Kendaraan Listrik : 0,83278 Nilai Akhir Sepeda : 0,75942 Nilai Akhir Transportasi Publik Berbasis Hidrogen : 0,35134 Nilai Akhir Transportasi Publik : 0,20266

Gambar 2. Hasil Rekomendasi Pemilihan Moda Transportasi

Hasil rekomendasi pemilihan moda transportasi yang dihasilkan oleh aplikasi menggunakan Metode TOPSIS akan disajikan kepada pengguna dalam bentuk peringkat atau daftar alternatif moda transportasi yang paling sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Setiap moda transportasi akan memiliki skor relatif yang mencerminkan tingkat kesesuaian mereka dengan preferensi pengguna berdasarkan kriteria yang dipertimbangkan. Moda transportasi yang mendapatkan skor tertinggi akan dianggap sebagai rekomendasi teratas, sementara yang mendapatkan skor lebih rendah akan berada di bawahnya. Pengguna dapat melihat informasi detail tentang setiap rekomendasi, termasuk analisis terkait dengan kriteria evaluasi yang dipilih dan faktor-faktor lain yang relevan. Hasil rekomendasi ini memberikan panduan yang jelas dan terukur bagi pengguna dalam memilih moda transportasi yang paling sesuai dengan kebutuhan dan preferensi mereka, serta membantu mereka untuk melakukan perjalanan dengan lebih efisien dan berkelanjutan.

3.4 Pengujian Sistem Menggunakan *Trust and Risk Technology Acceptance Model*

Pengujian sistem menggunakan *Trust and Risk Technology Acceptance Model* (TRITAM) adalah pendekatan yang berfokus pada kepercayaan dan risiko yang dirasakan pengguna terhadap aplikasi pemilihan moda transportasi. Model ini mengevaluasi tingkat kepercayaan pengguna terhadap keandalan, keamanan, dan kualitas informasi yang diberikan oleh aplikasi, serta tingkat risiko yang dirasakan terkait dengan penggunaan teknologi tersebut. Melalui pengukuran variabel-variabel seperti kepercayaan, risiko, persepsi manfaat, dan persepsi kemudahan penggunaan, TRITAM memungkinkan pengujian sistem untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana pengguna mengadopsi dan menerima aplikasi pemilihan moda transportasi. Dengan memahami faktor-faktor psikologis dan sosial yang mempengaruhi penerimaan teknologi, pengujian sistem menggunakan TRITAM dapat membantu mengidentifikasi area-area yang perlu diperbaiki atau ditingkatkan dalam aplikasi guna meningkatkan tingkat adopsi dan kepuasan pengguna.

Pengujian sistem menggunakan TRITAM memberikan gambaran yang komprehensif tentang bagaimana pengguna menilai keandalan dan kegunaan aplikasi, serta bagaimana mereka mengelola risiko yang terkait dengan penggunaannya[22]. Dengan memperhatikan aspek-aspek ini, pengembang dapat menyesuaikan desain dan fitur-fitur aplikasi untuk meningkatkan tingkat kepercayaan dan meredakan risiko yang dirasakan oleh pengguna. Selain itu, pengujian sistem menggunakan TRITAM juga membantu dalam membangun fondasi yang kuat untuk adopsi teknologi yang berkelanjutan dan berkesinambungan, dengan memastikan bahwa aplikasi pemilihan moda transportasi tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga diterima dengan baik oleh pengguna. Penggunaan TRITAM dalam pengujian sistem menjadi kunci untuk memastikan kesuksesan dan penerimaan aplikasi pemilihan moda transportasi berkelanjutan. Tabel 7 merupakan hasil pengujian menggunakan TRITAM.

Tabel 7. Hasil Pengujian Sistem Menggunakan TRITAM

Aspek Pengujian	Skor Aktual	Skor Ideal	% Skor Total	Kriteria
<i>Trust</i>	183	240	76,25	Baik
<i>Risk</i>	180	240	75	Baik
<i>Perceived Usefulness</i>	451	480	93,96	Sangat Baik
<i>Perceived Easy of Use</i>	398	480	82,92	Sangat Baik
Total	1212	1440	84,17	Sangat Baik

Hasil pengolahan data tanggapan responden sebanyak 16 responden tabel 7 dengan berdasarkan 4 kriteria Model TRITAM maka didapatkan hasil *Trust* sebesar 76,25%, *Risk* sebesar 75%, *Perceived Usefulness* sebesar 93,96%, *Perceived Easy of Use* sebesar 82,92%. Dari keseluruhan kriteria Model TRITAM untuk penerimaan teknologi hasilnya sangat baik sebesar 84,17%.

4. KESIMPULAN

Tujuan penelitian dari aplikasi sistem pendukung keputusan dalam pemilihan moda transportasi berkelanjutan untuk pengurangan emisi gas rumah kaca adalah untuk menyediakan kerangka kerja yang terstruktur dan efektif dalam membantu individu dan organisasi dalam memilih alternatif moda transportasi yang paling sesuai dengan kebutuhan mereka sambil juga meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. SPK dapat menjadi alat yang sangat berguna dalam pemilihan moda transportasi berkelanjutan untuk pengurangan emisi gas rumah kaca. SPK dapat mengintegrasikan berbagai faktor seperti efisiensi energi, emisi gas rumah kaca, aksesibilitas infrastruktur, dan biaya untuk menentukan moda transportasi yang paling sesuai dengan kebutuhan dan preferensi pengguna. Hasil pengolahan data tanggapan responden berdasarkan 4 kriteria Model TRITAM maka didapatkan hasil *Trust* sebesar 76,25%, *Risk* sebesar 75%, *Perceived Usefulness* sebesar 93,96%, *Perceived Easy of Use* sebesar 82,92%. Dari keseluruhan kriteria Model TRITAM untuk penerimaan teknologi hasilnya sangat baik sebesar 84,17%.

REFERENCES

- [1] A. Jaworski, M. Mądziel, and H. Kuszewski, "Sustainable Public Transport Strategies—Decomposition of the Bus Fleet and Its Influence on the Decrease in Greenhouse Gas Emissions," *Energies*, vol. 15, no. 6, p. 2238, Mar. 2022, doi: 10.3390/en15062238.
- [2] Y. Kazancoglu, M. Ozbiltekin-Pala, and Y. D. Ozkan-Ozen, "Prediction and evaluation of greenhouse gas emissions for sustainable road transport within Europe," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 70, p. 102924, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.scs.2021.102924.
- [3] K. J. Shah *et al.*, "Green transportation for sustainability: Review of current barriers, strategies, and innovative technologies," *J. Clean. Prod.*, vol. 326, p. 129392, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.129392.
- [4] Z. Islam Rony *et al.*, "Alternative fuels to reduce greenhouse gas emissions from marine transport and promote UN sustainable development goals," *Fuel*, vol. 338, p. 127220, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.fuel.2022.127220.
- [5] M. Espinosa Valderrama, Á. I. Cadena Monroy, and E. Behrentz, "Challenges in greenhouse gas mitigation in developing countries: A case study of the Colombian transport sector," *Energy Policy*, vol. 124, pp. 111–122, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2018.09.039.
- [6] H. Sulistiani, Setiawansyah, P. Palupiningsih, F. Hamidy, P. L. Sari, and Y. Khairunnisa, "Employee Performance Evaluation Using Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) with PIPRECIA-S Weighting: A Case Study in Education Institution," in *2023 International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Informations System (ICIMCIS)*, 2023, pp. 369–373. doi: 10.1109/ICIMCIS60089.2023.10349017.
- [7] Setiawansyah, A. A. Aldino, P. Palupiningsih, G. F. Laxmi, E. D. Mega, and I. Septiana, "Determining Best Graduates Using TOPSIS with Surrogate Weighting Procedures Approach," in *2023 International Conference on Networking, Electrical Engineering, Computer Science, and Technology (IConNECT)*, 2023, pp. 60–64. doi: 10.1109/IConNECT56593.2023.10327119.
- [8] D. L. Olson, D. Delen, and Y. Meng, "Comparative analysis of data mining methods for bankruptcy prediction," *Decis. Support Syst.*, vol. 52, no. 2, pp. 464–473, 2012.
- [9] I. M. Jiskani, Q. Cai, W. Zhou, X. Lu, and S. A. A. Shah, "An integrated fuzzy decision support system for analyzing challenges and pathways to promote green and climate smart mining," *Expert Syst. Appl.*, vol. 188, p. 116062, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116062>.
- [10] V. Komasilovs, R. Mills, A. Kviesis, F. Mondada, and A. Zacepins, "Architecture of a decentralised decision support system for futuristic beehives," *Biosyst. Eng.*, vol. 240, pp. 56–61, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2024.02.017.
- [11] L. G. Ramón-Canul *et al.*, "Technique for order of preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) method for the generation of external preference mapping using rapid sensometric techniques," *J. Sci. Food Agric.*, vol. 101, no. 8, pp. 3298–3307, 2021.
- [12] Irfan, Amil A. Ilham, Imran Taufik, and D. Suarna, "Sistem Rekomendasi Penentuan Titik Usaha Kafe Menggunakan Data Spasial dan Algoritma Topsis," *Bull. Inf. Technol.*, vol. 4, no. 3, pp. 400–407, Sep. 2023, doi: 10.47065/bit.v4i3.918.
- [13] R. T. Aldisa, "Penerapan Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) Dalam Pemilihan Kepala Laboratorium Menggunakan Pembobotan Rank Order Centroid (ROC)," *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 4, no. 4, 2023.
- [14] H. Komasi, S. H. Zolfani, and A. Nemati, "Evaluation of the social-cultural competitiveness of cities based on sustainable development approach," *Decis. Mak. Appl. Manag. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 583–602, Apr. 2023, doi: 10.31181/dmame06012023k.
- [15] S. Chatterjee and S. Chakraborty, "A study on the effects of objective weighting methods on TOPSIS-based parametric optimization of non-traditional machining processes," *Decis. Anal. J.*, vol. 11, p. 100451, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.dajour.2024.100451.
- [16] E. Aydoğdu, E. Güner, B. Aldemir, and H. Aygün, "Complex spherical fuzzy TOPSIS based on entropy," *Expert Syst. Appl.*, vol. 215, p. 119331, 2023.
- [17] M. W. Arshad, S. Setiawansyah, and S. Sintaro, "Comparative Analysis of the Combination of MOORA and GRA with PIPRECIA Weighting in the Selection of Warehouse Heads," *BEES Bull. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 112–122, Mar. 2024, doi: 10.47065/bees.v4i3.4922.
- [18] Y. Laia, M. Mesran, I. G. I. Sudipa, D. S. Putra, P. Rosyani, and R. Aryanti, "Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kinerja Tenaga Honorer Menerapkan Metode Weighted Product (WP) dan Complex Proportional Assessment (COPRAS) dengan Kombinasi Pembobotan Rank Order Centroid (ROC)," *Bull. Informatics Data Sci.*, vol. 2, no. 1, p. 19, May 2023, doi: 10.61944/bids.v2i1.60.
- [19] A. D. Amanda, F. N. Arieni, and A. P. Windarto, "Penerapan Metode Multi Objective Optimization on The Basic of Ratio Analysis (MOORA) pada Pemilihan Masker Organik Wajah Berdasarkan Kriteria," *J. Sist. Komput. dan Inform.*,



- vol. 2, no. 3, pp. 289–296, 2021.
- [20] J. D. Manik, A. R. Samosir, and M. Mesran, “Penerapan Metode Simple Additive Weighting dalam Penerimaan Siswa Magang Pada Universitas Budi Darma,” *sudo J. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 51–59, Jun. 2022, doi: 10.56211/sudo.v1i2.14.
- [21] D. D. Trung, “Application of TOPSIS and PIV methods for multi-criteria decision making in hard turning process,” *J. Mach. Eng.*, vol. 21, no. 4, pp. 57–71, 2021.
- [22] S. Setiawansyah, S. Sintaro, V. H. Saputra, and A. A. Aldino, “Combination of Grey Relational Analysis (GRA) and Simplified Pivot Pairwise Relative Criteria Importance Assessment (PIPRECIA-S) in Determining the Best Staff,” *Bull. Informatics Data Sci.*, vol. 2, no. 2, p. 57, Mar. 2024, doi: 10.61944/bids.v2i2.67.