

Visualisasi Decision Making MAGIQ melalui GAIA Biplot: Kasus Permohonan Paten

Erlin Windia Ambarsari*, Sri Melati Sagita, Dudi Parulian

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Indraprasta PGRI, DKI Jakarta, Indonesia

Email: ¹*erlin@mediahavefun.com, ²61tamelati2013@gmail.com, ³paruliandudi@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: erlin@mediahavefun.com

Abstrak—Data visualisasi dan Multi-criteria Decision Making (MCDM) memainkan peran penting dalam menganalisis dan menginterpretasi data kompleks serta mendukung proses pengambilan keputusan berbasis data. Penelitian ini mengintegrasikan MAGIQ, pendekatan MCDM, dengan Improved Rank Order Centroid (IROC) sebagai pembobotan dan visualisasi data menggunakan Geometrical Analysis for Interactive Aid (GAIA) biplot. Studi ini bertujuan untuk memahami hubungan antara kriteria dan alternatif dalam MAGIQ, yang difasilitasi oleh pembobotan IROC untuk menginterpretasi pemilihan alternatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk kriteria ‘Deskripsi Paten’, nilai bobot IROC adalah 0,513401, menandakan pentingnya kriteria ini dalam konteks penilaian. Dalam kasus alternatif P2, total skor MAGIQ yang diperoleh adalah 0,4485124, menunjukkan bahwa P2 adalah alternatif terbaik berdasarkan kriteria yang diberikan. P1 dan P3 masing-masing mendapatkan skor MAGIQ sebesar 0,2775665 dan 0,2739211, menempatkannya pada peringkat kedua dan ketiga. Penelitian ini mengimplementasikan metode IROC dalam MAGIQ secara sistematis, di mana koefisien khusus digunakan untuk menghitung bobot setiap kriteria, dan GAIA biplot digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antara kriteria dan alternatif. Penerapan praktis pendekatan ini dapat dilihat dalam kasus aplikasi paten, di mana para pembuat keputusan dapat menggunakannya untuk mengevaluasi alternatif yang kompleks secara lebih terstruktur dan berbasis data.

Kata Kunci: MCDM; MAGIQ; IROC; GAIA; Biplot

Abstract—Data visualization and Multi-criteria Decision Making (MCDM) are crucial in analyzing and interpreting complex data and supporting data-based decision-making processes. This research integrates MAGIQ, an MCDM approach, with Improved Rank Order Centroid (IROC) weighting and data visualization using the Geometrical Analysis for Interactive Aid (GAIA) biplot. This study aims to understand the relationship between criteria and alternatives in MAGIQ, facilitated by IROC weighting to interpret alternative selection. The research findings indicate that for the ‘Patent Description’ criterion, the IROC weight value is 0.513401, signifying the importance of this criterion in the assessment context. In the case of alternative P2, the total MAGIQ score obtained is 0.4485124, indicating that P2 is the best alternative based on the given criteria. P1 and P3 received MAGIQ scores of 0.2775665 and 0.2739211, respectively, placing them in the second and third ranks. This research implements the IROC method in MAGIQ in a systematic manner, where specific coefficients are used to calculate the weight of each criterion, and a GAIA biplot is utilized to visualize the relationship between criteria and alternatives. The practical application of this approach can be seen in patent application cases, where decision-makers can use it to evaluate complex alternatives in a more structured and data-based manner.

Keywords: MCDM; MAGIQ; IROC; GAIA; Biplot

1. PENDAHULUAN

Visualisasi data memungkinkan analisis data disajikan dalam bentuk grafik, memudahkan pemahaman yang mendalam. Dalam bidang *data science*, metode ini penting untuk mengeksplorasi dan menginterpretasi data kompleks. Faktor utama dari pentingnya visualisasi data terletak pada kesulitan yang dihadapi dalam menganalisis volume data yang besar dan beragam melalui eksplorasi tabel semata. Pendekatan ini seringkali tidak memadai untuk menarik kesimpulan yang signifikan dari data. Visualisasi menyediakan sarana yang lebih intuitif dan efektif untuk memahami data, yang secara langsung memudahkan proses pengambilan keputusan. Sebagai ilustrasi, sebuah penelitian tentang Flower Venn Diagram [1] menunjukkan bagaimana visualisasi digunakan untuk menggambarkan hubungan antar tabel dalam suatu basis data, menegaskan lagi pentingnya visualisasi dalam menyederhanakan kompleksitas data. Kemudian, penelitian [2] memanfaatkan Tableau Public untuk membantu interpretasi data dan mendukung pengambilan keputusan. Tableau Public diimplementasikan sebagai alat visualisasi data yang efektif untuk menyajikan informasi dalam berbagai format grafik dan peta, memudahkan pembuat keputusan dalam menyampaikan narasi data mereka. Selain itu, penelitian [3] menerapkan visualisasi data dalam menyajikan informasi kesehatan, memfasilitasi pengambilan keputusan yang tepat. Penelitian lainnya [4] menggunakan pendekatan Pohon Pythagoras untuk visualisasi dalam pembelajaran pohon keputusan, dengan teknik fraktal dan segmentasi berdasarkan area persegi untuk memudahkan interpretasi. Oleh karena itu, visualisasi data tidak hanya penting tetapi juga menjadi alat kunci dalam memecah kompleksitas data, memudahkan interpretasi, dan mendukung pengambilan keputusan yang tepat di berbagai bidang.

Selain visualisasi data, terdapat pendekatan lain yang berfokus pada pendukung keputusan, salah satunya adalah Multi-criteria Decision Making (MCDM). Salah satu elemen penting didalam MCDM adalah banyaknya kriteria yang dipertimbangkan sebagai syarat keputusan. Begitu juga, perhitungan pembobotan perlu diperhatikan. Dengan demikian, faktor-faktor tersebut menentukan akurasi data dalam proses pengambilan keputusan yang tepat.

Proses MCDM ini diinisiasi melalui identifikasi dan seleksi kriteria keputusan yang relevan, yang menyoroti pentingnya menimbang berbagai faktor pengaruh dalam keputusan. Setelah kriteria ini ditetapkan, langkah berikutnya adalah penentuan pembobotan, di mana pembobotan ini diimplementasikan untuk mengestimasi prioritas relatif dan interkoneksi antara setiap kriteria, memfasilitasi pemilihan alternatif terbaik berdasarkan skenario yang diberikan.

Beberapa penelitian tentang MCDM, antara lain seperti TOPSIS [5], [6], SMART[7], SAW [8], AHP [9], [10], ataupun MAGIQ [11], [12] mendukung keputusan berdasarkan kriteria, menghitung bobot untuk setiap pilihan, dan memilih alternatif dengan nilai tertinggi.

Dalam proses pembobotan kriteria untuk Multi-criteria Decision Making (MCDM), Rank Order Centroid (ROC) merupakan salah satu metode yang sering diadopsi. ROC adalah teknik yang digunakan untuk menetapkan bobot pada kriteria, berdasarkan peringkat prioritas yang telah ditentukan. Metode ini mengalokasikan bobot dengan mempertimbangkan urutan prioritas kriteria, yang menyediakan pendekatan yang lebih objektif dibandingkan dengan metode yang bergantung secara signifikan pada penilaian subjektif. Keunggulan utama dari ROC terletak pada kemampuannya untuk mengurangi pengaruh persepsi pribadi pembuat keputusan, sehingga meningkatkan objektivitas dan akurasi dalam proses pengambilan keputusan. Oleh sebab itu, dapat dipastikan bahwa keputusan yang diambil lebih tepat dalam merepresentasikan pentingnya setiap kriteria yang terlibat, dengan mengurangi bias subjektif.

Pengaruh ROC dalam meningkatkan akurasi pengambilan keputusan termanifestasi dari berbagai studi empiris. Studi [13] menunjukkan bahwa ROC menyediakan cara sistematis untuk menentukan bobot kriteria sesuai prioritasnya, meningkatkan akurasi metode SAW. Sementara itu, penelitian [14] menemukan bahwa ROC meningkatkan kualitas nilai sebesar 1% dibandingkan metode SWARA. Terakhir, studi [15] menunjukkan bahwa kombinasi ROC dan WASPAS efektif dan efisien untuk pemilihan vendor, dengan keunggulan mengurangi bias subjektif.

Secara umum, penerapan ROC telah menunjukkan kemampuannya untuk meningkatkan kualitas dan objektivitas dalam beragam metode pengambilan keputusan, menekankan relevansi pendekatan yang sistematis dan berorientasi pada kriteria dalam mengatasi kompleksitas keputusan.

Dalam penelitian terkait, evaluasi terhadap presisi ROC telah menghasilkan pengembangan Improved Rank Order Centroid (IROC) yang diusulkan oleh Mohammad Ali Hatefi [16]. IROC dirancang untuk mengatasi kekurangan yang ada pada ROC, terutama terkait dengan asumsi distribusi bobot yang kurang realistis. Penggunaan koefisien yang berbeda dalam IROC memungkinkan hasil yang lebih tepat. Eksperimen awal menunjukkan bahwa IROC menawarkan kinerja yang lebih efektif dibandingkan dengan ROC. Metode ini kemudian telah diimplementasikan dalam konteks pengambilan keputusan kelompok untuk penilaian bobot kriteria. Oleh karena itu, penelitian ini mengintegrasikan pendekatan pembobotan IROC ke dalam metode MCDM untuk berkontribusi pada literatur ilmiah mengenai efektivitas IROC dalam berbagai skenario pengambilan keputusan.

MAGIQ (Multi-Attribute Global Inference of Quality) merupakan salah satu metode MCDM yang berintegrasi langsung dengan pembobotan Rank Order Centroids (ROC). Menurut penelitian [17], MAGIQ memiliki kesamaan dengan Analytical Hierarchy Process (AHP) dan telah diterapkan dalam konteks praktis, seperti pemilihan perangkat lunak. Keunggulan utama MAGIQ dibandingkan dengan AHP terletak pada prosesnya yang lebih sederhana dan intuitif. Berbeda dari AHP, MAGIQ tidak menggunakan perbandingan berpasangan yang kompleks, melainkan menerapkan pengurutan faktor dan sub-faktor, yang mempermudah dan mempercepat proses pembobotan.

Penelitian [18], menunjukkan bahwa MAGIQ efektif dalam mendukung hubungan hierarkis antara *Key Performance Indicators* (KPI). Di setiap tingkat hierarki, dari atribut layanan hingga setiap set KPI dan layanan *cloud*, KPI dapat dibandingkan dan diprioritaskan. MAGIQ menggunakan ROC untuk menetapkan bobot pada setiap entitas berdasarkan peringkatnya, memungkinkan penetapan bobot yang mudah dan efisien. Keunikan dari nilai ROC adalah independensinya dari pengukuran aktual KPI, yang memungkinkannya digunakan secara efektif untuk pengukuran dengan unit dan skala yang berbeda.

Dalam penelitian [12], MAGIQ menerapkan ROC untuk mengubah atribut perbandingan sistem menjadi bobot numerik yang dinormalisasi, kemudian menghitung ukuran kualitas keseluruhan sebagai jumlah tertimbang dari peringkat sistem. Penelitian tersebut mengkaji penerapan MAGIQ dalam menilai *usability* pada aplikasi kontrol orang tua, di mana *usability* sebagai salah satu dari enam karakteristik kualitas utama berdasarkan model kualitas perangkat lunak ISO 9126-1.

Selanjutnya, penelitian [19] menerapkan metode MAGIQ dalam pengajuan paten sebagai sistem pendukung keputusan. Pendekatan ini menggunakan pembobotan ROC, menawarkan perspektif baru dalam penerapan MAGIQ yang sebelumnya lebih banyak berfokus pada evaluasi kualitas perangkat lunak. Aplikasi MAGIQ dalam konteks pemilihan pemohon paten menyoroti fleksibilitasnya dalam menghadapi tantangan yang berbeda dalam proses pengambilan keputusan.

Oleh karena itu, fokus penelitian ini adalah penggunaan pendekatan MAGIQ dalam pengambilan keputusan, berdasarkan fundamental dari metode AHP dan mengintegrasikan pembobotan IROC untuk meningkatkan akurasi. Selain itu, penelitian ini juga menekankan pentingnya visualisasi data dalam pengambilan keputusan. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi hubungan antara kriteria dan alternatif dalam MAGIQ, memudahkan interpretasi dan pemahaman tentang mengapa alternatif tertentu dipilih berdasarkan pembobotan IROC.

Sebagai salah satu teknik visualisasi, penelitian ini mengadopsi *Geometrical Analysis for Interactive Aid* (GAIA) biplot, yang telah digunakan dalam referensi [20], [21]. GAIA biplot memungkinkan pemetaan dan pemahaman hubungan antara kriteria dan alternatif (atau tindakan) [22]. Dalam cakupan analisis keputusan, kriteria adalah ukuran atau standar yang digunakan untuk menilai alternatif, sedangkan alternatif adalah opsi atau solusi yang sedang dipertimbangkan. Penelitian sebelumnya seringkali mengaplikasikan GAIA sebagai alat pendukung dalam metode PROMETHEE untuk penentuan peringkat, seperti pada kasus [23]–[28]. Namun, dalam penelitian ini, GAIA dieksplorasi untuk memperdalam interpretasi hubungan antara kriteria, alternatif, dan peringkat dalam konteks MAGIQ, dengan presentasi visual dalam koordinat Kartesius.

Oleh sebab itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan wawasan baru dalam pemilihan pemohon paten, dengan memanfaatkan pendekatan MAGIQ berbasis ROC, sebagaimana ditunjukkan dalam studi kasus [19]. Inovasi penelitian ini terletak pada penerapan pembobotan Improved Rank Order Centroid (IROC), yang merupakan pengembangan dari ROC, dan divisualisasikan menggunakan GAIA biplot. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam proses evaluasi dan pemilihan pemohon paten, memberikan solusi yang lebih akurat dan objektif dibandingkan dengan metode tradisional. Hasil yang ingin dicapai adalah peningkatan dalam akurasi dan kemudahan interpretasi dalam pengambilan keputusan paten, serta menunjukkan bagaimana integrasi MAGIQ, IROC, dan GAIA biplot dapat memberikan kontribusi signifikan dalam bidang ini.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 MAGIQ (Multi-Attribute Global Inference of Quality)

MAGIQ merupakan salah satu pendekatan dalam kerangka kerja MCDM yang digunakan untuk membantu dalam pemilihan alternatif terbaik berdasarkan kriteria tertentu, diusulkan oleh [29]. Fundamental dari MAGIQ berasal AHP. Namun, menjadi pembeda dari AHP adalah penentuan pembobotannya menggunakan ROC. Meskipun ROC memberikan pendekatan tradisional, ada beberapa keterbatasan, seperti ketergantungan yang besar pada metode pengumpulan preferensi dari pembuat keputusan yang bisa menghasilkan hasil yang tidak konsisten. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode Improved ROC (IROC) yang bertujuan untuk meningkatkan akurasi dan konsistensi ROC ke dalam MAGIQ.

Metodologi yang diadopsi dalam penelitian ini, terutama penggunaan IROC dalam MAGIQ, dipilih untuk memastikan konsistensi analisis data dengan tujuan penelitian. IROC, sebagai penyempurnaan dari ROC tradisional, meningkatkan akurasi dan keandalan hasil dengan mengurangi potensi bias dalam proses pembobotan, sehingga menghasilkan analisis MCDM yang lebih representatif dan dapat diandalkan

a. Improved ROC

Perbedaan pembobotan ROC dengan IROC terletak pada koefisien, dengan menggantikan nilai $1/n$ menjadi φ_j^n sehingga rumus IROC yang didapatkan adalah [16]:

$$w_j = \sum_{r=j}^n (\varphi_{rn}/r) \quad (1)$$

dimana,

ω_j adalah bobot dari kriteria ke-j.

φ_{rn} adalah konstanta yang berhubungan dengan peringkat r dan jumlah total kriteria n.

r adalah peringkat dari suatu kriteria (dari 1 sampai n), dengan 1 sebagai yang paling penting dan n sebagai yang paling tidak penting.

n adalah jumlah total kriteria.

Pada penelitian ini menggunakan koefisien *default* karena tidak mempunyai preferensi pembuat keputusan secara spesifik. Dengan demikian, koefisien yang diambil sesuai dengan tabel 1:

Tabel 1. Koefisien IROC

n	the coefficients φ_{jn} (1, 2, 3,..., n)
2	0.51150,0.48850
3	0.32415,0.35529,0.32056
4	0.23236,0.26888,0.26293,0.23583
5	0.17918,0.21316,0.21710,0.20416,0.18639
...	...
25	0.02702,0.03286,0.03681,0.03932,0.04108,...,0.03556

Tabel 1 merupakan tabel koefisien untuk IROC yang digunakan dalam proses pembobotan dalam MCDM. Berikut adalah penjelasan untuk setiap bagian dari tabel tersebut:

1. n merupakan jumlah total kriteria yang digunakan dalam analisis MCDM. "n" di sini adalah variabel yang menunjukkan jumlah kriteria, dan setiap baris pada tabel mewakili situasi yang berbeda-beda tergantung pada berapa banyak kriteria yang ada.
2. Koefisien φ_{jn} (1, 2, 3,..., n) adalah serangkaian nilai yang digunakan untuk menghitung bobot setiap kriteria berdasarkan peringkatnya dalam keputusan. Setiap nilai φ_{jn} berkaitan dengan peringkat tertentu dalam daftar kriteria dan jumlah total kriteria "n".
 - a) Misalnya, untuk n=2 (yaitu, ada dua kriteria), koefisien untuk kriteria pertama adalah 0.51150, dan untuk kriteria kedua adalah 0.48850.
 - b) Untuk n=3 (tiga kriteria), koefisien untuk kriteria pertama adalah 0.32415, untuk kriteria kedua adalah 0.35529, dan untuk kriteria ketiga adalah 0.32056, dan seterusnya.

3. Setiap koefisien ϕ_{jn} digunakan dalam rumus IROC untuk menghitung bobot relatif setiap kriteria. Bobot ini kemudian digunakan dalam proses MCDM untuk menilai alternatif berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.
4. Perlu diperhatikan bahwa nilai koefisien berubah tergantung pada jumlah total kriteria "n". Ini karena IROC mempertimbangkan peringkat relatif dari setiap kriteria pada jumlah total kriteria yang ada.

b. GAIA Biplot

GAIA Biplot adalah teknik visualisasi yang digunakan dalam analisis keputusan multi-kriteria. Metode ini menyajikan data multivariat dalam dua dimensi yang menggambarkan hubungan antara kriteria (disebut sebagai vektor) dan alternatif (dipresentasikan sebagai titik). Arah vektor menunjukkan korelasi antara kriteria dan alternatif. Dengan GAIA Biplot, pengambil keputusan dapat memahami hubungan kompleks antara kriteria dan alternatif, memfasilitasi analisis yang lebih baik dan pengambilan keputusan berdasarkan banyak kriteria.

Tahapan yang dilakukan untuk merepresentasikan visualisasi GAIA pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat Matriks Profil: matriks yang menunjukkan nilai alternatif untuk setiap kriteria, dimana nilai yang diambil berdasarkan hasil pembobotan IROC dari MAGIQ
2. Menghitung Matriks Deviasi: Deviasi dihitung dengan mengurangi nilai alternatif dengan rata-rata nilai alternatif untuk setiap kriteria.
3. Menghitung Matriks Eigen: Menggunakan *Singular Value Decomposition* (SVD) [30] untuk mendapatkan matriks eigen. SVD ini biasanya digunakan untuk reduksi dimensi, pemfilteran data, dan rekomendasi sistem. Rumus SVD dapat ditulis sebagai berikut:

$$A = U \Sigma V^T \quad (2)$$

Keterangan:

A adalah matriks yang akan didekomposisi.

U adalah matriks "left singular vectors".

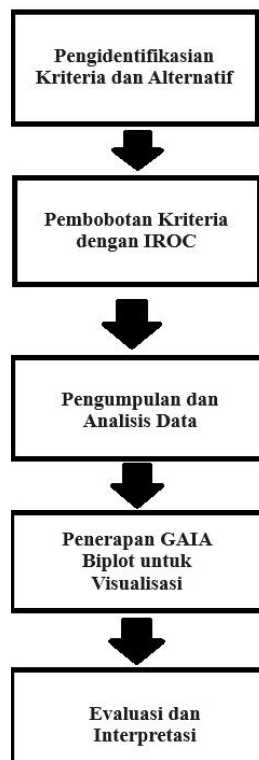
Σ adalah matriks diagonal dengan "singular values" yang disusun dalam urutan menurun.

V^T adalah transpose dari matriks "right singular vectors".

4. Visualisasi GAIA: Membuat plot 2D berdasarkan matriks eigen untuk menunjukkan hubungan antara kriteria dan alternatif.

2.2 Tahapan Penelitian

Setiap metode MAGIQ, IROC, dan GAIA Biplot berperan penting dalam memberikan analisis yang lebih efisien dan efektif dari data multi-kriteria. Untuk memastikan pemahaman yang komprehensif, berikut adalah ringkasan tahapan yang dilalui dalam penelitian ini yang disajikan pada gambar 1:



Gambar 1. Ringkasan Tahapan Penelitian

Berdasarkan gambar 1, uraian tahapan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Pengidentifikasian Kriteria dan Alternatif: Langkah awal adalah menentukan kriteria dan alternatif yang relevan untuk masalah keputusan yang sedang dihadapi.
- Pembobotan Kriteria dengan IROC: Kriteria kemudian dibobot menggunakan IROC untuk mengatasi keterbatasan ROC tradisional, dengan tujuan meningkatkan akurasi dan konsistensi dalam penilaian.
- Pengumpulan dan Analisis Data: Data dikumpulkan berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan dan dianalisis menggunakan pembobotan IROC.
- Penerapan GAIA Biplot untuk Visualisasi: Teknik GAIA Biplot digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antara kriteria dan alternatif, berdasarkan hasil analisis sebelumnya.
- Evaluasi dan Interpretasi: Hasil visualisasi kemudian dievaluasi dan diinterpretasikan untuk memahami hubungan kompleks antara berbagai elemen dan menentukan alternatif terbaik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari penerapan metode MAGIQ dengan pembobotan IROC telah diuji konsistensinya melalui serangkaian analisis data. Temuan menunjukkan bahwa hasil numerik yang dihasilkan sebanding dengan interpretasi visual yang diperoleh melalui visualisasi GAIA Biplot, menegaskan konsistensi metodologi. Hal ini dapat dibuktikan dari uraian pada studi kasus Permohonan Paten yang diketahui mempunyai 4 kriteria dan 3 alternatif, disajikan dalam tabel 2 dengan hasil bobot IROC sebagai berikut:

Tabel 2. Pembobotan IROC

Kriteria/Alternatif	Peringkat	IROC
Deskripsi Paten (DP):	1	0,513401
P1	2	0,284498
P2	1	0,608648
P3	3	0,106853
Gambar (G):	4	0,058958
P1	1	0,608648
P2	2	0,284498
P3	3	0,106853
Surat Pernyataan Kepemilikan		
Invensi oleh Inventor (SPKII):	2	0,281041
P1	2	0,284498
P2	3	0,106853
P3	1	0,608648
Surat Pernyataan Pengalihan Hak		
(SPH):	3	0,146601
P1	3	0,106853
P2	1	0,608648
P3	2	0,284498

Berdasarkan tabel 2, hasil IROC didapatkan dari persamaan (1), sebagai contoh perhitungan kriteria sebagai berikut:

$\varphi_{14} = 0.23236$, $\varphi_{24} = 0.26888$, $\varphi_{34} = 0.26293$, $\varphi_{44} = 0.23583$, dimana:

- Diskripsi Paten (DP):

$$\begin{aligned}
 w_1 &= \frac{\varphi_{14}}{1} + \frac{\varphi_{24}}{2} + \frac{\varphi_{34}}{3} + \frac{\varphi_{44}}{4} \\
 &= 0.23236 + \frac{0.26888}{2} + \frac{0.26293}{3} + \frac{0.23583}{4} \\
 &= 0.513400833
 \end{aligned}$$

- Gambar (G):

$$\begin{aligned}
 w_4 &= \frac{\varphi_{44}}{4} \\
 &= \frac{0.23583}{4} \\
 &= 0.0589575
 \end{aligned}$$

- Surat Pernyataan Kepemilikan Invensi oleh Inventor (SPKII):

$$\begin{aligned}
 w_2 &= \frac{\varphi_{24}}{2} + \frac{\varphi_{34}}{3} + \frac{\varphi_{44}}{4} \\
 &= \frac{0.26888}{2} + \frac{0.26293}{3} + \frac{0.23583}{4} \\
 &= 0.281040833
 \end{aligned}$$

- Surat Pernyataan Pengalihan Hak (SPH):

$$w_3 = \frac{\varphi_{34}}{3} + \frac{\varphi_{44}}{4}$$

$$= \frac{0.26293}{3} + \frac{0.23583}{4}$$

$$= 0.146600833$$

Kemudian, MAGIQ dihitung berdasarkan mengalikan pembobotan kriteria dengan pembobotan alternatif untuk setiap kriteria. Kemudian, menjumlahkannya. Dengan demikian, hasil akhir MAGIQ yang telah diolah dapat dilihat pada tabel 3:

Tabel 3. Perolehan Akhir MAGIQ

	DP	G	SPKII	SPH	Overall	Peringkat
P1	0,146061681	0,0358844	0,079955649	0,015664788	0,2775665	2
P2	0,312480562	0,0167733	0,03003015	0,089228353	0,4485124	1
P3	0,05485859	0,0062998	0,171055035	0,041707693	0,2739211	3

Menurut tabel 3, dapat disimpulkan P2 mendapatkan peringkat 1 dengan bobot 0,4485124; P1 Peringkat 2 dengan nilai 0,2775665; peringkat terakhir P3 mendapatkan bobot 0,2739211. Selanjutnya, membuat Matriks Profil dari tabel 2 sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} 0,284498 & 0,608648 & 0,284498 & 0,106853 \\ 0,608648 & 0,284498 & 0,106853 & 0,608648 \\ 0,106853 & 0,106853 & 0,608648 & 0,284498 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan Matriks Profil, baris mewakili alternatif (P1, P2, P3) dan kolom mewakili kriteria (DP, G, SPKII, SPH). Langkah selanjutnya adalah menghitung Matriks Deviasi. Matriks Deviasi dihitung dengan mengurangkan setiap elemen matriks profil dengan rata-rata elemen pada kolomnya (rata-rata untuk setiap kriteria). Hasil yang di dapatkan dari Matriks Deviasi adalah:

$$\begin{bmatrix} -0,048835 & 0,275315 & -0,048835 & -0,22648 \\ 0,275315 & -0,048835 & -0,22648 & 0,275315 \\ -0,22648 & -0,22648 & 0,275315 & -0,048835 \end{bmatrix}$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung Matriks Eigen dengan menggunakan *Singular Value Decomposition* (SVD), dimana menghasilkan tiga matriks yaitu U, Σ , dan V^T . Matriks V^T digunakan untuk visualisasi GAIA. Hasil dari SVD pada Matriks Deviasi adalah:

1. Matriks U (Kiri):

$$\begin{bmatrix} 0,1357 & -0,8051 & 0,5774 \\ -0,7651 & 0,2850 & 0,5774 \\ 0,6294 & 0,5201 & 0,5774 \end{bmatrix}$$

2. Matriks Diagonal Σ (Singular Values):

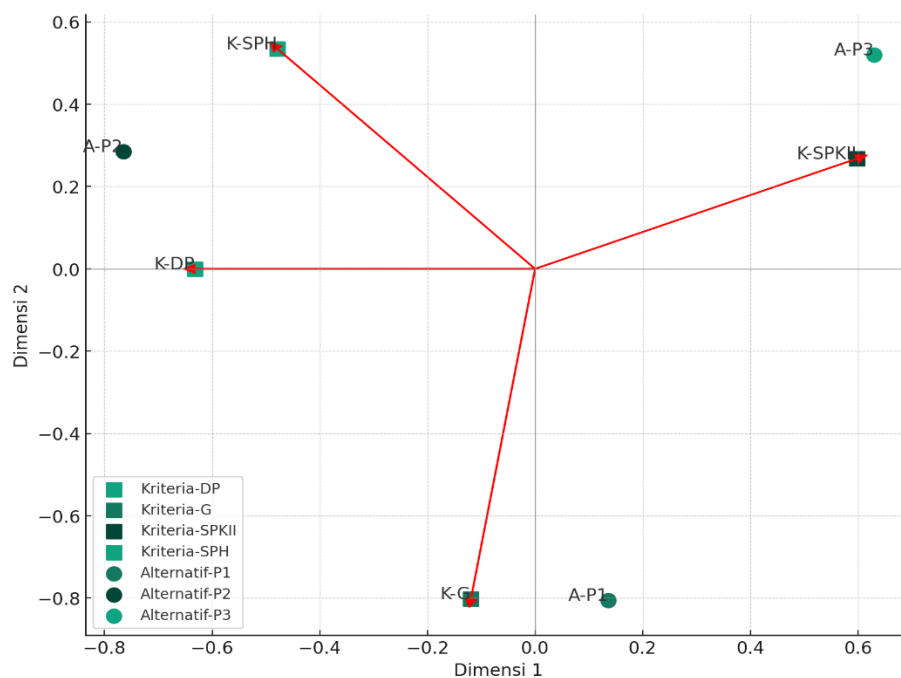
$$\begin{bmatrix} 5,6894e - 01 \\ 4,4070e - 01 \\ 7,8646e - 17 \end{bmatrix}$$

Matriks Σ menunjukkan *singular values*, yang merepresentasikan kekuatan atau variabilitas data dalam setiap dimensi. Nilai singular yang besar menunjukkan dimensi yang memiliki variabilitas tinggi.

3. Matriks V^T (Kanan):

$$\begin{bmatrix} -6,3246e - 01 & 1,7575e - 16 & -7,1049e - 01 \\ -1,1920e - 01 & -8,0186e - 01 & 3,1926e - 01 \\ 5,9751e - 01 & 2,6766e - 01 & -2,1749e - 01 \\ -4,7830e - 01 & 5,3420e - 01 & 5,8820e - 01 \end{bmatrix}$$

Dari nilai singular (dalam matriks Σ), dapat dilihat bahwa dimensi pertama memiliki variabilitas yang paling tinggi, diikuti oleh dimensi kedua. Dimensi ketiga memiliki nilai singular yang mendekati nol, menunjukkan variabilitas yang sangat rendah. Oleh karena itu, untuk membuat visualisasi GIA menggunakan dua dimensi pertama dari matriks U dan V^T :



Gambar 2. Visualisasi GAIA

Pada gambar 2, visualisasi GAIA dapat diinterpretasikan sebagai berikut:

- a. Kriteria vs. Kriteria:
 1. Kriteria "DP" dan "SPKII" memiliki orientasi yang serupa, menunjukkan bahwa keduanya memiliki hubungan positif satu sama lain dalam menentukan preferensi alternatif.
 2. Kriteria "G" berada di arah yang berbeda dari "DP" dan "SPKII", menunjukkan bahwa kriteria ini mungkin memiliki hubungan negatif atau kontras dengan dua kriteria tersebut.
 3. Kriteria "SPH" memiliki orientasi yang cenderung mendekati "DP" dan "SPKII", namun dengan kekuatan yang lebih lemah.
- b. Kriteria vs. Alternatif:
 1. Alternatif "P2" berada paling dekat dengan kriteria "DP", menunjukkan bahwa alternatif ini memiliki nilai yang tinggi untuk kriteria tersebut.
 2. Alternatif "P3" berada paling dekat dengan kriteria "SPKII", menunjukkan kekuatan dalam kriteria tersebut.
 3. Alternatif "P1" berada di antara kriteria "G" dan "SPH", menunjukkan bahwa alternatif ini memiliki nilai yang moderat untuk kedua kriteria tersebut.
- e. Peringkat Berdasarkan Visualisasi:
 1. P2 adalah alternatif terbaik berdasarkan kriteria "DP".
 2. P3 adalah alternatif terbaik berdasarkan kriteria "SPKII".
 3. P1 memiliki nilai yang moderat untuk kriteria "G" dan "SPH".

Dengan demikian, relevansi praktis dari hasil penelitian ini terbukti melalui metodologi dalam studi kasus permohonan paten. Dalam konteks ini, visualisasi data dan pengambilan keputusan yang dibantu oleh GAIA Biplot dalam MAGIQ telah menunjukkan manfaat yang signifikan. Sebagai contoh, dalam kasus permohonan paten yang dianalisis, penggunaan GAIA Biplot memungkinkan untuk visualisasi yang jelas dan intuitif dari bagaimana setiap alternatif paten (P1, P2, P3) berhubungan dengan kriteria yang ditetapkan (Misalkan Deskripsi Paten, Gambar, dan seterusnya). Berarti, secara langsung membantu dalam menyoroti alternatif mana yang paling memenuhi kriteria yang dianggap paling penting.

3.1 Pembahasan

Berdasarkan hasil dari interpretasi, dapat dijelaskan bahwa alternatif yang memiliki skor tinggi dalam kriteria "DP" juga cenderung memiliki skor tinggi dalam kriteria "SPKII", dan sebaliknya. Sedangkan alternatif dengan skor tinggi dalam kriteria "G" mungkin memiliki skor yang lebih rendah dalam "DP" dan "SPKII". Kriteria SPH memiliki orientasi yang sedikit berbeda dari kedua kriteria "DP" dan "SPKII", namun lebih mendekati kedua kriteria tersebut dibandingkan dengan "G". Ini menunjukkan bahwa "SPH" memiliki hubungan positif yang lebih lemah dengan "DP" dan "SPKII".

Selanjutnya dengan membandingkan alternatif dari visualisasi GAIA dapat dijelaskan bahwa Alternatif P2 berada paling dekat dengan kriteria "DP" dalam visualisasi, menunjukkan bahwa alternatif ini memiliki skor yang baik dalam kriteria tersebut. Berarti P2 merupakan alternatif terbaik jika kriteria "DP" dianggap paling penting. Selanjutnya, Alternatif P3 berada paling dekat dengan kriteria "SPKII", menunjukkan keunggulan dalam kriteria tersebut yang berarti P3 merupakan pilihan terbaik jika kriteria "SPKII" dianggap paling penting. Sedangkan, alternatif P1 berada di antara

kriteria "G" dan "SPH", menunjukkan bahwa alternatif ini memiliki skor yang moderat dalam kedua kriteria tersebut. Berarti P1 merupakan pilihan yang baik jika kriteria "G" dan "SPH" dianggap penting, tetapi tidak memiliki keunggulan yang jelas dalam kriteria lain.

Hasil dari visualisasi GAIA dapat dibandingkan dengan perankingan yang didapatkan dari MAGIQ, yaitu P2: 0,44851, P1: 0,27757, dan P3: 0,27392 ($P2 > P1 > P3$) sehingga dapat dianalisis sebagai berikut:

- Konsistensi P2; MAGIQ dan GAIA sama-sama menunjukkan bahwa P2 unggul, khususnya dalam kriteria "DP".
- Pertimbangan P1 dan P3; Meskipun MAGIQ menunjukkan bahwa P1 memiliki nilai sedikit lebih tinggi daripada P3, perbedaannya sangat kecil. Dalam GAIA, P1 dan P3 memiliki orientasi yang relatif serupa terhadap kriteria, menunjukkan bahwa keduanya memiliki skor atau nilai yang serupa untuk kriteria yang diberikan.
- Keseluruhan; Dalam kasus ini, hasil dari MAGIQ dan GAIA konsisten dalam menunjukkan bahwa P2 adalah alternatif yang unggul. Namun, antara P1 dan P3, perbedaannya tidak signifikan, dan keduanya memiliki kekuatan dan kelemahan masing-masing tergantung pada kriteria yang dianggap paling penting.

MAGIQ memberikan pendekatan kuantitatif dalam penilaian dan meranking alternatif berdasarkan kriteria yang diberikan. Di sisi lain, GAIA memberikan pendekatan visual yang memungkinkan untuk memahami hubungan antara alternatif dan kriteria dalam ruang geometri. Kedua pendekatan tersebut memberikan wawasan yang melengkapi satu sama lain dan dapat digunakan bersama-sama untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang alternatif dan kriteria yang diberikan.

Pada studi kasus Permohonan Paten yang melibatkan empat kriteria dan tiga alternatif, penelitian ini mengadopsi pendekatan MAGIQ yang didukung oleh pembobotan IROC dan visualisasi menggunakan GAIA Biplot. Objek utama penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dan memilih alternatif terbaik, dengan mempertimbangkan bobot yang diberikan pada setiap kriteria dan alternatif. Hal ini dilakukan dengan mengintegrasikan hasil pembobotan IROC, yang memperhitungkan peringkat relatif dan koefisien khusus untuk setiap kriteria, ke dalam kerangka kerja MAGIQ.

Selanjutnya, penelitian ini mengaplikasikan GAIA Biplot sebagai alat visualisasi untuk memperdalam pemahaman tentang bagaimana setiap alternatif berhubungan dengan kriteria yang diberikan. Proses ini melibatkan pembuatan Matriks Profil, penghitungan Matriks Deviasi, dan terakhir Matriks Eigen menggunakan Singular Value Decomposition (SVD). Visualisasi GAIA Biplot memungkinkan pembuat keputusan melihat hubungan geometri antara kriteria dan alternatif, memfasilitasi interpretasi hubungan yang lebih intuitif dan komprehensif.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan wawasan tentang bagaimana alternatif berbeda dalam memenuhi berbagai kriteria yang diterapkan pada kasus permohonan paten. Penelitian ini tidak hanya memberikan metode kuantitatif melalui MAGIQ untuk menilai dan meranking alternatif, tetapi juga menawarkan perspektif visual melalui GAIA Biplot yang memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang hubungan antara alternatif dan kriteria. Hasilnya adalah pendekatan menyeluruh yang menggabungkan analisis kuantitatif dan visualisasi untuk membuat keputusan yang lebih tepat dan informasi dalam pemilihan alternatif pada kasus permohonan paten. Keseluruhan presentasi data dan analisis yang rinci dalam penelitian ini membuka jalan bagi pemahaman tentang kompleksitas metode yang digunakan dan memberikan kontribusi pada pemilihan alternatif dalam studi kasus permohonan paten.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan pendekatan visualisasi data melalui GAIA biplot memberikan kontribusi signifikan dalam mendukung proses pengambilan keputusan berdasarkan analisis data. Visualisasi ini memfasilitasi interpretasi yang lebih mendalam tentang hubungan antara kriteria dan alternatif, sehingga memperkuat relevansi metode Multi-criteria Decision Making (MCDM). Penelitian ini berhasil mengintegrasikan metode MAGIQ, yang berlandaskan pada prinsip-prinsip AHP, dengan pembobotan IROC untuk meningkatkan presisi dalam pengambilan keputusan. Secara ilmiah, penelitian ini memperluas wawasan tentang bagaimana MCDM dapat diperkaya dengan teknik pembobotan yang lebih akurat, seperti IROC, dan bagaimana visualisasi data dapat digunakan untuk memperjelas hubungan antara kriteria dan alternatif. Namun, ada beberapa keterbatasan yang perlu diakui. Meskipun penelitian ini memfokuskan pada pendekatan MAGIQ dengan pembobotan IROC dan GAIA biplot, berbagai metode lain dalam MCDM belum dieksplorasi. Selain itu, terdapat potensi bias dalam pembobotan yang mungkin belum sepenuhnya diatasi oleh IROC. Dengan demikian, penelitian ini telah mencapai tujuannya, yaitu mengevaluasi hubungan antara kriteria dan alternatif dalam MAGIQ dengan pembobotan IROC dan memfasilitasi pemahaman tersebut melalui visualisasi GAIA biplot. Untuk penelitian selanjutnya, sangat disarankan untuk mempertimbangkan metode MCDM lainnya dan membandingkan efektivitas pembobotan IROC dengan teknik pembobotan lain untuk mengoptimalkan proses pengambilan keputusan. Dengan mempertimbangkan aspek-aspek yang telah dibahas, bagian akhir dari penelitian ini tidak hanya menguraikan temuan secara menyeluruh, tetapi juga meletakkan dasar yang kuat untuk penelitian selanjutnya dalam bidang ini.

REFERENCES

- [1] Herlinda, A. C. Bramantia, N. Kustian, Khasanah, and E. W. Ambarsari, "Applying flower venn diagram for presenting database," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1088, no. 1, p. 012006, Feb. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1088/1/012006.
- [2] M. Ariandi and S. Rahma Puteri, "Analisis Visualisasi Data Kecamatan Kertapati menggunakan Tableau Public," *Jurnal Jupiter*, vol. 14, no. 2, pp. 366–373, 2022.

- [3] R. Tanoto, L. C. Khoe, and R. A. Werdhani, "Mata-Data: Data visualization in approaching evidence-based health policy," *ASEAN Journal of Community Engagement*, vol. 3, no. 1, pp. 163–174, Jul. 2019, doi: 10.7454/ajce.v3i1.145.
- [4] E. W. Ambarsari, A. A. R. Awaludin, A. Suryana, P. M. Hartuti, and R. Rahim, "Basic concept Pythagoras tree for construct data visualization on decision tree learning," *Journal of Applied Engineering Science*, vol. 17, no. 4, pp. 468–472, 2019, doi: 10.5937/jaes17-21960.
- [5] R. R. Purba, M. Mesran, M. T. A. Zaen, S. Setiawansyah, D. Siregar, and E. W. Ambarsari, "Decision Support System in the Best Selection Coffee Shop with TOPSIS Method," *The IJICS (International Journal of Informatics and Computer Science)*, vol. 7, no. 1, p. 28, Mar. 2023, doi: 10.30865/ijics.v7i1.6157.
- [6] R. Rahim et al., "TOPSIS Method Application for Decision Support System in Internal Control for Selecting Best Employees," *J Phys Conf Ser*, vol. 1028, no. 1, p. 012052, 2018, doi: 10.1088/1742-6596/1028/1/012052.
- [7] M. Guntur and R. Yanto, "Penerapan Metode SMART untuk Seleksi Kelayakan Penerima Bantuan Pengembangan Usaha Pangan Masyarakat," *Telematika*, vol. 12, no. 2, pp. 149–159, Aug. 2019, doi: 10.35671/telematika.v12i2.826.
- [8] L. N. Sukaryati and A. Voutama, "Penerapan Metode Simple Additive Weighting Pada Sistem Pendukung Keputusan Untuk Memilih Karyawan Terbaik," *Jurnal Ilmiah Matrik*, vol. 24, no. 3, pp. 260–267, 2022.
- [9] A. Oktafiawan Nugroho and R. Budhiati Veronica, "Penerapan Metode AHP sebagai Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Tempat Kerja," *UNNES Journal of Mathematics*, vol. 10, no. 1, pp. 47–54, 2021, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm>
- [10] G. Sekoh, R. L. Inkiriwang, and J. Tjakra, "Analisis Pemilihan Rumah Di Beberapa Lokasi Perumahan Dengan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process)," *TEKNO*, vol. 21, no. 84, pp. 609–616, 2023.
- [11] L. Sunarmintyastuti, D. Katarina, E. W. Ambarsari, and D. Fathudin, "Kriteria Nilai Produk Game Edukasi Mahasiswa Universitas Dharma Persada dengan Metode MAGIQ," in *Seminar Nasional Riset dan Inovasi Teknologi (SEMNAS RISTEK)* 2019, 2019, pp. 327–333.
- [12] E. Ambarsari, H. Herlinda, A. Daengs GS, R. Prasetya, and H. Herfina, "Usability of Parental Control Application Features To Protect Children From Negative Internet Impact By Using MAGIQ Approach (Case Study In Indonesia)," in *The 1st International Conference on Computer Science and Engineering Technology Universitas Muria Kudus*, 2019, pp. 399–405. doi: 10.4108/eai.24-10-2018.2280591.
- [13] Y. A. Prasetyo, H. Rosyid, and P. A. Rakhma Devi, "Implementasi Metode SAW dengan Pembobotan ROC dalam Menentukan Teknisi Terbaik pada PT. KAS," *ILKOMNIKA: Journal of Computer Science and Applied Informatics*, vol. 4, no. 3, pp. 316–326, 2022, doi: 10.28926/ilkomnika.v4i3.524.
- [14] S. Suryadi et al., "Uji Sensitivitas Metode Pembobotan ROC, SWARA Terhadap Kriteria Karyawan Terbaik Dengan Menggunakan Metode SAW," *Journal of Information System Research (JOSH)*, vol. 3, no. 4, pp. 532–540, Jul. 2022, doi: 10.47065/josh.v3i4.1952.
- [15] S. Damanik and P. D. Utomo, "Implementasi Metode ROC (Rank Order Centroid) Dan Waspas Dalam Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Kerjasama Vendor," *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer)*, vol. 4, no. 1, pp. 242–248, 2020, doi: 10.30865/komik.v4i1.2690.
- [16] M. A. Hatefi, "An Improved Rank Order Centroid Method (IROC) for Criteria Weight Estimation: An Application in the Engine/Vehicle Selection Problem," *Informatica*, vol. 34, no. 2, pp. 249–270, 2023, doi: 10.15388/23-INFOR507.
- [17] C. L. B. e Matos, S. H. A. C. Forte, and S. A. B. Forte, "Metodologia de avaliação organizacional de universidades corporativas," *Revista de Administração da UFSM*, vol. 13, no. 4, pp. 709–727, Oct. 2020, doi: 10.5902/1983465932836.
- [18] F. Nadeem, "A Unified Framework for User-Preferred Multi-Level Ranking of Cloud Computing Services Based on Usability and Quality of Service Evaluation," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 180054–180066, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3027775.
- [19] V. Rahman, E. Windia Ambarsari, and F. Rastic Andrari, "Pemenuhan Persyaratan Permohonan Paten dengan Metode Multi-Attribute Global Inference of Quality (MAGIQ)," *TIN: Terapan Informatika Nusantara*, vol. 4, no. 1, pp. 45–51, 2023, doi: 10.47065/tin.v4i1.4207.
- [20] R. Watrionthos, R. Handayani, W. Simatupang, D. Irfan, and M. Muskhair, "Penerapan Metode PROMETHEE-GAIA Dalam Pemingkatan Perguruan Tinggi di Indonesia," *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 6, no. 1, p. 138, Jan. 2022, doi: 10.30865/mib.v6i1.3419.
- [21] G. Ozkaya, M. Timor, and C. Erdin, "Science, Technology and Innovation Policy Indicators and Comparisons of Countries through a Hybrid Model of Data Mining and MCDM Methods," *Sustainability*, vol. 13, no. 2, p. 694, Jan. 2021, doi: 10.3390/su13020694.
- [22] I. R. Mangangka, A. Liu, P. Egodawatta, and A. Goonetilleke, "Sectional analysis of stormwater treatment performance of a constructed wetland," *Ecol Eng*, vol. 77, pp. 172–179, Apr. 2015, doi: 10.1016/j.ecoleng.2015.01.028.
- [23] G. Ozkaya and A. Demirhan, "Analysis of Countries in Terms of Artificial Intelligence Technologies: PROMETHEE and GAIA Method Approach," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 5, Mar. 2023, doi: 10.3390/su15054604.
- [24] A. V. Christian, Y. Zhang, and C. Salifou, "Application of PROMETHEE-GAIA Method in the Entry Mode Selection Process in International Market Expansion," *Open Journal of Business and Management*, vol. 04, no. 02, pp. 238–250, 2016, doi: 10.4236/ojbm.2016.42025.
- [25] F. Saputra, A. Bakar, and F. H. Mustofa, "Usulan Penentuan Prioritas Supplier Bahan Baku Plate Steel dengan Metode PROMETHEE di PT Dirgantara Indonesia (PERSERO)," *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional Januari*, vol. 4, no. 1, 2016.
- [26] P. Bari and P. Karande, "Application of PROMETHEE-GAIA method to priority sequencing rules in a dynamic job shop for single machine," *Mater Today Proc*, vol. 46, pp. 7258–7264, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.854.
- [27] E. S. A. S. Agustini, R. Martini, and B. Setiyono, "Evaluating rural tourism competitiveness: Application of PROMETHEE-GAIA method," *Cogent Economics & Finance*, vol. 10, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.1080/23322039.2022.2054526.
- [28] A. Anas M. Yatim, "the Tourism Destination Competitiveness: Using the PROMETHEE GAIA Model," *Economica*, vol. 9, no. 1, pp. 66–85, Oct. 2020, doi: 10.22202/economica.2020.v9.i1.4063.
- [29] J. D. McCaffrey, "Using the Multi-Attribute Global Inference of Quality (MAGIQ) Technique for Software Testing," in *2009 Sixth International Conference on Information Technology: New Generations*, IEEE, 2009, pp. 738–742. doi: 10.1109/ITNG.2009.81.
- [30] J. Bisgard, *Analysis and Linear Algebra: The Singular Value Decomposition and Applications*. 2021.