

Integrasi Teorema Bayes dan MOORA dalam Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Penerima Beasiswa

Sisilia Daeng Bakka Mau¹, Emerensiana Ngaga², Alfry Aristo Jansen Sinlae^{3*}, Ign. Pricher A. N. Samane⁴, Jose ray A. Lopes Da Cruz⁵, G. Melva Kurniaramadhan Adhia Lengary⁶, Hendra Setiawan Oly Bunga⁷

¹⁻⁷Fakultas Teknik, Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Katolik Widya Mandira, Kupang, Indonesia

¹sisiliamau@unwira.ac.id, ²emerensianangaga@unwira.ac.id, ^{3*}alfry.aj@unwira.ac.id,

⁴samane_pricher@yahoo.com, ⁵lopesdacruzjeray@gmail.com, ⁶zsp1804@gmail.com, ⁷setia170104@gmail.com

^{*)}alfry.aj@unwira.ac.id

Abstrak-Proses seleksi penerima beasiswa melibatkan berbagai kriteria akademik, sosial, dan ekonomi yang sering kali menimbulkan kompleksitas dalam pengambilan keputusan. Mekanisme seleksi yang dilakukan secara manual berpotensi menghasilkan penilaian yang subjektif, kurang konsisten, dan tidak transparan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) berbasis model *hybrid* yang mengintegrasikan Teorema Bayes dan *Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis* (MOORA) untuk meningkatkan objektivitas dan efisiensi seleksi penerima beasiswa. Teorema Bayes digunakan pada tahap awal untuk mengklasifikasikan kandidat ke dalam kategori layak dan tidak layak berdasarkan probabilitas posterior, sedangkan MOORA digunakan untuk menentukan prioritas penerima beasiswa melalui proses normalisasi, pembobotan, dan perhitungan nilai optimasi. Penelitian menggunakan data 20 calon penerima beasiswa yang dievaluasi berdasarkan delapan kriteria, yaitu prestasi akademik, prestasi non-akademik, keterlibatan masyarakat, kondisi ekonomi, penghasilan orang tua, domisili daerah 3T, status difabel, dan jumlah tanggungan orang tua. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa 14 kandidat memenuhi kategori layak, sedangkan 6 kandidat tidak dilanjutkan ke tahap pemeringkatan sehingga jumlah alternatif yang diproses pada tahap optimasi berkurang sebesar 30%. Selanjutnya, metode MOORA menghasilkan urutan prioritas penerima beasiswa berdasarkan nilai optimasi setiap alternatif. Temuan penelitian menunjukkan bahwa integrasi Teorema Bayes dan MOORA mampu menghasilkan proses seleksi yang lebih objektif, transparan, dan efisien dibandingkan pendekatan manual. Model yang diusulkan dapat menjadi alternatif yang efektif dalam mendukung pengambilan keputusan seleksi beasiswa pada perguruan tinggi.

Kata Kunci: Sistem Pendukung Keputusan; Seleksi Beasiswa; Teorema Bayes; MOORA; *Multi-Criteria Decision Making*.

Abstract-The scholarship selection process involves multiple academic, social, and economic criteria, making decision-making increasingly complex. Manual selection procedures are prone to subjectivity, inconsistency, and limited transparency, potentially reducing the accuracy of scholarship allocation. This study aims to develop a hybrid Decision Support System (DSS) by integrating the Bayesian Theorem and the Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA) method to improve the objectivity and efficiency of scholarship recipient selection. The Bayesian Theorem is employed in the initial stage to classify candidates into eligible and ineligible groups based on posterior probabilities, while MOORA is applied to rank eligible candidates through normalization, weighting, and optimization processes. The study used data from 20 scholarship applicants evaluated using eight criteria: academic achievement, non-academic achievement, community involvement, economic condition, parents' income, residence in underdeveloped, frontier, and outermost (3T) areas, disability status, and the number of family dependents. The classification results identified 14 candidates as eligible, while 6 candidates were excluded from the ranking stage, reducing the number of alternatives processed during optimization by 30%. Subsequently, the MOORA method generated the priority ranking of scholarship recipients based on the optimization value of each alternative. The findings demonstrate that the integration of the Bayesian Theorem and MOORA provides a more objective, transparent, and efficient scholarship selection process than conventional manual approaches. The proposed model can serve as an effective decision support tool for scholarship selection in higher education institutions.

Keywords: Decision Support System; Scholarship Selection; Bayes Theorem; MOORA; Multi-Criteria Decision Making.

1. PENDAHULUAN

Beasiswa memiliki peran penting sebagai instrumen strategis dalam memperluas kesempatan memperoleh pendidikan sekaligus membantu mahasiswa yang menghadapi keterbatasan ekonomi untuk tetap melanjutkan studi [1], [2]. Dalam praktiknya, proses penentuan penerima beasiswa tidak hanya mempertimbangkan satu aspek, melainkan melibatkan berbagai kriteria yang saling berinteraksi dan sering kali memiliki tingkat kepentingan yang berbeda, seperti prestasi akademik, kondisi sosial-ekonomi keluarga, hingga status wilayah asal yang termasuk kategori daerah 3T (terdepan, terluar, dan tertinggal) [3], [4], [5]. Kompleksitas tersebut menyebabkan proses evaluasi tidak dapat dilakukan hanya berdasarkan satu indikator tertentu [6], [7]. Pendekatan seleksi yang masih dilakukan secara manual kerap menimbulkan subjektivitas, ketidakkonsistenan dalam penilaian, serta potensi kesalahan ketika menentukan urutan prioritas calon penerima [8], [9].

Seiring perkembangan teknologi informasi, penerapan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) menjadi alternatif yang semakin relevan karena mampu menyediakan mekanisme evaluasi multi-kriteria yang lebih sistematis, terukur, dan transparan [2], [10], [11]. Dalam proses seleksi beasiswa, penggunaan SPK dapat meningkatkan tingkat objektivitas dan akuntabilitas keputusan sekaligus meminimalkan bias yang umum terjadi pada metode konvensional [1], [12], [13]. Melalui penerapan aturan matematis yang jelas, sistem ini mampu menghasilkan keputusan yang lebih konsisten sehingga efektivitas dan kredibilitas proses seleksi dapat ditingkatkan [14], [15]. Berbagai metode dalam kelompok *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM), seperti *Analytical Hierarchy Process* (AHP), *Simple Additive Weighting* (SAW), *Weighted Product* (WP), *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), dan *Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis* (MOORA), telah banyak dimanfaatkan untuk mendukung pengambilan keputusan yang melibatkan banyak kriteria [10], [16], [17], [18].

Di antara berbagai metode tersebut, MOORA menjadi salah satu pendekatan yang cukup populer karena memiliki tahapan perhitungan yang relatif sederhana, mudah diterapkan pada berbagai kasus, serta mampu mengolah jumlah alternatif yang besar tanpa mengurangi kualitas hasil evaluasi [16], [18], [19]. Selain itu, metode ini mampu menghasilkan pemeringkatan yang stabil melalui proses normalisasi data dan optimasi berdasarkan bobot setiap kriteria yang digunakan [4], [5], [20], [21]. Meskipun demikian, MOORA masih memiliki kelemahan yang berkaitan dengan sifat deterministiknya, yaitu mengasumsikan bahwa seluruh data yang digunakan bersifat pasti dan bebas dari unsur ketidakpastian [16], [22]. Pada kenyataannya, data yang berkaitan dengan kondisi sosial dan ekonomi mahasiswa sering kali bersifat ambigu, dinamis, serta tidak selalu dapat diukur secara presisi [3], [9], [23]. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan hasil pemeringkatan kurang mampu merepresentasikan keadaan nyata calon penerima beasiswa sehingga diperlukan pendekatan tambahan yang dapat mengakomodasi unsur ketidakpastian dalam data [22], [24].

Di sisi lain, pendekatan berbasis probabilitas seperti Teorema Bayes dan Naïve Bayes telah banyak diterapkan dalam berbagai penelitian pendidikan, khususnya untuk kebutuhan klasifikasi dan prediksi [23], [25], [26]. Metode ini bekerja dengan menghitung peluang kelayakan seseorang berdasarkan atribut atau karakteristik yang dimiliki, sehingga mampu menangani ketidakpastian data secara lebih baik dan menghasilkan keputusan yang didasarkan pada nilai probabilitas [24], [25], [27], [28]. Keunggulan tersebut menjadikan pendekatan Bayes efektif dalam menentukan kategori atau status kelayakan kandidat. Namun demikian, metode Bayes pada dasarnya tidak dirancang untuk menyusun pemeringkatan alternatif secara rinci sebagaimana yang dibutuhkan dalam proses seleksi yang melibatkan banyak kandidat [26], [27], [29]. Hingga saat ini, penelitian terkait MCDM dan klasifikasi umumnya masih berkembang secara terpisah, di mana MOORA lebih berfokus pada proses pemeringkatan alternatif, sedangkan Bayes digunakan untuk menentukan tingkat kelayakan kandidat [4], [10], [19], [24], [26], [30]. Padahal, kedua pendekatan tersebut memiliki karakteristik dan keunggulan yang saling melengkapi sehingga berpotensi menghasilkan sistem pengambilan keputusan yang lebih komprehensif apabila diintegrasikan [13], [22], [28], [29], [30].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengajukan suatu model *hybrid* yang mengombinasikan Teorema Bayes dan MOORA dalam proses seleksi beasiswa [28], [29]. Pada tahap awal, metode Bayes digunakan sebagai mekanisme klasifikasi untuk menilai tingkat kelayakan kandidat melalui perhitungan probabilitas posterior yang berasal dari atribut akademik, sosial, dan ekonomi yang dimiliki oleh setiap mahasiswa [23], [25], [26]. Selanjutnya, kandidat yang dinyatakan layak akan diproses menggunakan metode MOORA untuk memperoleh urutan prioritas berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan [4], [16]. Pendekatan dua tahap ini memungkinkan

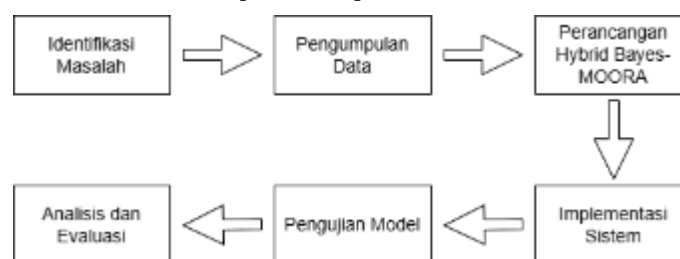
eliminasi awal terhadap kandidat yang tidak memenuhi persyaratan sehingga proses evaluasi menjadi lebih efisien, fokus, dan terarah [5], [20], [22], [29]. Adapun kontribusi utama penelitian ini meliputi: (1) penggabungan pendekatan probabilistik dan multi-kriteria dalam satu kerangka pengambilan keputusan yang terintegrasi [28], [30]; (2) penerapan Bayes sebagai tahap penyaringan awal guna mengurangi kompleksitas proses optimasi [23], [25]; (3) penggunaan MOORA untuk menghasilkan pemeringkatan yang objektif dan sistematis [16], [19]; serta (4) penyediaan bukti empiris terkait penanganan ketidakpastian data dalam proses seleksi beasiswa [22], [24]. Melalui kombinasi tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan literatur akademik sekaligus menawarkan solusi yang aplikatif bagi lembaga pendidikan dalam mengelola program beasiswa [2], [3], [10], [13].

Tujuan utama penelitian ini adalah merancang dan mengevaluasi Sistem Pendukung Keputusan *hybrid* yang mampu meningkatkan objektivitas, transparansi, dan efisiensi dalam proses seleksi beasiswa [1], [28]. Integrasi antara metode Bayes dan MOORA dapat menghasilkan rekomendasi yang lebih akurat dibandingkan dengan pendekatan manual maupun penggunaan satu metode secara terpisah [5], [30]. Selain itu, model yang dikembangkan bertujuan menciptakan mekanisme seleksi yang konsisten, dapat dipertanggungjawabkan, dan didasarkan pada analisis yang sistematis [11], [14]. Implementasi sistem ini juga diharapkan membantu perguruan tinggi dalam mengelola proses seleksi beasiswa secara lebih efektif dan terstruktur [2], [31]. Pada akhirnya, keberadaan sistem terintegrasi tersebut dapat menjadi alternatif solusi yang mampu meningkatkan kualitas pengambilan keputusan di lingkungan pendidikan tinggi serta mendukung distribusi beasiswa yang lebih tepat sasaran [3], [9], [10], [15].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif melalui pengembangan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) [1], [4] berbasis metode *hybrid* [28], [32] yang mengombinasikan Teorema Bayes [23] dengan *Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis* (MOORA) [16] dalam proses penentuan calon penerima beasiswa [1], [33]. Pemilihan pendekatan *hybrid* tersebut didasarkan pada kemampuannya dalam mengintegrasikan analisis probabilistik untuk mengelola ketidakpastian dan variasi data [22], [23] dengan metode pengambilan keputusan multikriteria [10], [13] yang mampu menghasilkan pemeringkatan alternatif secara lebih objektif, sistematis, dan terukur [11], [15]. Melalui kombinasi kedua metode tersebut, sistem yang dibangun diharapkan dapat meningkatkan akurasi proses seleksi [5], [34], meminimalkan subjektivitas dalam pengambilan keputusan [9], [35], serta memberikan rekomendasi yang lebih sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan. Selain itu, pendekatan ini juga memungkinkan proses evaluasi kandidat dilakukan secara lebih transparan dan konsisten [3], [31] sehingga mendukung efektivitas pengelolaan program beasiswa.

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui enam tahapan yang saling berkaitan dan disusun secara berurutan [1], [33]. Tahap pertama adalah identifikasi masalah serta studi literatur yang bertujuan untuk memahami permasalahan penelitian dan mengkaji berbagai teori maupun penelitian terdahulu yang relevan. Tahap kedua meliputi proses pengumpulan data serta pra-pemrosesan data [24], [25] guna memastikan kualitas dan kesiapan data sebelum digunakan dalam analisis. Selanjutnya, pada tahap ketiga dilakukan perancangan model *hybrid* Bayes-MOORA [28] sebagai inti dari sistem yang dikembangkan. Tahap keempat berupa implementasi Sistem Pendukung Keputusan [2] berdasarkan model yang telah dirancang. Setelah sistem berhasil dibangun, tahap kelima dilakukan pengujian model [36] untuk menilai kinerja, akurasi, dan konsistensi hasil yang dihasilkan. Tahap terakhir adalah analisis hasil dan evaluasi sistem [30] untuk mengetahui tingkat efektivitas model dalam mendukung proses seleksi penerima beasiswa serta mengidentifikasi kemungkinan pengembangan lebih lanjut. Alur tahapan penelitian secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1 Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

Tahap awal penelitian difokuskan pada proses identifikasi dan pemetaan berbagai permasalahan yang muncul dalam pelaksanaan seleksi penerima beasiswa [1], [8]. Analisis dilakukan secara menyeluruh terhadap mekanisme seleksi yang selama ini digunakan oleh institusi pendidikan guna memahami efektivitas dan kendala yang dihadapi dalam proses pengambilan keputusan. Kajian ini mencakup penelusuran terhadap aspek-aspek yang berpotensi menimbulkan bias, seperti subjektivitas dalam penilaian kandidat [1], [9], banyaknya kriteria yang harus dipertimbangkan secara bersamaan [10], [12], serta keterbatasan transparansi yang dapat memengaruhi tingkat keadilan dan akuntabilitas hasil seleksi [3]. Melalui tahap ini, diperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai kebutuhan sistem yang mampu mendukung proses seleksi secara lebih objektif, konsisten, dan terukur sehingga keputusan yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan dengan lebih baik [4], [33].

Di samping itu, penelitian juga melibatkan studi literatur yang komprehensif terhadap berbagai karya ilmiah yang membahas penerapan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) dalam proses seleksi beasiswa [1], [4], [19], [20]. Fokus kajian diarahkan pada penelitian yang memanfaatkan pendekatan *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) [10], [13], [14] maupun metode probabilistik [23], [24] untuk menyelesaikan permasalahan pengambilan keputusan yang melibatkan banyak alternatif dan kriteria. Hasil telaah literatur tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi kesenjangan penelitian (*research gap*) [8], [34], mengevaluasi kelebihan dan keterbatasan metode yang telah diterapkan pada studi sebelumnya, serta menentukan kriteria yang relevan untuk digunakan dalam penelitian ini. Selain itu, temuan dari kajian pustaka menjadi landasan dalam merancang dan menyusun model hibrida yang diusulkan [28], [32], sehingga model yang dikembangkan memiliki dasar teoritis yang kuat serta mampu memberikan solusi yang lebih efektif terhadap permasalahan seleksi penerima beasiswa.

2.2 Pengumpulan dan Pra pemrosesan Data

Data penelitian diperoleh dari data calon penerima beasiswa yang terdiri atas 20 alternatif mahasiswa dengan delapan kriteria penilaian [4], [33]. Kriteria yang digunakan meliputi: Prestasi Akademik (C1), Prestasi non-Akademik (C2), Keterlibatan Masyarakat (C3), Kondisi Ekonomi (C4), Penghasilan Orang Tua (C5), Domisili Daerah 3T (C6), Status Difabel (C7), dan Jumlah Tanggungan Orang Tua (C8). Pada tahap ini dilakukan proses data *cleaning*, transformasi data kategorikal menjadi nilai numerik [24], serta penyesuaian jenis atribut menjadi kriteria *benefit* dan *cost* [12], [16]. Transformasi dilakukan agar data dapat diproses menggunakan metode Bayes [24] dan MOORA [16], [18].

2.3 Perancangan Model Hybrid Bayes MOORA

Model yang diusulkan terdiri atas dua tahap pengambilan keputusan [28], [32]. Tahap pertama menggunakan Teorema Bayes untuk mengklasifikasikan kandidat ke dalam kategori “**Layak**” dan “**Tidak Layak**”. Tahap kedua menggunakan metode MOORA [5], [16] untuk melakukan pemeringkatan terhadap kandidat yang telah dinyatakan layak.

a. Klasifikasi Menggunakan Teorema Bayes

Teorema Bayes digunakan untuk menghitung probabilitas posterior setiap alternatif berdasarkan atribut yang dimiliki [23]. Persamaan dasar Teorema Bayes ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$P(C_i|X) = \frac{P(X|C_i) \times P(C_i)}{P(X)} \quad (1)$$

dengan:

$$\begin{aligned} P(C_i|X) &= \text{probabilitas posterior kelas } (C_i) & P(C_i) &= \text{probabilitas prior} \\ P(X|C_i) &= \text{likelihood} & P(X) &= \text{evidence} \end{aligned}$$

Karena penelitian menggunakan pendekatan Naïve Bayes [24], [25], [26], [37], maka *likelihood* dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$P(X|C_i) = \prod_{j=1}^n P(x_j|C_i) \quad (2)$$

dengan:

$$x_j = \text{atribut ke-}j \quad n = \text{jumlah atribut}$$

Nilai posterior kemudian digunakan untuk menentukan kategori keputusan [24], [27]. Alternatif dengan probabilitas kelas “**Layak**” lebih besar dibandingkan probabilitas kelas “**Tidak Layak**” akan diteruskan ke tahap pemeringkatan menggunakan MOORA.

b. Pemeringkatan Menggunakan MOORA

Metode MOORA digunakan untuk menentukan prioritas penerima beasiswa berdasarkan sejumlah kriteria yang telah ditetapkan [4], [19]. Tahap pertama adalah normalisasi matriks keputusan [16] menggunakan Persamaan (3).

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3)$$

dengan:

(x_{ij}) = nilai alternatif ke-i pada kriteria ke-j m = jumlah alternatif

(x_{ij}^*) = nilai normalisasi

Setelah normalisasi dilakukan, nilai optimasi dihitung menggunakan Persamaan (4) [16], [18].

$$Y_i = \sum_{j=1}^g w_j x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n w_j x_{ij}^* \quad (4)$$

dengan:

(Y_i) = nilai optimasi alternatif ke-i (g) = jumlah kriteria *benefit*

(w_j) = bobot kriteria

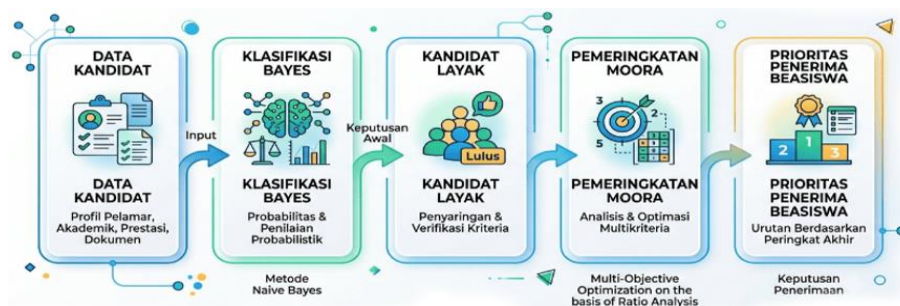
(n) = jumlah seluruh kriteria

Alternatif dengan nilai (Y_i) terbesar memperoleh prioritas tertinggi sebagai penerima beasiswa [4], [20].

c. Mekanisme Integrasi Bayes dan MOORA

Integrasi kedua metode dilakukan secara berurutan (*sequential hybrid model*) [28], [32]. Pada tahap pertama, Teorema Bayes berfungsi sebagai mekanisme penyaringan awal (*pre-classification*) [6], [27] untuk mengidentifikasi kandidat yang memenuhi persyaratan dasar penerimaan beasiswa. Tahap ini bertujuan mengurangi jumlah alternatif yang harus diproses pada tahap optimasi [34].

Selanjutnya, hanya kandidat yang diklasifikasikan sebagai “**Layak**” yang diproses menggunakan metode MOORA [5]. Pendekatan ini memungkinkan sistem menghasilkan keputusan yang lebih efisien karena proses pemeringkatan dilakukan pada alternatif yang telah memenuhi syarat kelayakan [8], [34]. Arsitektur model *hybrid* yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2.

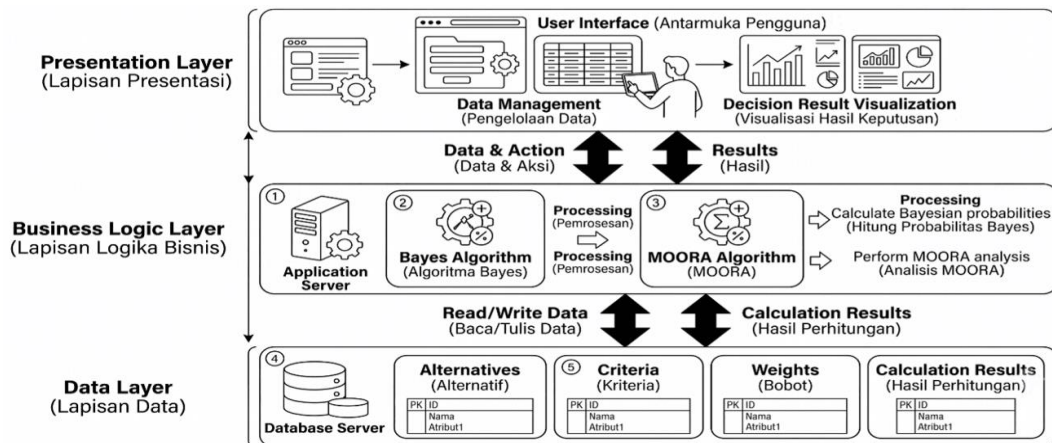


Gambar 2. Model Integrasi *Hybrid* Bayes-MOORA

2.4 Implementasi Sistem

Model *hybrid* yang telah dirancang kemudian diimplementasikan ke dalam sistem pendukung keputusan berbasis web [2], [36]. Sistem dikembangkan menggunakan arsitektur tiga lapisan (*three-tier architecture*) yang terdiri atas: *Presentation Layer*, *Business Logic Layer*, dan *Data Layer* [2].

Lapisan presentasi menyediakan antarmuka pengguna untuk pengelolaan data dan visualisasi hasil keputusan. Lapisan logika bisnis mengimplementasikan algoritma Bayes dan MOORA. Sementara itu, lapisan data berfungsi menyimpan data alternatif, data kriteria, bobot, dan hasil perhitungan sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. *Three Tier Architecture*

Bagan yang ditunjukkan dalam Gambar 3, menggambarkan arsitektur Sistem Pendukung Keputusan (SPK) berbasis web yang terdiri atas tiga lapisan utama, yaitu *Presentation Layer*, *Business Logic Layer*, dan *Data Layer*. *Presentation Layer* berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk mengelola data serta menampilkan hasil pengolahan dalam bentuk grafik dan diagram. *Business Logic Layer* bertindak sebagai pusat pemrosesan pada *Application Server*, yang mengolah data menggunakan metode *hybrid*, yaitu Algoritma Bayes untuk proses klasifikasi dan Algoritma MOORA untuk analisis serta pemeringkatan alternatif. Selanjutnya, *Data Layer* yang berada pada *Database Server* berperan menyimpan dan mengelola data alternatif, kriteria, bobot, serta hasil perhitungan sistem.

Secara keseluruhan, data diproses dari lapisan presentasi menuju lapisan data melalui logika bisnis, sedangkan hasil pengolahan dikembalikan ke antarmuka pengguna sebagai informasi pendukung pengambilan keputusan.

2.5 Pengujian dan Evaluasi Sistem

Evaluasi dilakukan melalui dua tahapan, yaitu:

- Pengujian Fungsional**
Pengujian dilakukan untuk memastikan seluruh fitur sistem berjalan sesuai kebutuhan pengguna [36]. Pengujian meliputi proses *input* data, perhitungan Bayes, perhitungan MOORA, serta penyajian hasil keputusan.
- Evaluasi Kinerja Model**
Evaluasi dilakukan dengan menganalisis hasil klasifikasi dan pemeringkatan yang dihasilkan sistem [15], [21]. Indikator evaluasi yang digunakan meliputi:
 - Jumlah kandidat yang lolos tahap klasifikasi Bayes.
 - Efektivitas penyaringan alternatif.
 - Konsistensi hasil pemeringkatan MOORA.
 - Objektivitas keputusan yang dihasilkan sistem.

Selain itu dilakukan analisis komparatif terhadap pendekatan metode tunggal dan metode *hybrid* [5], [20] untuk mengetahui kontribusi integrasi Bayes-MOORA terhadap kualitas proses seleksi beasiswa.

2.6 Analisis Data

Data hasil klasifikasi dan pemeringkatan dianalisis secara deskriptif kuantitatif [30]. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mengurangi kompleksitas proses seleksi [28], meningkatkan transparansi pengambilan keputusan [3], serta menghasilkan prioritas penerima beasiswa yang lebih objektif [4].

Hasil analisis digunakan sebagai dasar untuk menilai efektivitas model *hybrid* Bayes-MOORA dalam mendukung proses seleksi penerima beasiswa pada institusi pendidikan tinggi [32].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menerapkan model *hybrid* yang mengintegrasikan Teorema Bayes dan metode *Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis* (MOORA) untuk mendukung proses seleksi penerima beasiswa. Data



penelitian terdiri atas 20 alternatif mahasiswa yang dievaluasi berdasarkan delapan kriteria, yaitu prestasi akademik, prestasi non-akademik, keterlibatan masyarakat, kondisi ekonomi, penghasilan orang tua, domisili daerah 3T, status difabel, dan jumlah tanggungan keluarga seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1. Implementasi model dilakukan melalui dua tahapan utama, yaitu klasifikasi kelayakan menggunakan Teorema Bayes dan pemeringkatan alternatif menggunakan metode MOORA.

Tabel 1. Data Alternatif Beserta Kriteria

Nama Alternatif	Prestasi Akademik	Prestasi non Akademik	Keterlibatan Masyarakat	Kondisi Ekonomi	Penghasilan Orang Tua	Domisili 3T	Difabel	Jumlah Tanggungan
Andi Saputra	juara olimpiade	ada	ketua	sangat buruk	< 1jt	1	0	4
Budi Santoso	juara kelas	tidak ada	pengurus	buruk	1jt - 1.5jt	0	0	3
Citra Dewi	juara lainnya	ada	anggota	cukup	1.5jt - 2jt	0	1	5
Dedi Pratama	tidak ada akademik	ada	Tidak ada keterlibatan	baik	2jt - 2.5jt	1	0	2
Eka Rahmawati	juara kelas	ada	ketua	sangat buruk	< 1jt	0	0	6
Fajar Nugroho	juara olimpiade	tidak ada	anggota	buruk	3jt - 4jt	0	0	1
Gita Sari	juara lainnya	ada	pengurus	cukup	4jt - 5jt	1	0	4
Hendra Kurniawan	tidak ada akademik	ada	ketua	sangat baik	> 10jt	0	0	2
Indah Permata	juara olimpiade	ada	anggota	buruk	5jt - 6jt	1	0	5
Joko Wibisono	juara kelas	tidak ada	pengurus	sangat buruk	< 1jt	0	0	6
Kartika Ayu	juara olimpiade	ada	ketua	cukup	1.5jt - 2jt	0	1	3
Lukman Hakim	juara lainnya	tidak ada	anggota	buruk	2.5jt - 3jt	0	0	4
Maya Safitri	juara kelas	ada	pengurus	sangat buruk	1jt - 1.5jt	1	0	5
Nanda Prasetyo	tidak ada akademik	ada	ketua	baik	6jt - 8jt	0	0	2
Oki Firmansyah	juara olimpiade	tidak ada	pengurus	cukup	4jt - 5jt	0	1	3
Putri Melati	juara lainnya	ada	anggota	buruk	3jt - 4jt	1	0	4
Qori Ramadhani	juara kelas	ada	ketua	sangat baik	5jt - 6jt	0	0	1
Raka Aditya	juara olimpiade	ada	pengurus	sangat buruk	< 1jt	1	0	6
Sinta Lestari	juara kelas	tidak ada	anggota	cukup	1.5jt - 2jt	0	0	3
Tono Setiawan	juara lainnya	ada	Tidak ada keterlibatan	baik	8jt - 10jt	0	1	2

Data yang ditunjukkan dalam Tabel 1 merupakan data yang digunakan dalam penelitian terdiri atas 20 alternatif mahasiswa yang dievaluasi berdasarkan delapan kriteria, yaitu prestasi akademik (C1), prestasi non-akademik (C2), keterlibatan masyarakat (C3), kondisi ekonomi (C4), penghasilan orang tua (C5), domisili daerah 3T (C6),



status difabel (C7), dan jumlah tanggungan keluarga (C8). Kedelapan kriteria tersebut dipilih karena mampu merepresentasikan aspek akademik, sosial, dan ekonomi yang menjadi dasar kebijakan seleksi beasiswa. Data tersebut menunjukkan variasi karakteristik mahasiswa yang cukup beragam, mulai dari tingkat prestasi akademik hingga kondisi ekonomi keluarga. Variasi data ini penting karena memungkinkan model melakukan evaluasi yang lebih komprehensif terhadap tingkat kelayakan masing-masing kandidat.

3.1 Hasil Klasifikasi Kelayakan Menggunakan Teorema Bayes

Tahap awal dalam proses seleksi beasiswa difokuskan pada penyaringan kandidat yang memenuhi persyaratan dasar sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan oleh institusi. Pada tahap ini, setiap alternatif dianalisis menggunakan pendekatan probabilistik dengan mempertimbangkan seluruh atribut yang dimiliki oleh masing-masing mahasiswa. Proses klasifikasi dilakukan melalui penerapan Teorema Bayes untuk menghitung probabilitas posterior terhadap dua kelas keputusan, yaitu C_1 (“**Layak**”) dan C_2 (“**Tidak Layak**”). Dalam penelitian ini, probabilitas *prior* ditetapkan secara seimbang dengan nilai $P(C_1) = P(C_2) = 0,5$. Penetapan *prior* yang sama pada kedua kelas dilakukan secara sengaja untuk menjaga netralitas model dan menghindari kecenderungan awal terhadap salah satu kategori. Pendekatan ini relevan diterapkan ketika data historis yang dapat merepresentasikan distribusi kelas tidak tersedia atau belum menunjukkan dominasi yang signifikan, sehingga proses pengambilan keputusan tetap berada pada prinsip objektivitas dan keadilan.

Selain menetapkan probabilitas *prior*, penelitian ini juga menentukan nilai probabilitas bersyarat atau *likelihood* $P(X|C_1)$ dan $P(X|C_2)$ pada setiap tingkat atribut dari delapan kriteria yang digunakan dalam proses seleksi. Penentuan nilai probabilitas tersebut didasarkan pada kebijakan seleksi penerima beasiswa yang berlaku di institusi serta didukung oleh kajian literatur yang relevan. Kedelapan kriteria yang digunakan meliputi Prestasi Akademik, Prestasi Non akademik, Keterlibatan Masyarakat, Kondisi Ekonomi, Penghasilan Orang Tua, Domisili 3T, Status Difabel, dan Jumlah Tanggungan. Masing-masing kriteria memiliki karakteristik sebagai atribut *benefit* maupun *cost* serta diberikan bobot sesuai tingkat kepentingannya dalam proses pengambilan keputusan. Nilai bobot dan probabilitas Bayes yang digunakan ditampilkan pada Tabel 2 sebagai dasar dalam proses klasifikasi alternatif.

Tabel 2. Data Kriteria dan Bobot Kriteria

Kriteria	Jenis Kriteria	Bobot Kriteria	Bayes Probabilitas
Prestasi Akademik	<i>benefit</i>	0,16	0,98
Prestasi non Akademik	<i>benefit</i>	0,11	0,66
Keterlibatan Masyarakat	<i>benefit</i>	0,1	0,6
Kondisi Ekonomi	<i>benefit</i>	0,1	0,6
Penghasilan Orang Tua	<i>cost</i>	0,16	0,98
Domisili 3T	<i>benefit</i>	0,11	0,66
Difabel	<i>benefit</i>	0,1	0,6
Jumlah Tanggungan	<i>benefit</i>	0,16	0,98

Model klasifikasi yang digunakan mengacu pada pendekatan *Naïve Bayes Classifier*, yang berasumsi bahwa setiap kriteria bersifat independen secara kondisional terhadap kelas keputusan. Dengan asumsi tersebut, probabilitas posterior dapat dihitung melalui kombinasi probabilitas dari seluruh atribut yang dimiliki oleh setiap kandidat. Setelah dilakukan normalisasi posterior, alternatif yang memiliki nilai $P(C_1|X)$ lebih besar dibandingkan $P(C_2|X)$ dikategorikan sebagai “**Layak**” dan berhak melanjutkan ke tahap berikutnya. Sebaliknya, apabila nilai $P(C_2|X)$ lebih besar atau sama dengan $P(C_1|X)$, maka alternatif tersebut diklasifikasikan sebagai “**Tidak Layak**” dan tidak diproses pada tahap lanjutan. Mekanisme ini memungkinkan setiap kandidat dievaluasi berdasarkan peluang keanggotaannya terhadap masing-masing kelas secara kuantitatif, sehingga keputusan yang dihasilkan menjadi lebih sistematis, konsisten, dan memiliki landasan matematis yang jelas.

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan terhadap 20 alternatif mahasiswa, diperoleh 14 mahasiswa yang berhasil diklasifikasikan ke dalam kategori “**Layak**” untuk melanjutkan ke tahap berikutnya. Sementara itu, sebanyak 5 mahasiswa masuk ke dalam kategori “**Tidak Layak**”, sedangkan 1 mahasiswa berada pada kondisi ambang keputusan karena memiliki nilai probabilitas posterior yang relatif seimbang antara kelas C_1 dan C_2 . Hasil klasifikasi tersebut, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3, memperlihatkan bahwa metode Bayes mampu memisahkan alternatif secara efektif berdasarkan tingkat peluang kelayakannya. Keberadaan kandidat pada kategori ambang keputusan juga menunjukkan kemampuan model dalam mengidentifikasi kasus-kasus yang

memiliki tingkat ketidakpastian lebih tinggi sehingga dapat menjadi perhatian khusus dalam proses evaluasi selanjutnya.

Tabel 3. Hasil Probabilitas Kelayakan Mahasiswa

Nama Mahasiswa	Probabilitas Layak	Probabilitas Tidak Layak
Andi Saputra	0.99998	0.00002
Raka Aditya	0.99998	0.00002
Maya Safitri	0.99994	0.00006
Eka Rahmawati	0.99994	0.00006
Joko Wibisono	0.99977	0.00023
Citra Dewi	0.99920	0.00080
Kartika Ayu	0.99920	0.00080
Budi Santoso	0.99872	0.00128
Indah Permata	0.99041	0.00959
Putri Melati	0.99041	0.00959
Sinta Lestari	0.98875	0.01125
Gita Sari	0.98391	0.01609
Oki Firmansyah	0.94195	0.05805
Lukman Hakim	0.87917	0.12083
Qori Ramadhani	0.50000	0.50000
Fajar Nugroho	0.22376	0.77624
Tono Setiawan	0.00576	0.99424
Hendra Kurniawan	0.00000	1.00000
Dedi Pratama	0.00000	1.00000
Nanda Prasetyo	0.00000	1.00000

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa sebagian besar alternatif, yaitu sebesar 70%, berhasil diklasifikasikan ke dalam kategori “**Layak**”. Sementara itu, 25% alternatif berada pada kategori “**Tidak Layak**”, dan 5% lainnya berada pada kondisi ambang keputusan. Distribusi tersebut mengindikasikan bahwa mayoritas kandidat memiliki karakteristik yang sesuai dengan kriteria penerimaan beasiswa yang telah ditetapkan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4. Selain memberikan gambaran mengenai sebaran hasil klasifikasi, data ini juga menunjukkan kemampuan metode Bayes dalam menghasilkan keputusan awal yang cukup jelas sebelum dilakukan proses pemeringkatan. Keberadaan kategori ambang keputusan menunjukkan bahwa metode ini juga mampu mengidentifikasi kasus-kasus yang memerlukan perhatian lebih lanjut karena memiliki tingkat kepastian klasifikasi yang lebih rendah dibandingkan alternatif lainnya.

Tabel 4. Hasil Klasifikasi Bayes

Kategori	Jumlah Mahasiswa	Persentase
Layak	14	70%
Tidak Layak	5	25%
Ambang Keputusan	1	5%
Total	20	100%

Hasil klasifikasi yang diperoleh memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi proses seleksi berikutnya. Dari 20 alternatif awal, hanya 14 mahasiswa yang lolos ke tahap optimasi dan pemeringkatan, sehingga jumlah alternatif yang harus diproses pada tahap selanjutnya berkurang secara substansial. Dengan kata lain, terjadi reduksi alternatif sebesar 30% dari total data yang tersedia. Pengurangan jumlah kandidat ini memungkinkan proses pemeringkatan dilakukan secara lebih fokus dan efisien karena hanya melibatkan mahasiswa yang memiliki probabilitas kelayakan tinggi berdasarkan hasil klasifikasi awal. Selain menghemat waktu komputasi, langkah ini juga membantu meningkatkan efektivitas proses pengambilan keputusan karena perhatian dapat diarahkan pada kandidat yang paling potensial.

Temuan penelitian ini memperlihatkan bahwa penerapan Teorema Bayes sebagai mekanisme penyaringan awal mampu meningkatkan efisiensi sistem pendukung keputusan dibandingkan penggunaan metode MOORA secara tunggal. Pada pendekatan MOORA tanpa tahap klasifikasi, seluruh alternatif harus diproses secara langsung dalam

tahap pemeringkatan tanpa mempertimbangkan peluang kelayakan awal masing-masing kandidat. Sebaliknya, integrasi Bayes memungkinkan proses seleksi dilakukan secara bertahap, dimulai dengan penyaringan kandidat yang memenuhi syarat, kemudian dilanjutkan dengan pemeringkatan terhadap alternatif yang benar-benar relevan. Oleh karena itu, kombinasi Bayes dan MOORA tidak hanya meningkatkan efisiensi perhitungan, tetapi juga berpotensi menghasilkan keputusan yang lebih akurat, terstruktur, dan sesuai dengan tujuan seleksi penerima beasiswa.

3.2 Hasil Pemeringkatan Menggunakan MOORA

Setelah proses klasifikasi selesai dilakukan, tahap berikutnya adalah pemeringkatan kandidat yang dinyatakan layak menggunakan metode MOORA. Proses ini dilakukan melalui normalisasi matriks keputusan, pembobotan kriteria, dan perhitungan nilai optimasi (Y_i).

Sebelum dilakukan proses normalisasi menggunakan metode MOORA, seluruh atribut kualitatif dikonversi ke dalam bentuk numerik agar dapat diproses secara matematis. Skema konversi disusun berdasarkan kebijakan seleksi beasiswa dan karakteristik masing-masing kriteria sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 5. Nilai yang lebih tinggi pada kriteria *benefit* menunjukkan tingkat prioritas yang lebih baik, sedangkan pada kriteria *cost* menunjukkan kondisi yang kurang menguntungkan sehingga perlu diminimalkan dalam proses optimasi. Hasil konversi tersebut digunakan untuk membentuk matriks keputusan awal yang menjadi dasar perhitungan metode MOORA.

Tabel 5. Skema Konversi Atribut ke Matriks Keputusan MOORA

Kode	Kriteria	Jenis	Kategori	Skor
C1	Prestasi Akademik	Benefit	Juara Olimpiade	4
			Juara Kelas	3
			Juara Lainnya	2
			Tidak Ada Prestasi	1
C2	Prestasi Non-Akademik	Benefit	Ada Prestasi	1
			Tidak Ada Prestasi	0
C3	Keterlibatan Masyarakat	Benefit	Ketua Organisasi	4
			Pengurus	3
			Anggota	2
			Tidak Terlibat	1
C4	Kondisi Ekonomi	Benefit	Sangat Buruk	5
			Buruk	4
			Cukup	3
			Baik	2
			Sangat Baik	1
C5	Penghasilan Orang Tua (Rp/Bulan)	Cost	< 1.000.000	1
			1.000.000 – 2.000.000	2
			2.000.001 – 4.000.000	3
			4.000.001 – 6.000.000	5
			6.000.001 – 8.000.000	7
			> 8.000.000	8
C6	Domisili Daerah 3T	Benefit	Ya	1
			Tidak	0
C7	Status Difabel	Benefit	Ya	1
			Tidak	0
C8	Jumlah Tanggungan Orang Tua	Benefit	Jumlah anggota keluarga yang ditanggung	Nilai aktual

Berdasarkan skema konversi pada Tabel 5, setiap alternatif mahasiswa ditransformasikan ke dalam bentuk matriks keputusan numerik. Sebagai contoh, mahasiswa dengan prestasi akademik kategori Juara Olimpiade memperoleh skor 4 pada kriteria C1, sedangkan mahasiswa yang berasal dari daerah 3T memperoleh skor 1 pada kriteria C6. Proses transformasi ini menghasilkan matriks keputusan awal sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 6 yang selanjutnya dinormalisasi menggunakan metode MOORA untuk memperoleh nilai optimasi setiap alternatif.

Tabel 6. Matriks Keputusan Awal (X)

Nama Alternatif	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Andi Saputra	4	1	4	5	1	1	0	4
Budi Santoso	3	0	3	4	2	0	0	3
Citra Dewi	2	1	2	3	3	0	1	5
Eka Rahmawati	3	1	4	5	1	0	0	6
Gita Sari	2	1	3	3	7	1	0	4
Indah Permata	4	1	2	4	8	1	0	5
Joko Wibisono	3	0	3	5	1	0	0	6
Kartika Ayu	4	1	4	3	3	0	1	3
Lukman Hakim	2	0	2	4	5	0	0	4
Maya Safitri	3	1	3	5	2	1	0	5
Oki Firmansyah	4	0	3	3	7	0	1	3
Putri Melati	2	1	2	4	6	1	0	4
Raka Aditya	4	1	3	5	1	1	0	6
Sinta Lestari	3	0	2	3	3	0	0	3

Berdasarkan data pada Tabel 6, selanjutnya dilakukan perhitungan matriks normalisasi. Normalisasi dilakukan menggunakan metode *vector normalization* sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (3). Proses ini bertujuan untuk menghilangkan perbedaan satuan antar kriteria sehingga setiap atribut dapat dibandingkan secara proporsional dalam proses pengambilan keputusan. Nilai hasil normalisasi diperoleh dengan membagi setiap elemen matriks keputusan terhadap akar kuadrat jumlah kuadrat seluruh nilai pada kriteria yang bersangkutan. Hasil perhitungan dari matriks normalisasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Matriks Normalisasi (X*)

Nama Alternatif	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Andi Saputra	0,337	0,333	0,362	0,327	0,062	0,408	0,000	0,238
Budi Santoso	0,253	0,000	0,272	0,261	0,124	0,000	0,000	0,178
Citra Dewi	0,168	0,333	0,181	0,196	0,185	0,000	0,577	0,297
Eka Rahmawati	0,253	0,333	0,362	0,327	0,062	0,000	0,000	0,357
Gita Sari	0,168	0,333	0,272	0,196	0,432	0,408	0,000	0,238
Indah Permata	0,337	0,333	0,181	0,261	0,494	0,408	0,000	0,297
Joko Wibisono	0,253	0,000	0,272	0,327	0,062	0,000	0,000	0,357
Kartika Ayu	0,337	0,333	0,362	0,196	0,185	0,000	0,577	0,178
Lukman Hakim	0,168	0,000	0,181	0,261	0,309	0,000	0,000	0,238
Maya Safitri	0,253	0,333	0,272	0,327	0,124	0,408	0,000	0,297
Oki Firmansyah	0,337	0,000	0,272	0,196	0,432	0,000	0,577	0,178
Putri Melati	0,168	0,333	0,181	0,261	0,371	0,408	0,000	0,238
Raka Aditya	0,337	0,333	0,272	0,327	0,062	0,408	0,000	0,357
Sinta Lestari	0,253	0,000	0,181	0,196	0,185	0,000	0,000	0,178

Setelah diperoleh matriks keputusan yang telah dinormalisasi, tahap selanjutnya dalam metode MOORA adalah pembentukan matriks normalisasi terbobot. Tahap ini bertujuan untuk mengintegrasikan tingkat kepentingan relatif setiap kriteria ke dalam nilai hasil normalisasi, sehingga kontribusi masing-masing kriteria terhadap keputusan akhir dapat direpresentasikan secara proporsional. Matriks normalisasi terbobot diperoleh dari setiap kriteria pada tiap nama alternatif dari matriks normalisasi dikalikan dengan bobot kriterianya masing-masing yang terdapat dalam Tabel 2. Hasil perhitungan matriks normalisasi terbobot dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Matriks Normalisasi Terbobot

Nama Alternatif	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Andi Saputra	0,054	0,037	0,036	0,033	0,010	0,045	0	0,038
Budi Santoso	0,040	0	0,027	0,026	0,020	0	0	0,029
Citra Dewi	0,027	0,037	0,018	0,020	0,030	0	0,058	0,048
Eka Rahmawati	0,040	0,037	0,036	0,033	0,010	0	0	0,057

Gita Sari	0,027	0,037	0,027	0,020	0,069	0,045	0	0,038
Indah Permata	0,054	0,037	0,018	0,026	0,079	0,045	0	0,048
Joko Wibisono	0,040	0	0,027	0,033	0,010	0	0	0,057
Kartika Ayu	0,054	0,037	0,036	0,020	0,030	0	0,058	0,029
Lukman Hakim	0,027	0	0,018	0,026	0,049	0	0	0,038
Maya Safitri	0,040	0,037	0,027	0,033	0,020	0,045	0	0,048
Oki Firmansyah	0,054	0	0,027	0,020	0,069	0	0,058	0,029
Putri Melati	0,027	0,037	0,018	0,026	0,059	0,045	0	0,038
Raka Aditya	0,054	0,037	0,027	0,033	0,010	0,045	0	0,057
Sinta Lestari	0,040	0	0,018	0,020	0,030	0	0	0,029

Matriks normalisasi terbobot yang dihasilkan dalam Tabel 8 mencerminkan nilai kontribusi aktual setiap kriteria terhadap masing-masing alternatif, baik untuk kriteria bertipe *benefit* maupun *cost*. Nilai-nilai pada matriks ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan nilai optimasi MOORA (Y_i), yaitu dengan menjumlahkan seluruh kriteria *benefit* dan mengurangi kriteria *cost* menggunakan persamaan (4). Hasil perhitungan nilai optimasi MOORA menghasilkan urutan prioritas penerima beasiswa sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Pemeringkatan Calon Penerima Beasiswa dengan MOORA

Nama	Total Benefit	Total Cost	Nilai Y_i	Peringkat
Andi Saputra	0,210	0,043	0,167159	2
Budi Santoso	0,096	0,046	0,050199	12
Citra Dewi	0,187	0,049	0,137747	5
Eka Rahmawati	0,170	0,043	0,127799	6
Gita Sari	0,174	0,089	0,084922	8
Indah Permata	0,201	0,105	0,095906	7
Joko Wibisono	0,125	0,043	0,082079	9
Kartika Ayu	0,213	0,049	0,163781	3
Lukman Hakim	0,083	0,076	0,007527	14
Maya Safitri	0,197	0,052	0,144257	4
Oki Firmansyah	0,167	0,089	0,078521	11
Putri Melati	0,165	0,085	0,079216	10
Raka Aditya	0,220	0,043	0,177128	1
Sinta Lestari	0,087	0,049	0,037797	13

Nilai Y_i yang lebih besar menunjukkan tingkat prioritas yang lebih tinggi untuk menerima beasiswa. Hasil pemeringkatan menunjukkan bahwa kandidat yang berada pada posisi teratas umumnya memiliki kombinasi kinerja akademik yang baik, kondisi ekonomi yang kurang mampu, jumlah tanggungan keluarga yang tinggi, serta dukungan atribut sosial lainnya seperti domisili 3T dan keterlibatan masyarakat.

Sebaliknya, kandidat yang berada pada posisi bawah umumnya memiliki nilai yang lebih rendah pada beberapa kriteria *benefit* atau memiliki nilai *cost* yang relatif tinggi, khususnya pada aspek penghasilan orang tua dan kondisi ekonomi.

Analisis terhadap hasil pemeringkatan menunjukkan bahwa kriteria prestasi akademik, penghasilan orang tua, dan jumlah tanggungan keluarga memberikan pengaruh yang paling dominan terhadap nilai akhir alternatif. Hal ini terjadi karena ketiga kriteria tersebut memiliki bobot terbesar dibandingkan kriteria lainnya. Dari perspektif kebijakan beasiswa, hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem tidak hanya mempertimbangkan aspek prestasi, tetapi juga memperhatikan aspek pemerataan akses pendidikan melalui indikator ekonomi dan kondisi keluarga mahasiswa. Dengan demikian, keputusan yang dihasilkan menjadi lebih seimbang antara prinsip meritokrasi dan keadilan sosial.

3.3 Analisis Hasil Integrasi Bayes dan MOORA

Perbedaan mendasar penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada mekanisme pengintegrasian kedua metode dalam proses pengambilan keputusan. Integrasi tersebut dirancang agar setiap metode menjalankan fungsi yang berbeda namun saling melengkapi, sehingga proses seleksi menjadi lebih terstruktur dan efektif.

Pada penelitian terdahulu, metode MOORA umumnya diterapkan secara langsung terhadap seluruh alternatif sehingga setiap kandidat langsung memperoleh nilai dan peringkat tanpa melalui tahap penilaian terhadap tingkat

probabilitas kelayakannya. Pendekatan ini berpotensi menempatkan kandidat dengan tingkat kelayakan yang rendah pada posisi peringkat yang relatif tinggi apabila memiliki skor yang besar pada beberapa kriteria tertentu. Berbeda dengan pendekatan tersebut, model *hybrid* yang diusulkan memanfaatkan Teorema Bayes sebagai tahap penyaringan awal (*pre-screening*). Pada tahap ini, probabilitas kelayakan setiap kandidat dihitung terlebih dahulu, kemudian hanya kandidat dengan probabilitas kelayakan tertinggi yang dilanjutkan ke tahap optimasi menggunakan metode MOORA. Dengan mekanisme dua tahap tersebut, proses klasifikasi dan pemeringkatan dilakukan secara terpisah sesuai dengan karakteristik masing-masing metode, sehingga menghasilkan proses pengambilan keputusan yang lebih sistematis.

Dari perspektif metodologis, integrasi kedua metode tersebut memberikan tiga keunggulan utama. Pertama, meningkatkan objektivitas hasil keputusan karena alternatif yang tidak memenuhi kriteria dasar telah dieliminasi sebelum memasuki tahap pemeringkatan. Kedua, menurunkan kompleksitas komputasi karena jumlah alternatif yang diproses pada tahap optimasi menjadi lebih sedikit, sehingga proses perhitungan dapat dilakukan secara lebih efisien. Ketiga, menghasilkan urutan prioritas yang lebih representatif karena proses pemeringkatan hanya diterapkan pada kandidat yang telah memenuhi persyaratan kelayakan penerima beasiswa berdasarkan hasil klasifikasi awal.

3.4 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengintegrasian Teorema Bayes dan MOORA mampu mengatasi berbagai keterbatasan yang muncul ketika kedua metode diterapkan secara terpisah. Dalam model yang dikembangkan, Teorema Bayes berfungsi sebagai metode klasifikasi yang memanfaatkan pendekatan probabilistik untuk mengelola ketidakpastian data, sedangkan MOORA berperan sebagai metode optimasi yang digunakan untuk menyusun prioritas alternatif berdasarkan sejumlah kriteria penilaian.

Temuan tersebut konsisten dengan hasil penelitian terdahulu yang mengungkapkan bahwa metode berbasis probabilitas efektif digunakan dalam proses klasifikasi, sementara metode *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) memiliki kemampuan yang baik dalam melakukan pemeringkatan alternatif. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih menerapkan kedua pendekatan tersebut secara terpisah sehingga keunggulan masing-masing metode belum dapat dimanfaatkan secara terpadu dalam satu mekanisme pengambilan keputusan.

Model *hybrid* yang diusulkan menawarkan kontribusi metodologis melalui penerapan tahap *pre-classification* menggunakan Teorema Bayes sebelum proses optimasi dilakukan dengan metode MOORA. Mekanisme ini tidak hanya meningkatkan efisiensi proses seleksi, tetapi juga menghasilkan keputusan yang lebih konsisten karena hanya alternatif yang telah memenuhi batas minimum probabilitas kelayakan yang diproses pada tahap pemeringkatan.

Dari aspek implementasi, model yang dikembangkan berpotensi diterapkan pada berbagai program bantuan pendidikan yang melibatkan banyak kriteria dalam proses evaluasi. Karakteristik model yang bersifat modular memungkinkan penyesuaian terhadap penambahan maupun pengurangan kriteria tanpa mengubah mekanisme dasar pengambilan keputusan. Dengan demikian, model ini memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi sehingga dapat diadaptasi pada berbagai kebijakan seleksi penerima beasiswa di institusi pendidikan yang berbeda.

Secara keseluruhan, hasil penelitian membuktikan bahwa integrasi Teorema Bayes dan MOORA mampu menghasilkan proses seleksi yang lebih objektif, transparan, sistematis, serta efisien dibandingkan pendekatan yang hanya mengandalkan satu metode. Temuan tersebut sekaligus memperkuat kontribusi penelitian dalam pengembangan sistem pendukung keputusan berbasis model *hybrid* untuk menyelesaikan permasalahan seleksi penerima beasiswa secara lebih optimal.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) berbasis model *hybrid* yang mengintegrasikan Teorema Bayes dengan *Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis* (MOORA) untuk mendukung proses seleksi penerima beasiswa. Integrasi kedua metode tersebut diterapkan melalui mekanisme dua tahap, yaitu klasifikasi tingkat kelayakan menggunakan Teorema Bayes yang kemudian dilanjutkan dengan proses pemeringkatan kandidat menggunakan metode MOORA.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Teorema Bayes mampu berfungsi secara efektif sebagai mekanisme penyaringan awal (*pre-classification*) dengan mengelompokkan kandidat ke dalam kategori “**Layak**” dan “**Tidak Layak**” berdasarkan kombinasi atribut akademik, sosial, dan ekonomi. Dari total 20 alternatif mahasiswa yang dievaluasi, sebanyak 14 mahasiswa diklasifikasikan sebagai kandidat yang layak menerima beasiswa, sedangkan 6 mahasiswa lainnya tidak diteruskan ke tahap optimasi. Mekanisme tersebut berhasil mengurangi jumlah alternatif yang diproses pada tahap pemeringkatan hingga 30%, sehingga efisiensi proses pengambilan keputusan dapat ditingkatkan. Pada tahap berikutnya, metode MOORA berhasil menghasilkan urutan prioritas penerima beasiswa secara objektif melalui proses normalisasi, pembobotan, dan perhitungan nilai optimasi berdasarkan delapan kriteria penilaian yang telah ditetapkan. Hasil pemeringkatan menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan tingkat prioritas setiap kandidat secara jelas, konsisten, dan sesuai dengan karakteristik akademik serta kondisi sosial ekonomi masing-masing mahasiswa. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada pengembangan model *hybrid* yang mengombinasikan kemampuan klasifikasi berbasis probabilitas dengan optimasi multikriteria dalam satu kerangka Sistem Pendukung Keputusan. Dibandingkan dengan penggunaan metode tunggal, pendekatan yang diusulkan mampu meningkatkan transparansi proses seleksi, mengurangi kompleksitas pada tahap pemeringkatan, serta menghasilkan keputusan yang lebih objektif, sistematis, dan terukur. Oleh karena itu, model Bayes–MOORA dapat dijadikan sebagai alternatif yang efektif dalam mendukung proses seleksi penerima beasiswa pada berbagai institusi pendidikan tinggi. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan model yang telah diusulkan dengan menggunakan jumlah data yang lebih besar agar kemampuan generalisasi sistem semakin baik. Selain itu, penerapan teknik pembobotan dinamis, seperti AHP, PIPRECIA, atau *Entropy Weighting*, dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan kualitas pembobotan kriteria. Penelitian berikutnya juga dapat membandingkan kinerja model Bayes–MOORA dengan berbagai metode *hybrid* lainnya guna memperoleh tingkat akurasi, konsistensi, dan stabilitas keputusan yang lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia atas dukungan pendanaan yang diberikan melalui Program Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun 2026 berdasarkan Kontrak Penelitian Nomor: 136/CT/DT.05.00/PL/2025. Apresiasi juga disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Katolik Widya Mandira atas dukungan administratif, fasilitasi, serta pendampingan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh responden dan berbagai pihak yang telah berkontribusi dalam proses pengumpulan data, implementasi sistem, serta penyempurnaan naskah artikel ini.

REFERENSI

- [1] M. S. W. Senoaji, E. I. Sela, A. Lukman, F. A. Apriansyah, and O. K. Novaldy, “Decision Support System for Scholarship Recipients at Bhakti Setya Indonesia Health Polytechnic Foundation Using SAW and TOPSIS Methods,” *1*, vol. 8, no. 2, pp. 330–341, Dec. 2024, doi: 10.37339/e-komtek.v8i2.2183.
- [2] M. S. A.-A. Al-Ayyubi and B. Maulana, “Designing a Web-Based Information System for Scholarship Management: Supporting Access and Rapid Dissemination of Information,” *ITEJ (Information Technology Engineering Journals)*, vol. 8, no. 1, pp. 14–33, Jun. 2023, doi: 10.24235/itej.v8i1.111.
- [3] Y. Orgianus, F. Lapalanti, H. Tarmizi, and H. Oemar, “Optimizing scholarship distribution: a management information system approach,” *Acta logist*, vol. 11, no. 02, pp. 197–209, Jun. 2024, doi: 10.22306/al.v11i2.497.
- [4] E. Nahak, F. Tedy, Y. C. H. Siki, E. Ngaga, E. Jando, and S. D. B. Mau, “Implementasi Metode MOORA dalam Sistem Pendukung Keputusan bagi Calon Penerima Beasiswa Program Indonesia Pintar di SMPN Satu Atap Nununamat,” *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 4, no. 1, Art. no. 1, Jun. 2024, doi: 10.24002/konstelasi.v4i1.8972.
- [5] A. Anggrawan, Mayadi, C. Satria, and L. G. R. Putra, “Scholarship Recipients Recommendation System Using AHP and Moora Methods,” *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, vol. 15, no. 2, pp. 260–275, Jan. 2022, doi: 10.22266/ijies2022.0430.24.
- [6] S. R. Cholil, T. Handayani, R. Prathivi, and T. Ardianita, “Implementasi Algoritma Klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN) Untuk Klasifikasi Seleksi Penerima Beasiswa,” *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, vol. 6, no. 2, Dec. 2021, doi: 10.31294/ijcit.v6i2.10438.



- [7] M. F. Al-Akbari, M. A. Munandar, and G. Triyono, "Model Optimalisasi Seleksi Penerimaan Beasiswa Perguruan Tinggi Swasta Menggunakan K-Means dan TOPSIS," *Jurnal Algoritma*, vol. 22, no. 1, 2025, doi: 10.33364/algoritma/v.22-1.1419.
- [8] I. J. Malelak, C. E. A. Pah, K. Letelay, and J. R. M. Ledoh, "Implementasi Sistem Pendukung Keputusan dalam Seleksi Penerima Beasiswa di Kabupaten Rote Ndao dengan Metode SAW dan TOPSIS," *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 5, no. 2, 2025, doi: 10.24002/konstelasi.v5i2.13268.
- [9] H. Purwanto and M. Lase, "Implementation of The Analytical Hierarchy Process Method in The Selection of Prospective Scholarship Recipients," *Journal of Information System, Informatics and Computing*, vol. 7, no. 2, pp. 436–446, Dec. 2023, doi: 10.52362/jisicom.v7i2.1290.
- [10] H. Taherdoost and M. Madanchian, "Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts," *Encyclopedia*, vol. 3, no. 1, pp. 77–87, Mar. 2023, doi: 10.3390/encyclopedia3010006.
- [11] Y. Li, X. He, L. Martínez, J. Zhang, D. Wang, and X. A. Liu, "Comparative analysis of three categories of multi-criteria decision-making methods," *Expert Systems with Applications*, vol. 238, p. 121824, Mar. 2024, doi: 10.1016/j.eswa.2023.121824.
- [12] H. Taherdoost, "Analysis of Simple Additive Weighting Method (SAW) as a MultiAttribute Decision-Making Technique: A Step-by-Step Guide," *Journal of Management Science & Engineering Research*, vol. 6, no. 1, pp. 21–24, Feb. 2023, doi: 10.30564/jmser.v6i1.5400.
- [13] S. K. Sahoo and S. S. Goswami, "A Comprehensive Review of Multiple Criteria Decision-Making (MCDM) Methods: Advancements, Applications, and Future Directions," *Decision Making Advances*, vol. 1, no. 1, pp. 25–48, Jun. 2023, doi: 10.31181/dma1120237.
- [14] P. Villalba, A. J. Sánchez-Garrido, and V. Yepes, "A review of multi-criteria decision-making methods for building assessment, selection, and retrofit," *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 30, no. 5, pp. 465–480, Jun. 2024, doi: 10.3846/jcem.2024.21621.
- [15] N. Ersoy and N. Keleş, "Comparison of multi-criteria decision-making methods with the same normalization procedure based on real-life applications," *Operations Research and Decisions*, vol. 34, no. 3, 2024, doi: 10.37190/ord240305.
- [16] R. Singh *et al.*, "A historical review and analysis on MOORA and its fuzzy extensions for different applications," *Heliyon*, vol. 10, no. 3, p. e25453, Feb. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e25453.
- [17] A. Štilić and A. Puška, "Integrating Multi-Criteria Decision-Making Methods with Sustainable Engineering: A Comprehensive Review of Current Practices," *Eng*, vol. 4, no. 2, pp. 1536–1549, Jun. 2023, doi: 10.3390/eng4020088.
- [18] F. R. Tsani and U. Chotijah, "The Implementation of MOORA Methods to Support the Refinement of Decision Priority System in Information Technology," *Jurnal Riset Informatika*, vol. 5, no. 1, pp. 63–70, Dec. 2022, doi: 10.34288/jri.v5i1.181.
- [19] D. A. Perdana, D. Prabowo, and B. W. Sari, "Implementation of Moora Method for Decision Support System Scholarship Selection in SMK Muhammadiyah Prambanan," *Jurnal Pilar Nusa Mandiri*, vol. 18, no. 1, pp. 31–36, Mar. 2022, doi: 10.33480/pilar.v18i1.2261.
- [20] N. K. A. Piantari, I. N. T. A. Putra, S. Widiastutik, and K. S. Kartini, "Comparative Analysis of The MOORA Method for Evaluating The Effectiveness of Scholarship Acceptance," *Jurnal Galaksi*, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, May 2024, doi: 10.70103/galaksi.v1i1.3.
- [21] M. Hamurcu and T. Eren, "Applications of the MOORA and TOPSIS methods for decision of electric vehicles in public transportation technology," *Transport*, vol. 37, no. 4, pp. 251–263, Nov. 2022, doi: 10.3846/transport.2022.17783.
- [22] B. Solaiman, D. Guériot, S. Almouahed, B. Alsahwa, and É. Bossé, "A New Hybrid Possibilistic-Probabilistic Decision-Making Scheme for Classification," *Entropy*, vol. 23, no. 1, p. 67, Jan. 2021, doi: 10.3390/e23010067.
- [23] R. G. Brereton, "Introduction to Bayesian methods," *Journal of Chemometrics*, vol. 36, no. 1, pp. 1–5, Apr. 2021, doi: 10.1002/cem.3333.
- [24] F. M. Febri and D. P. Sari, "Determination of Bank Indonesia Scholarship Recipients Using Naïve Bayes Classifier," *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, vol. 17, no. 3, pp. 1595–1604, Sep. 2023, doi: 10.30598/barekengvol17iss3pp1595-1604.
- [25] A. Putri, J. Jasmir, and B. Purnama, "Klasifikasi Kelayakan Penerima Beasiswa Menggunakan Naive Bayes dengan Optimasi Atribut Berbasis K-Means Clustering: Classification of Scholarship Eligibility Using Naïve Bayes with Attribute Optimization Based on K-Means Clustering," *MALCOM: Indonesian Journal*



- of *Machine Learning and Computer Science*, vol. 5, no. 4, pp. 1450–1462, Oct. 2025, doi: 10.57152/malcom.v5i4.2312.
- [26] M. Hidayat, A. N. Fuadi, D. P. Utomo, E. D. Astuti, and D. Asmarajati, “Studi Komparasi Algoritma Naïve Bayes dan K-NN Untuk Klasifikasi Penerimaan Beasiswa di MI AL – Islamiyah Karangasawah,” *STORAGE: Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 4, pp. 172–180, Nov. 2023, doi: 10.55123/storage.v2i4.2865.
- [27] R. C. A. Fajardo, F. B. Yara, R. F. Ardeña, M. K. L. Hernandez, and J. C. T. Arroyo, “A Data-Driven Approach in Predicting Scholarship Grants of a Local Government Unit in the Philippines Using Machine Learning,” *International Journal of Engineering Trends and Technology - IJETT*, vol. 72, 2024, doi: 10.14445/22315381/IJETT-V72I6P108.
- [28] R. Kaya, S. Salhi, and V. Spiegler, “A novel integration of MCDM methods and Bayesian networks: the case of incomplete expert knowledge,” *Ann Oper Res*, vol. 320, no. 1, pp. 205–234, Jan. 2023, doi: 10.1007/s10479-022-04996-7.
- [29] M. Mohammadi, “Unified Bayesian Frameworks for Multi-criteria Decision-making Problems,” *Expert Systems with Applications*, pp. 1–19, 2022, doi: 10.48550/ARXIV.2208.13390.
- [30] S. Khodabakhshi, M. A. A. Habib, and W. Peng, “A Decision-Making System for Medical Transportation Mode Using Machine Learning Methods,” *Engineering Proceedings*, vol. 76, no. 1, p. 74, 2024, doi: 10.3390/engproc2024076074.
- [31] A. A. J. Sinlae, P. F. M. Tengangatu, D. H. Raming, I. P. A. N. Samane, and F. Tedy, “Inovasi Dashboard Beasiswa Berbasis Spreadsheet: Digitalisasi Pendataan Efisien di SMK Negeri 1 Takari,” *Jurnal Hasil Pengabdian Masyarakat (JURIBMAS)*, vol. 5, no. 1, pp. 205–216, May 2026, doi: 10.62712/juribmas.v5i1.1025.
- [32] M. Cebesoy, C. Tuncer Şakar, and B. Yet, “Multicriteria decision support under uncertainty: combining outranking methods with Bayesian networks,” *Ann Oper Res*, Jun. 2024, doi: 10.1007/s10479-024-06064-8.
- [33] T. B. W. Irmansyah, O. S. Bachri, and B. Irawan, “Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Penerima Beasiswa dengan Pendekatan Metode MOORA Berbasis Web,” *Jurnal Sains dan Informatika*, vol. 10, no. 1, Art. no. 1, Aug. 2024, doi: 10.34128/jsi.v10i1.887.
- [34] M. F. Al-akbari, M. A. Munandar, and G. Triyono, “Model Optimalisasi Seleksi Penerimaan Beasiswa Perguruan Tinggi Swasta Menggunakan K-Means dan TOPSIS,” vol. 22, no. 2, Dec. 2025, doi: doi.org/10.33364/algoritma/v.22-2.2531.
- [35] M. Kholifaturrahman, S. Rachmatullah, and B. Said, “Decision Support System for Single Tuition Scholarship Awardees in Higher Education Using Mamdani Fuzzy Inference,” *Journal of Information Technology and Cyber Security*, vol. 1, no. 2, pp. 85–97, Dec. 2023, doi: 10.30996/jitcs.10009.
- [36] E. Tasrif, H. K. Saputra, D. Kurniadi, H. Hidayat, and A. Mubai, “Designing Website-Based Scholarship Management Application for Teaching of Analytical Hierarchy Process (AHP) in Decision Support Systems (DSS) Subjects,” *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, vol. 15, no. 09, Art. no. 09, May 2021, doi: 10.3991/ijim.v15i09.23513.
- [37] G. Suganda, M. Asfi, R. T. Subagio, and R. P. Kusuma, “Penentuan Penerima Bantuan Beasiswa Kartu Indonesia Pintar (KIP) Kuliah Menggunakan Naïve Bayes Classifier,” *JSiI (Jurnal Sistem Informasi)*, vol. 9, no. 2, Art. no. 2, Sep. 2022, doi: 10.30656/jsii.v9i2.4376.