



Implementasi Penunjang Keputusan Pemilihan Biji Kopi Robusta dan Arabika Terbaik Menggunakan Metode *Promethee* pada Perkebunan Kopi

Devani Erik Saputra^{*}, Syaeful Machfud

Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia

Email: ^{1,*}devanieriksaputra123@gmail.com, ²dosen02836@unpam.ac.id

(* : coresponding author)

Abstrak—Biji kopi merupakan salah satu komoditas penting dalam industri pangan dan minuman, di mana mutu biji kopi sangat menentukan kualitas produk akhir yang dihasilkan. Penilaian mutu biji kopi berkualitas tinggi menjadi faktor krusial untuk menjaga kepuasan konsumen dan mempertahankan konsistensi cita rasa. Proses penilaian ini memerlukan metode yang akurat dan objektif karena melibatkan berbagai faktor kompleks seperti ukuran, warna, aroma, rasa, dan tingkat kekeringan. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) hadir sebagai solusi efektif dalam membantu proses pengambilan keputusan yang kompleks dan berorientasi pada banyak kriteria. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan dan mengimplementasikan SPK berbasis metode *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE) untuk menilai dan menentukan mutu biji kopi Robusta dan Arabika terbaik secara lebih objektif. Metode PROMETHEE dipilih karena mampu menangani berbagai kriteria penilaian secara simultan dan menghasilkan peringkat alternatif berdasarkan tingkat preferensi yang terukur. Penelitian ini melibatkan proses pengumpulan data, analisis faktor-faktor yang memengaruhi mutu biji kopi, serta perancangan dan penerapan metode *PROMETHEE* ke dalam SPK yang dibangun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode *PROMETHEE* dalam SPK mampu memberikan rekomendasi yang akurat, konsisten, dan dapat diandalkan dalam menentukan mutu biji kopi. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi alat bantu yang efektif bagi pengambil keputusan dalam proses evaluasi mutu biji kopi secara lebih sistematis dan objektif.

Kata Kunci: Sistem Pendukung Keputusan; Biji Kopi; *PROMETHEE*; Kualitas; Multi Kriteria

Abstract—Coffee beans are one of the most important commodities in the food and beverage industry, where the quality of the beans significantly determines the final product produced. Assessing high-quality coffee beans is a crucial factor in maintaining consumer satisfaction and preserving flavor consistency. This assessment process requires an accurate and objective method, as it involves various complex factors such as size, color, aroma, taste, and moisture level. A Decision Support System (DSS) serves as an effective solution to assist in complex, multi-criteria decision-making processes. The purpose of this study is to develop and implement a DSS based on the *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE) to objectively assess and determine the best quality Robusta and Arabica coffee beans. The PROMETHEE method was chosen because it is capable of handling multiple evaluation criteria simultaneously and generating alternative rankings based on measurable preference levels. This study includes data collection, analysis of factors affecting coffee bean quality, and the design and implementation of the PROMETHEE method within the developed DSS. The results of the study indicate that the application of the PROMETHEE method in the DSS can provide accurate, consistent, and reliable recommendations in determining coffee bean quality. Therefore, this system can serve as an effective tool for decision-makers in evaluating coffee bean quality in a more systematic and objective manner.

Keywords: Decision Support System; Coffee Beans; *PROMETHEE*; Quality; Multi Criteria

1. PENDAHULUAN

Kopi tetap menjadi salah satu komoditas agraris paling penting di Indonesia, dengan dua varietas komersial utama, yaitu Robusta dan Arabika. Mutu biji kopi mencakup aspek fisik (ukuran, warna, kekeringan), serta sensorial (aroma, rasa) mempengaruhi kualitas produk akhir, harga jual, dan daya saing di pasar. Di tingkat petani atau kebun rakyat, seleksi pasca-panen umumnya dilakukan secara manual, berdasarkan pengalaman atau persepsi individu. Praktik ini rentan terhadap subjektivitas dan ketidak-konsistenan: dua petani berbeda bisa memberi penilaian berbeda terhadap biji yang sama, atau penilaian seorang petani bisa berubah tergantung kondisi (misalnya lelah, selera, kondisi visual). Akibatnya, mutu biji kopi yang dihasilkan sulit distandarisasi, menghambat transparansi harga, dan mengurangi kepercayaan konsumen serta pelaku pemasaran. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan pendekatan yang lebih objektif, terukur, dan sistematis, sehingga penilaian mutu biji kopi tidak lagi semata-mendandalkan persepsi. Pendekatan teknologi melalui Sistem Pendukung Keputusan (SPK, *Decision Support System* DSS) cocok karena mampu mengatasi keputusan multikriteria: memungkinkan integrasi berbagai kriteria mutu sekaligus fisik dan sensorial dalam satu kerangka evaluasi.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengaplikasikan SPK untuk kualitas kopi. Misalnya, Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Biji Kopi Arabika Terbaik Menggunakan Metode SMART (2022) [1] menggunakan metode SMART untuk menilai biji Arabika berdasarkan aroma, warna, rasa, kandungan kotoran, dan harga. Dalam penelitian tersebut, metode SMART mampu menyajikan penilaian dengan cepat dan memberi peringkat alternatif. Namun, karena SMART cenderung menganggap semua kriteria sebagai agregat linier dan tidak secara eksplisit membandingkan alternatif dua-per-dua, hasilnya dapat kurang sensitif terhadap preferensi spesifik tiap kriteria.

Penelitian lain, *Comparison of Multifactor Evaluation and Fuzzy AHP on Coffee Bean Quality* (2025) [2] mengevaluasi kualitas biji kopi dengan metode MFEP dan *Fuzzy AHP*, menggunakan kriteria seperti kadar air, cacat, warna, aroma, ukuran, dan lain-lain. Hasil menyatakan bahwa *Fuzzy AHP* menunjukkan akurasi lebih tinggi dibandingkan MFEP dalam rangking kopi terbaik. Meski demikian, *Fuzzy AHP* masih mengharuskan penilaian subyektif (misalnya

derajat keanggotaan *fuzzy*), dan adaptasinya terhadap berbagai tipe kriteria (*benefit/cost*, kriteria sensorial vs fisik) terkadang kompleks.

Sementara itu, metode klasik seperti *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) banyak digunakan, termasuk oleh *Decision Support System for Exported Grade Coffee Selection using AHP and TOPSIS* (2023) [3] untuk menentukan mutu kopi ekspor mengikuti standar kualitas nasional. Namun, pendekatan-pendekatan tersebut memiliki keterbatasan: AHP membutuhkan matriks perbandingan berpasangan dan rentan terhadap inkonsistensi jika banyak kriteria; TOPSIS mengukur kedekatan ke solusi ideal tanpa mempertimbangkan intensitas preferensi antar alternatif secara eksplisit. Karena itu, metode *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE) muncul sebagai pilihan menarik. PROMETHEE memungkinkan: (1) evaluasi multikriteria dengan fungsi preferensi yang fleksibel (bukan sekadar bobot linier), (2) perbandingan alternatif secara berpasangan, (3) penanganan kriteria *benefit* maupun *cost*, (4) menghasilkan peringkat stabil berdasarkan agregasi preferensi.

Meski demikian, sampai sekarang belum banyak penelitian yang menerapkan PROMETHEE khusus untuk penilaian mutu biji kopi yang menggabungkan kriteria fisik dan sensorial secara simultan, sekaligus membentuk sebuah SPK nyata yang dapat digunakan langsung oleh petani atau tim pemasaran kopi. Ini menjadi gap penting: metode-metode sebelumnya cenderung fokus pada subset kriteria misalnya hanya fisik atau hanya aroma/rasa atau menggunakan metode dengan asumsi agregasi linier sederhana.

Selain itu, dalam konteks industri kopi modern, aspek harga yang dipengaruhi oleh atribut mutu sensorial dan fisik menjadi sangat penting. Sebagai contohnya, dalam penelitian *The impact of coffee quality attributes and ratings on specialty coffee bean prices* (2024) [4], ditemukan bahwa atribut seperti aroma, *aftertaste*, *body*, *flavor*, serta interaksi dengan tingkat pemanggangan memengaruhi harga jual kopi spesialti secara signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa penilaian mutu tidak hanya relevan dari sisi kualitas organoleptik, tetapi juga berdampak pada nilai ekonomi sehingga SPK untuk mutu biji kopi sebaiknya mempertimbangkan variabel-variabel mutu yang relevan terhadap harga, agar rekomendasi yang dihasilkan bermanfaat praktis bagi petani/pemasar.

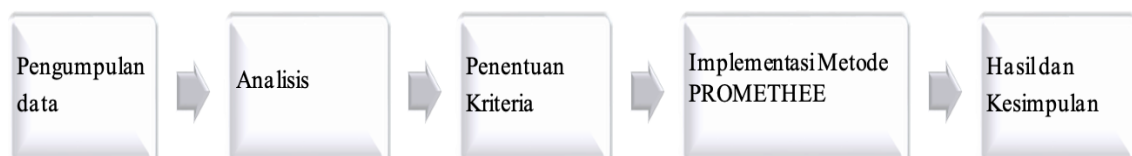
Berdasarkan kajian literatur tersebut, maka penelitian ini dirancang dengan tujuan utama membangun sebuah SPK berbasis PROMETHEE untuk menilai dan menentukan mutu biji kopi Robusta dan Arabika terbaik secara objektif, dengan mempertimbangkan berbagai kriteria fisik dan sensorial secara simultan. Tujuan spesifiknya antara lain: (1) mendefinisikan dan menimbang kriteria mutu biji kopi yang komprehensif (ukuran, warna, kekeringan, aroma, rasa, keseragaman, dsb); (2) membandingkan pendekatan PROMETHEE dengan metode lain (misalnya SMART, AHP/TOPSIS, atau MFEP/FAHP) melalui tinjauan literatur dan argumen metodologis; (3) merancang dan mengimplementasikan SPK dalam bentuk perangkat lunak agar dapat digunakan praktis oleh petani atau tim pemasaran; (4) meningkatkan literasi digital pengguna terhadap teknologi keputusan dalam konteks agribisnis kopi.

Kontribusi penelitian ini meliputi: a) Penyediaan model analisis multikriteria yang lebih fleksibel dan realistis (menggunakan PROMETHEE) untuk menilai mutu biji kopi, menggantikan penilaian manual subjektif. b) Integrasi kriteria fisik dan sensorial termasuk aspek mutu yang relevan terhadap harga pasar sehingga rekomendasi SPK mendekati kondisi pasar nyata. c) Implementasi SPK berbasis komputer sebagai alat bantu praktis bagi petani/pemasar kopi untuk mendukung keputusan mutu dan harga. d) Dokumentasi ilmiah tentang keunggulan dan aplikabilitas PROMETHEE dalam domain agribisnis kopi, memperkaya literatur kompetisi metode SPK untuk kualitas kopi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang terstruktur dan sistematis untuk menjamin kualitas hasil analisis. Tahapan-tahapan tersebut dirancang berdasarkan prinsip penelitian rekayasa perangkat lunak dan metode pengambilan keputusan multikriteria sebagaimana dijelaskan oleh Brans & Vincke dalam pengembangan metode PROMETHEE [5]. Gambaran umum alur penelitian ditunjukkan dalam bagan berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis:

a. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan proses pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian untuk mendukung analisis penilaian mutu biji kopi. Data diperoleh melalui dua metode utama, yaitu observasi dan wawancara.

1. Observasi langsung pada proses penentuan mutu di kebun kopi, untuk memahami cara petani melakukan seleksi biji kopi.



2. Wawancara dengan petani dan tim marketing untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dianggap penting dalam penilaian mutu.

Metode ini sesuai dengan pendekatan penelitian lapangan (*field research*) sebagaimana dijelaskan oleh Creswell [6].

b. Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menemukan pola, kesesuaian informasi, serta menentukan kriteria penilaian yang relevan terhadap mutu biji kopi. Analisis meliputi identifikasi kriteria fisik (ukuran, warna, kadar air) serta sensorial (aroma, rasa), mengikuti panduan mutu kopi dari SCA dan beberapa penelitian MCDM terkait kualitas kopi [4].

c. Penentuan Kriteria dan Bobot:

Pada tahap ini ditetapkan kriteria penilaian, yaitu ukuran biji, kadar air, kepadatan, warna, aroma, rasa, dan kadar cacat. Setiap kriteria diberi bobot sesuai tingkat kepentingannya, berdasarkan hasil wawancara serta literatur terkait penilaian mutu kopi [4]. Penentuan bobot dilakukan dengan pendekatan preferensi dalam MCDM.

d. Implementasi Metode *PROMETHEE*

Tahap inti penelitian adalah mengaplikasikan metode *PROMETHEE* untuk menghitung:

1. Nilai fungsi preferensi tiap kriteria
2. Indeks preferensi multikriteria
3. *Leaving flow*
4. *Entering flow*
5. *Net flow*

Hasil net flow digunakan untuk menentukan peringkat mutu terbaik sebagaimana disarankan oleh Brans dan Vincke [5].

e. Hasil dan Kesimpulan:

Hasil perhitungan *PROMETHEE* dibandingkan dengan penilaian manual petani untuk mengetahui tingkat konsistensi. Evaluasi ini bertujuan memastikan sistem dapat digunakan sebagai alat bantu keputusan yang objektif.

2.2 Metode *PROMETHEE*

PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) merupakan metode *Multi-Criteria Decision Making* (*MCDM*) yang digunakan untuk menentukan alternatif terbaik berdasarkan beberapa kriteria yang terukur [5]. *PROMETHEE* (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) merupakan metode *Multi-Criteria Decision Making* (*MCDM*) yang digunakan untuk menentukan alternatif terbaik berdasarkan beberapa kriteria yang terukur [4]. Langkah-langkah yang digunakan dalam implementasi *PROMETHEE* adalah sebagai berikut:

a. Menentukan alternatif dan kriteria.

Pada tahap awal metode *PROMETHEE*, diperlukan penetapan alternatif dan kriteria yang akan digunakan dalam proses perankingan. Alternatif dalam penelitian ini merupakan kelompok biji kopi yang berasal dari beberapa blok atau area perkebunan, sedangkan kriteria merupakan faktor penilaian mutu biji kopi yang akan dipertimbangkan. Alternatif dan kriteria ini menjadi dasar perhitungan preferensi sehingga harus dijelaskan dengan jelas dan rinci. Penjelasan mengenai alternatif disajikan pada Tabel 1, sedangkan daftar kriteria penilaian mutu ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel 1 menunjukkan empat alternatif biji kopi yang digunakan dalam penelitian. Masing-masing alternatif merepresentasikan kelompok biji kopi dari blok atau wilayah penanaman yang berbeda. Penggunaan beberapa alternatif ini memungkinkan metode *PROMETHEE* melakukan perbandingan antar wilayah/kelompok produksi untuk menentukan mutu terbaik.

Tabel 1. Data Alternatif

Kode Alternatif	Nama Alternatif
A1	Biji Kopi Robusta Blok A
A2	Biji Kopi Robusta Blok B
A3	Biji Kopi Arabika Lereng Timur
A4	Biji Kopi Arabika Lereng Barat

Tabel 2 menampilkan kriteria yang digunakan sebagai dasar penilaian mutu biji kopi. Setiap kriteria dipilih berdasarkan parameter umum penilaian kualitas kopi dalam industri, baik dari segi fisik maupun sensorial. Kriteria-kriteria pada Tabel 2 ini merupakan faktor yang akan dihitung dalam proses perankingan menggunakan *PROMETHEE*. Setiap kriteria memiliki bobot serta tipe preferensi tertentu sehingga berpengaruh langsung pada nilai akhir *net flow*.

Tabel 2. Data Kriteria

Kode Kriteria	Nama Kriteria
C1	Ukuran Biji
C2	Kadar Air
C3	Kepadatan Biji
C4	Warna Biji

Kode Kriteria	Nama Kriteria
C5	Aroma
C6	Rasa
C7	Kadar Cacat

b. Menentukan tipe fungsi preferensi dan nilai parameter.

PROMETHEE menyediakan enam tipe fungsi preferensi, antara lain: Usual, U-shape, V-shape, Level, Linear, Gaussian. Pemilihan fungsi preferensi harus disesuaikan dengan karakteristik tiap kriteria. Misalnya, kriteria rasa dan aroma sering menggunakan fungsi V-shape karena memiliki sensitivitas gradien nilai yang tinggi [5].

c. Menghitung indeks preferensi multikriteria.

Indeks preferensi dihitung dengan menjumlahkan preferensi tiap kriteria yang telah dikalikan bobotnya:

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot P_j(a, b) \tag{1}$$

Di mana, w_j = bobot kriteria ke-j, $P_j(a, b)$ = nilai preferensi kriteria ke-j

d. Menghitung aliran preferensi (*Leaving Flow* dan *Entering Flow*).

Leaving flow (Φ^+) menunjukkan seberapa besar alternatif lebih disukai dibandingkan alternatif lainnya, sedangkan *entering flow* (Φ^-) menunjukkan seberapa besar alternatif dikalahkan oleh alternatif lain.

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{m-1} \sum_{b \neq a} \pi(a, b) \tag{2}$$

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{m-1} \sum_{b \neq a} \pi(b, a) \tag{3}$$

e. Menghitung *Net Flow* untuk pengurutan akhir.

Net flow merupakan nilai akhir untuk menentukan peringkat:

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \tag{4}$$

Semakin besar nilai *net flow*, semakin baik kualitas alternatif tersebut.

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Kriteria dan Bobot

Penentuan kriteria merupakan tahap fundamental dalam metode PROMETHEE karena bobot serta nilai preferensi pada setiap kriteria sangat menentukan hasil akhir perankingan. Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini ditetapkan berdasarkan proses wawancara dengan petani, diskusi dengan tim pemasaran kopi, serta merujuk pada standar penilaian mutu kopi dari *Specialty Coffee Association* (SCA). Kriteria tersebut mencakup aspek fisik (ukuran biji, warna, kadar air, kepadatan) dan aspek sensorial (aroma, rasa) yang secara umum digunakan dalam penentuan mutu kopi premium.

Penentuan kriteria merupakan tahap fundamental dalam metode PROMETHEE karena bobot serta nilai preferensi pada setiap kriteria sangat menentukan hasil akhir perankingan. Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini ditetapkan berdasarkan proses wawancara dengan petani, diskusi dengan tim pemasaran kopi, serta merujuk pada standar penilaian mutu kopi dari *Specialty Coffee Association* (SCA). Kriteria tersebut mencakup aspek fisik (ukuran biji, warna, kadar air, kepadatan) dan aspek sensorial (aroma, rasa) yang secara umum digunakan dalam penentuan mutu kopi premium. Tabel bobot kriteria ditampilkan pada Tabel 3.

Table 3. Data Bobot Kriteria

Nama Kriteria	5	4	3	2	1
Ukuran Biji	Sangat Besar	Besar	Kecil	Sedang	Sangat Kecil
Kadar Air	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
Kepadatan Biji	Sangat Padat	Padat	Cukup Padat	Kurang Padat	Tidak Padat
Warna Biji	Sangat Seragam	Seragam	Cukup Seragam	Kurang Seragam	Tidak Seragam
Aroma	Sangat Harum	Harum	Cukup Harum	Kurang Harum	Tidak Harum
Rasa	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang Baik	Buruk
Kadar Cacat	Tidak Ada Cacat	Sangat Sedikit	Sedikit	Banyak	Sangat Banyak

Tabel 3 menunjukkan skala konversi kualitatif ke numerik untuk setiap kriteria. Skala digunakan untuk menyelaraskan penilaian subjektif menjadi angka agar dapat diproses dalam perhitungan PROMETHEE. Misalnya:

a. Ukuran biji “Sangat Besar” diberi bobot 5, sedangkan “Sangat Kecil” diberi bobot 1.

b. Aroma “Sangat Harum” diberi bobot 5, sedangkan “Tidak Harum” diberi bobot 1.

Skala ini digunakan agar setiap nilai dapat masuk dalam fungsi preferensi $P_j(a, b)$, yaitu fungsi perbandingan antar dua alternatif untuk setiap kriteria.

3.2 Perhitungan PROMETHEE

Bagian ini menjelaskan penerapan metode PROMETHEE secara bertahap, mulai dari penentuan alternatif hingga perhitungan net flow. Reviewer meminta setiap tahapan dijelaskan secara rinci, sehingga bagian ini disusun sesuai tahapan algoritmis PROMETHEE:

- a. Menentukan alternatif
- b. Menentukan kriteria
- c. Mengonversi data ke bentuk numerik
- d. Menentukan fungsi preferensi
- e. Menghitung indeks preferensi
- f. Menghitung leaving flow dan entering flow
- g. Menentukan ranking berdasarkan net flow

3.2.1 Penentuan Alternatif

Empat alternatif digunakan dalam penelitian ini, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1 (Bab sebelumnya). Alternatif ini merupakan sampel biji kopi dari empat area produksi yang berbeda, yaitu:

- a. **A1** : Biji Kopi Robusta Blok A
- b. **A2** : Biji Kopi Robusta Blok B
- c. **A3** : Biji Kopi Arabika Lereng Timur
- d. **A4** : Biji Kopi Arabika Lereng Barat

Alternatif dipilih supaya dapat mencerminkan variasi mutu berdasarkan sumber geografis yang berbeda. Arabika dan Robusta dipisahkan karena memiliki karakteristik sensorial dan fisik yang unik.

3.2.2 Penentuan Nilai Preferensi Awal

Data penilaian awal berdasarkan kriteria dijabarkan dalam Tabel 4. Tabel tersebut menunjukkan hasil observasi terhadap setiap alternatif berdasarkan tujuh kriteria. Setiap nilai kualitatif kemudian dikonversi ke angka menggunakan bobot pada Tabel 3. Contoh:

- a. “Sangat Besar (5)” menunjukkan ukuran biji kategori tertinggi.
- b. “Banyak (2)” pada kadar cacat menunjukkan semakin rendah kualitas.
Data inilah yang menjadi input dasar perhitungan fungsi preferensi $P_j(a, b)$.

Table 4. Data Preferensi

Nama Alternatif	Ukuran Biji (C1)	Kadar Air (C2)	Kepadatan Biji (C3)	Warna Biji (C4)	Aroma (C5)	Rasa (C6)	Kadar Cacat (C7)
Biji Kopi Robusta Blok A	Sangat Kecil (1)	Tinggi (2)	Kurang Padat (2)	Kurang Seragam (2)	Cukup Harum (3)	Cukup (3)	Banyak (2)
Biji Kopi Robusta Blok B	Sedang (3)	Sedang (3)	Padat (4)	Seragam (4)	Harum (4)	Baik (4)	Sedikit (3)
Biji Kopi Arabika Lereng Timur	Sangat Besar (5)	Sangat Rendah (5)	Sangat Padat (5)	Sangat Seragam (5)	Sangat Harum (5)	Sangat Baik (5)	Tidak Ada Cacat (5)
Biji Kopi Arabika Lereng Barat	Sedang (3)	Tinggi (2)	Padat (4)	Cukup Seragam (3)	Cukup Harum (3)	Cukup (3)	Banyak (2)

3.2.3 Fungsi Preferensi

PROMETHEE menggunakan enam tipe fungsi preferensi (Usual, Quasi, V-shape, Level, Linear, Gaussian). Dalam penelitian ini digunakan fungsi preferensi linear, sesuai karakter data tingkat ordinal. Fungsi preferensi linear:

$$P_j(a, b) = \frac{m_j \times (0, f_j(a) - f_j(b))}{M_j}$$

Dimana $f_j(a)$ = nilai alternatif a pada kriteria j, M_j = selisih maksimum untuk kriteria j. Fungsi ini memberikan nilai preferensi antara 0–1, menunjukkan tingkat dominasi alternatif a terhadap b pada kriteria j.

3.2.4 Perhitungan Indeks Preferensi Multikriteria

Setelah fungsi preferensi dihitung untuk seluruh pasangan alternatif, dilakukan agregasi preferensi:

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot P_j(a, b)$$

Penjelasan Jika $\pi(a,b)$ mendekati 1 \rightarrow alternatif a lebih dominan terhadap b, Jika $\pi(a,b) = 0 \rightarrow$ tidak ada dominasi. Tabel 5 total indeks preferensi telah ditampilkan di bawah ini, Berikut penjelasannya:

- a. $\pi(A1, A2) = 0$ menunjukkan bahwa A1 tidak memiliki keunggulan signifikan dibanding A2.
- b. $\pi(A2, A3) = 1$ menunjukkan dominasi penuh A2 terhadap A3 pada agregasi bobot dan preferensi.

Tabel 5. Total Indeks Preferensi

Nama Alternatif		Total Nilai
[A1] Biji Kopi Robusta Blok A	[A2] Biji Kopi Robusta Blok B	0
[A2] Biji Kopi Robusta Blok B	[A1] Biji Kopi Robusta Blok A	1
[A1] Biji Kopi Robusta Blok A	[A3] Biji Kopi Arabika Lereng Timur	0
[A3] Biji Kopi Arabika Lereng Timur	[A1] Biji Kopi Robusta Blok A	1
[A1] Biji Kopi Robusta Blok A	[A4] Biji Kopi Arabika Lereng Barat	0
[A4] Biji Kopi Arabika Lereng Barat	[A1] Biji Kopi Robusta Blok A	0.42857142857143
[A2] Biji Kopi Robusta Blok B	[A3] Biji Kopi Arabika Lereng Timur	0
[A3] Biji Kopi Arabika Lereng Timur	[A2] Biji Kopi Robusta Blok B	1
[A2] Biji Kopi Robusta Blok B	[A4] Biji Kopi Arabika Lereng Barat	0.71428571428571
[A4] Biji Kopi Arabika Lereng Barat	[A2] Biji Kopi Robusta Blok B	0
[A3] Biji Kopi Arabika Lereng Timur	[A4] Biji Kopi Arabika Lereng Barat	1
[A4] Biji Kopi Arabika Lereng Barat	[A3] Biji Kopi Arabika Lereng Timur	0

3.2.5 Perhitungan Leaving Flow dan Entering Flow

Setelah dilakukan perhitungan indeks preferensi agregat ($\pi(a,b)$), selanjutnya menghitung nilai aliran preferensi positif, negatif dan nilai aliran bersih (*net flow*) untuk setiap alternatif.

a. Leaving flow (Φ^+)

Menunjukkan kekuatan suatu alternatif dibandingkan alternatif lain:

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \neq a} \pi(a,b)$$

Leaving flow tinggi \rightarrow alternatif tersebut mendominasi banyak alternatif lain.

b. Entering flow (Φ^-)

Menunjukkan seberapa besar alternatif dikalahkan oleh alternatif lain:

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \neq a} \pi(b,a)$$

Entering flow tinggi \rightarrow alternatif memiliki banyak kekurangan dibanding yang lain. Penjelasan hasil (mengacu tabel):

1. A3 memiliki $\Phi^- = 0$, artinya A3 tidak dikalahkan oleh alternatif mana pun.
2. A1 memiliki $\Phi^+ = 0$, artinya A1 tidak mendominasi alternatif mana pun.
3. A2 memiliki $\Phi^+ = 0.57143$, menunjukkan A2 cukup kuat berkompetisi terutama terhadap A1.

3.2.6 Penentuan Net Flow

Perhitungan *Net Flow* menggunakan rumus:

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a)$$

Net flow merupakan indikator akhir yang menentukan kualitas setiap alternatif. Semakin besar nilai $\Phi(a)$, maka semakin baik alternatif tersebut. A3 memiliki nilai net flow tertinggi (1) \rightarrow menjadi alternatif terbaik. A2 berada di urutan kedua karena memiliki nilai positif (0.2381). A2 berada di urutan kedua karena memiliki nilai positif (0.2381). Hasil net flow ditampilkan pada tabel 6 di bawah ini:

Table 6. Data Perhitungan Akhir

Nama Alternatif	Leaving Flow (Φ^+)	Entering Flow (Φ^-)	Net Flow $\Phi(a)$
A1 : Biji Kopi Robusta Blok A	0	0.80952	-0.80952
A2 : Biji Kopi Robusta Blok B	0.57143	0.33333	0.2381
A3 : Biji Kopi Arabika Lereng Timur	1	0	1
A4 : Biji Kopi Arabika Lereng Barat	0.14286	0.57143	-0.42857

Berdasarkan nilai *Net Flow* tertinggi, alternatif **A3 (Biji Kopi Arabika Lereng Timur)** direkomendasikan sebagai biji kopi dengan kualitas terbaik.

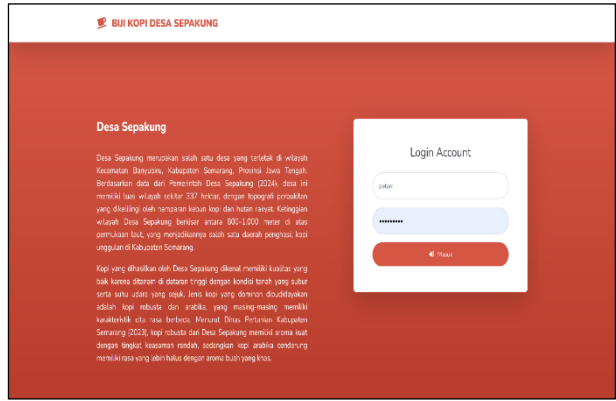
4. IMPLEMENTASI

Sistem dibangun berbasis web menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan framework Laravel dan database PostgreSQL. Antarmuka pengguna dirancang untuk memudahkan admin dan marketing kopi dalam menginput data dan

melihat hasil penilaian. Fitur utama sistem meliputi:

a. Halaman Login

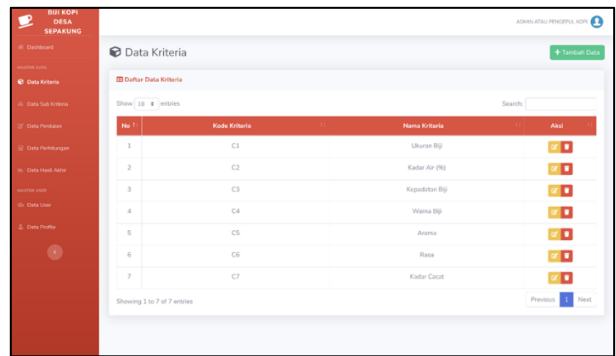
Sebelum memasuki proses perhitungan menggunakan metode PROMETHEE, pengguna harus melakukan autentikasi terlebih dahulu untuk memastikan keamanan akses data dan menjaga integritas informasi yang tersimpan pada sistem. Oleh karena itu, sistem menyediakan halaman login sebagai langkah awal sebelum pengguna dapat mengakses fitur dan menu utama. Tampilan halaman login tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Halaman Login

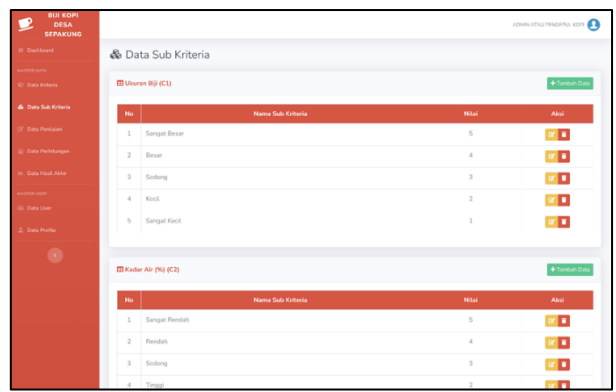
b. Halaman Kriteria & Sub Kriteria

Setelah pengguna berhasil login ke sistem, langkah berikutnya adalah melakukan pengelolaan data yang dibutuhkan dalam proses perhitungan metode PROMETHEE. Salah satu data penting yang harus diinput dan dikelola adalah data kriteria penilaian mutu biji kopi, yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan preferensi dan pembobotan. Tampilan halaman pengelolaan data kriteria tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Halaman Kriteria

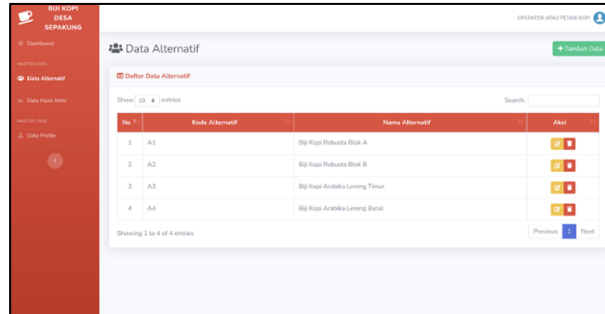
Setelah kriteria utama ditentukan pada tahap sebelumnya, sistem juga menyediakan fasilitas untuk mengelola sub kriteria, yaitu nilai turunan dari setiap kriteria utama. Sub kriteria diperlukan untuk menerjemahkan penilaian kualitatif menjadi nilai numerik yang dapat dihitung menggunakan metode PROMETHEE. Dengan adanya halaman ini, pengguna dapat memperbarui bobot masing-masing kategori penilaian secara terstruktur. Tampilan halaman pengelolaan sub kriteria tersebut ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Halaman Sub Kriteria

c. Halaman Alternatif

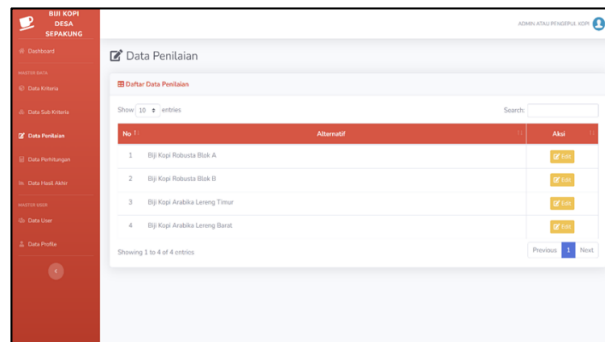
Setelah kriteria dan sub kriteria berhasil ditentukan pada tahap sebelumnya, langkah selanjutnya adalah mendefinisikan alternatif, yaitu sampel atau objek penilaian yang akan diproses menggunakan metode PROMETHEE. Alternatif dalam penelitian ini berupa kelompok biji kopi dari beberapa lokasi atau blok perkebunan yang berbeda. Halaman untuk mengelola data alternatif dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Halaman Alternatif

d. Halaman Penilaian

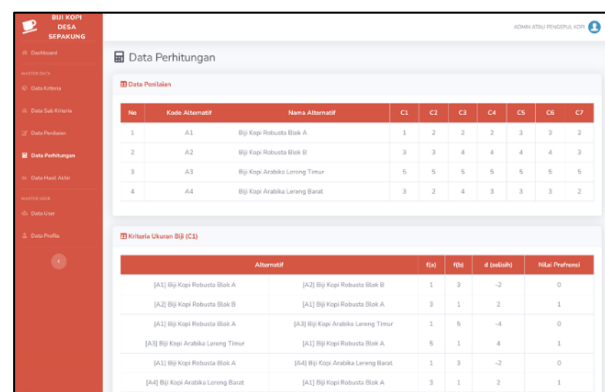
Setelah data alternatif, kriteria, dan sub kriteria diinput dengan lengkap, tahap berikutnya dalam sistem adalah melakukan penilaian kualitas biji kopi berdasarkan kriteria yang sudah ditentukan. Penilaian ini bertujuan untuk mengisi nilai awal setiap alternatif sebelum diproses menggunakan metode PROMETHEE. Informasi terkait antarmuka halaman penilaian ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Halaman Penilaian

e. Halaman Perhitungan

Setelah data penilaian setiap alternatif diinput melalui halaman sebelumnya, tahap selanjutnya dalam sistem adalah melakukan proses perhitungan menggunakan metode PROMETHEE. Pada tahap ini, sistem melakukan pengolahan preferensi antar alternatif, mengkalkulasi perbedaan nilai setiap kriteria, serta menentukan nilai fungsi preferensi yang menjadi dasar perhitungan leaving flow, entering flow, dan net flow. Tampilan antarmuka yang digunakan dalam proses tersebut ditunjukkan pada Gambar 7.

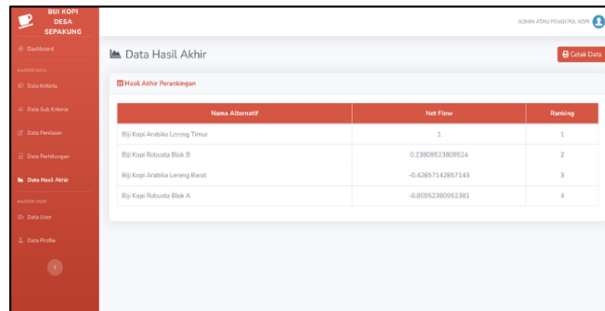


Gambar 7. Halaman Perhitungan

f. Halaman Hasil Akhir

Setelah seluruh proses perhitungan nilai preferensi, leaving flow, entering flow, dan net flow dilakukan pada halaman sebelumnya, tahap berikutnya adalah menampilkan hasil akhir perankingan alternatif untuk menentukan biji kopi

terbaik. Sistem secara otomatis mengurutkan alternatif berdasarkan nilai Net Flow ($\Phi(a)$), di mana alternatif dengan nilai terbesar berada pada posisi ranking tertinggi. Tampilan hasil akhir perhitungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.



Nama Alternatif	Net Flow	Ranking
Biji Kopi Arabika Lereng Timur	1	1
Biji Kopi Robusta Blok B	0.23809523809524	2
Biji Kopi Arabika Lereng Barat	-0.42857142857143	3
Biji Kopi Robusta Blok A	-0.80952380952381	4

Gambar 8. Halaman Hasil Akhir

Tahap pengujian sistem diimplementasikan menggunakan metode Black Box Testing, yang berfokus pada evaluasi fungsionalitas sistem dari perspektif pengguna akhir tanpa perlu mengetahui detail struktur kode internalnya. Pengujian ini mencakup serangkaian skenario yang dirancang secara sistematis untuk memvalidasi setiap alur kerja. Skenario pengujian utama meliputi: (1) Fungsionalitas Login, yang diverifikasi untuk memastikan sistem mampu mengelola akses pengguna secara aman, baik untuk kredensial yang valid maupun tidak valid. (2) Operasi Create, Read, Update, dan Delete (CRUD) pada semua modul manajemen data, termasuk data kriteria dan alternatif, yang terbukti berjalan tanpa kendala. (3) Validasi proses perhitungan inti, di mana hasil perankingan yang dihasilkan oleh sistem menggunakan metode PROMETHEE dibandingkan dengan perhitungan manual untuk memastikan akurasi dan konsistensi. Dari serangkaian pengujian tersebut, disimpulkan bahwa seluruh fungsi berjalan dengan valid dan output yang dihasilkan telah sesuai dengan spesifikasi kebutuhan fungsional yang didefinisikan pada tahap perancangan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, implementasi sistem, serta analisis perhitungan metode *PROMETHEE*, dapat disimpulkan bahwa sistem pendukung keputusan yang dikembangkan berhasil memberikan solusi objektif dalam proses penilaian mutu biji kopi. Sistem ini mampu mengurangi tingkat subjektivitas yang sebelumnya sering terjadi pada proses penilaian manual, karena setiap nilai alternatif dihitung berdasarkan bobot, preferensi, dan fungsi perbandingan matematis yang terstruktur. Metode *PROMETHEE* terbukti efektif dalam membandingkan alternatif secara menyeluruh melalui nilai *leaving flow*, *entering flow*, dan *net flow*, sehingga menghasilkan perankingan yang transparan dan mudah dipahami. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Biji Kopi Arabika Lereng Timur merupakan alternatif dengan nilai *net flow* tertinggi sehingga direkomendasikan sebagai biji kopi berkualitas terbaik pada studi kasus ini. Sistem berbasis web yang dibangun juga memudahkan pengguna dalam mengelola data kriteria, sub kriteria, alternatif, serta penilaian, sekaligus menampilkan hasil perhitungan secara otomatis. Hal ini berdampak positif terhadap efisiensi waktu, akurasi penilaian, dan konsistensi hasil evaluasi mutu. Dengan demikian, sistem pendukung keputusan berbasis *PROMETHEE* yang dikembangkan tidak hanya membantu dalam proses penentuan kualitas biji kopi, tetapi juga menjadi alat bantu yang potensial untuk meningkatkan profesionalitas dan literasi digital para pelaku industri kopi, khususnya di lingkungan perkebunan rakyat.

REFERENCES

- [1] I. G. D. Putra, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Biji Kopi Arabika Terbaik Menggunakan Metode SMART," vol. 4, no. 2, pp. 796-802, 2022.
- [2] A. Wibowo, "Comparison of Multifactor Evaluation and Fuzzy AHP on Coffee Bean Quality," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi (JUTISI)*, vol. 11, no. 2, Wibowo, A..
- [3] R. S. T. & Y. M. Pratama, "Decision Support System for Exported Grade Coffee Selection Using AHP and TOPSIS," in *Proceedings of the International Conference on Computer Science and Computational Intelligence*, 2023.
- [4] M. & D. S. Rahman, "The Impact of Coffee Quality Attributes and Ratings on Specialty Coffee Bean Prices," *Beverage Plant Research*, vol. 4, 2024.
- [5] J.-P. & M. B. Brans, "PROMETHEE Methods," in *International Series in Operations Research & Management Science*, 2023.
- [6] J. Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 5th edition ed., Thousand Oaks, CA: SAGE, 2022.
- [7] T. F. A. M. H. E. & P. S. Resmianty, "Skenario Pengelolaan Sampah di TPA Bantargebang dengan Menggunakan Visual PROMETHEE," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 23, no. 1, pp. 239-246, 2025.
- [8] A. & K. Y. R. Taek, "Sistem pendukung keputusan pemilihan pupuk padi menggunakan metode PROMETHEE," *Jurnal Publikasi Manajemen Informatika*, vol. 4, no. 2, p. 281-294, 2025.



- [9] A. F. P. R. B. & P. A. P. R. Majid, "Penerapan Metode ROC dan PROMETHEE untuk Menentukan Kualitas Udara Terburuk pada 5 Kota di Indonesia Bulan September 2024," *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika (JIPI)*, vol. 10, no. 1, 2025.
- [10] J. Sine, "Implementasi Metode PROMETHEE Pada Sistem Pendukung Keputusan Untuk Kenaikan Jabatan Struktural Pemerintahan," *Jurnal Ilmiah INTECH: Information Technology Journal of UMUS*, vol. 5, no. 1, 2025.
- [11] L. Chandra and E. Setyaningsih, "Benchmarking Local Web Development Environments: A Comparative Study between XAMPP, MAMP, and Laragon," *Bulletin of Computer Science Research*, vol. 6, no. 1, 2025.
- [12] P. S. W. R. M. & G. E. F. Herawati, "Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Warga Penerima Kartu Indonesia Sehat (KIS) Menggunakan Metode PROMETHEE," *Jurnal Sistem Informasi Triguna Dharma (JURSI TGD)*, vol. 3, no. 5, 2024.
- [13] H. R. R. Zen and I. Nuryasin, "Penerapan White-Box Testing pada Pengujian Sistem Menggunakan Teknik Basis Path," *JOISIE (Journal of Information Systems and Informatics Engineering)*, vol. 8, no. 1, p. 101–111, 2024.
- [14] D. Hartono, "Penerapan Metode SDLC Dalam Pengembangan Sistem Informasi Arus Kas Pada UD. Rezeki Lancar," *ISOQUANT: Jurnal Ekonomi, Manajemen dan Akuntansi*, vol. 8, no. 1, 2024.
- [15] D. A. & K. I. Trianggana, "Penerapan Metode Promethee dalam Rekomendasi Pemilihan Karyawan Berprestasi," *Jurnal Media Infotama*, vol. 20, no. 1, 2024.
- [16] D. Warunayama, "Pemanfaatan Visual Studio Code dalam Pembelajaran Pengembangan Aplikasi Web," *Jurnal Kohesi*, vol. 6, no. 2, pp. 112-120, 2024.
- [17] R. Apriliyanto, D. Prihati and A. Bakti, "Implementasi GitHub Actions untuk CI/CD dalam Pengembangan Aplikasi Web," *INTECOM: Journal of Information Technology and Computer Science*, vol. 7, no. 2, pp. 77-85, 2024.
- [18] A. A. Putra, Rudiansyah and S. Romadon, "Development of an Academic Information System Prototype Using the Logical Record Structure (LRS) Model," *JSAI: Journal Scientific and Applied Informatics*, vol. 7, no. 2, 2024.
- [19] S. F. H. K. & F. Utami, "Analisis pemilihan supplier terbaik menggunakan metode PROMETHEE (studi kasus: UD. Barokah)," *JENIUS: Jurnal Terapan Teknik Industri*, vol. 5, no. 1, 2024.
- [20] H. & M. M. Taherdoost, "Using PROMETHEE Method for Multi-Criteria Decision Making: Applications and Procedures," *Iris Journals of Economics & Business Management*, vol. 1, 2023.
- [21] F. C. Hudi and C. M. Karyanti, "The Pengujian Black Box Testing pada Sistem Informasi Assessment Berbasis WEB di Bidang Pariwisata," *Jurnal Ilmiah Komputasi (STMIK Jakarta STI&K)*, vol. 22, no. 4, p. 553–560, 2023.
- [22] H. Y. Mau, F. Sugiarto and C. Kurniawan, "Sistem Pendataan Petani Menggunakan AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) Berbasis Web," *JUTEI: Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 7, no. 1, 2023.
- [23] M. R. Wayahdi and F. Ruziq, "Pemodelan Sistem Penerimaan Anggota Baru dengan Unified Modeling Language (UML) (Studi Kasus: Programmer Association of Battuta)," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 12, no. 1, p. 1514–1521, 2023.
- [24] A. A. Adriansyah and M. I. P. Nasution, "Kajian tentang peran penting basis data bagi perpustakaan," *Jurnal Ilmiah Nusantara*, vol. 1, no. 4, 2023.
- [25] A. Rahmawita, T. A. Fahani, R. Rohima, A. Alviansha and N. Nurbaiti, "Implementasi Sistem Basis Data pada Sektor Pendidikan di Indonesia," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 4, p. 684–689, 2023.
- [26] M. R. P. A. T. S. S. & S. S. Bagaskara, "Implementasi Metode Simple Additive Weighting pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Biji Kopi Berkualitas," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 4, no. 2, 2023.
- [27] S. M. Pulungan, R. Febrianti and T. Lestari, "Analisis Teknik Entity-Relationship Diagram dalam Perancangan Database," *Jurnal Ekonomi Manajemen dan Bisnis (JEMB)*, vol. 2, no. 1, p. 98–102, 2023.
- [28] F. F. & S. R. S. Effendy, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Pemasok Biji Kopi dengan Metode Analytical Hierarchy Process," *SEBATIK*, vol. 26, no. 1, pp. 347-355, 2022.
- [29] D. S. A. & F. E. Handoko, "Sistem cerdas penentuan biji kopi robusta terbaik berbasis AHP pada industri rumah tangga JS Family Simpang Kanan Sumberejo Tanggamus, Lampung," *Jurnal SIMADA (Sistem Informasi dan Manajemen Basis Data)*, vol. 5, no. 2, pp. 38-51, 2022.
- [30] R. Pratama and A. Wicaksana, "Rancang Bangun Sistem Informasi Pengolahan Data Menggunakan Pendekatan Structured Design," *Jurnal Teknologi Informatika*, vol. 8, no. 2, pp. 45-52, 2022.
- [31] I. Fatkhurrochman, "Promethee Algorithm in Assessing Lecturer Performance," *International Journal of Computer and Information System (IJCIS)*, vol. 3, no. 2, 2022.
- [32] R. A. D. & F. N. Efendi, "Penerapan Metode PROMETHEE II Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Hama dan Penyakit Tanaman Kopi (Studi Kasus : Kopi Robusta)," *Rekursif: Jurnal Informatika*, pp. 71-80, 2022.
- [33] L. F. R. H. A. & N. M. Aristoteles, "Penentuan grade biji kopi robusta menggunakan Analytical Hierarchy Process," *KLIK – Kumpulan Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 9, no. 2, 2022.
- [34] F. R. P. S. & G. E. F. Fikramsyah, "Menentukan Biji Kopi Berkualitas Menggunakan Metode Preference Selection Index (PSI)," *Jurnal Sistem Informasi Triguna Dharma (JURSI TGD)*, vol. 1, no. 5, pp. 644-654, 2022.
- [35] P. Mehrotra and S. Singh, "A Study on Web Application Development and Its Methodologies," in *International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, 2022.
- [36] B. Meneses, "A Framework of Information Systems Development Concepts," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 3, no. 2, 2022.