

Analisis Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Pengolahan Kopi Arabika Terbaik Dengan Metode ELECTRE

Ester Arisawati¹, Rinawati¹, Erene Gernaria Sihombing², Frisma Handayanna^{1,*}

^{1,2,4} Teknik dan Informatika, Teknologi Informasi, Universitas Bina Sarana Informatika, Jakarta, Indonesia

³ Teknologi Informasi, Informatika, Universitas Nusa Mandiri, Jakarta, Indonesia

Email: lester.err@bsi.ac.id, rinawati.riv@bsi.ac.id, erene.egs@bsi.ac.id, erene.egs@bsi.ac.id

(* : coresponding author)

Abstrak- Kopi Arabika merupakan komoditas unggulan dengan potensi ekonomi tinggi sekaligus memiliki cita rasa dan aroma khas yang menjadikannya penting di pasar nasional maupun internasional. Permasalahan utama penelitian ini adalah menentukan metode pengolahan yang paling optimal di antara berbagai alternatif (basah, kering, semi-basah) yang sering menimbulkan dilema terkait kualitas, biaya, dan dampak lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi metode pengolahan kopi Arabika menggunakan pendekatan ELECTRE, yaitu metode pengambilan keputusan multi-kriteria. Analisis dilakukan melalui penyusunan matriks keputusan, normalisasi, pemberian bobot pada kriteria organoleptik (aroma, flavor, aftertaste, acidity, body, balance), serta perhitungan matriks concordance-discordance untuk menentukan peringkat akhir. Hasil pengujian menunjukkan bahwa teknik A6 (Pulped Natural/Honey) memperoleh nilai dominasi 5, sedangkan A10 (Wet Hulling) memperoleh nilai 4, keduanya menempati peringkat tertinggi dibandingkan alternatif lain seperti A4 (Honey, Mossto), A5 (Natural/Dry), A8 (Semi Washed) memperoleh nilai 2 dan A2 (Double Anaerobic Washed), A3 (Double Carbonic Maceration), A9 (Washed/Wet) memperoleh nilai 1 serta A1 (Anaerobico 1000h), A7 (SEMI-LAVADO) memperoleh nilai 0. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa rekomendasi metode pengolahan yang lebih efektif, sekaligus menjadi dasar bagi petani dan pelaku industri kopi dalam meningkatkan mutu serta daya saing kopi Arabika Indonesia di pasar global.

Kata Kunci: Analisis Multi-Kriteria; ELECTRE; Kopi Arabika; Pengolahan; Terbaik

Abstract- Arabica coffee is a superior commodity with high economic potential and also has a distinctive taste and aroma that make it important in both national and international markets. The main problem of this study is to determine the most optimal processing method among various alternatives (wet, dry, semi-wet) which often create dilemmas related to quality, cost, and environmental impact. This study aims to evaluate Arabica coffee processing methods using the ELECTRE approach, which is a multi-criteria decision-making method. The analysis is carried out through the preparation of a decision matrix, normalization, weighting of organoleptic criteria (aroma, flavor, aftertaste, acidity, body, balance), as well as the calculation of the concordance-discordance matrix to determine the final ranking. The test results showed that technique A6 (Pulped Natural/Honey) received a dominance score of 5, while A10 (Wet Hulling) received a score of 4, both ranking highest compared to other alternatives such as A4 (Honey, Mossto), A5 (Natural/Dry), A8 (Semi Washed) which scored 2, and A2 (Double Anaerobic Washed), A3 (Double Carbonic Maceration), A9 (Washed/Wet) which scored 1, as well as A1 (Anaerobico 1000h), A7 (SEMI-LAVADO) which scored 0. This study contributes by providing recommendations for more effective processing methods, while also serving as a basis for farmers and coffee industry players to improve the quality and competitiveness of Indonesian Arabica coffee in the global market.

Keywords: Multi-Criteria Analysis; ELECTRE; Arabica Coffee; Processing; Best

1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan minuman [1] yang sangat populer di seluruh dunia [2] dan telah menjadi bagian dari budaya sejak ditemukan di Ethiopia pada abad ke-9. Di Indonesia, kopi Sumatra menjadi salah satu yang paling terkenal dengan dua varietas utama, yaitu robusta dan arabika. Kopi Arabika merupakan kopi yang memiliki citarasa dan aroma yang jauh lebih baik di bandingkan dengan yang lainnya. Komponen kimia di dalam kopi adalah kafein, kopi Arabika mengandung kafein 1,4-2,4% dari total berat kering, Standar kafein dalam secangkir kopi seduh 0,9 – 1,6%. Pada kopi Arabika 1,4% [3]. Kualitas akhir biji kopi Arabika sangat dipengaruhi oleh metode pengolahan yang diterapkan, seperti fermentasi dan pengeringan, yang dapat berdampak signifikan terhadap mutu fisik maupun cita rasa [4].

Karakteristik kopi Arabika yang cenderung asam dengan warna seduhan lebih ringan menjadikannya pilihan utama bagi penikmat kopi. Hal ini menempatkan metode pengolahan sebagai faktor krusial dalam menentukan hasil akhir, karena setiap metode basah, kering, maupun semi-basah memiliki pengaruh berbeda terhadap rendemen dan kadar air biji kopi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode basah menghasilkan kualitas rasa lebih bersih namun membutuhkan biaya tinggi [5], metode kering lebih sederhana tetapi berisiko menghasilkan mutu yang tidak konsisten [6], sementara metode semi-basah menawarkan keseimbangan antara efisiensi dan kualitas [7]. Selain itu, penelitian lain menyoroti preferensi konsumen terhadap cita rasa kopi hasil olahan tertentu [8], analisis mutu organoleptik berdasarkan aroma, flavor, aftertaste, acidity, body, dan balance [9], serta hubungan metode pengolahan dengan daya saing kopi di pasar internasional [10]. Namun, penelitian-penelitian tersebut cenderung fokus pada satu aspek saja, sehingga belum

memberikan gambaran menyeluruh tentang metode pengolahan terbaik yang mempertimbangkan berbagai kriteria secara simultan.

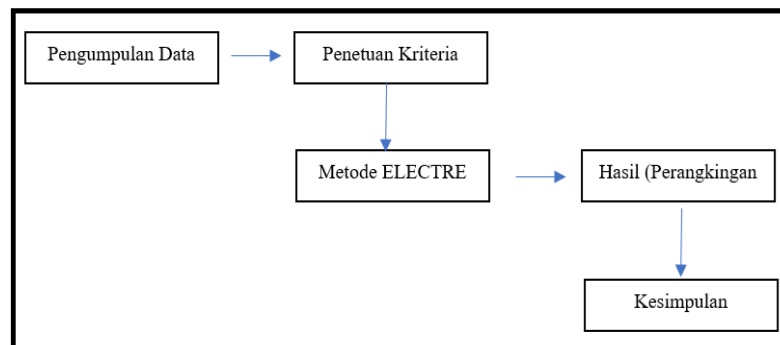
Dari kajian tersebut terlihat adanya GAP, yaitu perlunya pendekatan yang lebih objektif dan sistematis dalam menentukan metode pengolahan kopi Arabika terbaik dengan mempertimbangkan banyak kriteria sekaligus. Penelitian sebelumnya belum mengintegrasikan aspek mutu sensori, efisiensi produksi, biaya, dan keberlanjutan dalam satu kerangka analisis. Kondisi ini menuntut adanya metode perbandingan yang mampu mengevaluasi berbagai alternatif secara bersamaan, sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat dan dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan bagi petani dan memberi kemudahan bagi para pecinta kopi dalam menentukan biji kopi berkualitas sehingga memberi kepuasan kepada para pecinta kopi [11].

Metode ELECTRE (Elimination Et Choice Translating Reality) merupakan salah satu pendekatan pengambilan keputusan multi-kriteria yang dikembangkan Bernard Roy pada tahun 1960-an [12]. Metode ini didasarkan pada perbandingan berpasangan antar alternatif dengan konsep outranking, di mana alternatif yang kurang sesuai dengan kriteria akan dieliminasi dan alternatif yang memenuhi kriteria akan diprioritaskan [13]. ELECTRE cocok digunakan pada kasus dengan banyak alternatif dan sejumlah kriteria terbatas, serta mampu mengatasi masalah ketidakpastian dan ambiguitas dalam pengambilan keputusan [14]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode pengolahan kopi Arabika yang paling optimal dengan menggunakan ELECTRE, sehingga dapat memberikan kontribusi nyata bagi petani dan pelaku industri dalam meningkatkan mutu serta daya saing kopi Arabika Indonesia di pasar nasional maupun internasional.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan untuk penentuan pengolahan kopi arabika dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1.2 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang berasal dari sumber publik dan didapatkan dari situs Bernama Kaggle [15]. Dataset ini berisi informasi tentang berbagai metode pengolahan biji kopi arabika dari berbagai negara meliputi parameter kualitas sensorik [16].

Data awal terdiri dari sejumlah entri yang banyak dan belum terstruktur. Oleh karena itu, dilakukan proses data cleaning untuk menghapus duplikat, data kosong dan kolom yang tidak relevan. Setelah proses pembersihan, data yang digunakan mengandung informasi dari sepuluh metode pengolahan kopi. Pemilihan variable metode pengolahan kopi arabika dapat memengaruhi kandungan senyawa kimia seperti asam klorogenat, polifenol, dan akrilamida [17]. yaitu:

- Anaerobico 1000h
- Double Anaerobic Washed
- Double Carbonic Maceration / Natural
- Honey, Mossto
- Natural / Dry Pulped
- natural / Honey
- SEMI-LAVADO
- Semi Washed Washed / Wet
- Wet Hulling

2.1.2 Penentuan kriteria

Berdasarkan dataset yang diperoleh *kaggle*, penelitian ini menggunakan kriteria didasarkan pada atribut sensorik yang umum digunakan dalam evaluasi kualitas kopi. Atribut-atribut ini mencerminkan persepsi inderawi terhadap karakteristik kopi yang dinilai penting oleh para penikmat kopi dan profesional di bidang kopi. Berikut enam kriteria utama yang digunakan [18] [19]:

- Aroma
- Flavor
- Aftertaste
- Acidity
- Body
- Balance

2.2 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, metode *ELECTRE* digunakan untuk menentukan alternatif terbaik dari beberapa pilihan berdasarkan kriteria yang ditetapkan. Metode ini efektif dalam menangani Keputusan multikriteria dengan membandingkan alternatif secara berpasangan. Berikut tahapan perhitungan data dengan menggunakan metode *ELECTRE* [20]:

- Pembentukan matrik keputusan
- Normalisasi matrik keputusan
- Pembobotan matrik normalisasi
- Pembentukan matrik concordance dan discordance
- Penentuan matrik dominan
- Penentuan rangking alternatif

Metode *ELECTRE* merupakan salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria yang digunakan untuk membandingkan alternatif secara berpasangan berdasarkan kriteria yang sudah ditentukan. Metode ini menggunakan konsep *outranking*, yang bertujuan untuk menentukan dominasi suatu alternatif terhadap alternatif lainnya. Langkah-langkah menggunakan metode *ELECTRE* meliputi:

- a) Normalisasi

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

Setelah dilakukan proses normalisasi, di mana m mewakili alternatif atau pilihan, n merujuk pada kriteria yang digunakan, dan r_{ij} menunjukkan nilai normalisasi dari penilaian alternatif ke- i berdasarkan kriteria ke- j

- b) Pembobotan pada matrik yang dinormalisasi

Melalui tahap normalisasi matriks keputusan, setiap kolom dalam matriks R dikalikan dengan bobot (w) yang telah ditentukan sebelumnya oleh pihak yang mengambil keputusan. Hasil dari matriks terberat yang telah dinormalisasi adalah $V = RW$ dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{ij} = W_j \times R_{ij} \quad (2)$$

Matrik hasil pembobotan disebut sebagai matriks W . Matriks R adalah matrik yang telah melalui proses normalisasi. Hubungan antara matriks W dan R didapatkan melalui proses perkalian yang kemudian menghasilkan matriks V .

- c) Menetapkan Himpunan dari *concordance* dan *discordance*

Perbandingan secara berpasangan antara alternatif atau pilihan ke- k dan ke- l (dengan $k, l = 1, 2, 3, \dots, m$ dan $k \neq l$) akan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu set concordance dan set discordance. Suatu kriteria masuk ke dalam concordance jika memenuhi kondisi berikut:

$$C_{kl} = \{j, v_{kj} \geq v_{lj}\}, \text{ untuk } j = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (3)$$

lawan dari sebuah subset *concordance* adalah *discordance*. Sebuah kriteria masuk ke dalam *discordance* jika memenuhi kondisi berikut:

$$D_{kl} = \{j, v_{kj} < v_{lj}\}, \text{ untuk } j = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (4)$$

- d) Menghitung matriks *concordance* dan *discordance*

- 1) *Concordance*

Perhitungan matriks concordance digunakan untuk menentukan nilai setiap alternatif pada matriks *concordance*, yang dilakukan dengan menjumlahkan bobot-bobot yang ada pada subset *concordance*. Secara matematis, perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$C_{kl} = \{j \mid v_{kj} \geq v_{lj}\} \quad (5)$$

2) *Discordance*

Perhitungan matriks discordance digunakan untuk menentukan nilai masing-masing alternatif dalam matriks discordance. Proses ini dilakukan dengan cara membagi jarak maksimum antara nilai kriteria yang ada dalam bagian discordance dengan jarak maksimum nilai dari semua kriteria. Secara matematis, perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$D_{kl} = \{j \mid v_{kj} < v_{lj}\} \quad (6)$$

e) Menentukan matriks dominan pada set concordance dan discordance

1) *Concordance*

Penentuan matriks dominan concordance (Matriks F) dilakukan dengan bantuan nilai threshold. Caranya adalah dengan membandingkan setiap nilai dalam matriks concordance. Hasil perbandingan ini akan menentukan apakah sebuah alternatif bisa dianggap mendominasi alternatif lainnya. Adapun ketentuan dijelaskan sebagai berikut:

$$C_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \quad (7)$$

2) *Discordance*

Penentuan matriks dominan discordance (disebut matriks G) dilakukan dengan bantuan nilai threshold. Adapun ketentuan dijelaskan sebagai berikut:

$$D_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |v_{kj} - v_{lj}|}{\max |v_{kj} - v_{lj}|} \quad (8)$$

f) Menentukan matriks agregat dominan

Langkah berikutnya adalah menentukan matriks agregat dominan, yaitu matriks E. Matriks E ini merupakan hasil dari kombinasi dominasi matriks concordance (F) dan matriks discordance (G), yang diperoleh melalui proses perkalian logika (*logical multiplication*) antara matriks F dan G. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\bar{c} = \frac{\sum C_{kl}}{m(m-1)} \quad (9)$$

dan

$$\bar{d} = \frac{\sum D_{kl}}{m(m-1)} \quad (10)$$

g) Pengurangan alternatif atau pilihan yang tidak menguntungkan

Pada tahap ini, dilakukannya pengurangan terhadap alternatif-alternatif yang dianggap kurang menguntungkan berdasarkan matriks E. Matriks E berfungsi untuk menunjukkan urutan dari setiap prioritas yang tersedia, dengan cara memperlihatkan hubungan dominasi di mana satu alternatif lebih unggul dibandingkan alternatif lainnya. Oleh karena itu, alternatif yang mempunyai jumlah dominasi (baris bernilai 1) yang lebih sedikit dalam matriks E dapat dieliminasi, sehingga proses pengambilan Keputusan bisa lebih fokus dalam menentukan pilihan terbaik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan bobot dan kriteria

Pada tahap ini diperlukannya sejumlah kriteria yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan dalam proses pemilihan metode yang paling optimal untuk pengolahan biji kopi arabika

Tabel 1. Kriteria dan bobot

Kriteria	Keterangan	Bobot
C1	Aroma	0.1
C2	Flavor	0.4
C3	Aftertaste	0.1
C4	Acidity	0.1
C5	Body	0.1
C6	Balance	0.2

Table diatas memuat 6 kriteria yang masing-masing diberi sebutan C1 hingga C6. Selanjutnya setiap kriteria diberikan bobot tertentu untuk mengetahui tingkat kepentingan dari masing masing kriteria tersebut dalam proses penilaian

3.2 Penentuan nilai alternatif dan kriteria pengolahan biji kopi

Dalam tahapan ini, setiap alternatif akan diberikan nilai masing-masing kriteria sebagai dasar perhitungan dalam menentukan metode pengolahan biji kopi yang optimal

Tabel 2. Nilai alternatif kriteria pengolahan biji kopi

No	Alternatif	Kriteria					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	A1	7	8	8	8	7	8
2	A2	8	7	8	8	7	8
3	A3	7	7	8	8	8	8
4	A4	8	8	7	8	7	8
5	A5	7	8	8	8	8	7
6	A6	8	8	8	8	8	7
7	A7	7	7	7	7	7	7
8	A8	8	8	7	8	7	8
9	A9	8	8	7	8	8	8
10	A10	8	8	7	7	7	8

Tabel diatas memuat 12 alternatif, Dimana masing-masing alternatif memiliki nilai pada setiap kriteria yang telah ditentukan. Adapun penjelasan dari alternatif A1 sampai A12 disampaikan sebagai berikut:

A1: *Anaerobico 1000h*

A2: *Double Anaerobic Washed*

A3: *Double Carbonic Maceration*

A4: *Honey, Mossto*

A5: *Natural / Dry*

A6: *Pulped natural / honey*

A7: *SEMI-LAVADO*

A8: *Semi Washed*

A9: *Washed / Wet*

A10: *Wet Hulling*

3.3 Perhitungan manual menggunakan metode ELECTRE

Pada tahap ini, terdapat 7 langkah yang perlu dilakukan dalam proses perhitungan menggunakan metode *ELECTRE*. Adapun Langkah-langkah dijelaskan sebagai berikut:

a) Normalisasi

Pada tahap ini, dilakukannya normalisasi matriks keputusan pada data nilai alternatif yang tercantum pada tabel 2. Proses normalisasi menggunakan alternatif A1-A10 dengan kriteria C1, menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r_{ij} = \frac{7}{\sqrt{7^2 + 8^2 + 7^2 + 8^2 + 7^2 + 8^2 + 7^2 + 8^2 + 8^2 + 8^2}}$$

$$r_{ij} = \frac{7}{\sqrt{49 + 64 + 49 + 64 + 49 + 64 + 49 + 64 + 64 + 64}}$$

$$r_{ij} = \frac{\sqrt{580}}{7}$$

$$r_{ij} = 24,08$$

$$r_{ij} = 0,29$$

Dari rumus tersebut, maka hasil normalisasi yang diperoleh matriks keputusan sebagai berikut:

Tabel 3. Normalisasi matriks keputusan

0.29	0.33	0.34	0.32	0.3	0.33
0.33	0.29	0.34	0.32	0.3	0.33

0.29	0.29	0.34	0.32	0.34	0.33
0.33	0.33	0.29	0.32	0.3	0.33
0.29	0.33	0.34	0.32	0.34	0.29
0.33	0.33	0.34	0.32	0.34	0.29
0.29	0.29	0.29	0.28	0.3	0.29
0.33	0.33	0.29	0.32	0.3	0.33
0.33	0.33	0.29	0.32	0.34	0.33
0.33	0.33	0.29	0.28	0.3	0.33

b) Pembobotan pada matriks yang dinormalisasi

Pada tahap ini, dilakukan pembobotan pada matriks yang telah di normalisasi pada langkah sebelumnya, dengan menggunakan pembobotan yang telah ditentukan dalam pengambilan keputusan. Proses pembobotan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_{ij} = R_{ij} \cdot W_j$$

$$V_{ij} = 0,29 \cdot 0,1$$

$$V_{ij} = 0,029$$

$$W = \{(0,1), (0,4), (0,1), (0,1), (0,1), (0,1), (0,2)\}$$

Berdasarkan rumus diatas, diperoleh hasil pembobotan matriks keputusan yang telah di normalisasi

Tabel.4 Pembobotan matriks keputusan

0.029	0.132	0.034	0.032	0.03	0.066
0.033	0.116	0.034	0.032	0.03	0.066
0.029	0.116	0.034	0.032	0.034	0.066
0.033	0.132	0.029	0.032	0.03	0.066
0.029	0.132	0.034	0.032	0.034	0.058
0.033	0.132	0.034	0.032	0.034	0.058
0.029	0.116	0.029	0.028	0.03	0.058
0.033	0.132	0.029	0.032	0.03	0.066
0.033	0.132	0.029	0.032	0.034	0.066
0.033	0.132	0.029	0.028	0.03	0.066

c) Menentukan himpunan *concordance* dan *discordance*

Pada tahap ini, dilakukannya perbandingan secara berpasangan antara alternatif k-k dan ke-l (dengan k, l = 1, 2, 3, ..., m dan k ≠ l) akan dibagi ke dalam dua kelompok, yaitu set *concordance* dan set *discordance*. Sebuah kriteria termasuk dalam set concordance apabila memenuhi kondisi berikut:

$$C_{kl} = \{j, v_{kj} \geq y_{lj}\}, \text{ untuk } j = 1, 2, 3, \dots, n.$$

Berdasarkan rumus tersebut, diperoleh himpunan *concordance* sebagai berikut:

Tabel 5. Himpunan *concordance*

	1	2	3	4	5	6
C _{1,2}	0	1	1	1	1	1
C _{1,3}	1	1	1	1	0	1
C _{1,4}	0	1	1	1	1	1
C _{1,5}	1	1	1	1	0	1

C _{1,6}	0	1	1	1	0	1
C _{1,7}	1	1	1	1	1	1
C _{1,8}	0	1	1	1	1	1
C _{1,9}	0	1	1	1	0	1
C _{1,10}	0	1	1	1	1	1

Sebaliknya, sebuah kriteria termasuk dalam set discordance apabila memenuhi kondisi sebagai berikut:

$$D_{kl} = \{j, v_{kj} \geq y_{ij}\}, \text{ untuk } j = 1, 2, 3, \dots, n.$$

Berdasarkan rumus tersebut, diperoleh himpunan discordance sebagai berikut:

Tabel 6. Himpunan discordance

	1	2	3	4	5	6
D _{1,2}	1	0	0	0	0	0
D _{1,3}	0	0	0	0	1	0
D _{1,4}	1	0	0	0	0	0
D _{1,5}	0	0	0	0	1	0
D _{1,6}	1	0	0	0	1	0
D _{1,7}	0	0	0	0	0	0
D _{1,8}	1	0	0	0	0	0
D _{1,9}	1	0	0	0	1	0
D _{1,10}	1	0	0	0	0	0

d) Menghitung matriks indeks concordance dan discordance

Pada tahap ini, dilakukannya penjumlahan bobot-bobot pada subset concordance menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_{12} = \{2, 3, 4, 5, 6\}$$

$$C_{12} = 0.132 + 0.034 + 0.032 + 0.030 + 0.066 = 0.294$$

Berdasarkan rumus tersebut, diperoleh matriks indeks concordance sebagai berikut:

Tabel 7. Matriks Concordance

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
A1	0	0.294	0.323	0.294	0.293	0.264	0.323	0.294	0.264	0.294
A2	0.195	0	0.281	0.195	0.165	0.165	0.311	0.195	0.165	0.195
A3	0.195	0.282	0	0.166	0.195	0.166	0.311	0.166	0.166	0.166
A4	0.293	0.293	0.263	0	0.263	0.263	0.322	0.322	0.292	0.322
A5	0.261	0.232	0.261	0.232	0	0.29	0.319	0.232	0.232	0.232
A6	0.265	0.265	0.265	0.265	0.323	0	0.323	0.265	0.265	0.265
A7	0.059	0.146	0.145	0.059	0.087	0.058	0	0.059	0.029	0.087
A8	0.293	0.293	0.263	0.322	0.263	0.263	0.322	0	0.292	0.322
A9	0.297	0.297	0.297	0.326	0.297	0.297	0.326	0.326	0	0.326
A10	0.261	0.261	0.231	0.29	0.231	0.231	0.318	0.29	0.26	0

Untuk mendapatkan nilai matriks discordance, mencari nilai pembilang dengan rumus:

$$\text{Pembilang} = \max_{k \in d_{ij}} |0.029 - 0.033| = 0.004$$

Setelah itu, mencari nilai penyebut dari rumus diatas dan ambil selisih maksimum dari pengurangan nilai semua kriteria alternatif 1 dan alternatif 2

$$C1=0.004 \quad C2=0.016 \quad C3=0.000 \quad C4=0.000 \quad C5=0.000 \quad C6=0.000$$

$$\text{Penyebut} = \max_k |v_{ik} - v_{jk}| = 0.016$$

$$D_{12} = \frac{0.004}{0.016} = 0,25$$

Berdasarkan rumus tersebut, diperoleh matriks indeks *discordance* sebagai berikut:

Tabel 8. Matriks *discordance*

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
A1	0	0.294	0.323	0.294	0.293	0.264	0.323	0.294	0.264	0.294
A2	0.195	0	0.281	0.195	0.165	0.165	0.311	0.195	0.165	0.195
A3	0.195	0.282	0	0.166	0.195	0.166	0.311	0.166	0.166	0.166
A4	0.293	0.293	0.263	0	0.263	0.263	0.322	0.322	0.292	0.322
A5	0.261	0.232	0.261	0.232	0	0.29	0.319	0.232	0.232	0.232
A6	0.265	0.265	0.265	0.265	0.323	0	0.323	0.265	0.265	0.265
A7	0.059	0.146	0.145	0.059	0.087	0.058	0	0.059	0.029	0.087
A8	0.293	0.293	0.263	0.322	0.263	0.263	0.322	0	0.292	0.322
A9	0.297	0.297	0.297	0.326	0.297	0.297	0.326	0.326	0	0.326
A10	0.261	0.261	0.231	0.29	0.231	0.231	0.318	0.29	0.26	0

- e) Menentukan matriks dominan pada set concordance dan discordance

Setelah diperoleh nilai matriks *concordance*, langkah selanjutnya adalah mencari nilai matriks dominan dengan bantuan nilai *threshold*, menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\left[\sum_{k=1}^{10} \sum_{l=1, l \neq k}^{10} C_{kl} = (0.294 + 0.323 + \dots + 0.294) = 22.272 \right]$$

$$c = \frac{\sum_{k=1}^{10} \sum_{l=1, l \neq k}^{10} C_{kl}}{10(10 - 1)} = \frac{22.272}{90} = 0,247466667$$

Sehingga

$$C = 0,247466667$$

Untuk menentukan apakah set concordance bisa menjadi dominan adalah membandingkannya dengan nilai *threshold*

$$C_{12} = 0,294$$

$$0,294 \geq 0,25 = 1$$

Dari rumus tersebut, maka diperoleh hasil matriks dominan *concordance* sebagai berikut:

Tabel 9. Matriks dominan *Concordance*

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
A1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A2	0	-	1	0	0	0	1	0	0	0
A3	0	1	-	0	0	0	1	0	0	0
A4	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1
A5	1	0	1	0	-	1	1	0	0	0
A6	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1
A7	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
A8	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1
A9	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1

$$\mathbf{A10} \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad -$$

Untuk mencari nilai matriks dominan *discordance* juga membutuhkan bantuan dari *threshold* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\left[\sum_{k=1}^{10} \sum_{l=1, l \neq k}^{10} d_{kl} = (0.25 + 0.25 + \dots + 0.625) = 0,657777778 \right]$$

$$d = \frac{\sum_{k=1}^{10} \sum_{l=1, l \neq k}^{10} c_{kl}}{10(10-1)} = \frac{59,2}{90} = 0,657777778$$

$$d = 0,657777778$$

Untuk menentukan apakah set *discordance* bisa menjadi dominan adalah dengan membandingkannya nilai threshold

$$D_{12} = 0,25$$

$$0,25 \leq 0,66 = 1$$

Dari rumus tersebut, maka diperoleh hasil matriks dominan *discordance* sebagai berikut:

Tabel 10. Matriks dominan *discordance*

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
A1	-	0	0	1	0	0	0	1	1	1
A2	1	-	1	1	1	1	0	1	1	1
A3	1	1	-	1	1	1	0	1	1	1
A4	1	0	0	-	0	0	0	0	1	0
A5	1	0	0	1	-	1	0	1	1	1
A6	1	0	0	1	0	-	0	1	1	1
A7	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1
A8	1	0	0	0	0	0	0	-	1	0
A9	1	0	0	0	0	0	0	0	-	0
A10	1	0	0	1	0	0	0	1	1	-

f) Menentukan matriks agregat dominan

Untuk mencari nilai matriks agregat atau yang disebut matriks E, didapatkan dari hasil perkalian antara matriks dominan *concordance* dan *discordance*, menggunakan rumus sebagai berikut:

$$e_{kl} = 1 \times 0 = 0$$

dari rumus tersebut maka diperoleh nilai matriks agregat sebagai berikut:

Tabel 11. Matriks agregat

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
A1	-	0	0	1	0	0	0	1	1	1
A2	0	-	1	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	1	-	0	0	0	0	0	0	0
A4	1	0	0	-	0	0	0	0	1	0
A5	1	0	0	0	-	1	0	0	0	0
A6	1	0	0	1	0	-	0	1	1	1
A7	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
A8	1	0	0	0	0	0	0	-	1	0

A9	1	0	0	0	0	0	0	0	-	0
A10	1	0	0	1	0	0	0	1	1	-

g) Pengurangan alternatif atau pilihan yang tidak menguntungkan

Dari seluruh proses perhitungan yang telah dilakukan diperoleh nilai perangkingan dari berbagai alternatif yang diuji, apabila alternatif terdapat $e_kl = 1$ maka alterantif tersebut mempunyai nilai yang lebih baik, dan apabila alternatif yang mempunyai $e_kl = 0$ atau yang paling sedikit bisa di eliminasi. Tampilan perangkingan yang dihasilkan sebagai berikut:

Tabel 12. Tabel perangkingan

A1	0
A2	1
A3	1
A4	2
A5	2
A6	5
A7	0
A8	2
A9	1
A10	4

4. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa metode ELECTRE sebagai pendekatan pengambilan keputusan multi-kriteria mampu membantu menentukan metode pengolahan kopi Arabika yang paling optimal di antara berbagai alternatif yang tersedia. Melalui tahapan analisis sistematis mulai dari penyusunan matriks keputusan, normalisasi, pemberian bobot pada kriteria aroma, flavor, aftertaste, acidity, body, dan balance, hingga perhitungan matriks concordance-discordance dan analisis dominasi, diperoleh hasil bahwa teknik A6 (Pulped Natural/Honey) memperoleh nilai dominasi 5, sedangkan A10 (Wet Hulling) memperoleh nilai 4, keduanya menempati peringkat tertinggi dibandingkan alternatif lain seperti A4 (Honey,Mossto), A5 (Natural/Dry), A8 (Semi Washed) memperoleh nilai 2 dan A2 (Double Anaerobic Washed), A3 (Double Carbonic Maceration), A9 (Washed/Wet) memperoleh nilai 1 serta A1 (Anaerobico 1000h), A7 (SEMI-LAVADO) memperoleh nilai 0. Temuan ini menegaskan bahwa kedua teknik tersebut mampu menghasilkan mutu kopi yang lebih berkualitas serta mendukung peningkatan daya saing kopi Arabika Indonesia di pasar nasional maupun internasional. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena kriteria yang digunakan hanya mencakup aspek sensori dan mutu fisik sehingga belum mempertimbangkan faktor keberlanjutan lingkungan, preferensi konsumen, maupun efisiensi teknologi. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk memperluas variabel dan melibatkan sudut pandang para pemangku kepentingan agar rekomendasi yang dihasilkan semakin relevan bagi pengembangan industri kopi.

REFERENCES

- [1] D. A. M. Priyanto, A. Hintono, and B. Dwiloka, "Perbedaan Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Produk Kopi Rempah dari Kopi Arabika (*Coffea arabica*) dan Kopi Robusta (*Coffea robusta*)," *J. Apl. Teknol. Pangan*, vol. 11, no. 4, pp. 179–184, 2022, doi: 10.17728/jatp.13827.
- [2] R. J. H. Raharjo, "Potensial Ekspor Komoditas Kopi Dari Indonesia Ke Malaysia Dan Singapura," *JUMBIWIRA J. Manaj. Bisnis Kewirausahaan*, vol. 2, no. 2, pp. 104–114, 2023, doi: 10.56910/jumbiwira.v2i2.766.
- [3] M. Wiseman, *Rahasia Kopi Yang Sehat: Fakta dan Mitos Kesehatan Tentang Kopi*. Yogyakarta: ANDI OFFSET, 2023.
- [4] Murdijati-Gardjito, U. Santoso, and E. Harmayani, *Seri Pusaka Cita Rasa Indonesia: Ragam Minuman Khas Indonesia*. Yogyakarta: ANDI OFFSET, 2024.
- [5] I. W. Swiranata, I. G. P. Mangku, and I. N. Rudianta, "Pengaruh Metode Fermentasi Dan Pengeringan Terhadap Mutu Biji Kopi Arabika (*Coffea arabica* L)," *Gemo Agro*, vol. 25, no. 2, pp. 150–158, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.warmadewa.ac.id/index.php/gema-agro>
- [6] A. Karim *et al.*, *BUDIDAYA KOPI ARABIKA RESPONSIF IKLIM PENGUATAN PRODUSEN KOPI ARABIKA: RESPON MITIGASI DAN ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM DI TINGKAT PETANI DI INDONESIA*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press, 2024.
- [7] A. A. Suandri, A. Nuraisyah, and T. Fatimah, "Pengaruh Metode Pengolahan Kopi Robusta Gunitir Di

- Kabupaten Jember Terhadap Karakteristik Green Coffee Powder (GCP),” in *Agropross : National Conference Proceedings of Agriculture*, 2023, pp. 173–179. doi: 10.25047/agropross.2023.475.
- [8] M. Anggia and R. Wijayanti, “Studi Proses Pengolahan Kopi Metode Kering Dan Metode Basah Terhadap Rendemen Dan Kadar Air,” *J. Penelit. Dan Pengkaj. Ilm. Eksakta*, vol. 2, no. 2, pp. 137–141, 2023, doi: 10.47233/jppie.v2i2.996.
- [9] Marvin, A. Hajjah, and Y. Desnelita, “Penerapan Metode ELECTRE Untuk Menentukan Kualitas Pada Biji Kopi Arabika,” *JEKIN - J. Tek. Inform.*, vol. 4, no. 3, pp. 398–407, 2024, doi: 10.58794/jekin.v4i3.719.
- [10] R. Zacharie and S. Denny, “Analisis Daya Saing Biji Kopi Indonesia di Pasar Internasional,” *J. Inform. Ekon. Bisnis*, vol. 6, no. 4, pp. 690–696, 2024, doi: 10.37034/infek.v6i4.907.
- [11] K. Fahrezi and B. Apriyanto, “Kopi Terbaik Dengan Metode Simple Additive Weighting Berbasis Website (Study Kasus : Pada Kedai Kopi Kulo),” *Log. J. Ilmu Komput. dan Pendidik.*, vol. 1, no. 3, pp. 579–591, 2023.
- [12] Susliansyah, Y. Kusnadi, E. Irfiani, and F. Indriyani, “Rekomendasi Pemilihan Mitra Kerja Proyek Dengan Menggunakan Metode Electre Pada Perusahaan Industri,” *J-SAKTI (Jurnal Sains Komput. dan Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 470–480, 2021, [Online]. Available: <http://tunasbangsa.ac.id/ejurnal/index.php/jsakti/article/view/340>
- [13] D. M. Sitohang, R. P. Sari, and F. Febriyanto, “Penerapan Metode Electre Pada Sistem Penentuan Keputusan Prioritas Lokasi Pembangunan Desa Teluk Kapuas Menggunakan Dana Desa,” *Coding J. Komput. dan Apl.*, vol. 9, no. 03, pp. 478–490, 2022, doi: 10.26418/coding.v9i03.51416.
- [14] L. Hanum, V. Sihombing, and I. R. Munthe, “Perbandingan Metode ELECTRE dengan AHP dalam Pengambilan Keputusan Investasi,” *J. Ilmu Komput. dan Sist. Inf.*, vol. 7, no. 1, pp. 66–69, 2024, doi: 10.55338/jikomsi.v7i1.2714.
- [15] S. K. Wildah, A. Latif, and T. Haryanto, “Sintesa Citra Daun Kopi Menggunakan Generative Adversarial Network Pada Dataset Penyakit Daun Kopi,” *Inti Nusa Mandiri*, vol. 19, no. 1, pp. 23–30, 2024.
- [16] X. Shen *et al.*, “Effects of Different Primary Processing Methods on the Flavor of Coffea arabica Beans by Metabolomics,” *Fermentation*, vol. 9, pp. 1–18, 2023, doi: 10.3390/fermentation9080717.
- [17] O. Cwiková *et al.*, “Effects of Different Processing Methods of Coffee Arabica on Colour, Acrylamide, Caffeine, Chlorogenic Acid, and Polyphenol Content,” *Foods*, vol. 11, pp. 1–13, 2022, doi: 10.3390/foods11203295.
- [18] W. Tari, Safrizal, and R. Fadhil, “Evaluasi Sensori Kopi Arabika Gayo Berbagai Varietas berdasarkan Proses Pengolahan Basah dan Semi Basah menggunakan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process),” *J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 7, no. 2, pp. 601–611, 2022, doi: 10.17969/jimfp.v7i2.20115.
- [19] M. F. Kurniawan, A. M. Nasution, and D. R. Hapsari, “Karakteristik Sensori Kopi Arabika Varietas Sigagar Utang Berdasarkan Pengolahannya Menggunakan Quantitative Descriptive Analysis (QDA),” *J. Ilmu Pangan dan Has. Pertan.*, vol. 7, no. 2, pp. 204–218, 2024, doi: 10.26877/jiphp.v7i2.16996.
- [20] A. R. Putra and H. Ardiansyah, “Implementasi Metode Electre Sebagai Sistem Pendukung Dalam Menentukan Beasiswa Murid Berbasis Web,” *J. Inform. MULTI*, vol. 1, no. 3, pp. 225–230, 2023.