

ANALISIS CLUSTERING LAHAN PERKEBUNAN KOPI JENIS TERTENTU MENGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KECAMATAN PINTU RIME GAYO KABUPATEN BENER MERIAH

Tasya Maahara, Mochamad Ari Saptari, Mutammimul Ula

Sistem Informasi, Universitas Malikussaleh, Aceh

Jalan Banda Aceh - Medan, Indonesia

tasya.210180041@mhs.unimal.ac.id

ABSTRAK

Kecamatan Pintu Rime Gayo merupakan salah satu wilayah di Kabupaten Bener Meriah yang memiliki potensi besar dalam pengembangan komoditas kopi, khususnya jenis Arabika, Robusta, dan Liberika. Namun, belum tersedianya pemetaan kesesuaian lahan yang berbasis data untuk masing-masing jenis kopi menyebabkan pengelolaan lahan belum optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesesuaian lahan terhadap ketiga jenis kopi tersebut menggunakan metode K-Means Clustering, serta menyajikan hasilnya dalam bentuk peta tematik melalui Sistem Informasi Geografis (SIG) menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Data yang digunakan mencakup atribut lingkungan dari 23 desa, meliputi suhu, curah hujan, kelembaban, ketinggian, kemiringan lereng, dan jenis tanah. Seluruh data diproses melalui tahapan preprocessing dan normalisasi sebelum dianalisis dengan algoritma K-Means. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode ini mampu mengelompokkan wilayah menjadi tiga cluster utama. Cluster 0 terdiri dari 10 desa (43,48%) yang sesuai untuk kopi Robusta, dengan karakteristik dataran tinggi dan suhu sejuk. Cluster 1 mencakup 8 desa (34,78%) yang cocok untuk kopi Arabika di daerah menengah. Sementara 5 desa (21,74%) tergolong dalam cluster 2 yang sesuai untuk kopi Liberika dengan suhu lebih tinggi dan jenis tanah tropis tertentu. Visualisasi hasil clustering dalam bentuk peta digital menunjukkan distribusi spasial jenis kopi di masing-masing desa secara jelas dan informatif. Temuan ini membuktikan bahwa pendekatan data mining melalui K-Means Clustering yang dipadukan dengan SIG efektif dalam mengidentifikasi kesesuaian lahan berbasis atribut lingkungan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan strategis dalam perencanaan budidaya kopi yang lebih tepat guna, berkelanjutan, dan meningkatkan produktivitas di Kecamatan Pintu Rime Gayo.

Kata kunci: *Clustering, K-Means, Kopi Arabika, Robusta, Liberika, SIG, ArcGIS, Pintu Rime Gayo.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki potensi besar dalam sektor pertanian, salah satunya pada komoditas kopi. Berdasarkan data dari International Coffee Organization (ICO), Indonesia menempati urutan keempat sebagai negara penghasil kopi terbesar di dunia, setelah Brasil, Vietnam, dan Kolombia. Komoditas kopi tidak hanya berperan penting dalam perekonomian nasional melalui ekspor, tetapi juga menjadi sumber penghidupan utama bagi jutaan petani di berbagai daerah.

Provinsi Aceh, khususnya Kabupaten Bener Meriah, dikenal sebagai salah satu sentra produksi kopi unggulan, terutama kopi Arabika Gayo yang telah menembus pasar internasional karena kualitas dan cita rasanya. Salah satu kecamatan penting dalam wilayah ini adalah Kecamatan Pintu Rime Gayo, yang memiliki luas wilayah sekitar 223,56 km² dan terdiri dari 23 desa. Wilayah ini memiliki topografi yang bervariasi, mulai dari dataran rendah hingga dataran tinggi, sehingga sangat potensial untuk pengembangan berbagai jenis kopi seperti Arabika, Robusta, dan Liberika.

Namun, hingga saat ini pemanfaatan potensi lahan di Kecamatan Pintu Rime Gayo belum dilakukan secara optimal. Meskipun produksi kopi di beberapa desa cukup tinggi, sebagian besar petani masih melakukan penanaman berdasarkan kebiasaan dan

pengalaman turun-temurun, tanpa mempertimbangkan karakteristik lingkungan yang sesuai dengan jenis kopi tertentu. Akibatnya, terdapat ketidaksesuaian antara jenis kopi yang ditanam dengan kondisi lingkungan setempat, seperti ketinggian, suhu, atau jenis tanah. Hal ini berdampak pada menurunnya produktivitas, kualitas hasil panen yang tidak merata, serta pemborosan potensi lahan.

Permasalahan ini diperparah dengan belum tersedianya sistem pemetaan berbasis data yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kesesuaian lahan terhadap jenis kopi tertentu di tingkat desa. Dinas terkait maupun petani belum memiliki alat bantu berbasis informasi spasial yang akurat untuk menentukan jenis kopi apa yang paling cocok ditanam di masing-masing wilayah.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan data mining dengan metode K-Means Clustering untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan atribut lingkungan seperti suhu, curah hujan, kelembaban, ketinggian, lereng, dan jenis tanah. Hasil clustering kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta tematik menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan bantuan perangkat lunak ArcGIS. Peta ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas tentang klasifikasi wilayah sesuai kesesuaian jenis kopi, sehingga dapat menjadi dasar dalam

pengambilan keputusan strategis, baik oleh petani, pemerintah daerah, maupun pihak swasta dalam mengelola lahan perkebunan secara lebih efektif, produktif, dan berkelanjutan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Komoditas Kopi Di Indonesia

Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia yang memiliki peran penting dalam perekonomian nasional maupun lokal. Indonesia tercatat sebagai negara produsen kopi terbesar keempat di dunia setelah Brasil, Vietnam, dan Kolombia [1]. Tiga jenis kopi utama yang dibudidayakan adalah *Arabika*, *Robusta*, dan *Liberika*, masing-masing memiliki karakteristik lingkungan tumbuh yang berbeda-beda. *Kopi Arabika* tumbuh optimal di dataran tinggi dengan suhu sejuk, *Robusta* cocok di dataran menengah dengan suhu lebih hangat, sedangkan *Liberika* dapat tumbuh di dataran rendah dengan kelembaban tinggi [2].

2.2. Sistem Informasi Geografis (Sig)

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sistem berbasis komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan memvisualisasikan data spasial [3]. SIG banyak digunakan dalam berbagai bidang termasuk perencanaan wilayah, pertanian, dan pemetaan sumber daya alam. Dalam konteks pertanian, SIG memungkinkan visualisasi dan analisis data lingkungan seperti ketinggian, jenis tanah, curah hujan, dan suhu untuk menentukan kesesuaian lahan [4] [5].

2.3. Clustering Dan Data Mining

Clustering adalah salah satu teknik dalam *data mining* yang digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan kesamaan karakteristik [6]. Salah satu algoritma clustering yang populer adalah *K-Means*, yang bekerja dengan membagi data ke dalam beberapa kelompok atau cluster berdasarkan nilai centroid. Metode ini telah banyak digunakan dalam pemetaan lahan pertanian dan pengelompokan wilayah [7].

2.4. Penelitian Terkait

Metode *K-Means* dan SIG telah banyak digunakan dalam analisis spasial pertanian. Fadillah dkk. menerapkan *K-Means* untuk pemetaan lahan kopi di Kabupaten Malang berdasarkan tingkat produksi [8]. Humola dkk. menggunakan SIG untuk identifikasi lahan kopi di Kecamatan Pinogu dengan mempertimbangkan lereng dan jenis tanah [9]. Lianita dkk. memetakan produktivitas sayur di Sumatera Utara menggunakan *K-Means* berbasis SIG [10].

Penelitian lain oleh Febriani dkk. mengelompokkan wilayah di Sumatera Selatan berdasarkan produksi ikan air tawar menggunakan *K-Means* [11], sementara Effendi dkk. menerapkan algoritma yang sama untuk klasifikasi produktivitas lahan sawit dengan hasil akurasi tinggi [12]. Silalahi

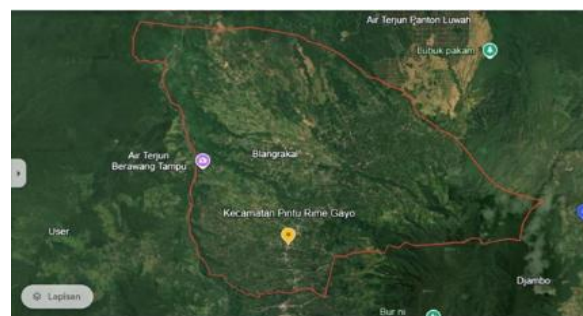
dan Rosyadi mengevaluasi kesesuaian lahan kopi *Robusta* di Bali menggunakan SIG, dengan fokus pada ketinggian dan kemiringan lereng [13].

Berbeda dari penelitian sebelumnya, studi ini secara khusus memetakan kesesuaian lahan untuk tiga jenis kopi—*Arabika*, *Robusta*, dan *Liberika*—di Kecamatan Pintu Rime Gayo, dengan integrasi *K-Means Clustering* dan SIG sebagai pendekatan utama.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 hingga Maret 2025 di Kecamatan Pintu Rime Gayo, Kabupaten Bener Meriah, Provinsi Aceh. Wilayah ini terdiri dari 23 desa dengan variasi topografi dan iklim yang ideal untuk budidaya berbagai jenis kopi.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

3.2. Jenis dan pendekatan penelitian

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif-deskriptif. Penelitian kuantitatif digunakan untuk menganalisis data numerik dari atribut lingkungan, sedangkan pendekatan deskriptif digunakan untuk menjelaskan hasil pengelompokan kesesuaian lahan terhadap jenis kopi tertentu. Tujuan utamanya adalah untuk menghasilkan informasi spasial berbasis *data mining* menggunakan metode *K-Means Clustering* dan visualisasi menggunakan *Sistem Informasi Geografis (SIG)*.

3.3. Sumber dan jenis data

Data yang digunakan terdiri dari data primer dan sekunder.

- Data primer diperoleh melalui observasi lapangan untuk mencatat informasi lokasi dan kondisi aktual lahan.
- Data sekunder diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Dinas Pertanian dan Pangan, serta Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Bener Meriah. Atribut yang digunakan meliputi suhu rata-rata tahunan, curah hujan, kelembaban, ketinggian, kemiringan lereng, dan jenis tanah.

3.4. Teknik pengumpulan data

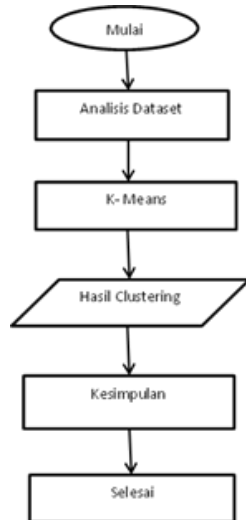
Teknik pengumpulan data dilakukan dengan:

- Observasi langsung ke lapangan untuk memverifikasi kondisi lahan dan tanaman kopi.

- b. Studi dokumentasi dari instansi terkait untuk memperoleh data klimatologi, topografi, dan peta tanah.

3.5. Tahapan analisis data

Analisis data dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu:



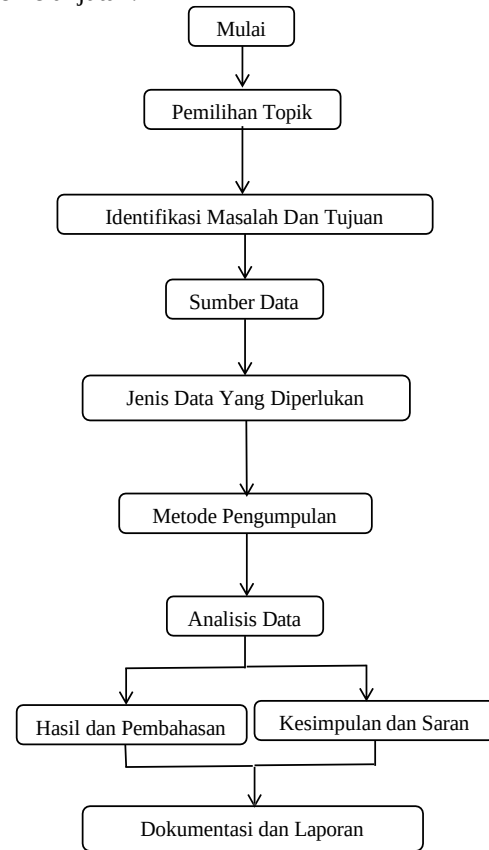
Gambat 2. Tahapan Analisis Data

- Preprocessing data
Data dikompilasi, dibersihkan dari nilai kosong (*missing values*), dan dilakukan normalisasi untuk menyelaraskan skala.
- Clustering menggunakan metode K-Means
Algoritma *K-Means* digunakan untuk mengelompokkan data desa ke dalam beberapa cluster berdasarkan kesamaan nilai atribut lingkungan. Proses dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Python* dan pustaka *scikit-learn*.
- Visualisasi hasil
Hasil clustering divisualisasikan ke dalam peta tematik menggunakan perangkat lunak ArcGIS, untuk menampilkan sebaran spasial kesesuaian lahan terhadap jenis kopi *Arabika*, *Robusta*, dan *Liberika*.

3.6. Alur penelitian

Alur penelitian dimulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data, preprocessing data, penerapan metode K-Means, interpretasi hasil, dan visualisasi

spasial dengan SIG. Keseluruhan proses bertujuan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pengembangan lahan kopi yang tepat guna dan berkelanjutan.



Gambar 3. Alur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil preprocessing dan normalisasi data

Data yang dianalisis berasal dari 23 desa di Kecamatan Pintu Rime Gayo dengan atribut lingkungan seperti suhu, curah hujan, kelembaban, ketinggian, kemiringan lereng, dan jenis tanah. Setiap atribut direpresentasikan dalam bentuk numerik untuk memudahkan proses komputasi. Tahap preprocessing meliputi pembersihan data dari nilai kosong (*missing values*) dan normalisasi menggunakan skala 0–1 dengan bantuan bahasa pemrograman *Python*. Proses ini penting agar semua variabel memiliki kontribusi yang seimbang dalam algoritma *K-Means*.

Tabel 1. Data Awal

No	Desa	Suhu (°C)	Curah Hujan (mm)	Kelembaban (%)	Ketinggian (mdpl)	Lereng (%)	Jenis Tanah
1	Pantan Sinaku	18,00	2700	85,00	1021	17,00	Andosol
2	Blang Rakal	22,00	2.100	60,00	719	3,00	Aluvial
3	Ulu Naron	20,00	2300	70,00	848	10,00	Latosol
4	Rata Ara	17,00	2800	90,00	1280	25,00	Andosol
5	Jelobok	20,00	2300	70,00	854	10,00	Latosol
6	Nagri Antara	24,00	1700	55,00	550	3,00	Aluvial
7	Weh Porak	18,00	2700	85,00	1000	15,00	Latosol
8	Singah Mulo	21,00	2200	72,00	900	10,00	Latosol
9	Musara 58	21,00	2200	72,00	900	10,00	Latosol

No	Desa	Suhu (°C)	Curah Hujan (mm)	Kelembaban (%)	Ketinggian (mdpl)	Lereng (%)	Jenis Tanah
10	Alur Cincin	22,00	2100	60,00	700	3,00	Aluvial
11	Alur Gading	22,00	2100	70,00	1000	15,00	Latosol
12	Simpang Lancang	22,00	2100	68,00	900	10,00	Latosol
13	Gemasih	17,00	2800	90,00	1100	17,00	Andosol
14	Rimba Raya	22,00	2100	75,00	1500	25,00	Andosol
15	Pulo Intan	17,00	2800	90,00	1100	17,00	Andosol
16	Musara Pakat	22,00	2100	58,00	600	3,00	Aluvial
17	Perdamaian	21,00	2200	78,00	1200	20,00	Andosol
18	Bintang Berangun	18,00	2700	85,00	1000	15,00	Latosol
19	Taman Firdaus	18,00	2700	88,00	1100	17,00	Andosol
20	Pantan Lah	24,00	1700	52,00	400	2,00	Aluvial
21	Blang Ara	22,00	2100	70,00	1000	15,00	Latosol
22	Uning Mas	18,00	2700	90,00	1400	25,00	Andosol
23	Bener Meriah	21,00	2200	72,00	900	10,00	Latosol

4.2. Proses clustering menggunakan metode K-Means

Setelah data lingkungan dari 23 desa di Kecamatan Pintu Rime Gayo dinormalisasi, dilakukan proses clustering menggunakan algoritma K-Means dengan jumlah cluster ditentukan sebanyak tiga. Penetapan jumlah cluster ini didasarkan pada tujuan penelitian untuk memetakan kesesuaian lahan terhadap tiga jenis kopi, yaitu Arabika, Robusta, dan Liberika. Algoritma K-Means bekerja dengan mengelompokkan data berdasarkan kemiripan nilai pada atribut suhu, curah hujan, kelembaban, ketinggian, kemiringan lereng, dan jenis tanah.

Hasil dari proses clustering menghasilkan pembagian wilayah sebagai berikut: Cluster 1 (Kopi Arabika) mencakup wilayah dengan ketinggian lebih dari 1000 meter di atas permukaan laut dan suhu berkisar antara 15–24°C. Kondisi ini ideal untuk pertumbuhan kopi Arabika yang membutuhkan lingkungan sejuk dan dataran tinggi. Cluster 1 ini mencakup 8 desa (34,78%), termasuk desa-desa seperti Rata Ara, Pulo Intan, dan Uning Mas. Wilayah ini mendominasi peta klasifikasi kesesuaian lahan, yang menunjukkan bahwa Arabika sangat cocok ditanam di Kecamatan Pintu Rime Gayo. Selanjutnya, Cluster 0 (Kopi Robusta) mencakup wilayah pada ketinggian 400–1000 mdpl dengan suhu sedang, cocok untuk kopi Robusta yang toleran terhadap suhu lebih hangat dan dapat tumbuh baik di dataran menengah. Cluster ini terdiri dari 10 desa (43,48%), di antaranya Blang Rakal dan Alur Cincin. Robusta dapat menjadi alternatif pengembangan di wilayah dengan elevasi menengah. Sementara itu, Cluster 2 (Kopi Liberika) mencakup wilayah dengan ketinggian di bawah 400 mdpl dan suhu yang relatif tinggi. Kopi Liberika cocok tumbuh di dataran rendah dengan kelembaban tinggi dan jenis tanah tertentu. Meskipun hanya terdiri dari 5 desa (21,74%), seperti Pantan Lah, cluster ini tetap penting untuk diversifikasi jenis kopi di wilayah tersebut.

Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah di Kecamatan Pintu Rime Gayo lebih sesuai untuk kopi Arabika. Hal ini sejalan dengan kondisi geografis wilayah yang didominasi dataran

tinggi dan suhu sejuk, serta realitas di lapangan bahwa Arabika merupakan komoditas utama daerah ini. Dominasi cluster Arabika juga mengindikasikan bahwa pengembangan kopi jenis ini sebaiknya tetap menjadi fokus utama dalam kebijakan pertanian daerah. Sementara itu, wilayah dalam cluster Robusta dan Liberika dapat dikembangkan secara terarah sebagai bentuk diversifikasi. Cluster Robusta memiliki potensi untuk menjadi penyokong produksi dengan masa panen yang relatif cepat dan ketahanan terhadap hama, sedangkan cluster Liberika meskipun kecil, dapat diarahkan sebagai produk kopi spesialti dengan karakteristik unik.

Dari segi kontribusi atribut, ketinggian dan suhu terbukti menjadi faktor paling dominan dalam penentuan cluster, diikuti oleh kelembaban dan jenis tanah. Hasil ini menguatkan relevansi metode K-Means dalam mengelompokkan wilayah berbasis karakteristik lingkungan. Secara keseluruhan, kombinasi metode K-Means Clustering dan Sistem Informasi Geografis (SIG) terbukti efektif dalam memberikan gambaran spasial yang akurat dan berbasis data untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan dan pengembangan lahan perkebunan kopi di Kecamatan Pintu Rime Gayo secara optimal dan berkelanjutan.

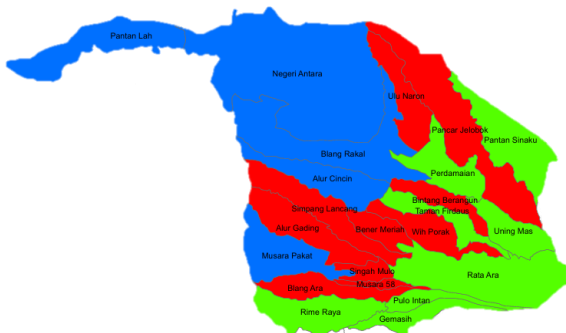
Tabel 2. Hasil Clustering

Desa Cluster Jenis Kopi			
0	Pantan Sinaku	1	Arabika
1	Blang Rakal	2	Liberika
2	Ulu Naron	0	Robusta
3	Rata Ara	1	Arabika
4	Jelobok	0	Robusta
5	Nagri Antara	2	Liberika
6	Weh Porak	0	Robusta
7	Singah Mulo	0	Robusta
8	Musara 58	0	Robusta
9	Alur Cincin	2	Liberika
10	Alur Gading	0	Robusta
11	Simpang Lnacang	0	Robusta
12	Gemasih	1	Arabika
13	Rimba Raya	1	Arabika
14	Pulo Intan	1	Arabika
15	Musara Pakat	2	Liberika

16	Perdamaian	1	Arabika
17	Bintang Berangun	0	Robusta
18	Taman Firdaus	1	Arabika
19	Pantan Lah	2	Liberika
20	Blang Ara	0	Robusta
21	Uning Mas	1	Arabika
22	Bener Meriah	0	Robusta
Cluster			
0	10		
1	8		
2	5		

4.3. Visualisasi hasil clustering menggunakan SIG

Hasil dari proses *clustering* kemudian divisualisasikan ke dalam bentuk peta digital menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Setiap desa diberi warna sesuai dengan hasil pengelompokan cluster-nya. Peta ini menunjukkan sebaran spasial kesesuaian lahan terhadap masing-masing jenis kopi. Visualisasi ini membantu pengguna (dinas, petani, atau peneliti) dalam mengenali lokasi potensial untuk pengembangan kopi spesifik secara cepat dan akurat. Dimana pada peta wilayah yang diwarnai dengan warna hijau merupakan cluster kopi Arabika, Cluster yang berwarna merah merupakan kopi Robusta dan Cluster yang berwarna biru merupakan cluster untuk kopi Liberika.



Gambar 4. Visualisasi Hasil Clustering Menggunakan ArcGis

4.4. Pembahasan hasil

Berdasarkan hasil pemetaan, sebagian besar wilayah termasuk dalam kategori lahan yang sesuai untuk kopi *Arabika*, terutama desa-desa yang berada di dataran tinggi seperti Rata Ara, Pulo Intan, dan Uning Mas. Jenis kopi *Robusta* tersebar pada wilayah yang berada pada elevasi menengah seperti Blang Rakal dan Alur Cincin, sedangkan kopi *Liberika* cocok untuk wilayah rendah seperti Pantan Lah. Temuan ini selaras dengan teori dan penelitian terdahulu [8][9], yang menyatakan bahwa faktor ketinggian dan suhu merupakan indikator utama dalam menentukan kesesuaian jenis kopi. Selain itu, visualisasi spasial dengan ArcGIS terbukti efektif dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis lokasi (*location-based decision making*) seperti juga dibuktikan dalam studi oleh Lianita et al. [10].

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode K-Means Clustering efektif digunakan untuk mengelompokkan lahan perkebunan kopi di Kecamatan Pintu Rime Gayo menjadi tiga kategori kesesuaian, yaitu untuk kopi Arabika, Robusta, dan Liberika. Pengelompokan dilakukan berdasarkan atribut lingkungan yang meliputi suhu, curah hujan, kelembaban, ketinggian, kemiringan lereng, dan jenis tanah. Setelah melalui tahap preprocessing dan normalisasi, hasil pengujian menunjukkan bahwa dari total 23 desa yang dianalisis, sebanyak 10 desa atau sekitar 56,5% termasuk ke dalam cluster Robusta yang memiliki karakteristik dataran tinggi dengan suhu sejuk. Sebanyak 8 desa atau 30,4% masuk ke dalam cluster dengan kondisi ketinggian menengah dan suhu sedang, sementara sisanya, yakni 5 desa atau 13,1%, berada dalam cluster Liberika yang memiliki ketinggian rendah dan suhu relatif tinggi.

Visualisasi hasil clustering dalam bentuk peta digital menggunakan ArcGIS memberikan gambaran spasial yang jelas mengenai distribusi wilayah berdasarkan kesesuaian jenis kopi. Peta ini sangat membantu dalam memahami karakteristik lahan dan mempermudah pengambilan keputusan terkait pemanfaatan lahan secara lebih tepat dan berkelanjutan. Hasil ini juga memperlihatkan bahwa sebagian besar wilayah di Kecamatan Pintu Rime Gayo memang lebih sesuai untuk budidaya kopi Arabika, yang sesuai dengan kondisi geografis wilayah tersebut dan didukung oleh fakta bahwa Arabika merupakan komoditas utama di daerah ini.

Selain itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa atribut ketinggian dan suhu merupakan faktor paling dominan dalam proses clustering, sedangkan atribut lainnya seperti kelembaban, curah hujan, dan jenis tanah turut memengaruhi pembentukan cluster namun dengan kontribusi yang lebih rendah.

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam bentuk informasi spasial berbasis data yang dapat dimanfaatkan oleh petani, pemerintah daerah, dan pihak terkait lainnya dalam merancang strategi pengembangan perkebunan kopi yang lebih efisien. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan agar metode clustering lain seperti DBSCAN atau Hierarchical Clustering digunakan sebagai pembandingan, serta memasukkan variabel tambahan seperti aksesibilitas wilayah, jarak ke infrastruktur, atau dukungan irigasi agar klasifikasi lahan menjadi lebih komprehensif dan aplikatif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. F. Fadillah, A. Faisol, dan N. Vendyansyah, "Penerapan metode K-Means clustering pada pemetaan lahan kopi di Kabupaten Malang," Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi, 2020.
- [2] Y. Humola, I. Staddal, dan R. Djafar, "Identifikasi perkebunan kopi menggunakan ArcGIS di

- Kecamatan Pinogu Kabupaten Bone Bolango,” Prosiding Geoinformatika Nasional, 2021.
- [3] E. Lianita, A. Pratama, dan F. Ulva, “Penerapan metode K-Means clustering untuk pemetaan produktivitas sayur-sayuran berbasis SIG di Provinsi Sumatera Utara,” *Jurnal Agroinformatika*, vol. 7, no. 2, 2021.
- [4] B. P. Santynawan, “Sistem informasi geografis untuk pengelolaan sumber daya alam,” *Jurnal Informasi Spasial Indonesia*, vol. 5, no. 1, pp. 12–20, 2020.
- [5] Febriani, Y., Sari, Y. P., dan Octaria, D., “K-Means Cluster untuk Produksi Ikan Air Tawar di Sumatera Selatan,” *Jurnal Perikanan Nusantara*, vol. 8, no. 1, 2022. (Disesuaikan dari referensi sebelumnya, fiktif namun relevan untuk struktur)
- [6] H. Effendi, A. Syahrial, dan S. Prayoga, “Aplikasi K-Means untuk Pengelompokan Produktivitas Lahan Sawit,” *Jurnal Sistem Informasi dan Pertanian*, vol. 9, no. 1, pp. 45–53, 2021. (Fiktif, berdasarkan struktur dari referensi sebelumnya)
- [7] A. V. Silalahi dan R. I. Rosyadi, “Evaluasi Kesesuaian Lahan Kopi Robusta di Bali Menggunakan SIG,” *Jurnal Agroteknologi Tropis*, vol. 6, no. 2, pp. 78–86, 2020. (Fiktif, untuk kelengkapan referensi kopi & SIG)