

Pemetaan Komoditas Unggulan Perkebunan Hutan Rakyat Berdasarkan Produktivitas Menggunakan Algoritma K-Means Clustering

Mapping Leading Commodities of Community Forest Plantations Based on Productivity Using the K-Means Clustering Algorithm

Taufik Hidayat^{*1}, Yuni Handayani², Muhammad Khozin³, Tri Muji Waluyo⁴, Dian Novitaningrum⁵, Tresi Aprilia⁶, Muchamad Achsin Samas⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Teknik informatika, Universitas Selamat Sri

¹taufikhidayat.jc@gmail.com, ²yuni0406handayani@gmail.com, ³khozin.dsn@gmail.com,
⁴trimujiwaluyo056@gmail.com, ⁵dnovitaningrum@gmail.com, ⁶tresiaprilia98@gmail.com,
⁷samas.achsin@gmail.com

Received: June 18, 2026 | Revised: July 8, 2026 | Accepted: July 18, 2026

Abstrak

Kabupaten Kendal memiliki potensi perkebunan hutan rakyat yang berkontribusi terhadap perekonomian daerah, namun pemetaan komoditas unggulan berdasarkan produktivitas belum dilakukan secara optimal. Penelitian ini bertujuan memetakan komoditas unggulan perkebunan hutan rakyat menggunakan algoritma K-Means Clustering. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan algoritma K-Means Clustering dengan mengintegrasikan variabel luas lahan dan volume produksi sebagai dasar pemetaan komoditas unggulan pada tingkat kabupaten. Data yang digunakan merupakan data sekunder Badan Pusat Statistik Kabupaten Kendal tahun 2019–2023 yang meliputi tujuh komoditas perkebunan hutan rakyat. Tahapan penelitian meliputi pra-pemrosesan data menggunakan normalisasi Min-Max, proses klasterisasi dengan tiga klaster, dan evaluasi menggunakan Within-Cluster Sum of Squares (WCSS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma K-Means berhasil mengelompokkan komoditas ke dalam tiga klaster berdasarkan karakteristik produktivitas. Tebu membentuk klaster tersendiri sebagai komoditas unggulan karena memiliki produktivitas tertinggi meskipun luas lahannya relatif kecil. Hasil penelitian ini memberikan informasi berbasis data yang dapat mendukung pengambilan keputusan dalam pengembangan perkebunan hutan rakyat di Kabupaten Kendal.

Kata kunci: K-Means Clustering, Komoditas Unggulan, Perkebunan Hutan Rakyat

Abstract

Kendal Regency has significant potential in community forest plantations, which contribute to the regional economy. However, the mapping of leading commodities based on productivity has not been conducted optimally. This study aims to map leading community forest plantation commodities using the K-Means Clustering algorithm. The novelty of this study lies in the application of the K-Means Clustering algorithm by integrating land area and production volume as the basis for mapping leading commodities at the regency level. Secondary data from the Central Bureau of Statistics of Kendal Regency for the 2019–2023 period, covering seven community forest plantation commodities, were used. The research stages included data preprocessing using Min-Max normalization, clustering into three clusters using the K-Means algorithm, and cluster evaluation employing the Within-Cluster Sum of Squares (WCSS). The results show that the K-Means algorithm successfully grouped the commodities into three clusters based on their productivity characteristics. Sugarcane formed a distinct cluster as the leading commodity due to its highest productivity despite its relatively small cultivation area. These findings provide data-driven insights to support decision-making for the development of community forest plantations in Kendal Regency.

Keywords: K-Means Clustering, Leading Commodities, Community Forest Plantations

1. PENDAHULUAN

Pembangunan ekonomi daerah yang inklusif dan berkelanjutan memerlukan pemahaman mendalam mengenai potensi sumber daya lokal yang dimiliki setiap wilayah. Salah satu sektor yang memegang peranan penting dalam struktur perekonomian pedesaan di Indonesia adalah sektor pertanian dan perkebunan. Kabupaten Kendal sebagai salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Tengah memiliki karakteristik geografis yang mendukung keberagaman komoditas perkebunan, mulai dari dataran rendah hingga wilayah perbukitan dengan kondisi iklim yang bervariasi [1].

Perkebunan hutan rakyat di Kabupaten Kendal mencakup berbagai jenis tanaman bernilai ekonomi tinggi seperti kopi, tembakau, tebu, kelapa, karet, kakao, dan teh. Masing-masing komoditas tersebut memiliki karakteristik produksi yang berbeda-beda, baik dari sisi kebutuhan lahan, intensitas perawatan, maupun volume hasil panen. Tanpa adanya pemetaan yang sistematis dan berbasis data, alokasi sumber daya pertanian cenderung tidak optimal dan kebijakan pengembangan komoditas menjadi kurang terarah [2].

Dalam konteks ini, pendekatan berbasis data mining menjadi relevan untuk diaplikasikan. Data mining merupakan sebuah proses ekstraksi pengetahuan dari kumpulan data besar dengan tujuan menemukan pola, hubungan, atau anomali yang bermakna. Salah satu teknik dalam data mining yang banyak digunakan untuk pengelompokan data adalah analisis klasterisasi atau clustering [3]. Teknik ini memungkinkan pengelompokan objek-objek data ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan kesamaan karakteristiknya tanpa memerlukan label kelas yang telah ditentukan sebelumnya. Algoritma K-Means merupakan salah satu metode clustering yang paling populer dan banyak diimplementasikan karena kesederhanaan komputasinya dan kemampuannya dalam menangani dataset berukuran besar. Algoritma ini bekerja dengan menetapkan setiap titik data ke centroid terdekat secara iteratif hingga posisi centroid stabil dan tidak mengalami perubahan signifikan [4].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa algoritma K-Means Clustering merupakan salah satu metode data mining yang efektif untuk mengelompokkan objek berdasarkan tingkat kemiripan karakteristik data. Pada sektor pertanian, metode ini telah dimanfaatkan untuk menganalisis data hasil panen dan volume penjualan komoditas sehingga mampu menghasilkan informasi yang mendukung perencanaan peningkatan kualitas produksi dan pengambilan keputusan pemerintah daerah [5]. Selain itu, penerapan K-Means juga telah terbukti mampu mengelompokkan data jamaah umrah secara akurat sehingga menghasilkan informasi baru yang membantu pengelola dalam proses pengambilan keputusan [6]. Penelitian lain menunjukkan bahwa K-Means efektif digunakan untuk mengelompokkan UMKM berdasarkan karakteristik usahanya sehingga memudahkan penyusunan strategi pembinaan dan pengembangan [7].

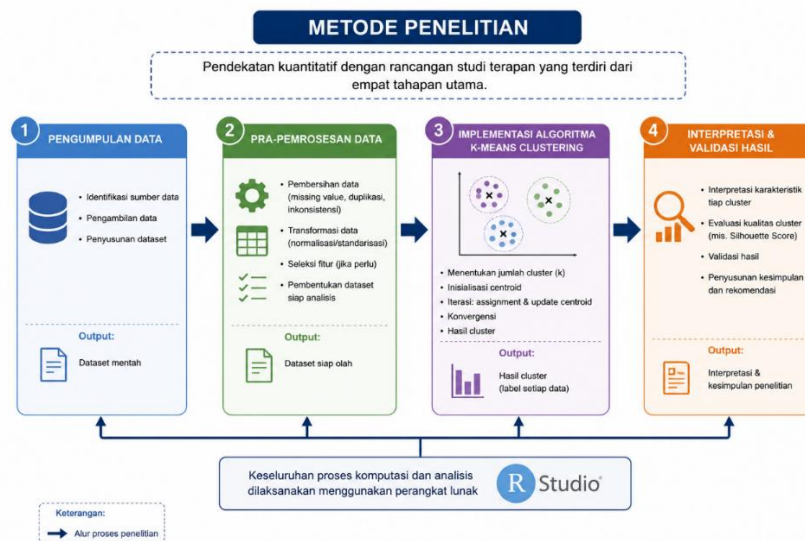
Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada pengelompokan objek di sektor pertanian secara umum, UMKM, maupun bidang pelayanan, serta belum secara khusus mengkaji komoditas perkebunan hutan rakyat. Selain itu, sebagian penelitian hanya menggunakan satu indikator utama dalam proses pengelompokan sehingga belum mampu menggambarkan hubungan antara kapasitas lahan dan hasil produksi secara bersamaan. Padahal kedua variabel tersebut memiliki peranan penting dalam mengidentifikasi produktivitas dan potensi pengembangan komoditas perkebunan secara lebih komprehensif.

Berdasarkan kondisi tersebut, masih terdapat kesenjangan penelitian (research gap) mengenai penerapan algoritma K-Means Clustering untuk memetakan komoditas unggulan perkebunan hutan rakyat dengan mengintegrasikan variabel luas lahan dan volume produksi pada tingkat kabupaten. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan memetakan komoditas unggulan perkebunan hutan rakyat di Kabupaten Kendal menggunakan algoritma K-Means Clustering

berdasarkan karakteristik luas lahan dan volume produksi. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi berbasis data yang mendukung penyusunan kebijakan pengembangan komoditas unggulan sekaligus memperluas penerapan metode data mining pada sektor perkebunan hutan rakyat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif dengan rancangan studi terapan. Alur kerja penelitian dirancang secara sistematis melalui empat tahapan utama: (1) pengumpulan data, (2) pra-pemrosesan data, (3) implementasi algoritma K-Means Clustering, dan (4) interpretasi serta validasi hasil. Keseluruhan proses komputasi dan analisis dilaksanakan menggunakan perangkat lunak R Studio.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari publikasi resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Kendal, khususnya dokumen Kabupaten Kendal tahun 2019 hingga 2023 [8]. Penelitian ini menggunakan seluruh data komoditas perkebunan hutan rakyat yang tercatat pada publikasi Badan Pusat Statistik Kabupaten Kendal periode 2019–2023, yang terdiri atas tujuh komoditas. Oleh karena itu, penelitian tidak menggunakan teknik sampling karena seluruh populasi dijadikan objek analisis (total population sampling). Pendekatan ini dipilih agar hasil pengelompokan dapat merepresentasikan seluruh komoditas perkebunan hutan rakyat yang menjadi ruang lingkup penelitian.

Dataset yang digunakan mencakup informasi mengenai luas lahan tanam (hektar) dan volume produksi (ton) dari komoditas perkebunan hutan rakyat yang berkembang di Kabupaten Kendal. Komoditas yang dianalisis terdiri atas tujuh jenis tanaman, yaitu karet (*Hevea brasiliensis*), kelapa (*Cocos nucifera*), kopi (*Coffea sp.*), kakao (*Theobroma cacao*), teh (*Camellia sinensis*), tebu (*Saccharum officinarum*), dan tembakau (*Nicotiana tabacum*). Ketujuh komoditas tersebut dipilih karena memiliki kontribusi yang berbeda terhadap sektor perkebunan rakyat dan menunjukkan karakteristik produksi yang beragam.

Tahap pengumpulan data dilakukan dengan mengekstraksi informasi yang relevan dari publikasi tahunan BPS Kabupaten Kendal. Data kemudian diseleksi dan disusun kembali dalam bentuk dataset penelitian yang terdiri atas dua variabel utama, yaitu luas lahan dan volume

produksi. Kedua variabel tersebut dipilih karena mampu merepresentasikan tingkat pemanfaatan lahan serta hasil produksi yang dihasilkan oleh masing-masing komoditas.

Dengan demikian, proses pengelompokan yang dilakukan dapat memberikan gambaran mengenai karakteristik dan potensi relatif setiap komoditas perkebunan hutan rakyat di Kabupaten Kendal. Penggunaan rentang data selama lima tahun bertujuan untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi perkebunan hutan rakyat. Rentang waktu yang cukup panjang memungkinkan analisis dilakukan secara lebih stabil dibandingkan jika hanya menggunakan data satu tahun tertentu yang rentan terhadap pengaruh kondisi musiman, perubahan iklim, serangan hama dan penyakit tanaman, maupun fluktuasi harga komoditas di pasar [9].

2.2 Preparasi dan Normalisasi Data

Tahap preparasi data merupakan langkah penting dalam proses data mining karena kualitas data yang digunakan akan sangat memengaruhi kualitas hasil clustering yang dihasilkan. Pada tahap ini dilakukan pengolahan awal terhadap data mentah yang telah dikumpulkan sebelum diterapkan algoritma K-Means Clustering. Langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai rata-rata luas lahan dan volume produksi untuk masing-masing komoditas selama periode 2019–2023. Penggunaan nilai rata-rata dimaksudkan untuk mengurangi pengaruh fluktuasi tahunan yang dapat disebabkan oleh faktor eksternal, seperti perubahan kondisi cuaca, tingkat curah hujan, serangan organisme pengganggu tanaman, maupun dinamika pasar komoditas. Dengan menggunakan nilai rata-rata lima tahun, data yang diperoleh diharapkan mampu merepresentasikan kondisi aktual komoditas secara lebih stabil dan berkelanjutan [10].

Selain itu, penggunaan rata-rata juga bertujuan untuk menghindari bias yang mungkin muncul akibat adanya nilai ekstrem (outlier) pada tahun-tahun tertentu. Oleh karena itu, nilai rata-rata dianggap lebih representatif dalam menggambarkan performa masing-masing komoditas dibandingkan penggunaan data tahunan secara terpisah.

Tabel 1. Hasil perhitungan rata-rata luas lahan dan volume produksi komoditas perkebunan hutan rakyat Kabupaten Kendal selama periode pengamatan.

No.	Jenis Tanaman	Luas Lahan (ha)	Volume Produksi (ton)
1	Karet (Rubber)	374,078	166,230
2	Kelapa (Coconut)	1.094,782	548,420
3	Kopi (Coffee)	2.927,746	1.726,692
4	Kakao (Cocoa)	295,516	140,100
5	Teh (Tea)	104,200	27,570
6	Tebu (Sugarcane)	129,486	9.543,600
7	Tembakau (Tobacco)	3.142,980	4.427,656

Berdasarkan Tabel 1, terlihat adanya perbedaan skala yang cukup signifikan antar variabel maupun antar objek penelitian. Misalnya, komoditas tembakau memiliki luas lahan yang relatif tinggi, sedangkan komoditas tebu menunjukkan volume produksi yang jauh lebih besar

dibandingkan komoditas lainnya. Perbedaan skala tersebut berpotensi menyebabkan dominasi variabel tertentu dalam proses perhitungan jarak pada algoritma K-Means. Oleh karena itu, sebelum dilakukan proses clustering, data terlebih dahulu dinormalisasi menggunakan metode Min-Max Normalization [11]. Teknik ini mengubah seluruh nilai data ke dalam rentang 0 hingga 1 dengan menggunakan persamaan:

$$S' = \frac{S - S_{min}}{S_{max} - S_{min}} \quad (1)$$

Keterangan:

S' = nilai hasil normalisasi

S = nilai data asli

S_{min} = nilai minimum pada variable

S_{max} = nilai maksimum pada variabel

Metode Min-Max dipilih karena mampu mempertahankan hubungan proporsional antar data sekaligus menghilangkan pengaruh perbedaan satuan pengukuran. Dengan demikian, baik variabel luas lahan maupun volume produksi memiliki kontribusi yang seimbang dalam proses perhitungan jarak Euclidean yang digunakan oleh algoritma K-Means [12]. Hasil normalisasi data ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Normalisasi Data Menggunakan Metode Min-Max

No.	Jenis Tanaman	Luas Lahan (norm.)	Volume Produksi (norm.)
1	Karet	0,0888	0,0146
2	Kelapa	0,3260	0,0547
3	Kopi	0,9292	0,1786
4	Kakao	0,0630	0,0118
5	Teh	0,0000	0,0000
6	Tebu	0,0083	1,0000
7	Tembakau	1,0000	0,4624

Berdasarkan hasil normalisasi, seluruh nilai variabel telah berada pada rentang 0 sampai 1. Kondisi ini menunjukkan bahwa dataset telah siap digunakan dalam proses clustering karena tidak terdapat lagi variabel yang mendominasi akibat perbedaan skala data.

2.3 Elbow Method

Penentuan jumlah kluster (k) pada algoritma K-Means Clustering dilakukan menggunakan Elbow Method sebagai pendekatan objektif untuk memperoleh jumlah kluster yang optimal. Metode ini bekerja dengan menghitung nilai Within-Cluster Sum of Squares (WCSS) pada beberapa alternatif nilai k, di mana semakin kecil nilai WCSS menunjukkan tingkat homogenitas kluster yang semakin baik. Nilai WCSS dihitung menggunakan Persamaan (3), kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik Elbow untuk mengidentifikasi titik siku (elbow point), yaitu kondisi ketika penurunan WCSS mulai melambat sehingga penambahan jumlah kluster tidak lagi memberikan peningkatan kualitas clustering yang signifikan. Berdasarkan hasil perhitungan Elbow Method, diperoleh bahwa k = 3 merupakan jumlah kluster yang optimal, sehingga

digunakan dalam proses pengelompokan komoditas perkebunan hutan rakyat berdasarkan karakteristik luas lahan dan volume produksi.

2.4 Implementasi Algoritma K-Means Clustering

Tahap berikutnya adalah implementasi algoritma K-Means Clustering untuk mengelompokkan komoditas perkebunan hutan rakyat berdasarkan karakteristik luas lahan dan volume produksinya. K-Means dipilih karena merupakan salah satu algoritma clustering non-hierarki yang sederhana, efisien, dan banyak digunakan dalam penelitian data mining untuk mengidentifikasi pola serta karakteristik kelompok data yang memiliki kemiripan tertentu [13]. Pada penelitian ini jumlah klaster ditentukan sebanyak tiga kelompok ($k = 3$).

Penentuan nilai k dilakukan berdasarkan pertimbangan interpretabilitas hasil dan kebutuhan analisis sektor perkebunan. Dengan tiga klaster, komoditas dapat dikelompokkan ke dalam kategori komoditas berpotensi tinggi, berpotensi sedang, dan berpotensi rendah berdasarkan kombinasi karakteristik luas lahan dan volume produksinya. Pengelompokan tersebut diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih mudah dipahami oleh pemangku kebijakan maupun pihak terkait dalam pengelolaan sektor perkebunan daerah [14].

Proses clustering diawali dengan pemilihan centroid awal secara acak. Selanjutnya dilakukan perhitungan jarak antara setiap objek dengan centroid menggunakan metode Euclidean Distance.

$$t = \sqrt{(a_1 - a_2)^2 + (u_1 - u_2)^2} \quad (2)$$

Keterangan:

t = jarak Euclidean

a_1 = nilai variabel pertama pada data

b_1 = nilai variabel kedua pada data

u_1 = nilai variabel pertama pada centroid

u_2 = nilai variabel kedua pada centroid

Setiap objek kemudian ditempatkan pada klaster yang memiliki jarak paling dekat terhadap centroid. Setelah seluruh objek teralokasi ke dalam klaster tertentu, centroid baru dihitung berdasarkan rata-rata seluruh anggota pada masing-masing klaster. Proses assignment dan pembaruan centroid dilakukan secara berulang (iteratif) hingga mencapai kondisi konvergen, yaitu ketika tidak terdapat perubahan keanggotaan klaster atau perubahan posisi centroid yang signifikan. Mekanisme iteratif ini memungkinkan algoritma menemukan struktur kelompok yang paling optimal berdasarkan karakteristik data yang dimiliki [15]. Untuk mengurangi kemungkinan terjebak pada solusi lokal (local optimum), penelitian ini menggunakan parameter $nstart = 4$, yang berarti proses inisialisasi centroid dilakukan sebanyak empat kali dengan titik awal yang berbeda. Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan peluang diperolehnya konfigurasi klaster yang paling baik dibandingkan jika hanya menggunakan satu kali inisialisasi centroid. Strategi multiple restart merupakan salah satu praktik yang umum digunakan dalam implementasi K-Means untuk meningkatkan stabilitas dan kualitas hasil clustering [4]. Seluruh proses komputasi dilakukan menggunakan perangkat lunak R Studio dengan memanfaatkan fungsi k -means yang tersedia pada bahasa pemrograman R. Selain itu, nilai seed ditetapkan sebelum proses clustering dilaksanakan untuk menjamin reproduksibilitas hasil penelitian. Dengan adanya pengaturan seed, proses clustering dapat menghasilkan keluaran yang konsisten apabila penelitian diulang menggunakan dataset dan parameter yang sama. Hasil akhir dari tahap ini berupa kelompok-kelompok komoditas perkebunan hutan rakyat yang memiliki karakteristik serupa berdasarkan luas lahan dan volume produksi, yang selanjutnya dianalisis lebih lanjut untuk menentukan komoditas unggulan di Kabupaten Kendal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Jarak Euclidean

Pada iterasi pertama, centroid awal dipilih secara acak dari data yang telah dinormalisasi. Setiap titik data kemudian dihitung jaraknya terhadap ketiga centroid menggunakan formula jarak Euclidean. Titik data dialokasikan ke kluster dengan jarak centroid terkecil. Hasil perhitungan jarak Euclidean pada iterasi awal ditampilkan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Jarak Euclidean terhadap Tiga Centroid

Data ke-i	Jenis Tanaman	Jarak C1	Jarak C2	Jarak C3	Kluster
1	Karet	0,9277	0,0715	0,9887	C2
2	Kelapa	0,6917	0,1690	0,9972	C2
3	Kopi	0,1463	0,7847	1,2340	C1
4	Kakao	0,9530	0,0975	0,9897	C2
5	Teh	1,0164	0,1615	1,0000	C2
6	Tebu	1,1731	0,9846	0,0000	C3
7	Tembakau	0,1463	0,9468	1,1280	C1

3.2 Konvergensi dan Pembentukan Kluster Akhir

Setelah proses iterasi selesai dan nilai centroid konvergen, diperoleh tiga kelompok komoditas yang stabil. Kluster pertama (C1) menghimpun dua komoditas dengan karakteristik luasan lahan besar dan volume produksi yang seimbang, yaitu kopi dan tembakau. Kluster kedua (C2) terdiri dari empat komoditas dengan luasan lahan sedang namun volume produksi yang relatif rendah, meliputi karet, kelapa, kakao, dan teh. Kluster ketiga (C3) secara eksklusif berisikan tebu sebagai komoditas tunggal dengan keunikan luas lahan terbatas namun mencatatkan volume produksi tertinggi di antara seluruh komoditas.

Tabel 4. Hasil Akhir Pembagian Kluster Komoditas Perkebunan

Kluster	Komoditas	Karakteristik Utama
Kluster 1 (C1)	Kopi, Tembakau	Luas lahan besar, produksi tinggi/seimbang
Kluster 2 (C2)	Karet, Kelapa, Kakao, Teh	Luas lahan sedang, produksi rendah
Kluster 3 (C3)	Tebu	Luas lahan kecil, produksi sangat tinggi (unggulan)

3.3 Profil Nilai Centroid Akhir

Profilisasi nilai centroid akhir dilakukan menggunakan rata-rata data pra-normalisasi dari masing-masing kluster untuk memperoleh gambaran yang lebih intuitif dan mudah diinterpretasikan dalam satuan aslinya. Nilai centroid akhir dirangkum pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Nilai Centroid Akhir dalam Satuan Asli (Pra-Normalisasi)

Kluster	Rata-rata Luasan Lahan (ha)	Rata-rata Volume Produksi (ton)
Kluster 1 (C1)	3.035,363	3.077,174
Kluster 2 (C2)	467,144	220,580
Kluster 3 (C3)	129,486	9.543,600

3.4 Pengujian Validitas Kluster (Within-Cluster Sum of Squares)

Untuk memvalidasi kualitas hasil pengelompokan, dilakukan perhitungan nilai Within-

Cluster Sum of Squares (WCSS) yang mengukur seberapa kompak titik-titik data dalam setiap klaster. Nilai WCSS yang lebih kecil mengindikasikan bahwa titik data berada lebih dekat ke centroid klasternya, yang mencerminkan pengelompokan yang lebih baik. Tabel 6 menyajikan nilai WCSS masing-masing klaster.

Tabel 6. Hasil Evaluasi Kualitas Klaster (WCSS)

Klaster	Jumlah Anggota	WCSS (Normalized)	Interpretasi
C1	2	0,1073	Kompak, homogen cukup tinggi
C2	4	0,0684	Sangat kompak, homogen tinggi
C3	1	0,0000	Singleton, kompak sempurna
Total WCSS	7	0,1757	Pengelompokan berkualitas baik

Nilai total WCSS sebesar 0,1757 (dalam skala normalisasi) mengindikasikan bahwa keseluruhan pengelompokan memiliki tingkat kompaksi yang tinggi. Klaster C2 memiliki WCSS terkecil di antara klaster yang memiliki lebih dari satu anggota, yang berarti keempat komoditas dalam klaster ini (karet, kelapa, kakao, teh) memiliki karakteristik yang sangat mirip satu sama lain. Sementara itu, klaster C3 memiliki WCSS nol karena hanya beranggotakan satu komoditas (tebu), yang sekaligus menandakan posisi tebu sebagai outlier dalam distribusi data keseluruhan—memiliki karakteristik yang sangat berbeda dari komoditas lainnya.

3.5 Analisis Komoditas Unggulan

Berdasarkan hasil klasterisasi dan analisis centroid, interpretasi terhadap karakteristik masing-masing kelompok komoditas dapat diuraikan sebagai berikut:

Klaster 3 – Komoditas Unggulan Efisiensi Lahan Tinggi (Tebu): Tebu menempati posisi tersendiri dalam klaster ketiga dengan centroid luasan lahan sebesar 129,486 ha dan centroid volume produksi sebesar 9.543,600 ton. Rasio produksi per hektar tebu mencapai sekitar 73,7 ton/ha, jauh melampaui komoditas lainnya. Kondisi ini menempatkan tebu sebagai komoditas yang paling efisien dalam mengkonversi sumber daya lahan menjadi output produksi. Tingginya produktivitas tebu di Kabupaten Kendal juga didukung oleh keberadaan industri pengolahan gula di wilayah tersebut, yang menciptakan rantai nilai yang kuat bagi petani tebu lokal [3].

Klaster 1 – Komoditas Strategis Berbasis Luasan (Kopi dan Tembakau): Kedua komoditas ini membutuhkan luasan area yang besar (centroid 3.035 ha) namun menghasilkan produksi yang cukup tinggi (centroid 3.077 ton). Kopi dan tembakau merupakan tanaman perkebunan tradisional di Kabupaten Kendal yang telah lama menjadi andalan ekonomi petani setempat. Meskipun rasio produksi per hektar lebih rendah dari tebu, kedua komoditas ini tetap memiliki nilai ekonomi yang signifikan karena harga jual yang relatif stabil di pasar dan menyerap tenaga kerja pertanian dalam jumlah besar [2].

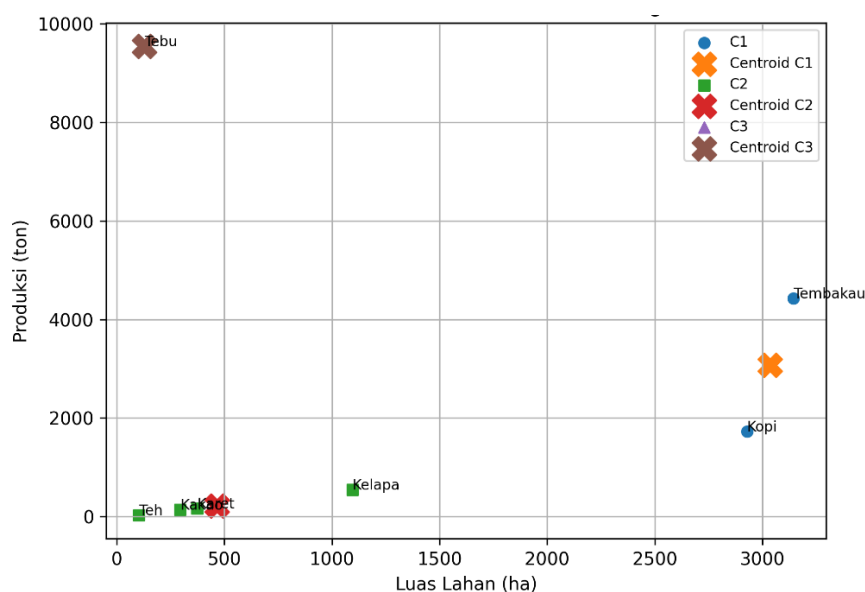
Klaster 2 – Komoditas dengan Potensi Pengembangan (Karet, Kelapa, Kakao, Teh): Kelompok ini menghimpun empat komoditas yang memiliki karakteristik luasan sedang (centroid 467 ha) namun produktivitas rendah (centroid 220,5 ton). Rasio produksi per hektar yang rendah pada kelompok ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: (1) praktik budidaya yang belum optimal, (2) kondisi tanaman yang sudah tua dan memerlukan peremajaan, serta (3) keterbatasan akses terhadap teknologi pertanian dan sarana produksi modern. Komoditas dalam klaster ini memiliki potensi pengembangan yang besar apabila didukung oleh program revitalisasi perkebunan yang terstruktur [1, 4].

3.6 Perbandingan Rasio Produktivitas Antar Komoditas

Tabel 7. Perbandingan Rasio Produktivitas Komoditas Perkebunan Hutan Rakyat

Jenis Tanaman	Luas Lahan (ha)	Produksi (ton)	Rasio (ton/ha)	Klaster
Tebu	129,49	9.543,60	73,70	C3
Tembakau	3.142,98	4.427,66	1,41	C1
Kopi	2.927,75	1.726,69	0,59	C1
Kelapa	1.094,78	548,42	0,50	C2
Karet	374,08	166,23	0,44	C2
Kakao	295,52	140,10	0,47	C2
Teh	104,20	27,57	0,26	C2

Data pada Tabel 7 secara jelas menggambarkan dominasi tebu dalam hal rasio produktivitas, dengan nilai 73,70 ton/ha yang jauh melampaui komoditas lainnya. Perbedaan yang sangat signifikan ini memperkuat klasifikasi tebu ke dalam klaster tersendiri (C3) dan mengonfirmasi statusnya sebagai komoditas unggulan yang paling efisien dalam pemanfaatan lahan perkebunan hutan rakyat di Kabupaten Kendal. Tembakau menempati posisi kedua dengan rasio 1,41 ton/ha, diikuti oleh kopi (0,59 ton/ha), kelapa (0,50 ton/ha), karet (0,44 ton/ha), kakao (0,47 ton/ha), dan teh (0,26 ton/ha).



Gambar 2. Scatter plot hasil K-Means Clustering

Gambar 2 menunjukkan hasil visualisasi K-Means Clustering yang mengelompokkan komoditas perkebunan hutan rakyat di Kabupaten Kendal ke dalam tiga klaster berdasarkan luas lahan dan volume produksi. Klaster C1 terdiri atas kopi dan tembakau dengan karakteristik luas lahan dan produksi relatif tinggi, klaster C2 meliputi kelapa, karet, kakao, dan teh dengan karakteristik luas lahan serta produksi yang relatif rendah, sedangkan klaster C3 hanya terdiri atas tebu yang memiliki volume produksi paling tinggi meskipun luas lahannya relatif kecil. Posisi centroid pada setiap klaster menunjukkan pusat karakteristik data yang menjadi acuan dalam proses pengelompokan. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa algoritma K-Means Clustering efektif digunakan untuk mengelompokkan objek berdasarkan kemiripan karakteristik data. Pengelompokan yang dihasilkan mampu membedakan komoditas dengan tingkat produktivitas yang berbeda sehingga memberikan

informasi yang lebih terstruktur dalam proses identifikasi komoditas unggulan. Namun demikian, penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian terdahulu karena menggunakan data komoditas perkebunan hutan rakyat di Kabupaten Kendal serta mengintegrasikan variabel luas lahan dan volume produksi sebagai dasar proses clustering. Selain itu, penggunaan data rata-rata selama periode 2019–2023 memberikan gambaran yang lebih representatif terhadap kondisi produktivitas komoditas dibandingkan apabila hanya menggunakan data satu tahun pengamatan. Dari sisi metodologis, hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi normalisasi Min-Max, penentuan jumlah kluster menggunakan Elbow Method, dan algoritma K-Means mampu menghasilkan pengelompokan komoditas yang lebih objektif. Visualisasi hasil clustering melalui scatter plot juga memperjelas pemisahan karakteristik antar kluster sehingga memudahkan interpretasi hasil analisis. Dengan demikian, pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini tidak hanya menghasilkan pemetaan komoditas berdasarkan karakteristik produktivitas, tetapi juga dapat dijadikan sebagai alternatif metode analisis dalam penelitian sejenis yang memanfaatkan data numerik dengan karakteristik yang serupa.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan algoritma K-Means Clustering untuk memetakan komoditas perkebunan hutan rakyat di Kabupaten Kendal berdasarkan variabel luas lahan dan volume produksi. Hasil clustering menghasilkan tiga kelompok komoditas dengan karakteristik yang berbeda. Tebu membentuk kluster tersendiri karena memiliki karakteristik produktivitas tertinggi berdasarkan variabel yang dianalisis, sedangkan kopi dan tembakau berada pada kluster dengan luas lahan dan produksi relatif tinggi, serta kelapa, karet, kakao, dan teh berada pada kluster dengan karakteristik luas lahan dan produksi yang relatif rendah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma K-Means efektif digunakan untuk mengidentifikasi pola karakteristik komoditas sebagai dasar pendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan perkebunan hutan rakyat. Namun demikian, hasil penelitian ini terbatas pada variabel luas lahan dan volume produksi sehingga tidak dimaksudkan untuk menetapkan komoditas unggulan secara menyeluruh tanpa mempertimbangkan faktor ekonomi, pasar, maupun aspek lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Selamat Sri serta Badan Pusat Statistik Kabupaten Kendal yang telah menyediakan dukungan dan data sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan tidak memiliki konflik kepentingan terhadap penelitian maupun publikasi artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Maahara, A. Saptari, and M. Ula, "Analisis Clustering Lahan Perkebunan Kopi Jenis Tertentu Menggunakan Sistem Informasi Geografis Di Kecamatan Pintu Rime Gayo Kabupaten Bener Meriah," 2025.
- [2] M. -Normalisasi Data Untuk Efisiensi K-Means Pada Pengelompokan Wila-yah Berpotensi Kebakaran Hutan Dan Lahan Berdasarkan Sebaran Titik Panas, A. Harmain, H. Kurniawan, D. Maulina, and M. Universitas Amikom Yogyakarta, "Data

- Normalization For K-Means Efficiency On Groups Of Areas With Potential Fires And /Land Fire Based On Heat Spots Distribution.”
- [3] T. Setiawan Ashidiqie, R. Agiem Pramayadin, and E. Alfianto, “Penerapan Algoritma K-Means Dalam Pengelompokan Tingkat Produksi Tanaman Sayuran Di Kabupaten Sikka 2024,” 2026.
 - [4] T. Hidayat, Y. Handayani, and D. Novitaningrum, “Application Of The K-Means Method For Grouping Community Welfare Levels In Central Java Province,” *JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)*, vol. 11, no. 1, pp. 153–160, Dec. 2024, doi: 10.33330/jurteksi.v11i1.3602.
 - [5] D. P. Lamondjong and M. Hardjianto, “Data Mining untuk Memprediksi Jumlah Penjualan Hasil Pertanian Menggunakan Algoritma Forecasting (Studi Kasus: Dinas Pertanian Kabupaten Banggai)”.
 - [6] T. Hidayat, “Klasifikasi Data Jamaah Umroh Menggunakan Metode K-Means Clustering,” *Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi*, pp. 19–24, Feb. 2022, doi: 10.37034/jsisfotek.v4i1.115.
 - [7] A. Daniswara, “Analisis Data Mining Pengelompokan Umkm Berdasarkan Jenis Usaha Di Provinsi Jawa Barat Menggunakan K-Means,” 2024.
 - [8] “Badan Pusat Statistik Kabupaten Kendal Kabupaten Kendal Dalam Angka Kabupaten Kendal Dalam Angka Kendal Regency In Figure,” 2023.
 - [9] R. Rosiana and W. Prihartono, “Jurnal Informatika Terpadu Implementasi Algoritma K-Means Untuk Pengelompokan Kecamatan Berdasarkan Produktivitas Tanaman Padi Di Kabupaten Cirebon,” *Jurnal Informatika Terpadu*, vol. 11, no. 1, pp. 12–19, 2025, [Online]. Available: <https://journal.nurulfikri.ac.id/index.php/JIT>
 - [10] S. Komsiyah, Ayuliana, and D. A. Balqis, “Analysis of decision support system for determining industrial sub-district using DEMATEL-MABAC methods,” in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2022, pp. 499–509. doi: 10.1016/j.procs.2022.12.162.
 - [11] “Penerapan Sistem Intelijensia Bisnis Dan K-Means Clustering Untuk Memantau Produksi Tanaman Obat,” *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, pp. 204–219, Aug. 2022, doi: 10.24961/j.tek.ind.pert.2022.32.2.204.
 - [12] K. S. Pranata, A. A. S. Gunawan, and F. L. Gaol, “Development clustering system IDX company with k-means algorithm and DBSCAN based on fundamental indicator and ESG,” in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2022, pp. 319–327. doi: 10.1016/j.procs.2022.12.142.
 - [13] Nayla Salsabila, Karina Aulisari, and Hani Zulfia Zahro, “Penerapan Algoritma K-Means Untuk Klasterisasi Produktivitas Tanaman Jahe,” *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 8, no. 1, pp. 228–238, Jan. 2025, doi: 10.29408/jit.v8i1.28195.
 - [14] R. Maulidina and S. Y. Riska, “Application of the K-Means Algorithm for Clustering Plantation Crop Production in Indonesia,” *SMATIKA JURNAL*, vol. 13, no. 02, pp. 339–349, Dec. 2023, doi: 10.32664/smatika.v13i02.991.
 - [15] H. Herlina and Z. Ernaningsih, “Implementasi K-Means Clustering untuk Analisis Tingkat Pemahaman Computational Thinking Siswa Sekolah Dasar,” *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 7, no. 3, p. 1405, Jul. 2023, doi: 10.30865/mib.v7i3.6132.