

Penerapan Algoritma K-Means Untuk Klasterisasi Produktivitas Tanaman Jahe

Nayla Dwi Salsabila^{1*}, Karina Aulisari², Hani Zulfia Zahro³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Malang

*dwisalsabilah101@gmail.com

Abstrak

Kabupaten sumenep merupakan salah satu wilayah yang memproduksi tanaman jahe di provinsi jawa timur, serta sudah menjadi salah satu andalan ekonomi masyarakat. Namun terdapat kendala yang dihadapi yaitu luas area tanam, perubahan cuaca yang tidak menentu dan kurangnya teknologi modern dalam budidaya tanaman jahe yang menjadi penyebab utama dalam memengaruhi hasil panen dan kualitas produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan data mining menggunakan algoritma K-Means clustering berbasis web untuk mengelompokkan daerah penghasil jahe di kabupaten sumenep. Data yang digunakan sebanyak 108 data yang mencakup luas daerah panen dan jumlah produksi per kecamatan dari tahun 2020 hingga 2023 yang diambil dari situs resmi Badan Pusat Statistik (BPS) kabupaten sumenep. Algoritma K-Means dipilih karena kelebihanannya dalam mengelolah data numerik dalam jumlah besar secara efisien, membantu mengenali pola distribusi seperti luas panen dan jumlah produksi untuk menghasilkan kluster yang tepat, implementasinya yang relatif sederhana dan hasil clustering yang mudah diinterpretasikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah Kabupaten Sumenep dapat dikelompokkan dalam 2 kluster berdasarkan produktivitas tanaman jahe yaitu kluster 1 dengan 104 kecamatan dan kluster 2 dengan 4 kecamatan. Penelitian ini diharapkan dapat membantu petani dan pemerintah dalam mengidentifikasi daerah yang memiliki produktivitas tinggi maupun rendah, mengoptimalkan penggunaan lahan dan sumber daya, serta meingkatkan produktivitas dan pendapatan.

Kata kunci : BPS, K-Means Clustering, Kabupaten Sumenep, Tanaman Jahe

Abstract

Sumenep Regency is one of the regions that produces ginger plants in East Java province, and has become one of the mainstays of the community's economy. However, there are obstacles faced, namely the size of the planting area, erratic weather changes and the lack of modern technology in ginger cultivation which are the main causes in affecting crop yields and product quality. This study aims to implement data mining using a web-based K-Means clustering algorithm to group ginger-producing areas in Sumenep Regency. The data used was 108 data covering the area of harvest areas and the amount of production per sub-district from 2020 to 2023 taken from the official website of the Central Statistics Agency (BPS) of Sumenep Regency. The K-Means algorithm was chosen because of its advantages in efficiently managing large amounts of numerical data, helping to recognize distribution patterns such as harvest area and production amount to produce the right cluster, its relatively simple implementation and easy-to-interpret clustering results. The results of the study show that the Sumenep Regency area can be grouped into 2 clusters based on ginger plant productivity, namely cluster 1 with 104 sub-districts and cluster 2 with 4 sub-districts. This research is expected to help farmers and the government in identifying areas with high and low productivity, optimizing land and resource use, and increasing productivity and income.

Keywords : BPS, Ginger Plants, K-Means Clustering, Sumenep District.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar dan dikenal sebagai negara agraris yang masyarakatnya mayoritas bekerja

pada bidang pertanian dan juga Indonesia juga memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, dengan tidak kurang dari 30.000 spesies tumbuhan, di antaranya sekitar 9.600 spesies

memiliki khasiat obat. Salah satunya yaitu tanaman yang memiliki nilai penting dalam industri obat herbal adalah jahe (*Zingiber officinale*). Jahe telah dikenal dan dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia sejak zaman dahulu sebagai tanaman obat alami yang berkhasiat^[1]

Jahe merupakan komoditas pertanian unggulan dari kelompok tanaman rempah. Sejak ratusan tahun lalu jahe sudah diperjualbelikan secara internasional. Oleh karena itu, target pasar jahe sendiri terbilang sangat menjanjikan^[2]. sehingga permintaan terhadap jahe meningkat seiring dengan berkembangnya kesadaran masyarakat akan pengobatan alami yang lebih minim efek samping, karena meningkatnya permintaan pasar, petani pun di tuntut untuk lebih optimal untuk meningkatkan jumlah luas areal tanam demi menutup permintaan tersebut terutama di daerah kabupaten sumenep^[3]

Berdasarkan kondisi tersebut solusi yang dapat membantu mengatasi permasalahan ini adalah penerapan metode K-Means berbasis web yaitu dengan teknik klasterisasi yang mampu mengelompokkan data berdasarkan karakteristik yang mirip, seperti luas lahan, dan produksi. Dengan metode ini, lahan pertanian di kabupaten sumenep dapat dikelompokkan berdasarkan produktivitas dan kesesuaian untuk tanaman jahe^[4].

K-Means merupakan salah satu algoritma teknik *clustering* yang efektif untuk mengelompokkan

data berdasarkan fitur yang serupa, serta memastikan data dengan karakteristik yang berbeda ke dalam kelompok yang berbeda^[5].

K-means clustering algoritma juga merupakan metode non-hierarchy yang dimana teknik pengambilan sampel dipilih secara acak dari kelompok yang sudah ada^[6].

Algoritma K-Means dipilih dalam penelitian ini karena beberapa keunggulan yang dimiliki dibandingkan dengan metode lainnya yaitu kemampuan mengelolah data numerik dalam jumlah besar secara efisien, membantu mengenali pola distribusi seperti luas panen dan jumlah produksi untuk menghasilkan klaster yang tepat, implementasi yang relatif sederhana dan hasil clustering yang mudah diinterpretasikan sehingga memudahkan pemerintah maupun petani, untuk memahami hasil analisis^[7]. Berbeda dengan algoritma lain, seperti DBSCAN atau *Hierarchical Clustering* yang dimana kedua metode ini lebih cocok menggunakan dataset dengan distribusi yang tidak teratur dan memiliki kompleksitas yang lebih tinggi.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengimplementasikan teknik data mining dengan memanfaatkan algoritma K-Means *clustering* berbasis web dengan mengelompokkan daerah penghasil jahe di kabupaten sumenep. Data yang digunakan sebanyak 108 data yang mencakup luas

daerah panen dan jumlah produksi per kecamatan dari tahun 2020 hingga 2023 yang diambil dari situs resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sumenep. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah Kabupaten Sumenep dapat dikelompokkan dalam 2 kluster berdasarkan produktivitas tanaman jahe yaitu klaster 1 dengan 104 kecamatan dan klaster 2 dengan 4 kecamatan. Penelitian diharapkan dapat membantu petani dan pemerintah dalam mengelola lahan jahe secara real-time, mengidentifikasi daerah yang memiliki produktivitas tinggi maupun rendah, mengoptimalkan penggunaan lahan dan sumber daya, serta meningkatkan produktivitas dan pendapatan. Oleh karena itu penelitian ini diusulkan dengan judul “Penerapan Algoritma K-Means Untuk Klasterisasi Produktivitas Tanaman Jahe”

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian Terkait

Adapun penelitian ini sebelumnya yang digunakan sebagai acuan dalam penulisan sesuai dengan yang akan diteliti sebagai pendukung penelitian ini, antara lain:

- Penelitian tahun 2023 oleh Maulidina dan Riska yang berjudul “Penerapan Algoritma K-Means untuk Klasterisasi Produksi Tanaman Perkebunan di Indonesia”. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan

membantu pemerintah dalam mengidentifikasi provinsi-provinsi yang memiliki potensi produksi tinggi dan rendah, sehingga dapat dijadikan acuan dalam meningkatkan hasil produksi. Melalui proses clustering, data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik diolah untuk menghasilkan dua cluster berdasarkan jumlah produksi, yaitu cluster dengan produksi sedikit dan banyak, dengan nilai *Sum of Squared Error* (SSE) minimum yang menunjukkan efektivitas pengelompokan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode K-Means dan optimasi elbow dapat digunakan untuk menentukan *cluster* yang paling optimal, yang pada akhirnya memberikan wawasan yang berguna bagi pengambilan keputusan dalam sektor pertanian dan perkebunan di Indonesia[8].

- Penelitian tahun 2022 oleh Sayifuddin et.al yang berjudul “Pemetaan Produksi Tanaman Tomat di Indonesia Berdasarkan Provinsi Menggunakan Algoritma K-Means Clustering”. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan data produksi tomat berdasarkan provinsi selama periode lima tahun (2017-2021). Data yang digunakan diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten/Kota dan Badan Pusat Statistik Indonesia, yang menunjukkan variasi produksi tomat di berbagai provinsi. Hasil

- analisis membagi Indonesia menjadi lima zona berdasarkan tingkat produksi: Zona Hitam (produksi sangat tinggi) yang mencakup Jawa Barat, Zona Hijau (produksi tinggi) yang terdiri dari Sumatera Utara dan Sumatera Barat, Zona Biru (produksi sedang) yang meliputi Jawa Tengah, Jawa Timur, Sulawesi Utara, dan Sulawesi Selatan, Zona Biru Muda (produksi rendah) yang mencakup delapan provinsi, serta Zona Oranye (produksi cukup rendah) yang terdiri dari 18 provinsi^[9].
- Penelitian tahun 2023 oleh Aulia dan Intan yang berjudul "Klasterisasi Produksi Tanaman Perkebunan di Provinsi Jawa Timur Menggunakan Algoritma *Fuzzy C-Means*". Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan bahwa Kabupaten Kediri dan Kabupaten Malang termasuk dalam kluster dengan tingkat produksi tinggi, yang ditunjukkan oleh nilai *silhouette coefficient* masing-masing sebesar 0,8075 dan 0,9054, menandakan bahwa kluster yang terbentuk memiliki batas yang jelas dan data dalam setiap kluster memiliki kesamaan yang tinggi. Proses pengklasteran dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa komponen penting, seperti jumlah kluster, bobot pangkat, iterasi maksimum, dan kemungkinan error terkecil. Penelitian ini juga mencatat bahwa meskipun nilai kluster dapat bervariasi jika pengklasteran dilakukan ulang, perubahan tersebut tidak signifikan dan tidak mempengaruhi keanggotaan kluster. Dengan hasil yang menunjukkan perbedaan tingkat produksi antara daerah^[10].
 - Penelitian tahun 2024 oleh Alaeyda dan Bachtiar yang berjudul "Algoritma K-Medoids Untuk Prediksi Hasil Produksi Buah Kelapa Sawit Berdasarkan Curah Hujan". Penelitian ini bertujuan untuk melakukan klusterisasi data produksi buah kelapa sawit di PT Sarana Titian Permata 2, menggunakan dataset yang terdiri dari 96 data bulanan pada tahun 2022. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode K-Medoids berhasil mengelompokkan data menjadi empat kluster yang berbeda, dengan pengelompokan terbaik ditandai oleh nilai *Davies Bouldin Index* (DBI) terendah yaitu -0,773. Kluster yang terbentuk mencerminkan variasi dalam hasil panen yang dipengaruhi oleh curah hujan, di mana kluster dengan hasil panen tertinggi terdapat pada Cluster_3, yang memiliki curah hujan dalam kategori "sedang". Penelitian ini menegaskan pentingnya pemahaman terhadap faktor-faktor lingkungan, seperti curah hujan, dalam perencanaan dan pengambilan keputusan terkait produksi kelapa sawit, serta

menunjukkan potensi metode K-Medoids sebagai alat analisis yang efektif dalam meningkatkan akurasi prediksi hasil panen^[11].

- Penelitian tahun 2023 oleh Harmadji et.al yang berjudul “Prediksi Produksi Biofarmaka Menggunakan Model *Fuzzy Time Series* Dengan Pendekatan *Percentage Change* Dan *Frequency Based Partition*”. Penelitian ini bertujuan untuk pengumpulan data kuantitatif dari Badan Pusat Statistik, di mana data tersebut kemudian diproses dan dianalisis menggunakan algoritma FTS yang telah dimodifikasi untuk meningkatkan akurasi prediksi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model ini mampu menghasilkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang sangat rendah, yaitu 0,03% untuk Jahe, 0,02% untuk Lengkuas, 0,14% untuk Kencur, dan 0,03% untuk Kunyit, yang mengindikasikan tingkat akurasi yang sangat baik. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknik peramalan dalam konteks biofarmaka, tetapi juga dapat digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan strategis dalam perencanaan dan pengelolaan produksi tanaman obat di Indonesia, seiring dengan meningkatnya permintaan global terhadap produk alami dan kesehatan^[12].

2.2. Landasan Teori

1. Metode K-Means

Metode K-Means Clustering adalah algoritma analisis kluster non-hierarkis yang digunakan untuk mengelompokkan data ke dalam cluster-cluster yang memiliki titik pusat yang berbeda-beda untuk setiap cluster^[13]. Tujuan dari K-Means, yaitu untuk meminimalkan dari fungsi objektif yang diatur dalam proses pengelompokan, pada umumnya akan berusaha meminimalkan variasi didalam suatu kelompok dan memaksimalkan variasi antar kelompok^[14]. Tahapan untuk melakukan *clustering* dengan metode K-Means dijelaskan pada berikut ini :

- a. Menentukan jumlah *cluster* (k).
- b. Memilih secara acak untuk menentukan posisi awal pusat *cluster* (*centroid*) sebanyak k buah.
- c. Dengan menggunakan rumus *Euclidean Distance*, tentukan jarak antara data dan pusat *cluster* yang memiliki persamaan:

$$D(i,j) = \sqrt{(x_{1i} - x_{1j})^2 + (x_{2i} - x_{2j})^2 + \dots + (x_{ki} - x_{kj})^2} \quad (1)$$

Keterangan :

$D(i,j)$ = Jarak data ke i ke pusat *cluster* j

x_{ki} = Data ke i pada atribut data ke k

x_{kj} = Pusat *cluster* ke j pada atribut data ke k .

- d. Alokasikan masing-masing data yang sudah dihitung ke dalam *cluster* menurut jarak paling dekat dengan pusat *cluster*
- e. Hitung centroid baru dengan menghitung

rata-rata (*means*) setiap data di dalam *cluster*. Lakukan hal ini untuk setiap *cluster*.

f. Langkah nomor 3-5 diulang hingga anggota *cluster* tidak berubah.

2. Tanaman Jahe

Pada umumnya para petani di kabupaten sumenep rata-rata hanya menanam tanaman pokok saja seperti padi dan jagung tetapi karena pergeseran gaya hidup, masyarakat ingin kembali hidup sehat maka dari itu mereka meyakini bahwa mengkonsumsi obat herbal relatif tidak memiliki efek samping dibandingkan dengan obat yang berbahan dasar kimia[15]. karena pada tanaman jahe terdapat senyawa aktif, seperti gingerol, yang memberikan manfaat kesehatan, mulai dari meredakan mual, memperbaiki sistem pencernaan, hingga meningkatkan sistem kekebalan tubuh[16]. Sehingga petani-petani di kabupaten sumenep membudidayakan tanaman jahe untuk pengobatan tradisional dan untuk usaha alternatif pada saat musim kemarau karena pada musim tersebut tanaman ini tidak banyak membutuhkan asupan air sehingga dapat dimanfaatkan untuk lahan yang kering, sehingga mereka mencoba untuk mencari cara untuk perubahan usaha pertanian agar lebih maju sehingga tidak hanya mengandalkan tanaman padi dan jagung saja[17]. Pada upaya membudidayakan tanaman jahe ini ternyata lebih mudah untuk ditanam dibandingkan dengan tanaman lainnya, dan pada tanaman ini juga

dapat dimanfaatkan pada saat musim penghujan dengan rata-rata usia tanam 10 hingga 12 bulan

3. Metode Penelitian

3.1. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data sekunder yang mana data diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sumenep. Dengan jumlah data sebanyak 108 data dan data yang dikumpulkan merupakan data dari statistik tanaman jahe tahun 2020-2023 yang meliputi data luas lahan dan produksi tanaman jahe.

3.2 Studi Literatur

Penelitian dimulai dengan penelusuran berbagai sumber referensi yang relevan, termasuk artikel dan jurnal ilmiah. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang konsep dan langkah-langkah yang terlibat dalam implementasi metode K-Means, khususnya dalam konteks pengelolaan luas lahan dan produksi jahe.

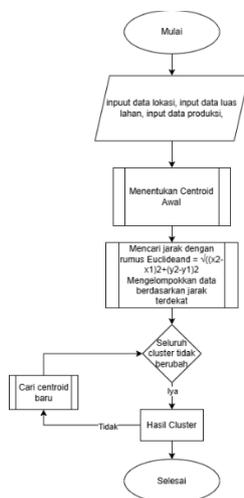
3.3 Analisis Data

Setelah data terkumpul, data akan dipilah dan dianalisis dengan baik, data yang tidak relevan atau terdapat nilai kosong akan dihapus, kemudian dilakukan proses normalisasi agar semua variabel memiliki skala yang sama,

sehingga memudahkan algoritma dalam mengelola data. Setelah itu dilakukan proses klusterisasi menggunakan metode K-Means untuk mengelompokkan data menggunakan rumus *Euclidean Distance*, yaitu jarak antar data terhadap titik pusat (*centroid*).

3.4 Perancangan Sistem

Pada tahap ini, dilakukan perancangan sistem dengan membuat alur kerja yang jelas untuk analisis data menggunakan metode K-Means. *Flowchart* akan digunakan untuk menggambarkan langkah-langkah pengolahan data luas lahan dan produksi jahe. Flowchart sistem dapat dilihat pada Gambar 1. berikut.



Gambar 1. *Flowchart* Sistem

3.5 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Jl. Seludang No.4, Kecamatan Kota Sumenep, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur.

4. Hasil dan Pembahasan

Pada Hasil dan Pembahasan ini akan membahas proses pengumpulan data, penerapan metode pada *excel*, penerapan metode pada sistem berbasis *website* dan perbandingan hasil *clustering* pada aplikasi *excel* dan web untuk pengelompokkan produktivitas tanaman jahe pada penerapan metode K-Means sebagai berikut.

4.1. Penerapan Metode Pada Excel

1. Langkah pertama memasukan dataset ke *excel* yang diperoleh dari situs resmi BPS Kabupaten Sumenep, Tampilan dataset dapat dilihat pada Gambar 2. berikut.

No	Tahun	Kecamatan	Total Produksi (kg)	Luas Daerah Panen (m2)
1		Pragaan	715	1175
2		Saronggi	751	955
3		Giligenteng	20	14
4		Talango	28859	12155
5		Kalianget	183	200
6		Sumenep	58	13
7		Batuan	4261	4100
8		Lenteng	6197	10000
9		Ganding	0	0
10		Guluk Guluk	1438	1017
11		n	6099	4250
12		Ambunten	12474	8500
13		Rubaru	573	1030
14	2020	Dasuk	881	1000
15		Manding	2513	3500
16		Batuputih	21	15
17		Gapura	4981	1500
18		Batang	42	11
19		Dungkek	3163	3750

Gambar 2. Memasukan Dataset Pada Excel

Gambar 2. Merupakan tampilan dataset untuk dikelompokkan menjadi produktivitas tanaman jahe, lalu diterapkan ke dalam metode K-Means.

2. Langkah selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai *centroid* secara acak yang dimana jumlah $k=2$, maka *centroid* awalnya juga 2, lalu untuk nilai *centroidnya*

diambil dari produksi dan luas lahan pada tanaman jahe.

Tabel 1. Menentukan *Centroid* Awal

Cluster	Produksi	Luas Lahan
C1	0	0
C2	132729	88535

3. Langkah ke 3, selanjutnya menghitung jarak terdekat untuk Iterasi 1 pada setiap titik data dengan *centroid*.

Tabel 2. Hasil klasterisasi ke-1

No	X	Y	C1	C2	Terdekat
1	715	1175	1375,45	158302	1375,45
2	751	955	1214,92	158393	1214,92
...
108	132729	88535	159548	0	0

4. Selanjutnya langkah ke 4 adalah menentukan *cluster*, setelah jarak dihitung ke dalam *cluster* kemudian pilih dari nilai *cluster* 1, dan 2 dimanakah yang paling terdekat dengan *centroid cluster*, maka nilai tersebut yang akan masuk ke *cluster* 1 ataupun 2.

Tabel 3. Menentukan *Cluster*

Data	Cluster
1	1
2	1
...	...
108	2

5. Langkah ke 5 menghitung *centroid* baru dengan mencari rata-rata setiap data dalam *cluster*, lakukan hal ini pada setiap *cluster*.

Tabel 4. *Centroid* baru

X	Y
---	---

C1 Baru	4551,43	3273,83
C2 Baru	118322	85116

6. Ulangi langkah 3-5 hingga data tidak berubah

Total perhitungan sebanyak 2 iterasi hingga cluster tidak berubah. Hasil perhitungan menunjukkan dari 108 data didapatkan C1(Rendah) = 104 data dan C2(Tinggi) = 4, hasil akhir perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5. berikut.

Tabel 5. Hasil Akhir Iterasi

No	Kecamatan	X	Y	Cluster
1	Pragaan	715	1175	C1
2	Saronggi	751	955	C1
...
108	Sumenep	132729	88535	C2

Setelah perhitungan manual dilakukan selanjutnya data tersebut akan diimplementasikan ke dalam web untuk menampilkan hasil clustering luas lahan dan produksi pada tanaman jahe.

4.2. Hasil Penelitian menggunakan metode K-

Means

1. Halaman Home



Gambar 3. Halaman Home

Gambar 3. menampilkan halaman *home* yang berisikan tampilan hasil *clustering* produksi

tanaman jahe yang nantinya bisa dilihat oleh semua orang yang mengakses website ini.

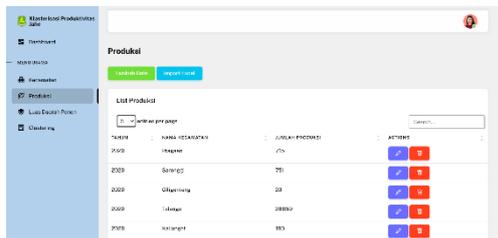
2. Halaman Dashboard



Gambar 4. Halaman Dashboard

Gambar 4. menampilkan halaman dashboard yang berisi informasi data kecamatan, total produksi dan luas daerah panen. Serta visualisasi hasil klasterisasi per tahun.

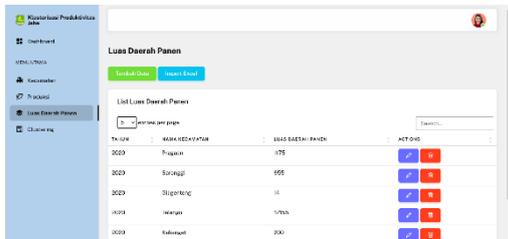
3. Halaman Produksi



Gambar 6. Halaman Produksi

Gambar 6. menampilkan halaman produksi yang berisi data kecamatan dan produksi tanaman jahe dari setiap kecamatan.

4. Halaman Luas Lahan

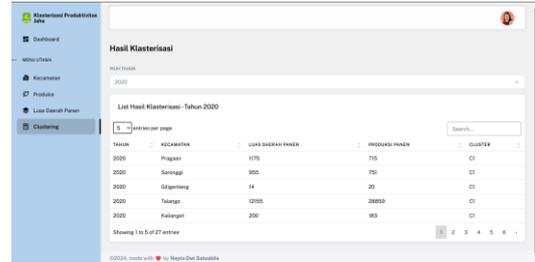


Gambar 7. Halaman Luas Lahan

Pada Gambar 7. menampilkan halaman luas lahan yang berisi data kecamatan, produksi dan

data luas lahan pada setiap kecamatan di kabupaten sumenep.

5. Halaman Hasil Clustering



Gambar 8. Hasil Clustering

Gambar 8. menampilkan halaman hasil clustering tanaman jahe yang berisi tahun, kecamatan, produksi, luas lahan dan cluster.

4.3. Perbandingan Hasil Manual dan Sistem

Pada perbandingan pengujian hasil sistem K-means Clustering dengan perhitungan Microsoft Excel yang dilakukan oleh admin. Bertujuan untuk melakukan keakuratan hasil penelitian ini. Hasil perbandingan sistem dan manual dapat dilihat di tabel berikut

Tabel 5. Hasil Perbandingan

No	Kecamatan	Tahun	Excel	Sistem	Ket
1	Pragaan	2020	1	1	Sesuai
2	Saranggi	2020	1	1	Sesuai
3	Giligenteng	2020	1	1	Sesuai
...
108	Sumenep	2023	2	2	Sesuai

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma K-Means Clustering dapat memudahkan dalam mengelompokkan data produktivitas tanaman jahe di Kabupaten Sumenep berdasarkan luas panen dan jumlah

produksi. Sistem yang dibangun telah berhasil melakukan proses klusterisasi sesuai dengan parameter yang ditentukan serta sistem ini sudah diuji secara fungsional dan berjalan dengan baik di berbagai browser seperti Google Chrome dan Microsoft Edge. Serta hasil pengujian manual menunjukkan kesesuaian dengan hasil yang diperoleh dari sistem. Hasil penelitian ini dapat mendukung keputusan yang lebih tepat dalam merencanakan langkah-langkah mitigasi terhadap tantangan seperti perubahan iklim dan keterbatasan lahan yang memengaruhi produktivitas tanaman jahe di Kabupaten Sumenep

[1] Daftar Pustaka

- [1] I. Hakim, M. Rafid, and F. Angraini, "Pemanfaatan Machine Learning dengan Algoritma X-Means untuk Pemetaan Luas Panen, Produktivitas, dan Produksi Padi," *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 4, no. 3, pp.1438-1494, 2022,doi: 10.47065/bits.v4i3.2654.
- [2] H. T. Sebayang, K. Yurlisa, E. Widaryanto, N. Aini, and N. Azizah, "Penerapan Teknologi Budidaya Tanaman Jahe di Pekarangan Berbasis Pertanian Sehat di Desa Bokor, Kabupaten Malang," *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat.*, vol. 5, no. 1, pp. 45–50, 2020, doi: 10.30653/002.202051.254.
- [3] H. D. Wati and I. Fatmawati, "Penerapan Teknologi Bag Culture pada Budidaya jahe Merah di Desa Manding Lok Kabupaten Sumenep," *Jurnal Pengabdian Masyarakat.*, vol.3, no.1, pp. 170-180, 2023.
- [4] Zaenal Arifin, Lolita Endang Susilowati, Mansur Ma'shum, Bambang Hari Kusumo, and Bustan, "Budidaya Jahe Merah Menggunakan Pupuk Bio-Organik Fosfat Di Desa Narmada Kecamatan Narmada Lombok Barat," *Jurnal Siar Ilmuwan Tani*, vol. 2, no. 2, pp. 118–125, 2021, doi: 10.29303/jsit.v2i2.57.
- [5] D. Alif, F. Fadhillah, A. Faisol, and N. Vendyansyah, "Penerapan Metode K-Means Clustering Pada Pemetaan Lahan Kopi Di Kabupaten Malang," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika.*, vol.6, no.1, pp. 162- 170, 2022.
- [6] M. Qusyairi, Zul Hidayatullah, and Arnila Sandi, "Penerapan K-Means Clustering Dalam Pengelompokan Prestasi Siswa Dengan Optimasi Metode Elbow," *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 7, no. 2, pp. 500–510, 2024, doi: 10.29408/jit.v7i2.26375.
- [7] N. A. Maori, and Evanita "Metode Elbow Dalam Optimasi Jumlah Cluster Pada K-Means Clustering," *Jurnal SIMETRIS*, vol. 14, no.2, pp.277-287,2023.
- [8] R. Maulidina and S. Y. Riska, "Penerapan Algoritma K-Means untuk Klusterisasi Produksi Tanaman Perkebunan di Indonesia," *SMATIKA JURNAL.*, vol. 13, no. 02, pp. 339–349, 2023, doi: 10.32664/smatika.v13i02.991.
- [9] S. Syaifuddin, R. Ramlah, I. Hakim, Y. Berliana, and N. Nurhayati, "Pemetaan Produksi Tanaman Tomat di Indonesia Berdasarkan Provinsi Menggunakan Algoritma K-Means Clustering," *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 3, no. 4, pp. 222–228, 2022, doi: 10.47065/josyc.v3i4.2206.
- [10] S. W. Nur Aulia and P. K. Intan, "Klusterisasi Produksi Tanaman Perkebunan di Provinsi Jawa Timur Menggunakan Algoritma Fuzzy C-Means," *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, vol. 9, no. 2, p. 119, 2023, doi: 10.24014/jsms.v9i2.22735.

- [11] V. N. Alaeyda, L. Bachtiar, and D. Ali, "Algoritma K-Medoids Untuk Prediksi Hasil Produksi Buah Kelapa Sawit Berdasarkan Curah Hujan," *Jurnal Informatika dan Teknologi Komputer.*, vol.05, no.1, pp.29-35, 2024,
- [12] D. Ekasari Harmadji, U. Yudatama, and A. Purwanto, "Prediksi Produksi Biofarmaka Menggunakan Model Fuzzy Time Series Dengan Pendekatan Percentage Change Dan Frequency Based Partition," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, vol. 10, no. 1, pp. 173–184, 2023, doi: 10.25126/jtiik.2023106267.
- [13] A. muliawan Nur, M. Saiful2, H. Bahtiar, and Muhammad Taufik Hidayat, "Penerapan Algoritma K-Means Clustering Dalam Mengelompokkan Smartphone Yang Rekomendasi Berdasarkan Spesifikasi," *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 7, no. 2, pp. 478–488, Jul. 2024, doi: 10.29408/jit.v7i2.26283.
- [14] D. Destama, K. Saputra, K. Auliasari, and A. Faisol, "Penerapan Metode K-Means Clustering Untuk Pemetaan Pengelompokan Lahan Produksi Jagung Di Kabupaten Pasuruan," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika.*, vol.8, no.5, pp. 8364-8372, 2024.
- [15] B. Putra Aryadi and N. Hendrastuty, "Penerapan Algoritma K-Means Untuk Melakukan Klasterisasi Pada Varietas Padi," *Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika.*, vol.7, no.1, pp.124-131, 2024.
- [16] A. Nuriyatul Hekmaah and I. Abdurrozzaq Zulkarnain, "Pemilihan Kualitas Tanah Pada Budidaya Tanaman Jahe Gajah dengan Menerapkan Algoritma K-Means," *jurnal itscience*, vol. 4, no. 2, 2024, doi: 10.47709/digitech.v4i2.4519.
- [17] L. Qomariah, I. F. Pramasari, and P. R. Wahyuni, "Analisis Komparatif Usahatani Jahe Merah Dan Jagung Pada Lahan Kering Di Desa Manding Laok Kecamatan Manding Kabupaten Sumenep," *E-Jurnal Wiraraja*, 2023.