

Pemilihan Kualitas Tanah Pada Budidaya Tanaman Jahe Gajah dengan Menerapkan Algoritma *K-Means*

Alfi Nuriyatul Hekmaah¹, Ismail Abdurrozzaq Zulkarnain², Sugianti³

^{1,2,3}Universitas Muhammadiyah Ponorogo

¹alfinuriyatulhekmaah@gmail.com, ²ismail@umpo.ac.id, ³sugianti@umpo.ac.id



Histori Artikel:

Diajukan: 13 Agustus 2024

Disetujui: 8 Oktober 2024

Dipublikasi: 10 Oktober 2024

Kata Kunci:

Tanaman Jahe; Klasterisasi Tanah; Algoritma *K-Means*; pH; Kelembapan; Suhu

Digital Transformation

Technology (Digitech) is an Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Abstrak

Jahe (*Zingiber officinale*) adalah salah satu tumbuhan yang dapat dijadikan sebagai rempah-rempah dan bahan baku untuk pengobatan dari segi tradisional. Tanaman jahe juga berpeluang besar untuk dibudidayakan karena mempunyai nilai jual ekonomi yang besar. Salah satu hal yang penting dalam membudidayakan tanaman jahe adalah dengan mengetahui kualitas tanah yang baik, pemilihan jenis tanahnya, tingkat keasaman tanah, kelembapan dan suhu udara di lingkungan budidaya. Tanah yang baik untuk menanam jahe yaitu dengan suhu optimum yang berkisar antara 25°C hingga 30 °C, memiliki kelembapan udara yang cukup tinggi yaitu 80%, dengan tingkat keasaman tanah atau pH yang ideal berkisar di angka 6,8 hingga 7,0. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan jenis tanah untuk memperoleh jenis tanah yang baik dengan memperhatikan pengukuran suhu, pH tanah, dan kelembapan tanah dengan menerapkan algoritma *K-Means*. Algoritma *K-Means* adalah bagian dari algoritma klastering berbasis jarak yang memiliki kemampuan untuk membagi data ke dalam sejumlah kluster. *K-Means* adalah algoritma yang dapat mengklusterisasi ke dalam beberapa kelompok, *K-Means* juga banyak digunakan di berbagai bidang karena mudah mengimplementasikan data serta algoritma yang mampu mengkluster data dalam jumlah yang besar.

PENDAHULUAN

Jahe (*Zingiber officinale*) adalah tanaman yang dapat digunakan sebagai rempah-rempah serta bahan utama dalam pengobatan tradisional. Salah satu jenis rempah yang paling banyak ditanam oleh petani adalah jahe, karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Jahe gajah adalah salah satu varietas jahe yang dikenal memiliki rimpang berukuran lebih besar dan berwarna kuning muda, dengan rasa dan aroma yang lebih halus. Jahe gajah sering digunakan dalam berbagai masakan dan minuman karena ringan dan mudah diolah. Bisa digunakan untuk pembuatan bumbu dapur hingga minuman herbal. (Setiawan & Selmitri, 2022) Salah satu hal yang penting dalam membudidayakan tanaman jahe adalah dengan mengetahui kualitas tanah yang baik, pemilihan jenis tanahnya, tingkat keasaman tanah, kelembapan dan suhu udara di lingkungan budidaya. Tanah yang baik untuk menanam jahe yaitu dengan suhu optimum yang berkisar antara 25 °C hingga 30 °C, memiliki kelembapan udara yang cukup tinggi yaitu 80 persen, untuk tingkat keasaman tanah atau pH yang ideal berkisar di angka 6,8 hingga 7,0.

Komponen sifat fisik tanah, kimia tanah, dan biologi tanah, serta interaksi mereka dapat membentuk kualitas tanah. Kapasitas tanah untuk meningkatkan kualitas udara dan air serta meningkatkan tempat tinggal dan kesehatan manusia secara alami atau dalam batasan ekosistem dikenal sebagai kualitas tanah. Dalam klasifikasi tanah dapat mempelajari cara sifat-sifat tanah membedakan satu sama lain dan mengelompokkan tanah ke dalam kelas-kelas tertentu berdasarkan karakteristik yang sama. Tidak semua petani memahami kadar PH dan kelembapan tanah yang ideal untuk menanam jahe pada lahan pertanian mereka meskipun tanahnya terlihat subur. Struktur tanah terdiri dari susunan partikel tanah yang berbeda menjadi gumpalan tertentu, seperti pasir, lempung, dan debu tanah, yang terhubung dan membentuk agregat atau gumpalan. (Subardja et al., 2014)

Pada penelitian ini dilakukan dengan mengambil beberapa sampel tanah untuk mengetahui kualitas tanah yang baik agar dapat dijadikan rujukan untuk merekomendasikan tanah apa saja yang mempunyai kualitas baik untuk ditanami tanaman jahe. Berbagai sampel tanah yang akan digunakan untuk penelitian yaitu dengan mengambil 7 jenis tanah pada dataran rendah dan 7 jenis tanah pada dataran tinggi di wilayah kabupaten Ponorogo. Kecocokan tanah untuk tanaman jahe dapat diukur menggunakan parameter sensor PH tanah, kelembapannya dan suhu udara di lingkungan penelitian. Dengan menggunakan sensor PH tanah, sensor kelembapan tanah yang akan diolah dengan metode *K-Means*. Metode *k-means* adalah sebuah metode yang dapat membagi banyak kumpulan data (*dataset*) yang belum memiliki label menjadi k kluster yang tidak sama sedemikian rupa sehingga pada setiap kumpulan kelompok datanya hanya memiliki satu kelompok yang mempunyai properti serupa. (Mauluddin & Suarna, 2018)

STUDI LITERATUR

Jahe merupakan tanaman rempah yang memiliki banyak manfaat bagi masyarakat Indonesia. Tanaman jahe tumbuh dengan baik di tanah yang gembur, tanah yang subur, dan tanah yang kaya bahan organik. Salah satu jenis tumbuhan rimpang yang paling populer untuk digunakan sebagai penghangat tubuh adalah jahe. Jahe biasanya dibuat menjadi minuman herbal untuk mengobati masuk angin dan sakit tenggorokan. (I Wayang Redi Aryanta, 2019)

Dalam merangkai susunan penelitian ini, peneliti menggunakan beberapa sumber dari penelitian sebelumnya dalam bentuk jurnal. Jurnal yang dipilih berkaitan dengan penelitian dan digunakan sebagai referensi bagi peneliti nantinya. Jurnal penelitian pertama yaitu oleh suryadi pada tahun 2020. Pada proses yang dilakukan Penelitian tersebut menggunakan metode K-Means untuk mengklasifikasi lahan pada pertanian untuk budidaya strawberry pada daerah Subang dengan mengukur kadar pH, kelembaban tanah, dan suhu udara untuk menentukan kelayakan lahan pertanian. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan menggunakan Algoritma K-Means klustering dapat mengklasterisasikan beberapa kelompok kelayakan daerah yang baik digunakan untuk budidaya Strawberry. (Suryadi, 2020)

Selanjutnya pada tahun 2022 Fadhillah melakukan penelitian dengan proses yang dilakukan pada Penelitian tersebut menggunakan penerapan metode K-Means klustering untuk pemetaan pada lahan tanaman kopi di Kabupaten Malang. Penelitian ini menghasilkan pemetaan lahan dengan cluster rendah, cluster sedang, dan cluster tinggi. Hasil penelitian menunjukkan implementasi metode k-means berbasis Sistem Informasi Geografis untuk pemetaan lahan kopi di Kabupaten Malang berhasil dengan baik. Keberhasilan penelitian tersebut ditunjukkan dengan hasil produksi tanaman kopi pada 33 Kecamatan di setiap tahun. (Alif Fajar Fadhillah et al., 2022)

Kemudian pada tahun 2023 verawati melakukan penelitian dengan judul Klasterisasi Jenis Tanah pada Tanaman Cabai Menggunakan Algoritma K-Means. Algoritma K-Means pada penelitian tersebut digunakan untuk mengelompokkan citra tanah yang cocok dan tidak cocok untuk tanaman cabai berdasarkan karakteristik visual. (Verawati, I., & Rebecca, A. L. 2023)

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Imran Lubis pada tahun 2022 dengan judul sistem pendukung keputusan pemilihan lahan pertanian untuk tanaman jahe dengan metode vikor. Pada proses yang dilakukan penelitian tersebut menekankan pada aplikabilitas metode VIKOR dalam memberikan rekomendasi pemilihan lahan pertanian, khususnya untuk budidaya jahe. Dengan metode VIKOR, sistem pendukung keputusan dapat membantu pengusaha pertanian dalam menentukan lahan mana yang paling penting untuk ditanami jahe. Namun, karena perlu disajikan dalam sistem informasi geografis, yang membuat sistem lebih menarik untuk memberikan informasi lokasi lahan pertanian namun, penerapan sistem ini kurang efektif. (Lubis, I. 2022).

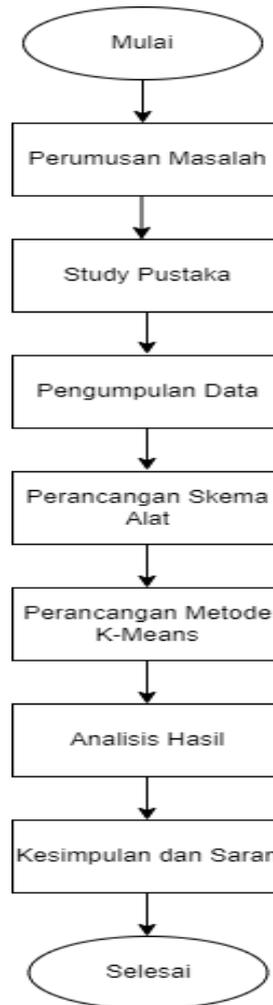
Kemudian penelitian selanjutnya dilakukan oleh feberian pada tahun 2022 yaitu Penelitian ini mengembangkan teknologi citra digital atau gambar untuk klasifikasi tumbuhan rimpang dengan proses identifikasi tumbuhan rimpang yang memiliki potensi pengobatan tradisional menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN). Hasil penelitian ini menghasilkan aplikasi yang dapat meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap tumbuhan rimpang dengan beserta manfaatnya. (Feberian & Fitriati, 2022)

Perbedaan antara penelitian sebelumnya dengan penelitian ini terdapat pada kriteria penelitian serta objek penelitian untuk bahan uji coba. Pada penelitian sebelumnya menggunakan algoritma yang memanfaatkan pengolahan citra untuk klasterisasi namun dalam penerapannya kurang maksimal karena perlunya penyajian dalam sistem informasi geografis sehingga sistem lebih menarik dalam memberikan informasi lokasi lahan pertanian. Perbedaan kriteria yang digunakan dalam proses klasterisasi seperti curah hujan, nilai pH pada tanah, suhu, tekstur tanah, jenis tanah, dan tingkat ketinggian. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan objek tanaman jahe dengan memperhatikan suhu, kelembapan tanah dan tingkat keasaman (pH) menggunakan algoritma K-Means. Pada penelitian terdahulu menunjukkan bahwa algoritma K-Means clustering adalah metode untuk mengelompokkan atau mengklasterisasi tanah sesuai dengan kelasnya. Maka dari itu penelitian ini menggunakan algoritma k-means sebagai metode untuk melakukan pengamatan.

METODE

Pada tahapan penelitian ini terdapat 3 variabel yaitu pH tanah, kelembapan tanah dan suhu. Objek yang digunakan dalam penelitian ini terdapat 7 jenis tanah yaitu tanah lempung, tanah humus, tanah latosol, tanah entisol, tanah laterit, tanah paras, tanah gambut, tanah berkerikil dan tanah kompos.

Berikut merupakan sebuah flowchart tahapan penelitian yang akan dilaksanakan:



Gambar 1 tahapan penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan yaitu, mulai, perumusan masalah, studi pustaka, pengumpulan data, perancangan metode k-Means, perancangan skema alat, analisa hasil, kesimpulan dan saran dan selesai.

1. Perumusan Masalah

Tahapan ini menjadi dasar dari penelitian agar terlihat lebih jelas. Tahapan ini diperoleh dari rumusan masalah yang telah dijabarkan pada latar belakang. Masalah yang ditemukan yaitu tanaman jahe banyak dibudidayakan di Indonesia karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan banyak manfaat bagi kehidupan. Jahe gajah merupakan salah satu jenis jahe yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Tanah yang dapat ditanami tanaman jahe merupakan tanah yang lembab dengan tingkat kelembapan yang cukup tinggi yaitu 80%, suhu optimum berkisar antara 25 hingga 30 °C dan pH tanah berkisar pada 6,8 hingga 7,0. Dengan dilakukan penelitian ini dapat memberikan bantuan kepada petani dalam menentukan jenis tanah yang cocok dengan mengukur tingkat kelembapan, suhu dan pH yang baik untuk membudidayakan tanaman jahe. (Ratna et al., 2010)

2. Studi pustaka

Tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan serta dapat mengkaji berbagai literatur untuk dijadikan sumber penelitian dengan tema klusterisasi dan tanaman jahe. Pada tahap ini menggunakan studi pustaka dari berbagai jurnal, artikel, skripsi ilmiah yang dapat menambah wawasan penelitian. Beberapa studi literatur yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu, berbagai jenis tanah yang baik untuk membudidayakan tanaman jahe, *clustering*, algoritma *k-means*.

3. Pengumpulan data

Kebutuhan dalam penelitian dilengkapi melalui wawancara pada setiap petani di masing-masing wilayah tertentu. Selain itu untuk referensi diambil dari berbagai jurnal, artikel, skripsi ilmiah dan browser dengan tema klusterisasi dan tanaman jahe.

4. Perancangan skema alat

Perancangan alat merupakan proses desain dan pengembangan alat, metode dan teknik untuk memperbaiki efisiensi dan produktifitas manufaktur. Dengan menyiapkan mesin dan alat khusus untuk kebutuhan manufaktur saat ini.(Lutfiyana et al., 2017)

Alat yang dibutuhkan

a. Sensor pH tanah

Sensor pH tanah bekerja dengan cara mengukur konsentrasi ion hidrogen (H⁺) dalam tanah. Hasil pengukuran ini dinyatakan dalam skala pH yang berkisar dari 0 hingga 14, di mana nilai 7 dianggap netral, nilai di bawah 7 menunjukkan keasaman.(Studi Jaringan Telekomunikasi Digital et al., 2019)

b. Sensor suhu

DHT22 menghasilkan keluaran digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler atau perangkat elektronik lainnya. Sinyal keluaran ini memberikan nilai suhu dan kelembaban dalam bentuk digital.(et al., 2021)

c. Sensor kelembapan tanah

Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan kapasitansi atau kemampuan tanah untuk menyimpan muatan listrik. Kadar air dalam tanah mempengaruhi kapasitansi, sehingga perubahan tersebut dapat diukur untuk menentukan tingkat kelembapan.(Mukhayat et al., 2021)

Rangkaian Alat:

Pin DHT22 :

- 4 disambungkan pada arduino
- (+) disambungkan pada 3v
- (-) disambungkan pada gnd

Pin yl-69 :

- Analog sensor disambungkan pada A1
- Vcc disambungkan pada 5v
- Ground pada Gnd

Pin dms PH :

- Analog sensor disambungkan pada A0
- Pin dms disambungkan pada 7
- Gnd disambungkan pada Gnd
- Vcc disambungkan pada Vin

5. Perancangan metode K-Means

Tahap ini dilakukan untuk mengolah data menggunakan metode K-Means dengan menentukan rumus yang akan digunakan untuk menganalisis data yang telah diperoleh dalam penelitian.

6. Analisis hasil

Hasil akhir yang diperoleh dari analisis dengan menggunakan data yang telah dikumpulkan dan menerapkan algoritma K-Means dalam proses pengklasterisasian.

HASIL

Algoritma K-Means telah mengelompokkan data tanah ke dalam dua kluster berdasarkan pH, kelembapan dan Suhu menggunakan rumus Euclidean Distance pada Algoritma K-Means. Rumus Euclidean yang digunakan dalam perhitungan K-Means yaitu

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Keterangan:

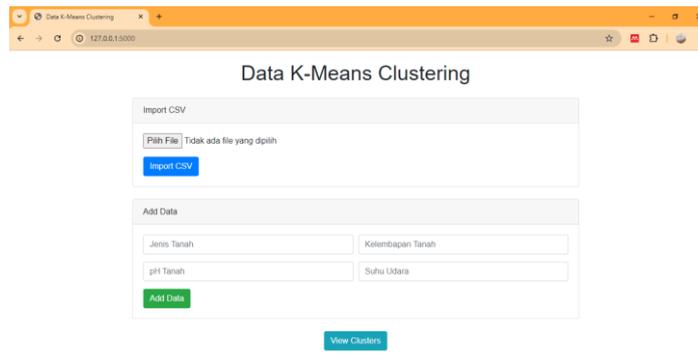
d adalah jarak antara dua titik

x_1 dan x_2 adalah koordinat x dari titik pertama dan kedua

y_1 dan y_2 adalah koordinat y dari titik pertama dan kedua

Data yang sudah diperoleh dari hasil penelitian akan diolah oleh sistem dengan menggunakan rumus Euclidean K-Means. Berikut penjelasan halaman sistem web perhitungan algoritma K-Means.(Mega, 2015)

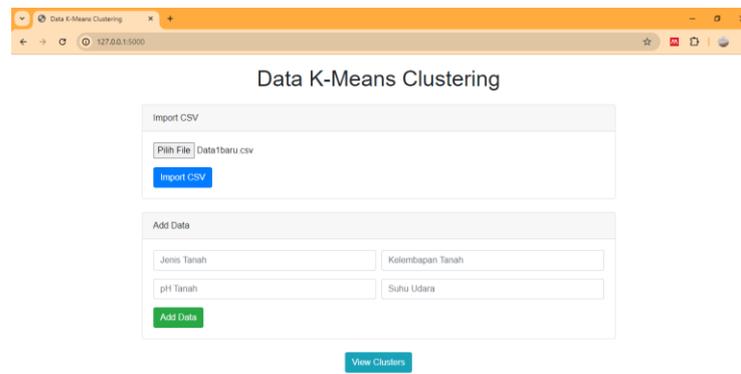
1. Tampilan Halaman utama sistem (Dashboard) pada web.



Gambar 2 Halaman utama sistem

Pada halaman utama dari sistem berisi import data yang telah diperoleh selama penelitian dengan menggunakan variabel jenis tanah, pH tanah, kelembapan tanah dan suhu udara.

2. Tampilan halaman import data pada web.



Gambar 3 Halaman import file csv

Untuk memulai perhitungan dengan sistem, file data tanah yang diperoleh dimasukkan dengan import CSV pada web.

3. Tampilan halaman perhitungan menggunakan rumus K-Means pada web.

Jenis Tanah	Kelembapan Tanah	pH Tanah	Suhu Udara	C1	C2	K	Actic
Tanah Entisol	791	5.8	23.3	27.49182472226971	20.216695289042665	Centroid 2	Desk
Tanah Entisol	781	5.8	23.3	18.324858159341915	29.132709596088034	Centroid 1	Desk
Tanah Entisol	781	5.2	23.3	18.344166008843246	29.152268666606375	Centroid 1	Desk
Tanah Entisol	781	5.7	23.4	18.2782041393568	29.09777222417551	Centroid 1	Desk
Tanah Entisol	781	6.1	23.4	18.274045708599942	29.090210525364025	Centroid 1	Desk
Tanah Entisol	781	5.8	23.4	18.276343905715937	29.095366442270493	Centroid 1	Desk
Tanah Entisol	731	5.3	23.4	35.13637355448055	77.76529012618676	Centroid 1	Desk

Gambar 4 Perhitungan dengan rumus K-Means

Tabel hasil perhitungan data dengan menggunakan rumus Euclidean Algoritma K-Means.

4. Pengujian sistem menggunakan black box

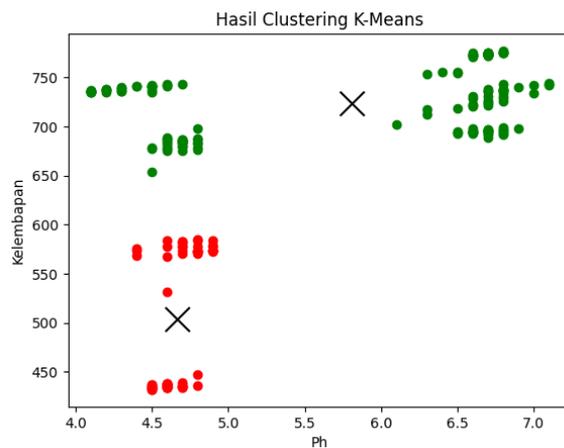
Tabel 1 Pengujian sistem

No	Nama Halaman dan Proses	Hasil Pengujian
1	Tampilan Halaman utama / Halaman input data	Berhasil
2	Halaman import data / Manual input data	Berhasil
3	Halaman perhitung data / Perhitungan rumus metode	Berhasil
4	Halaman hasil hitung data / CRUD tabel data	Berhasil
5	Halaman semua view	Berhasil

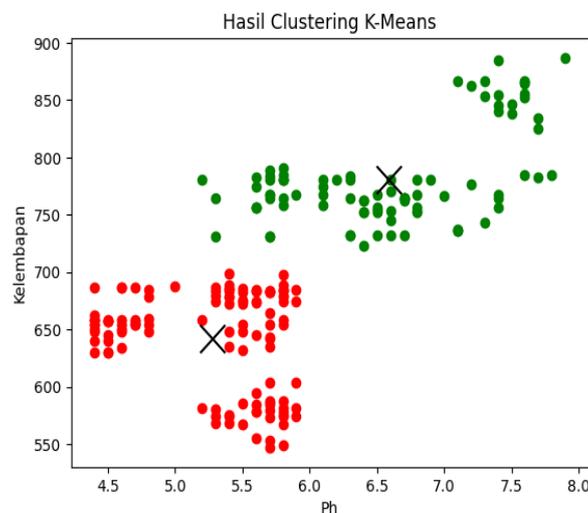
Pada tabel tersebut telah diuraikan menggunakan pengujian Black Box Testing. Semua halaman pada web telah diuji dengan hasil pengujian yaitu berhasil sehingga web dapat digunakan untuk membantu proses pemilihan kualitas tanah.

Hasil Visualisasi Data

Visualisasi data adalah proses representasi data dalam bentuk grafis atau visual. Tujuannya adalah untuk memudahkan pemahaman, analisis, dan komunikasi informasi yang terkandung dalam data. Dalam visualisasi data Centroid kluster diwakili oleh tanda silang hitam dalam plot yang diberikan sebagai berikut.



Gambar 5 hasil clustering K-Means pada dataran rendah



Gambar 6 hasil clustering K-Means pada dataran tinggi

Dari hasil klastering, jelas bahwa titik data terbagi menjadi dua klaster yang berbeda berdasarkan pH dan kelembapan tanah. Titik hijau (Klaster c1) menunjukkan kelompok tanah dengan kandungan kelembapan lebih tinggi dan pH yang bervariasi, sementara titik merah (Klaster c2) mewakili tanah dengan kelembapan lebih rendah dan pH mendekati 4.5. Untuk penanaman jahe gajah, yang membutuhkan kondisi tanah spesifik

PEMBAHASAN

Dari hasil klastering pada gambar 3, jelas bahwa titik data terbagi menjadi dua klaster yang berbeda berdasarkan pH dan kelembapan tanah. Titik hijau (Klaster c1) menunjukkan kelompok tanah dengan kandungan kelembapan lebih tinggi dan pH yang bervariasi, sementara titik merah (Klaster c2) mewakili tanah dengan kandungan kelembapan lebih rendah dan pH mendekati 4.5. Untuk penanaman jahe gajah, yang membutuhkan kondisi tanah spesifik, Klaster c1 (titik hijau): Klaster ini mewakili tanah dengan kandungan kelembapan lebih tinggi dan rentang pH yang lebih luas. Kondisi seperti ini umumnya baik untuk pertumbuhan jahe, yang tumbuh subur di tanah lembap dengan drainase yang baik dan pH sedikit asam hingga netral (sekitar 5.5 hingga 8.0). Klaster c2 (titik merah): Klaster ini mewakili tanah dengan kandungan kelembapan lebih rendah dan pH lebih rendah. Kondisi ini kurang ideal untuk menanam jahe, karena jahe lebih suka kondisi lembap dan mungkin kesulitan tumbuh di tanah dengan pH sangat rendah. Klaster c2 (titik merah): Klaster ini mewakili tanah dengan kandungan kelembapan lebih rendah dan pH lebih rendah. Kondisi ini kurang ideal untuk menanam jahe, karena jahe lebih suka kondisi lembap dan mungkin kesulitan tumbuh di tanah dengan pH sangat rendah. Hasil klastering K-Means dan persyaratan tanah untuk penanaman jahe gajah, jenis tanah yang terbaik termasuk dalam klaster c1 adalah tanah dengan kelembapan yang lebih tinggi dan pH yang sesuai (sedikit asam hingga netral). Tanah Lempung: Tanah ini baik untuk menahan kelembapan tetapi perlu pH yang sesuai. Pada data hasil clustering terdapat dalam klaster c1, sehingga tanah lempung bisa menjadi pilihan yang baik untuk tanaman jahe. Tanah Humus: Sangat subur dan baik untuk berbagai jenis tanaman. Dalam hasil klaster tanah humus berada pada klaster c1, tanah humus sangat baik untuk jahe gajah.

KESIMPULAN

Algoritma K-Means clustering mampu mengklasterisasi data tanah pada masing-masing daerah yang dipilih untuk penelitian. Dalam hal ini Algoritma K-Means mengelompokkan berbagai jenis tanah menjadi dua kelompok berdasarkan pH, kelembapan, dan suhu. Algoritma ini mengelompokkan tanah menjadi dua klaster dengan kelompok satu untuk tanah yang memiliki kelembapan tinggi dan pH yang lebih tinggi, dan satu lagi untuk tanah yang memiliki kelembapan tinggi dan pH yang lebih rendah. Proses visualisasi data dapat membantu dalam memahami, menganalisis, dan menyampaikan informasi terkait data yang telah dikelompokkan dengan klaster centroid yang telah digunakan dalam memperoleh data ini. Hasil visualisasi data pada dataran rendah menunjukkan bahwa untuk memprediksi pertumbuhan jahe gajah, diperlukan kondisi tanah spesifik seperti tanah entisol, tanah berkerikil, tanah lempung, dan tanah humus dengan rata-rata nilai pH 6,5 sampai 7,5. Nilai kelembapan 650 sampai 800. Sedangkan hasil visualisasi data pada dataran tinggi menunjukkan bahwa kondisi tanah yang optimal dengan kelembapan yang tinggi dan memiliki pH tinggi yaitu tanah yang terdiri dari tanah Entisol, tanah lempung, dan tanah humus dengan rata-rata nilai pH 5,5 sampai 8,0. Nilai kelembapan 750 sampai 900.

REFERENSI

- Alif Fajar Fadhillah, D., Faisol, A., & Vendyansyah, N. (2022). Penerapan Metode K-Means Clustering Pada Pemetaan Lahan Kopi Di Kabupaten Malang. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(1), 162–170. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i1.4617>
- Feberian, Y., & Fitriati, D. (2022). Klasifikasi Rimpang Menggunakan Convolution Neural Network. *Journal of Informatics and Advanced Computing (JIAC)*, 3(1), 10–14.
- I Wayang Redi Aryanta. (2019). I Wayan Redi Aryanta Manfaat Jahe Untuk Kesehatan I Wayan Redi Aryanta. *Journal Widya Kesehatan*, 1(2), 39–43.
- Lubis, I. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Lahan Pertanian untuk Tanaman Jahe dengan metode Vikor. *Jurnal Sistem Informasi Kaputama*, 6(02), 419-426.
- Lutfiyana, Hudallah, N., & Suryanto, A. (2017). Rancang Bangun Alat Ukur Suhu Tanah , Kelembaban Tanah, dan Resistansi. *Teknik Elektro*, 9(2), 80–86.
- Mauluddin, S., & Suarna, N. (2018). Sistem Pakar Penentuan Jenis Tanah Berdasarkan Kadar PH Untuk Tanaman Palawija Menggunakan Metode K-Means Clustering. *Jurnal ICT: Information Communication & Technology*, 17(1), 11–15. <https://doi.org/10.36054/jict-ikmi.v17i1.30>
- Mega, W. (2015). Clustering Menggunakan Metode K-Means Untuk Menentukan Status Gizi Balita. *Jurnal Informatika*, 15(2), 160–174.
- Mukhayat, N., Ciptadi, W. P., & Hardyanto, R. H. (2021). Sistem Monitoring pH Tanah , Intensitas Cahaya Dan

Kelembaban Pada Tanaman Cabai (Smart Garden) Berbasis IoT. *Seri Prosiding Seminar Nasional Dinamika Informatika*, 5, no, 179–184.

Ratna, I. G. P., Tati, A., & Kusmiyarti, B. (2010). *BUKU AJAR I Made Mega I Nyoman Dibia*.

Roihan, A., Mardiansyah, A., Pratama, A., & Pangestu, A. A. (2021). Simulasi Pendeteksi Kelembaban Pada Tanah Menggunakan Sensor Dht22 Dengan Proteus. *METHODIKA: Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 7(1), 25–30. <https://doi.org/10.46880/mtk.v7i1.260>

Setiawan, & Selmitri. (2022). Pengaruh Plant Growth Promoting Rhizobacteria (Pgrp) Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jahe Gajah (*Zingiber officinale* Rose). *Jurnal Inovasi Penelitian*, 3(3), 5603–5606. <http://www.tjyybjb.ac.cn/CN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=9987>

Studi Jaringan Telekomunikasi Digital, P., Negeri Malang, P., Zuhrotul Wardah, R., Arinie, F. S., & Elektro, T. (2019). Deteksi Kadar Keasaman Media Tanah Untuk Penanaman Kembali Secara Telemonitoring. *Jurnal JARTEL*, 9, 4.

Subardja, D. S., Ritung, S., Anda, M., Sukarman, Suryani, E., & Subandiono, R. E. (2014). Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional. In *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor* (Vol. 22). <http://papers.sae.org/2012-01-0706/>

Suryadi, U. T. (2020). Implementasi Metode K-Means Untuk Klasterisasi Lahan Pertanian Strawberry Di Daerah Subang Berbasis Iot(Internet Of Things). *Jurnal Teknologi Dan Komunikasi STMIK Subang*, 13(2), 49–60. <https://doi.org/10.47561/a.v13i2.192>

Verawati, I., & Rebecca, A. L. (2023). Klasterisasi Jenis Tanah pada Tanaman Cabai Menggunakan Algoritma K-Means. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 7(3), 1414-1422.