



ANALISIS KESUBURAN PERTANIAN MELALUI IRIGASI DENGAN MENGUNAKAN METODE K-MEANS CLUSTERING

Harun Mukhtar¹⁾, Trimaiyuza Maulina Syafutri^{2*)}, Rayhan Aulia Rahman³⁾, Afyuadri Putra⁴⁾, Rizka Hafsari⁵⁾

^{1,2,3,4,5}Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Muhammadiyah Riau

harunmukhtar@umri.ac.id¹, 220401205@student.umri.ac.id^{2*}, 220401189@student.umri.ac.id³,
220401191@student.umri.ac.id⁴, rizkahafsari@umri.ac.id⁵

Abstract

Indonesia is an agricultural country where the majority of its population makes a living from agriculture. The agricultural sector is a very important sector for economic development in an agricultural country like Indonesia. Poor irrigation facilities greatly affect the results of the agricultural sector. Crop quality is based on many factors such as the characteristics of the irrigation process, including the amount of air and irrigation time. Overwatering irrigation can cause air wastage, soil freezing disease, yellowing of plant leaves, wilting of plant leaves, and many other problems. K-Means clustering is a method used to group data into one or more groups or clusters. The advantages of the K-Means algorithm are that it is easy and simple to implement, scalability, speed in convergence, and the ability to adapt to sparse data. K-Means to group agricultural land based on soil fertility and rainfall data, found that this grouping can help in more efficient irrigation planning. The clustering results show that agricultural land can be divided into three main clusters based on soil fertility and irrigation. Soil fertility is formed into three clusters based on the level of soil fertility using the Kmeans algorithm which can also be effective in helping in the Indonesian agricultural sector. By adding technological elements, the results provided will of course be even better.

Keywords: Agriculture, K-means, Clustering

Abstrak

Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar penduduknya bermata pencaharian pertanian. Sektor pertanian merupakan sektor yang sangat penting bagi pembangunan perekonomian di negara agraris seperti Indonesia. Baik buruknya sarana irigasi sangat mempengaruhi hasil sektor pertanian. Kualitas tanaman didasarkan pada banyak faktor seperti karakteristik proses irigasi, termasuk jumlah air dan waktu irigasi. Ketidakseimbangan irigasi dapat menyebabkan pemborosan air, penyakit pembusukan tanah, daun tanaman menguning, daun tanaman layu, dan banyak masalah lainnya. K-Means clustering adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengelompokkan data ke dalam satu atau lebih kelompok atau cluster. Kelebihan dari algoritma K-Means ialah mudah dan sederhana dalam implementasi, skalabilitas, kecepatan dalam konvergensi, dan kemampuan dalam beradaptasi untuk data yang jarang. K-Means untuk mengelompokkan lahan pertanian berdasarkan data kesuburan tanah dan curah hujan, menemukan bahwa pengelompokan ini dapat membantu dalam perencanaan irigasi yang lebih efisien. Hasil clustering menunjukkan bahwa lahan pertanian dapat dibagi menjadi tiga cluster utama berdasarkan kesuburan tanah dan irigasi. Kesuburan tanah dikelompokkan menjadi tiga kluster berdasarkan tingkat kesuburan tanah dengan menggunakan algoritma Kmeans dapat efektif juga dalam membantu dalam bidang pertanian Indonesia dengan menambahkan unsur teknologi maka hasil yang diberikan tentunya akan lebih baik lagi.

Keywords: Pertanian, K-means, Clustering

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar penduduknya bermata pencaharian pertanian. Banyak sekali komoditas pertanian yang dikembangkan di negara Indonesia. Mulai dari padi, jagung, gandum, teh, kopi, cengkeh, kelapa sawit, hingga berbagai komoditas pertanian lainnya. (Febiola et al., 2019). Salah satu pemanfaatan sumber daya air adalah pemanfaatan air untuk kegiatan irigasi dengan tujuan peningkatan ketahanan pangan. Ketahanan pangan merupakan salah satu target dan tujuan pembangunan berkelanjutan yang harus dicapai pada tahun 2030 (Tri Asmorowati & Sarasanty, 2021). Perkembangan sektor-sektor pertanian dapat dilihat dari sejauh mana kemajuan pembangunan pertanian yang merupakan suatu proses terencana untuk menjadikan sektor pertanian yang lebih baik (Pertanian & Indonesia, n.d.). Sektor pertanian memiliki peran krusial dalam pembangunan ekonomi di negara agraris seperti Indonesia. Pengelolaan air dan sistem irigasi merupakan aspek yang sangat vital untuk mendukung sektor ini. Baik buruknya sarana irigasi sangat mempengaruhi hasil sektor pertanian (Eka Kusyanti, 2017).

Kualitas tanaman didasarkan pada banyak faktor seperti karakteristik proses irigasi, termasuk jumlah air dan waktu irigasi. Ketidakseimbangan irigasi dapat menyebabkan pemborosan air, penyakit pembusukan tanah, daun tanaman menguning, daun tanaman layu, dan banyak masalah lainnya (Prasetyo, n.d.). Dapat dikatakan bahwa irigasi adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk menyediakan air guna mendukung kegiatan pertanian. Untuk itu, dilakukan usaha pembuatan bangunan dan jaringan saluran yang membawa serta membagi air secara teratur ke petak-petak yang telah dibagi (Banten & Rachman, n.d.). Fungsi irigasi, seperti yang tercantum dalam PP No. 20 Tahun 2006, adalah mendukung produktivitas usaha tani untuk meningkatkan produksi pertanian dalam rangka ketahanan pangan nasional dan kesejahteraan masyarakat, khususnya petani, yang diwujudkan melalui keberlanjutan sistem irigasi (Mahmudi et al., n.d.).

K-Means clustering adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengelompokkan data ke dalam satu atau lebih kelompok atau cluster (Mega, 2015). Secara historis, K-Means menjadi salah satu algoritma yang paling penting dalam bidang data mining (Ema et al., 2022). K-Means Cluster berguna untuk mengelompokkan sejumlah objek ke dalam kelompok yang telah ditentukan berdasarkan variabel tertentu. Meskipun demikian, karakteristik latar belakang objek belum diketahui dengan pasti (Mauluddin & Suarna, 2018). Data dengan karakteristik yang sama dikelompokkan ke dalam satu kelompok dan data dengan karakteristik yang berbeda dikelompokkan ke dalam kelompok yang lain (Arini, 2023). Dengan kata lain, metode ini bertujuan untuk mengurangi variasi di

dalam satu cluster dan meningkatkan variasi dengan data di cluster lainnya. Analisis ini sangat efektif dan efisien untuk mengelompokkan objek dalam jumlah besar (Hermaya et al., 2022). Kelebihan dari algoritma K-Means ialah mudah dan sederhana dalam implementasi, skalabilitas, kecepatan dalam konvergensi, dan kemampuan dalam beradaptasi untuk data yang jarang (Oyelade et al., 2010). K-Means juga memiliki kelemahan, yaitu penentuan pusat cluster yang bergantung pada inisiasi pusat cluster awal yang diberikan, dari hal ini menyebabkan hasil cluster yang terbentuk bersifat lokal optimal. Hal ini menyebabkan hasil clusternya berupa solusi yang sifatnya local optimal (Tahta Alfina et al., n.d.).

RELATE WORK

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memprediksi kesuburan pertanian dengan menggunakan berbagai metode, seperti regresi linier, jaringan saraf tiruan, dan sistem pakar. Namun, metode K-means clustering belum banyak digunakan untuk memprediksi kesuburan pertanian (Perintis Kemerdekaan Km et al., 2018). Metode K-means clustering adalah teknik pengelompokan data yang tidak terawasi yang digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan kesamaan karakteristiknya. Metode ini bekerja dengan cara mengoptimalkan fungsi objektif yang meminimalkan jarak antar titik data dalam setiap cluster (Perintis & Km, n.d.).

(Widiyastuti, n.d.) menyatakan bahwa Indonesia adalah negara agraris, dengan mayoritas warganya adalah petani. Dengan demikian, penelitian ini memungkinkan untuk memilih satu metode untuk meminimalkan kerugian pemilik lahan pertanian dengan memilih salah satu metode yang dapat diandalkan untuk menentukan kesuburan tanah pertanian melalui penggunaan irigasi cerdas (Pranoto et al., 2023).

Dan ada juga penelitian yang telah melakukan analisis kesuburan tanaman dengan menggunakan beberapa metode lainnya Decision tree, K-NN dan Support Vector Machine yang di mana juga tiap metode memberikan tingkat keakuratan yang berbeda (Mahendra Awaludin & Budiman, 2023). Dengan memprediksi kesuburan pertanian ini diharapkan para petani akan memudahkan pengambilan keputusan dan kebijakan penanganan lahan pertaniannya. Tujuan dari prediksi ini mengurangi lahan pertanian yang gagal panen akibat kekurangan pasokan air, mempengaruhi kesuburan tanah yang menyebabkan hasil panen kurang maksimal (Kholila et al., 2023). Dengan itu kita harus memanfaatkan sistem irigasi cerdas dengan menggunakan sistem penyiraman otomatis berdasarkan kelembapan lahan pertanian.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas penggunaan metode K-Means Clustering dalam analisis kesuburan pertanian. Misalnya, (Doni et al., 2020) menggunakan K-Means untuk

mengelompokkan lahan pertanian berdasarkan data kesuburan tanah dan curah hujan, menemukan bahwa pengelompokan ini dapat membantu dalam perencanaan irigasi yang lebih efisien. Begitu pula, penelitian oleh (Filintas et al., 2023) mengaplikasikan K-Means untuk menganalisis hubungan antara kesuburan tanah dan hasil panen di berbagai wilayah, memberikan rekomendasi tentang alokasi sumber daya irigasi yang lebih baik.

Dan juga ada keterkaitan irigasi dengan Machine Learning yaitu cabang dari kecerdasan buatan yang memungkinkan komputer untuk belajar tanpa secara eksplisit diprogram (Pathan et al., 2020). Model pembelajaran mesin telah muncul sebagai alat pendukung keputusan berbasis intelijen yang efektif untuk penggunaan sumber daya air tawar secara rasional dan berkelanjutan dalam konteks manajemen irigasi presisi yang berkepanjangan (Xue & Huang, 2021). Secara tradisional, petani membuat keputusan untuk menyiram berdasarkan pengalaman sebelumnya mereka Namun, dengan kemajuan dalam pembelajaran mesin, keputusan penyiram dapat lebih terinformasi menggunakan konsep memprediksi kebutuhan air tanaman berdasarkan prediksi kondisi cuaca dan tanah (Filintas et al., 2023).

Prediksi adalah fitur yang sangat penting untuk perencanaan irigasi, yang melibatkan mengetahui sebelumnya kebutuhan air, hasil, dan kandungan kelembaban tanah, untuk dapat bereaksi pada tanah pertanian berguna untuk memastikan manajemen irigasi yang lebih baik (Holzinger et al., 2024). Machine learning dapat belajar dari pengalaman dan melakukan kegiatan yang mirip dengan yang dilakukan oleh manusia, dan berkomitmen untuk membuat mesin lebih cerdas. (Abioye et al., 2022). Ini memiliki kemampuan untuk memecahkan masalah sistem irigasi yang rumit termasuk faktor multivariabel, non-linear, dan variabel waktu (Mekonnen et al., 2020). Metode pembelajaran mesin dapat digunakan untuk secara otomatis mengekstrak informasi baru dalam bentuk aturan keputusan umum, untuk mencapai tindakan irigasi presisi menggunakan sumber daya alam seperti air. Dalam bidang manajemen irigasi presisi, penerapan model pembelajaran mesin meliputi pembelajaran terawasi, pembelajaran tak terawasi, pembelajaran penguatan, dan pembelajaran federasi, telah menjadi populer untuk memecahkan masalah yang menantang seperti klasifikasi dan prediksi (Sayari et al., 2021).

METODOLOGI PENELITIAN

Algoritma K-Means dalam data mining telah berkembang menjadi alat bantu yang efektif untuk menemukan pola-pola berharga dalam basis data yang sangat besar, yang sulit dicari secara manual (Radana Sembiring et al., 2021). Berbagai teknik data mining dapat diklasifikasikan dalam kategori berikut: klasifikasi, clustering, penggalian kaidah asosiasi, analisis pola sekuensial, prediksi, visualisasi data, dan

lainnya (Ahmed et al., 2020). Teknik clustering adalah metode yang digunakan untuk mengelompokkan data besar dengan banyak atribut ke dalam sejumlah kelompok kecil (Vankayalapati et al., 2021). Clustering dilakukan dengan terlebih dahulu menganalisis bagian kecil dari data untuk menentukan kluster. Clustering adalah proses pengelompokan record, observasi, atau kasus ke dalam kelas-kelas objek yang serupa. Berbeda dengan klasifikasi, dalam clustering tidak ada variabel target yang digunakan. Salah satu algoritma clustering yang umum digunakan adalah K-Means. Clustering adalah teknik data mining yang membagi data ke dalam beberapa kelompok (grup, cluster, atau segmen), di mana setiap kelompok dapat terdiri dari beberapa anggota yang serupa. Setiap objek dikelompokkan ke dalam grup yang paling mirip dengannya (Xu & Tian, 2015). Ini mirip dengan penyusunan binatang dan tumbuhan ke dalam keluarga berdasarkan kemiripan antara anggotanya. Clustering tidak memerlukan pengetahuan sebelumnya tentang grup yang akan dibentuk atau tentang anggotanya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil dan pembahasan dari pengolahan data yang digunakan.

Data Preparation

Pada bagian awal ini data harus di proses sehingga dapat di olah karna terdapat data yang bersifat objek yang di mana harunya data yang dibutuhkan dalam mengelola data dengan metode Kmeans menggunakan data numerik. Data yang akan ditampilkan ialah dataset sebelum diproses menjadi pengelompokan.

Tabel 1. Dataset sebelum dicluster

CropT ype	CropD ays	SoilMois ture	Tempera ture	Humid ity	Irrigati on
Wheat	10	400	30	15	0
Wheat	7	200	30	32	0
Wheat	9	300	21	28	0
Wheat	3	500	40	22	0
Wheat	2	700	23	34	0
Wheat	6	800	21	29	0
Wheat	5	500	33	26	0
Wheat	8	350	21	28	0
Wheat	11	123	17	45	0
Wheat	12	543	25	53	0

Tabel 2. Dataset sebelum dicluster

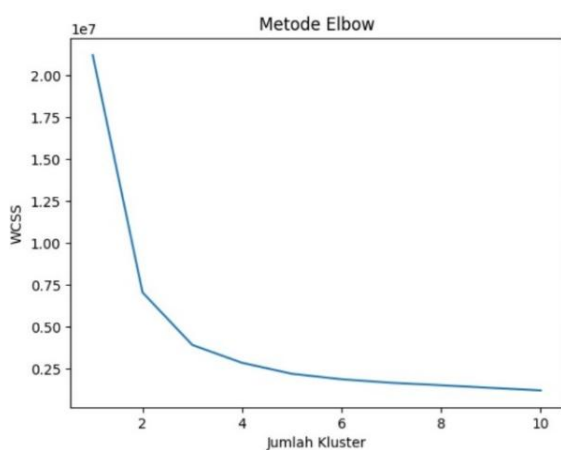
Crop Type	Crop Days	SoilMo isture	Temper ature	Humi dity	Irriga tion	Clus ter
Whea t	10	400	30	15	0	2
Whea t	7	200	30	32	0	2
Whea t	9	300	21	28	0	2
Whea t	3	500	40	22	0	2
Whea t	2	700	23	34	0	1
Whea t	6	800	21	29	0	1
Whea t	5	500	33	26	0	2

Whea	8	350	21	28	0	2
t						
Whea	11	123	17	45	0	0
t						
Whea	12	543	25	53	0	0
t						

Bentuk dari tabel berubah karna ditambahkan kolom cluster untuk semua baris yang ada, berfungsi sebagai petunjuk cluster pada input data. Selanjutnya, proses pre-processing data dilakukan untuk mengubah data mentah menjadi format yang siap digunakan, sehingga proses analisis menjadi lebih mudah dan efektif. Tujuannya adalah untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, mengurangi waktu komputasi pada masalah skala besar, dan membuat nilai data lebih kecil tanpa mengubah informasi yang ada (Kumar et al., 2023).

Hasil Clustering

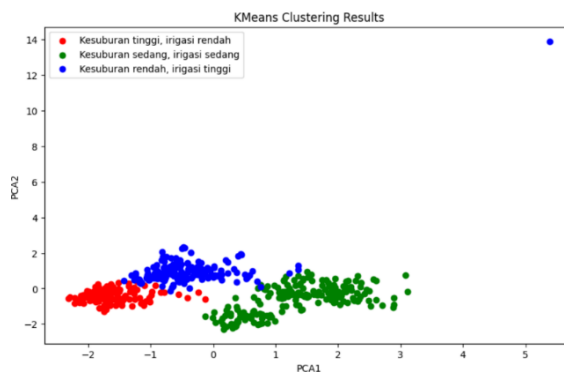
Hasil clustering menunjukkan bahwa lahan pertanian dapat dibagi menjadi tiga cluster utama berdasarkan kesuburan tanah dan irigasi. Cluster pertama terdiri dari lahan dengan kesuburan tinggi dan kebutuhan irigasi rendah, cluster kedua memiliki kesuburan sedang dan kebutuhan irigasi sedang, sedangkan cluster ketiga terdiri dari lahan dengan kesuburan rendah dan kebutuhan irigasi tinggi. Analisis ini membantu dalam menentukan strategi irigasi yang lebih efisien dan spesifik untuk setiap jenis lahan, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian.



Gambar 1. Metode Elbow

Jumlah Kluster Optimal

Dengan menggunakan metode Elbow, ditemukan bahwa jumlah kluster optimal adalah 3. Grafik Elbow menunjukkan bahwa setelah titik tertentu, penurunan dalam sum of squared distances (SSD) mulai berkurang, menunjukkan jumlah kluster yang optimal. Grafik di atas menunjukkan bahwa penurunan SSE mulai melambat setelah $k=3$, yang mengindikasikan bahwa jumlah cluster yang optimal mungkin adalah 3. Selanjutnya, kita akan melakukan clustering menggunakan $k=3$ dan menganalisis hasilnya.



Gambar 2. Kmeans Clustering

Tabel hasil klustering menunjukkan pembagian kesuburan tanah ke dalam tiga cluster berdasarkan karakteristik tanaman dan tingkat kesuburan tanaman.

1. Kluster pertama terdiri dari tingkat kesuburan tinggi dan penyaluran irigasi rendah.
2. Kluster kedua terdiri dari tingkat kesuburan sedang dan penyaluran irigasi sedang.
3. Sementara itu, kluster ketiga terdiri dari kesuburan rendah dan penyaluran irigasi tinggi.

Tabel ini memberikan gambaran mengenai keadaan di mana struktur tanah bagus untuk lahan pertanian. Hasil clustering menunjukkan bahwa data telah dikelompokkan menjadi tiga cluster. Selanjutnya, kita akan menganalisis karakteristik dari setiap cluster untuk memahami pola kesuburan pertanian berdasarkan data irigasi.

Tabel 3. Klustering Kmeans

No	Karakteristik	Irigasi	Results
1.	Kesuburan bagus	Rendah	Cluster 0
2.	Kesuburan sedang	Sedang	Cluster 2
3.	Kesuburan rendah	Tinggi	Cluster 1

Penelitian klustering menunjukkan perbedaan signifikan dalam tingkat kesuburan tanah untuk lahan pertanian yang akan memudahkan di bidang pertanian pada bagian irigasi cerdas karna bisa diatur menggunakan alat otomatis dengan perhitungan berdasarkan data pengelompokan menggunakan algoritma Kmeans.. Kluster nol mencakup kesuburan tinggi dan irigasi rendah, kemungkinan disebabkan oleh tanah yang awalnya bagus jadi hanya perlu penyaluran irigasi ditingkat rendah. Oleh karena itu petani dapat menjadikan data ini sebagai tolak ukurnya. Kluster kedua terdiri dari kesuburan yang biasa-biasa saja atau sedang dan penyaluran irigasi air yang secukupnya sesuai standar.

SIMPULAN DAN SARAN

Di bidang pertanian dimudahkan dengan adanya bantuan dari pengelompokan di bidang kesuburan untuk penyaluran irigasinya. Kluster pertama tingkat kesuburan tanah yang rendah maka irigasi yang diberikan harus lebih diprioritaskan karna kesuburan dari tanah itu tidak bagus untuk daerah pertanian yang

akan mengganggu hasil panen dibidang pertanian yang mendatang. Dengan begitu bidang pertanian harus memanfaatkan teknologi yang ada seperti sistem irigasi cerdas jadi sistem irigasi yang disalurkan akan secara otomatis apabila kadar suhu, kelembapan dari tanah itu kurang makan otomatis penyaluran air bekerja untuk memberi air pada lahan pertanian, begitu juga tidak lepas dengan bidang teknologi yang membuat machine learning jadi sistem berjalan otomatis dengan adanya tolak ukur kesuburan tanah. Dengan machine learning termasuk iot akan mempermudah pekerjaan dibidang manapun terutama dibidang pertanian di Indonesia. Pertanian dapat memanfaatkan temuan ini dengan mengadopsi strategi irigasi cerdas pada lahan pertanian. Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa metode K-Means Klustering dapat menjadi alat yang efektif dalam membantu di dalam bidang pertanian dalam meningkatkan hasil panennya.

Dari hasil klustering, dapat disimpulkan bahwa kesuburan tanah dikelompokkan menjadi tiga kluster berdasarkan tingkat kesuburan tanah dengan menggunakan algoritma Kmeans dapat efektif juga dalam membantu dalam bidang pertanian indonesia dengan menambahkan unsur teknologi maka hasil yang diberikan tentunya akan lebih baik lagi, maka diharapkan penelitian ini dapat berguna dalam bidang pertanian indonesia kedepannya.

Saran dari penulis penelitian selanjutnya dapat msnggunakan metode analisa berbeda untuk menguji keandalan temuan dari sudut pandang yang berbeda

TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada dosen pengampu mata kuliah Sains Data Assoc. Prof. Harun Mukhtar, S.Kom., M.Kom, atas peran sertanya dalam memberikan masukan, melakukan telah, koreksi, dan perbaikan naskah sampai siap diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M., Seraj, R., & Islam, S. M. S. (2020). The k-means algorithm: A comprehensive survey and performance evaluation. In *Electronics* (Switzerland) (Vol. 9, Issue 8, pp. 1–12). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/electronics9081295>
- Arini, E. R. (2023). PENERAPAN K-MEANS CLUSTER DI PROVINSI JAWA TIMUR BERDASARKAN KETAHANAN PANGAN Implementation of K-Means Cluster In EastJava Based on Food Security. In *JSNu: Journal of Science Nusantara* (Vol. 3, Issue 1).
- Banten, K. P., & Rachman, B. (n.d.). KEBIJAKAN SISTEM KELEMBAGAAN PENGELOLAAN IRIGASI: Kasus Provinsi Banten Policy on Institutional System of Irrigation Management: The Case of Banten Province.
- Doni, A. F., Negera, Y. D. P., & Maria, O. A. H. (2020). K-Means Clustering Algorithm for Determination of Clustering of Bangkalan Regional Development Potential. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/2/022078>
- Eka Kusyanti, D. (2017). SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENGELOMPOKAN PEKERJAAN PEMBENAHAN JARINGAN IRIGASI TERSIER DI KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN METODE K-MEANS CLUSTERING. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 1, Issue 1).
- Ema, N., Ningsih, T., Pardede, A. M. H., & Syahputra, S. (2022). DATA MINING DALAM PENGELOMPOKKAN JUMLAH DATA PRODUKTIVITAS TANAMAN PANGAN MENGGUNAKAN METODE CLUSTERING K-MEANS (STUDI KASUS : BADAN PUSAT STATISTIK KOTA BINJAI). *Jurnal Sistem Informasi Kaputama (JSIK)*, 6(2).
- Febiola, Y. I., Cholissodin, I., & Dewi, C. (2019). Peramalan Hasil Panen Kelapa Sawit Menggunakan Metode Multifactors High Order Fuzzy Time Series yang Dioptimasi dengan K-Means Clustering (Studi Kasus: PT. Sandabi Indah Lestari Kota Bengkulu) (Vol. 3, Issue 12). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Filintas, A., Gougoulas, N., Kourgialas, N., & Hatzichristou, E. (2023). Management Soil Zones, Irrigation, and Fertigation Effects on Yield and Oil Content of Coriandrum sativum L. Using Precision Agriculture with Fuzzy k-Means Clustering. *Sustainability* (Switzerland), 15(18). <https://doi.org/10.3390/su151813524>
- Hermaya, A., Karsa, A. N., Hidayat, A. R., & Nur Karsa, A. (2022). Metode Algoritma K-Means Untuk Clustering Data Produk Paling Laku Pada Toko Tono Grosir Plumbon Cirebon. 7(7), 9. <https://doi.org/10.36418/syntax>
- Holzinger, A., Fister, I., Fister, I., Kaul, H. P., & Asseng, S. (2024). Human-Centered AI in Smart Farming: Toward Agriculture 5.0. *IEEE Access*, 12, 62199–62214. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3395532>
- Kholila, N., Mujiono, M., & Wahyudi, D. (2023). Pemetaan Kondisi Lingkungan Tanam menggunakan K-Means Clustering. *JSITIK: Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi Komputer*, 1(2), 137–147. <https://doi.org/10.53624/jsitik.v1i2.182>
- Kumar, K., Pradeepa, M., Mahdal, M., Verma, S., RajaRao, M. V. L. N., & Ramesh, J. V. N. (2023). A Deep Learning Approach for Kidney Disease Recognition and Prediction through Image Processing. *Applied Sciences* (Switzerland), 13(6). <https://doi.org/10.3390/app13063621>
- Mahendra Awaludin, Y., & Budiman, F. (2023). OPTIMASI ANALISIS KESUBURAN TANAH DENGAN PENDEKATAN SOFT VOTING ENSEMBLE. *Jurnal SIMETRIS*, 14(2).
- Mahmudi, A., Nataly M, S., Kusyanti, D. E., Informatika, T., Malang, I., Raya, J., & Km, K. (n.d.). PENGELOMPOKAN PEKERJAAN PEMBENAHAN JARINGAN IRIGASI TERSIER DI KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN METODE K-MEANS CLUSTERING.
- Mauluddin, S., & Suarna, N. (2018). Sistem Pakar Penentuan Jenis Tanah Berdasarkan Kadar PH Untuk Tanaman Palawija Menggunakan Metode K-Means Clustering. 17(1).
- Mega, W. (2015). CLUSTERING MENGGUNAKAN METODE K-MEANS UNTUK MENENTUKAN STATUS GIZI BALITA (Vol. 15, Issue 2).
- Mekonnen, Y., Namuduri, S., Burton, L., Sarwat, A., & Bhansali, S. (2020). Review—Machine Learning Techniques in Wireless Sensor Network Based Precision Agriculture. *Journal of The Electrochemical Society*, 167(3), 037522. <https://doi.org/10.1149/2.0222003jes>
- Oyelade, J. O., Oladipupo, O., Obagbuwa, I. C., Oyelade, O. J., Oladipupo, O. O., & Obagbuwa, I. C. (2010). Application of k Means Clustering algorithm for prediction of Students Academic Performance Application of k-Means Clustering algorithm for prediction of Students' Academic Performance. In *Article in International Journal of Computer Science and Information Security* (Vol. 7, Issue 1). <http://sites.google.com/site/ijcsis/>
- Pathan, M., Patel, N., Yagnik, H., & Shah, M. (2020). Artificial cognition for applications in smart agriculture: A comprehensive review. In *Artificial Intelligence in Agriculture* (Vol. 4, pp. 81–95). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2020.06.001>
- Perintis, J., & Km, K. (n.d.). PROSIDING SEMINAR ILMIAH SISTEM INFORMASI DAN TEKNOLOGI INFORMASI Pusat Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat (P4M) STMIK Dipanegara Makassar.

- Perintis Kemerdekaan Km, J., Algoritma K-Means Dalam Memilih Tanah Yang Tepat Untuk Tanaman Padi, P., & Djamro STMIK Dipanegara Makassar, R. A. (2018). PROSIDING SEMINAR ILMIAH SISTEM INFORMASI DAN TEKNOLOGI INFORMASI Pusat Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat(P4M) STMIK Dipanegara Makassar: Vol. VII (Issue 1).
- Pertanian, K., & Indonesia, R. (n.d.). LAPORAN KINERJA KEMENTERIAN PERTANIAN 2023. www.pertanian.go.id
- Pranoto, S., Khairudin, M., & Wahyu, E. (2023). Monitoring Smartfarm Using IoT Based for Rice Agriculture. In *Future Computer Science Journal (FCSJ)* (Vol. 1, Issue 2, pp. 58–67). <http://asajournal.id/index.php/fcsj><http://doi.org/10.10000/fcsj.10000>
- Prasetyo, R. A. (n.d.). Mengoptimalkan Irigasi Pertanian Cerdas Melalui Internet of Multimedia Things (IoMT) dengan Deteksi Kebutuhan Air Tanaman Berbasis Deep Learning. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15442.32960>
- Radana Sembiring, Y., Winanjaya, R., Tunas Bangsa, S., Utara, S., & Jln Sudirman Blok No, I. A. (2021). Implementasi Data Mining Dalam Mengelompokkan Jumlah Penduduk Miskin Berdasarkan Provinsi Menggunakan Algoritma K-Means (Vol. 2, Issue 2). <https://www.bps.go.id>
- Sayari, S., Mahdavi-Meymand, A., & Zounemat-Kermani, M. (2021). Irrigation water infiltration modeling using machine learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 180. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105921>
- Tahta Alfina, Budi Santosa, & Ali Ridho Barakbah. (n.d.). 145483-ID-analisa-perbandingan-metode-hierarchial.
- Tri Asmorowati, E., & Sarasanty, D. (2021). Perencanaan Perhitungan AKNOP Pada Daerah Irigasi Mrican Sebagai Upaya Peningkatan Kinerja Irigasi. *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 10(1), 11–17. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v10i1.84>
- Vankayalapati, R., Ghutugade, K. B., Vannapuram, R., & Prasanna, B. P. S. (2021). K-means algorithm for clustering of learners performance levels using machine learning techniques. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 35(1), 99–104. <https://doi.org/10.18280/ria.350112>
- Wahyu Maulana, A., & Rochdiani, D. (n.d.). ANALISIS AGROINDUSTRI TAHU (Studi Kasus Desa Cisadap).
- Widiyastuti, E. W. S. (n.d.). PERSEPSI PETANI TERHADAP PENGEMBANGAN SYSTEM OF RICE INTENSIFICATION (SRI) DI KECAMATAN MOGA KABUPATEN PEMALANG.
- Xu, D., & Tian, Y. (2015). A Comprehensive Survey of Clustering Algorithms. *Annals of Data Science*, 2(2), 165–193. <https://doi.org/10.1007/s40745-015-0040-1>
- Xue, D., & Huang, W. (2021). Smart Agriculture Wireless Sensor Routing Protocol and Node Location Algorithm Based on Internet of Things Technology. *IEEE Sensors Journal*, 21(22), 24967–24973. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.3035651>