
PENERAPAN METODE K-MEANS CLUSTERING UNTUK PENGELOMPOKKAN EFISIENSI PROSES PRODUKSI CRUDE PALM OIL (CPO)

Winda Sari Depi Simamora, Muhammad Sabir Ramadhan

Universitas Asahan

e-mail: windasaridepis@gmail.com, ramasabir@gmail.com

Abstract: *This study aims to apply the K-Means Clustering algorithm in a data mining approach to classify the production efficiency of Crude Palm Oil (CPO) at PT Asian Agri Tanah Datar. The data used consists of three main parameters: VM (Moisture), Dirt, and FFA (Free Fatty Acid), which serve as indicators of production quality and efficiency. The research uses a quantitative method with data analysis based on the K-Means algorithm. The process includes data preprocessing, determination of the optimal number of clusters using the Elbow Method, application of the K-Means algorithm, and evaluation of clustering results. The findings show that K-Means successfully grouped the production data into three efficiency categories: high, medium, and low, achieving convergence at the second iteration. The developed application, built using PHP and MySQL, effectively automates the clustering process from dataset input to displaying results in tabular form. The first cluster represents the highest efficiency group, while the third cluster indicates low efficiency requiring process improvement. Overall, the implementation of the K-Means Clustering method has proven to assist the company in analyzing and improving CPO production efficiency in a structured, fast, and data-driven manner.*

Keywords: *K-Means Clustering, Data Mining, Production Efficiency, Crude Palm Oil, PHP, MySQL.*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode data mining dengan algoritma K-Means Clustering dalam mengelompokkan data efisiensi proses produksi Crude Palm Oil (CPO) di PT Asian Agri Tanah Datar. Data yang digunakan meliputi tiga parameter utama yaitu VM (Moisture), Dirt, dan FFA (Free Fatty Acid) yang menjadi indikator kualitas dan efisiensi proses produksi. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan analisis data berbasis algoritma K-Means. Proses penelitian meliputi tahapan preprocessing data, penentuan jumlah cluster optimal menggunakan metode Elbow, penerapan algoritma K-Means, serta evaluasi hasil clustering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma K-Means mampu mengelompokkan data produksi menjadi tiga kategori, yaitu efisiensi tinggi, sedang, dan rendah, dengan tingkat konvergensi tercapai pada iterasi kedua. Aplikasi berbasis PHP dan MySQL yang dikembangkan berhasil mengotomatisasi proses pengelompokan data, mulai dari input dataset hingga visualisasi hasil dalam bentuk tabel. Hasil akhir menunjukkan bahwa cluster pertama merupakan kelompok efisiensi tertinggi, sedangkan cluster ketiga menunjukkan efisiensi rendah yang memerlukan perbaikan proses produksi. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode K-Means Clustering dapat membantu pihak perusahaan dalam menganalisis dan meningkatkan efisiensi proses produksi CPO secara cepat, terstruktur, dan berbasis data.

Kata kunci: K-Means Clustering, Data Mining, Efisiensi Produksi, Crude Palm Oil, PHP, MySQL.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang semakin pesat telah memberikan dampak signifikan dalam berbagai bidang kehidupan, terutama dalam pengelolaan dan pemanfaatan data. Era digital menghasilkan data dalam jumlah yang sangat besar (big data), sehingga diperlukan metode khusus untuk mengolah dan mengekstraksinya menjadi informasi yang bermanfaat. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan untuk tujuan tersebut adalah data mining, yaitu proses menemukan pola atau pengetahuan dari data dalam jumlah besar. Menurut Jassim & Abdulwahid (2021), tahap persiapan data merupakan bagian penting dalam proses data mining, karena mencakup kegiatan pembersihan, integrasi, pengumpulan, dan transformasi data yang sangat menentukan kualitas hasil analisis. Dalam konteks industri, perkembangan sektor manufaktur dan perkebunan di Indonesia menuntut peningkatan efisiensi pada setiap tahapan proses produksi. Efisiensi produksi menjadi aspek penting karena berhubungan langsung dengan kualitas produk, biaya operasional, serta daya saing perusahaan di pasar. Efisiensi tidak hanya diukur dari jumlah output yang dihasilkan, tetapi juga dari kemampuan perusahaan dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti tenaga kerja, bahan baku, energi, dan waktu produksi. Semakin efisien suatu proses produksi, maka semakin tinggi pula tingkat produktivitas dan keuntungan yang diperoleh perusahaan.

Sejalan dengan hal tersebut, Putra & Furqan (2024) menyatakan bahwa produsen kelapa sawit perlu melakukan pengelompokan produk berdasarkan kualitasnya guna menjaga efisiensi proses produksi. Namun, dalam praktiknya, PT Asian Agri Tanah Datar masih menghadapi kendala dalam menganalisis data produksi yang besar dan kompleks. Proses pengawasan efisiensi secara manual sulit dilakukan karena volume data yang tinggi, sehingga perusahaan

sering kesulitan dalam mengidentifikasi pola-pola inefisiensi yang mengakibatkan peningkatan biaya operasional dan penurunan produktivitas.

Permasalahan utama yang dihadapi perusahaan adalah ketidakmampuan dalam mengenali pola produksi yang tidak efisien secara sistematis. Oleh karena itu, teknologi data mining dapat dijadikan solusi untuk membantu PT Asian Agri menganalisis data produksi dalam skala besar dan menemukan pola-pola tersembunyi yang tidak dapat dilihat secara manual. Salah satu metode dalam data mining yang efektif digunakan dalam analisis pola adalah K-Means Clustering. Metode ini mampu mengelompokkan data berdasarkan kesamaan atribut sehingga memberikan pemahaman yang lebih baik terhadap tingkat efisiensi produksi (Septianto et al., 2025).

METODE

Produksi CPO

Proses produksi Crude Palm Oil (CPO) TBS dimuat ke jalur pemuatan, kemudian dilakukan proses sterilisasi, perontokan, dan pencernaan. Mesin press sekrop memisahkan CPO dan PKO (Sari et al., 2023). Setiap tahap memiliki peran penting dalam menentukan kualitas dan kuantitas CPO yang dihasilkan. Misalnya, sterilisasi dilakukan dengan merebus TBS pada suhu 140°C selama 90 menit untuk menghentikan aktivitas enzimatik yang dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas (FFA) dalam minyak, serta mempermudah pelepasan buah dari tandan dan mengurangi kadar air dalam buah sawit. Setelah proses sterilisasi, buah sawit diproses melalui tahapan penebahan (threshing) untuk memisahkan buah dari tandannya. Selanjutnya, buah sawit yang telah terpisah dimasukkan ke dalam digester, yaitu alat yang berfungsi untuk melunakkan daging buah dan memisahkan biji dari daging buah. Proses ini mempersiapkan buah sawit untuk tahap pengepresan, di mana minyak sawit diekstraksi menggunakan mesin

pengepres (screw press) dengan tekanan tinggi. Hasil dari pengepresan ini adalah minyak kasar yang masih mengandung kotoran dan air. Dalam konteks ini, produksi minyak sawit mentah (CPO) mencakup beberapa langkah, seperti menerima tandan buah segar, menimbang dan memilahnya, memasukkannya ke dalam keramba, sterilisasi, pengupasan, dan perontokan (García-Maza et al., 2025).

Data Mining

Data mining adalah proses analisis data besar untuk menemukan pola atau informasi tersembunyi yang bermanfaat. Menurut (Jassim & Abdulwahid, 2021), data mining adalah langkah utama dalam Knowledge Discovery in Database (KDD) yang meliputi pemilihan data, pembersihan, transformasi, penerapan algoritma, dan evaluasi hasil. Dalam konteks produksi CPO, data mining membantu perusahaan mengidentifikasi pola efisiensi di setiap unit produksi yang sulit diamati secara manual. Selain itu, data mining mendukung pengambilan keputusan berbasis data (data-driven decision making). Dalam industri kelapa sawit, perusahaan menghadapi data yang sangat besar dan kompleks dari proses pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) hingga CPO. Penggunaan data mining memungkinkan analisis yang cepat dan akurat terhadap variabel produksi, seperti kadar air (VM), kadar asam lemak bebas (FFA), dan kandungan kotoran (Dirt), sehingga manajemen dapat fokus pada peningkatan efisiensi produksi.

Clustering

Clustering adalah teknik pengelompokan data tanpa label ke dalam beberapa cluster berdasarkan kemiripan karakteristik. Menurut (Fajar et al., 2025) Algoritma clustering yang paling populer, K-Means Clustering, membagi data menjadi k kelompok berdasarkan centroid, dengan setiap point data diberikan ke cluster terdekat. Pendekatan. Dalam industri CPO, clustering membantu perusahaan mengetahui

kelompok produksi yang efisien, sedang, dan tidak efisien. Jenis-jenis clustering beragam, termasuk partitioning, hierarchical, dan density-based. K-Means termasuk partitioning, yang paling banyak digunakan karena sederhana dan efektif untuk dataset besar. Kelebihan clustering ini adalah mampu menyederhanakan kompleksitas data sehingga memudahkan pengambilan keputusan strategis

Perangkat Lunak

1. **Website:** Website merupakan kumpulan halaman yang saling terhubung dan dapat diakses melalui internet dengan menggunakan browser. Setiap website memiliki alamat unik yang disebut dengan Uniform Resource Locator (URL), yang berfungsi untuk memudahkan pengguna menemukan informasi secara cepat dan terstruktur. Website terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu static website dan dynamic website. Static website menampilkan konten yang tetap dan hanya dapat diubah oleh pengembang, sedangkan dynamic website memiliki konten yang interaktif serta dapat berubah sesuai input dari pengguna maupun basis data. Website telah menjadi bagian penting dari kegiatan bisnis, pendidikan, hiburan, maupun media sosial. Optimalisasi website menjadi penting saat proses pembuatannya. Hal (Ardiyanto & Ardianto, 2024).
2. **PHP:** Dalam konteks pengembangan sistem informasi berbasis web, PHP sering digunakan bersama dengan teknologi lain seperti HTML, CSS, JavaScript, dan MySQL. PHP digunakan sebagai bahasa pemrograman utama untuk membangun sistem pendukung keputusan pemilihan lokasi usaha, dengan MySQL sebagai sistem manajemen basis data. PHP digunakan untuk membangun sistem informasi geografis yang menampilkan peta Surabaya, menunjukkan fleksibilitas PHP dalam berbagai aplikasi web.

Keberhasilan implementasi PHP dalam berbagai proyek ini menunjukkan bahwa PHP adalah pilihan yang tepat untuk pengembangan aplikasi web dinamis yang efisien dan efektif.

Teknik Analisis Data

1. Pengumpulan Data

Langkah 1: Pada tahap ini, data produksi CPO dikumpulkan dari catatan produksi perusahaan kelapa sawit.

Langkah 2: Variabel yang digunakan meliputi VM (moisture/water content), Dirt, dan FFA (Free Fatty Acid) yang menjadi parameter standar kualitas CPO. Data yang dikumpulkan berupa data historis hasil produksi dalam periode tertentu yang nantinya akan menjadi dasar dalam proses clustering.

2. Pra-pemrosesan Data

Langkah 1: Setelah data terkumpul, dilakukan proses pra-pemrosesan untuk memastikan data siap digunakan dalam algoritma K-Means.

Langkah 2: Tahapan ini meliputi pembersihan data (data cleaning) seperti menghapus data kosong, memperbaiki data yang salah, serta normalisasi data agar variabel yang digunakan memiliki skala yang sebanding.

Langkah 3: Hal ini penting dilakukan karena perbedaan skala antarvariabel dapat memengaruhi hasil perhitungan jarak dalam algoritma K-Means.

3. Penentuan Jumlah Cluster

Langkah 1: Pada tahap ini, ditentukan jumlah cluster (K) yang sesuai. Penentuan jumlah cluster dapat menggunakan metode Elbow atau metode lain untuk mendapatkan nilai K optimal.

Langkah 2: Dalam penelitian ini, cluster akan merepresentasikan kategori efisiensi CPO, misalnya cluster dengan efisiensi tinggi, sedang, dan rendah.

4. Penerapan Algoritma K-means

Langkah 1: Setelah jumlah cluster ditentukan, langkah selanjutnya adalah menerapkan algoritma K-Means. Proses dimulai dengan penentuan centroid awal, kemudian dilakukan perhitungan jarak antara data dengan centroid menggunakan Euclidean Distance.

Langkah 2: Data kemudian dikelompokkan ke dalam cluster yang memiliki jarak terdekat. Proses ini dilakukan secara iteratif hingga posisi centroid tidak lagi berubah atau nilai fungsi objektif (SSE) konvergen.

Langkah 3: Mengelompokkan data ke dalam tiga pola utama yaitu : 'tinggi, sedang, rendah.

5. Evaluasi Kualitas Clustering

Langkah 1: Tahap berikutnya adalah mengevaluasi hasil clustering. Evaluasi dapat dilakukan dengan melihat distribusi data pada masing-masing cluster dan menganalisis karakteristik tiap cluster

Langkah 2: Misalnya, cluster dengan nilai FFA rendah dan kadar air kecil dapat dikategorikan sebagai CPO dengan efisiensi tinggi. Sementara cluster dengan nilai FFA tinggi dan kadar kotoran besar dikategorikan sebagai efisiensi rendah.

6. Interpretasi dan Penyajian Hasil

Langkah 1: Tahap terakhir adalah interpretasi hasil clustering yang diperoleh. Hasil clustering akan divisualisasikan dalam bentuk tabel, grafik, atau diagram untuk memudahkan pemahaman.

Langkah 2: Selain itu, hasil analisis akan dihubungkan dengan standar kualitas CPO untuk memberikan rekomendasi praktis bagi pihak perusahaan dalam meningkatkan efisiensi produksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Pengelompokan data efisiensi produksi dilakukan menggunakan algoritma K-Means Clustering yang membagi data ke dalam beberapa kelompok berdasarkan tingkat efisiensinya, yaitu kelompok dengan efisiensi tinggi dan kelompok dengan efisiensi rendah. Penelitian ini menggunakan total 30 data produksi sebagai bahan analisis, namun hanya 6 data yang dijadikan sampel untuk proses perhitungan manual dalam menentukan hasil pengelompokan. Proses ini bertujuan untuk membantu perusahaan dalam memahami pola efisiensi produksi yang terjadi, sehingga dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan untuk meningkatkan produktivitas serta mengurangi tingkat inefisiensi pada proses produksi.

Data CPO Sample untuk Clustering

Tabel 1 Data cpo sample untuk clustering

Sample data	Moisture	Dirt	FFA
1	0.109	2.91	0.044
2	0.243	2.51	0.075
3	0.225	2.10	0.011
4	0.123	4.90	0.077
5	0.179	3.56	0.028
6	0.206	3.32	0.247

Data cpo setelah Normalisir

Tabel 2 Data cpo setelah normalisir

Sample data	x	y	z
1	0.000000	0.289286	0.139831
2	1.000000	0.146429	0.271186
3	0.865672	0.000000	0.000000
4	0.104478	1.000000	0.279661
5	0.522388	0.521429	0.072034
6	0.723881	0.435714	1.000000

Analisis Metode K-means

Kita akan mengaplikasikan k-means clustering untuk data diatas menjadi tiga cluster, pertama kita akan hitung centroid

Cluster	x	y	z
K1	0.109	2.91	0.444
K2	0.123	4.90	0.077
K3	0.206	3.32	0.247

Perhitungan jarak Euclidean dilakukan antara setiap data sampel dengan dua centroid ini:

$$d = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2 + (z1 - z2)^2}$$

Literasi pertama

Pada iterasi pertama, dua centroid awal di pilih

Jarak antara sample pertama (28.4,83) ke centroid cluster 1, cluster 2 dan cluster 3 :

- o Jarak ke cluster 1: 0.321
- o Jarak ke cluster 2 : 0.725
- o Jarak ke cluster 3 : 1.322

Pengelompokkan data berdasarkan iterasi pertama

Table 3 pengelompokkan data iterasi pertama

Sample data	Jarak 1	Jarak 2	Jarak 3	Kelompok cluster
D1	0.321	0.725	1.322	1
D2	1.047	1.213	0.732	3
D3	0.865	1.244	1.030	1
D4	1.044	0.124	1.397	2
D5	0.742	0.617	1.097	2
D6	1.310	1.164	0.359	3

Literasi kedua

Pada iterasi kedua, jarak setiap sampel dihitung kembali berdasarkan centroid baru

Perhitungan data berdasarkan iterasi kedua

Pada iterasi kedua, jarak setiap sampel dihitung kembali berdasarkan centroid baru:

Table 4 pengelompokkan data iterasi kedua

Sample data	Jarak 1	Jarak 2	Jarak 3	Kelompok cluster
D1	0.4618	0.5672	0.9948	1
D2	0.602	0.926	0.416	3
D3	0.462	1.156	0.699	1
D4	0.940	0.334	1.097	2
D5	0.387	0.334	0.697	2
D6	1.017	0.976	0.416	3

Berdasarkan hasil perhitungan algoritma K-Means dengan jumlah cluster sebanyak 3, diperoleh bahwa data telah terkelompok dengan stabil pada iterasi

kedua (konvergen), yaitu:

1. Cluster 1 terdiri dari D1 dan D3 yang memiliki karakteristik nilai Moisture relatif rendah hingga sedang, FFA rendah, dan Dirt sangat rendah. Hal ini menunjukkan bahwa cluster ini dapat dikategorikan sebagai kelompok kualitas tinggi
2. Cluster 2 terdiri dari D4 dan D5 dengan FFA yang cenderung tinggi serta Dirt moderat. Cluster ini dapat dianggap sebagai kelompok kualitas sedang atau perlu perhatian pada aspek FFA.
3. Cluster 3 terdiri dari D2 dan D6 yang memiliki Moisture dan Dirt yang relatif tinggi. Oleh karena itu, cluster ini dapat dikategorikan sebagai kelompok kualitas rendah atau perlu tindakan perbaikan lebih lanjut.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penerapan metode K-Means Clustering pada data efisiensi produksi CPO di PT Asian Agri Tanah Datar, proses pengelompokan dilakukan dengan terlebih dahulu menormalisasi nilai Moisture, FFA dan Dirt agar berada pada skala yang sebanding. Setelah itu, dilakukan perhitungan jarak Euclidean antara setiap dataset dengan centroid awal untuk menentukan cluster awal, kemudian perhitungan dilanjutkan secara iteratif hingga pengelompokan mencapai kondisi konvergen. Implementasi perhitungan ini juga diterapkan ke dalam sebuah aplikasi berbasis PHP dan MySQL sehingga seluruh proses klasifikasi dapat dijalankan secara otomatis tanpa harus melakukan perhitungan manual. Hasil akhir menunjukkan bahwa data produksi terbagi ke dalam tiga kelompok utama, yaitu Cluster 1 sebagai kategori efisiensi tinggi (kualitas tinggi), Cluster 2 sebagai kategori efisiensi sedang, dan Cluster 3 sebagai kategori efisiensi rendah (kualitas rendah). Dengan demikian, metode K-Means bukan hanya mampu mengelompokkan data secara objektif

berdasarkan kedekatan nilai atribut, namun juga memberikan gambaran yang jelas bagi pihak PT Asian Agri dalam mengevaluasi kualitas produksi. Selain itu, keberadaan aplikasi yang dibangun terbukti mampu mempercepat proses analisis dan mempermudah perusahaan dalam melakukan pengambilan keputusan terkait pengendalian kualitas produksi secara lebih terarah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiyanto, R., & Ardhiyanto, E. (2024). Analisa performansi metode client side rendering, server side rendering, dan incremental static regeneration dalam proses website rendering. *Computer Science (CO-SCIENCE)*, 4(1), 19–27. <https://doi.org/10.31294/coscience.v4i1.2427>
- Asra, T., Nur Khasanah, S., & Rikardo Nainggolan, E. (2023). Rancang bangun sistem informasi manajemen restoran berbasis web pada Warunk Upnormal. *Reputasi: Jurnal Rekayasa Perangkat Lunak*, 4(2), 110–119. <https://doi.org/10.31294/reputasi.v4i2.2428>
- Bachtiar, L., & Yuliana. (2019). Implementasi metode K-Means clustering untuk identifikasi buah kelapa sawit berdasarkan tingkat kematangan. *Jurnal Ilmiah Komputer*, 19(2), 945–951.
- Dirgantara, U., & Suryadarma, M. (2014). Perancangan sistem informasi land transportation assistance taxi Puskopau pada Bandara XYZ. *Jurnal Sistem Informasi Universitas Suryadarma*, 9(2). <https://doi.org/10.35968/jsi.v9i2.918>
- Fajar, M., Adam, S., Putra, B., Puteri, S. I., Fajrissiddiq, A., & Sani, L. (2025, Mei 17). Eksplorasi dan analisis data mining untuk prediksi pola konsumen menggunakan teknik klasifikasi dan clustering. *Seminar Nasional Teknologi Informasi*,

- Mekatronika, dan Ilmu Komputer (SENTIMETER), Universitas Nusa Putra.
- Fu'adi, A., & Prianggono, A. (2022). Analisa dan perancangan sistem informasi akademik Akademi Komunitas Negeri Pacitan menggunakan diagram UML dan EER. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 16(1), 45–54. <https://doi.org/10.32815/jitika.v16i1.650>
- García-Maza, S., Rojas-Flores, S., & González-Delgado, Á. D. (2025). Technical insights into crude palm oil (CPO) production through water–energy–product (WEP) analysis. *Sustainability*, 17(10), 1–12. <https://doi.org/10.3390/su17104485>
- Hasibuan, M., & Elhanafi, A. M. (2022). Penetration testing sistem jaringan komputer menggunakan Kali Linux untuk mengetahui kerentanan keamanan server dengan metode black box. *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, 1(4), 171–177. <https://doi.org/10.56211/sudo.v1i4.160>
- Jassim, M. A., & Abdulwahid, S. N. (2021). Data mining preparation: Process, techniques and major issues in data analysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1090(1), 012053. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1090/1/012053>
- Maori, N. A., & Evanita. (2023). Metode elbow dalam optimasi pada K-Means clustering. *Jurnal SIMETRIS*, 14(2), 277–287.
- Michael, M. S., Vande, H. V. N. S., & Andra, R. P. (2022). Clusterisasi perkebunan kelapa sawit berdasarkan luas area produksi dengan algoritma K-Means. *Journal of Informatics and Advanced Computing (JIAC)*, 3(1), 23–29. <https://doi.org/10.35814/jiac.v3i1.3660>
- Mubarok, R., Syahputra, A. A., Permana, A. T., Sholiah, L., & Tarwoto. (2025). Implementasi data mining untuk clustering lowongan pekerjaan menggunakan metode algoritma K-Means. *Jurnal JTik (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)*, 9(2), 703–712. <https://doi.org/10.35870/jtik.v9i2.3438>
- Mufida, E., Rahmawati, E., & Hertiana, H. (2019). Rancang bangun sistem informasi inventory pada salon kecantikan. *Jurnal Mantik Penusa*, 3(3), 99–102.
- Murod, A., Hadiwiyanti, R., & Kartika, D. S. Y. (2024). Rancang bangun sistem informasi manajemen persediaan barang menggunakan framework Laravel (Studi kasus: PT Jazeera Inti Sukses). *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3), 2210–2219. <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3.4706>
- Omran, N., Sharaai, A. H., & Hashim, A. H. (2021). Visualization of the sustainability level of crude palm oil production: A life cycle approach. *Sustainability*, 13(4), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su13041607>
- Putra, S. E. N., & Furqan, M. (2024). Penerapan data mining dalam pengelompokan kualitas produk kelapa sawit menggunakan algoritma K-Means clustering. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 9(2), 766. <https://doi.org/10.24114/cess.v9i2.61682>
- Putu, N., Merliana, E., & Santoso, A. J. (n.d.). Analisa penentuan jumlah cluster terbaik pada metode K-Means.
- Rahman, F. K., Sanjaya, J. S., Handayani, L., & Insani, F. (2025). Penerapan algoritma K-Means clustering pada kinerja mesin screw press. *Bulletin of Information Technology (BIT)*, 6(2), 59–70. <https://doi.org/10.47065/bit.v5i2.1783>
- Ramadhani, I., & Megawati, M. (2023). Implementasi algoritma K-Means untuk klustering data produktivitas

- kelapa sawit. *Indonesian Journal of Informatic Research and Software Engineering (IJIRSE)*, 3(1), 56–64. <https://doi.org/10.57152/ijirse.v3i1.488>
- Ramdany, S. (2024). Penerapan UML class diagram dalam perancangan sistem informasi perpustakaan berbasis web. *Journal of Industrial and Engineering System*, 5(1). <https://doi.org/10.31599/2e9afp31>
- Rohman, L. G., Alam, C. N., & Subaeki, B. (2025). Implementasi algoritma K-Means clustering untuk identifikasi lokasi strategis coffee shop. *Bulletin of Computer Science Research*, 5(4), 797–805. <https://doi.org/10.47065/bulletincsr.v5i4.600>
- Rusvinasari, D., & Annisa, L. H. (2025). Klasterisasi pola penjualan menu makanan pada rumah makan menggunakan metode K-Means clustering. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 10(2), 398–409. <https://doi.org/10.30591/jpit.v10i2.8511>
- Salbiah, S., & Nasution, M. I. P. (2024). Analysis of data processing in management information systems. *Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Manajemen*, 2(12), 1–12. <https://doi.org/10.61722/jiem.v2i11.3017>
- Sari, D. A. P., Nikmah, M., & Sasongko, N. A. (2023). Life cycle assessment in the production process of crude palm oil (CPO) on palm oil plantation and mills. *International Journal of GEOMATE*, 25(111), 177–184. <https://doi.org/10.21660/2023.111.s8616>
- Sari, K. (2025). Analisis dan perancangan sistem PT Mifandi Mandiri Digital. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/393786565>
- Sari Siregar, Y., Sembiring, B. O., Rahayu, E., & Franchitika, R. (2024). Pemanfaatan aplikasi MySQL untuk membantu siswa SMK Swasta Nur Azizi dalam pengolahan data. *JAPAMAS*, 2024(2), 229–240. <https://jurnal.unity-academy.sch.id/index.php/japamas>
- Septianto, M. A., Faqih, A., & Rinaldi, A. R. (2025). Klasterisasi data produksi pertanian di Kabupaten Cirebon dengan algoritma K-Means. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i2.6174>
- Silitonga, P., & Morina, I. S. (2018). Klusterisasi pola penyebaran penyakit pasien berdasarkan usia pasien dengan menggunakan K-Means clustering. *Jurnal TIMES*, 6(2), 22–25. <https://doi.org/10.51351/jtm.6.2.2017584>
- Sulistiyawati, A., & Supriyanto, E. (2021). Implementasi algoritma K-Means clustering dalam penentuan siswa kelas unggulan. *Jurnal Tekno Kompak*, 15(2), 25. <https://doi.org/10.33365/jtk.v15i2.1162>
- Syaiful Hasan Abdullah, & Fatah, Z. (2024). Analisis produksi cabai rawit Indonesia menggunakan algoritma K-Means clustering. *Jurnal Ilmiah Sains Teknologi dan Informasi*, 3(1), 66–74. <https://doi.org/10.59024/jiti.v3i1.1024>
- Syaputra, D., & Sharipuddin, S. (2023). Sistem informasi produksi komoditas sawit pada PT Dharmasraya Palma Sejahtera. *Jurnal Manajemen Sistem Informasi*, 8(1), 152–166. <https://doi.org/10.33998/jurnalmsi.2023.8.1.771>
- Wahyudi, J., Asbari, M., Sasono, I., Pramono, T., & Novitasari, D. (2022). Database management education in MySQL. *Edumaspul: Jurnal Pendidikan*, 6(2), 2413–2417. <https://doi.org/10.33487/edumaspul.v6i2.4570>