

Analisis Klasifikasi Produksi Tempe Menggunakan Metode *K-Means* Aplikasi *Rapidminer*

Ikhsan Alifurrahman¹, Aldy Akmal Wibowo², Muhamad Fais Isani³, Roeslan Djutalov^{4*}

¹⁻⁴Fakultas Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Jl. Raya Puspipetek No. 46, Kel. Buaran, Kec. Serpong, Kota Tangerang Selatan. Banten 15310, Indonesia

Email: ^{1*} muhamadfaizisani02@gmail.com ^{4*} dosen02624@unpam.ac.id

(* : coressponding author)

Abstrak– Usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) yang bergerak dalam produksi tempe seringkali menghadapi kendala dalam mengelola efisiensi produksi karena minimnya penggunaan teknologi informasi dan data analitik. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan data produksi tempe menggunakan metode *K-Means Clustering* yang diimplementasikan melalui aplikasi RapidMiner. Data yang dianalisis mencakup jumlah bahan baku, hasil produksi, dan efisiensi produksi yang telah dinormalisasi. Hasil klasifikasi menghasilkan tiga kluster utama: efisiensi tinggi, sedang, dan rendah. Kluster ini kemudian dianalisis untuk memberikan rekomendasi strategi peningkatan produktivitas. Dengan pendekatan ini, UMKM dapat memahami pola produksi secara lebih objektif dan mengambil keputusan berbasis data, sehingga mampu meningkatkan efisiensi operasional dan daya saing. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa metode K-Means efektif digunakan dalam segmentasi data produksi tradisional dan dapat mendorong digitalisasi proses bisnis pada sektor UMKM pangan.

Kata Kunci: Data Mining, UMKM, K-Means Clustering, RapidMiner, Produksi Tempe, Efisiensi Produksi

Abstract– Micro, small, and medium enterprises (MSMEs) engaged in tempeh production often face challenges in managing production efficiency due to limited utilization of information technology and data analytics. This study aims to cluster tempeh production data using the K-Means Clustering method implemented through the RapidMiner application. The analyzed data includes the amount of raw materials, production output, and production efficiency, all of which were normalized. The clustering results produced three main clusters: high, medium, and low efficiency. These clusters were then analyzed to provide strategic recommendations for improving productivity. Through this approach, MSMEs can better understand production patterns and make data-driven decisions, ultimately enhancing operational efficiency and competitiveness. This research also demonstrates that the K-Means method is effective for segmenting traditional production data and can promote business process digitalization in the food-based MSME sector.

Keywords: Data Mining, MSMEs, K-Means Clustering, RapidMiner, Tempe Production, Production Efficiency

1. PENDAHULUAN

Tempe adalah makanan tradisional khas Indonesia yang memiliki nilai gizi tinggi dan telah menjadi bagian penting dalam konsumsi sehari-hari masyarakat. Selain menjadi sumber protein nabati yang murah dan bergizi, tempe juga mulai dikenal secara luas di pasar internasional sebagai makanan sehat. Permintaan terhadap tempe cenderung meningkat seiring dengan tren pola hidup sehat dan kesadaran akan konsumsi pangan lokal yang berkelanjutan.

Namun, di balik peluang tersebut, para produsen tempe, khususnya sektor UMKM, masih menghadapi berbagai tantangan dalam mengelola proses produksi. Salah satu tantangan utamanya adalah bagaimana memahami pola produksi tempe yang efektif, agar produksi tetap konsisten, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan pasar.

Sebagian besar produsen masih mengandalkan pengalaman atau perkiraan subjektif dalam mengatur volume produksi. Metode tersebut rentan terhadap ketidakefisienan, baik berupa kelebihan produksi yang menyebabkan pemborosan, maupun kekurangan produksi yang membuat peluang keuntungan hilang.

Dalam konteks ini, penggunaan pendekatan berbasis data seperti data mining menjadi sangat relevan. Salah satu teknik data mining yang efektif untuk menemukan pola tersembunyi di dalam data produksi adalah K-Means Clustering. K-Means memungkinkan pengelompokan (klasifikasi) data produksi berdasarkan karakteristik tertentu, sehingga dapat memberikan gambaran tentang segmen-segmen produksi, seperti periode produksi rendah, sedang, atau tinggi.

RapidMiner, sebagai platform analisis data berbasis visual, menyediakan fasilitas untuk menerapkan algoritma K-Means secara praktis, bahkan bagi pengguna yang tidak memiliki latar belakang teknis mendalam di bidang pemrograman. Dengan menggunakan RapidMiner, produsen dapat mengelompokkan data produksi tempe untuk memahami pola operasional mereka, mengoptimalkan sumber daya, serta meningkatkan daya saing bisnis mereka.

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan teknik klasifikasi produksi tempe menggunakan algoritma K-Means dengan bantuan RapidMiner, sehingga dapat dihasilkan wawasan yang berguna untuk perencanaan dan pengelolaan produksi di tingkat UMKM. Pendekatan ini juga diharapkan dapat mendorong adopsi teknologi sederhana dalam industri pangan tradisional, sebagai bagian dari upaya digitalisasi usaha kecil dan menengah di Indonesia.

2. METODE

2.1 Metode Pengumpulan Data

Instrumen yang dilakukan dalam pengumpulan data: Metode pengumpulan data yang digunakan meliputi:

- a. Wawancara: Menggali informasi terkait proses produksi dari pihak UMKM.
- b. Observasi: Mengamati proses produksi tempe secara langsung.
- c. Dokumentasi: Mengumpulkan data historis volume produksi tempe dari catatan produksi UMKM.

2.2 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan studi kasus. Penelitian fokus pada analisis klasifikasi data produksi tempe menggunakan metode K-Means yang diimplementasikan melalui aplikasi RapidMiner.

2.3 Langkah-Langkah Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui tahapan-tahapan berikut:

1. Pengumpulan Data
Mengumpulkan data produksi tempe harian/mingguan dari UMKM yang menjadi objek penelitian.
2. Pra-pemrosesan Data (Data Preprocessing)
Melakukan pembersihan, normalisasi, dan seleksi atribut untuk persiapan data yang akan dianalisis di RapidMiner.
3. Pemodelan (Modeling)
Menerapkan algoritma K-Means untuk mengklasifikasikan data produksi tempe menjadi beberapa cluster berdasarkan karakteristik volume produksi.
4. Evaluasi Model (Evaluation)
Menganalisis hasil klasifikasi untuk melihat kejelasan segmen produksi yang terbentuk.
5. Interpretasi dan Visualisasi Hasil
Menafsirkan makna dari masing-masing cluster dan memberikan insight bagi pengelolaan produksi.
6. Kesimpulan dan Rekomendasi
Menyusun kesimpulan dari hasil analisis dan memberikan rekomendasi strategi produksi yang lebih efisien bagi UMKM.

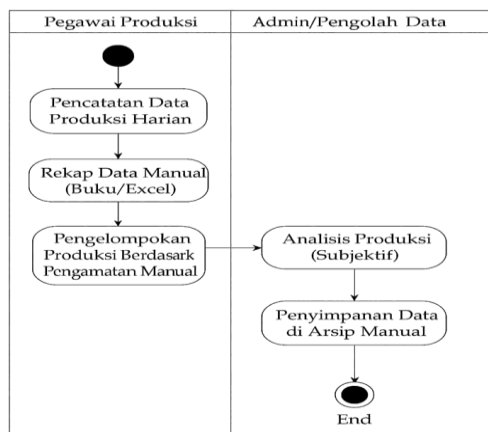
3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Sistem

3.1.1 Activity Diagram Sistem Berjalan

Activity diagram atau diagram aktivitas yaitu salah satu jenis diagram pada UML yang dapat memodelkan proses-proses apa saja yang terjadi pada sistem diagram. Diagram aktivitas adalah bentuk visual dari alir kerja yang berisi aktivitas dan tindakan, yang juga dapat berisi pilihan,

pengulangan dan concurrency. Dalam Unified Modeling Language, diagram aktivitas dibuat untuk menjelaskan aktivitas komputer maupun alur aktivitas kedalam organisasi. Untuk mengetahui sistem yang sedang berjalan dan untuk mempelajari sistem yang ada, diperlukan suatu penggambaran aliran-aliran informasi dari bagian-bagian yang terkait baik dari dalam maupun dari luar sistem. Hal ini memudahkan kita untuk memahami informasi-informasi yang didapat dan dikeluarkan oleh sistem itu sendiri. Untuk dapat membuat diagram aktivitas diperlukan beberapa Langkahlangkah yang bisa kamu coba atau implementasikan.



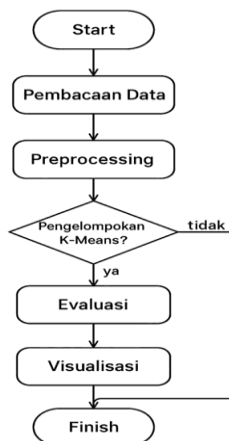
Gambar 1. Activity Diagram Sistem Berjalan

3.1.2 Activity Diagram Sistem Usulan

Activity diagram sistem usulan menggambarkan proses otomatis dalam pencatatan dan analisis data produksi tempo menggunakan metode K-Means Clustering melalui aplikasi RapidMiner. Diagram ini terbagi dalam tiga bagian utama:

1. Pegawai Produksi
Bertugas menginput data produksi harian melalui sistem digital yang secara otomatis menyimpan data ke dalam database.
2. Sistem (Aplikasi & RapidMiner)
Sistem menyimpan dan memproses data menggunakan algoritma K-Means, menghasilkan klasifikasi produksi (tinggi, sedang, rendah) secara otomatis dan objektif.
3. Admin
Admin mereview hasil klasifikasi dan menyimpannya dalam bentuk laporan atau arsip digital.

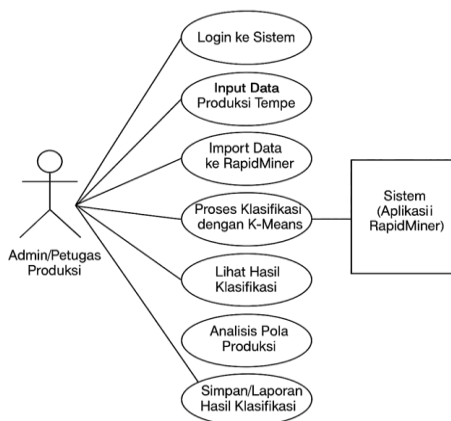
Sistem ini menggantikan proses manual dengan solusi terkomputerisasi yang lebih cepat, akurat, dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data.



Gambar 2. Activity Diagram Sistem Usulan

3.1.3 Use Case Diagram

Use case diagram yaitu salah satu jenis diagram pada UML yang menggambarkan interaksi antara sistem dan aktor, use case diagram juga dapat men-deskripsikan tipe interaksi antara si pemakai sistem dengan sistemnya.



Gambar 3. *Use Case Diagram*

3.1.4 Normalisasi

Normalisasi adalah proses penyusunan data dalam database untuk menghindari duplikasi, menjaga konsistensi, dan memastikan integritas data. Pada sistem klasifikasi produksi tempe ini, normalisasi dilakukan agar setiap entitas disimpan dalam tabel terpisah dan saling terhubung melalui kunci primer dan kunci asing.

Tahapan Normalisasi:

- a. 1NF – Menghilangkan data ganda dan memastikan nilai pada atribut bersifat tunggal.
- b. 2NF – Setiap atribut non-kunci harus tergantung penuh pada kunci primer.
- c. 3NF – Menghapus ketergantungan antar atribut non-kunci (dependensi transitif).

UNF (Unnormalized Form)

Data sudah dalam bentuk tabel ,namun belum dipisah per entitas.

Tanggal	Kedelai	Lama Fermentasi	Suhu	Hasil Tempe
2025-02-02	61.63	24	28.2	114.10
2025-05-25	75.00	24	28.5	252.14

1NF (First Normal Form)

Setiap kolom hanya berisi satu nilai (sudah terpenuhi), tinggal tambahkan ID unik:

ID Produksi	Tanggal	Kedelai	Lama Fermentasi	Suhu	Hasil Tempe
P001	2025-02-02	61.63	24	28.2	114.10
P002	2025-05-25	75.00	24	28.5	252.14

2NF (Second Normal Form)

Pemisahan data yang memiliki ketergantungan parsial (misalnya data suhu & fermentasi sering berulang):

ID Produksi	Tanggal	ID Kondisi	Kedelai	Suhu	Hasil Tempe
P001	2025-02-02	K01	61.63	28.2	114.10
P002	2025-05-25	K02	75.00	28.5	252.14

Tabel: Kondisi_Fermentasi

ID Kondisi	Lama Fermentasi	Suhu
K01	24	28.2
K02	24	28.5

3NF (Third Normal Form)

Semua kolom hanya bergantung pada kunci utama. Data sudah memenuhi ini karena tidak ada atribut yang bergantung pada non-primer key.

Gambar 4. Normalisasi

3.1.5 Entity Relationship Diagram (ERD)

Entity Relationship Diagram (ERD) digunakan untuk menggambarkan hubungan antar entitas dalam sistem klasifikasi produksi tempe. ERD membantu merancang struktur database agar efisien dan mudah dipahami.

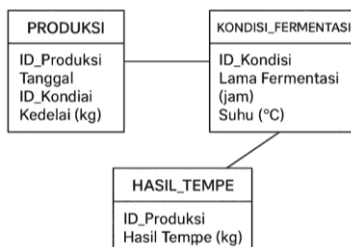
Entitas Utama:

- Pegawai – Menyimpan data pengguna yang mencatat produksi.
- Produksi – Menyimpan data harian produksi tempe. Terhubung ke Pegawai.
- Klasifikasi – Menyimpan hasil cluster (tinggi, sedang, rendah) dari proses K-Means.
- Laporan – Menyimpan dan mencetak hasil klasifikasi.

Relasi:

- Pegawai → Produksi: One-to-Many
- Produksi → Klasifikasi: One-to-One
- Klasifikasi → Laporan: One-to-Many

NORMALISASI ANALISIS POLA PRODUKSI
TEMPE MENGGUNAKAN METODE K-
MEANS DI RAPIDMINER

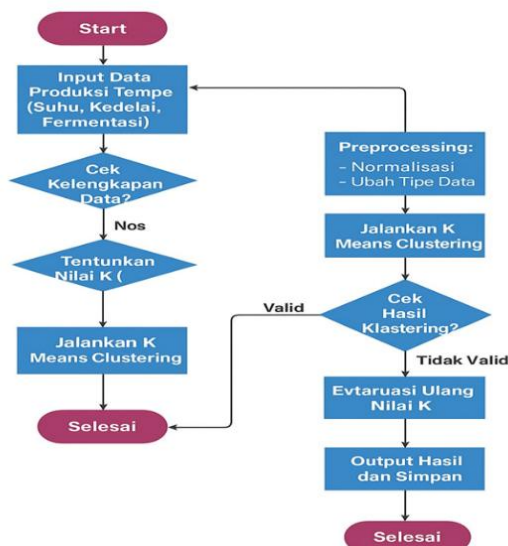


Gambar 5. Entity Relationship Diagram (ERD)

3.1.6 Perancangan Perangkat Lunak (Flowchart)

Analisis Klasifikasi Produksi Tempe Menggunakan Metode K-Means Aplikasi RapidMiner

Studi Kasus: Pabrik Tempe Bang Aceng



Gambar 6. Perancangan Perangkat Lunak (Flowchart)

3.2 Pembahasan Algoritma K-Means

K-Means adalah salah satu algoritma unsupervised learning yang digunakan untuk melakukan clustering atau pengelompokan data ke dalam beberapa kluster berdasarkan kemiripan nilai fitur. Dalam Studi Kasus kali ini, data yang digunakan meliputi:

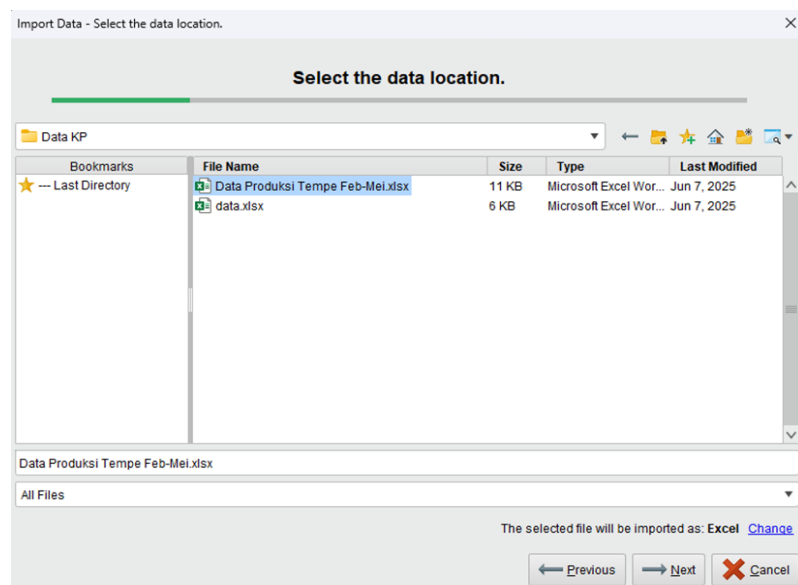
- a. Tanggal produksi
- b. Jumlah kedelai (kg)
- c. Produksi tempe (kg)
- d. Efisiensi produksi (Produksi / Kedelai)

Tujuan penggunaan algoritma K-Means adalah untuk mengelompokkan hari-hari produksi ke dalam beberapa kelompok berdasarkan karakteristik produksinya. Pengelompokan ini dapat membantu UMKM memahami tren atau pola efisiensi dan hasil produksi mereka.

3.3 Rancangan Layar Aplikasi

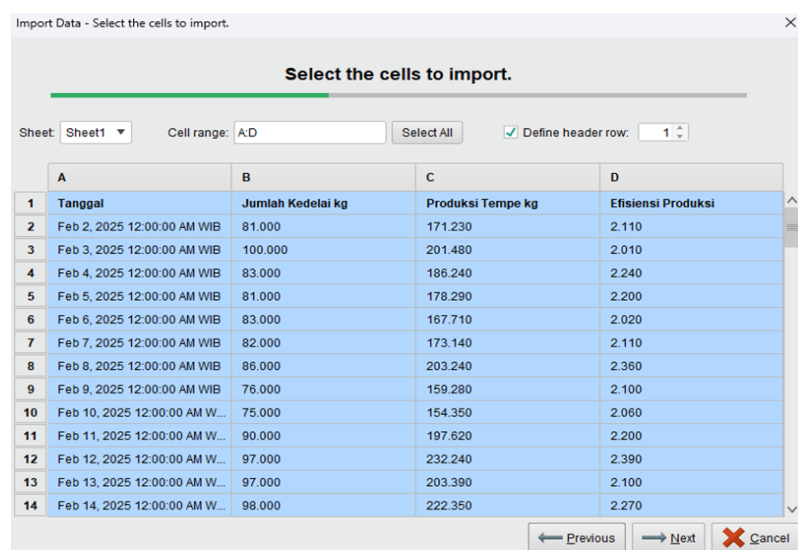
Dalam implementasi menggunakan RapidMiner, kami akan menggunakan beberapa blok operator utama, yaitu:

- a. **Read Excel:** Untuk membaca data dari file produksi.



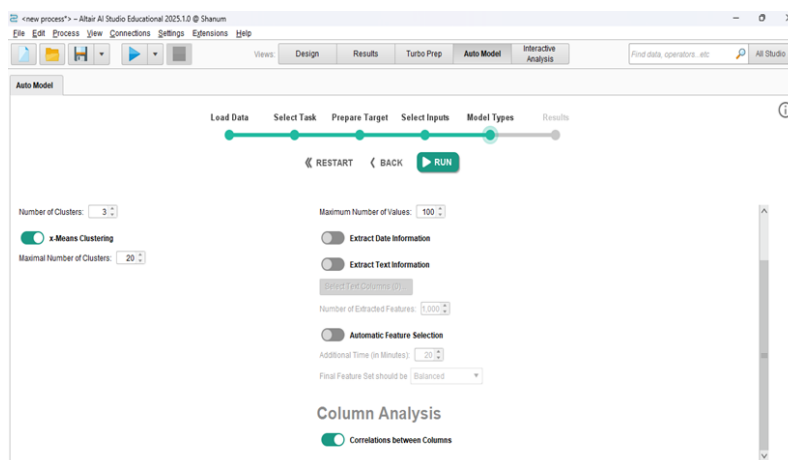
Gambar 7. Read Excel di Aplikasi RapidMiner

- b. **Select Attributes:** Memilih atribut numerik seperti Tanggal, Jumlah Kedelai, Produksi Tempe, dan Efisiensi Produksi.



Gambar 8. Select Atribut pada Aplikasi RapidMiner

- c. **Normalize:** Menormalkan data agar berada dalam skala yang sebanding.



Gambar 9. Menentukan Jumlah Cluster

- d. **K-Means:** Menentukan jumlah klaster dan melakukan proses pengelompokan.
e. **Result Viewer:** Menampilkan hasil pengelompokan dan visualisasinya.

3.4 Implementasi dan Penjelasan Rancangan

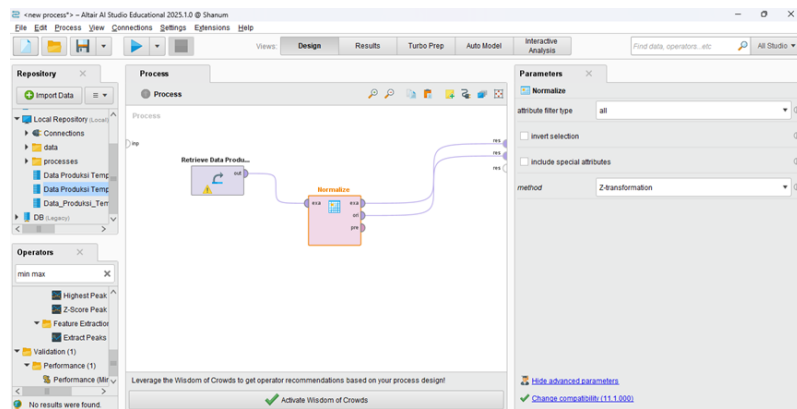
Berdasarkan data dari Data yang sudah kami kumpulkan, jumlah kedelai berkisar antara 75 kg hingga 100 kg per hari. Hasil produksi tempe berkisar antara ~150 kg hingga ~240 kg, dan efisiensi produksinya berada di antara 2.01 hingga 2.39. Data ini mencerminkan proses produksi tradisional yang bergantung pada bahan baku dan teknik fermentasi yang digunakan.

Row No.	Tanggal	Jumlah Ked...	Produksi Te...	Efisiensi Pro...
1	Feb 2, 2025	81	171.230	2.110
2	Feb 3, 2025	100	201.480	2.010
3	Feb 4, 2025	83	186.240	2.240
4	Feb 5, 2025	81	178.290	2.200
5	Feb 6, 2025	83	167.710	2.020
6	Feb 7, 2025	82	173.140	2.110
7	Feb 8, 2025	86	203.240	2.360
8	Feb 9, 2025	76	159.280	2.100
9	Feb 10, 2025	75	154.350	2.060
10	Feb 11, 2025	90	197.620	2.200
11	Feb 12, 2025	97	232.240	2.390
12	Feb 13, 2025	97	203.390	2.100
13	Feb 14, 2025	98	222.350	2.270
14	Feb 15, 2025	79	182.070	2.300
15	Feb 17, 2025	77	161.320	2.100
16	Feb 18, 2025	86	197.050	2.290
17	Feb 19, 2025	82	176.060	2.150
18	Feb 20, 2025	96	216.280	2.250
19	Feb 23, 2025	77	173.510	2.250
20	Feb 25, 2025	75	166.070	2.210
21	Feb 26, 2025	77	156.780	2.040
22	Feb 27, 2025	79	184.400	2.330
23	Feb 28, 2025	89	189.420	2.130
24	Mar 1, 2025	88	182.570	2.070
25	Mar 2, 2025	77	155.260	2.020
26	Mar 3, 2025	75	167.730	2.240
27	Mar 4, 2025	79	179.410	2.270
28	Mar 5, 2025	100	200.660	2.010

Row No.	Tanggal	Jumlah Ked...	Produksi Te...	Efisiensi Pro...
29	Mar 6, 2025	97	213.870	2.200
30	Mar 7, 2025	88	183.970	2.090
31	Mar 8, 2025	81	182.900	2.260
32	Mar 9, 2025	83	171.790	2.070
33	Mar 10, 2025	89	202.600	2.280
34	Mar 11, 2025	89	191.770	2.150
35	Mar 12, 2025	100	237.470	2.370
36	Mar 13, 2025	84	172.620	2.060
37	Mar 14, 2025	87	185.870	2.140
38	Mar 15, 2025	93	190.220	2.050
39	Mar 16, 2025	81	191.960	2.370
40	Mar 17, 2025	91	213.940	2.350
41	Mar 18, 2025	94	197.700	2.100
42	Mar 19, 2025	78	176.590	2.260
43	Mar 20, 2025	79	183.820	2.330
44	Mar 21, 2025	97	215.540	2.220
45	Mar 22, 2025	81	179.160	2.210
46	Mar 23, 2025	87	182.420	2.100
47	Mar 26, 2025	89	181.310	2.040
48	Mar 27, 2025	85	200.510	2.360
49	Mar 28, 2025	78	184.090	2.360
50	Mar 29, 2025	87	196.030	2.250
51	Mar 30, 2025	81	172.980	2.140
52	Mar 31, 2025	93	198.990	2.140
53	Apr 1, 2025	96	219.880	2.290
54	Apr 3, 2025	76	179.270	2.360
55	Apr 4, 2025	84	197.810	2.350
56	Apr 5, 2025	87	201.140	2.310
57	Apr 6, 2025	99	223.420	2.260
58	Apr 7, 2025	95	193.200	2.030
59	Apr 8, 2025	80	165.170	2.060
60	Apr 9, 2025	86	202.910	2.360
61	Apr 10, 2025	86	192.860	2.240
62	Apr 11, 2025	94	188.350	2
63	Apr 12, 2025	85	173.450	2.040
64	Apr 14, 2025	100	226.540	2.270
65	Apr 15, 2025	97	194.200	2
66	Apr 17, 2025	99	204.370	2.060
67	Apr 18, 2025	81	179.780	2.220
68	Apr 19, 2025	75	170.760	2.280
69	Apr 20, 2025	75	169.560	2.260
70	Apr 21, 2025	99	206.880	2.090
71	Apr 22, 2025	99	226.200	2.280
72	Apr 23, 2025	94	196.920	2.090
73	Apr 25, 2025	87	185.320	2.130
74	Apr 26, 2025	83	190.780	2.300
75	Apr 27, 2025	77	174.010	2.260
76	Apr 30, 2025	81	189.510	2.340
77	May 1, 2025	80	181.040	2.260
78	May 2, 2025	82	182.640	2.230
79	May 3, 2025	83	169.110	2.040
80	May 5, 2025	79	169.620	2.150
81	May 6, 2025	75	157.960	2.110
82	May 7, 2025	93	195.080	2.100
83	May 8, 2025	84	200.690	2.390
84	May 9, 2025	86	185.520	2.160
85	May 10, 2025	98	230.970	2.360
86	May 12, 2025	89	200.470	2.250
87	May 13, 2025	96	222.520	2.320
88	May 16, 2025	98	215.700	2.200
89	May 17, 2025	83	185.150	2.230
90	May 19, 2025	94	206.520	2.200
91	May 21, 2025	91	189.110	2.080
92	May 22, 2025	91	208.300	2.290
93	May 23, 2025	100	211.230	2.110
94	May 24, 2025	94	188.910	2.010
95	May 25, 2025	86	194.200	2.260
96	May 26, 2025	81	167.740	2.070
97	May 27, 2025	76	180.590	2.380
98	May 28, 2025	77	183.380	2.380
99	May 29, 2025	91	215.300	2.370
100	May 30, 2025	79	169.700	2.150

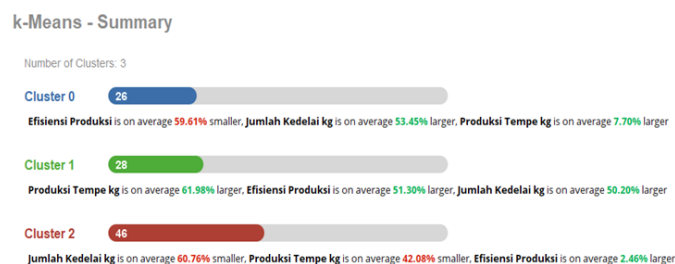
Gambar 10. Data Yang Sudah Terkumpul

Dalam tahap normalisasi, atribut numerik seperti Jumlah Kedelai dan Produksi Tempe dinormalisasi menggunakan metode z-score atau min-max agar tidak ada atribut yang mendominasi.



Gambar 11. Tahap Normalisasi Menggunakan Metode Z-Score

Selanjutnya, algoritma K-Means dengan jumlah kluster (misalnya 3) digunakan untuk membagi hari-hari produksi ke dalam tiga kategori efisiensi:



Gambar 12. Membagi Klase Menjadi 3 Kategori

Selanjutnya, algoritma K-Means dengan jumlah kluster (misalnya 3) digunakan untuk membagi hari-hari produksi ke dalam tiga kategori efisiensi:

Cluster 0 (Efisiensi Rendah)

- Efisiensi Produksi: 59,61% lebih rendah dari rata-rata
- Jumlah Kedelai: 53,45% lebih besar
- Produksi Tempe: 7,70% lebih besar
- Kesimpulan: Walaupun bahan baku dan produksi tinggi, efisiensinya paling rendah. Ini adalah kluster dengan efisiensi produksi rendah.

Cluster 1 (Efisiensi Tinggi)

- Produksi Tempe: 61,98% lebih tinggi
- Efisiensi Produksi: 51,30% lebih tinggi
- Jumlah Kedelai: 50,20% lebih besar
- Kesimpulan: Kluster ini menunjukkan kombinasi bahan baku dan produksi tinggi, dan efisiensinya juga tinggi. Ini adalah kluster dengan efisiensi produksi tinggi.

Cluster 2 (Efisiensi Sedang)

- Jumlah Kedelai: 60,76% lebih kecil
- Produksi Tempe: 42,08% lebih kecil
- Efisiensi Produksi: 2,46% lebih tinggi dari rata-rata
- Kesimpulan: Bahan baku dan produksi rendah, tapi efisiensi hanya sedikit di atas rata-rata. Ini bisa dikategorikan sebagai kluster dengan efisiensi produksi sedang.

Selanjutnya, algoritma K-Means dengan jumlah klaster (misalnya 3) digunakan untuk membagi hari-hari produksi ke dalam tiga kategori efisiensi:

Tabel Kategori

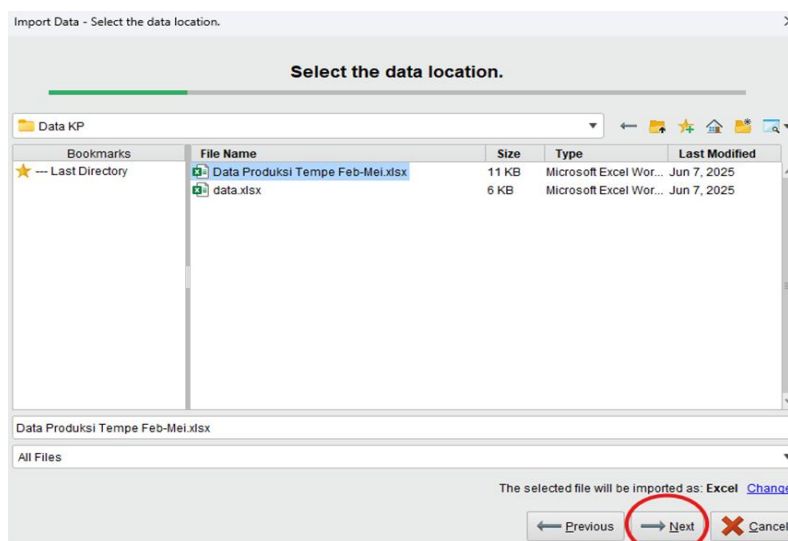
Klaster	Jumlah Anggota	Efisiensi Produksi	Kategori Efisiensi
Cluster 0	26	59,61% lebih rendah	Rendah
Cluster 1	28	51,30% lebih tinggi	Tinggi
Cluster 2	46	2,46% lebih tinggi	Sedang

3.5 Manual Program

Dalam implementasi menggunakan RapidMiner, kami akan menggunakan beberapa blok operator utama, yaitu:

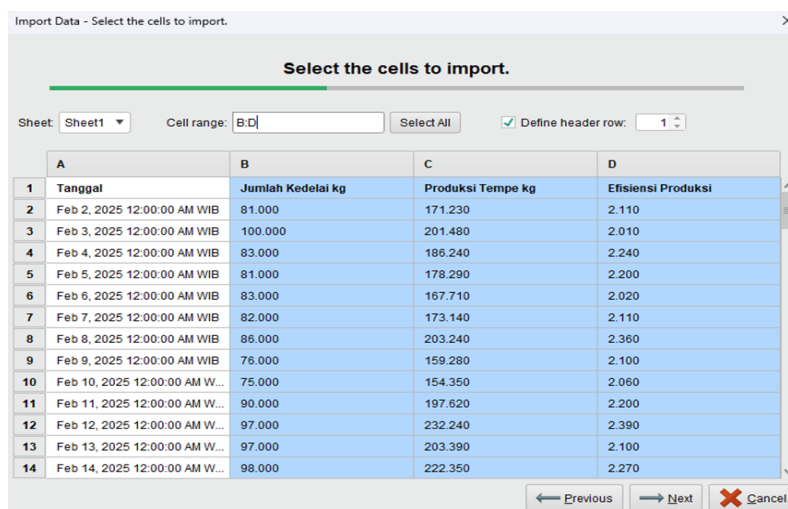
Langkah-langkah yang dilakukan di RapidMiner adalah sebagai berikut:

1. Import file Excel ke RapidMiner.



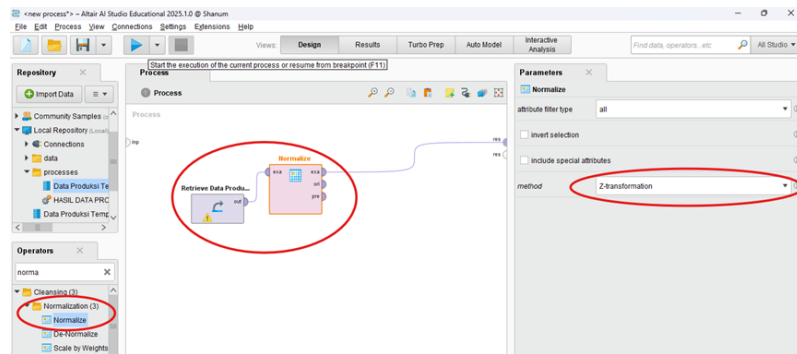
Gambar 12. Import File Excel Ke RapidMiner

2. Pilih atribut yang akan digunakan (Jumlah Kedelai, Produksi Tempe, Efisiensi Produksi).



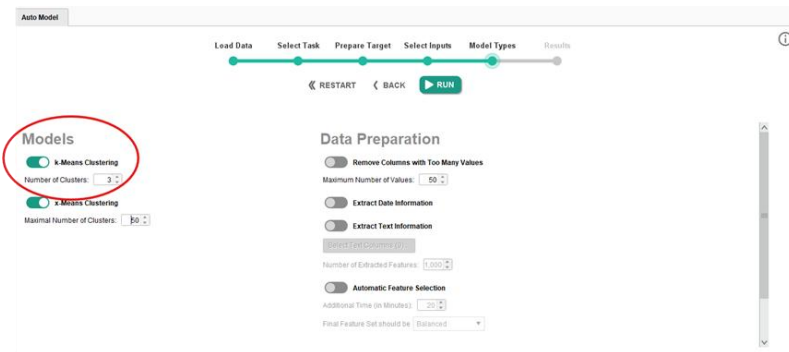
Gambar 13. Pemilihan Atribut yang Ingin Digunakan

3. Lakukan normalisasi data.



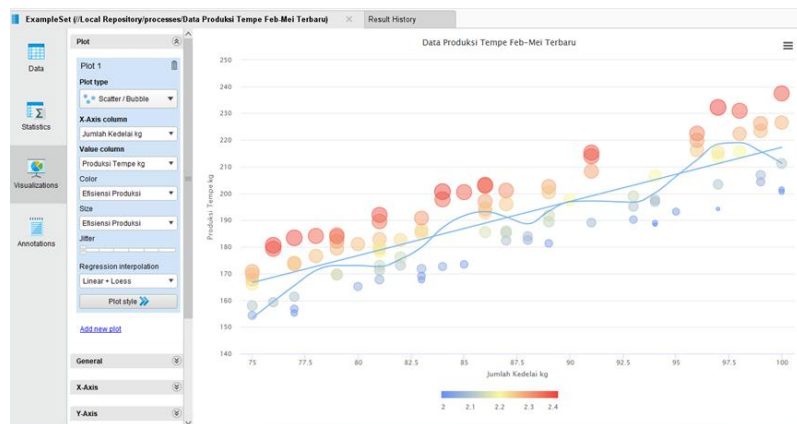
Gambar 14. Menormalisasikan Data

4. Terapkan algoritma K-Means dengan jumlah kluster (K) = 3.



Gambar 15. Metode K-Means dengan Jumlah Cluster Sebanyak 3

5. Lihat hasil pengelompokan dengan menggunakan blok Result Viewer.



Gambar 16. Hasil Result

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode K-Means dapat digunakan secara efektif untuk mengklasifikasikan produksi tempe berdasarkan variabel-variabel yang telah ditentukan (misalnya jumlah produksi, bahan baku, waktu produksi, dan lainnya).

2. Hasil klasifikasi menunjukkan adanya beberapa kelompok (cluster) yang memiliki karakteristik berbeda-beda. Hal ini membantu dalam memahami segmentasi produksi tempe dan pola-pola yang muncul dalam data.
3. Klasifikasi yang dihasilkan dapat dijadikan dasar untuk perbaikan proses produksi, optimalisasi sumber daya, dan peningkatan efisiensi produksi tempe.

4.2 Saran

1. Pengembangan Variabel: Penelitian selanjutnya dapat menambahkan variabel lain yang lebih lengkap dan relevan, seperti faktor lingkungan, permintaan pasar, atau kualitas bahan baku untuk meningkatkan akurasi klasifikasi.
2. Penggunaan Algoritma Lain: Disarankan untuk membandingkan metode K-Means dengan algoritma lain (misalnya DBSCAN atau Hierarchical Clustering) untuk mengetahui metode mana yang lebih optimal.
3. Perluasan Dataset: Penelitian berikutnya sebaiknya menggunakan dataset yang lebih besar dan bervariasi, agar hasil klasifikasi menjadi lebih representatif.
4. Integrasi Sistem: Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk pengembangan sistem monitoring produksi tempe berbasis digital yang terintegrasi, sehingga dapat diterapkan langsung oleh produsen tempe.

REFERENCES

- Rahman, A., & Susanti, D. (2023). Analisis klasifikasi data produksi tempe menggunakan algoritma K-Means. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(1), 33-40.
- Arifin, M., & Setiawan, B. (2021). Penerapan K-Means Clustering dalam klasifikasi data produksi makanan tradisional. *Jurnal Data Mining Indonesia*, 9(2), 25-31.
- RapidMiner Documentation. (2024). *Clustering with K-Means*. Retrieved from https://docs.rapidminer.com/latest/studio/operators/modeling/clustering/k_means.html
- Kurniawan, D. (2020). Optimalisasi proses produksi tempe menggunakan data mining. *Jurnal Inovasi Teknologi Pangan*, 5(3), 78-85.
- Putri, L. M., & Ramadhan, M. (2022). Perbandingan algoritma K-Means dan DBSCAN dalam klasifikasi data produksi tempe. *Jurnal Ilmu Komputer dan Data Sains*, 10(1), 12-20.
- Nurhasanah, I., & Setyaningsih, D. (2023). Analisis data produksi tempe menggunakan RapidMiner: Studi kasus pada UMKM tempe. *Jurnal Teknologi Informasi*, 11(2), 50-58.
- Sari, R. D., & Widodo, H. (2024). Penerapan K-Means Clustering untuk segmentasi data produksi tempe. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 15(1), 90-99.
- Puspita, R., & Wijaya, A. (2022). Pemanfaatan RapidMiner dalam analisis data produksi makanan tradisional. *Jurnal Sistem Informasi dan Komputerisasi*, 8(2), 45-52.
- Susilo, H., & Priyanto, E. (2021). Klasifikasi data produksi tempe berbasis K-Means. *Jurnal Ilmu Komputer dan Aplikasi*, 13(4), 200-207.
- Prasetyo, H. (2023). Implementasi K-Means untuk optimalisasi produksi UMKM tempe. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis Digital*, 7(1), 18-25.
- Nuraini, S. (2024). Analisis produksi tempe menggunakan data mining berbasis RapidMiner. *Jurnal Pengolahan Pangan Tradisional*, 3(2), 55-63.
- Handayani, L., & Pramudya, A. (2020). Segmentasi produksi tempe menggunakan algoritma K-Means. *Jurnal Teknologi Pangan Nusantara*, 6(1), 22-30.
- Prabowo, A., & Lestari, M. (2022). Aplikasi K-Means dalam klasifikasi produksi tempe di industri rumah tangga. *Jurnal Sains Terapan*, 5(3), 40-47.
- Munawar, S., & Hidayat, S. (2023). Pemanfaatan RapidMiner untuk analisis data produksi tempe berbasis K-Means. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 9(1), 66-73.
- Fauzi, F., & Nurul, I. (2021). Studi kasus: Klasifikasi produksi tempe menggunakan metode K-Means pada UMKM. *Jurnal Data Sains Indonesia*, 4(2), 15-21.