Angkasa Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi
ISSN : 2085-9503 (Print)
ISSN : 2581-1355 (On Line)
Accredited Third Grade by Kemenristekdikti, Decree No: 10/C/C3/DT.05.00/2025
DOI : 10.28989/angkasa.v17i2.3436

Pengembangan Model Klasterisasi Pengelompokan UMKM Bersertifikasi Halal di Kota Surakarta

Erna Indriastiningsih[1*], Farid Fitriyadi[2]
[1]Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains Teknologi dan Kesehatan, Universitas Sahid Surakarta
[2]Program Studi Informatika, Fakultas Sains Teknologi dan Kesehatan, Universitas Sahid Surakarta

Article Info

Article history:

Received September 21, 2025
Accepted October 07, 2025
Published November 20, 2025

Keywords:

Clustering,
K-Means,
Halal MSMEs,
Halal Certification,
Surakarta.

ABSTRACT

The halal industry significantly contributes to the global economy, with Surakarta recording a 15.3% increase in halal-based MSMEs between 2019–2022, totaling around 8,500 potentials. Yet, by 2023, only 17 MSMEs obtained official halal certification, revealing a substantial gap. This study applies K-Means Clustering to map halal-certified MSMEs in Surakarta as a strategic effort to strengthen the ecosystem. Using data from 17 MSMEs, three optimal clusters (High, Medium, Low) were identified, validated with a Silhouette Score of 0.63. Each cluster reflects distinct characteristics across financial, operational, marketing, and halal compliance aspects. The findings offer an empirical foundation for stakeholders to formulate targeted interventions, including certification training, digital marketing adoption, and market expansion support. This clustering approach is expected to drive inclusive, effective, and competitive growth of the halal economy in Surakarta.

Check for updates

Corresponding Author:

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains Teknologi Dan Kesehatan, Universitas Sahid Surakarta
Jl. Adi Sucipto No.154, Jajar, Kec. Laweyan, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57144
Email: *ernaindriasti@usahidsolo.ac.id

1. PENGANTAR

Industri halal telah menjadi salah satu sektor yang mengalami pertumbuhan pesat dalam beberapa tahun terakhir dan memiliki peranan penting dalam perekonomian global [1]. Berdasarkan laporan State of the Global Islamic Economy 2023, nilai ekonomi Islam global mencapai USD 2,2 triliun pada tahun 2022 dengan proyeksi pertumbuhan tahunan sebesar 7,1% hingga tahun 2027 [2], [3]-. Indonesia, sebagai negara dengan populasi Muslim terbesar di dunia, memiliki potensi besar dalam pengembangan ekonomi halal. Peringkat Indonesia pada Global Islamic Economy Indicator pada 2022 meningkat ke posisi keempat dari posisi kelima pada tahun sebelumnya [4], [5], yang mencerminkan pertumbuhan ekonomi halal nasional. Kebijakan wajib sertifikasi halal yang diatur dalam UU No. 13 Tahun 2014 tentang Jaminan Produk Halal, yang kemudian diperbarui lewat UU No. 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja, menunjukkan pentingnya sertifikasi halal sebagai elemen utama dalam penguatan daya saing produk UMKM bersertifikat halal di Indonesia [6].

Kota Surakarta sebagai salah satu pusat ekonomi dan budaya di Jawa Tengah memiliki kontribusi signifikan dalam pengembangan UMKM bersertifikat halal. Data menunjukkan adanya peningkatan industri halal di Surakarta sebesar 15,3% selama periode 2019-2022 dan terdapat sekitar 8.500 UMKM di sektor makanan dan minuman yang berpotensi mendapatkan sertifikasi halal [7]. Evaluasi dampak sertifikasi halal pada UMKM produsen makanan dan minuman menunjukkan bahwa sertifikasi memberikan nilai tambah dan meningkatkan kepercayaan konsumen [8]. Berdasarkan hasil penelitian empiris dengan data panel dari tahun 2015-2022, sektor makanan halal memberikan dampak positif signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi, sementara sektor farmasi dan kosmetik halal mengalami kendala akibat ketergantungan bahan baku impor dan tingginya biaya sertifikasi. Temuan ini menegaskan perlunya pemfokusan penguatan sektor makanan halal serta perbaikan rantai pasok dan regulasi di sektor lain [8]. Namun, hingga 2023 hanya sekitar 1800 UMKM

yang telah memperoleh sertifikasi halal resmi dari Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal (BPJPH) menandakan adanya kesenjangan dalam pengembangan UMKM bersertifikat halal yang perlu diatasi melalui pendekatan yang tepat [9]. Di tingkat kota Surakarta, kolaborasi efektif antara pemerintah, Majelis Ulama Indonesia (MUI), dan asosiasi UMKM telah meningkatkan jumlah UMKM bersertifikat halal. Sejak proses sertifikasi dialihkan ke Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal (BPJPH), peran MUI dalam pengawasan tetap krusial, khususnya dalam penguatan sistem pengawasan berbasis digital untuk menambah kepercayaan konsumen terhadap produk halal lokal [9] Tantangan utama pengembangan UMKM bersertifikat halal di Indonesia meliputi minimnya akses pendanaan, rendahnya literasi dan teknologi UMKM, serta ketidakterpenuhinya sertifikasi halal. Pemerintah telah menetapkan kebijakan wajib sertifikasi halal pada 2024 yang menuntut percepatan sertifikasi hingga mencapai puluhan juta UMKM dalam beberapa tahun ke depan. Hal ini memerlukan strategi efisien seperti pendampingan intensif dan optimalisasi sumber daya manusia [10].

Pengelompokan UMKM bersertifikat halal melalui metode klasterisasi merupakan solusi strategis untuk memahami karakteristik dan kebutuhan kelompok UMKM yang beragam, sehingga kebijakan pembinaan dapat lebih adaptif dan efektif . Metode K-Means Clustering banyak digunakan dalam penelitian UMKM untuk mengelompokkan data berdasarkan kemiripan karakteristik, seperti aspek finansial, operasional, pemasaran, dan kepatuhan halal, guna memberikan wawasan yang lebih sistematis dalam pengembangan UMKM. Berbagai studi di Indonesia telah berhasil menggunakan metode K-Means untuk mengelompokkan UMKM berdasarkan variabel yang relevan, seperti kinerja keuangan, pola perkembangan bisnis, dan persebaran geografis dengan hasil klaster yang divalidasi melalui metrik evaluasi internal seperti Davies-Bouldin Index [11]dan Silhouette Score [12], [13].

Dengan menerapkan model klasterisasi K-Means untuk pengelompokan UMKM bersertifikasi halal di Surakarta, penelitian ini diharapkan dapat menyediakan peta strategis dan dasar empiris yang kuat bagi penguatan ekosistem UMKM bersertifikat halal. Pendekatan ini sejalan dengan agenda pembangunan ekonomi Kota Surakarta dan Masterplan Ekonomi Syariah Indonesia 2019-2024, serta dapat mendukung formulasi kebijakan yang lebih tepat sasaran untuk meningkatkan daya saing produk halal lokal dan memperkuat posisi Surakarta dalam peta ekonomi halal nasional. Novelty penelitian ini terletak pada penerapan analisis klaster berbasis data pada UMKM bersertifikat halal, yang sebelumnya jarang dilakukan. Penelitian ini tidak hanya mengidentifikasi pola umum, tetapi juga menghasilkan klaster spesifik yang dapat langsung dijadikan dasar intervensi kebijakan, sehingga memberikan kontribusi orisinal terhadap literatur maupun praktik pengembangan UMKM bersertifikat halal di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini akan menguraikan langkah-langkah yang akan diambil untuk mengembangkan model klasterisasi bagi pengelompokan UMKM bersertifikasi halal di Kota Surakarta. Pendekatan penelitian ini adalah kuantitatif dengan menggunakan metode K-Means Clustering.

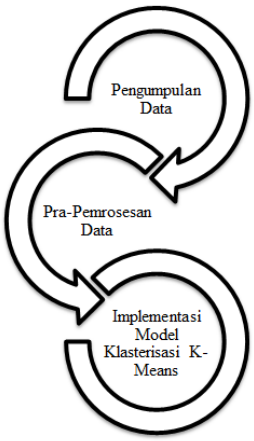
1. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan adalah data sekunder terkait UMKM bersertifikasi halal di Kota Surakarta. Sumber data utama akan diperoleh dari hasil survey. Data ini akan mencakup variabel-variabel yang relevan untuk klasterisasi, seperti:

- Aspek Finansial
  Variabel seperti pendapatan rata-rata per bulan, jumlah aset, dan modal usaha dipilih karena mencerminkan kinerja ekonomi dan kapasitas keuangan UMKM. Variabel ini penting untuk mengidentifikasi kelompok UMKM berdasarkan stabilitas dan kapasitas finansialnya, yang merupakan dasar dalam segmentasi bisnis [14].
- Aspek Operasional
  Variabel jumlah tenaga kerja, jenis produk, dan tahun berdiri usaha digunakan sebagai indikator kapasitas operasional dan pengalaman bisnis UMKM. Variabel ini membantu mengelompokkan UMKM berdasarkan skala operasional dan keberlanjutan usaha, yang relevan untuk memahami karakteristik bisnis di tingkat mikro dan menengah [15].
- Aspek Pemasaran
  Variabel jangkauan pemasaran, penggunaan media digital, dan jenis kemasan produk digunakan untuk mengukur strategi pemasaran dan penetrasi pasar UMKM. Klasifikasi ini penting karena pemasaran yang efektif meningkatkan daya saing dan pertumbuhan usaha. Penggunaan data demografis dan perilaku pemasaran umum dalam klasterisasi bisnis sudah banyak diadopsi dalam literatur (dotactiv.com, 2020).
- Aspek Kepatuhan Halal
  Masa berlaku sertifikasi dan jenis sertifikasi halal (reguler, self-declare) adalah variabel yang secara spesifik merefleksikan tingkat kepatuhan syariah UMKM. Variabel ini penting untuk mengelompokkan UMKM berdasarkan kepatuhan halal yang dapat memengaruhi citra dan kepercayaan konsumen dalam industri halal [16].

2. Tahap Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dalam beberapa tahapan utama, yaitu pengumpulan data, pra-pemrosesan data, implementasi model klasterisasi, dan evaluasi hasil. Tahapan penelitian ini seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Tahap Penelitian

a. Pengumpulan Data

Tahap ini melibatkan pengumpulan data UMKM bersertifikasi halal di Kota Surakarta dari sumber-sumber yang telah disebutkan. Data akan dikumpulkan dalam format terstruktur, seperti *spreadsheet*, untuk mempermudah proses selanjutnya.

b. Pra-Pemrosesan Data

Sebelum data dapat digunakan untuk klasterisasi, beberapa langkah pra-pemrosesan akan dilakukan:

- Pembersihan Data: Mengidentifikasi dan menangani data yang hilang (*missing value*), duplikat, atau tidak konsisten.
- Transformasi Data: Mengubah variabel non-numerik (misalnya, jenis produk) menjadi format numerik yang dapat diproses oleh algoritma K-Means.
- Normalisasi Data: Menskalakan data agar setiap variabel memiliki bobot yang setara. Normalisasi data diperlukan untuk menghindari variabel dengan rentang nilai yang besar mendominasi proses klasterisasi.

c. Implementasi Model Klasterisasi K-Means

Setelah data siap, algoritma K-Means akan diterapkan. K-Means adalah algoritma partisi berbasis jarak yang mengelompokkan data ke dalam KK klaster dengan meminimalkan varians intra-klaster (jarak antar titik data dalam klaster yang sama) [14], [17], [18]. Berikut langkah-langkahnya:

Langkah 1: Menentukan Jumlah Klaster (K)

Metode Elbow digunakan dengan menghitung Within-Cluster Sum of Squares (WCSS) untuk berbagai nilai K. Pilihan K optimal adalah titik di mana penurunan WCSS mulai melambat (titik "siku"). Contoh implementasi menunjukkan K optimal sering pada nilai 3, yang divalidasi dengan grafik elbow method.

Metode Elbow:

Hitung Within-Cluster Sum of Squares (WCSS) untuk berbagai nilai K*K [19]*:

$$WCSS = \sum_{i=1}^{k} \sum_{x \in Ci} ||x - \mu i||^2 \quad (1)$$

Ci*Ci*: Klaster ke-i*i*, μi*μi*: centroid klaster ke-i*i*, x*x*: titik data.

Pilih K*K* di mana penurunan WCSS mulai melambat (titik "siku") (Algoritma K- Means Pengklasteran (Clustering).

- Metode Silhouette Score:

Metode Silhouette Score juga digunakan sebagai alternatif. Skor ini mengukur kepadatan dan pemisahan klaster, dengan nilai mendekati 1 menunjukkan klaster yang padat dan terpisah dengan baik. Studi terkini menunjukkan bahwa Silhouette Score mampu menghasilkan evaluasi kualitas klaster yang lebih akurat dibanding Elbow Method[16]. Rumus yang digunakan sebagai berikut ;

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}} \quad (2)$$

a(i)$a(i)$: jarak rata-rata titik ii ke semua titik dalam klaster yang sama.
b(i)$b(i)$: jarak rata-rata terdekat ke titik di klaster lain.
Skor mendekati 1 menunjukkan klaster padat dan terpisah dengan baik.

Langkah 2: Inisialisasi Centroid
Titik awal centroid diinisialisasi secara acak dari dataset sebagai pusat awal setiap klaster

- Pilih KK titik acak dari dataset sebagai centroid awal (μ1,μ2,...,μK$\mu 1,\mu 2,...,\mu K$).

Langkah 3: Hitung Jarak Euclidean
Jarak antara setiap titik data ke centroid dihitung menggunakan rumus Euclidean, yang mempertimbangkan seluruh dimensi variabel. Titik data kemudian dikelompokkan ke klaster dengan centroid terdekat [19]. Untuk setiap titik data xx, hitung jarak ke semua centroid:

$$d(x,\mu i) = \sqrt{\sum_{j-1}^{n}(xj - \mu i, j)^2} \quad (3)$$

nn: jumlah variabel (dimensi data).

- Kelompokkan xx ke klaster dengan centroid terdekat.

Langkah 4: Perbarui Centroid
Centroid diperbarui dengan menghitung rata-rata posisi semua titik dalam klaster tersebut, sehingga bisa merepresentasikan pusat klaster yang baru [21], [22]. Hitung ulang centroid sebagai rata-rata semua titik dalam klaster:

$$\mu i = \frac{1}{|Ci|}\sum_{x \in Ci} x \quad (4)$$

|Ci|: jumlah titik dalam klaster CiCi.
Langkah 5: Iterasi
Ulangi Langkah 3–4 hingga:
- Centroid tidak berubah lagi, atau
- Jumlah iterasi maksimum tercapai.

d. Analisis dan Interpretasi Hasil Klaster
Setelah klaster terbentuk, setiap klaster akan dianalisis untuk memahami karakteristik uniknya. Analisis ini akan melibatkan:
- Deskripsi Profil Klaster: Mengidentifikasi karakteristik dominan dari setiap klaster (misalnya, "Klaster UMKM Rintisan", "Klaster UMKM Berkembang", atau "Klaster UMKM Maju") berdasarkan rata-rata nilai variabel di dalamnya [22], [23].
- Validasi Internal: Hasil klasterisasi akan dievaluasi menggunakan metrik validasi internal, seperti Davies-Bouldin Index atau Silhouette Score, untuk mengukur kualitas dan kepadatan klaster yang terbentuk .

3. HASIL DAN ANALISIS

Pada pembahasan ini berfokus pada pengembagan model klasterisasi UMKM bersertifikasi halal dengan menggunakan Algoritma K-Means Clustering:

3.1. Deskripsi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup 17 UMKM bersertifikasi halal di Kota Surakarta. Data tersebut diperoleh dari Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal (BPJPH) serta Dinas Koperasi dan UMKM Kota Surakarta. Jumlah UMKM yang diteliti memang terbatas, yaitu hanya 17 UMKM, karena data diambil secara acak sebagai sampel penelitian. Pemilihan jumlah sampel ini dilakukan dengan tujuan untuk memformulasikan serta menguji model yang digunakan dalam penelitian. Variabel yang dianalisis meliputi:
- Aspek Finansial: Pendapatan rata-rata per bulan, jumlah aset, dan modal usaha.
- Aspek Operasional: Jumlah tenaga kerja, jenis produk, dan tahun berdiri usaha.
- Aspek Pemasaran: Jangkauan pemasaran (lokal, regional, nasional), penggunaan media digital, dan jenis kemasan.
- Aspek Kepatuhan Halal: Masa berlaku sertifikasi dan jenis sertifikasi (reguler/self-declare).

Dalam pengolahan data peneliti mengambil data sempel secara acak seperti disajikan pada tabel 1.

Table 1. Data Survei UMKM

Nama UMKM	Berapa Omset (juta/bulan) ?	Berapa Modal Awal (juta) ?	Berapa Nilai Akses Pembiayaan (1–5) ?	Berapa Biaya Sertifikasi (juta) ?	Berapa Nilai Penggunaan Teknologi (1–5) ?	Berapa Nilai Segmen Pasar (1–5) ?	Berapa Nilai Distribusi (1–5) ?	Berapa Nilai Jangkauan Pasar (1–5) ?	Berapa Nilai Sistem Jaminan Halal (1–5) ?	Berapa Nilai Pemahaman Regulasi (1–5) ?
Karya snack	6	10	4	0	4	4	4	4	4	4
Es Teh Cinta	0,5	0,5	3	0	3	3	3	3	4	3
HOKI LOKI	3	5	3	0	2	4	4	3	5	2
Rendang008	5	1,5	5	0,5	4	4	4	4	5	4
K'Numa	1,5	5	4	0	3	3	3	3	5	4
KUEKU (Rizky jaya)	3	5	3	2	3	2	3	3	1	3
Houven bakery	0,5	0,5	1	0	1	1	1	1	5	1
Bakso Giri	6	2	3	0	3	3	3	3	3	3
Kedai Mbak Tutik	1	10	3	0	3	3	3	3	5	3
Mitra plut	4	20	3	0	2	3	3	2	2	2
Permen Pelita	10	40	5	0	4	4	4	4	5	4
Afva's Culinary	10	15	5	0	4	3	3	2	5	3
Permen Pelita	8	40	4	0	4	5	5	5	5	5
Glory Food Station	30	5	5	0	5	5	5	4	5	4
Sirup dan wedang mbak puci	3	0,8	3	0	4	4	4	4	4	4
Warung makan kusuma.	5	3	2	2	2	2	2	2	3	2
Madu kotakusolo	1,6	3	2	0	2	2	2	2	5	2

Sebelum pemrosesan, dilakukan pra-pemrosesan data meliputi:

- Pembersihan data: Penanganan *missing values* dan duplikasi.
- Transformasi data: Konversi variabel kategorikal (misalnya, jenis produk) ke numerik.

3.2. Penentuan Jumlah Klaster Optimal

Untuk menentukan jumlah klaster (K) optimal, digunakan Metode Silhouette Score Nilai Silhouette Score tertinggi diperoleh pada K=3 dengan skor 0,63 yang menunjukkan bahwa klaster yang terbentuk memiliki struktur yang padat dan terpisah dengan baik. Kemudian menentukan titik awal yang dipilih adalah data Glory Food (Tinggi), Knuma (Sedang) dan Rendang008 (Rendah).

Iterasi 1 :

Table 2. Centroid Awal

Atribut	Centroid 1	Centroid 2	Centroid 3
Omset	30	1.5	5
Modal Awal	5	5	1.5
Akses Pembiayaan	5	4	5
Biaya Sertifikasi	0	0	0.5
Teknologi	5	3	4
Segmen Pasar	5	3	4
Distribusi	5	3	4
Jangkauan Pasar	4	3	4
Sistem Jaminan Halal	5	5	5
Pemahaman Regulasi	4	4	4

Table 3. Hasil Iterasi ke-1

Jarak ke Centroid 1	Jarak ke Centroid 2	Jarak ke Centroid 3	Klaster
24.62	7.09	8.69	SEDANG
30.16	4.92	5.61	SEDANG
27.37	3.20	5.43	SEDANG
25.31	5.45	0.00	RENDAH
28.74	0.00	5.45	SEDANG
27.78	5.02	6.82	SEDANG
31.18	7.43	9.08	SEDANG
24.64	5.94	3.81	RENDAH
29.73	5.22	9.87	SEDANG
30.64	15.72	19.25	SEDANG
40.35	36.09	38.83	SEDANG
22.67	13.28	14.65	SEDANG
41.39	35.79	38.68	SEDANG
0.00	28.74	25.31	TINGGI
27.47	5.09	3.12	RENDAH
26.10	6.02	6.12	SEDANG
29.23	4.00	6.56	SEDANG

Iterasi ke-2 :

Table 4. Pembaruan Centroid ke-2

Atribut	CENTROID 1	CENTROID 2	CENTROID 3
Omset	30	4.161538	4.666667
Modal Awal	5	12.07692	1.433333
Akses Pembiayaan	5	3.230769	3.666667
Biaya Sertifikasi	0	0.307692	0.166667
Teknologi	5	2.846154	3.666667
Segmen Pasar	5	3	3.666667
Distribusi	5	3.076923	3.666667
Jangkauan Pasar	4	2.846154	3.666667
Sistem Jaminan Halal	5	4.153846	4
Pemahaman Regulasi	4	2.923077	3.666667

Table 5. Hasil Iterasi ke-2

Jarak ke Centroid 1	Jarak ke Centroid 2	Jarak ke Centroid 3	Klaster Awal
24.62	3.75	8.71	SEDANG
30.16	12.15	4.57	RENDAH
27.37	7.47	4.82	RENDAH
25.31	11.05	1.89	RENDAH
28.74	7.73	5.08	RENDAH
27.78	8.08	5.73	RENDAH
31.18	13.12	7.87	RENDAH
24.64	10.32	2.41	RENDAH
29.73	3.90	9.51	SEDANG
30.64	8.36	18.94	SEDANG
40.35	28.69	38.98	SEDANG
22.67	6.97	14.82	SEDANG
41.39	28.53	38.82	SEDANG
0.00	27.14	25.75	TINGGI
27.47	11.59	2.05	RENDAH
26.10	9.66	4.86	RENDAH
29.23	9.78	5.44	RENDAH

Iterasi ke-3:

Table 6. Pembaruan Centroid Ke-3

Atribut	CENTROID 1	CENTROID 2	CENTROID 3
Omset	30	6.5	2.91
Modal Awal	5	22.5	2.63
Akses Pembiayaan	5	4	2.9
Biaya Sertifikasi	0	0	0.45
Teknologi	5	3.5	2.7
Segmen Pasar	5	3.666667	2.8
Distribusi	5	3.666667	2.9
Jangkauan Pasar	4	3.333333	2.8
Sistem Jaminan Halal	5	4.333333	4
Pemahaman Regulasi	4	3.5	2.8

Table 7. Hasil Iterasi Ke-3

Jarak ke Centroid 1	Jarak ke Centroid 2	Jarak ke Centroid 3	Cluster
24.62	12.56	8.51	RENDAH
30.16	22.86	3.28	RENDAH
27.37	18.02	3.26	RENDAH
25.31	21.12	4.28	RENDAH
28.74	18.25	3.41	RENDAH
27.78	18.40	4.23	RENDAH
31.18	23.70	5.60	RENDAH
24.64	20.61	3.37	RENDAH
29.73	13.76	7.71	RENDAH
30.64	5.11	17.58	SEDANG
40.35	17.92	38.20	SEDANG
22.67	8.55	14.54	SEDANG
41.39	17.83	38.02	SEDANG
0.00	29.44	27.61	TINGGI
27.47	22.03	3.28	RENDAH
26.10	20.10	3.46	RENDAH
29.23	20.51	2.66	RENDAH

Iterasi ke-4:

Table 8. Pembaruan Centroid Ke-4

Atribut	CENTROID 1	CENTROID 2	CENTROID 3
Omset	30	8	3.008333
Modal Awal	5	28.75	3.858333
Akses Pembiayaan	5	4.25	3
Biaya Sertifikasi	0	0	0.375
Teknologi	5	3.5	2.833333
Segmen Pasar	5	3.75	2.916667
Distribusi	5	3.75	3
Jangkauan Pasar	4	3.25	2.916667
Sistem Jaminan Halal	5	4.25	4.083333
Pemahaman Regulasi	4	3.5	2.916667

Table 9. Hasil Iterasi K-4

Jarak ke Centroid 1	Jarak ke Centroid 2	Jarak ke Centroid 3	Klaster Awal
24.62	18.89	7.33	RENDAH
30.16	29.29	4.22	RENDAH
27.37	24.41	2.45	RENDAH
25.31	27.46	4.50	RENDAH
28.74	24.67	2.60	RENDAH
27.78	24.69	3.79	RENDAH
31.18	29.97	6.40	RENDAH
24.64	26.91	3.71	RENDAH
29.73	20.11	6.54	RENDAH
30.64	10.31	16.38	SEDANG

40.35	11.53	36.96	SEDANG
22.67	14.05	13.42	RENDAH
41.39	11.66	36.76	SEDANG
0.00	32.49	27.39	TINGGI
27.47	28.44	3.92	RENDAH
26.10	26.36	3.71	RENDAH
29.23	26.87	2.99	RENDAH

Iterasi Ke-5 :

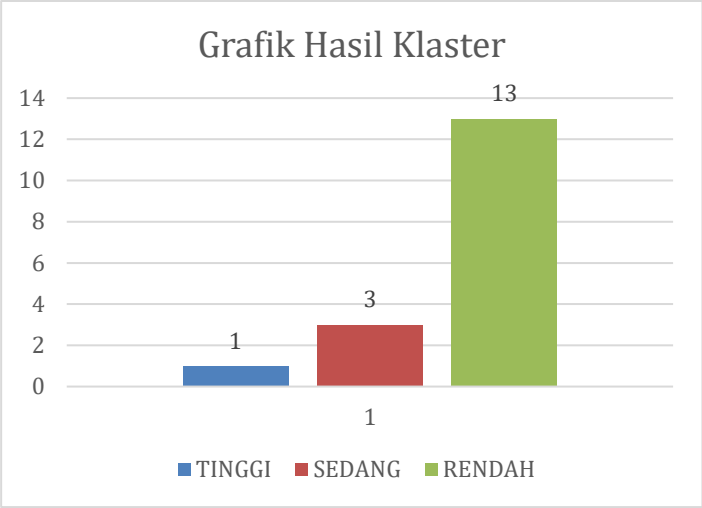
Table 10. Pembaruan Centroid Ke-5

Atribut	CENTROID 1	CENTROID 2	CENTROID 3
Omset	30	7.333333	3.546154
Modal Awal	5	33.33333	4.715385
Akses Pembiayaan	5	4	3.153846
Biaya Sertifikasi	0	0	0.346154
Teknologi	5	3.333333	2.923077
Segmen Pasar	5	4	2.923077
Distribusi	5	4	3
Jangkauan Pasar	4	3.666667	2.846154
Sistem Jaminan Halal	5	4	4.153846
Pemahaman Regulasi	4	3.666667	2.923077

Tabel 11. Hasil Iterasi Ke-5

Jarak ke Centroid 1	Jarak ke Centroid 2	Jarak ke Centroid 3	CLUSTER
24.62	23.39	6.37	RENDAH
30.16	33.60	5.22	RENDAH
27.37	28.78	2.26	RENDAH
25.31	31.96	4.73	RENDAH
28.74	28.99	2.65	RENDAH
27.78	29.01	3.74	RENDAH
31.18	34.24	7.14	RENDAH
24.64	31.44	3.86	RENDAH
29.73	24.28	5.94	RENDAH
30.64	14.26	15.53	SEDANG
40.35	7.36	36.01	SEDANG
22.67	18.73	12.39	RENDAH
41.39	7.20	35.84	SEDANG
0.00	36.38	26.82	TINGGI
27.47	32.85	4.65	RENDAH
26.10	30.82	3.84	RENDAH
29.23	31.20	3.63	RENDAH

Nilai centroid diperbarui sampai iterasi ke 5 dengan hasil konvergen. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Cluster Tinggi sebanyak 1, Sedang 3 dan Rendah sebanyak 13 UMKM seperti yang ditunjukan pada grafik, seperti disajikan pada Gambar 2.



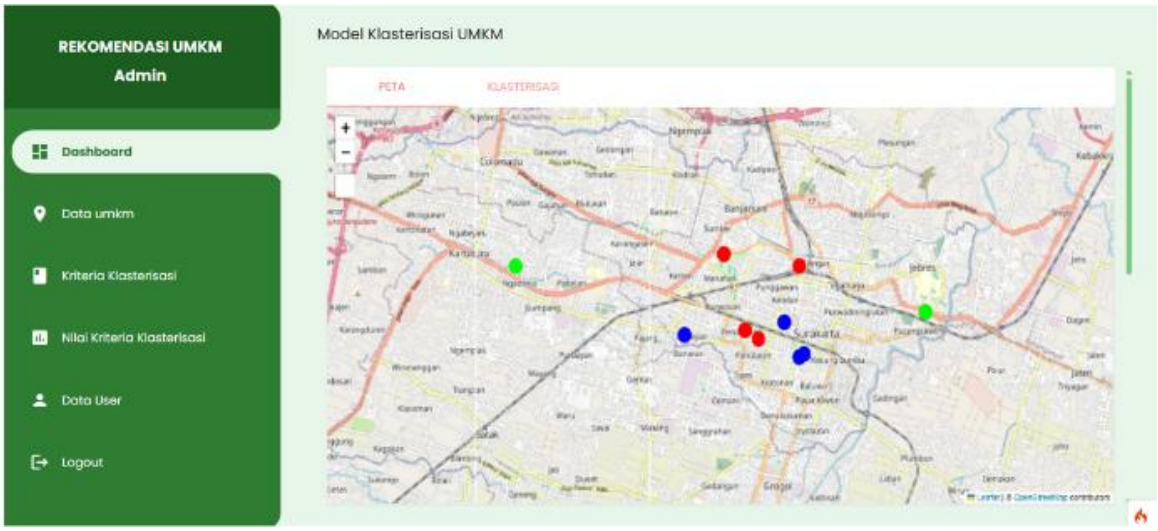
Gambar 2. Hasil Klasteriasi UMKM

3.3 Hasil Klasterisasi dengan Algoritma K-Means

Setelah iterasi algoritma K-Means, diperoleh 3 klaster dengan karakteristik. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 12, sedangkan klasterisasi UMKM dapat dipetakan pada Gambar 3.

Table 12. Hasil Klasterisasi UMKM

NAMA UMKM	Jarak ke Centroid 1	Jarak ke Centroid 2	Jarak ke Centroid 3	CLUSTER
Karya snack	24.62	23.39	6.37	RENDAH
Es Teh Cinta	30.16	33.60	5.22	RENDAH
HOKI LOKI	27.37	28.78	2.26	RENDAH
Rendang008	25.31	31.96	4.73	RENDAH
K'Numa	28.74	28.99	2.65	RENDAH
KUEKU (Rizky jaya)	27.78	29.01	3.74	RENDAH
Houven bakery	31.18	34.24	7.14	RENDAH
Bakso Giri	24.64	31.44	3.86	RENDAH
Kedai Mbak Tutik	29.73	24.28	5.94	RENDAH
Mitra plut	30.64	14.26	15.53	SEDANG
Permen Pelita	40.35	7.36	36.01	SEDANG
Afva's Culinary	22.67	18.73	12.39	RENDAH
Permen Pelita	41.39	7.20	35.84	SEDANG
Glory Food Station	0.00	36.38	26.82	TINGGI
Sirup dan wedang mbak puci	27.47	32.85	4.65	RENDAH
Warung makan kusuma.. Ayam kremes,Ayam Geprek.	26.10	30.82	3.84	RENDAH
Madu kotakusolo	29.23	31.20	3.63	RENDAH



Gambar 3. Visualisasi Hasil Klasterisasi

Gambar 3 menunjukan hasil visualisasi klaster yang dapat dibedakan berdasarkan warna titik koordinat karena hasil klaster menghasilkan 3 klaster maka warna yang dihasilkan adalah 3 kombinasi warna yang mewakili masing-masing klaster.

3.4 Validasi Klaster

Proses validasi cluster dilakukan dengan melakukan perhitungan nilai silhouette score dimana formula yang digunakan untuk menentukan nilai sihoute adalah sebagai berikut:

a(i) =IFERROR(AVERAGE(IF(($O$129:$O$145=$O129)*($A$129:$A$145<>$A129),
SQRT(($B129-$B$129:$B$145)^2+($C129-$C$129:$C$145)^2+($D129-$D$129:$D$145)^2+($E129-$E$129:$E$145)^2+($F129-$F$129:$F$145)^2+($G129-$G$129:$G$145)^2+($H129-$H$129:$H$145)^2+($I129-$I$129:$I$145)^2+($J129-$J$129:$J$145)^2+($K129-$K$129:$K$145)^2))),0)

b(i) = =MIN(
IF($O129<>"RENDAH",IFERROR(AVERAGE(IF($O$129:$O$145="RENDAH",
SQRT(($B129-$B$129:$B$145)^2+($C129-$C$129:$C$145)^2+($D129-$D$129:$D$145)^2+($E129-$E$129:$E$145)^2+($F129-$F$129:$F$145)^2+($G129-$G$129:$G$145)^2+($H129-$H$129:$H$145)^2+($I129-$I$129:$I$145)^2+($J129-$J$129:$J$145)^2+($K129-$K$129:$K$145)^2))),999),999),

IF($O129<>"SEDANG",IFERROR(AVERAGE(IF($O$129:$O$145="SEDANG",
SQRT(($B129-$B$129:$B$145)^2+($C129-$C$129:$C$145)^2+($D129-$D$129:$D$145)^2+($E129-$E$129:$E$145)^2+($F129-$F$129:$F$145)^2+($G129-$G$129:$G$145)^2+($H129-$H$129:$H$145)^2+($I129-$I$129:$I$145)^2+($J129-$J$129:$J$145)^2+($K129-$K$129:$K$145)^2))),999),999),
IF($O129<>"TINGGI",IFERROR(AVERAGE(IF($O$129:$O$145="TINGGI",
SQRT(($B129-$B$129:$B$145)^2+($C129-$C$129:$C$145)^2+($D129-$D$129:$D$145)^2+($E129-$E$129:$E$145)^2+($F129-$F$129:$F$145)^2+($G129-$G$129:$G$145)^2+($H129-$H$129:$H$145)^2+($I129-$I$129:$I$145)^2+($J129-$J$129:$J$145)^2+($K129-$K$129:$K$145)^2))),999),999))
S(i)=IF(MAX(P129,Q129)=0,0,(Q129-P129)/MAX(P129,Q129))
Silhoutte Score =AVERAGE(R129:R145)

Table 13. Proses Perhiungan Score SC

a(i)	b(i)	s(i)
8.658088	23.84623	0.63692
7.078633	30.15792	0.765281
5.951313	27.36786	0.782544
7.101991	25.3081	0.719379
6.055879	28.74456	0.789321
6.7117	27.78489	0.758441
8.731469	31.18493	0.72001
6.555757	24.63737	0.73391
8.343039	24.5203	0.65975
21.4358	16.13775	-0.24716
21.51743	36.18165	0.405294
13.89267	19.8475	0.300029
21.35416	36.02845	0.407297
0	27.30815	1
6.795218	27.47071	0.752638
6.609373	26.09598	0.746728
6.265	29.23286	0.785686
Hasil		**0.630357**

Hasil validasi Silhouette Score: **0,63** yang digolongkan sebagai hasil cluster baik (skala 0-1).

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan model klasterisasi untuk mengelompokkan UMKM bersertifikasi halal di Kota Surakarta menggunakan algoritma K-Means. Berdasarkan analisis data dari 17 UMKM, terbentuk tiga klaster optimal yang teridentifikasi melalui metode Elbow dan Silhouette Score, yaitu UMKM Tinggi, UMKM Sedang, dan UMKM Rendah. Hasil klasterisasi menunjukkan struktur yang jelas dengan nilai Silhouette Score 0,63. Temuan ini memberikan wawasan mendalam tentang karakteristik masing-masing klaster, mulai dari aspek finansial, operasional, pemasaran, hingga kepatuhan halal.

Implikasi praktis dari penelitian ini adalah tersedianya dasar empiris bagi pemangku kepentingan dalam merancang kebijakan yang lebih terarah. Pemerintah dapat menyusun program pembinaan berbeda untuk setiap klaster, seperti pelatihan sertifikasi halal dan akses modal bagi UMKM Rintisan, pendampingan digitalisasi pemasaran untuk UMKM Berkembang, serta dukungan ekspansi pasar bagi UMKM Maju. Pendekatan berbasis klaster ini tidak hanya meningkatkan efektivitas intervensi kebijakan tetapi juga mendorong pertumbuhan ekonomi halal di Surakarta secara lebih inklusif.

Penelitian ini berkontribusi pada penguatan ekosistem UMKM bersertifikat halal sekaligus mendukung implementasi Masterplan Ekonomi Syariah Indonesia 2019–2024. Ke depan, model serupa dapat dikembangkan dengan menambahkan variabel lain seperti market share atau menerapkan metode klasterisasi alternatif untuk meningkatkan akurasi. Kolaborasi lebih lanjut dengan pelaku UMKM juga diperlukan untuk memvalidasi temuan dan menyelaraskan strategi pengembangan dengan kebutuhan riil di lapangan. Dengan demikian, upaya pengelompokan UMKM melalui pendekatan data science ini diharapkan dapat mempercepat transformasi Surakarta sebagai pusat ekonomi halal yang berdaya saing.

Secara orisinal, penelitian ini menegaskan kontribusi pada dua aspek utama: (1) penyediaan model klasterisasi khusus bagi UMKM bersertifikat halal, yang belum banyak dieksplorasi sebelumnya, dan (2) integrasi hasil analisis data dengan rekomendasi kebijakan praktis bagi pemerintah daerah. Kombinasi aspek metodologis dan aplikatif ini menjadi nilai tambah yang membedakan penelitian dari studi terdahulu.

UCAPAN TERIMA KASIH OPSIONAL

Pada kesempatan ini Tim Peneliti mengucapkan terimakasih banyak pada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (DPPM) di Lingkungan Kemendikti Saintek yang telah memberikan pendaan penelitian dari program HIBAH Dikti Tahun 2025, Pada Skema Penelitian Dosen Pemula (PDP), semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat untuk masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Nuryanti, "Integrasi Nilai-nilai Pendidikan Islam dalam Industri Halal," *At-Tadbir: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, vol. 3, no. 2, 2023, doi: https://doi.org/10.51700/attadbir.v3i2.863.

[2] R. Siregar, M. Ramadhan, and K. Kamilah, "Enhancing financial performance of halal MSMEs through intellectual capital and business sustainability in Medan City, Indonesia," *Journal of Islamic Economics Lariba*, vol. 11, no. 1, pp. 129–168, Jun. 2025, doi: 10.20885/jielariba.vol11.iss1.art6.

[3] M. Utami, C. Aqila, P. Andini, and Y. S. Julianti Nasution, "Analisis Pertumbuhan Konsumsi Produk Halal di Berbagai Sektor Ekonomi Indonesia Hingga Tahun 2025," *J-EBI: Jurnal Ekonomi Bisnis Islam*, vol. 3, no. 02, Sep. 2024, doi: 10.57210/j-ebi.v3i02.318.

[4] N. P. Sutramiani, I. M. T. Arthana, P. F. Lampung, S. Aurelia, M. Fauzi, and I. W. A. S. Darma, "The Performance Comparison of DBSCAN and K-Means Clustering for MSMEs Grouping based on Asset Value and Turnover," *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence*, vol. 10, no. 1, pp. 13–24, Feb. 2024, doi: 10.20473/jisebi.10.1.13-24.

[5] R. IAEI, "Posisi Indonesia dalam State of The Global Islamic Economy (SGIE)," Ikatan Ahli Ekonomi Islam Indonesia. Accessed: Nov. 30, 2025. [Online]. Available: https://iaei.or.id/id/berita-dan-artikel/artikel/posisi-indonesia-dalam-sgie

[6] Rizka Aldira Marpaung, "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keberlanjutan UMKM Disektor Makanan Halal," *Al-Ihsan: Jurnal Bisnis dan Ekonomi Syariah*, vol. 3, no. 1, pp. 11–29, Oct. 2025, doi: 10.65256/xvz4qz63.

[7] Muhammad Cholil, M. F. Mamduh, T. D. Pertiwi, D. A. Cipto, and S. Herianingrum, "Exploring the Economic Benefits of the Halal Certification in International Trade: A Literature Review," *SRIWIJAYA INTERNATIONAL JOURNAL OF DYNAMIC ECONOMICS AND BUSINESS*, pp. 435–458, Apr. 2025, doi: 10.29259/sijdeb.v8i4.435-458.

[8] A. Azzam, A. Irma Purnamasari, and I. Ali, "IMPLEMENTASI ALGORITMA K-MEANS CLUSTERING UNTUK ANALISIS PERSEBARAN UMKM DI JAWA BARAT," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 3, pp. 3062–3070, May 2024, doi: 10.36040/jati.v8i3.8450.

[9] A. Kurniadi, "Determinan Pertumbuhan Industri Halal di Indonesia: Analisis Sektor Demografi, Infrastruktur, dan Teknologi," *Jurnal Al-Istishna*, vol. 1, no. 2, pp. 89–106, Feb. 2025, doi: 10.58326/jai.v1i2.279.

[10] D. R. Dona, N. D. Dono, and M. I. Ahnaf, "Evaluasi Dampak Sertifikasi Halal pada UMKM Produsen Makanan dan Minuman Anggota Desa Preneur Model K45PAK," *Indonesian Journal Of Halal*, vol. 8, no. 1, 2025, doi: https://doi.org/10.14710/halal.v8i1.25367.

[11] M. S. Nurzaman, "Does Halal Industry Impact Economic Growth? An Empirical Evidence from Muslim Countries in Asia," *International Journal of Islamic Economics and Business Sustainability (IJIEBS)*, vol. 1, no. 1, 2025, Accessed: Nov. 30, 2025. [Online]. Available: https://scholarhub.ui.ac.id/ijiebs/vol1/iss1/2/

[12] Purwanto and Suprihati, "Analisis Sistem Pengawasan MUI Terhadap Sertifikat Halal pada UMKM di Kota Surakarta," *El-Mal: Jurnal Kajian Ekonomi & Bisnis Islam*, vol. 5, no. 11, Nov. 2024, doi: 10.47467/elmal.v5i11.5132.

[13] I. Iin, R. Fadila, A. Rizki Rinaldi, and F. Fathurrohman, "PENERAPAN DATA MINING DALAM MENGELOMPOKAN JUMLAH UMKM BERDASARKAN KABUPATEN KOTA MENGGUNAKAN K-MEANS CLUSTERING," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 2, pp. 1446–1450, Apr. 2024, doi: 10.36040/jati.v8i2.8427.

[14] H. Herianti, S. Siradjuddin, and A. Efendi, "INDUSTRI HALAL DARI PERSPEKTIF POTENSI DAN PERKEMBANGANNYA DI INDONESIA," *Indonesia Journal of Halal*, vol. 6, no. 2, pp. 56–64, Oct. 2023, doi: 10.14710/halal.v6i2.19249.

[15] Intan Sari, Yani Maulita, and Lina Arliana Nur Kadim, "Pengelompokan UMKM Kota Binjai Menggunakan Metode Clustering K-Means Untuk Mengidentifikasi Pola Perkembangan Bisnis," *Bridge : Jurnal publikasi Sistem Informasi dan Telekomunikasi*, vol. 2, no. 3, pp. 198–206, Jul. 2024, doi: 10.62951/bridge.v2i3.148.

[16] M. Afrizal, I. Saputra, R. Satria, and R. Rahmaddeni, "Analisis Performa Algoritma K-Means Clustering untuk Segmentasi Pasar di UMKM," *VISA: Journal of Vision and Ideas*, vol. 5, no. 2, May 2025, doi: 10.47467/visa.v5i2.6942.

[17] Dayla May Cytry, S. Defit, and G. Nurcahyo, "Penerapan Metode K-Means dalam Klasterisasi Status Desa terhadap Keluarga Beresiko Stunting," *Jurnal KomtekInfo*, pp. 122–127, Sep. 2023, doi: 10.35134/komtekinfo.v10i3.423.

[18] M. Iqbal, S. Syaripuddin, and Moh. N. Huda, "Implementasi Algoritma K-Means Clustering dengan Jarak Euclidean dalam Mengelompokkan Daerah Penyebaran COVID-19 di Kabupaten Bogor," *Basis : Jurnal Ilmiah Matematika*, vol. 2, no. 1, pp. 47–56, Mar. 2023, doi: 10.30872/basis.v2i1.1019.

[19] B. Siregar and Y. Yosia, "Implementation of K-means Clustering Algorithm for the Indonesian Stock Exchange," *JURNAL SISFOTEK GLOBAL*, vol. 14, no. 1, p. 49, Mar. 2024, doi: 10.38101/sisfotek.v14i1.10860.

[20] "Algoritma K- Means Pengklasteran (Clustering)," pp. 1–69, 2023.

[21] B. N. Yulisasih, H. Herman, S. Sunardi, and H. Yuliansyah, "Evaluation of K-Means Clustering Using Silhouette Score Method on Customer Segmentation," *ILKOM Jurnal Ilmiah*, vol. 16, no. 3, pp. 330–342, Dec. 2024, doi: 10.33096/ilkom.v16i3.2325.330-342.

[22] R. H. Putra and M. Fakhriza, "PENERAPAN ALGORITMA K-MEANS PADA KLASTERISASI DATA PENERIMA PKH DI KECAMATAN MEDAN TIMUR," *JISTech (Journal of Islamic Science and Technology)*, vol. 9, no. 2, 2024.

[23] S. W. Maesaroh, T. M. Diansyah, R. Liza, and Y. F. A. Lubis, "Pemanfaatan Algoritma K-Means Clustering Pada Sistem Rental Mobil," *Bulletin of Computer Science Research*, vol. 5, no. 3, pp. 176–181, Apr. 2025, doi: 10.47065/bulletincsr.v5i3.494.