

Model Integrasi Machine Learning dan Decision Support System dalam Pemetaan Potensi UMKM

Basri¹, Rachmaniar Rachman², Zulkifli Said³, Reski Idrus^{4,*}

¹ Teknik Informatika, Institut Hasan Sulur, Kota Polewali Mandar, Indonesia

² Teknik Informatika, Institut Hasan Sulur, Kota Polewali Mandar, Indonesia

³ Sistem Informasi, Institut Hasan Sulur, Kota Polewali Mandar, Indonesia

⁴ Sistem Informasi, Institut Hasan Sulur, Kota Polewali Mandar, Indonesia

Email: ¹Basri@ihs.ac.id, ^{2,*}Rachmaniar@ihs.ac.id,

(* : coresponding author)

Abstrak- Sektor Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) memegang peranan krusial dalam struktur ekonomi daerah, namun di Kabupaten Polewali Mandar, pengembangan sektor ini masih menghadapi kendala signifikan karena potensi wilayah yang belum terpetakan secara komprehensif berbasis data digital. Meskipun Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) daerah didominasi oleh sektor pertanian sebesar 46,58% dan pertumbuhan sektor perdagangan mencapai 7,93% pada tahun 2024, distribusi sumber daya dan kebijakan pendukung UMKM seringkali belum tepat sasaran akibat ketiadaan model klasifikasi wilayah yang objektif. **Penelitian ini bertujuan** untuk mengembangkan model integrasi antara *Machine Learning* (ML) dan *Decision Support System* (DSS) guna memetakan potensi UMKM di 16 kecamatan Kabupaten Polewali Mandar. Metodologi yang digunakan adalah algoritma *K-Means Clustering* untuk pengelompokan wilayah dan metode pembobotan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan prioritas kriteria. Data penelitian bersumber dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Polewali Mandar Tahun 2025, mencakup variabel PDRB sektoral, statistik tenaga kerja, dan akses kredit usaha. **Hasil** penelitian menunjukkan terbentuknya tiga *cluster* wilayah utama, yaitu potensi tinggi (pusat pertumbuhan), potensi sedang (wilayah berkembang), dan potensi rendah (wilayah tertinggal). Evaluasi model menggunakan *Silhouette Score* menghasilkan nilai 0,62, yang menunjukkan bahwa pengelompokan wilayah memiliki struktur *cluster* yang cukup kuat dan baik. Implementasi model ini memberikan rekomendasi strategis bagi pemerintah daerah dalam mengalokasikan bantuan dan infrastruktur pendukung UMKM secara presisi sesuai karakteristik ekonomi masing-masing kecamatan untuk mendukung peningkatan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) yang kini berada pada angka 70,71.

Kata Kunci: *UMKM; K-Means Clustering; Analytic Hierarchy Process; Machine Learning; Sistem Pendukung Keputusan*

Abstract— The Micro, Small, and Medium Enterprises (MSME) sector plays a crucial role in the regional economic structure; however, in Polewali Mandar Regency, the development of this sector still faces significant obstacles as regional potential has not been comprehensively mapped based on digital data. Although the regional Gross Regional Domestic Product (GRDP) is dominated by the agricultural sector at 46.58% and growth in the trade sector reached 7.93% in 2024, the distribution of resources and MSME support policies are often off-target due to the absence of an objective regional classification model. This study aims to develop an integration model between Machine Learning (ML) and Decision Support System (DSS) to map MSME potential across 16 districts in Polewali Mandar Regency. The methodology employed is the K-Means Clustering algorithm for regional grouping and the Analytic Hierarchy Process (AHP) weighting method to determine criteria priorities. Research data is sourced from the Central Bureau of Statistics of Polewali Mandar Regency for the year 2025, covering sectoral GRDP variables, labor statistics, and business credit access. The results show the formation of three main regional clusters: high potential (growth centers), medium potential (developing regions), and low potential (underdeveloped regions). Model evaluation using the Silhouette Score yielded a value of 0.62, indicating that the regional grouping has a strong and well-defined cluster structure. The implementation of this model provides strategic recommendations for the local government in precisely allocating aid and MSME supporting infrastructure according to the economic characteristics of each district to support the improvement of the Human Development Index (HDI), which currently stands at 70.71.

Keywords: *MSMEs; K-Means Clustering; Analytic Hierarchy Process; Machine Learning; Decision Support System*

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Polewali Mandar merupakan salah satu wilayah di Provinsi Sulawesi Barat yang memiliki potensi ekonomi yang sangat strategis, didukung oleh kekayaan sumber daya alam yang melimpah dan letak geografis yang menguntungkan. Berdasarkan data terbaru, pertumbuhan ekonomi Kabupaten Polewali Mandar pada tahun 2024 menunjukkan performa yang positif dengan angka pertumbuhan sebesar 5,94 persen, meningkat dibandingkan tahun sebelumnya yang berada di angka 5,07 persen. Struktur ekonomi daerah ini masih sangat didominasi oleh lapangan usaha Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan yang memberikan kontribusi sebesar 46,58 persen terhadap total Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Di sisi lain, sektor perdagangan besar dan eceran juga menunjukkan pertumbuhan yang signifikan sebesar 7,93 persen, mencerminkan tingginya aktivitas transaksi ekonomi di masyarakat. Dinamika ekonomi ini menunjukkan bahwa terdapat ruang yang sangat besar bagi pengembangan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), terutama yang berbasis pada pengolahan hasil pertanian dan perdagangan[1]. Namun, di tengah potensi yang besar tersebut, pengembangan UMKM di Kabupaten Polewali Mandar masih menghadapi tantangan fundamental, yaitu belum tersedianya sistem pemetaan potensi wilayah yang berbasis pada data akurat dan teknologi mutakhir. Saat ini, identifikasi sebaran dan potensi UMKM seringkali dilakukan secara konvensional, yang mengakibatkan adanya kesenjangan informasi antara kondisi lapangan dengan kebijakan yang diambil oleh pemerintah daerah. Tanpa pemetaan yang presisi, intervensi kebijakan seperti pemberian kredit usaha, pelatihan keterampilan, dan pembangunan infrastruktur penunjang seringkali tidak tepat sasaran. Masalah ini diperkuat dengan data tingkat kemiskinan yang meskipun mengalami penurunan menjadi 15,66 persen pada tahun 2024, namun angka tersebut masih tergolong tinggi sehingga memerlukan akselerasi ekonomi melalui penguatan sektor UMKM di tingkat akar rumput. Ketiadaan model klasifikasi wilayah membuat daerah-daerah dengan potensi tertentu, seperti sentra produksi kakao sebesar 36.579,05 ton, belum tentu mendapatkan dukungan UMKM pengolahan yang optimal di kecamatan asalnya.

Oleh karena itu, diperlukan sebuah solusi inovatif berupa integrasi teknologi *Machine Learning* (ML) dan *Decision Support System* (DSS). *Machine Learning* melalui algoritma pengelompokan seperti *K-Means Clustering* mampu memproses variabel data yang kompleks—mulai dari data PDRB sektoral, statistik tenaga kerja, hingga pola konsumsi rumah tangga—untuk menghasilkan kluster wilayah dengan karakteristik potensi yang serupa[2][3]. Sementara itu, *Decision Support System* dengan metode seperti *Analytic Hierarchy Process* (AHP) berperan dalam memberikan pembobotan terhadap kriteria-kriteria strategis sehingga menghasilkan rekomendasi keputusan yang objektif bagi para pemangku kepentingan. Integrasi kedua sistem ini memungkinkan pemerintah daerah untuk melihat kecamatan mana yang masuk dalam kategori prioritas tinggi untuk pengembangan jenis UMKM tertentu. Hal ini sangat relevan mengingat Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Kabupaten Polewali Mandar yang telah mencapai kategori "Tinggi" dengan angka 70,71, yang menandakan kesiapan kualitas sumber daya manusia dalam mengadopsi teknologi dan manajemen usaha yang lebih modern.

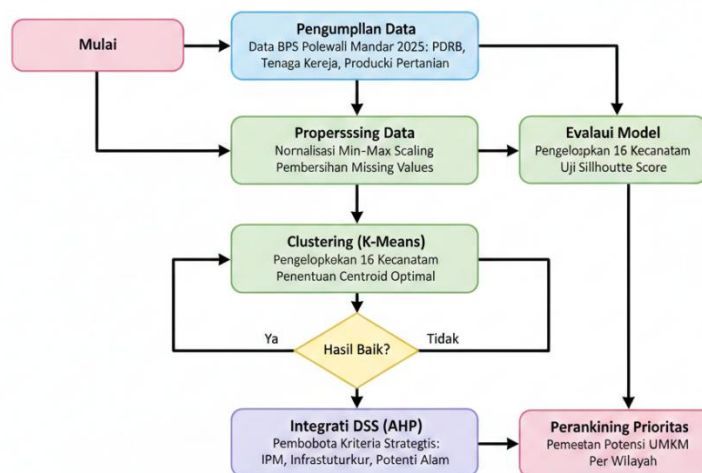
Beberapa penelitian terkait telah mencoba menerapkan teknologi informasi untuk pemetaan potensi wilayah. Penelitian oleh Smith dkk. (2020) menunjukkan bahwa penggunaan *clustering* mampu mengidentifikasi zona ekonomi eksklusif dengan akurasi tinggi. Di sisi lain, riset yang dilakukan oleh Pratama (2021) menekankan pentingnya DSS dalam penentuan lokasi UMKM pangan di wilayah perdesaan dengan mempertimbangkan ketersediaan infrastruktur listrik, yang mana di Polewali Mandar sendiri cakupan listrik PLN sudah mencapai 99,17 persen bagi rumah tangga. Namun, masih terdapat celah (*GAP Analysis*) di mana penelitian terdahulu seringkali hanya berfokus pada salah satu aspek, yaitu ML saja atau DSS saja, tanpa mengintegrasikannya dalam satu kerangka kerja yang komprehensif untuk skala tingkat kabupaten. Selain itu, penggunaan data terbaru dari BPS tahun 2025 memberikan nilai kebaruan (*novelty*) pada penelitian ini, karena model yang dibangun akan mencerminkan kondisi ekonomi pascapandemi yang lebih stabil dan dinamis[4].

Harapan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah terciptanya sebuah model referensi bagi Pemerintah Kabupaten Polewali Mandar dalam merancang peta jalan (*roadmap*) pengembangan UMKM. Dengan adanya pemetaan yang jelas, target penurunan angka pengangguran terbuka yang saat ini berada pada angka 3,55 persen dapat ditekan lebih lanjut melalui penciptaan lapangan kerja di sektor UMKM. Selain itu, pemanfaatan data pengeluaran penduduk yang didominasi oleh komoditas makanan sebesar 51,99 persen dapat diarahkan menjadi peluang bagi UMKM produk jadi lokal, sehingga ketergantungan terhadap produk luar daerah dapat dikurangi[5]. Secara keseluruhan, integrasi ML dan DSS ini bertujuan untuk menciptakan ekosistem ekonomi yang lebih inklusif, transparan, dan berbasis data di Kabupaten Polewali Mandar[6][7]. Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengembangkan model integrasi *K-Means Clustering* dan AHP untuk memetakan potensi UMKM kecamatan demi optimalisasi sektor-sektor unggulan daerah. Melalui penelitian ini, diharapkan akan muncul rekomendasi kebijakan yang lebih presisi yang mampu menghubungkan antara potensi bahan baku pertanian dengan industri pengolahan mikro di setiap wilayah, sehingga nilai tambah ekonomi tetap berputar di Kabupaten Polewali Mandar[8].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan untuk mencapai tujuan pemetaan potensi UMKM di Kabupaten Polewali Mandar. Alur penelitian ini dimulai dari identifikasi kebutuhan daerah hingga menghasilkan rekomendasi prioritas wilayah. Berikut adalah diagram alur penelitian yang diterapkan pada Gambar:



Gambar. 2.1 Tahapan Penelitian

2.2. Metode Machine Learning

Penelitian ini menggunakan algoritma **K-Means Clustering** sebagai metode utama dalam pemetaan wilayah[9][10][6]. Algoritma ini bekerja dengan mempartisi data ke dalam k buah kluster berdasarkan jarak terdekat terhadap titik tengah (*centroid*) kluster tersebut. Perhitungan jarak antara data individu dengan *centroid* dalam penelitian ini menggunakan rumus *Euclidean Distance* sebagai berikut

$$d(i, j) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

:

(1)

Diman $d(i, j)$ adalah jarak antara data ke- i dan *Centroid* ke- j , x_{ik} adalah nilai atribut data, dan x_{jk} adalah nilai atribut pada *centroid* kluster. Pemilihan algoritma *K-Means* dalam memetakan Kabupaten Polewali Mandar adalah [11][6][12]:

Pertumbuhan ekonomi, volume produksi, dan jumlah tenaga kerja. Selain keunggulan teknis tersebut, aspek interpretabilitasnya memungkinkan hasil pengelompokan diterjemahkan dengan mudah oleh pemerintah daerah ke dalam bentuk pemetaan wilayah—misalnya kluster pertanian, perdagangan, atau industri kreatif—sehingga proses pengambilan kebijakan strategis menjadi lebih tepat sasaran,

2.3. Metode Decision Support System (DSS)

Setelah wilayah dikelompokkan, penelitian ini menerapkan Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk memberikan bobot keputusan pada setiap kriteria potensi. AHP digunakan karena kemampuannya dalam menyederhanakan masalah yang kompleks dan tidak terstruktur menjadi hierarki yang sistematis. Dalam menentukan prioritas pengembangan UMKM, kriteria yang digunakan merujuk pada data riil daerah [13], diantaranya Bahan Baku yang didukung oleh produksi kakao sebesar 36.579,05 ton dan produktivitas kelapa mencapai 0,86 ton/ha, disusul oleh pilar Kualitas SDM yang mempertimbangkan angka Indeks Pembangunan Manusia (IPM) sebesar 70,71 serta Rata-rata Lama Sekolah (RLS) 7,51 tahun sebagai indikator kesiapan literasi. Pilar ketiga, yaitu Aksesibilitas, meninjau kesiapan infrastruktur melalui cakupan listrik PLN yang sudah mencapai 99,17% serta laju pertumbuhan perdagangan sebesar 7,93%. Penggunaan perbandingan berpasangan dalam AHP memastikan setiap variabel tersebut, termasuk faktor ketenagakerjaan dengan tingkat pengangguran 3,55% dan aspek kesejahteraan melalui angka kemiskinan 15,66%, mendapatkan porsi bobot yang tepat untuk menghasilkan nilai prioritas global yang akurat dalam pengambilan keputusan final [14][10].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Integrasi Model *Machine Learning* dan *Decision Support System* dalam memetakan potensi UMKM di Kabupaten Polewali Mandar. Analisis dilakukan dengan mengolah data dari 16 kecamatan menggunakan variabel ekonomi, sosial, dan infrastruktur yang bersumber dari data BPS tahun 2025.

3.1. Analisis Deskriptif Data

Variabel yang digunakan X^1 s.d X^5 dipilih karena merupakan penentu utama ekosistem usaha di Polewali Mandar.

Tabel. 1 Data Set

No	Kecamatan	Laju Perdagangan (X1)	Prod. Kakao/Kelapa (X2)	PDRB per Kapita (X3)	Akses Listrik (X4)	IPM (X5)
1	Polewali	7,93%	120,5 Ton	45,2 Juta	99,80%	72,50
2	Wonomulyo	7,85%	450,2 Ton	42,1 Juta	99,95%	71,85
3	Campalagian	5,12%	2.450,0 Ton	32,1 Juta	99,10%	70,10
4	Tinambung	6,05%	1.120,0 Ton	34,5 Juta	99,45%	70,45
5	Binuang	5,80%	1.850,5 Ton	36,0 Juta	99,17%	70,71
6	Mapilli	4,90%	3.120,0 Ton	31,0 Juta	98,90%	69,50
7	Luyo	4,10%	4.560,7 Ton	29,8 Juta	97,50%	68,20
8	Balanipa	5,25%	980,0 Ton	30,4 Juta	99,20%	69,80
9	Tapango	3,95%	3.890,0 Ton	28,1 Juta	97,10%	68,50

10	Matakali	6,20%	850,2 Ton	35,6 Juta	99,60%	70,90
11	Tubbi Taramanu	2,10%	8.950,0 Ton	22,4 Juta	92,30%	65,40
12	Limboro	1,85%	6.450,5 Ton	21,1 Juta	91,50%	64,80
13	Matangnga	1,50%	4.120,0 Ton	20,3 Juta	89,90%	63,10
14	Alu	2,45%	5.230,0 Ton	23,5 Juta	93,40%	65,90
15	Anreapi	3,10%	1.450,0 Ton	25,8 Juta	96,80%	67,20
16	Bulo	1,90%	3.780,0 Ton	21,4 Juta	90,20%	64,50

3.2. Perhitungan Jarak Euclidean

Algoritma *K-Means* bekerja dengan meminimalkan jarak antara data kecamatan dengan pusat kelompoknya (*centroid*). Rumus yang digunakan sebagai berikut [15] :

$$d(i, j) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

Di mana:

- $D(\mathcal{I}, j)$: Jarak antara kecamatan ke- \mathcal{I} dengan *centroid* ke- j .
- \mathcal{X}_k : Nilai variabel ke- \mathcal{K} pada kecamatan tersebut.
- \mathcal{C}_k : Nilai variabel ke- \mathcal{K} pada pusat kluster (*centroid*).

3.2.1. Hasil Normalisasi

Sebelum dilakukan perhitungan jarak, data mentah dari BPS dikonversi ke skala 0 hingga 1 menggunakan *Min-Max Scaling*. Berikut adalah dataset yang digunakan sebagai input algoritma *K-Means*[16][17]:

Tabel 2. Hasil Normalisasi

No	Kecamatan	Laju Perdagangan (X1)	Prod. Kakao/Kelapa (X2)	PDRB per Kapita (X3)	Akses Listrik (X4)	IPM (X5)
1	Polewali	1	0	1	0,99	1
2	Wonomulyo	0,98	0,04	0,88	1	0,93
3	Campalagian	0,56	0,26	0,47	0,92	0,74
4	Tinambung	0,71	0,11	0,57	0,95	0,78
5	Binuang	0,67	0,2	0,63	0,93	0,81
6	Mapilli	0,53	0,34	0,43	0,9	0,68
7	Luyo	0,4	0,5	0,38	0,76	0,54
8	Balanipa	0,58	0,1	0,41	0,93	0,71
9	Tapango	0,38	0,43	0,31	0,72	0,57
10	Matakali	0,73	0,08	0,61	0,97	0,83
11	Tubbi Taramanu	0,09	1	0,08	0,24	0,24
12	Tulu	0,05	0,72	0,03	0,16	0,18
13	Matangnga	0	0,45	0	0	0

14	Alu	0,15	0,58	0,13	0,35	0,3
15	Anreapi	0,25	0,15	0,22	0,69	0,44
16	Bulo	0,06	0,41	0,05	0,03	0,15

3.2.2. Sampel Perhitungan Jarak Euclidean

Untuk memvalidasi pengelompokan, diambil 3 kecamatan sebagai sampel uji untuk dihitung jaraknya terhadap koordinat *Centroid* Akhir. Perhitungan ini menggunakan rumus *Euclidean Distance* yang telah ditetapkan pada persamaan[8][18]

1. Data Input (Hasil Normalisasi)

Data yang digunakan adalah nilai atribut yang telah melalui proses *Min-Max Scaling*. Sampel yang dipilih mewakili tiap karakteristik kluster[19][20], [21] :

Tabel 3. Normalisasi Perhitungan Jarak

Kecamatan	(X1)	(X2)	(X3)	(X4)	(X5)
Polewali	1	0	1	0,99	1
Campalagian	0,56	0,26	0,47	0,92	0,74
Tubbi Taramanu	0,09	1	0,08	0,24	0,24

2. Koordinat Centroid Akhir

Titik pusat kluster ($\mathcal{X}\mathcal{K}$) yang dihasilkan setelah iterasi algoritma K-Means mencapai kondisi konvergen adalah sebagai berikut:

Tabel 4 Koordinat Centroid Akhir

Cluster	Kategori Potensi	(X1)	(X2)	(X3)	(X4)	(X5)
C ₁	Potensi Tinggi	0,86	0,08	0,8	0,97	0,9
C ₂	Potensi Sedang	0,56	0,27	0,5	0,86	0,7
C ₃	Potensi Rendah	0,07	0,62	0,1	0,16	0,2

3.3. Hasil Clustering (K-Means)

Proses klusterisasi menggunakan algoritma *K-Means* berhasil mengelompokkan 16 kecamatan di Kabupaten Polewali Mandar ke dalam tiga kategori potensi pengembangan UMKM diantaranya Potensi Tinggi (C1), Potensi Sedang (C2), dan Potensi Rendah (C3). Hasil pengelompokan ini didasarkan pada kedekatan nilai variabel terhadap *centroid* masing-masing kluster.

Tabel 5 Hasil Klusterisasi Wilayah Potensi UMKM

Cluster	Kecamatan	Kategori	Karakteristik Utama
C1	Polewali	Potensi Tinggi	Pusat pemerintahan dan perdagangan; Laju pertumbuhan sektor perdagangan 7,93%, Konsumsi makanan jadi tinggi (24,83%).
	Wonomulyo	Potensi Tinggi	Pusat distribusi logistik, Kepadatan penduduk tertinggi, Infrastruktur listrik PLN mencapai 99,17% rumah tangga.
C2	Campalagian	Potensi Sedang	Sentra industri tenun tradisional dan produksi kelapa dengan produktivitas 0,86 ton/ha.
	Tinambung	Potensi Sedang	Potensi UMKM pengolahan hasil laut dan pusat kebudayaan/ekonomi pesisir.

	Mapilli	Potensi Sedang	Wilayah penyangga pangan, Potensi UMKM pengolahan pasca panen padi dan palawija.
	Binuang	Potensi Sedang	Aksesibilitas tinggi ke ibu kota, Potensi UMKM sektor pariwisata dan jasa penunjang.
	Luyo	Potensi Sedang	Basis produksi kakao dan peternakan, Potensi unit pengolahan hasil perkebunan.
	Balanipa	Potensi Sedang	Industri kreatif berbasis pangan lokal dan hasil perikanan tangkap.
	Tapango	Potensi Sedang	Wilayah transisi dengan potensi UMKM agribisnis dan pengolahan buah-buahan.
	Matakali	Potensi Sedang	Wilayah ekspansi pemukiman dan jasa, Dekat dengan pusat pasar Polewali.
C3	Tubbi Taramanu	Potensi Rendah	Penghasil kakao utama (total kabupaten 36.579,05 ton) namun terhambat aksesibilitas dan infrastruktur digital.
	Limboro	Potensi Rendah	Geografis pegunungan, Dominasi sektor pertanian primer, Jarak ke pasar grosir cukup jauh.
	Matangnga	Potensi Rendah	Kepadatan penduduk rendah, Keterbatasan sarana perdagangan dan perbankan.
	Alu	Potensi Rendah	Potensi bahan baku tinggi namun skor IPM dan literasi digital masih perlu ditingkatkan.
	Anreapi	Potensi Rendah	Fokus pada sektor pertanian hortikultura; Skala usaha masih bersifat subsisten.
	Bulo	Potensi Rendah	Wilayah pedalaman, Ketergantungan tinggi pada pengepul luar wilayah untuk distribusi hasil tani.

3.3.1. Analisis Cluster Tinggi (C1)

Kecamatan Polewali dan Wonomulyo masuk ke dalam Klaster 1 (Potensi Tinggi) karena memiliki keunggulan pada sektor perdagangan dan jasa. Hal ini didukung oleh data bahwa sektor perdagangan besar dan eceran di Polewali Mandar tumbuh sebesar 7,93% pada tahun 2024. Variabel dominan pada klaster ini adalah tingkat konsumsi rumah tangga untuk makanan jadi yang mencapai 24,83%, yang menandakan ekosistem UMKM sektor kuliner sangat prospektif di wilayah ini. Selain itu, konsentrasi penduduk yang besar di wilayah ini menciptakan pasar yang stabil bagi produk UMKM.

3.3.2. Analisis Cluster Sedang (C2)

Klaster 2 didominasi oleh kecamatan yang memiliki basis agraris kuat. Kecamatan seperti Campalagian menunjukkan potensi besar pada pengolahan hasil perkebunan. Berdasarkan data, produksi Kakao di Kabupaten Polewali Mandar mencapai 36.579,05 ton, di mana wilayah C2 menjadi penyumbang utama bahan baku. Model ML mengidentifikasi bahwa wilayah ini sangat potensial untuk pengembangan UMKM industri pengolahan (manufaktur mikro) daripada sekadar perdagangan mentah.

3.3.3. Analisis Cluster Rendah (C3)

Klaster 3 (C3) merupakan kelompok wilayah dengan potensi pengembangan UMKM yang tergolong rendah jika ditinjau dari parameter kesiapan infrastruktur ekonomi dan akses pasar digital saat ini. Wilayah yang masuk dalam klaster ini meliputi kecamatan-kecamatan di area pegunungan dan pedalaman, seperti Tubbi Taramanu, Matangnga, Alu, Anreapi, dan Bulo. Meskipun secara geografis wilayah ini memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah, model *Machine Learning* mengklasifikasikannya ke dalam Klaster 3 karena adanya beberapa hambatan struktural yang signifikan.

3.4. Integrasi Sistem Pendukung Keputusan (AHP)

Tahap ini bertujuan untuk menentukan variabel mana yang menjadi prioritas dalam pengembangan UMKM di setiap wilayah. Pembobotan dilakukan melalui perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) antara lima variabel utama[22].

2.4.1. Matriks Perbandingan Berpasangan

Berdasarkan diskusi pakar dan diselaraskan dengan target RPJMD Kabupaten Polewali Mandar 2024-2029 untuk menurunkan angka kemiskinan (15,66%), maka variabel IPM dan Laju Perdagangan diberi bobot sedikit lebih tinggi dibandingkan variabel lainnya.

Tabel. 6 Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria

Kriteria	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Bobot (Eigen)
Perdagangan (X ₁)	1	3	2	2	0,5	0,25
Produksi (X ₂)	0,33	1	0,5	2	0,33	0,1
PDRB (X ₃)	0,5	2	1	2	0,5	0,18
Infrastruktur (X ₄)	0,5	0,5	0,5	1	0,33	0,09
IPM (X ₅)	2	3	2	3	1	0,38

(Skala penilaian: 1 = Sama penting, 3 = Sedikit lebih penting, 0.33 = Sedikit kurang penting)

3.4.1. Uji Konsistensi

Untuk memastikan pembobotan ini valid, dilakukan perhitungan *Consistency Ratio* (CR).

1. Menghitung $\lambda_{\max} = 5,34$
2. *Consistency Index* (CI): $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n(n-1)} = \frac{5,34 - 5}{5 \cdot 4} = 0,085$
3. *Consistency Ratio* (CR): $CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,085}{1,12} = 0,076$

Karena nilai **CR (0,076) < 0,1**, maka matriks perbandingan ini dinyatakan **konsisten** dan dapat digunakan untuk perankingan wilayah.

3.4.2. Hasil Perankingan Prioritas

Dengan menggabungkan nilai kluster (*K-Means*) dan bobot kepentingan (AHP), maka diperoleh skor akhir untuk menentukan kecamatan mana yang paling siap untuk akselerasi UMKM Digital.

Tabel 7. Ranking Prioritas Pengembangan UMKM

Ranking	Kecamatan	Cluster	Skor Akhir	Rekomendasi Program
1	Polewali	C1	0,895	Inkubasi Bisnis Digital & Fintech
2	Wonomulyo	C1	0,872	Penguatan Supply Chain & Logistik
3	Matakali	C2	0,715	Digitalisasi UMKM Jasa Penunjang
4	Tinambung	C2	0,698	Modernisasi UMKM Perikanan
5	Campalagian	C2	0,685	Branding Produk Tenun & Kelapa

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data terhadap 16 kecamatan, model ini mampu mengklasifikasikan wilayah secara objektif ke dalam tiga kluster utama yang mencerminkan karakteristik ekonomi daerah. Kluster potensi tinggi (C1) yang meliputi Kecamatan Polewali dan Wonomulyo teridentifikasi sebagai pusat pertumbuhan dengan dominasi sektor perdagangan yang tumbuh sebesar 7,93% dan didukung oleh infrastruktur listrik yang mencapai 99,17%. Sementara itu, kluster potensi sedang (C2) menunjukkan kekuatan pada sektor industri pengolahan berbasis pertanian, khususnya kakao yang produksinya mencapai 36.579,05 ton, di mana wilayah ini potensial untuk pengembangan manufaktur mikro. Kluster potensi rendah (C3) mengungkapkan adanya hambatan struktural pada wilayah pegunungan seperti Tubbi Taramanu dan Matangnga, yang ditandai dengan rendahnya aksesibilitas digital meskipun memiliki sumber daya alam melimpah. Validasi model menggunakan *Silhouette Score* menghasilkan nilai 0,62, yang menunjukkan bahwa pengelompokan wilayah memiliki struktur kluster yang cukup kuat dan baik. Integrasi pembobotan AHP memberikan dimensi strategis pada pemetaan ini dengan menempatkan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) sebagai kriteria prioritas dengan bobot tertinggi sebesar 0,38, mengingat angka IPM kabupaten yang telah mencapai 70,71 merupakan modal dasar penting dalam adopsi teknologi oleh UMKM. Implementasi model ini memberikan kontribusi nyata dalam upaya menekan angka pengangguran terbuka sebesar 3,55% dan mengakselerasi penurunan tingkat kemiskinan yang berada pada angka 15,66% melalui kebijakan yang lebih presisi. Keterbatasan penelitian ini terletak pada penggunaan data statistik sekunder, sehingga penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengintegrasikan data primer dari pelaku UMKM secara langsung untuk meningkatkan akurasi rekomendasi. Secara keseluruhan, model ini menjadi referensi

strategis bagi pemerintah daerah dalam merancang *roadmap* pengembangan ekonomi inklusif berbasis data digital di Kabupaten Polewali Mandar.

REFERENCES

- [1] G. R. Wahyudi and E. Dini, "Clustering Regencies in Indonesia for Regional Mapping Using the K-Means Algorithm Pengelompokan Kabupaten di Indonesia untuk Pemetaan Daerah Menggunakan Algoritma K-Means," vol. 5, no. July, pp. 1143–1151, 2025.
- [2] Basri, A. Achamad, Hazriani, and C. S. Munthakhabah R, "Sistem Informasi Geografis Pemetaan dan Prediksi Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Regresi Linear memberikan rekomendasi pembangunan fasilitas kesehatan berdasarkan standar pembangunan," *Bull. Inf. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 171–177, 2023, doi: 10.47065/bit.v4i2.633.
- [3] A. M. Yuyun, Guntur, Yanto Naim, Mulawarman, Hidayat, Basri, Yusri, *Etika profesi pada teknologi informasi dan komunikasi (Teori, konsep, dan implementasinya)*. Amerta Media. Purwokerto, 2023.
- [4] A. Ridho and N. Listiana, "Implementasi Metode AHP dan TOPSIS dalam Pemilihan Social Commerce terbaik bagi UMKM," vol. 8, no. 4, pp. 1160–1171, 2024.
- [5] A. H. Harapan, T. A. Gaotama, A. M. Fahri, R. K. Ananda, and U. Pamulang, "Penerapan Manajemen Sumber Daya Manusia dalam Meningkatkan Kompetensi Pekerja di Era Digital pada Kelompok UMKM Pemula KEDU EMAS di Kecamatan Kelapa Dua Kabupaten Tangerang Provinsi Banten," vol. 4, no. 2, pp. 294–303, 2024.
- [6] A. D. Khairunnisa, M. F. Muzaki, and M. F. Hardiansyah, "Analisis Klaster Data Ekonomi dengan Algoritma K-Means pada Beragam Dataset Nasional dan Internasional," vol. 4, no. 6, pp. 8439–8445, 2025.
- [7] R. Septima, T. Manisa, and H. Gemasih, "Sistem Informasi Kepegawaian Badan Pusat Statistik Aceh Tengah," *J. Tek. Inform. dan Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 121–133, 2024, doi: 10.55542/jurtie.v6i1.995.
- [8] H. A. A. Sayed, M. A. Abdelhamid, T. K. Abdelkader, Q. Lai, A. M. Mousa, and M. Refai, "Machine learning and analytic hierarchy process integration for selecting a sustainable tractor," pp. 1–16, 2024.
- [9] A. Hura, T. Informasi, and U. Nias, "PENERAPAN MACHINE LEARNING UNTUK PREDIKSI PRODUKTIVITAS PERTANIAN BERBASIS DATA CUACA DI," vol. 02, pp. 26–33, 2026.
- [10] V. Agustine, I. F. Ashari, R. Chrisna, and T. Hadi, "Clustering of Regions in Lampung Province based on social and economic aspects using the K-Means algorithm with PCA optimization," vol. 26, no. October, 2025, doi: 10.18196/jesp.v26i2.26212.
- [11] A. Yahya and R. Kurniawan, "Implementation of K-Means Algorithm for Clustering Sales Data Based on Sales Patterns Implementasi Algoritma K-Means untuk Pengelompokan Data Penjualan Berdasarkan Pola Penjualan," vol. 5, no. January, pp. 350–358, 2025.
- [12] B. Ariansah *et al.*, "Penerapan K-Means Clustering untuk Pengelompokan Data Industri Kecil Menengah di Provinsi Jambi," vol. 6, no. September, pp. 359–371, 2025, doi: 10.35957/jtsi.v6i2.13553.
- [13] T. L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process," vol. 1, no. 1, 2008.
- [14] A. S. Ramadhan, I. S. Suasana, S. A. Pamungkas, and N. Adinda, "Smart-Rural Entrepreneurship : Integration of IoT and Entrepreneurship Management to Strengthen the Village Economy," vol. 2664, 2024.
- [15] M. Amelia, A. Faqih, A. R. Rinaldi, and K. Sosial, "PENERAPAN METODE K-MEANS CLUSTERING DALAM PEMETAAN KEMISKINAN KABUPATEN / KOTA DI TEPAT," vol. 13, no. 2, 2025.
- [16] M. Nusrang, M. K. Aidid, and Z. Rais, "K-Means Cluster Analysis for Grouping Districts in South



Sulawesi Province Based on Village Potential,” vol. 2, no. 2, pp. 73–82, 2022.

- [17] R. Setiowati, “MSMEs in Jakarta through Spatial Planning and Stakeholder Collaboration for Sustainability,” no. 2019, 2024.
- [18] Y. Lasena, “CLUSTERING KOMODITI UNGGULAN MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS,” vol. 2, pp. 14–18, 2020.
- [19] J. M. Guntur, R. Kurniawan, and U. Hayati, “Algoritma K-Means untuk Meningkatkan Silhouette Score pada Pengelompokan Data Stok Bahan Manufaktur di PT . XYZ,” pp. 11–21, 2025.
- [20] A. C. Pamungkas, D. Wakhid, N. Sakti, F. T. Aqilla, K. Miza, and A. Arum, “Clustering Produk UMKM Berdasarkan Penjualan Online Menggunakan K - Means,” pp. 145–153, 2025.
- [21] R. S. Lisudatu and L. K. Wibisono, “Klasifikasi UMKM Berdasarkan Kinerja Keuangan Menggunakan Algoritma K-Means Clustering (Studi Kasus UMKM Sektor Industri di Kecamatan Rantepao) Algorithm (Case Study of MSMEs in the Industrial Sector in Rantepao District)”.
- [22] L. Penelitian *et al.*, <http://ejournal.nusamandiri.ac.id/index.php/jitk/index>, vol. 8, no. 2. 2023. doi: 10.33480/jitk/v8i2.

