

Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Hasil Panen Padi Menggunakan Metode *Fuzzy C-Means*

Dolla Afriani, Meira Parma Dewi

Departemen Matematika, Universitas Negeri Padang

Article Info

Article history:

Received August 18, 2025

Revised October 16, 2025

Accepted December 5, 2025

Keywords:

Clustering

Fuzzy C-Means

Data Mining

Kata Kunci:

Pengelompokan

Fuzzy C-Means

Data Mining

ABSTRACT

The agricultural sector, particularly rice as a commodity, plays an important role in supporting national food security. Rice production in Indonesia has declined in recent years due to climate change, land conversion, and uneven distribution of assistance. This study aims to classify provinces in Indonesia based on rice yields using the Fuzzy C-Means (FCM) method. Secondary data from BPS for the 2019–2023 period were employed with five main variables, namely yield, harvested area, productivity, rainfall, and seeds. The research stages included data standardization, followed by clustering using the Fuzzy C-Means method, which was carried out iteratively until the cluster centers and membership values reached stability. The optimal number of clusters was determined through validity testing with the Partition Coefficient. The results indicate the formation of three clusters: high, medium, and low. These findings can serve as a basis for formulating more targeted and effective agricultural policies.

ABSTRAK

Sektor pertanian khususnya komoditas padi, memiliki peran penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Produksi padi di Indonesia mengalami penurunan dalam beberapa tahun terakhir akibat perubahan iklim, alih fungsi lahan, serta distribusi bantuan tidak merata. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan hasil panen padi dengan menggunakan metode *Fuzzy C-Means* (FCM). Data sekunder dari BPS periode 2019–2023 digunakan dengan lima variabel utama, yaitu hasil panen, luas panen, produktivitas, curah hujan, dan benih. Tahapan penelitian mencakup standarisasi data, kemudian pengelompokan menggunakan metode *Fuzzy C-Means* yang dilakukan secara iteratif hingga pusat kluster serta nilai keanggotaan mencapai kondisi stabil. Jumlah kluster optimal ditentukan melalui uji validitas *Partition Coefficient*. Hasil penelitian menunjukkan terbentuknya tiga kluster: tinggi, sedang, dan rendah. Hasil ini dapat menjadi dasar penyusunan kebijakan pertanian yang lebih terarah serta efektif.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Penulis Korespondensi:

Dolla Afriani

Departemen Matematika, Universitas Negeri Padang,

Email: afrianidola@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Sektor pertanian memegang peran penting dalam menopang perekonomian nasional, khususnya di negara agraris seperti Indonesia. Komoditas utama yang menjadi tulang punggung pangan nasional adalah padi. Selain menjadi sumber bahan pangan pokok, sektor ini juga menciptakan lapangan pekerjaan bagi masyarakat pedesaan dan berkontribusi besar terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional. Stabilitas produksi padi menjadi hal yang krusial untuk menjamin ketahanan pangan dan kestabilan sosial-ekonomi masyarakat [1]. Namun, produksi padi di Indonesia mengalami penurunan dalam beberapa tahun terakhir. Penurunan ini disebabkan oleh berbagai faktor, seperti perubahan iklim, alih fungsi lahan, keterbatasan infrastruktur pertanian, serta ketimpangan distribusi bantuan dan teknologi [2]. Fenomena ini tidak hanya berdampak pada pasokan pangan, tetapi juga berpengaruh terhadap inflasi harga pangan dan kesejahteraan petani [3].

Untuk menghadapi tantangan tersebut, dibutuhkan strategi kebijakan yang berbasis data guna meningkatkan efektivitas intervensi pemerintah. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah analisis kluster, yakni pengelompokan provinsi berdasarkan kesamaan karakteristik hasil panen padi [4]. Dengan mengetahui kelompok provinsi yang memiliki kondisi serupa, pemerintah dapat menyusun kebijakan yang lebih tepat sasaran, seperti pengembangan infrastruktur pertanian di daerah potensial dan penerapan teknologi di wilayah dengan tren penurunan hasil panen.

Metode *Fuzzy C-Means* (FCM) menjadi salah satu teknik pengelompokan yang tepat digunakan dalam analisis ini karena memungkinkan satu provinsi memiliki derajat keanggotaan dalam lebih dari satu kluster [5]. Berbeda dari metode klasik yang bersifat tegas, metode FCM bersifat fleksibel dan mencerminkan kondisi nyata dari data pertanian yang kompleks dan tidak homogen [5]. FCM dapat mengelompokkan provinsi berdasarkan variabel seperti hasil panen, luas panen, produktivitas, curah hujan, dan penggunaan benih, sehingga diperoleh gambaran klasifikasi yang lebih komprehensif.

Melalui penelitian ini, diharapkan terbentuk kelompok-kelompok provinsi berdasarkan tingkat produktivitas padi yang serupa. Hasil pengelompokan tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam perumusan kebijakan pembangunan pertanian nasional yang lebih adaptif dan efisien. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi dalam penerapan metode data mining di bidang pertanian, sehingga dapat memperkuat pengambilan keputusan yang berbasis data di tengah tantangan pangan nasional yang semakin kompleks.

2. METODE

Metode penelitian ini bersifat terapan yaitu penelitian yang berfokus pada pemecahan masalah dengan memanfaatkan teori dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari publikasi Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2019 sampai 2023, mencakup 34 provinsi di Indonesia dan lima variabel utama yaitu hasil panen (ton), luas panen (ha), produktivitas (ku/ha), curah hujan (mm), dan penggunaan benih (ton) [6].

Langkah-langkah penelitian meliputi pengumpulan dan persiapan data, standardisasi data menggunakan z-score untuk menghindari perbedaan skala antarvariabel, penentuan jumlah kluster optimal menggunakan *Partition Coefficient* (PC), serta penerapan algoritma *Fuzzy C-Means* (FCM) untuk proses pengelompokan data. FCM bekerja secara iteratif dengan membentuk matriks partisi awal secara acak, menghitung pusat kluster, memperbarui nilai keanggotaan tiap data terhadap kluster, dan menghitung fungsi objektif hingga konvergen atau mencapai batas iterasi maksimal. Pengolahan data dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak Rstudio dengan visualisasi hasil kluster untuk mengidentifikasi kelompok provinsi berdasarkan karakteristik hasil panen padi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data

Data hasil panen padi di 34 provinsi di Indonesia dengan lima variabel, yaitu hasil panen (ton), luas panen (ha), produktivitas (ku/ha), curah hujan (mm), dan penggunaan benih (ton) [7].

3.2. Standarisasi Data

Melakukan standarisasi data untuk menghindari potensi permasalahan yang disebabkan oleh perbedaan skala antar variabel menggunakan nilai standar (z-score) [8]

$$z = \frac{x_i - \mu}{\sigma} \quad (1)$$

Hasil standarisasi data menggunakan z-score dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1 Hasil Standarisasi Data

Provinsi	Hasil Panen	Luas Lahan	Produktivitas	Curah Hujan	Benih
Aceh	1,27017	-32,52151	-3,23230	-32,40692	-28,73381
Sumatera Utara	347,58649	166,26391	79,90365	-5,41993	-7,18599
Sumatera Barat	-147,10065	-32,09154	-1,91584	80,74418	-41,30547
Riau	-1048,30886	-451,49177	-202,32067	11,18554	-42,84150
Jambi	-981,97338	-431,17574	-197,14721	6,35114	-42,49602
Sumatera Selatan	834,83121	381,54858	181,63629	1,83253	-26,46621
Bengkulu	-1000,12277	-445,97328	-201,27431	47,93780	-43,30372
Lampung	719,23875	361,01052	120,98917	-30,67084	-20,68918
Kepulauan Bangka Belitung	-1170,91651	-523,40040	-239,45615	1,57135	-44,51255
Kepulauan Riau	-1216,62026	-552,97395	-252,97682	-10,03840	-44,51255
DKI Jakarta	-1214,72492	-552,29275	-252,69002	-23,09574	-44,13589
Jawa Barat	5739,32355	2324,23482	1019,76189	23,08635	172,02539
Jawa Tengah	5954,29181	2452,63225	1100,09642	-12,29940	342,13441
DI Yogyakarta	-805,58283	-357,34711	-163,31795	0,32434	-25,38470
Jawa Timur	6159,11851	2532,33862	1119,40528	-18,64883	578,57116
Banten	29,21004	19,45204	-8,30623	-15,12630	-28,48018
Bali	-748,55558	-369,48698	-176,31335	-8,00357	-34,77786
Nusa Tenggara Barat	-133,89252	-54,79127	-26,09806	-28,31509	33,89392
Nusa Tenggara Timur	-641,15910	-221,97225	-92,88855	-45,73654	-41,53902
Kalimantan Barat	-644,50547	-109,93507	-19,40675	20,05631	-39,41879
Kalimantan Tengah	-919,80231	-329,00672	-135,42700	12,23027	-42,54651
Kalimantan Selatan	-426,49508	-76,11729	33,99311	9,03208	-37,09748
Kalimantan Timur	-1030,71889	-434,37071	-197,03588	16,89397	-41,39302
Kalimantan Utara	-1194,23485	-537,55774	-244,94546	-0,76391	-44,40418
Sulawesi Utara	-1028,57127	-447,22565	-203,22097	41,75311	-44,51313
Sulawesi Tengah	-598,85475	-232,81482	-103,16757	-64,31880	-40,94321
Sulawesi Selatan	2594,59113	1233,46645	561,26929	40,39087	-14,86123
Sulawesi Tenggara	-831,15832	-328,77314	-146,52360	-9,67735	-43,10843
Gorontalo	-1037,18038	-466,23271	-213,68507	-35,05629	-43,48334
Provinsi	Hasil Panen	Luas Lahan	Produktivitas	Curah Hujan	Benih
Sulawesi Barat	-973,91281	-440,29273	-202,73565	-29,52881	-43,74946
Maluku	-1141,51220	-506,89021	-232,29030	78,87665	-43,69492
Maluku Utara	-1192,79245	-537,64849	-243,80284	-2,30368	-43,69661
Papua Barat	-1197,40368	-541,84349	-247,39450	6,07801	-44,51313
Papua	-1053,36179	-456,71986	-209,48204	-26,93407	-42,83676

3.1. Pengelompokan Data dengan Metode *Fuzzy C-Means (FCM)*

Berikut langkah pengelompokan data menggunakan algoritma metode *Fuzzy C-Means* [8]:

- Menentukan matriks partisi awal U berupa matriks berukuran $n \times m$ (n adalah jumlah populasi data, yaitu $n=34$, dan m adalah variabel dari data yaitu $m=5$).
- Menentukan nilai parameter
Jumlah kluster (c) ditetapkan sebanyak 3, sesuai hasil penentuan jumlah kluster optimal. Nilai pangkat pembobot (w) digunakan sebesar 2 untuk mengatur tingkat fuzzifikasi pada proses pengelompokan. Maksimum iterasi ($MaxIter$) ditentukan sebanyak 100 kali sebagai batas perulangan algoritma. Tingkat kesalahan terkecil yang diharapkan (ξ) ditetapkan sebesar 0,001, sehingga proses iterasi dihentikan apabila nilai error telah mencapai batas tersebut. Fungsi objektif awal (P_0) bernilai 0, sedangkan iterasi awal (t) dimulai dari 1. Penetapan parameter ini bertujuan untuk memastikan algoritma FCM berjalan optimal hingga menghasilkan pusat kluster dan nilai keanggotaan yang stabil.
- Bangkitkan bilangan random μ_{ik} , sebagai elemen-elemen matriks partisi awal (U)
Berikut nilai keanggotaan awal yang dibentuk secara random pada Tabel 2:
- Menghitung pusat kluster
Berikut perhitungan pusat kluster menggunakan persamaan (2):

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^w * x_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w} \quad (2)$$

Sehingga diperoleh 3 pusat kluster V_{kj} seperti pada Tabel 3:

Tabel 3 Pusat Kluster Iterasi Pertama

Kluster 1	9,98072	7,23510	3,68315	0,37019	-4,02524
Kluster 2	-454,20819	-185,02980	-81,67164	-0,49307	-18,99563
Kluster 3	271,10319	109,60248	48,30599	-4,02062	15,97934

- Menghitung fungsi objektif
Berikut perhitungan fungsi objektif menggunakan persamaan (3):

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left(\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w \right) \quad (3)$$

Berikut perhitungan fungsi objektif menggunakan persamaan (3):

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 &= (X_{11} - V_{11})^2 + (X_{12} - V_{12})^2 + (X_{13} - V_{13})^2 + (X_{14} - V_{14})^2 + (X_{15} - V_{15})^2 \\ &= (75,87359) + (1580,5879) + (47,82337) + (1074,3391) + (610,51346) \\ &= 3389,13751 \\ \left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{i1})^2 &= 3389,13751 * 0,0328 = 111,28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Seterusnya hingga ke } \left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{i3})^2 \\ \sum_{k=1}^c \left(\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w \right) &= 48053,981 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh fungsi objektif pada iterasi pertama yaitu:

$$P_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left(\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w \right) = 66715027,9382$$

- Menghitung perubahan matriks

Berikut perhitungan perubahan matriks menggunakan persamaan (4):

$$\mu_{ik} = \frac{\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{-\frac{1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c \left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{-\frac{1}{w-1}}} \quad (4)$$

Tabel 2 Nilai Keanggotaan Awal

No.	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3
1	0,1812	0,3005	0,5183
2	0,3235	0,2181	0,4583
3	0,1748	0,3661	0,4591
4	0,3165	0,5449	0,1386
5	0,4460	0,5138	0,0403
6	0,7206	0,2023	0,0772
7	0,3485	0,3546	0,2969
8	0,2804	0,0899	0,6297
9	0,4163	0,1154	0,4683
10	0,0286	0,7562	0,2152
11	0,4434	0,2086	0,3480
12	0,3214	0,1087	0,5700
13	0,2970	0,3600	0,3429
14	0,3718	0,5732	0,0550
15	0,3459	0,0798	0,5742
16	0,2611	0,1823	0,5567
17	0,3022	0,2380	0,4598
18	0,1385	0,7883	0,0733
19	0,5041	0,3944	0,1015
20	0,0036	0,5337	0,4627
21	0,4631	0,4899	0,0470
22	0,2680	0,0866	0,6453
23	0,6124	0,3251	0,0624
24	0,2277	0,2381	0,5342
25	0,3193	0,4443	0,2365
26	0,0750	0,4476	0,4774
27	0,3074	0,4222	0,2704
28	0,5358	0,4382	0,0261
29	0,1391	0,0405	0,8204
30	0,1817	0,2939	0,5245
31	0,1762	0,2900	0,5339
32	0,3842	0,1293	0,4865
33	0,0849	0,4896	0,4255
34	0,2744	0,3775	0,3481

Berikut perhitungan μ_{ik} baru dari persamaan (4) pada klaster pertama data pertama yaitu Provinsi Aceh:

$$\left[\sum_{j=1}^5 (X_{ij} - V_{1j})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}} = (X_{11} - V_{11})^2 + (X_{12} - V_{12})^2 + (X_{13} - V_{13})^2 + (X_{14} - V_{14})^2 + (X_{15} - V_{15})^2 \quad (5)$$

$$= (0,00096 - V_{11})^2 + (-0,05837 - V_{12})^2 + (-0,01303 - V_{13})^2 + (-1,38302 - V_{14})^2 + (-0,43357 - V_{15})^2$$

$$= 0,00029$$

$$\sum_{k=1}^3 \left[\sum_{j=1}^5 (X_{ij} - X_{1j})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}} = 0,0000102$$

$$\mu_{11} = \frac{\left[\sum_{j=1}^5 (X_{ij} - X_{1j})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^3 \left[\sum_{j=1}^5 (X_{ij} - X_{1j})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}} = \frac{0,47583}{1,41704} = 0,95359$$

Sehingga diperoleh perhitungan fungsi objektif Iterasi Pertama pada Tabel 3:

g) Memeriksa kondisi berhenti

Berikut memeriksa kondisi berhenti menggunakan persamaan (6):

$$(|P_t - P_{t-1}| < \xi) \quad (6)$$

Diketahui hasil dari P_1 dan P_0 dari hasil perhitungan sebelumnya yaitu:

$$P_t = P_1 = 66715027,9382$$

$$P_{t-1} = P_0 = 0$$

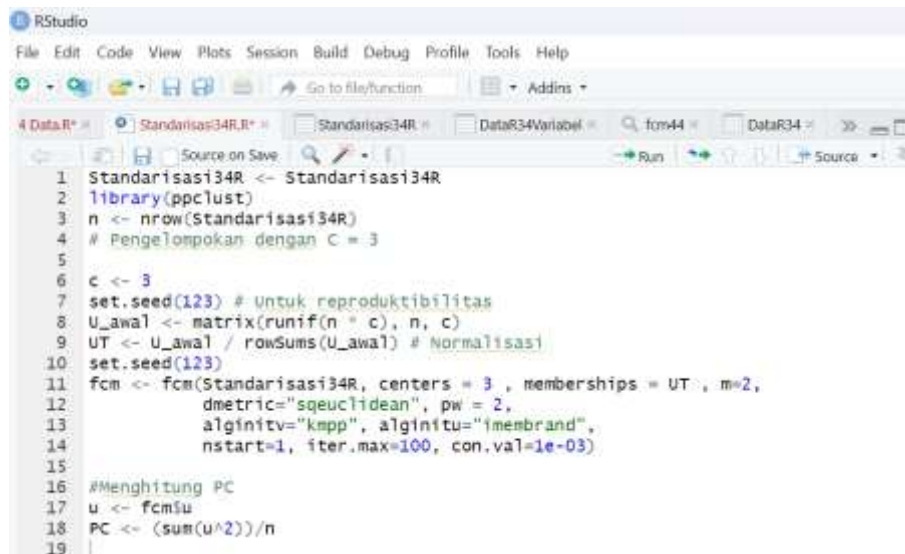
$$|P_t - P_{t-1}| = 66715027,9382 - 0 = 66715027,9382$$

Dapat diartikan bahwa $66715027,9382 > 0,001$

Karena kondisi berhenti $|P_t - P_{t-1}| > \xi$ sehingga perlu dilakukan iterasi selanjutnya ke iterasi kedua.

Perhitungan akan berhenti apabila selisih $|P_t - P_{t-1}| < \xi$ atau mencapai iterasi maksimal yaitu 100.

Dengan bantuan Software RStudio [9] diperoleh hasil perhitungan dengan tiga klaster menggunakan rumus pada Gambar 1:



```

1 Standarisasi34R <- Standarisasi34R
2 library(ppclust)
3 n <- nrow(Standarisasi34R)
4 # Pengelompokan dengan C = 3
5
6 c <- 3
7 set.seed(123) # Untuk reproduktibilitas
8 U_awal <- matrix(runif(n * c), n, c)
9 UT <- U_awal / rowSums(U_awal) # Normalisasi
10 set.seed(123)
11 fcm <- fcm(Standarisasi34R, centers = 3, memberships = UT, m=2,
12           dmetric="sqeuclidean", pw = 2,
13           alginityv="kmpp", alginityu="membrand",
14           nstart=1, iter.max=100, con.val=1e-03)
15
16 #Menghitung PC
17 u <- fcm$u
18 PC <- (sum(u^2))/n
19

```

Gambar 1 Rumus RStudio Fuzzy C-Means

Tabel 3 Perhitungan Fungsi Objektif Iterasi Pertama

Provinsi	$\left[\sum_{j=1}^5 (X_{1j} - X_{1j})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}$	$\left[\sum_{j=1}^5 (X_{2j} - X_{2j})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}$	$\left[\sum_{j=1}^5 (X_{3j} - X_{3j})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}$	$\sum_{k=1}^3 \left[\sum_{j=1}^m (X_{kj} - X_{kj})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}$	μ_{i1}	μ_{i2}	μ_{i3}
Aceh	0,00029506	0,00000420	0,00001016	0,00030942	0,953599	0,013580	0,032821
Sumatera Utara	0,00000689	0,00000126	0,00009436	0,00010252	0,067216	0,012308	0,920476
Sumatera Barat	0,00002932	0,00000762	0,00000481	0,00004176	0,702256	0,182585	0,115159
Riau	0,00000073	0,00000228	0,00000047	0,00000348	0,209336	0,655084	0,135580
Jambi	0,00000082	0,00000283	0,00000052	0,00000417	0,196765	0,678826	0,124410
Sumatera Selatan	0,00000117	0,00000049	0,00000243	0,00000409	0,286670	0,119118	0,594212
Bengkulu	0,00000079	0,00000261	0,00000050	0,00000390	0,201826	0,669422	0,128752
Lampung	0,00000155	0,00000058	0,00000369	0,00000582	0,267036	0,100027	0,632936
Kepulauan Bangka Belitung	0,00000058	0,00000153	0,00000039	0,00000250	0,230755	0,613090	0,156154
Kepulauan Riau	0,00000053	0,00000134	0,00000036	0,00000223	0,237402	0,599593	0,163005
DKI Jakarta	0,00000053	0,00000134	0,00000036	0,00000224	0,237217	0,599969	0,162815
Jawa Barat	0,00000003	0,00000002	0,00000003	0,00000008	0,338693	0,289640	0,371667
Jawa Tengah	0,00000002	0,00000002	0,00000003	0,00000007	0,338564	0,291310	0,370126
DI Yogyakarta	0,00000121	0,00000626	0,00000070	0,00000817	0,148152	0,765858	0,085990
Jawa Timur	0,00000002	0,00000002	0,00000002	0,00000006	0,338444	0,292733	0,368824
Banten	0,00066624	0,00000356	0,00001390	0,00068370	0,974468	0,005202	0,020330
Bali	0,00000133	0,00000770	0,00000076	0,00000978	0,136135	0,786576	0,077289
Nusa Tenggara Barat	0,00003611	0,00000792	0,00000506	0,00004909	0,735491	0,161372	0,103137
Nusa Tenggara Timur	0,00000204	0,00002564	0,00000103	0,00002872	0,071147	0,892852	0,036001
Kalimantan Barat	0,00000225	0,00002147	0,00000112	0,00002484	0,090610	0,864402	0,044988
Kalimantan Tengah	0,00000100	0,00000415	0,00000061	0,00000576	0,173997	0,720582	0,105421
Kalimantan Selatan	0,00000501	0,00003784	0,00000191	0,00004476	0,111963	0,845426	0,042610
Kalimantan Timur	0,00000076	0,00000245	0,00000049	0,00000369	0,205224	0,662922	0,131853
Kalimantan Utara	0,00000055	0,00000143	0,00000038	0,00000236	0,234146	0,606237	0,159617
Sulawesi Utara	0,00000075	0,00000240	0,00000048	0,00000364	0,206396	0,660750	0,132854
Sulawesi Tengah	0,00000225	0,00003543	0,00000111	0,00003878	0,057907	0,913568	0,028526
Sulawesi Selatan	0,00000012	0,00000009	0,00000014	0,00000035	0,338839	0,245593	0,415568
Sulawesi Tenggara	0,00000118	0,00000597	0,00000069	0,00000784	0,151019	0,760932	0,088049
Gorontalo	0,00000073	0,00000228	0,00000047	0,00000348	0,209369	0,655019	0,135612
Sulawesi Barat	0,00000082	0,00000285	0,00000052	0,00000419	0,196637	0,679071	0,124292
Maluku	0,00000060	0,00000165	0,00000041	0,00000266	0,227185	0,620387	0,152428
Maluku Utara	0,00000055	0,00000144	0,00000038	0,00000237	0,233970	0,606592	0,159438
Papua Barat	0,00000055	0,00000141	0,00000037	0,00000234	0,234768	0,604978	0,160253
Papua	0,00000072	0,00000222	0,00000047	0,00000340	0,210801	0,652262	0,136937

Diperoleh nilai keanggotaan pada iterasi terakhir menggunakan bantuan RStudio seperti pada Tabel 4 sehingga diperoleh hasil pengelompokan provinsi di Indonesia di mana pada kluster pertama terdapat 23 provinsi, kluster kedua terdapat 3 provinsi, dan kluster ketiga terdapat 8 provinsi.

Tabel 4 Nilai Keanggotaan pada Iterasi Terakhir

Provinsi	μ_{i1}	μ_{i2}	μ_{i3}
Aceh	0,160359167	0,004318748	0,835322084
Sumatera Utara	0,001526464	0,008929641	0,998348239
Sumatera Barat	0,293245339	0,005822578	0,700932083
Riau	0,996852742	0,000134613	0,003012645
Jambi	0,999761416	0,00000955	0,000229933
Sumatera Selatan	0,055183809	0,006827066	0,937511124
Bengkulu	0,998168167	0,000075071	0,00175631
Lampung	0,036276768	0,004050209	0,959673024
Kepulauan Bangka Belitung	0,98158857	0,008964942	0,017517635
Kepulauan Riau	0,973566627	0,001347104	0,025086269
DKI Jakarta	0,973729563	0,001336726	0,024933711
Jawa Barat	0,001145438	0,9970346	0,001819963
Jawa Tengah	0,000164333	0,9957939	0,000256403
DI Yogyakarta	0,982516999	0,000567354	0,016915462
Jawa Timur	0,002401373	0,9939103	0,003688365
Banten	0,124420375	0,003683748	0,871895876
Bali	0,996754383	0,000193484	0,003052168
Nusa Tenggara Barat	0,994768075	0,000730844	0,004501081
Nusa Tenggara Timur	0,02967872	0,002731726	0,108366983
Kalimantan Barat	0,836024488	0,003789102	0,160186409
Kalimantan Tengah	0,993626428	0,002843062	0,00611453
Kalimantan Selatan	0,617426681	0,0161825	0,376556494
Kalimantan Timur	0,998160011	0,000076959	0,0017673
Kalimantan Utara	0,977300173	0,000001	0,022698635
Sulawesi Utara	0,997500332	0,001113793	0,002385875
Sulawesi Tengah	0,866574334	0,000534068	0,130294802
Sulawesi Selatan	0,991435202	0,002614721	0,005950077
Sulawesi Tenggara	0,992496085	0,000851477	0,00572199
Gorontalo	0,996314323	0,001574266	0,003528251
Sulawesi Barat	0,999197402	0,000032066	0,000770536
Maluku	0,983954625	0,000760284	0,015285091
Maluku Utara	0,977934998	0,001097908	0,020967094
Papua Barat	0,976962117	0,001152535	0,021885348
Papua	0,996025238	0,000171293	0,00380347

h) Visualisasi hasil pengelompokan

Visualisasi hasil dari pengelompokan [10] data Provinsi berdasarkan hasil panen padi dengan 3 kluster menggunakan rumus *Partition Coefficient* (PC) pada persamaan (7).

$$PC = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^c \sum_{i=1}^N \mu_{ki}^2 \quad (7)$$

Berikut hasil visualisasi pengelompokan provinsi di Indonesia menggunakan rumus *Partition Coefficient* (PC) pada persamaan (6):

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{34} \mu_{k1}^2 &= (0,16035)^2 + (0,00431)^2 + (0,83532)^2 = 0,72349 \\ &\vdots \\ \sum_{i=1}^{34} \mu_{k34}^2 &= (0,99602)^2 + (0,00017)^2 + (0,00380)^2 = 0,99208 \\ \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^{34} \mu_{ki}^2 &= 0,72349 + 0,99678 + \dots + 0,99208 = 30,44475 \\ PC &= \frac{1}{34} \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^{34} \mu_{ki}^2 = \frac{30,44475}{34} = \mathbf{0,89543} \end{aligned}$$

Nilai *Partition Coefficient* (PC) sebesar 0,89543 pada pengelompokan dengan tiga kluster menunjukkan bahwa hasil klusterisasi menggunakan metode *Fuzzy C-Means* memiliki tingkat kejelasan yang cukup tinggi, meskipun terdapat sedikit kekaburan dalam keanggotaan beberapa provinsi terhadap kluster tertentu.

4. KESIMPULAN

Hasil analisis Fuzzy C-Means menghasilkan tiga kluster provinsi di Indonesia. Kluster pertama (23 provinsi) memiliki curah hujan tinggi namun produktivitas rendah sehingga memerlukan peningkatan mutu benih dan teknologi. Kluster kedua (3 provinsi) menunjukkan kinerja pertanian terbaik dan dapat menjadi contoh bagi wilayah lain. Kluster ketiga (8 provinsi) berada pada tingkat menengah dengan potensi peningkatan melalui efisiensi dan penerapan teknologi pertanian.

REFERENSI

- [1] syakir, "Pertanian sebagai pendukung ekonomi indonesia," *Pertan. Sebagai Pendukung Ekon. Indones.*, no. December, p. 3, 2021.
- [2] BPS, "Jumlah Pengelola Usaha Pertanian Perorangan Menurut Provinsi dan Kelompok Umur," 2023, [Online]. Available: <https://sensus.bps.go.id/topik/tabular/st2023/210/0/0>
- [3] Waluyo and M. D. Pujansari, "Statistik Prasarana dan Sarana Pertanian," *Pertanian, Sekr. Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Kementerian. Pertan. Republik Indones.*, vol. 1, pp. 1–108, 2021.
- [4] W. Sanusi, A. Zaky, and B. N. Afni, "Analisis Fuzzy C-Means dan Penerapannya Dalam Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Berdasarkan Faktor-faktor Penyebab Gizi Buruk," *J. Math. Comput. Stat.*, vol. 2, no. 1, p. 47, 2020, doi: 10.35580/jmathcos.v2i1.12458.
- [5] I. M. Nur, A. N. L. Syifa, M. Kharis, and S. Heidy Permatasari, "Implementasi Metode Fuzzy C-Means Dalam Pengelompokan Hasil Panen Padi Di Provinsi Bali," *Var. J. Stat. Its Appl.*, vol. 5, no. 1, pp. 13–24, 2023, doi: 10.30598/variancevol5iss1page13-24.
- [6] A. F. Falatehan and J. Othman, "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Padi Sri," *J. Manaj. AGRIBISNIS (Journal Agribus. Manag.*, vol. 5, no. 2, p. 52, 2017, doi: 10.24843/jma.2017.v05.i02.p09.
- [7] B. P. Statistika, "TAHUN 2018- 2024," *Badan Pus. Stat.*, pp. 2020–2025, 2024.
- [8] N. Anissa, "Penggunaan Metode Z Score Untuk Memprediksi Kemungkinan Kebangkrutan Pada PT MITRA ADIPERKASA Tbk," *J. Ilm. Ekon. Bisnis*, vol. 21, no. 3, p. 96684, 2016, [Online]. Available: ejournal.gunadarma.ac.id
- [9] R. Krishnapuram and J. M. Keller, *A Possibilistic Approach to Clustering*, vol. 1, no. 2, 1993. doi: 10.1109/91.227387.
- [10] M. Norshahlan, H. Jaya, and R. Kustini, "Penerapan Metode Clustering Dengan Algoritma K-means Pada Pengelompokan Data Calon Siswa Baru," *J. Sist. Inf. Triguna Dharma (JURSI TGD)*, vol. 2, no. 6, p. 1042, 2023, doi: 10.53513/jursi.v2i6.9148.