

PENGELOMPOKKAN KABUPATEN DI PROVINSI JAWA TENGAH BERDASARKAN KARAKTERISTIK IKLIM MENGGUNAKAN *FUZZY CLUSTERING*

Natalie Novenrodumetasa^{1§}, G. K. Gandhiadi², Ketut Jayanegara³

¹Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: natameta28@gmail.com]

²Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: gandhiadi@unud.ac.id]

³Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: ktjayanegara@unud.ac.id]

[§]Corresponding Author

ABSTRACT

There are many factors affecting human life, one of which is climate. Differences in climatic conditions in each region result in differences in the environment in society. The differences are referred to as potential natural resources, livelihoods, and social cultural conditions. The climate has an impact on culture in terms of how people dress, the shape of houses, and so on. The regency group in Central Java Province is based on similarities in climate characteristics using fuzzy clustering. The data used were taken from Central Java Provincial Statistical Office in 2022. The results of district grouping in Central Java Province are based on similarities in climate characteristics using fuzzy clustering with 4 different number of clusters and the validity tests of the Partition Coefficient and Classification Entropy indices. Based on the results of the index validity test, the optimal grouping results are 2 clusters with a Partition Coefficient value of 0.911233 and a Classification Entropy value of 0.07979. The 1st cluster consists of 13 districts with a cluster center at 27.9°C for air temperature, 2418mm for rainfall, and 80.4% for keelThe 2nd cluster and airbase consist of 22 cluster central districts at 26.6 °C for air temperature, 4087 mm for rainfall, and 81.3% for humidity.

Keywords: *Fuzzy, Clustering, Climate*

1. PENDAHULUAN

Terdapat banyak faktor yang memengaruhi kehidupan manusia, salah satunya yaitu iklim. Perbedaan kondisi iklim disetiap wilayah mengakibatkan adanya perbedaan terhadap lingkungan hidup di masyarakat. Perbedaan yang dimaksud seperti potensi sumber daya alam, mata pencaharian, serta kondisi sosial budayanya. Iklim berdampak pada budaya dalam hal bagaimana orang berpakaian, bentuk rumah, dan sebagainya (Winarsih,2019). Sebagai contoh, wilayah yang mempunyai suhu lebih dingin cenderung menggunakan pakaian yang lebih tebal dibandingkan dengan wilayah yang mempunyai suhu lebih panas.

Indonesia merupakan negara beriklim tropis. Tetapi, setiap wilayah yang ada di Indonesia tidak memiliki kondisi iklim yang sama. Perbedaan iklim di setiap wilayah dapat dipengaruhi oleh karakteristik iklim. Kondisi rata-rata dalam jangka waktu lama terkait

dengan curah hujan, suhu serta tekanan udara, juga faktor meteorologi lainnya disebut iklim (Tjasyono, 2004). Karakteristik iklim suatu daerah ditentukan oleh probabilitas beberapa indikator yang ditetapkan, seperti suhu, curah hujan, dan kelembaban udara.

Suhu udara adalah salah satu faktor iklim yang penting. Tinggi rendahnya suhu bisa berubah sewaktu-waktu berdasarkan lokasi serta waktunya (Tjasyono, 1992). Curah hujan merupakan kuantitas air hujan jatuh di satu wilayah pada satu kurun waktu. Terjadinya kondensasi uap air yang dibawa angin dapat membentuk sebuah awan yang dapat menyebabkan curah hujan menyebar ke seluruh wilayah (Lakitan,2002). Menurut Nasir, dkk.,(2017) kelembaban udara adalah konsentrasi uap air yang ada di dalam udara. Jumlah tersebut sesungguhnya merupakan sedikit dari keseluruhan atmosfer.

Ginting (2017) melakukan pengelompokan kabupaten atau kota yang

terletak di Provinsi Sumatera Utara berdasarkan karakteristik iklim dengan menggunakan Metode Ward dan Metode Average Linkage. Penelitian Ginting (2017) mendapatkan hasil 4 *cluster* berdasarkan karakteristik iklim yaitu *cluster* 1 terdiri dari kabupaten/kota yang memiliki nilai pusat untuk curah hujan dan penguapan yang tinggi, *cluster* 2 terdiri dari kabupaten/kota dengan nilai *centroid* yang tinggi untuk penguapan dan suhu, *cluster* 3 terdiri dari kabupaten/kota dengan tingkat penyinaran yang lebih dominan namun tidak terlalu tinggi dan tingkat suhu yang tidak tinggi, *cluster* 4 terdiri dari kabupaten/kota dengan nilai *centroid* yang tinggi untuk penyinaran matahari.

Selanjutnya, Juaeni,dkk (2010) melakukan pengelompokan wilayah curah hujan di Kalimantan Barat berbasis Metode Ward dan *Fuzzy Clustering*. Pada penelitian ini menghasilkan 4 kelompok grid yang memiliki karakteristik curah hujan yang homogen. Perbedaan jumlah grid antar *cluster* antara metode Ward dan metode *Fuzzy Clustering* disebabkan oleh adanya penerapan *overlapping* pada metode *Fuzzy*, sehingga menyebabkan grid tertentu bisa menjadi anggota di dua *cluster* atau lebih dengan nilai derajat keanggotaan yang berbeda. Metode *Fuzzy Clustering* menunjukkan hasil perbandingan intensitas curah hujan yang lebih baik dibandingkan metode Ward pada penelitian tersebut. Berdasarkan penelitian terdahulu, peneliti akan melakukan pengelompokan kabupaten di Provinsi Jawa Tengah berdasarkan karakteristik iklim menggunakan *Fuzzy Clustering*.

Fuzzy sendiri memiliki arti samar atau ketidakjelasan yang dapat memiliki nilai benar dan salah secara bersamaan. Konsep logika *fuzzy* dikembangkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965 sebagai alternatif untuk logika biner tradisional yang hanya mengenal nilai kebenaran "benar" atau "salah". Logika *fuzzy* memungkinkan penggunaan derajat kebenaran yang lebih fleksibel, yang dapat berada di antara nilai "benar" dan "salah" dengan menggunakan konsep keanggotaan pada himpunan. Dalam menggunakan logika *fuzzy*, nilai kebenaran yang dihasilkan bukan hanya 0 atau 1, melainkan semua kemungkinan antara 0 dan 1, yang mencerminkan sejauh mana suatu pernyataan benar (Kusumadewi & Purnomo, 2013).

Clustering adalah metode pengelompokan data. Menurut Tan et al. (2006) *clustering* adalah proses untuk mengelompokkan data ke dalam beberapa *cluster* atau kelompok sehingga data dalam satu *cluster* memiliki tingkat kemiripan yang maksimum dan data antar *cluster* memiliki kemiripan yang minimum. *Clustering* yang menghasilkan tingkat kemiripan yang tinggi didalam satu *cluster* dan tingkat kemiripan yang rendah antar *cluster* merupakan hasil yang baik. Metode paling umum yang digunakan untuk menghitung jarak antar objek salah satunya adalah Jarak Euclidean.

Fuzzy clustering adalah salah satu cara dalam penentuan *cluster* optimal dalam suatu ruang vektor yang didasarkan pada bentuk normal Euclidean untuk jarak antar vektor. Ada beberapa algoritma *clustering* data, salah satunya adalah *Fuzzy C-Means* (FCM). FCM adalah suatu teknik pengclusteran data yang mana keberadaan tiap-tiap data dalam suatu *cluster* ditentukan oleh derajat keanggotaan. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bezdek pada tahun 1981 (Kusumadewi & Purnomo, 2013). Prinsip utama dalam melakukan pengelompokan dengan FCM adalah mendapatkan nilai fungsi objektif paling minimum (Shihab, 2000)

$$J_{fcm}(P, U, X, c, m) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^m d_{ik}^2(x_k, p_i)$$

dengan asumsi harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^c \mu_{ik} = 1, \text{ untuk } \forall k \in \{1, \dots, n\}$$

Dengan c adalah umlah *cluster*, m adalah tingkat ke-fuzzy-an (*fuzzier*), μ_{ik} adalah nilai derajat keanggotaan, n adalah jumlah data, d_{ik}^2 adalah ukuran jarak antara data dengan pusat *cluster*.

2. METODE PENELITIAN

a. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder. Sumber data diambil dari data Indikator Iklim di 29 kabupaten dan 6 kota Provinsi Jawa Tengah Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah Tahun 2022.

b. Variabel Penelitian

Adapun variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. x_1 : Rata-rata bulanan suhu udara

2. x_2 : Rata-rata bulanan curah hujan
3. x_3 : Rata-rata bulanan kelembaban udara

c. Analisis Data

Tahapan Analisis data menggunakan algoritma Fuzzy C-Means adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan data yang akan dicluster X, berupa matriks berukuran $n \times m$, dimana n = jumlah kabupaten dan m = jumlah atribut data
2. Menentukan jumlah cluster (c), jumlah cluster yang akan dibentuk adalah 2 sampai 5 cluster.
3. Menentukan parameter awal lainnya, pangkat pembobot (w), maksimum iterasi (MaxIter), error terkecil yang diharapkan (ξ), fungsi obyektif awal (P_0) dan iterasi awal (t).
4. Membangkitkan bilangan random μ_{ik} sebagai elemen-elemen matriks partisi awal U seperti pada persamaan
5. Menghitung pusat cluster V_{kj} dari setiap cluster yang akan dibentuk dengan persamaan
6. Menghitung fungsi obyektif P_t dengan persamaan
7. Memperbaiki nilai μ_{ik} pada matriks partisi U dengan persamaan
8. Mengecek kondisi berhenti:
 - a. Jika: ($|P_t - P_{t-1}| < \xi$) atau ($t > \text{MaxIter}$) maka berhenti;
 - b. Jika tidak: $t = t+1$, ulangi langkah ke-4 dengan menggunakan matriks partisi yang sudah diperbaharui
9. Mengukur validitas cluster yang didapatkan dengan uji validitas cluster.
10. Melakukan interpretasi hasil cluster yang didapatkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Fuzzy Clustering

Pengelompokkan *fuzzy clustering* ini dilakukan menggunakan algoritma *fuzzy c-means*. Pada penelitian ini akan menggunakan 3 atribut karakteristik iklim, yaitu suhu udara, curah hujan, dan kelembaban udara. Langkah-langkah perhitungan untuk melakukan pengelompokkan menggunakan algoritma fuzzy c-means adalah sebagai berikut:

1. Input data

Menginput data yang akan dicluster X, berupa matriks berukuran $n \times m$ (n = jumlah sampel data, m = jumlah atribut data). x_{ij} = data sampel ke-i ($i=1,2,\dots,35$), atribut ke-j ($j=1,2,3$).

$$X_{35 \times 3} = \begin{bmatrix} 27,2 & 4661 & 82,0 \\ 27,8 & 4161 & 81,0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 27,9 & 2225 & 80,0 \end{bmatrix}$$

2. Menentukan parameter awal

Menentukan parameter awal yang akan digunakan yaitu, jumlah cluster, pangkat pembobot, maksimum iterasi, error terkecil, fungsi objektif awal, dan iterasi awal.

Tabel 1. Parameter Awal

Parameter awal	Keterangan
Jumlah cluster	2,3,4,5
Pangkat pembobot	2
Maksimum iterasi	100
Error terkecil	0,00001
Fungsi Objektif awal	0
Iterasi awal	1

3. Membangkitkan matriks partisi awal

Sesudah menetapkan parameter awal yang digunakan, selanjutnya membangkitkan bilangan random berupa matriks yang sesuai dengan jumlah data dan cluster yang akan digunakan.

$$U_{35 \times 2} = \begin{bmatrix} 0,3434 & 0,6566 \\ 0,5152 & 0,4848 \\ 0,6263 & 0,3737 \\ 0,2121 & 0,7879 \\ 0,4343 & 0,5657 \\ 0,2424 & 0,7576 \\ 0,7374 & 0,2626 \\ \vdots & \vdots \\ 0,4548 & 0,5452 \\ 0,5178 & 0,4822 \\ 0,5423 & 0,4577 \\ 0,7766 & 0,2234 \\ 0,1212 & 0,8788 \end{bmatrix}$$

4. Mengitung Pusat cluster

Sesudah mendapatkan matriks partisi awal U, selanjutnya akan dihitung pusat cluster untuk masing-masing cluster.

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^{35} ((\mu_{ik}^2) * x_{ij})}{\sum_{i=1}^{35} \mu_{ik}^2}$$

Contoh:

$$V_{11} = \frac{\sum_{i=1}^{35} ((\mu_{i1}^2) * x_{i1})}{\sum_{i=1}^{35} \mu_{i1}^2}$$

$$= \frac{[(0,3434^2 \times 27,2) + \dots + (0,1212^2 \times 27,9)]}{[0,3434^2 + 0,5152^2 + \dots + 0,7766^2 + 0,1212^2]}$$

$$= \frac{285,9231}{8,5114} = 27,3$$

Pada tabel 2 telah didapatkan hasil perhitungan pusat *cluster* untuk setiap *cluster* sementara

Tabel 2. Pusat *Cluster* Awal

<i>Cluster</i>	Suhu Udara (°C)	Curah Hujan (mm)	Kelembaban Udara (%)
1	27,9	2418	80,4
2	26,6	4087	81,3

5. Menghitung Fungsi Objektif

Sesudah mendapatkan pusat *cluster* untuk masing-masing *cluster* pada setiap variabel, selanjutnya akan dihitung fungsi objektif.

$$P_t = \sum_{i=1}^{35} \sum_{k=1}^2 \left(\left[\sum_{j=1}^3 (x_{ij} - v_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^2 \right)$$

$$P_1 = \sum_{i=1}^{35} \left([(27,2 - 27,3)^2 + (4661 - 2994)^2 + (82 - 80,6)^2 \times (0,3434)^2] + [(27,2 - 27,5)^2 + (4661 - 3140)^2 + (82 - 80,8)^2 \times (0,6566)^2] \right)$$

$$P_1 = 16219049,847316$$

6. Menghitung perubahan matriks partisi

Setelah mendapatkan nilai fungsi objektif, selanjutnya akan dilakukan perhitungan perubahan nilai untuk μ_{ik} yang baru.

$$\mu_{ik} = \frac{\left[\sum_{j=1}^3 (x_{ij} - v_{kj})^2 \right]^{-1}}{\sum_{k=1}^2 \left(\left[\sum_{j=1}^3 (x_{ij} - v_{kj})^2 \right]^{-1} \right)}$$

Contoh:

$$\mu_{11} =$$

$$\frac{((27,2-27,3)^2 + \dots + (82-80,6)^2)^{-1}}{((27,2-27,3)^2 + \dots + (82-80,6)^2)^{-1} + ((27,2-27,4)^2 + \dots + (82-80,8)^2)^{-1}}$$

$$= \frac{2778485,8949}{5091660,7783}$$

7. Mengecek kondisi berhenti

Setelah mendapatkan hasil perhitungan nilai fungsi objektif dan matriks partisi baru, selanjutnya akan melakukan pengecekan kondisi berhenti dengan cara melakukan pengurangan nilai antar fungsi objektif. Pada perhitungan yang telah dilakukan pada iterasi pertama diperoleh nilai fungsi objektif P_1 sebesar 16219049,847316 sehingga ($|P_1 - P_0| > \xi$) atau iterasi = 1 < MaxIter (=100), maka proses dilanjutkan ke iterasi ke-2 (t=2). Perhitungan iterasi ke-2 menggunakan matriks partisi yang sudah

diperbaharui. Pada penelitian ini iterasi berhenti pada iterasi ke-13 dengan nilai pusat *cluster* akhir pada Tabel 3.

Tabel 3. Pusat *Cluster* Akhir

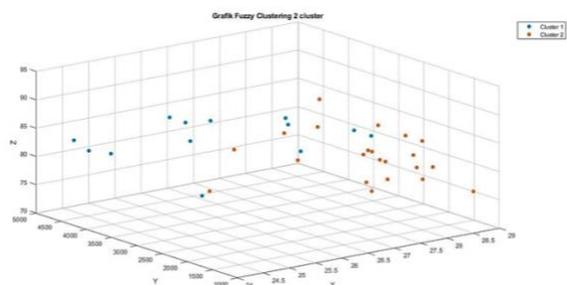
<i>Cluster</i>	Suhu Udara (°C)	Curah Hujan (mm)	Kelembaban Udara (%)
1	27,3	2994	80,6
2	27,4	3140	80,8

Data ke-	μ_{i1}	μ_{i2}	Data masuk <i>cluster</i> ke-
1	0.9386	0.0614	1
2	0.9982	0.0018	1
3	0.9953	0.0047	1
⋮	⋮	⋮	⋮
30	0.9982	0.0018	1
31	0.1033	0.8967	2
32	0.3765	0.6235	2
33	0.0287	0.9713	2
34	0.0022	0.9978	2
35	0.0106	0.9894	2

Nilai derajat keanggotaan terakhir dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai Derajat Keanggotaan untuk Jumlah 2 *Cluster*

Pada Tabel 4 didapatkan nilai derajat keanggotaan akhir untuk setiap data. Penentuan suatu data masuk kedalam *cluster* 1 atau 2 ditentukan dengan cara membandingkan nilai derajat keanggotaannya dalam *cluster* 1 atau 2 dan data akan masuk kedalam *cluster* dengan nilai derajat keanggotaan yang lebih tinggi.



Gambar 1. Grafik Fungsi Clustering untuk Jumlah 2 *Cluster*

Pada gambar 1 dapat dilihat grafik hasil pengelompokkan dengan jumlah 2 *cluster* berdasarkan karakteristik iklim. Hasil pengelompokkan yang didapatkan adalah 13 kabupaten/ kota (Cilacap, Kab. Banyumas,

Kab. Purbalingga, Kab. Banjarnegara, Kab. Kebumen, Kab. Purworejo, Kab. Wonosobo, Kab. Magelang, Kab. Sukoharjo, Kab. Demak, Kab. Semarang, Kab. Pekalongan dan Kota Magelang berada di *cluster* 1 yang berwarna biru dan 22 kabupaten/kota (Kab. Boyolali, Kab. Klaten, Kab. Wonogiri, Kab. Karanganyar, Kab. Sragen, Kab. Grobogan, Kab. Blora, Kab. Rembang, Kab. Pati, Kab. Kudus, Kab. Jepara, Kab. Temanggung, Kab. Kendal, Kab. Batang, Kab. Pemalang, Kab. Tegal, Kab. Brebes, Kota Surakarta, Kota Salatiga, Kota Semarang, Kota Pekalongan, dan Kota Tegal) berada di *cluster* 2 yang berwarna merah.

b. Fuzzy Clustering Menggunakan Matlab

Pada pengujian sebelumnya telah dilakukan untuk parameter jumlah *cluster* 2. Pengelompokan untuk parameter jumlah *cluster* 3, 4, dan 5 akan dilakukan menggunakan bantuan *software* matlab.

Untuk melakukan pengujian dengan matlab, data yang digunakan terlebih dahulu diimport kedalam matlab.

	1	2	3	4
1	27	4661	82	
2	28	4161	81	
3	28	4210	82	
4	24	4250	85	
5	26	4431	85	
6	29	3890	79	
7	24	3953	84	
8	26	4116	85	
9	28	2568	81	
10	29	2712	78	
11	29	3550	79	
12	27	2494	92	
13	27	2529	87	
14	29	2534	81	
15	29	2324	77	
16	29	1517	75	
17	29	2868	81	
18	28	2181	77	

Gambar 2. Import Data

Setelah data sudah diinput kedalam matlab, akan digunakan source code dengan menambahkan fungsi *FCM (Fuzzy C-Means)* untuk mendapatkan hasil pengelompokannya.

1. Pengujian untuk jumlah *cluster* 3

Hasil pertama yang didapatkan adalah jumlah iterasi dan hasil perhitungan fungsi objektif.

Tabel 5. Jumlah Iterasi dan Nilai Fungsi Objektif untuk Jumlah 3 *Cluster*

Iterasi ke-	Nilai Fungsi Objektif
-------------	-----------------------

1	11611269.405811
2	8108964.383991
⋮	⋮
39	2080465.243437
40	2080465.243409

Pada Tabel 5 terdapat jumlah iterasi dan hasil perhitungan fungsi objektif untuk pengelompokan dengan parameter jumlah *cluster* 3. Pada perhitungan ini memerlukan iterasi sebanyak 40 kali untuk mencapai kondisi yang optimal.

Hasil kedua yang didapatkan hasil perhitungan nilai pusat *cluster* V_{kj} untuk setiap *cluster* pada masing-masing variabel yang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Pusat *Cluster* untuk Jumlah 3 *Cluster*

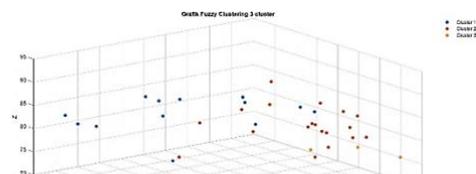
<i>Cluster</i>	Suhu Udara (°C)	Curah Hujan (mm)	Kelembaban Udara (%)
1	28,0	1569,8	78,1
2	26,5	4121,2	81,3
3	27,8	1584,3	80,9

Hasil ketiga yang didapatkan hasil perhitungan nilai matriks partisi baru U yang akan digunakan sebagai penentu suatu lebih cenderung data masuk kedalam satu *cluster* dengan nilai U paling tinggi diantara *cluster* lainnya.

Tabel 7. Nilai Derajat Keanggotaan untuk Jumlah 3 *Cluster*

Data ke-	1	2	3	Data masuk <i>cluster</i> ke-
1	0,0278	0,9107	0,0615	2
2	0,0002	0,9991	0,0006	2
3	0,0011	0,9959	0,0059	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
34	0,0943	0,0173	0,8884	3
35	0,2250	0,0269	0,7481	3

Pada tabel 7 didapatkan nilai derajat keanggotaan akhir untuk setiap data. Penentuan suatu data masuk kedalam *cluster* ditentukan dengan cara membandingkan nilai derajat keanggotaannya dalam *cluster* tersebut dan data akan masuk kedalam *cluster* dengan nilai



Gambar 3. Grafik fungsi clustering untuk jumlah 3 *cluster*

derajat keanggotaan yang lebih tinggi.

Pada Gambar 3 dapat dilihat grafik hasil pengelompokan dengan jumlah 3 cluster, hasil pengelompokan yang didapatkan adalah 3 kabupaten (Kabupaten Blora, Kabupaten Pemalang, dan Kota Surakarta) berada di cluster 1 yang berwarna biru, 13 kabupaten (Kab. Cilacap, Kab. Banyumas, Kab. Purbalingga, Kab. Banjarnegara, Kab. Kebumen, Kab. Purworejo, Kab. Wonosobo, Kab. Magelang, Kab. Sukoharjo, Kab. Demak, Kab. Semarang, Kab. Pekalongan, dan Kota Magelang) berada di cluster 2 yang berwarna merah dan 19 kabupaten (Kab. Boyolali, Kab. Klaten, Kab. Wonogiri, Kab. Karanganyar, Kab. Sragen, Kab. Grobogan, Kab. Rembang, Kab. Pati, Kab. Kudus, Kab. Jepara, Kab. Temanggung, Kab. Kendal, Kab. Batang, Kab. Tegal, Kab. Brebes, Kota Salatiga, Kota Semarang, Kota Pekalongan, dan Kota Tegal) berada di cluster 3 yang berwarna oranye

1. Pengujian untuk jumlah cluster 4

Hasil pertama yang didapatkan adalah jumlah iterasi dan hasil perhitungan fungsi objektif.

Tabel 8. Jumlah Iterasi dan Nilai Fungsi Objektif untuk Jumlah 4 Cluster

Iterasi ke-	Nilai Fungsi Objektif
1	8474956,395320
2	5555633,731644
⋮	⋮
52	1210100,796314
53	1210100,796307

Pada Tabel 8 terdapat jumlah iterasi dan hasil perhitungan fungsi objektif untuk pengelompokan dengan parameter jumlah cluster 4. Pada perhitungan ini memerlukan iterasi sebanyak 53 kali untuk mencapai kondisi yang optimal.

Hasil kedua yang didapatkan hasil perhitungan nilai pusat cluster V_{kj} untuk setiap cluster pada masing-masing variabel yang dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Pusat Cluster untuk Jumlah 4 Cluster

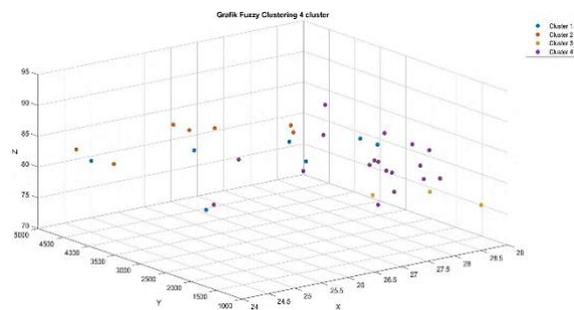
Cluster	Suhu Udara (°c)	Curah Hujan (mm)	Kelembaban Udara (%)
1	26,2	4352,6	82,8
2	27,0	3815,7	79,0
3	28,0	11549,2	78,0
4	27,9	2547,5	80,8

Hasil ketiga yang didapatkan hasil perhitungan nilai matriks partisi baru U yang akan digunakan sebagai penentu suatu lebih cenderung data masuk kedalam satu cluster dengan nilai U paling tinggi diantara cluster lainnya.

Tabel 10. Nilai Derajat Keanggotaan untuk Jumlah 4 Cluster

Data ke-	1	2	3	4
1	0,8589	0,1143	0,0084	0,0183
2	0,7535	0,2391	0,0041	0,0106
3	0,8765	0,1146	0,0025	0,0064
⋮	⋮	⋮	⋮	
34	0,0000	0,0000	0,9998	0,0001
35	0,1130	0,3679	0,0642	4548

Pada Tabel 10 didapatkan nilai derajat keanggotaan akhir untuk setiap data. Penentuan suatu data masuk kedalam cluster ditentukan dengan cara membandingkan nilai derajat keanggotaannya dalam cluster tersebut dan data akan masuk kedalam cluster dengan nilai derajat keanggotaan yang lebih tinggi.



Gambar 4. Grafik Fungsi Clustering untuk Jumlah 4 Cluster

Pada gambar 4 dapat dilihat grafik hasil pengelompokan dengan jumlah 4 cluster, hasil pengelompokan yang didapatkan adalah 7 kabupaten (Kab. Cilacap, Kab. Banyumas, Kab. Purbalingga, Kab. Banjarnegara, Kab. Kebumen, Kab. Magelang, dan Kab. Semarang) berada di cluster 1 yang berwarna biru, 7 kabupaten (Kab. Purworejo, Kab. Wonosobo, Kab. Sukoharjo, Kab. Demak, Kab. Temanggung, Kab. Pekalongan, dan Kota Magelang) berada di cluster 2 yang berwarna merah, 3 kabupaten (Kab. Blora, Kab. Pemalang, dan Kota Surakarta) berada di cluster 3 yang berwarna oranye, dan 18 kabupaten (Kab. Boyolali, Kab. Klaten, Kab. Wonogiri, Kab. Karanganyar, Kab. Sragen,

Kab. Grobogan, Kab. Rembang, Kab. Pati, Kab. Kudus, Kab. Jepara, Kab. Kendal, Kab. Batang, Kab. Tegal, Kab. Brebes, Kota Salatiga, Kota Semarang, Kota Pekalongan, dan Kota Tegal) berada di *cluster* 4 yang berwarna ungu.

2. Pengujian untuk jumlah *cluster* 5

Hasil pertama yang didapatkan adalah jumlah iterasi dan hasil perhitungan fungsi objektif.

Tabel 11. Jumlah Iterasi dan Nilai Fungsi Objektif untuk Jumlah 5 *Cluster*

Iterasi ke-	Nilai Fungsi Objektif
1	7296376,187026
2	4857704,986150
⋮	⋮
49	618385,777899
50	618385,777893

Pada Tabel 11 terdapat jumlah iterasi dan hasil perhitungan fungsi objektif untuk pengelompokkan dengan parameter jumlah *cluster* 5. Pada perhitungan ini memerlukan iterasi sebanyak 50 kali untuk mencapai kondisi yang optimal.

Hasil kedua yang didapatkan hasil perhitungan nilai pusat *cluster* V_{kj} untuk setiap *cluster* pada masing-masing variabel yang dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Pusat *Cluster* untuk Jumlah 5 *Cluster*

<i>Cluster</i>	Suhu Udara (°C)	Curah Hujan (mm)	Kelembaban Udara (%)	
1	27,9	2477,7	81,1	
2	27,3	3040,9	81,8	
3	25,9	4481,0	82,6	
4	26,7	3962,8	80,3	
5	28,0	1528,9	78,0	

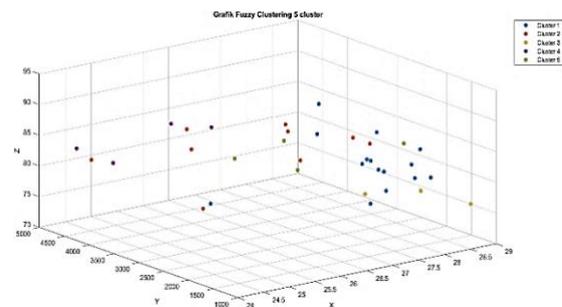
Hasil ketiga yang didapatkan hasil perhitungan nilai matriks partisi baru U yang akan digunakan sebagai penentu suatu lebih cenderung data masuk kedalam satu *cluster* dengan nilai U paling tinggi diantara *cluster* lainnya.

Tabel 13. Nilai Derajat Keanggotaan untuk Jumlah 5 *Cluster*

Data ke-	1	2	3	4	5
1	0,8589	0,1143	0,0084	0,0183	0,0030
2	0,7535	0,2391	0,0041	0,0106	0,0040
3	0,8765	0,1146	0,0025	0,0064	0,0045
⋮	⋮	⋮	⋮		
34	0,0000	0,0000	0,9998	0,0001	0,0289

35	0,1130	0,3679	0,0642	4548	0,1045
----	--------	--------	--------	------	--------

Pada Tabel 13 didapatkan nilai derajat keanggotaan akhir untuk setiap data. Penentuan suatu data masuk kedalam *cluster* ditentukan dengan cara membandingkan nilai derajat keanggotaannya dalam *cluster* tersebut dan data akan masuk kedalam *cluster* dengan nilai derajat keanggotaan yang lebih tinggi.



Gambar 5. Grafik Fuzzy Clustering untuk Jumlah 5 *Cluster*

Pada gambar 5 dapat dilihat grafik hasil pengelompokkan dengan jumlah 5 *cluster*, hasil pengelompokkan yang didapatkan adalah 15 kabupaten (Kab. Boyolali, Kab. Klaten, Kab. Wonogiri, Kab. Karanganyar, Kab. Sragen, Kab. Grobogan, Kab. Pati, Kab. Kudus, Kab. Kendal, Kab. Batang, Kab. Tegal, Kab. Brebes, Kota Semarang, dan Kota Pekalongan) berada di *cluster* 1 yang berwarna biru, 9 kabupaten (Kab. Banyumas, Kab. Purbalingga, Kab. Purworejo, Kab. Wonosobo, Kab. Magelang, Kab. Sukoharjo, Kab. Demak, Kab. Pekalongan, Kota Magelang, dan Kota Tegal) berada di *cluster* 2 yang berwarna merah, 3 kabupaten (Kab. Blora, Kab. Pematang, dan Kota Surakarta) berada di *cluster* 3 yang berwarna oranye, 4 kabupaten (Kab. Rembang, Kab. Jepara, Kab. Temanggung, dan Kota Salatiga) berada di *cluster* 4 yang berwarna ungu dan 4 kabupaten (Kab. Cilacap, Kab. Banjarnegara, Kab. Kebumen, dan Kab. Semarang) berada di *cluster* 5 yang berwarna hijau.

c. Uji Validitas Indeks

Uji validitas indeks dilakukan untuk dapat mengetahui jumlah *cluster* yang paling baik untuk digunakan dalam pengelompokkan pada kasus yang dikerjakan. Uji validitas yang akan digunakan adalah *Partition Coefficient* (PC) dan *Classification Entropy* (CE).

1. *Partition Coefficient*

$$PC(c) = \frac{\sum_{k=1}^{35} \sum_{i=1}^c (\mu_{ik})^2}{35}$$

$$PC_{(2)} = \frac{[(0,06138)^2 + (0,93862)^2] + \dots + [(0,98938)^2 + (0,01062)^2]}{35}$$

2. Classification Entropy

$$CE(c) = -\frac{1}{n} \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n \mu_{ik} \ln(\mu_{ik})$$

$$CE_{(2)} = -\frac{[(-0,24712) + \dots + (-0,01524)] + [(-0,08578) + \dots + (-0,06964)]}{35}$$

$$CE_{(2)} = 0,079792$$

Hasil uji validitas indeks untuk setiap cluster pada tabel 14.

Uji Validitas Indeks	2	3	4	5
PC	0,91123	0,88069	0,82104	0,81469
CE	0,07979	0,09935	0,14639	0,15081

Tabel 14. Hasil Uji Validitas Indeks

Untuk dapat mengetahui cluster yang optimal, apabila pengujian uji validitas PC dengan nilai yang mendekati 1 dan CE dengan nilai yang mendekati 0. Dari hasil uji validitas index PC dan CE dapat diketahui bahwa jumlah cluster yang optimal adalah 2 cluster dengan nilai PC yaitu 0,911233 (mendekati 1) dan nilai EC yaitu 0,07979 (mendekati 0). Berdasarkan hasil uji validitas yang sudah dilakukan hasil pengelompokan yang optimal dengan jumlah cluster adalah 2.

d. Interpretasi Hasil

Hasil pengelompokan kabupaten di Provinsi Jawa Tengah dengan metode fuzzy clustering dan berdasarkan hasil uji validitas indeks menunjukkan bahwa jumlah cluster yang cocok pada kasus ini adalah 2 cluster.

Tabel 15. Pusat Cluster

Pusat Cluster			
Cluster	Suhu (°C)	Curah Hujan (mm)	Kelembaban Udara (%)
1	27.9	2418	80.4
2	26.6	4087	81.3

Pada tabel 15 dapat diketahui setiap pusat cluster untuk setiap variabel yang digunakan pada pengelompokan. Informasi yang dapat

diperoleh dari kedua pusat cluster ini yaitu, pada Provinsi Jawa Tengah, kabupaten-kabupaten dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok berdasarkan karakteristik iklim yang ada:

1. Kelompok pertama (cluster ke-1), berisi kabupaten yang memiliki rata-rata suhu sekitar 27.9°C; memiliki jumlah curah hujan sekitar 2418mm; memiliki rata-rata kelembaban udara sekitar 80.4%.
2. Kelompok kedua (cluster ke-2), berisi kabupaten yang memiliki rata-rata suhu sekitar 26.6°C; memiliki jumlah curah hujan sekitar 4087mm; memiliki rata-rata kelembaban udara sekitar 81.3%

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengelompokan fuzzy clustering dan uji validitas indeks Partition Coefficient dan Classification Entropy yang telah dilakukan diperoleh hasil pengelompokan yang optimal yaitu 2 cluster dengan nilai Partition Coefficient yaitu 0,911233 dan nilai Classification Entropy yaitu 0,07979. Hasil pengelompokan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Cluster 1 terdiri dari 12 kabupaten dan 1 kota (Kab. Cilacap, Kab. Banyumas, Kab. Purbalingga, Kab. Banjarnegara, Kab. Kebumen, Kab. Purworejo, Kab. Wonosobo, Kab. Magelang, Kab. Sukoharjo, Kab. Demak, Kab. Semarang, Kab. Pekalongan dan Kota Magelang).
2. Cluster 2 terdiri dari 17 kabupaten dan 5 kota (Kab. Boyolali, Kab. Klaten, Kab. Wonogiri, Kab. Karanganyar, Kab. Sragen, Kab. Grobogan, Kab. Blora, Kab. Rembang, Kab. Pati, Kab. Kudus, Kab. Jepara, Kab. Temanggung, Kab. Kendal, Kab. Batang, Kab. Pemalang, Kab. Tegal, Kab. Brebes, Kota Surakarta, Kota Salatiga, Kota Semarang, Kota Pekalongan, dan Kota Tegal).

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. (2023). *Provinsi Jawa Tengah dalam Angka 2023*.
 Bezdek, J. C. (1981). *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*. Plenum Press.
 Ginting, R. P. (2017). *Pengelompokan Kabupaten/Kota Di Sumatera Utara*

Berdasarkan Karakteristik Iklim dengan Analisis Cluster. Skripsi, Universitas Sumatera Utara.

Juaeni, I., Yuliani, D., Ayahbi, R., Noersomadi, Hardjana, T., & Nurzaman. (2010). Pengelompokan Wilayah Curah Hujan Kalimantan Barat Berbasis Metode Ward dan *Fuzzy clustering*. *Jurnal Sains Dirgantara*, 7(2), 82–99.

Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2013). *Aplikasi Logika Fuzzy*. Graha Ilmu.

Nasir, A. A., Handoko, T., Ania, J., Hidayati, R., & Suharsono, H. (2017). *Klimatologi Dasar*. IPB Press.

Shihab, A. I. (2000). *Fuzzy clustering Algorithm and Their Application to Medical Image Analysis. Dissertation*, University of London.

Tan, P. N., Steinbach, M., & Kumar, V. (2006). *Introduction to Data Mining*. Pearson Education.

Tjasyono, B. (2004). *Klimatologi*. ITB.

Winarsih, S. (2019). *Seri Sains: Iklim*. ALPRIN