

Analisis Klaster Kependudukan di Kota Blitar Menggunakan Metode *Fuzzy C-Means Clustering*

Yumna Salsabila Firdaus

Universitas Nahdlatul Ulama Blitar, Indonesia
e-mail: yumnafirdaus@outlook.co.id

Rachmadania Akbarita

Universitas Nahdlatul Ulama Blitar, Indonesia
e-mail: rachmadaniaakbarita@unublitar.ac.id

Rizka Rizqi Robby

Universitas Nahdlatul Ulama Blitar, Indonesia
e-mail: rizka.ertiga@gmail.com

Sartika Ayu Wulandari

Badan Pusat Statistik Kota Blitar
e-mail: sartika.ayu@bps.go.id

Abstract: *Blitar City is one of 9 cities in East Java province with an area of 32.58 km² and has an unequal population distribution in every urban village. There is a difference of 11,719 people between urban villages that have a dense population and a small population. The purpose of this study is to analyze clusters or categorize the population of 21 urban villages in Blitar City by population migration factors, births and mortality. In this study using secondary data obtained from the Blitar City Statistics Centre, namely demographic data in 2019. The methodology used in this study is Fuzzy C-Means (FCM) cluster analysis. FCM is a cluster method in which the existence of each data in a cluster is determined by the degree of membership based on fuzzy logic theory. This method was chosen because it makes it possible to group data that is scattered irregularly. Create a convergent cluster centre using the objective function. The test results were then validated using Partition Entropy, Partition Coefficient and Pseudo F. The number of clusters obtained in this study were 2 clusters. There are 14 urban villages in Group Cluster 1 and 7 urban villages in Cluster 2.*

Keywords: *Cluster, Fuzzy C-Means Clustering, Population, Blitar City.*

Abstrak: *Kota Blitar merupakan salah satu dari 9 kota yang berada di Provinsi Jawa Timur dengan luas wilayah sebesar 32,58 km², dan memiliki persebaran penduduk yang tidak merata di setiap kelurahannya. Terdapat selisih sebesar*

11.719 jiwa antara kelurahan dengan padat penduduk dan sepi penduduk. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis klaster atau mengelompokkan penduduk 21 kelurahan di Kota Blitar berdasarkan faktor migrasi penduduk, kelahiran penduduk, dan kematian penduduk (mortalitas). Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota Blitar, yaitu data kependudukan pada tahun 2019. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis klaster Fuzzy C-Means (FCM). FCM merupakan salah satu metode klaster yang mana keberadaan tiap data dalam suatu klaster ditentukan oleh derajat keanggotaannya berdasarkan pada teori logika fuzzy. Metode ini dipilih karena mampu mengelompokkan pada data yang tersebar tidak teratur. Untuk mencapai pusat klaster yang konvergen menggunakan fungsi objektif. Hasil analisa kemudian divalidasi menggunakan Partition Entropy, Partition Coefficient, dan Pseudo F. Jumlah klaster yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebanyak 2 klaster. Klaster 1 terdiri dari 14 kelurahan dan klaster 2 terdiri dari 7 kelurahan.

Kata Kunci: *Klaster, Fuzzy C-Means Clustering, Kependudukan, Kota Blitar.*

1. Pendahuluan

Pengertian penduduk adalah semua orang yang berdomisili di wilayah geografis Republik Indonesia selama 6 bulan atau lebih, dan atau mereka yang berdomisili kurang dari 6 bulan tetapi berniat untuk menetap. Kependudukan tidak hanya tentang data persebaran penduduk ataupun jumlah penduduk, tetapi juga tentang data kepadatan, perbandingan/rasio jenis kelamin penduduk, kedatangan penduduk, perpindahan penduduk, kelahiran penduduk, kematian penduduk, dan sebagainya. Kota Blitar merupakan salah satu dari 9 kota yang berada di Provinsi Jawa Timur dengan luas wilayah sebesar 32,58 km² dan merupakan kota dengan wilayah terkecil kedua di Provinsi Jawa Timur setelah Kota Mojokerto (BPS Provinsi Jawa Timur, 2018). Dalam data yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Blitar, Kota Blitar memiliki persebaran penduduk di Kota Blitar tidak merata di setiap kelurahannya pada tahun 2020. Selain itu, pada data jumlah penduduk tertinggi berada di Kelurahan Sukorejo dengan penduduk sebanyak 14.963 jiwa, sedangkan jumlah penduduk terendah berada di wilayah Kelurahan Rembang dengan jumlah penduduk sebanyak 3244 jiwa. Terdapat selisih 11.719 jiwa antar kedua kelurahan tersebut. Selisih jumlah penduduk tersebut melebihi jumlah penduduk di Kelurahan Gedog dengan jumlah penduduk sebesar 11.666 jiwa. Hasil sensus penduduk yang diadakan BPS Kota Blitar pada tahun 2020 penduduk Kota Blitar bertambah sebanyak 17.181 jiwa per September 2020. Dapat diartikan bahwa banyaknya penduduk di Kota Blitar bertambah sebesar 13,02% dari penduduk tahun 2010 dengan 131.968 jiwa.

Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan persebaran penduduk di Kota Blitar dengan mengambil empat faktor kependudukan, yaitu kedatangan penduduk, perpindahan penduduk, kelahiran, dan kematian. Empat faktor tersebut adalah faktor yang memengaruhi penambahan dan pengurangan jumlah penduduk dalam sebuah wilayah (Al-Rosyid, 2017). Untuk melakukan analisis pengelompokan penduduk, maka diperlukan suatu metode yang sesuai untuk dapat mengelompokkan 21 kelurahan di Kota Blitar berdasarkan faktor kependudukannya. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan analisa pengelompokan tersebut adalah menggunakan Metode Analisis Klaster.

Analisis klaster atau *cluster analysis* merupakan salah satu metode statistika yang digunakan untuk pengelompokan data. Pada proses pengelompokannya, data-data dikelompokkan berdasarkan kedekatan jarak *Euclid* (Fathia et al., 2016). Clustering memiliki beberapa metode, diantaranya *Fuzzy C-Means Clustering* (FCM), K-Means, Hirarki, *Mean-Shift Clustering*, *Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise* (DBSCAN), *Expectation–Maximization* (EM), *Clustering using Gaussian Mixture Models* (GMM) (Seif, 2018). Pada penelitian ini, peneliti menggunakan metode klaster *Fuzzy C-Means*. Metode ini dipilih karena mampu mengelompokkan pada data atau objek-objek yang tersebar tidak teratur, karena apabila terdapat suatu data yang titik penyebarannya tidak teratur, maka terdapat kemungkinan suatu titik data memiliki sifat atau karakteristik dari klaster atau kelompok lain (Sanusi et al., 2020) serta *Fuzzy C-Means* dapat mencapai pusat klaster yang konvergen menggunakan fungsi objektifnya (Prabowo & Kurniawan, 2019).

Serupa penelitian sebelumnya yaitu, Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Berdasarkan Faktor Penyebab Gizi Buruk yang (Sanusi et al., 2020); serta penelitian Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Indikator Pendidikan SMA/SMK/MA dengan Metode C-Means dan *Fuzzy C-Means* (Karti & Irhamah, 2013). Pada penelitian pertama dan kedua metode yang digunakan untuk analisis klaster adalah *Fuzzy C-Means*, penentuan banyak atau jumlah klaster yang optimal pada penelitian tersebut menggunakan nilai *Pseudo F-Statistic* dan pada kedua penelitian tersebut didapatkan jumlah klaster yang optimal sebanyak dua klaster. Dengan adanya suatu bahan kajian tentang analisis klaster menggunakan metode *Fuzzy C-Means*, pemerintah kota Blitar dan BPS Kota Blitar dapat menentukan kebijakan tentang pemerataan penduduk di Kota Blitar, maka perlu adanya suatu kajian tentang analisis klaster dengan objek data kependudukan Kota Blitar tahun 2019 sebagai bahan masukan bagi BPS Kota Blitar maupun pemerintah Kota Blitar.

2. Tinjauan Pustaka

Fuzzy C-Means (FCM) adalah salah satu metode pengelompokan data atau clustering yang mana keberadaan tiap data dalam suatu kluster ditentukan oleh derajat keanggotaannya (Hidayat et al., 2017). Pada analisis kluster menggunakan metode *Fuzzy C-Means*, Bezdek (1981) dalam bukunya menunjukkan terdapat variabel w yang merupakan *weighting exponent* dari derajat keanggotaan. Variabel w berpengaruh pada besar derajat keanggotaan dalam proses menganalisis. Nilai w yang dijelaskan adalah lebih besar dari pada 1 ($w > 1$), nilai w memiliki pengaruh terhadap banyaknya perulangan atau iterasi dalam memperoleh nilai fungsi objektif. Semakin besar nilai w , maka matriks semakin cepat memenuhi keadaan konvergen (Haryono, 2016). Nilai w yang umum digunakan dalam analisis adalah 2, seperti analisis yang dilakukan oleh Dunn (Bezdek, 1981). Metode *Fuzzy C-Means Clustering* bertujuan untuk mengelompokkan kelurahan di Kota Blitar menjadi kelompok-kelompok yang berdasarkan variabel-variabel yang sudah ditentukan oleh peneliti. Adapun langkah-langkah digunakan dalam mengelompokkan 21 kelurahan di Kota Blitar adalah sebagai berikut (Kusumadewi et al., 2006):

1. Menentukan atau menetapkan: a) matriks X (data yang akan dikelompokkan), b) jumlah kluster, pangkat pembobot, c) iterasi maksimal dalam perhitungan, d) kriteria pemberhentian atau error yang diharapkan = ξ (nilai positif yang sangat kecil, e) fungsi objektif awal (P_0), dan f) iterasi awal, $t = 1$.
2. Bangkitkan matriks partisi awal (U) secara acak.
3. Menghitung pusat masing-masing kluster (v_{ij}).

$$v_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^w \cdot x_{kj}}{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^w} \quad (1)$$

Keterangan:

n : banyak data.

μ_{ik} : nilai keanggotaan/derajat keanggotaan objek ke- k pada kluster ke- k .

w : derajat fuzzy, bobot eksponen, atau pangkat pembobot ($w > 1$).

X_{kj} : nilai peubah ke- j objek ke- k .

4. Memperbaiki derajat keanggotaan setiap data pada setiap kluster (perbaiki matriks partisi = μ_{ik}), dengan catatan menghitung fungsi objektif (P_t) terlebih dahulu.

$$\mu_{ik} = \frac{\left[\sum_{j=1}^m (x_{kj} - v_{ij})^2 \right]^{-1/w-1}}{\sum_{i=1}^c \left[\sum_{j=1}^m (x_{kj} - v_{ij})^2 \right]^{-1/w-1}} \quad (2)$$

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

5. Cek kondisi berhenti atau mengecek perulangan, yaitu perubahan fungsi objektif pada iterasi sekarang dengan iterasi sebelumnya atau iterasi kurang dari maksimum iterasi.

Keterangan:

P : fungsi objektif

c : banyak atau jumlah kluster yang diinginkan ($c \geq 2$).

n : banyak data.

w : derajat fuzzy, bobot eksponen, atau pangkat pembobot ($w > 1$).

m : banyaknya peubah, kriteria, atau variabel.

X : data yang akan di-kluster.

X_{kj} : nilai peubah ke- j objek ke- k .

V : matriks pusat kluster.

U : matriks pasrtisi.

μ_{ik} : nilai keanggotaan/derajat keanggotaan objek ke- k pada kluster ke- k .

Setelah menganalisis menggunakan metode Fuzzy C-Means, akan dilakukan validasi menggunakan metode *Partition Coefficient* (PC), *Partition Entropy* (PE), dan *Pseudo F* untuk menentukan kluster optimal pada data yang dikelompokkan.

1. Validasi *Partition Coefficient* (PC), nilai *Partition Coefficient* yang paling besar (maksimum) dan mendekati satu menunjukkan banyak kluster yang optimal (Ferraro & Giordani, 2015).

$$PC = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c \frac{(u_{ik})^2}{n} \quad (4)$$

Keterangan:

n : banyak data.

μ_{ik} : nilai keanggotaan/derajat keanggotaan objek ke- k pada kluster ke- k .

2. Validasi *Partition Entropy* (PE), nilai *Partition Entropy* yang paling kecil (minimum) dan mendekati nol menunjukkan banyak kluster yang optimal (Ferraro & Giordani, 2015).

$$PE = - \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c \frac{u_{ik} \log_a(u_{ik})}{n},$$

Keterangan:

n : banyak data.

μ_{ik} : nilai keanggotaan/derajat keanggotaan objek ke- k pada kluster ke- k .

Basis pada logaritma $a \in (1, \infty)$ dan $u_{ik} \log_a(u_{ik}) = 0$ apabila $(u_{ik}) = 0$.

3. Validasi *Pseudo F*

$$Pseudo F = \frac{\left(\frac{R^2}{c-1}\right)}{\left(\frac{1-R^2}{n-c}\right)}$$

Dimana:

$$R^2 = \frac{SST - SSW}{SST} \quad (7)$$

$$SST = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^p (x_{ij}^k - \bar{x}^k)^2 \quad (8)$$

$$SSW = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^p (x_{ij}^k - \bar{x}_j^k)^2 \quad (9)$$

Keterangan:

SST: *Sum Square Total*, total jumlah dari kuadrat jarak terhadap rata-rata keseluruhan.

SSW: *Sum Square Within*, total jumlah dari kuadrat jarak sampel terhadap rata-rata kelompoknya

n: banyak sampel,

c: banyak kelompok,

p: banyak variabel,

x_{ij}^k : sampel ke-i pada kelompok ke-j dan variabel ke-k,

\bar{x}^k : rata-rata seluruh sampel pada variabel ke-k,

\bar{x}_j^k : rata-rata sampel pada kelompok ke-j dan variabel ke-k.

3. Metode

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data sekunder dengan 21 kelurahan di Kota Blitar sebagai objek. Data sekunder pada penelitian ini bersumber dan diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota Blitar, yaitu data pada publikasi Kecamatan Sananwetan Dalam Angka 2020, Kecamatan Kepanjenkidul Dalam Angka 2020, dan Kecamatan Sukorejo Dalam Angka 2020, artinya seluruh data tersebut merupakan data pada tahun 2019.

Metode yang digunakan dalam proses pengumpulan data adalah mengumpulkan data dengan cara meminta kepada pusat informasi yang kemudian diberikan dokumen-dokumen yang ada di instansi (Badan Pusat Statistik Kota Blitar) yang berkaitan dengan penelitian. Data yang diperoleh telah ditandatangani sebagai bukti validasi data oleh Kepala Badan Pusat Statistik Kota Blitar.

Terdapat empat variabel yang akan digunakan dalam penentuan kluster persebara penduduk di Kota Blitar, yaitu x_1 (kedatangan penduduk), x_2 (perpindahan penduduk), x_3 (kelahiran penduduk), dan x_4 (kematian penduduk).

Metode yang digunakan dalam analisis kluster pada penelitian ini adalah metode Fuzzy C-Means *Clustering*. Metode Fuzzy C-Means *Clustering* bertujuan untuk mengelompokkan kelurahan di Kota Blitar menjadi kelompok-kelompok yang berdasarkan variabel-

variabel yang sudah ditentukan oleh peneliti. Adapun langkah-langkah digunakan dalam mengelompokkan 21 kelurahan di Kota Blitar adalah sebagai berikut:

1. Menentukan atau menetapkan:
 - a) matriks X (data yang akan dikelompokkan),
 - b) jumlah klaster,
 - c) pangkat pembobot,
 - d) iterasi maksimal dalam perhitungan,
 - e) kriteria pemberhentian atau error yang diharapkan = ξ (nilai positif yang sangat kecil,
 - f) fungsi objektif awal (P_0), dan
 - g) iterasi awal, $t = 1$.
 2. Bangkitkan matriks partisi awal (U).
 3. Menghitung pusat masing-masing klaster (v_{ij}).
 4. Memperbaiki derajat keanggotaan setiap data pada setiap klaster (perbaiki matriks partisi = μ_{ik}), dengan catatan menghitung fungsi objektif (P_t) terlebih dahulu.
 5. Cek kondisi berhenti atau mengecek perulangan, yaitu perubahan fungsi objektif pada iterasi sekarang dengan iterasi sebelumnya atau iterasi kurang dari maksimum iterasi.
- Setelah menganalisis menggunakan metode *Fuzzy C-Means*, akan dilakukan validasi menggunakan metode *Partition Entropy*, *Partition Coefficient*, dan *Pseudo F* untuk menentukan klaster optimal pada data yang dikelompokkan.

4. Hasil dan Pembahasan

Data yang akan diolah dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari publikasi BPS Kota Blitar tiap Kecamatan Dalam Angka 2020, artinya data tersebut merupakan data pada tahun 2019. Penelitian ini fokus pada data kependudukan seluruh kelurahan di Kota Blitar dengan menggunakan empat karakteristik kependudukan, yaitu kedatangan penduduk, perpindahan penduduk, kelahiran penduduk, dan kematian penduduk. Berikut data kependudukan di Kota Blitar yang disajikan dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Kependudukan di Kota Blitar pada tahun 2019.

No.	Kelurahan	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kedatangan Penduduk (jiwa)	Perpindahan Penduduk (jiwa)	Kelahiran (jiwa)	Kematian (jiwa)
1.	Rembang	3.244	104	89	37	40
2.	Klampok	5.063	117	61	71	50
3.	Plosokerep	5.194	128	131	56	59

4.	Karangtengah	7.748	240	283	101	66
5.	Sananwetan	14.560	483	303	180	130
6.	Bendogerit	11.158	285	250	142	116
7.	Gedog	11.666	279	246	112	103
8.	Kepanjenkidul	8.150	199	201	68	82
9.	Kepanjenlor	5.898	154	143	48	58
10.	Kauman	6.875	178	121	90	62
11.	Bendo	6.252	186	80	77	48
12.	Tanggung	6.128	173	88	82	53
13.	Sentul	8.315	184	119	93	81
14.	Ngadirejo	3.777	79	43	44	32
15.	Tlumpu	4.108	99	95	53	38
16.	Karangsari	5.514	153	122	62	70
17.	Turi	3.280	110	91	33	38
18.	Blitar	4.911	132	83	67	39
19.	Sukorejo	14.963	271	298	159	184
20.	Pakunden	11.521	310	158	126	105
21.	Tanjungsari	9.585	284	197	109	66

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Blitar (2020)

Data pada Tabel 1. dapat disimpulkan bahwa kependudukan di Kota Blitar tidak merata di setiap kelurahannya, dengan kata lain data tersebut tersebar tidak teratur. Dari data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan metode analisis kluster, *Fuzzy C-Means Clustering*, dan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Rstudio 4.1.1.

Sesuai urutan dalam urutan analisis metode *Fuzzy C-Means Clustering*, langkah pertama adalah menentukan a) matriks X (data kependudukan di Kota Blitar), ukuran matriks adalah 21×4 ; b) jumlah kluster $c = 2,3,4,5$ untuk nantinya dicari banyak kluster yang terbaik atau optimal untuk data tersebut, pembatasan banyak kluster yang di uji sampai 5 kluster dikarenakan pada penelitian terdahulu jumlah kluster yang optimal berkisar pada 2-5 kluster; pangkat pembobot $w = 2$ (nilai 2 berdasarkan definisi dari Dunn (Bezdek, 1981)); c) iterasi maksimal dalam perhitungan, $MaxIter = 100$, sebagai batas maksimal untuk perbandingan penentuan jumlah kluster yang optimal; d) kriteria penghentian atau error yang diharapkan $= \xi = 10^{-5}$, berdasarkan definisi oleh Dunn (Bezdek, 1981); e) fungsi objekti awal $P_0 = 0$, dan f) iterasi awal, $t=1$. Penentuan pada langkah pertama digunakan untuk pendefinisian dalam *software* RStudio.

Pada RStudio input *syntax* `'res.fcm <- fcm(x,centers = 2)'` dan `'as.data.frame(res.fcm$u)[1:21,]'` untuk langkah kedua, bentuk matriks partisi awal dengan membangkitkan bilangan acak μ_{ik} ($i = 1,2,3, \dots, 21 ; k = 1,2,3$); sebagai elemen-elemen matriks partisi awal U yang terbentuk (secara random) dengan syarat $0 \leq \mu_{ik} \leq 1$.

Langkah ketiga, menghitung pusat kluster, V , yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap kluster. Dalam *software* RStudio pusat kluster pertama dapat diperoleh setelah menggunakan *syntax* `'res.fcm$V'`. Diperoleh matriks V dimana setiap bari dari matriks V merupakan pusat untuk masing-masing kluster. Berikut hasil perhitungan pusat kluster pada iterasi pertama untuk banyak kluster $c = 2$ diperoleh sebagai berikut:

$$V = \begin{bmatrix} 153 & 122 & 62 & 70 \\ 483 & 303 & 180 & 130 \end{bmatrix}$$

Setelah menghitung pusat kluster, langkah keempat adalah memperbaiki derajat keanggotaan tiap data atau memperbaiki matriks partisi U persamaan μ_{ik} , dengan catatan menghitung fungsi objektif terlebih dahulu. Dengan bantuan perangkat lunak, diperoleh nilai fungsi objektif pada iterasi pertama adalah sebagai berikut:

Terakhir adalah memeriksa kriteria berhenti, kondisi berhenti, atau konvergen; dengan melihat dari perhitungan nilai fungsi objektif pada iterasi sebelumnya atau mencapai iterasi maksimal. Karena iterasi $1 < MaxIter = 100$, maka perhitungan dilanjutkan ke iterasi 2 hingga mencapai kondisi berhenti, namun perhitungan iterasi 2 dan seterusnya dimulai pada langkah ketiga (menentukan pusat kluster).

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan aplikasi RStudio, banyak iterasi hingga kondisi berhenti adalah sebanyak 22 iterasi, dengan nilai objektif sebesar 98252,44; dengan matriks partisi akhir dan anggota kluster yang terbentuk menggunakan *syntax* `'summary(res.fcm)'`.

Tabel 2. Output pada *syntax* `'summary(res.fcm)'` menggunakan *software* RStudio

<i>summary(res.fcm)</i>	
Crisp clustering vector:	
[1] 1 1 1 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2	
Membership degrees matrix (top and bottom 5 rows):	
Cluster 1	Cluster 2
1	0.9701453 0.02985472
2	0.9705278 0.02947222
3	0.9772798 0.02272024
4	0.1414616 0.85853844
5	0.1862831 0.81371689
...	
Cluster 1	Cluster 2
17	0.9716212 0.028378825
18	0.9906208 0.009379157
19	0.1082667 0.891733316
20	0.1687405 0.831259470
21	0.1299488 0.870051227
Final cluster prototypes:	

	DATANG	PINDAH	KELAHIRAN	KEMATIAN
Cluster 1	140.7525	100.9835	62.90197	52.2681
Cluster 2	297.6674	245.5821	129.13479	108.8354

Dapat ditunjukkan bahwa pada *Crisp clustering vaector* menunjukkan lokasi atau penempatan kluster data pada akhir iterasi, sedangkan *Membership degrees matrix* menunjukkan derajat keanggotaan yang terbentuk pada iterasi terakhir menggunakan metode *Fuzzy C-Means Clustering*. Penempatan kluster berdasarkan letak derajat keanggotaan terbesar, seperti pada data ke-1 derajat keanggotaan terbesar pada kluster 1, jadi data ke-1 merupakan anggota dari kluster 1. Dan pada *Final cluster prototypes* terbentuk pusat kluster itersi terakhir atau iterasi ke-22. Untuk pusat kluster pada iterasi terakhir ditunjukkan pada *Final cluster prototypes*.

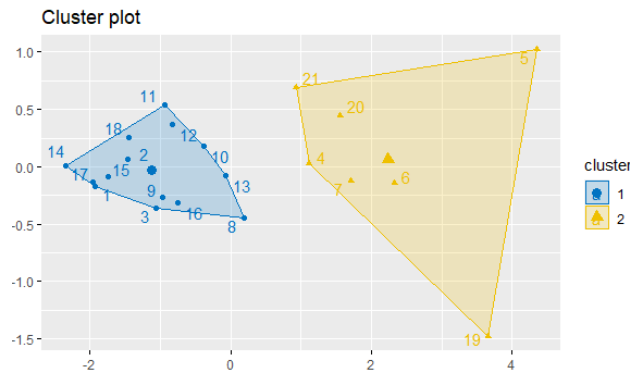
Setelah melakukan analisis kluster, hasil analisis akan divalidasi menggunakan metode *Partition Entropy*, *Partition Coefficient*, *Pseudo F* dengan masing-masing nilai yang diperoleh menggunakan program RStudio adalah 0,243058564995614 (*Partition Entropy*), 0,864243356959461 (*Partition Coefficient*), dan 40,91362 (*Pseudo F*). Meskipun dalam metode analisis kluster *Fuzzy C-Means* jumlah atau banyak kluster ditentukan sendiri oleh peneliti, namun akan lebih baik apabila melakukan validasi kluster untuk mengetahui dan memperoleh banyak kluster yang optimal pada data yang dianalisis. Validasi untuk jumlah kluster yang lain terlebih dahulu dianalisis satu persatu seperti pada langkah awal metode, karena validasi dapat dilakukan setelah mengetahui hasil analisis *Fuzzy C-Means Clustering*. Berikut validasi kluster untuk banyak kluster, $c = 2,3,4$, dan 5.

Tabel 3. Hasil validasi menggunakan *Partition Entropy*, *Partition Coefficient*, dan *Pseudo F*.

Banyak Kluster	Validasi		
	<i>Partition Entropy</i>	<i>Partition Coefficient</i>	<i>Pseudo F</i>
2	0.243058564995614	0.864243356959461	40.91362
3	0.348237581587135	0.82264816994746	27.44273
4	0.537512241851243	0.716003475099802	36.60348
5	0.634596844107792	0.681291824102206	36.04909

Validasi dengan menggunakan nilai *Partition Entropy* yang paling kecil (minimum) dan mendekati nol menunjukkan banyak kluster yang optimal, untuk nilai *Partition Coefficient* yang paling besar (maksimum) dan mendekati satu menunjukkan banyak kluster yang optimal, sedangkan untuk *Pseudo F* banyak kluster optimal jika memiliki nilai yang paling besar (maksimum). Dari Tabel 3 dapat ditunjukkan bahwa kluster dengan banyak kluster $c = 2$ adalah jumlah kluster yang paling optimal untuk data kependudukan di Kota Blitar.

Karena banyak kluster yang optimal untuk data kependudukan Kota Blitar adalah 2, maka dengan menggunakan *syntax* 'fviz_cluster' pada R Studio, diperoleh plot kluster menggunakan metode *Fuzzy C-Means* yang ditunjukkan oleh Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Plot hasil kluster kelurahan di Kota Blitar menggunakan metode *Fuzzy C-Means Clustering*.

Keterangan angka pada plot: 1. Rembang, 2. Klampok, 3. Plosokerep, 4. Karangtengah, 5. Sananwetan, 6. Bendogerit, 7. Gedog, 8. Kepanjenkidul, 9. Kepanjenlor, 10. Kauman, 11. Bendo, 12. Tanggung, 13. Sentul, 14. Ngadirejo, 15. Tlumpu, 16. Karang Sari, 17. Turi, 18. Blitar, 19. Sukorejo, 20. Pakunden, 21. Tanjungsari. Terdapat 14 kelurahan pada kluster 1 yang ditunjukkan dengan warna biru terdapat 7 kelurahan pada kluster 2 yang ditunjukkan dengan warna kuning. Dari Gambar 1 anggota kluster 1 dan 2 disajikan pada Tabel 4:

Tabel 4. Keterangan anggota tiap kluster pada plot kluster

Kluster	Kelurahan
Kluster 1	Rembang, Klampok, Plosokerep, Kepanjenkidul, Kepanjenlor, Kauman, Bendo, Tanggung, Sentul, Ngadirejo, Tlumpu, Karang Sari, Turi, dan Blitar.
Kluster 2	Karangtengah, Sananwetan, Bendogerit, Gedog, Sukorejo, Pakunden, dan Tanjungsari.

Kelurahan yang masuk pada kluster 1 adalah kelompok yang kependudukannya lebih sedikit daripada kluster 2, hal ini didasari pada hasil pusat kluster iterasi terakhir. Karakteristik pada kluster 1 adalah penduduk yang pindah, datang, lahir, dan meninggal seluruhnya lebih rendah daripada kluster 2. Penduduk yang datang dan pindah ke Kota Blitar paling banyak berada di kelurahan yang masuk pada kluster 2, serta kelahiran dan kematian penduduk paling banyak pada kelurahan yang ada di kluster 2.

Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan pemerintah Kota Blitar sebagai salah satu bahan pertimbangan untuk membuat kebijakan pemerataan penyebaran penduduk,

terutama penyebaran penduduk di daerah kelurahan yang masuk klaster 1, sehingga kependudukan tidak terpusat di daerah klaster 2 saja.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat disimpulkan perhitungan berhenti pada iterasi ke-22 dengan fungsi objektif sebesar 98252,44. Objek penelitian dibagi menjadi 2 klaster berdasarkan validasi klaster menggunakan *partition entropy*, *partition coefficient*, dan *pseudo F*. Hasil klaster pada data kependudukan Kota Blitar tahun 2019 sebagai objek berdasarkan faktor pindah-datang penduduk, kelahiran, dan kematian menggunakan metode *Fuzzy C-Means Clustering* yaitu klaster 1 terdiri dari 14 kelurahan, yaitu Kelurahan: Rembang, Klampok, Plosokerep, Kepanjenkidul, Kepanjenlor, Kauman, Bendo, Tanggung, Sentul, Ngadirejo, Tlumpu, Karang Sari, Turi, dan Blitar. Sedangkan klaster 2 terdiri dari 7 kelurahan, yaitu Kelurahan: Karangtengah, Sananwetan, Bendogerit, Gedog, Sukorejo, Pakunden, dan Tanjungsari.

Pada hasil penelitian karakteristik pada klaster 1 merupakan penduduk yang pindah, datang, lahir, dan meninggal, yang seluruhnya lebih rendah daripada klaster 2. Penduduk yang datang dan pindah ke Kota Blitar paling banyak berada di kelurahan yang masuk pada klaster 2, serta kelahiran dan kematian penduduk paling banyak pada kelurahan yang ada di klaster 2.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih penulis sampaikan pertama kepada Ibu Rizka Rizqi Robby, S.Pd., M.Si selaku Ketua Program Studi S1 Matematika Universitas Nahdlatul Ulama Blitar sekaligus dosen penguji Laporan Praktek Kerja Lapangan yang telah memberikan pengarahan selama pembuatan artikel ini memberikan kritik dan saran pada laporan Praktek Kerja Lapangan ini ; kedua kepada Ibu Rachmadania Akbarita, S.Si., M.Pd. selaku dosen pembimbing Praktek Kerja Lapangan yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan laporan ini ; ketiga Bapak Bambang Indarto, S.Si., M.Si selaku Kepala Badan Pusat Statistik Kota Blitar yang telah memberikan ijin tempat untuk melaksanakan Praktek Kerja Lapangan di Badan Pusat Statistik Kota Blitar; keempat kepada karyawan dan staf Badan Pusat Statistik Kota Blitar yang telah memberikan instruktur dan turut membantu selama melaksanakan kegiatan Praktek Kerja Lapangan; kelima kepada Orang Tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan serta doa; keenam kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan artikel ini.

Daftar Pustaka

- Al-Rosyid, J. A. (2017). *Analisis Pertumbuhan Penduduk Terhadap Pola Persebaran Fasilitas Sosial Ekonomi di Kecamatan Wonosari Kabupaten Klaten Tahun 2012 dan 2016*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. <http://eprints.ums.ac.id/57605/13/NASKAH%20PUBLIKASI-183.pdf>, diakses 15 September 2021
- Bezdek, J. C. (1981). *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms* (1st ed.). Plenum Press. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0450-1>
- BPS Provinsi Jawa Timur. (2018). *Jumlah Kecamatan dan Wilayah Urban/Rural Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur*. <https://jatim.bps.go.id/statictable/2019/04/18/1426/jumlah-kecamatan-dan-wilayah-urban-rural-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-timur-2018.html>, diakses 09 September 2021
- Fathia, A. N., Rahmawati, R., & Tarno. (2016). Analisis Kluster Kecamatan di Kabupaten Semarang Berdasarkan Potensi Desa Menggunakan Metode Ward dan Single Linkage. *Jurnal Gaussian*, 5, 802.
- Ferraro, M. B., & Giordani, P. (2015). A Toolbox for Fuzzy Clustering Using the R Programming Language. *Fuzzy Sets and Systems*, 279, 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fss.2015.05.001>
- Haryono, C. A. (2016). *Penerapan Metode C-Means dan Fuzzy C-Means pada Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Indikator Pembangunan Ekonomi*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Hidayat, R., Wasono, R., & Darsyah, Moh. Y. (2017). Pengelompokan Kabupaten/Kota Di Jawa Tengah Menggunakan Metode K-Means Dan Fuzzy C-Means. *Prosiding Seminar Nasional & Internasional*, 240–250.
- Karti, H. S., & Irhamah. (2013). Pengelompokan Kabupaten / Kota di Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Indikator Pendidikan SMA / SMK / MA dengan Metode C-Means dan Fuzzy C-Means. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2, 288–293.
- Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., & Wardoyo, R. (2006). *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)* (1st ed.). Graha Ilmu.
- Prabowo, E., & Kurniawan, R. (2019). Optimasi Algoritma Fuzzy Clustering dengan Menggunakan Algoritma Forest Optimization. *Information System Development*, 4, 1–6. <http://orcid.org/0000-0002-8275-4070>
- Sanusi, W., Zaky, A., & Afni, B. N. (2020). Analisis Fuzzy C-Means dan Penerapannya Dalam Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Berdasarkan Faktor-faktor Penyebab Gizi Buruk. *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics*, 2(1), 47. <https://doi.org/10.35580/jmathcos.v2i1.12458>
- Seif, G. (2018). *The 5 Clustering Algorithms Data Scientists*. <https://towardsdatascience.com/the-5-clustering-algorithms-data-scientists-need-to-know-a36d136ef68>, diakses 15 September 2021