

## Penerapan *Fuzzy C-Means* Cluster Dalam Pengelompokan Provinsi Indonesia Menurut Indikator Kesejahteraan Rakyat

NURFIDAH DWITIYANTI  
NONI SELVIA  
FINATA RASTIC ANDRARI

Program Studi Informatika,  
Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Indraprasta PGRI  
Email: nurfidah.pulungan@gmail.com, noni.selvia@gmail.com, fina.rastic@gmail.com

**Abstract.** *The development of a country is judged by whether the welfare of the people in the country is increasing or not. It is known that Indonesia is the largest archipelago country in the World which has 34 provinces so it needs to make an appropriate policy and program to realize the welfare of the people that is evenly distributed in each province. The success of development programs is highly dependent on the accuracy of identifying target groups and target areas, so it is necessary to consider the classification and characteristics of 34 provinces in Indonesia based on the 2017 people's welfare indicators that have been made by the Central Statistics Agency. For grouping these variables / objects, the fuzzy c means clustering method is used which is one of the techniques of grouping data in one cluster determined by the center of the cluster which will mark the average location for each cluster. The purpose of this study will be discussed about the application of the fuzzy c means clustering method in grouping Indonesian provinces based on indicators of people's welfare. Based on the results of the analysis of the grouping of fuzzy c means with 2 clusters, the objective convergent objective function in the 18th iteration is 130.7085. In cluster 1, which is categorized as a less prosperous group consisting of 18 provinces and cluster 2 is a prosperous group, consisting of 16 provinces.*

**Keywords:** *Cluster, Fuzzy C-Means, Welfare*

**Abstrak.** Pembangunan suatu negara dinilai dari semakin naik atau tidaknya kesejahteraan rakyat di negara tersebut. Diketahui bahwa Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di Dunia yang memiliki 34 provinsi sehingga perlu membuat suatu kebijakan dan program yang tepat untuk mewujudkan kesejahteraan rakyat yang merata di setiap provinsi. Keberhasilan program-program pembangunan sangat tergantung pada ketepatan pengidentifikasian target grup dan target area, sehingga perlu mempertimbangkan pengelompokan dan karakteristik 34 provinsi di Indonesia berdasarkan indikator kesejahteraan rakyat tahun 2017 yang telah dibuat oleh Badan Pusat Statistik. Untuk pengelompokan variable/objek tersebut, digunakan metode *fuzzy c means clustering* dimana merupakan salah satu teknik pengelompokan data dalam satu klaster ditentukan oleh pusat *cluster* yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap klaster. Tujuan dari penelitian ini akan dibahas tentang penerapan metode *fuzzy c means clustering* dalam pengelompokan provinsi Indonesia berdasarkan indikator kesejahteraan rakyat. Berdasarkan hasil analisis pengelompokan *fuzzy c means* dengan 2 klaster diperoleh fungsi objektif yang konvergen pada iterasi ke-18 adalah sebesar 130,7085. Pada klaster 1 yang dikategorikan sebagai kelompok kurang sejahtera terdiri dari 18 propinsi dan klaster 2 adalah kelompok sejahtera, terdiri dari 16 propinsi.

**Kata Kunci:** Klaster, Fuzzy C-Means, Kesejahteraan

## PENDAHULUAN

Pembangunan suatu negara dapat dinilai dari semakin naik atau tidaknya kesejahteraan rakyatnya. Kesejahteraan dapat diartikan sebagai suatu keadaan dimana setiap warga negara selalu berada dalam kondisi serba kecukupan segala kebutuhannya, baik material maupun spiritual (Basri & Munandar, 2009). Kedua hal tersebut memiliki keterkaitan yang sangat erat. Idealnya semakin meningkat pembangunan di suatu negara maka kesejahteraan rakyatnya pun semakin meningkat. Karena pada dasarnya tujuan pembangunan adalah untuk menciptakan kesejahteraan bagi seluruh rakyat (Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur, 2017). Indonesia sebagai salah satu negara yang memiliki cita-cita luhur dalam pembangunan kesejahteraan rakyat sebagaimana cita-cita tersebut disebutkan di dalam dokumen resmi negara yaitu Undang-Undang Dasar 1945, sehingga perlu membuat suatu kebijakan dan program yang tepat untuk mewujudkan cita-cita luhur tersebut.

Menurut Faisal Basri (Soemartini & Supartini, 2017)(salah satu prasyarat keberhasilan program-program pembangunan sangat tergantung pada ketepatan pengidentifikasian target grup dan target area. Diketahui bahwa Indonesia merupakan Negara Kepulauan terbesar di Dunia yang memiliki 34 provinsi sehingga perlu mempertimbangkan pengelompokkan dan karakteristik 34 provinsi di Indonesia berdasarkan indikator kesejahteraan rakyat tahun 2017 yang telah dibuat oleh Badan Pusat Statistik.

Untuk pengelompokkan variable/objek tersebut, digunakan analisis klaster. Dalam analisis klaster, objek-objek dikelompokkan berdasarkan kemiripan/kesamaan objek (Hidayat, Wasono, & Darsyah, 2017).. Penelitian terdahulu yang menggunakan analisis klaster telah banyak dilakukan, beberapa diantaranya adalah (Hidayat et al., 2017) yang melakukan pengelompokkan kabupaten/kota di Jawa Tengah menggunakan metode *K-Means* dan *Fuzzy C-Means* berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi kemiskinan tahun 2016. (Soemartini & Supartini, 2017) melakukan pengelompokkan dengan analisis *K-Means clustering* Kabupaten/Kota di Jawa Barat berdasarkan indikator masyarakat. (Ramadhani, Hoyyi, & Mukid, 2015) melakukan pengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan karakteristik kesejahteraan rakyat menggunakan metode *K-Means cluster*. Penelitian sebelumnya telah dilakukan pengelompokkan provinsi dengan metode K-Means, dimana pada penentuan objek dalam *cluster* tertentu didasarkan pada rata-ratan terdekat. Sedangkan pada penelitian ini, digunakan metode Fuzzy C Means dalam pengelompokkan provinsi dengan menentukan objek *cluster* berdasarkan pada pusat *cluster* dan derajat keanggotaan pada setiap *cluster*.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengelompokkan provinsi di Indonesia menurut indikator kesejahteraan rakyat menggunakan metode *Fuzzy C-Means Cluster*. Alasan dalam penelitian ini menggunakan *Fuzzy C-Means Cluster* untuk analisis klasternya adalah karena metode ini dapat mengenalkan pola yang lebih fleksibel dan memudahkan pemecahan perhitungan dari masalah yang dirumuskan (Risqiyani & Kesumawati, 2016).

Metode Fuzzy C-Means (FCM) didasarkan pada teori logika fuzzy yang diperkenalkan oleh Lotfi Zadeh pada tahun 1967 dengan nama himpunan fuzzy (*fuzzy set*) (Hidayat et al., 2017). FCM adalah salah satu teknik peng-*cluster*-an data yang mana keberadaan titik data dalam satu kluster ditentukan oleh derajat keanggotaannya. Teknik ini diperkenalkan oleh Jim Bezdek pada tahun 1981. Konsep dasar FCM adalah langkah pertama menentukan pusat *cluster* yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap kluster, dimana keadaan awal pusat kluster masih belum akurat. Dengan cara memperbaiki pusat kluster dan nilai keanggotaan setiap data secara berulang, maka dapat dilihat bahwa pusat *cluster* akan bergerak menuju lokasi yang tepat (Kusumadewi, Hartati, Harjoko, & Wardoyo, 2006). Hasil dari metode Fuzzy C Means merupakan deretan pusat *cluster* dan derajat keanggotaan setiap objek pada masing-masing *cluster*, bukan sistem inferensi fuzzy (Handoyo & Purwanto, 2017).

Algoritma Clustering FCM adalah sebagai berikut (Ahmadi & Hartati, 2013):

1. Input data yang akan di-*cluster*  $X$ , berupa matriks berukuran  $n \times p$  ( $n$  = jumlah sampel data,  $p$  = atribut setiap data).  $X_{kj}$  = data sampel ke- $k$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ), atribut ke- $j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ).
2. Menentukan:
  - a) Jumlah Cluster  $= c$ ;
  - b) Pangkat pembobot  $= m$ ;
  - c) Maksimum iterasi  $= \text{MaxIter}$ ;
  - d) Error terkecil yang diharapkan  $= \xi$ ;
  - e) Fungsi objektif awal  $= P_0 = 0$ ;
  - f) Iterasi awal  $= t = 1$ ;
3. Bangkitkan bilangan random  $(\mu_{ik}, i = 1, 2, \dots, c; k = 1, 2, \dots, n)$ , sebagai

$$U_0 = \begin{bmatrix} \mu_{11}(x_1) & \mu_{12}(x_2) & \dots & \mu_{1c}(x_c) \\ \vdots & \vdots & & \\ \mu_{n1}(x_1) & \mu_{n2}(x_2) & \dots & \mu_{nc}(x_2) \end{bmatrix}$$

elemen-  
elemen  
matriks  
partisi awal  
 $U$

Matriks partisi pada fuzzy clustering harus memenuhi kondisi sebagai berikut:

$$\mu_{ik} = [0, 1]; (1 \leq i \leq c; 1 \leq k \leq n)$$

$$\sum_{i=1}^n \mu_{ik} = 1; 1 \leq i \leq c$$

$$0 < \sum_{i=1}^n \mu_{ik} < c; 1 \leq k \leq n$$

Hitung jumlah setiap kolom (atribut):

$$Q_j = \sum_{i=1}^c \mu_{ik}$$

Dengan  $j = 1, 2, 3, \dots, m$

Kemudian hitung:

$$\mu_{ik} = \frac{\mu_{ik}}{Q_j}$$

4. Hitunglah pusat cluster ke- $k$  :

$$V_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n ((\mu_{ik})^m * X_{kj})}{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^m}$$

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{c1} & \dots & v_{cm} \end{bmatrix}$$

5. Hitung fungsi objektif pada iterasi ke-  $t$ ,  $P_t$  dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

6. Hitung perubahan matriks partisi:

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

7. Cek kondisi berhenti:

- Jika  $(|P_t - P_{t-1}| < \xi)$  atau  $t <$  iterasi maksimal maka berhenti;
- Jika tidak: maka  $t = t + 1$  kemudian ulangi langkah ke-4.

## METODE

Pada penelitian, data yang digunakan adalah data sekunder dengan populasi unit pengamatan 34 Propinsi di Indonesia dengan sampel penduduk Indonesia yang masuk dalam pendataan berdasarkan kriteria variabel yang digunakan pada penelitian. Data sekunder pada penelitian ini bersumber dari Badan Pusat Statistik Indonesia. Sedangkan untuk variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel yang terdapat pada indikator kesejahteraan rakyat tahun 2017 diantaranya kepadatan penduduk (KP), presentase penduduk miskin (PPM), laju pertumbuhan (LP), angka harapan hidup (AHP), angka partisipasi sekolah (APS), tingkat partisipasi angkatan kerja (TPAK), tingkat pengangguran terbuka (TPT) dan rata-rata pengeluaran perkapita (RPP) (Badan Pusat Statistik, 2017).

Metode yang digunakan dalam analisis kluster pada penelitian ini adalah *Fuzzy C-Means cluster*. Metode *Fuzzy C-Means cluster* bertujuan untuk mengelompokkan propinsi di Indonesia menjadi kelompok-kelompok berdasarkan variabel-variabel yang sudah ditentukan oleh peneliti. Tahapan pertama yang dilakukan dalam melakukan pengelompokan 34 provinsi berdasarkan delapan variabel indikator kesejahteraan rakyat tahun 2017 yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik adalah menentukan pusat kluster, yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap kluster. Dengan cara memperbaiki pusat kluster dan derajat keanggotaan tiap-tiap titik data secara berulang, maka akan dapat dilihat bahwa pusat cluster akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Perulangan didasarkan pada minimasi fungsi objektif yang menggambarkan jarak dari titik data yang diberikan ke pusat cluster yang terbobot oleh derajat keanggotaan titik data tersebut. Output dari Fuzzy C-Means adalah deret pusat cluster dan beberapa derajat keanggotaan untuk tiap-tiap data. *Software* yang digunakan sebagai alat bantu dalam penelitian ini adalah RStudio3.4.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyelesaian *Fuzzy C Means Cluster* dengan Menggunakan Rstudio3.4 dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menetapkan matriks partisi awal  $U$  berupa matriks berukuran  $i \times j$  ( $i$  adalah jumlah sampel data, yaitu  $i = 34$ , dan  $j$  adalah parameter/atribut setiap data, yaitu 8).  $X_{ij}$  = data sampel ke- $i$  ( $i=1,2,\dots,34$ ), atribut ke- $j$  ( $j = 1,2,\dots,8$ ).
2. Menentukan beberapa nilai parameter awal untuk perhitungan.
  - a. Jumlah kluster yang diinginkan ( $c$ ) : 2
  - b. Pangkat bobot ( $w$ ) : 2
  - c. Maksimum iterasi (MaxIter) : 100
  - d. Error terkecil yang diharapkan ( $\epsilon$ ) : 0,001
  - e. Fungsi obyektif awal ( $P_0$ ) : 0
  - f. Iterasi awal ( $t$ ) : 1
3. Membangkitkan bilangan *random*  $\mu_{ik}$ ,  $i = 1,2, \dots, 34$ ;  $k = 1,2,3$ ; sebagai elemen-elemen matriks partisi awal ( $U$ ). Matriks partisi awal  $U$  yang terbentuk (secara *random*).
4. Menghitung pusat kluster ( $V$ )

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

dapat dihitung 2 pusat cluster  $V_{kj}$ , dengan  $k = 1,2$ ; dan  $j = 1,2,3, \dots, 8$ . Diperoleh matriks  $V$  dimana setiap baris dari matriks  $V$  merupakan pusat untuk masing-masing kluster Hasil perhitungan pusat kluster pada iterasi pertama diperoleh sebagai berikut:

$$V = \begin{bmatrix} 0.1813120 & 0.03372027 & -0.1685167 & -0.08657892 & -0.127136 & -0.08738883 & 0.02489652 & -0.03442039 \\ -0.1367368 & -0.04916787 & 0.2539134 & 0.24799681 & 0.291767 & 0.15639507 & -0.05102147 & 0.11531881 \end{bmatrix}$$

5. Menghitung fungsi objektif ( $P_t$ )

Dengan bantuan *software* RStudio diperoleh nilai fungsi objektif pada iterasi pertama adalah sebagai berikut:

$$P_1 = \sum_{i=1}^{34} \sum_{k=1}^2 \left( \left[ \sum_{j=1}^2 (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^2 \right) = 162,5436$$

6. Menghitung Perubahan Matriks Partisi ( $U$ ):

Perubahan matriks partisi ( $U$ ) dihitung menggunakan persamaan:

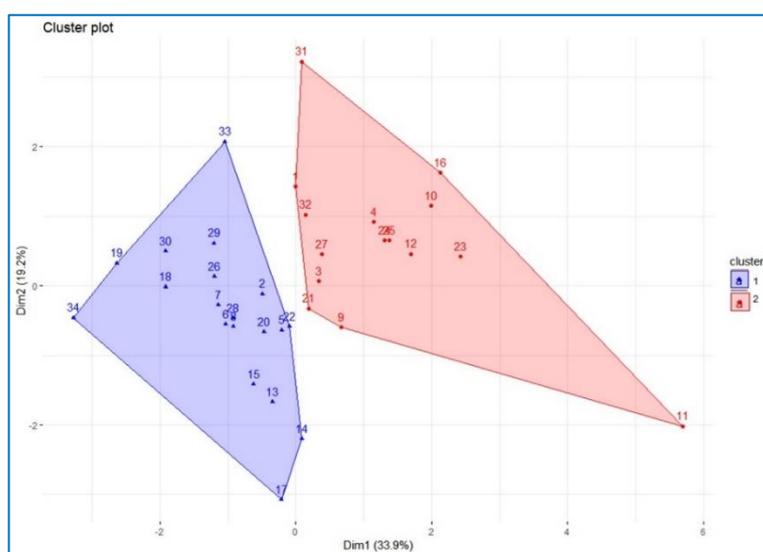
$$\mu_{ik} = \frac{\left[ \sum_{j=1}^m (X_{ij} - X_{ik})^2 \right]^{-1}}{\sum_{k=1}^c \left[ \sum_{j=1}^m (X_{ij} - X_{kj})^2 \right]^{-1}}$$

7. Memeriksa kondisi berhenti atau konvergen

Untuk memeriksa kondisi perhitungan berhenti atau konvergen dapat dilakukan dengan membandingkan nilai fungsi obyektif pada iterasi sebelumnya. Misal inialisasi awal fungsi obyektif adalah sebesar 0. Sehingga kriteria pemberhentian adalah  $|P_1 - P_0| = |162,5436 - 0| = 162,5436$ . Nilai ini masih jauh lebih besar dari  $\epsilon = 0,001$ , dan iterasi = 1 < MaxIter (= 100) sehingga proses perhitungan dilanjutkan ke iterasi berikutnya.

Berdasarkan output yang dihasilkan dengan menjalankan fungsi *fkmclust()* pada software RStudio, banyaknya iterasi yang dibutuhkan sampai mencapai kondisi konvergen adalah 18 iterasi dengan solusi optimal bagi nilai obyektif sebesar 130,7085. Proses yang konvergen ditunjukkan juga pada selisih absolut dari fungsi obyektif pada iterasi ke-17 yaitu 130,7091 dan pada iterasi ke-18 sebesar 130,7085 adalah  $|130,7085 - 130,7091| = 0,0006 < 0,001$ , sehingga benar bahwa dengan 18 iterasi, proses telah mencapai konvergen.

Hasil pengelompokkan dengan Fuzzy C Means dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 1.** Hasil klaster provinsi  
 Sumber: hasil perhitungan RStudio

**Keterangan :** 1 : Aceh, 2 : Sumatera Utara, 3 : Sumatera Barat, 4 : Riau, 5 : Jambi, 6 : Sumatera Selatan, 7 : Bengkulu, 8 : Lampung, 9 : Kep. Bangka Belitung, 10 : Kep. Riau, 11 : DKI Jakarta, 12 : Jawa Barat, 13 : Jawa Tengah, 14 : DI Yogyakarta, 15 : Jawa Timur, 16 : Banten, 17 : Bali, 18 : NTB, 19 : NTT, 20 : Kalimantan Barat, 21 : Kalimantan Tengah, 22 : Kalimantan Selatan, 23 : Kalimantan Timur, 24 : Kalimantan Utara, 25 : Sulawesi Utara, 26 : Sulawesi Tengah, 27 : Sulawesi Selatan, 28 : Sulawesi Tenggara, 29 : Gorontalo, 30 : Sulawesi Barat, 31 : Maluku, 32 : Maluku Utara, 33 : Papua Barat, 34 : Papua.

**Tabel 1.** Rata-rata klaster untuk tiap variabel

| Var            | Keterangan                                | satuan               | Klaster 1    | Klaster 2    |
|----------------|---|----------------------|--------------|--------------|
| V <sub>1</sub> | Kepadatan Penduduk (KP)                   | jiwa/km <sup>2</sup> | 611,84       | 827,58       |
| V <sub>2</sub> | Presentase penduduk miskin (PPM)          | persen               | 11,91        | 9,78         |
| V <sub>3</sub> | Laju Penduduk (LP)                        | tahun                | 1,59         | 1,91         |
| V <sub>4</sub> | Angka Harapan Hidup (AHH)                 | tahun                | 69,07        | 69,90        |
| V <sub>5</sub> | Angka Partisipasi Sekolah (APS)           | tahun                | 73,25        | 74,66        |
| V <sub>6</sub> | Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) | persen               | 67,56        | 66,14        |
| V <sub>7</sub> | Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT)        | persen               | 4,68         | 5,63         |
| V <sub>8</sub> | Rata-rata Pengeluaran Perkapita (RPP)     | rupiah               | 1.004.890,17 | 1.132.051,97 |

Sumber: hasil perhitungan RStudio

Berdasarkan tabel 1, dari nilai rata-rata setiap variabel untuk setiap klaster yang terbentuk, maka dapat diketahui ciri-ciri keanggotaan dari masing-masing variabelnya. Berikut uraian karakteristik untuk masing-masing klaster yaitu:

1. Klaster 1 merupakan klaster yang kurang sejahtera. Hal ini dapat dilihat dari jumlah kepadatan penduduk dan presentase penduduk miskin di propinsi pada klaster 1 tersebut dimana jumlah kepadatan penduduk memiliki nilai paling rendah sebesar 611,84 jiwa/km<sup>2</sup> tetapi persentase penduduk miskinnya memiliki nilai yang tinggi yaitu sebanyak 11,91 persen. Presentase penduduk miskin ini diatas angka nasional di tahun 2017 pada semester kedua yaitu 10,12 persen. Dilihat dari rata-rata pengeluaran perkapita setiap bulan di klaster 1 dinilai masih rendah dibandingkan dengan rata-rata pengeluaran perkapita nasional yaitu Rp. 1.036.497. Propinsi-propinsi yang termasuk ke dalam Klaster 1 adalah Sumatera Utara, Jambi, Sumatera Selatan,

Bengkulu, Lampung, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, Jawa Timur, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Gorontalo, Sulawesi Barat, Papua Barat, dan Papua.

2. Klaster 2 merupakan kelompok Propinsi yang sejahtera karena bila dilihat dari indikator persentase penduduk miskin rendah atau dibawah angka PPM nasional meskipun memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dibandingkan dengan propinsi pada klaster 1. Selain itu, pengeluaran per kapita setiap bulan di klaster 2 lebih besar dibandingkan dengan rata-rata pengeluaran perkapita nasional. Propinsi yang termasuk dalam klaster ini adalah Aceh, Sumatera Barat, Riau, Kep. Bangka Belitung, Kep. Riau, DKI. Jakarta, Jawa Barat, Banten, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Kalimantan Utara, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, Maluku, dan Maluku Utara.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Indraprasta PGRI Jakarta melalui LPPM Universitas Indraprasta PGRI atas dana hibah penelitian DIPA Unindra sesuai kontrak penelitian Nomor 0354/SPP/KP/LPPM/UNINDRA/III/2019.

#### PENUTUP

##### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Fungsi objektif yang konvergen pada iterasi ke-18 adalah sebesar 130,7085.
2. Objek penelitian dikelompokkan kedalam 2 kelompok. Pada klaster 1 yang dikategorikan sebagai kelompok kurang sejahtera terdiri dari 18 propinsi, dan klaster 2 adalah kelompok yang sejahtera, terdiri dari 16 propinsi.

##### Saran

Penelitian ini hanya dilakukan analisis pengelompokkan dengan menggunakan metode Fuzzy C Means cluster, untuk pengembangan lebih lanjut pada penelitian berikutnya, penulis menyarankan untuk membandingkan hasil *Clustering Fuzzy C-Means* dengan metode *Clustering* lainnya serta menambahkan beberapa indikator kesejahteraan lainnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, A., & Hartati, S. (2013). Penerapan Fuzzy C-Means dalam Sistem Pendukung Keputusan untuk Penentuan Penerima Bantuan Langsung Masyarakat (BLM) PNPM-MPd (Studi Kasus PNPM-MPd Kec. Ngadirojo Kab. Pacitan). *Berkala MIPA*, 23(3).
- Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur. (2017). *Indikator Kesejahteraan Rakyat Nusa Tenggara Timur*. Kupang: BPS Provinsi Nusa Tenggara Timur.
- Basri, F., & Munandar, H. (2009). *Lanskap Ekonomi Indonesia*. Jakarta.
- Handoyo, S., & Purwanto, S. P. A. (2017). *Sistem Fuzzy Terapan dengan*

- Software R*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Hidayat, R., Wasono, R., & Darsyah, M. Y. (2017). Pengelompokan Kabupaten / Kota Di Jawa Tengah, (October), 240–250.
- Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., & Wardoyo, R. (2006). *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Ramadhani, F., Hoyyi, A., & Mukid, M. . (2015). Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Karakteristik Kesejahteraan Rakyat Menggunakan Metode K-Means Cluster. *Jurnal Gaussian*, 4(4). <https://doi.org/http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian>
- Risqiyani, T. A., & Kesumawati, A. (2016). Pengelompokan Kabupaten Kota di Provinsi Jawa Tengah dengan Fuzzy C-Means Clustering (Studi Kasus: Jumlah Kasus Gizi Buruk, Faktor Sarana dan Tenaga Kesehatan Serta Faktor Kependudukan di Jawa Tengah 2014). In *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Soemartini, & Supartini, E. (2017). Analisis K-Means Cluster Untuk Pengelompokan Kabupaten / Kota Di Jawa Barat Berdasarkan Indikator Masyarakat. *Konferensi Nasional Penelitian Matematika Dan Pembelajarannya II Universitas Muhammadiyah Surakarta, (Knpmp II)*, 144–154.