

Implementasi Fuzzy C-Means dalam Klasterisasi Kabupaten/Kota di Pulau Sulawesi Berdasarkan Kinerja Pembangunan Ekonomi Daerah

Roni Anom Satrio

Program Studi Statistika, Politeknik Statistika STIS, 211709987@stis.ac.id

ABSTRAK,

Pembangunan ekonomi merupakan rangkaian usaha dalam suatu perekonomian guna mengembangkan kegiatan ekonomi dalam rangka peningkatan taraf hidup masyarakat. Pembangunan ekonomi nasional tidak terlepas dari pembangunan ekonomi daerah. Pulau Sulawesi merupakan salah satu daerah di Kawasan Indonesia Timur yang mengalami pertumbuhan ekonomi pesat. Meski perekonomian Sulawesi tumbuh dengan pesat, namun sumber perekonomiannya sebagian besar masih berpusat di salah satu daerah saja. Dengan demikian, penelitian ini memiliki tujuan untuk membentuk klaster kabupaten/kota di Pulau Sulawesi berdasarkan kinerja pembangunan ekonomi daerah dengan menggunakan Algoritma Fuzzy C-Means. Sebanyak 81 kabupaten/kota di Sulawesi dibagi kedalam lima klaster dan diperoleh fungsi objektif yang konvergen pada iterasi ke-663 sebesar 87,94674. Klaster 1 merupakan Klaster Pembangunan Ekonomi Menengah Kebawah, terdiri dari 21 kabupaten. Klaster 2 merupakan Klaster Pembangunan Ekonomi Menengah, terdiri dari lima kabupaten. Klaster 3 merupakan Klaster Pembangunan Ekonomi Rendah (Tertinggal), terdiri dari 18 kabupaten. Klaster 4 merupakan Klaster Pembangunan Ekonomi Menengah Atas, terdiri dari 45 kabupaten/kota. Klaster 5 merupakan Klaster Pembangunan Ekonomi Tinggi, terdiri dari dua kabupaten dan 11 kota.

Kata Kunci: *Pembangunan Ekonomi, Klaster, Fuzzy C-Means*

1. PENDAHULUAN

Negara – negara berkembang memiliki perhatian lebih dalam menjalankan pembangunan di negaranya yang disebabkan karena persoalan keterbelakangan ekonomi termasuk Indonesia. Pembangunan ekonomi merupakan rangkaian usaha dalam suatu perekonomian guna mengembangkan kegiatan ekonomi dalam rangka peningkatan taraf hidup masyarakat. Pembangunan ekonomi nasional tidak terlepas dari pembangunan ekonomi daerah (Ananda, 2018).

Keberhasilan pembangunan ekonomi daerah dapat diukur dengan menggunakan beberapa indikator. Indikator utama yang digunakan adalah capaian produk domestik regional bruto (PDRB) per kapita yang bisa menjadi petunjuk kinerja perekonomian secara umum sebagai ukuran kemajuan suatu daerah.

Indikator kesejahteraan rakyat tersebut juga perlu disandingkan dengan indikator tingkat kemiskinan. Tingkat kemiskinan dapat memberi gambaran mengenai seberapa besar penduduk didaerah tersebut yang masih hidup dibawah garis kemiskinan. Indikator lain yang dapat mengukur kinerja pembangunan ekonomi suatu daerah adaah pergeseran struktur ekonomi.

Pulau Sulawesi merupakan salah satu daerah di Kawasan Indonesia Timur yang mengalami pertumbuhan ekonomi pesat. Pertumbuhan ekonomi yang cukup tinggi tersebut didukung oleh sumber daya alam wilayah yang melimpah dan lokasi pulau yang cukup strategis terutama dalam lingkup ASEAN dimana batas utara pulau ini berbatasan langsung dengan Negara Filipina. Dengan adanya akses yang baik, Pulau Sulawesi menjadi gerbang utama di Kawasan Timur Indonesia (KTI).

Menurut data Badan Pusat Statistik, dalam satu dekade terakhir perekonomian Pulau Sulawesi tercatat tumbuh rata – rata 7,55% setiap tahunnya. Hal tersebut menunjukkan perekonomian Pulau Sulawesi tumbuh lebih cepat dibandingkan perekonomian nasional. Meski demikian, perekonomian Pulau Sulawesi sebagian besar masih berpusat di salah satu provinsi, yaitu Provinsi Sulawesi Selatan. Pada tahun 2018, perekonomian Sulawesi Selatan menyumbang lebih dari 48% terhadap perekonomian Pulau Sulawesi. Pun perekonomian Sulawesi Selatan juga masih mengandalkan Kota Makassar, dimana menyumbang 34,59% terhadap perekonomian provinsi tersebut.

Masih terpusatnya sumber perekonomian di salah satu daerah mengindikasikan terdapat masalah ketimpangan ekonomi antar daerah di Sulawesi. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini memiliki tujuan untuk membuat klaster kabupaten/kota berdasarkan kinerja pembangunan ekonomi daerah. Hubungan setiap klaster menunjukkan gradasi sejauh mana pembangunan ekonomi kabupaten/kota yang

menjadi anggotanya. Melalui klaster – klaster yang terbentuk, pemerintah pusat dan daerah dapat melakukan monitoring sekaligus evaluasi terhadap kinerja perekonomian pada setiap kabupaten/kota. Dengan demikian, ketimpangan pembangunan diantara kabupaten/kota di Pulau Sulawesi tidak semakin melebar. menggunakan metode Fuzzy C-Means Cluster. Pembentukan klaster kabupaten/kota dalam penelitian ini menggunakan Fuzzy C-Means Cluster, sebab metode ini dapat mengenalkan pola yang lebih fleksibel dan memudahkan pemecahan perhitungan dari masalah yang dirumuskan (Risqiyani & Kesumawati, 2016).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Algoritma Fuzzy C-Means

Algoritma 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 pengklasteran data yang mana keberadaan titik data dalam satu klaster 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 klaster, dimana keadaan awal pusat klster masih belum akurat. Dengan cara memperbaiki pusat klaster 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_{ij} = data sampel ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$), atribut ke- j ($j = 1, 2, \dots, m$).
2. Tentukan :

- a) Jumlah klaster = c
- b) Pangkat pembobot = w
- c) Maksimum iterasi = MaxIter
- d) Error terkecil yang diharapkan = ξ
- e) Fungsi objektif awal = $P_0 = 0$
- f) Iterasi awal = $t = 1$

3. Bangkitkan bilangan random ($\mu_{ik}, i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, c$), sebagai elemen-elemen matriks partisi awal U

$$U_0 = \begin{bmatrix} \mu_{11}(x_1) & \mu_{12}(x_2) & \dots & \mu_{1c}(x_c) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \mu_{n1}(x_1) & \mu_{n2}(x_2) & \dots & \mu_{nc}(x_c) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Matriks partisi pada fuzzy clustering harus memenuhi kondisi sebagai berikut :

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

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

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

Hitung jumlah setiap kolom (atribut) :

$$Q_i = \sum_{k=1}^c \mu_{ik} \quad (2.2)$$

dengan $i = 1, 2, 3, \dots, n$

Kemudian hitung :

$$\mu_{ik} = \frac{\mu_{ik}}{Q_i} \quad (2.3)$$

4. Hitung pusat cluster ke- k dengan $k = 1, 2, \dots, c$ dan $j = 1, 2, \dots, m$:

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^w X_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w} \quad (2.4)$$

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

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

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left(\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w \right) \quad (2.5)$$

6. Hitung perubahan matriks partisi :

$$\mu_{ik} = \frac{\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c \left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{1}{w-1}}} \quad (2.6)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, n$ dan $k = 1, 2, \dots, c$

7. Cek kondisi berhenti :

- a) Jika ($|P_t - P_{t-1}| < \xi$) atau ($t > \text{MaxIter}$) maka berhenti
- b) Jika tidak : maka $t = t + 1$ kemudian ulangi langkah ke-4.

3. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS). Unit analisis meliputi 81 kabupaten/kota di Pulau Sulawesi dengan *time reference* tahun 2018. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini produk domestik bruto per kapita (PDRB/kapita), pertumbuhan ekonomi, kontribusi sektor tersier terhadap perekonomian, tingkat kemiskinan, angka harapan hidup (AHH), rata – rata lama sekolah (RLS).

4. PEMBAHASAN

Klasterisasi dengan Algoritma Fuzzy C-Means

Klasterisasi kabupaten/kota di Pulau Sulawesi menggunakan software R-Studio dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut (data yang diolah dilakukan standardisasi terlebih dahulu) :

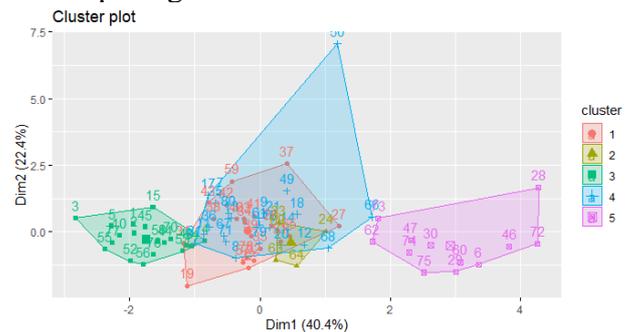
1. Menetapkan matriks partisi awal U berupa matriks berukuran $n \times p$ (n = jumlah sampel data, yaitu 81 ; p = atribut/variabel setiap data, yaitu 6). X_{ij} = data sampel ke- i ($i = 1,2,3, \dots, 81$), atribut ke- j ($j = 1,2,3, \dots, 6$).
2. Menentukan beberapa nilai parameter awal untuk perhitungan
 - a) Jumlah kluster = 5
 - b) Pangkat pembobot = 2
 - c) Maksimum iterasi = 1000
 - d) Error terkecil yang diharapkan = 0,001
 - e) Fungsi objektif awal = 0
 - f) Iterasi awal = 1
3. Membangkitkan bilangan random ($\mu_{ik}, i = 1,2,3, \dots, 81 ; k = 1,2,3$), sebagai elemen-elemen matriks partisi awal U . Matriks partisi awal U yang terbentuk (*secara random*)
4. Menghitung pusat cluster (V)
 Persamaan (2.1) dihitung untuk 3 pusat cluster V_{ij} , dengan $i=1,2,3, \dots, 81$ dan $j=1,2,3, \dots, 6$. 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 :

$$V = \begin{bmatrix} 0,08 & 0,16 & -0,17 & -0,04 & -0,28 & -0,02 \\ 0,08 & 0,16 & -0,17 & -0,04 & -0,28 & -0,02 \\ 0,93 & -1,29 & -0,49 & -0,49 & -0,08 & -0,26 \\ -0,24 & 0,06 & -0,29 & -0,29 & -0,25 & 0,18 \\ -1,17 & 0,98 & 1,81 & 1,81 & 1,63 & 0,18 \end{bmatrix}$$

5. Menghitung fungsi objektif (P_t)
 Diperoleh nilai fungsi objektif pada iterasi pertama adalah sebagai berikut :

$$P_1 = \sum_{i=1}^{81} \sum_{k=1}^3 \left(\sum_{j=1}^6 (X_{ij} - V_{kj})^2 \right) (\mu_{ik})^2 = 87,94674$$
6. Menghitung Perubahan Matriks Partisi (U) :
 Perubahan matriks partisi (U) dihitung menggunakan persamaan (2.3)
7. Memeriksa kondisi berhenti atau konvergen
 Berdasarkan output yang dihasilkan dengan menjalankan fungsi *ppclus*(*)* pada software RStudio, banyaknya iterasi yang dibutuhkan sampai mencapai kondisi konvergen adalah 663 iterasi dengan solusi optimal bagi nilai obyektif sebesar 87,94674.

Hasil klasterisasi kabupaten/kota di Pulau Sulawesi dengan Fuzzy C-Means dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.1 Hasil klasterisasi kabupaten/kota di Pulau Sulawesi

Keterangan :

Klaster 1

Kabupaten Wajo, Kabupaten Enrekang, Kabupaten Luwu, Kabupaten Luwu Timur, Kabupaten Toraja Utara, Kabupaten Buton, Kabupaten Muna, Kabupaten Kolaka, Kabupaten Konawe Selatan, Kabupaten Wakatobi, Kabupaten Kolaka Utara, Kabupaten Buton Utara, Kabupaten Konawe Utara, Kabupaten Kolaka Timur, Kabupaten Konawe Kepulauan, Kabupaten Muna Barat, Kabupaten Poso, Kabupaten Sigi, Kabupaten Morowali Utara, Kabupaten Minahasa Selatan, Kabupaten Mamasa

Klaster 2

Kabupaten Tana Toraja, Kabupaten Konawe, Kabupaten Kepulauan Sangihe, Kabupaten Kepulauan Talaud, Kabupaten Minahasa Tenggara

Klaster 3

Kabupaten Boalemo, Kabupaten Gorontalo, Kabupaten Pohuwato, Kabupaten Bone Bolango, Kabupaten Gorontalo Utara, Kabupaten Janeponto, Kabupaten Buton Tengah, Kabupaten Buton Selatan, Kabupaten Banggai Kepulauan, Kabupaten Donggala, Kabupaten Toli-Toli, Kabupaten Buol, Kabupaten Parigi Moutong, Kabupaten Tojo Una-Una, Kabupaten Banggai Laut, Kabupaten Bolaang Mengondow Selatan, Kabupaten Majene, Kabupaten Polewali Mandar

Klaster 4

Kabupaten Kepulauan Selayar, Kabupaten Bulukumba, Kabupaten Bantaeng, Kabupaten Takalar, Kabupaten Gowa, Kabupaten Sinjai, Kabupaten Maros, Kabupaten Barru, Kabupaten Bone, Kabupaten Soppeng, Kabupaten Sidenreng Rappang, Kabupaten Pinrang, Kabupaten Luwu Utara, Kabupaten Bombana, Kabupaten Banggai, Kabupaten Morowali, Kabupaten Bolaang Mengondow, Kabupaten Minahasa Utara, Kabupaten Bolaang Mengondow Utara, Kabupaten Siau Tagulandang Biaro, Kabupaten Bolaang Mengondow Timur, Kabupaten Mamuju, Kabupaten Mamuju Utara, Kabupaten Mamuju Tengah

Klaster 5

Kota Gorontalo, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Kota Makassar, Kota Parepare, Kota Palopo, Kota Kendari, Kota Bau Bau, Kota Palu, Kabupaten Minahasa, Kota Manado, Kota Bitung, Kota Tomohon, Kota Kotamobagu

digunakan. Berikut uraian karakteristik untuk masing-masing klaster :

1. Klaster 1 dicirikan dengan rata-rata tingkat kemiskinan tinggi (dua digit), dimana menduduki posisi kedua dibandingkan klaster lainnya. Perekonomian sebagian besar masih didominasi sektor primer maupun sekunder. Rata-rata pertumbuhan ekonomi berada diposisi terbawah dibanding klaster yang lain yaitu sebesar 5,7%. Dari sisi pendidikan penduduknya, kabupaten/kota dalam Klaster 1 memiliki rata – rata RLS sebesar 8,076 tahun. PDRB per kapita klaster ini justru bernilai relatif lebih tinggi dibandingkan klaster yang lain yaitu 44,71 juta per tahun. Hal tersebut mengindikasikan bahwa distribusi pendapatan kabupaten/kota Klaster 1 belum merata, karena pendapatan per kapita yang tinggi dibarengi dengan tingkat kemiskinan yang tinggi pula. Sehingga pendapat yang tinggi tersebut dimungkinkan hanya dinikmati oleh segelintir pihak saja di daerah tersebut.
2. Klaster 2 dicirikan tingkat kemiskinan dua digit, namun masih dibawah klaster 1. AHH Klaster 2 relatif tinggi dibandingkan klaster yang lain, dimana menduduki posisi kedua setelah Klaster 5. Rata-rata pertumbuhan ekonominya juga relatif tinggi, yaitu 6,4%. Kualitas pendidikan penduduk berada diatas Klaster 2 dengan rata-rata RLS bernilai sebesar 8,52 tahun.
3. Klaster 3 dicirikan dengan tingkat kemiskinan tertinggi dengan persentase tingkat kemiskinan 16,637%. Rata-rata pertumbuhan ekonomi kabupaten/kota klaster ini terendah dibanding Klaster 1 yaitu 5,7%. PDRB per kapita juga terendah dibanding klaster yang lain, yaitu bernilai 31,197 juta per tahun. Hal yang sama juga terjadi pada variabel RLS yang mencerminkan kualitas pendidikan dalam klaster tersebut yang hanya bernilai 7,5%.
4. Klaster 4 dicirikan pertumbuhan ekonomi yang lebih cepat dibandingkan klaster yang lain. Rata – rata PDRB per kapita juga bernilai relatif tinggi dibawah Klaster 5. Klaster ini juga memiliki tingkat kemiskinan yang relatif rendah sebesar 8,89%. Namun

Tabel 4.1 Rata – rata setiap variabel pada masing – masing klaster

Variabel	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3	Klaster 4	Klaster 5
Tingkat Kemiskinan (%)	13,124	12,168	16,637	8,899	6,824
AHH (Tahun)	69,825	70,328	65,318	68,330	70,755
RLS (Tahun)	8,076	8,520	7,512	7,695	10,262
PDRB per Kapita (Ribuan Rp/Tahun)	44714,14	31949,80	31197,61	46471,88	55502,54
Kontribusi Sektor Tersier (%)	33,3	44,5	37,0	33,5	58,5
Pertumbuhan Ekonomi (%)	5,7	6,4	5,7	7,1	6,4

Berdasarkan tabel 4.1, dari nilai rata-rata setiap variabel untuk masing – masing klaster yang terbentuk, maka dapat diketahui karakteristik setiap klaster berdasarkan enam variabel yang

kualitas pendidikan kabupaten/kota dalam klaster ini berada di posisi terbawah dibandingkan klaster yang lain.

5. Klaster 5 dicirikan dengan semua variabel memiliki nilai terbesar, kecuali pertumbuhan ekonomi. Kabupaten/kota yang menjadi anggota Klaster 5 memiliki rata – rata kemiskinan rendah, yaitu 6,8%. Selain itu, penduduk dalam klaster tersebut memiliki kualitas kesehatan yang lebih baik dibandingkan dengan klaster lainnya, dimana angka harapan hidup sebagai proksi tingkat kesehatan bernilai 70,75 tahun. Meski rata-rata tingkat pendidikan penduduk pada Klaster 5 belum mencapai 12 tahun, namun nilainya tertinggi dibandingkan klaster yang lain yaitu 10,262 tahun. Perekonomian kabupaten/kota dalam klaster ini juga telah mengalami pergeseran struktur perekonomian, yang ditunjukkan dengan rata-rata besarnya kontribusi sektor tersier (jasa) terhadap perekonomian hingga 58,5%. Pertumbuhan ekonomi kabupaten/kota dalam klaster ini juga telah melebihi pertumbuhan ekonomi nasional, namun masih dibawah rata-rata pertumbuhan ekonomi klaster yang lain.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan variabel kinerja pembangunan ekonomi daerah, seluruh kabupaten/kota di Pulau Sulawesi yang berjumlah 81 dibagi kedalam lima klaster. Klaster 5 beranggotakan kabupaten/kota dengan tingkat kemiskinan terendah serta kualitas pembangunan manusia yang tinggi, sehingga Klaster 5 diberi nama Klaster Pembangunan Ekonomi Tinggi. Klaster 4 beranggotakan kabupaten/kota dengan tingkat kemiskinan berada tepat dibawah Klaster 5 serta merupakan klaster dengan rata-rata pertumbuhan ekonomi lebih cepat dibandingkan klaster yang lain, sehingga Klaster 4 diberi nama Klaster Pembangunan Ekonomi Menengah Atas. Klaster 2 beranggotakan kabupaten/kota dengan tingkat kemiskinan dua digit, namun lebih baik dibandingkan Klaster 1 dan Klaster 3. Selain itu nilai AHH dan RLS juga lebih baik dibandingkan kedua klaster tersebut. Sehingga Klaster 2 diberi nama Klaster Pembangunan Ekonomi

Menengah. Klaster 1 memiliki rata-rata tingkat kemiskinan diatas Klaster 3. Selain itu kabupaten/kota dalam Klaster 1 juga memiliki capaian AHH, RLS dan pendapatan per kapita diatas Klaster 4. Sehingga Klaster 1 diberi nama Klaster Pembangunan Ekonomi Menengah Kebawah. Klaster 3 terdiri dari kabupaten/dengan kinerja pembangunan ekonomi terendah dibanding klaster yang lain. Hal tersebut ditunjukkan dengan rata-rata tingkat kemiskinan 16,637%. Selain itu rata-rata nilai AHH, RLS dan pendapat per kapita juga terendah dibandingkan klaster yang lain. Dengan demikian, Klaster 3 diberi nama Klaster Pembangunan Ekonomi Rendah (Tertinggal).

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] Widaryoko, Nanang. (2011). Analisis Klasifikasi Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Peubah Kinerja Pembangunan Daerah Tahun 2010. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- [3] Badan Pusat Statistik. (2019). Publikasi Produk Domestik Regional Bruto Kabupaten/Kota di Indonesia Tahun 2014-2018 . Jakarta : BPS RI
- [4] Badan Pusat Statistik. (2019). Publikasi Data dan Informasi Kemiskinan Kabupaten/Kota Tahun 2018. Jakarta : BPS RI
- [5] Hidayat, R., Wasono, R., & Darsyah, M. Y. (2017). Pengelompokan Kabupaten / Kota Di Jawa Tengah, (October), 240–250.
- [6] Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., & Wardoyo, R. (2006). Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [7] Handoyo, S., & Purwanto, S. P. A. (2017). Sistem Fuzzy Terapan dengan Software R. Malang: Universitas Brawijaya Press.

- [8] 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).
- [9] Ananda, C. F. (2018). *Pembangunan ekonomi daerah: dinamika dan strategi pembangunan*. Universitas Brawijaya Press.