

Implementasi Algoritma *Fuzzy C-Means* untuk Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Kualitas Perguruan Tinggi

Ira Halimatuz Zahro¹, Ulya Anisatur Rosyidah², Luluk Handayani³

¹Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Jember, irazahra113@gmail.com

²Sistem Informasi, Universitas Muhammadiyah Jember, ulyaanisatur@unmuhjember.ac.id

³Manajemen Informatika, Universitas Muhammadiyah Jember, luluk.handayani@unmuhjember.ac.id

Keywords:

Universities,
Fuzzy C-Means,
Clustering,
Education Quality

ABSTRACT

The education system in Indonesia is very large and complex with low quality. The quality of Indonesian education can improve, one way is by having equal distribution of education in every province in Indonesia. This equality can be one solution to improve the quality of graduates in Indonesia. This equality can be done by grouping Indonesian provinces with low quality education. One grouping method that can be used is the Fuzzy C-Means algorithm, which is a clustering technique that is determined by the degree of membership in each data point in one cluster. The grouping process was carried out using 136 data on Higher Education Gross Enrollment Rates in 34 provinces from 2019-2022. The data was processed using the Fuzzy C-Means algorithm and then a search for optimal clusters was carried out using the help of the Partition Coefficient Index. Based on testing from 2 to 10 clusters, the optimum cluster is 2 clusters, with a Partition Coefficient Index value of 0.83491. In the optimum cluster, we get cluster 1 with 20 provinces and cluster 2 with 14 provincial groups. Characteristics resulting from data from 2019 to 2022, cluster 1 has provincial members with the lowest higher education APK compared to cluster 2, especially in cluster 1 members, namely Kep province. Bangka Belitung which has the lowest higher education APK is 2019 with 14.27 APK, 2020 with 14.73 APK, 2021 with 15.23 APK, 2022 14.85 APK.

Kata Kunci (3-5 kata)

Perguruan Tinggi,
Fuzzy C-Means,
Pengelompokan,
Kualitas Pendidikan

ABSTRAK

Sistem pendidikan di Indonesia sangat besar dan kompleks dengan kualitas yang masih rendah. Kualitas Pendidikan Indonesia bisa meningkat, salah satunya dengan adanya pemerataan pendidikan di setiap provinsi yang ada di Indonesia. Pemerataan ini dapat menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan kualitas lulusan masyarakat di Indonesia. Pemerataan tersebut bisa dilakukan dengan mengelompokkan provinsi Indonesia dengan kualitas pendidikan yang rendah. Salah satu metode pengelompokan yang bisa digunakan adalah algoritma *Fuzzy C-Means*, yaitu teknik pengklasteran yang ditentukan oleh derajat keanggotaan di setiap titik data dalam satu *cluster*. Proses pengelompokan dilakukan dengan menggunakan 136 data Angka Partisipasi Kasar Perguruan Tinggi yang terdapat di 34 provinsi dari Tahun 2019-2022. Data tersebut diolah menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means* kemudian dilakukan pencarian *cluster* optimal menggunakan bantuan *Partition Coefficient Index*. Berdasarkan pengujian dari 2 sampai 10 *cluster*, *cluster* optimum berada pada jumlah 2 *cluster*, dengan nilai *Partition Coefficient Index* 0,83491. Pada *cluster* optimum memperoleh *cluster* 1 dengan 20 provinsi dan *cluster* 2 dengan 14 kelompok provinsi. Karakteristik yang dihasilkan dari data Tahun 2019 sampai dengan Tahun 2022, *cluster* 1 memiliki anggota provinsi dengan APK perguruan tinggi terendah dibandingkan dengan *cluster* 2, terutama pada anggota *cluster* 1 yaitu provinsi Kep. Bangka Belitung yang memiliki APK perguruan Tinggi terendah yakni Tahun 2019 dengan 14.27 APK, Tahun 2020 dengan 14.73 APK, Tahun 2021 dengan 15.23 APK, Tahun 2022 14.85 APK

Korespondensi Penulis:

Ulya Anisatur Rosyidah
Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata no 49 Jember
Telepon: 08122883279
Email: ulyaanisatur@unmuhjember.ac.id

Submitted : 29-01-2024; Accepted : 26-02-2024;
Published : 28-02-2024

Copyright (c) 2024 The Author (s) This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0)

1. PENDAHULUAN

Pendidikan di Indonesia memiliki skala dan kompleksitas yang besar, namun sayangnya tingkat kualitasnya masih belum memuaskan. akhir tahun 2019 tercatat 122 Perguruan Tinggi Negeri (PTN) dengan 2,9 juta mahasiswa dan 3.129 Perguruan Tinggi Swasta (PTS) dengan 4,4 juta mahasiswa. Ribuan perguruan tinggi tersebut 48% belum terakreditasi, sementara 32% terakreditasi C, dan 2% terakreditasi A. Baru 3 perguruan tinggi terbaik Indonesia yang mampu menembus 500 perguruan tinggi dunia versi *Quacquarelli Symonds (QS) World University Rankings*. Data yang diperoleh dari *International Education Database* pada Tahun 2023, Indonesia berada di peringkat 67 dari 203 negara di dunia, dengan siswa lanjut Perguruan Tinggi (PT) 19 % [1]. Data-data tersebut menunjukkan bahwa kualitas pendidikan di Indonesia masih tergolong rendah dan harus ditingkatkan.

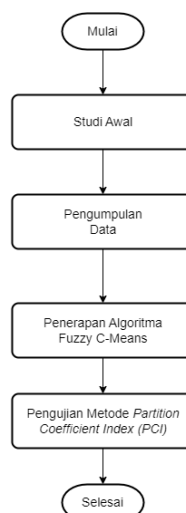
Rendahnya kualitas pendidikan Indonesia inilah yang menjadikan tingkat kemajuan bangsa menjadi sulit dicapai. Kualitas pendidikan Indonesia bisa meningkat, salah satunya dengan adanya pemerataan pendidikan disetiap provinsi yang ada di Indonesia. Pemerataan yang dilakukan bertujuan untuk melihat provinsi mana saja di Indonesia yang Angka Partisipasi Kasar (APK) Perguruan Tingginya rendah. Angka Partisipasi Kasar ini adalah salah satu indikator yang digunakan dalam bidang pendidikan untuk mengukur tingkat partisipasi siswa dalam suatu tingkat pendidikan tertentu, biasanya diukur dalam bentuk persentase. Metode yang digunakan untuk mengatasi masalah pemerataan yang akan dilakukan adalah Algoritma *Fuzzy C-Means*. Metode *Fuzzy C-Means* (FCM) merupakan suatu pendekatan dalam mengelompokkan data, di mana setiap *cluster* ditentukan oleh tingkat keanggotaan masing-masing titik. Pendekatan ini diperkenalkan pertama kali oleh Jim Bezdek pada tahun 1981 [2]. Beberapa penelitian yang mengimplementasikan metode tersebut salah satunya adalah penelitian tentang "Memberikan Penjelasan tentang Kandungan Nutrisi Bahan Pangan Dengan *Fuzzy C-Means*" oleh Kusuma Dewi (2007). Penelitian lain yang mencerminkan konsep serupa dilakukan oleh Hossen, Rahman, Sayeed, Samsuddin, dan Rokhani dengan menggunakan indeks validitas *Partition Coefficient*. Hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa SFCM dapat meningkatkan laju, mengurangi jumlah iterasi, dan mencapai partisi data yang sangat akurat dan tepat.

Tujuan yang ingin dicapai berdasarkan rumusan masalah yang ada pada penelitian ini adalah, (1). untuk menentukan jumlah *cluster* optimum pada kualitas perguruan tinggi di 34 provinsi yang ada di Indonesia. (2). untuk mengidentifikasi kelompok provinsi di Indonesia yang termasuk dalam *cluster* optimum. Hasil akhir yang akan didapatkan dari pengelompokan provinsi berdasarkan angka partisipasi kasar perguruan tinggi ini akan menjadi salah satu rujukan yang dapat digunakan oleh pemerintah dalam pemerataan pendidikan yang ada di Indonesia berdasarkan data yang digunakan yaitu data Angka Partisipasi Kasar Perguruan Tinggi Tahun 2019-2022.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimen, yang dapat diartikan sebagai metode untuk menguji coba suatu data atau bisa juga disebut sebagai percobaan.

2.1 Tahapan Penelitian



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Penjelasan:

1. Studi literatur: pada tahap ini seluruh data pustaka yang termasuk dalam topik penelitian dikumpulkan. Bertujuan untuk mengetahui lebih dalam mengenai kualitas perguruan tinggi yang ada di berbagai provinsi di Indonesia.
2. Pengumpulan data: data yang dikumpulkan pada penelitian ini diambil dari situs web resmi Badan Pusat Statistik yang berjudul “Angka Partisipasi Kasar Perguruan Tinggi di Provinsi Indonesia”. Berjumlah 136 data dari 34 provinsi [4].
3. Penerapan Algoritma Fuzzy C-Means: pada tahap ini parameter awal untuk perhitungan algoritma disiapkan terlebih dahulu. Kemudian membangkitkan bilangan acak/random, menghitung pusat cluster, menghitung fungsi objektif dan menghitung perubahan matriks partisi.
4. Pengujian *Partition Coefficient Index*: setelah mendapatkan hasil cluster, kemudian dilakukan pengujian cluster optimal menggunakan *partition coefficient index*. Hasil pengujian yang mendekati 1 disebut cluster optimal.

2.2 Fuzzy C-Means

Analisis kluster merupakan serangkaian teknik yang sangat luas, yang dirancang dengan tujuan mengidentifikasi kelompok data yang serupa atau sejenis dalam satu set data tertentu. [5]. *Fuzzy C-Means* adalah salah satu metode pengelompokan yang bisa digunakan untuk penelitian ini. Metode *Fuzzy C-Means* (FCM) merupakan suatu pendekatan dalam mengelompokkan data, di mana setiap cluster ditentukan oleh tingkat keanggotaan masing-masing titik. Pendekatan ini diperkenalkan pertama kali oleh Jim Bezdek pada tahun 1981 [2].

Berikut adalah algoritma FCM clustering [6]:

1. Masukkan data yang ada di cluster X , berupa matriks yang 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 ($j = 1, 2, 3, 4, \dots, m$).
2. Langkah berikutnya melibatkan penentuan input yang diperlukan dalam menghitung FCM, yakni:
 - a. Jumlah atau banyaknya cluster (c)
 - b. Pangkat (m) atau eksponen nilai.
 - c. Maksimum iterasi ($MaxIter$)
 - d. Error terkecil (ζ)
 - e. Fungsi objektif ($P_0 = 0$)
 - f. Iterasi awal ($t = 1$)
3. Membangkitkan nilai random

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

Kriteria yang harus dipenuhi oleh matriks partisi dalam konteks *fuzzy clustering* adalah sebagai berikut:

$$\mu_{ik} = [0, 1]; (1 \leq i \leq c; 1 \leq k \leq n) \quad (2)$$

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

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

Selanjutnya hitung jumlah setiap atribut (kolom):

$$Q_j = \sum_{i=1}^c \mu_{ik} \quad (3)$$

dengan $j = 1, 2, \dots, m$ (Jumlah kolom pada matriks berisi nilai acak dapat disesuaikan dengan jumlah kriteria penilaian yang ditetapkan). Kemudian:

$$\mu_{ik} = \frac{\mu_{ik}}{Q_j} \quad (4)$$

4. Menghitung pusat Cluster ke- k : V_{kj} , dengan $k = 1, 2, \dots, c$; dan $j = 1, 2, \dots, m$

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^m * X_{kj})}{d \sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^m} \tag{5}$$

$$V = \begin{pmatrix} v_{11} & \dots & v_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{c1} & \dots & v_{cm} \end{pmatrix} \tag{6}$$

5. Evaluasikan fungsi objektif pada iterasi ke- t , P_t , dengan memanfaatkan rumus sebagai berikut:

$$P_t = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (\sum_{j=1}^m (X_{kj} - V_{ij})^2)(\mu_{ik})^2 \tag{7}$$

6. Menghitung perubahan pada matriks partisi:

$$\mu_{ik} = \frac{[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{-\frac{1}{w}}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{-\frac{1}{w}}} \tag{8}$$

Proses iterasi akan terus berulang selama nilai atau kondisi yang diinginkan belum terpenuhi. Kondisi tersebut adalah ketika perbedaan antara pusat kluster iterasi ke- t (P_t) dan iterasi sebelumnya ke- $(t-1)$ kurang dari nilai ξ , atau ketika nilai t (jumlah iterasi) masih lebih kecil dari $MaxIter$. Jika salah satu kondisi tersebut tidak terpenuhi, iterasi akan diulang dengan menambahkan 1 pada nilai t ($t + 1$), dan proses tersebut akan kembali ke iterasi ke-4 atau melakukan perhitungan ulang terhadap pusat kluster. [7].

3. HASIL DAN ANALISIS

Dari data yang telah dikumpulkan yaitu data Angka Partisipasi Kasar Perguruan Tinggi setiap di 34 Provinsi Indonesia, sebanyak 136 data akan digunakan untuk pengelompokan provinsi berdasarkan APK dari tahun 2019-2022. Angka Partisipasi Kasar ini diperoleh dari situs web resmi Badan Pusat Statistik dengan presentase perbandingan mahasiswa menempuh perguruan tinggi dan remaja usia masuk perguruan tinggi.

3.1 Penerapan Algoritma Fuzzy C-Means

- a) Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menetapkan matriks partisi awal (U), berupa data sampel berjumlah 34 data angka partisipasi kasar per provinsi dari Tahun 2019 sampai Tahun 2022.
- b) Menentukan nilai parameter awal:
 - Jumlah $cluster = 2$
 - Pangkat $= 2$
 - Maksimum Iterasi $= 1000$
 - Error Terkecil $= 0,001$
 - Fungsi Objektif Awal $= 0$
 - Iterasi awal $= 1$
- c) Membangkitkan nilai random (μ_{ik} , $i = 1,2,\dots, c$; $k = 1,2,\dots,n$), yang digunakan sebagai komponen matriks partisi awal U_{34} .
- d) Menentukan pusat $cluster V$
- e) Dengan menggunakan persamaan V_{kj} , diperoleh pusat cluster $V_{2 \times 4}$ yang terbentuk pada iterasi pertama adalah:

$$V_{kj} = \begin{bmatrix} 0,2153 & 0,2116 & 0,2118 & 0,2111 \\ 0,4796 & 0,4731 & 0,4664 & 0,4692 \end{bmatrix}$$

f) Menghitung Fungsi Objektif pada iterasi pertama adalah:

$$P_t = \sum_{k=1}^{34} \sum_{i=1}^2 (\sum_{j=1}^4 (X_{kj} - V_{kj})^2)(\mu_{ik})^2 = 5,829734413$$

Tabel 1. Fungsi Objektif Iterasi 1

No	P _{1.1}	P _{1.2}	P _{total}
1	0,040430	0,0011755	0,041605037
2	0,010199	0,0034804	0,013679366
3	0,118030	0,0000591	0,11808881
4	0,001394	0,0515843	0,052978323
5	0,001541	0,0707464	0,07228766
6	0,001444	0,0068569	0,008300606
7	0,054129	0,0031972	0,05732628
8	0,000657	0,3490769	0,349733434
...
34	0,083961	0,0155470	0,099507862
Fungsi Objektif (P)			5,829734413

Tabel tersebut menunjukkan hasil dari perhitungan fungsi objektif iterasi pertama atau iterasi awal dari penerapan metode *Fuzzy C-Means*. Hasil dari fungsi objektif tersebut nantinya akan digunakan sebagai tolak ukur berhentinya iterasi pada perhitungan *Fuzzy C-Means* dengan dikurangi fungsi objektif awal.

g) Hitung perubahan matriks partisi U:

Perubahan matriks partisi U dihitung menggunakan rumus:

$$\mu_{ik} = \frac{[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{-1}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{-1}} \tag{9}$$

h) Memeriksa kondisi berhenti:

Karena $|P1 - P0| = |5,829734413 - 0| = |5,829734413| > \xi$ dalam hal ini 0,001, dan iterasi pertama $< \text{MaxIter}$ (1000), maka proses dilanjutkan ke iterasi ke-2 (t=2).

Iterasi dilanjutkan hingga memperoleh kondisi yang diinginkan, yaitu $|Pt - Pt-1| < \xi$ atau $t > \text{MaxIter}$. Hasil iterasi yang diperoleh menggunakan bantuan tools Rstudio diperlukan iterasi sebanyak 35 kali dan telah memenuhi memperoleh kondisi berhenti, dengan nilai fungsi objektif yang diperoleh dari solusi optimal sebesar 13.67000.

3.2 Pengujian Partition Coefficient Index

Perhitungan 2 cluster sampai dengan 10 cluster menggunakan bantuan tools Rstudio, kemudian hasil masing masing jumlah cluster dicari cluster mana yang optimal menggunakan *Partition Coefficient Index* dengan rumus dan hasil sebagai berikut:

$$\text{Partition Coefficient Index (C)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^C \sum_j^N (\mu_{ij})^2 \tag{10}$$

$$\sum_j^{34} (\mu_1)^2 = ((0,0085)^2 + (0,9200)^2 + (0,0017)^2 + \dots + (0,9151)^2) = 17,086$$

$$\sum_j^{34} (\mu_2)^2 = ((0,9915)^2 + (0,0800)^2 + (0,9983)^2 + \dots + (0,0849)^2) = 11,301$$

$$PCI = \frac{1}{34} \times (17,086 + 11,301) = 0,83491$$

Tabel 2. Nilai Partition Coefficient Index

Jumlah Cluster	Partition Coefficient Index
2	0,83491
3	0,83102
4	0,78241
5	0,77024
6	0,78414

7	0,76423
8	0,76987
9	0,76894
10	0,75060

Karena nilai PCI pada tabel diatas menunjukkan bahwa jumlah 2 *Cluster* memiliki nilai yang mendekati 1 jika dibandingkan dengan *Cluster* lainnya, maka *Cluster* yang optimum atau *Cluster* yang terbaik berada pada jumlah 2 *Cluster*, yang memiliki keanggotaan masing masing *cluster* 1 adalah 20 anggota provinsi dan *cluster* 2 sebanyak 14 provinsi. Kelompok provinsi pada 2 *cluster* sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Pengelompokan Provinsi pada 2 *Cluster*

Provinsi	Cluster
Jawa Timur, Sulawesi Utara, Kalimantan Tengah, Kalimantan Barat, Jawa Barat, Sumatera Utara, Riau, Kepulauan Riau, Jambi, Nusa Tenggara Barat (NTB), Nusa Tenggara Timur (NTT), Lampung, Banten, Kalimantan Utara, Papua, Kalimantan Selatan, Sulawesi Barat, Kepulauan Bangka Belitung, Kalimantan Selatan, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan	1
Bali, Gorontalo, Aceh, Bengkulu, Sulawesi Selatan, DKI Jakarta, Sulawesi Tenggara, Sumatera Barat, Papua Barat, Maluku Utara, Sulawesi Tengah, DKI Yogyakarta, Kalimantan Timur, Maluku.	2

Dari hasil karakteristik yang ada pada *cluster* 1 dan *cluster* 2, *cluster* 1 merupakan *cluster* yang memiliki anggota provinsi dengan jumlah APK terendah dibandingkan dengan *cluster* 2, sedangkan *cluster* 2 adalah *cluster* yang anggota provinsinya paling tinggi dibandingkan dengan *cluster* 1. Pernyataan ini berasal dari nilai-nilai inti klaster. Jika kita perhatikan dari Tabel 3, terlihat bahwa jumlah anggota dalam *cluster* 1 lebih besar dibandingkan dengan *cluster* 2. Ini mengindikasikan bahwa kualitas pendidikan di wilayah tersebut (*cluster* 1) masih rendah.

Dilihat dari data Angka Partisipasi Kasar Tahun 2019-2022, pada *cluster* 1 kasus terendah berada pada Provinsi Kep. Bangka Belitung berturut-turut dari Tahun 2019 dengan APK 14,27%, Tahun 2020 dengan APK 14,73%, Tahun 2021 dengan APK 15,23%, dan Tahun 2022 dengan APK 14,85. Sedangkan kasus tertinggi berada pada Provinsi Riau berturut-turut dari Tahun 2019 dengan APK 33,93%, Tahun 2020 dengan APK 35,07%, Tahun 2021 dengan APK 35,97%, dan Tahun 2022 dengan APK 35,29%. Artinya, provinsi yang berada dalam *cluster* 1 terutama Provinsi Kep. Bangka Belitung kualitas pendidikannya berdasarkan APK masih rendah dibandingkan provinsi lainnya yang menempati *cluster* yang sama, maka dari itu kelompok provinsi ini memerlukan perhatian lebih oleh Pemerintah untuk pemerataan pendidikan di Indonesia.

Pada *cluster* 2 APK perguruan tinggi provinsi yang paling rendah berada pada provinsi Papua Barat, Tahun 2019 dengan APK 34,8%, Tahun 2020 dengan APK 35,3%, Tahun 2021 dengan APK 35,8% dan Tahun 2022 dengan APK 36,1%. Sedangkan tertinggi berada pada Provinsi DKI Yogyakarta dengan nilai APK pada Tahun 2019 dengan APK 73,1%, Tahun 2020 dengan APK 74,7%, Tahun 2021 dengan APK 74,9% dan Tahun 2022 dengan APK 75,6%. Jika dibandingkan dengan kasus APK terendah dari *cluster* 1 (Kep. Bangka Belitung) dan *cluster* 2 (Papua Barat), perbandingan keduanya lebih rendah Provinsi Kep. Bangka Belitung dilihat dari perbandingan nilai APK.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada data Angka Partisipasi Kasar Perguruan Tinggi menggunakan Algoritma *Fuzzy C-Means* dan PCI, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari data APK perguruan tinggi 34 provinsi di Indonesia dari Tahun 2019 sampai dengan Tahun 2022 dengan 136 data, jumlah *cluster* optimum yang diperoleh berada pada jumlah 2 *cluster*, dengan nilai *Partition Coefficient Index* 0,83491. Dari hasil perhitungan yang dilakukan dapat diketahui juga bahwa nilai derajat keanggotaan memiliki nilai yang berbeda-beda dari 2 sampai 10 *cluster* yang dihitung.
2. Dalam *cluster* optimum yang telah diketahui yaitu 2 *cluster*, terdapat *cluster* 1 dengan jumlah anggota 20 provinsi, dan *cluster* 2 dengan jumlah 14 provinsi. Karakteristik yang dihasilkan dari data Tahun 2019 sampai dengan Tahun 2022, *cluster* 1 memiliki anggota provinsi dengan APK perguruan tinggi terendah dibandingkan dengan *cluster* 2, terutama pada anggota *cluster* 1 yaitu provinsi Kep. Bangka Belitung yang memiliki APK perguruan Tinggi terendah yakni Tahun 2019 dengan 14.27 APK, Tahun 2020 dengan 14.73 APK, Tahun 2021

dengan 15.23 APK, Tahun 2022 14.85 APK. Dilihat dari data tersebut jika dibandingkan dengan provinsi di kelompok *cluster* yang sama, maka Kep. Bangka Belitung adalah provinsi yang kualitas perguruan tingginya paling rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diberikan kepada Program Studi Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Jember dan semua pihak yang telah memberikan bantuan dan kerjasama dalam pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Waller, R. E., Lemoine, P. A., Mense, E. G., Garretson, C. J., & Richardson, M. D. (2019). Global Higher Education in a VUCA World: Concerns and Projections. *Journal of Education and Development*, 3(2), 73. <https://doi.org/10.20849/JED.V3I2.613>
- [2] [Logika Fuzzy Untuk Model Penunjang Keputusan - Google Books, n.d.\)](#)
- [3] Ahmadi, A., & Hartati, S. (n.d.). *Penerapan Fuzzy C-Means dalam Sistem Pendukung Keputusan untuk Penentuan Penerima Bantuan Langsung Masyarakat (BLM) PNPd (Studi Kasus PNPd Kec. Ngadirojo Kab. Pacitan) Fuzzy C-Means Implementation in Decision Support System for Determination of Recipients of Direct Aid Program (Case Study: PNPd Kec. Ngadirojo Kab. Pacitan)*.
- [4] <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTQ0MyMy/angka-partisipasi-kasar--apk--perguruan-tinggi--pt--menurut-provinsi.html>
- [5] Wakhidah, N. (n.d.). *CLUSTERING MENGGUNAKAN K-MEANS ALGORITHM (K-MEANS ALGORITHM CLUSTERING)*.
- [6] Dani, U., Oktavianto, H., Azizah, H., & Faruq, A. (n.d.). *Implementasi Algoritma Fuzzy C-Means Untuk Pengelompokan Kabupaten Atau Kota di Jawa Timur Berdasarkan Tingkat Kesejahteraan Implementation of the Fuzzy C-Means Algorithm for Grouping Regencies or Cities in East Java Based on Welfare Levels*. <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST>
- [7] [Logika Fuzzy Untuk Model Penunjang Keputusan - Google Books, n.d.\)](#)
- [8] Wahyuntari, A., Negeri, S., & Sorong, K. (2023). Meningkatkan Hasil Belajar IPA Materi Sistem Peredaran Darah Pada Manusia Melalui Pendekatan Saintifik Siswa Kelas VIII H SMP Negeri 1 Kota Sorong Tahun 2022. *Jurnal Pendidikan*, 11(1).
- [9] Sumantri, G., Dwi Novianto, M., Prihastuti, P. P., & Yogyakarta, U. N. (2023). Implementasi Fuzzy C-Means dalam Pengelompokan Provinsi di Indonesia untuk Pemerataan Kualitas Pendidikan. *Matematika Dan Statistika*, 8.
- [10] Hidayatun, D., Deskoni, D., & Koryati, D. (2020). *Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Minat Peserta Didik Untuk Melanjutkan Pendidikan Ke Perguruan Tinggi Di Sma Negeri 2 Oku*.
- [11] Permadi, F. T., Nilogiri, A., & Rosyidah, U. A. (2023). Algoritma Fuzzy C-Means dan Metode Davies Bouldin Index (DBI) untuk Mengelompokkan Kabupaten/Kota di Jawa Timur Berdasarkan Sanitasi Layak, Air Minum Layak, dan Rumah Layak Huni. *Jurnal Smart Teknologi*, 4(4), 450–459. <https://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST/article/view/16230>