

**Penerapan Algoritma *Fuzzy C-Means* dan Metode *Elbow* untuk
Mengelompokkan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Indeks Demokrasi Indonesia
*Application of The Fuzzy C-Means Algorithm and Elbow Method to
Grouch Provinces in Indonesia Based on The Indonesian Democracy Index***

Nina Nurdiana¹, Agung Nilogiri², Miftahur Rahman³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: ninanurdiana1299@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: agungnilogiri@unmuhjember.ac.id

³Dosen Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: miftahurrahman@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Negara Indonesia ialah sebuah negara berdasarkan demokrasi. Adapun pernyataan Abraham Lincoln, mengatakan bahwa pelaku dari pemerintahan adalah rakyat. Pihak terkait melakukan pengukuran kemajuan demokrasi dengan model pengukuran Indeks Demokrasi Indonesia (IDI). Tujuan dari IDI adalah membaca pencapaian dan menyusun program-program perencanaan membangun politik. *Clustering* adalah suatu proses pembagian data dari sebuah himpunan dalam beberapa kelompok dimana data satu dengan data yang lain jika mempunyai kemiripan lebih dominan akan membentuk sebuah kelompok, dan data yang lain akan dipisahkan dengan membentuk kelompok yang berbeda menjadi kelompok yang berbeda. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui informasi dan pengetahuan baru mengenai penyebab terjadinya penurunan skor berdasarkan data Indeks Demokrasi Indonesia tahun 2020 dan untuk menemukan kluster terbaik dalam *clustering* Provinsi di Indonesia berlandaskan dataset dari Indeks Demokrasi Indonesia 2020. *Clustering* pada penelitian ini memanfaatkan perhitungan *Fuzzy C-Means* serta metode *Elbow* untuk metode penentuan kluster terbaik serta *software* RStudio sebagai aplikasi pengolah data. Hasil *clustering* dalam penelitian ini 3 kluster adalah kluster terbaik, dibuktikan selisih *SSE* (*Sum of Square Error*) yaitu 1.798, dimana kluster 1 mencakup 12 wilayah, kluster 2 mencakup 9 wilayah dan kluster 3 mencakup 13 wilayah.

Keywords: *Clustering, Elbow, Fuzzy C-Means, RStudio, SSE.*

Abstract

Indonesia is a country based on democracy. As for Abraham Lincoln's statement about democracy, said that the perpetrators of the government are the people. Related parties measure the progress of democracy with the measurement model of the Indonesian Democracy Index. The purpose of the Indonesian Democracy index is to read the achievements and develop planning programs to build politics. Clustering is a process of dividing data from a set into several groups where one data with other data if it has a more dominant similarity will form a group, and other data will separate themselves by forming different groups in different groups. This research was conducted to find out new information and knowledge regarding the causes of the decline in scores based on the 2020 Indonesian Democracy Index data and to find out the best clusters in the regrouping of provinces in Indonesia based on the 2020 Indonesian Democracy Index data. Clustering in this study uses the Fuzzy C-Means algorithm and the Elbow method as an optimization method and RStudio software as a data processing application. The results of clustering in this study 3 clusters are the best clusters, as evidenced by the difference in SSE (Sum of Square Error) of 1,798, where cluster 1 covers 12 regions, cluster 2 covers 9 regions and cluster 3 covers 13 regions.

Keywords: *Clustering, Elbow, Fuzzy C-Means, RStudio, SSE.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan sebuah negara yang berasaskan demokrasi. Menurut pernyataan Abraham Lincoln mengenai demokrasi adalah *rule of law* dari rakyat, oleh rakyat dan untuk rakyat (Hidayat, dan Azmi, 2018). Pihak Program Pembangunan Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNDP) serta Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS) melakukan pengukuran kemajuan demokrasi dengan model pengukuran Indeks Demokrasi Indonesia (IDI). Fungsinya adalah untuk membaca pencapaian dan menyusun program-program perencanaan membangun politik pada sebuah demokrasi (Ibrahim, 2017).

Menurut Wibowo (2021) Indeks Demokrasi Indonesia turun di tahun 2020. Pada tahun tersebut Indonesia mendapat rata-rata skor 5,37. Posisi Indonesia turun drastis dari peringkat 85 pada tahun 2019 ke peringkat 102 di tahun 2020. Namun belum diketahui pasti penyebab dari menurunnya skor Indeks Demokrasi Indonesia tahun 2020. Maka di perlukan nya sebuah tindakan berupa pengelompokan data IDI tahun 2020 dari masing-masing provinsi di Indonesia untuk mengetahui informasi dan pengetahuan baru mengenai penyebab terjadinya penurunan skor pada tahun 2020 dan mengetahui karakteristik dari masing-masing provinsi di Indonesia. Pada studi kasus “Analisis kluster hierarki untuk mengelompokkan kembali provinsi-provinsi di Indonesia berdasarkan indeks demokrasi Indonesia 2016” yang dilakukan oleh Ghaisani & Dkk (2019), menggunakan data IDI tahun 2016 dan metode linkage rata-rata, centroid, linkage lengkap, linkage tunggal dan ward, namun pada percobaan tersebut belum ada pengukuran cluster optimum untuk menentukan cluster terbaik. Maka berdasarkan masalah yang di angkat dan juga berdasarkan penelitian terdahulu, maka dilakukan sebuah penelitian terhadap data IDI tahun 2020 pada 34 wilayah di Indonesia yang sudah termasuk provinsi baru Kalimantan Utara. Perhitungan yang digunakan merupakan perhitungan *Fuzzy C-Means* serta metode *Elbow* sebagai metode penentuan kluster terbaik dan *Software RStudio* untuk pengolahan data. Sehingga, dilakukan penelitian dengan tema “Penerapan *Fuzzy C-*

Means dan *elbow* sebagai pengelompokan daerah di Indonesia bersumber pada Indeks Demokrasi Indonesia”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Provinsi di Indonesia

Indonesia merupakan negara kepulauan berada antara benua Asia dan Australia. Sesuai Pepres Nomor 6 Tahun 2017 tentang Peraturan Pulau Kecil Terluar, secara geografis, Indonesia mempunyai batas - batas negara dan samudera. Indonesia terdiri dari 34 provinsi dan 13.466 pulau (Suhariyanto, 2020).

B. Indeks Demokrasi Indonesia

Indeks demokrasi Indonesia merupakan alat ukur sebagai petunjuk tingkat perkembangan demokrasi di Indonesia dengan mengukur 3 aspek yaitu: Kebebasan Sipil, Hak-Hak Politik, dan Lembaga Demokrasi (Suhariyanto, 2018).

C. Data Mining

Data mining merupakan proses mencari informasi pada sekumpulan data menggunakan metode deskripsi, estimasi, prediksi, klasifikasi, pengelompokan (*clustering*) dan asosiasi (Muningsih, 2017).

D. Clustering

Clustering merupakan proses pengelompokan data dimana datanya memiliki kemiripan yang dominan pada kelompok satu dari pada kemiripan data dengan kelompok lainnya (Rofiqo & Dkk, 2018).

E. Fuzzy C-Means

Algoritma *Fuzzy C-Means* adalah suatu teknik untuk menentukan kluster yang optimal dengan menggunakan derajat keanggotaan sebagai dasar untuk mendefinisikan sebuah vektor yang masuk ke dalam tertentu tertentu. Selain itu *Fuzzy C-Means* dapat menetapkan kluster bervariasi dan terukur (Butarbutar & Dkk, 2016).

F. Metode Elbow

Elbow ialah cara untuk mendapatkan pengetahuan tentang kuantitas kluster optimal menggunakan selisih terbesar nilai SSE setiap

kluster membentuk tikungan pada sebuah pusat titik *cluster* nya (Winarta & Kurniawan, 2021).

G. Rstudio

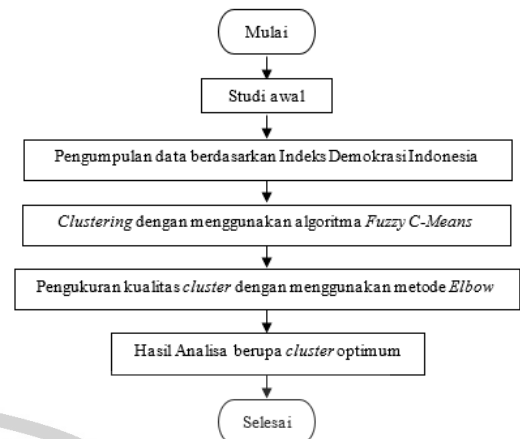
RStudio merupakan aplikasi tambahan untuk mengolah data, *software* ini mempunyai 2 model, yaitu: *open source* (gratis) dan *versi komersial* (berbayar), selain itu terdapat bentuk aplikasi desktop maupun RStudio *Server*.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan metode eksperimen/pengujian. Menurut Rahmayani & Effendi (2019) metode pendekatan kuantitatif adalah metode yang digunakan untuk memeriksa suatu himpunan dengan menganalisis data yang bersifat statistik. Metode pengujian adalah cara yang dimanfaatkan dalam menemukan efektivitas khusus yang ditujukan untuk mempelajari kemungkinan hubungan sebab-akibat dengan menguji suatu variabel (Arifin, 2018).

Clustering atau pengelompokan adalah cara memecah informasi ke dalam golongan dimana informasinya memiliki kemiripan yang lebih dominan dalam suatu kelompok dari pada kemiripan informasi pada beda golongan (Rofiqo & Dkk, 2018). *Clustering* dalam percobaan ini menggunakan perhitungan *Fuzzy C-Means*. Menurut Butarbutar & Dkk (2016) *Fuzzy C-Means* kerap dipakai sebagai pengenalan pola. *Fuzzy C-Means* pada kelompok data dilakukan sesuai dengan derajat keanggotaan yang mana yang berjumlah 0 serta 1.

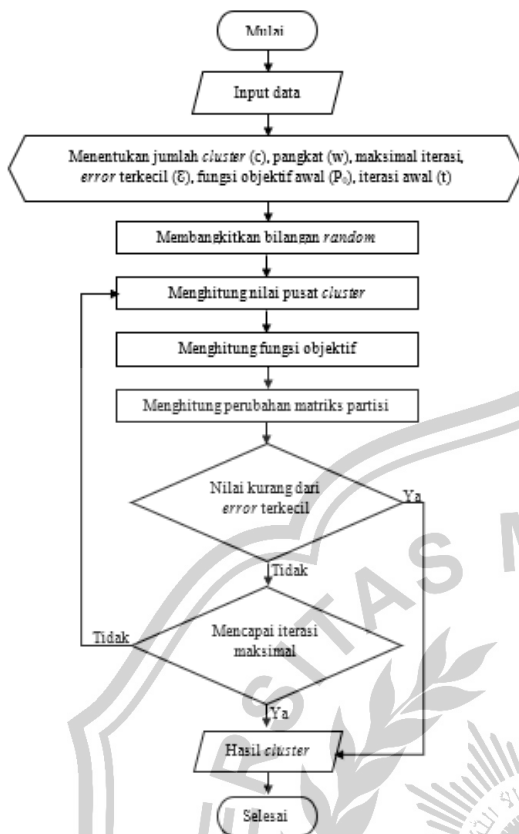
Elbow ditentukan dengan melihat selisih terbesar antara nilai SSE (*Sum of Square Error*) setiap *cluster* membentuk siku pada sebuah titik *cluster* nya (Winarta & Kurniawan, 2021). Menurut Dewi & Pramita (2019), jika *cluster* pertama dan kedua membentuk sudut dan nilai yang paling banyak mengalami penurunan, maka kluster yang paling tepat. RStudio merupakan *software* yang digunakan untuk analisis data pengolah informasi dengan menggunakan bahasa R dalam bentuk grafik (Hadiyatullah & Dkk, 2019). Adapun alur pada penelitian ini:



Gambar 1. Tahapan Penelitian
Sumber: (Hadiyatullah & Dkk, 2019)

Tahap awal penelitian ini adalah mencari beberapa literatur terkait dari penelitian sebelumnya sebagai referensi yang dapat mendukung penelitian yang akan dilakukan.

Dataset yang dipakai data sekunder. Data kutip dalam halaman formal BPS. Data yang dipakai ialah data Indeks Demokrasi Indonesia tahun 2020 di 34 provinsi di Indonesia yang mencakup 3 parameter meliputi: AKS, AHP dan ALD.



Gambar 2. Flowchart Fuzzy C-Means
 Sumber: (Butarbutar & Dkk, 2016)

Tahap algoritma *Fuzzy C-Means*:

- 1) Menetapkan data hendak di cluster berupa matriks $n \times m$.
- 2) Menetapkan total cluster, *rank*, iterasi maksimal (*maksIter*), kesalahan minimum, tujuan awal ($P_0 = 0$) serta *iteration* pertama ($T = 1$).
- 3) Menaikkan angka sembarang untuk komponen bagan pemisah pertama U . Mengestimasi nilai tiap ruang dengan rumus:

$$Q_j = \sum_k^c = 1\mu_{ik} \quad (1)$$

Menghitung nilai komponen matriks partisi anggota himpunan U dengan rumus:

$$\mu_{ik} = \frac{\mu_{ik}}{Q_j} \quad (2)$$

- 4) Mengestimasi nilai titik pusat cluster.

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n (\mu_{ij})^w \times X_{ij}}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ij})^w} \quad (3)$$

Dimana:

V_{kj} = Pusat cluster

I = Iteration

μ_{ik} = Pergantian matrix partisi

X_{ij} = Attribute

- 5) Mengestimasi fungsi target berulang. Fungsi ini merupakan kondisi iteratif untuk mendapatkan pusat cluster yang tepat.

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left[\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w \right] \quad (4)$$

Dimana:

P_t = Fungsi Objektif

$\sum_{i=1}^n$ = Total data di cluster

$\sum_{i=1}^n$ = Total kalkulasi kluste pertama

- 6) Menghitung pergantian bagan pemisah U :

$$\mu_{ik} = \frac{\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{-\frac{1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c \left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{-\frac{1}{w-1}}} \quad (5)$$

- 7) Mengecek keadaan berakhir:

- a) Apabila $(|P_t - P_{t-1}|) / (t > \text{MaksIter})$ berakhir.
- b) Apabila bukan: $T=T+1$, kembali pada tahap 4 sampai tujuh.

Metode *Elbow* bertujuan sebagai penentu jumlah cluster terbaik/paling optimum (Winarta & Kurniawan, 2021). Tahapan *Elbow*:

1. Menetapkan nilai pertama cluster (2 cluster).
2. Menaikkan nilai cluster sesuai yang ditentukan.
3. Mengestimasi nilai SSE (*Sum of Square Error*) setiap cluster.

$$SSE = \sum_{k=1}^k \sum_{xi \in Sk} \|X_i - C_k\|_2^2 \quad (6)$$

X_i = Nilai attribute informasi ke - i
 C_k = Angka attribute titik pusat kluster ke - i

4. Menghitung *SSE* hingga kluster yang ditetapkan.
5. Mengamati nilai *SSE* kluster yang turun secara relevan.
6. Menentukan kluster yang membentuk t.

RStudio merupakan *software* yang dimanfaatkan pada bidang analisis untuk pengolah informasi data dengan bahasa R. RStudio mempunyai dua bentuk, meliputi: *open source/gratis* serta *commercial edition/berbayar*, *software* ini ada bentuk aplikasi desktop maupun bentuk *Server*/yang diakses melalui *google* pada saat komputer terhubung dengan jaringan. RStudio memiliki empat *layout*, diantaranya:

1. *Source/Editor window*, digunakan saat ingin membuat, mengedit serta menyimpan *script* R.
2. *Console window*, digunakan mengeksekusi *command* dari *script* R yang sudah dibuat sebelumnya.
3. *Environment/History window*, *environment* digunakan untuk menampilkan data-data tersimpan di *memory* RAM. Tab *history* digunakan untuk menampilkan daftar *command* yang sudah dijalankan sebelumnya pada *session* yang aktif.
4. Fitur tambahan, digunakan untuk manajemen file, menampilkan *output command* berbentuk *plot*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

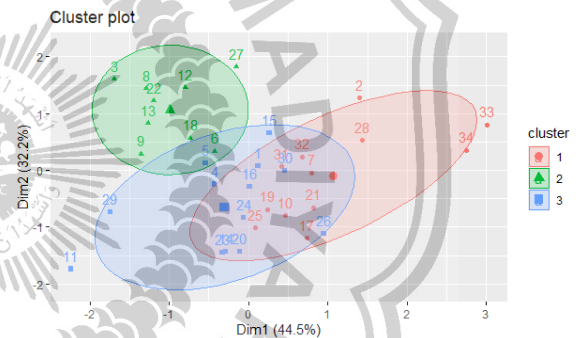
Dataset diolah memakai algoritma *Fuzzy C-Means* serta *Elbow* untuk penentuan kluster terbaik serta *software* RStudio sebagai subkontraktor. Data yang digunakan merupakan data Indeks Demokrasi Indonesia (IDI) pada 34 provinsi di Indonesia tahun 2019 yang mencakup 3 aspek: AKS, AHP serta ALD. Berikut merupakan data sampel IDI tahun 2019 menurut 3 aspek.

Tabel 1. IDI Menurut 3 Aspek

Provinsi	AKS	AHP	ALD
Aceh	84,49	64,94	74,91
Sumatera Utara	77,33	60,27	57,52
Sumatera Barat	66,59	66,80	90,91
Riau	86,08	65,40	83,46
Jambi	82,71	62,98	86,45
Sumatera Selatan	80,32	71,39	73,25
Bengkulu	87,61	59,64	72,76
Lampung	68,55	71,64	79,95
Kep. Bangka			
Belitung	79,12	66,20	92,97
Kep. Riau	92,66	68,67	69,47

Sumber: Badan Pusat Statistik

Pengolahan data menggunakan RStudio dan algoritma *Fuzzy C-Means* sebagai algoritma *clustering* dengan skenario 2 hingga 10 kluster menghasilkan 3 kluster optimum dan masing-masing *cluster* mempunyai anggota provinsi.



Gambar 3. Plot 3 cluster pada RStudio
 Sumber: Hasil Perhitungan

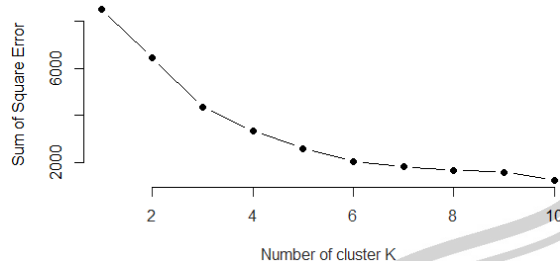
Setelah melakukan perhitungan *clustering Fuzzy C-Means*, dilakukan perhitungan *Elbow* pada RStudio untuk menetapkan kluster optimal. Berikut merupakan nilai *Sum of Square Error (SSE)* dari perhitungan metode *Elbow*:

Tabel 2. Hasil Metode *Elbow*

C	SSE	Jarak	Keterangan
1	16.886,34	-	-
2	7.712,19	9.174	Selisih C1-C2
3	5.914,12	1.798	Selisih C2-C3
4	5.135,55	779	Selisih C3-C4
5	4.848,36	287	Selisih C4-C5
6	4.330,58	518	Selisih C5-C6
7	3.346,21	984	Selisih C6-C7
8	2.624,65	722	Selisih C7-C8

C	SSE	Jarak	Keterangan
9	2.526,56	98	Selisih C8-C9
10	2.084,37	442	Selisih C9-C10

Sumber: Badan Pusat Statistik



Gambar 4. Grafik Nilai Metode *Elbow*

Sumber: Hasil Perhitungan

Menurut Nainggolan & Dkk (2019) dapat dikategorikan sebagai hasil dari metode *Elbow* atau *cluster* terbaik jika salah satu diantara *cluster* membentuk sudut di sebuah grafik. Apabila kelompok 1 dan kelompok 2 membentuk siku pada titik/nilai memiliki penyusutan terbesar, kluster tersebut merupakan kluster optimum. Dan menurut Yuan & Yang (2019) dapat dikatakan sebagai *cluster* terbaik apabila nilai SSE yang lebih kecil menunjukkan bahwa setiap *cluster* lebih konvergen. Adapun menurut Saputra & Dkk (2019) metode *Elbow* ditunjukkan ketika grafik *Elbow* memiliki tikungan yang signifikan. Sehingga *cluster* 3 merupakan *cluster* optimum.

Dari proses *clustering* yang sudah dilakukan menunjukkan letak *cluster* optimum terdapat pada *cluster* 3. Untuk melihat ciri-ciri setiap kluster, perlu membuat profil kluster pada data IDI di setiap masing-masing provinsi yang termasuk pada kluster 1, kluster dua, serta kluster tiga berdasarkan perhitungan yang dibuat sebelumnya. Dan penentuan ciri-ciri setiap kluster diambil berdasarkan nilai Tertinggi (*Max*) dan Terendah (*Min*) (Novany & Safii, 2021). Hasil 3 *cluster* yang terdiri dari *cluster* 1, *cluster* 2, dan *cluster* 3 di tampilkan pada tabel berikut.

Tabel 3. Anggota Provinsi *Cluster* 1

Provinsi	AKS	AHP	ALD
Sumatera Utara	77,33	60,27	57,52
Bengkulu	87,61	59,64	72,76
Kep. Riau	92,66	68,67	69,47

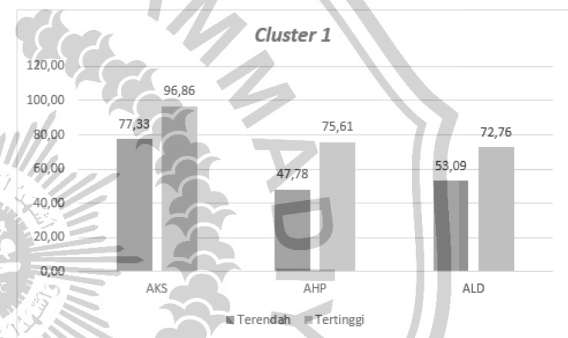
Provinsi	AKS	AHP	ALD
Bali	96,86	69,07	66,90
Nusa Tenggara Timur	90,59	75,61	63,23
Kalimantan Tengah	92,60	64,98	68,44
Sulawesi Utara	93,18	74,83	67,80
Sulawesi Tenggara	84,61	53,61	68,92
Maluku	85,10	66,92	68,29
Maluku Utara	84,35	64,88	66,56
Papua Barat	86,33	47,78	53,09
Papua	89,32	51,83	53,54

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. Karakteristik *Cluster* 1

Kluster 1	AKS	AHP	ALD
Terendah	77,33	47,78	53,09
Tertinggi	96,86	75,61	72,76

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 5. Karakteristik Cluster 1

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel di atas menunjukkan bahwa setiap *cluster* mempunyai anggota provinsi dan karakteristik masing-masing yang ditunjukkan dari nilai Terendah (*MIN*), dan Tertinggi (*MAX*). Tabel 3 merupakan anggota dari *cluster* 1 yang terdiri dari 12 anggota provinsi. Tabel 4 merupakan karakteristik pada *cluster* 1, yaitu: parameter Aspek Kebebasan Sipil (AKS) mempunyai nilai terendah 77,33 dan nilai tertinggi 96,86. Parameter Aspek Hak-Hak Politik (AHP) mempunyai nilai terendah 47,78 dan nilai tertinggi 75,61. Parameter Aspek Lembaga Demokrasi (ALD) mempunyai nilai terendah 53,09 dan nilai tertinggi 72,76. Dan karakteristik tersebut juga ditunjukkan dalam bentuk grafik pada gambar 5. Sehingga hasil dari perhitungan karakteristik 3 *cluster* tersebut masing-masing *cluster* dapat di simpulkan bahwa *cluster* 3 merupakan *cluster* tertinggi

pada parameter Aspek Kebebasan Sipil (AKS) dengan nilai 97,93. Dan *cluster* 1 merupakan *cluster* terendah pada parameter Aspek Hak-Hak Politik (AHP) dengan nilai 47,78.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Penerapan *clustering* memakai perhitungan *Fuzzy C-Means* serta cara *Elbow* berdasarkan data Indeks Demokrasi Indonesia (IDI), 3 *cluster* merupakan kluster terbaik berdasarkan selisih *Sum of Square Error (SSE)* 1.798, dan setiap *cluster* mempunyai anggota provinsi serta karakteristik yang ditunjukkan dari nilai Terendah (*MIN*) dan Tertinggi (*MAX*).

Kluster 1 termasuk 12 provinsi, serta karakteristik pada kluster 1, yaitu: parameter Aspek Kebebasan Sipil (AKS) mempunyai nilai terendah 77,33 dan nilai tertinggi 96,86. Parameter Aspek Hak-Hak Politik (AHP) mempunyai nilai terendah 47,78 dan nilai tertinggi 75,61. Parameter Aspek Lembaga Demokrasi (ALD) mempunyai nilai terendah 53,09 dan nilai tertinggi 72,76. *Cluster* 2 termasuk 9 provinsi, serta karakteristik pada kluster 2, yaitu: parameter Aspek Kebebasan Sipil (AKS) mempunyai nilai terendah 66,59 dan nilai tertinggi 80,32. Parameter Aspek Hak-Hak Politik (AHP) mempunyai nilai terendah 62,88 dan nilai tertinggi 83,53. Parameter Aspek Lembaga Demokrasi (ALD) mempunyai nilai terendah 64,59 dan nilai tertinggi 92,97. *Cluster* 3 terdiri dari 7 anggota provinsi, dan karakteristik pada *cluster* 3, yaitu: parameter Aspek Kebebasan Sipil (AKS) mempunyai nilai terendah 80,51 dan nilai tertinggi 97,93. Parameter Aspek Hak-Hak Politik (AHP) mempunyai nilai terendah 54,46 dan nilai tertinggi 84,95. Parameter Aspek Lembaga Demokrasi (ALD) mempunyai nilai terendah 74,91 dan nilai tertinggi 90,86.

B. SARAN

Saran dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Dalam proses validasi mencari *cluster* optimum dapat menggunakan alternatif lain seperti *Davies Bouldin Index*, *Silhouette Coefficient*, dan *Calirnski-Harabasz index*.

2. Penggunaan *software* untuk membandingkan hasil *clustering* dapat menggunakan alternatif lain seperti *Orange*, *Weka*, dan *RapidMiner*.

6. REFERENSI

- Arifin, Z. 2018. “Metodologi Penelitian Pendidikan Education Research Methodology.”1–5.
https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=Metodologi+Penelitian+Pendidikan+Education+Research+Methodology&btnG= (diakses pada tanggal 27 November 2021)
- Butarbutar, N., Windarto, A. P., Hartama, D., dan Solikhun. 2016. “Komparasi Kinerja Algoritma Fuzzy C-Means dan K-Means dalam Pengelompokan Data Siswa Berdasarkan Prestasi Nilai Akademik Siswa (Studi Kasus: SMP Negeri 2 Pematangsiantar).” *Jurnal Riset Informasi & Teknis Informatika (JURASIK)*, 1(1), 46–55.
<http://tunasbangsa.ac.id/ejurnal/index.php/jurasik/article/view/8> (diakses pada tanggal 10 Juni 2021)
- Dewi, D. A. I. C., dan Pramita, D. A. K. 2019. “Analisis Perbandingan Metode Elbow dan Silhouette pada Algoritma Clustering K-Medoids dalam Pengelompokan Produksi Kerajinan Bali.” *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 9:102–109.
<https://ojs.pnb.ac.id/index.php/matrix/article/view/1662> (diakses pada tanggal 10 Juni 2021)
- Ghaisani, S. Y., Hikmah, N., Prasetyo, A. H., dan Widodo, E. 2019. “Analisis Cluster Hirarki Untuk Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Indikator Demokrasi Indonesia Tahun 2016.” *Prosiding Konferensi Nasional Penelitian Matematika Dan Pembelajarannya (KNPMP) IV*.
<https://publikasiilmiah.ums.ac.id/handle/11617/11117> (diakses pada tanggal 31 Mei 2021)
- Hadiyatullah, A. W., Oktavian, H., dan Faruq, H. A. A. 2019. “Algoritma Fuzzy C-Means Dengan Metode Elbow Untuk

- Mengelompokkan Kepolisian Provinsi di Indonesia Berdasarkan Jumlah Kasus (Crime Total, Crime Cleared, Crime Rate, Clearance Rate).” (*JASIE) Jurnal Aplikasi Sistem Informasi Dan Elektronika*, 1(1):1–18. <http://repository.unmuhjember.ac.id/8379/> (diakses pada tanggal 10 Juni 2021)
- Hidayat, T., dan Azmi, K. 2018. “Pembingkaian Berita Dugaan Kecurangan Pilkada Serentak 2017 DKI Jakarta Di Detik.Com Periode 18 Februari 2017” (*Analisis Framing Robert n Entmant*). 1–10. <https://jom.fikom.budiluhur.ac.id/index.php/Pantarei/article/view/184> (diakses pada tanggal 2 Oktober 2021)
- Ibrahim. 2017. “Menakar kedalaman pengukuran demokrasi model Indeks Demokrasi Indonesia (IDI): Beberapa catatan substantif dari Kepulauan Bangka Belitung.” *Jurnal Masyarakat, Kebudayaan Dan Politik*, 131–149. <https://www.e-journal.unair.ac.id/MKP/article/view/3308> (diakses pada tanggal 24 Juni 2021)
- Muningsih, E. 2017. “Optimasi Jumlah Custer K-Means Dengan Metode Elbow Untuk Pemetaan Pelanggan.” *Prosiding Seminar Nasional ELINVO*, 105–114. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54813473/OptimasiK-Means-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1644553213&Signature=crbc~hdt9VvQCR2DjQwbs5WtGaSv~rTjwH1EnJshVydliCce~yO8UjsgCKoTT-bXR3LqP3z83c5HJRouyRnUw-Ko5NDNA5Kc3Srr~56bAjkzgV06FoEuFvPtQ5lQtk7lqBujNy9L1CdLI0uPbAx3Nuqk2BAHL1wK6bjbHiCkAzAd3127kM58AiADq-PADVJp5KgRhirg8ceclbQvOVxmWw oMLNJw1Wwexej5bUXutPpnhT2JhXWRoLLakjDln4OwhAl2UB14CFfHk3BmMtalUH48EAbH~aVKyqmFg85kLiYUVW2NYpfw13yDTcy6JJCFwK2tQ6Gw0z7gQ9IMj09cA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA (diakses pada tanggal 23 Agustus 2021)
- Nainggolan, R., Angin, R. P., Simarmata, E., and Tarigan, F. A. 2019. “Improved the Performance of the K-Means Cluster Using the Sum of Squared Error (SSE) optimized by using the Elbow Method.” *Journal of Physics: Conference Series*, 1361(1), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1361/1/012015> (diakses pada tanggal 12 November 2021)
- Novany, A. A., dan Safii, M. 2021. “Penerapan Data Mining Dalam Mengelompokkan Produksi Daging Sapi di Pulau Sumatera Menggunakan Algoritma K-Means Clustering.” *Seminar Nasional Informatika (SENATIKA)*, 237–243. <http://www.ejournal.pelitaindonesia.ac.id/ojs32/index.php/SENATIKA/article/view/1164> (diakses pada tanggal 23 November 2021)
- Rahmayani, S. R., dan Effendi, K. N. S. 2019. “Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa SMP Pada Materi Himpunan.” *JUDIKA (JURNAL PENDIDIKAN UNSIKA)*, 7(1):10–18. <http://journal.unsika.ac.id/index.php/judika> (diakses pada tanggal 27 November 2021)
- Rofiqo, N., Windarto, A. P., dan Hartama, D. 2018. “Penerapan Clustering Pada Penduduk Yang Mempunyai Keluhan Kesehatan Dengan Datamining K-Means.” *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi Dan Komputer)*, 2, 216–223. <http://www.stmik-budidarma.ac.id/ejurnal/index.php/komik/article/view/929> (diakses pada tanggal 23 April 2021)
- Saputra, D. M., Saputra, D., dan Oswari, L. D. 2019. “Effect of Distance Metrics in Determining K-Value in KMeans Clustering Using Elbow and Silhouette Method.” *Sriwijaya International Conference on Information Technology and Its Applications (SICONIAN)*, 172, 341–346. https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=Effect+of+Distance+Metrics+in+Determining+K-Value+in+KMeans+Clustering+Using+E

- lbow+and+Silhouette+Method.&btnG=
(diakses pada tangga 12 November 2021)
- Badan Pusat Statistik. 2018. “Berita Resmi Statistik Indeks Demokrasi Indonesia (IDI) 2017.” <https://www.bps.go.id> (diakses pada tanggal 4 Juni 2021)
- Badan Pusat Statistik. 2020. “Statistik Indonesia 2020.” <https://www.bps.go.id/publication/2020/04/29/e9011b3155d45d70823c141f/statistik-indonesia-2020.html> (diakses pada tanggal 3 Juni 2021)
- Winarta, A., & Kurniawan, W. J. (2021). Optimasi Cluster K-Means Menggunakan Metode Elbow Pada Data Pengguna Narkoba Dengan Pemrograman Python. *Jurnal Teknik Informatika Kaputama (JTik)*, 5, 113–119.
- Yuan, C., & Yang, H. (2019). Research on K-Value Selection Method of K-Means Clustering Algorithm. *Multidisciplinary Scientific Journal*, 2(2), 227–235. <https://doi.org/10.3390/j2020016>
- Wibowo, K. S. 2021. “Indeks Demokrasi Indonesia Turun, Fadli Zon: Berdampak ke Penanganan Pandemi.” *Tempo.Co*. <https://nasional.tempo.co/read/1431022/indeks-demokrasi-indonesia-turun-fadli-zon-berdampak-ke-penanganan-pandemi> (diakses pada 20 Januari 2022)
- Winarta, A., dan Kurniawan, W. J. 2021. “Optimasi Cluster K-Means Menggunakan Metode Elbow Pada Data Pengguna Narkoba Dengan Pemrograman Python.” *Jurnal Teknik Informatika Kaputama (JTik)*, 5, 113–119. <http://jurnal.kaputama.ac.id/index.php/JTik/article/view/466> (diakses pada tanggal 10 Juni 2021)
- Yuan, C., and Yang, H. 2019. “Research on K-Value Selection Method of K-Means Clustering Algorithm.” *Multidisciplinary Scientific Journal*, 2(2), 227–235. <https://doi.org/10.3390/j2020016> (diakses pada tanggal 12 November 2021)