

Impelementation of Subtractive Fuzzy C-Means Method in Clustering Provinces in Indonesia Based on Factors Causing Stunting in Toddlers

Hariati Ainun Nisa, Admi Salma*, Dodi Vionanda, dan Tessy Octavia Mukhti

Departemen Statistika, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

*Corresponding author: admisalmaal@fmipa.unp.ac.id

Submitted : 07 Mei 2024

Revised : 27 Mei 2024

Accepted : 28 Mei 2024

ABSTRACT

Indonesia in 2022 has a stunting rate that is still relatively high at 21.6%. For this reason, it is necessary to make various efforts to reduce the stunting rate. One of the efforts that can be made is to understand the characteristics of each province in Indonesia with cluster analysis. This study aims to cluster provinces in Indonesia based on factors that cause stunting in children under five. The method used is Subtractive Fuzzy C-Means which has advantages in terms of speed, iteration, thus producing more stable and accurate results. The results of the validity test with Silhouette Coefficient Index, the optimum number of clusters is 8 clusters with a radius (r) of 0.70. There are 8 provinces that have provided maximum handling and efforts in reducing stunting rates, namely the provinces of Bangka Belitung Islands, Riau Islands, DKI Jakarta, DI Yogyakarta, Bali, East Kalimantan, South Kalimantan, and South Sulawesi. Meanwhile, 7 provinces namely East Nusa Tenggara, South Kalimantan, Central Sulawesi, West Sulawesi, Maluku, North Maluku, and West Papua, still need special attention from the government in reducing stunting rates based on the factors that cause stunting discussed in this study.

Keywords: *Stunting, Cluster Analysis, Subtractive Fuzzy C-Means, Silhouette Coefficient Index* .



This is an open access article under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2022 by author and Universitas Negeri Padang.

I. PENDAHULUAN

Salah satu kunci untuk mendukung ekonomi berkelanjutan atau SDGs (*Sustainable Development Goals*) adalah pembangunan Sumber Daya Manusia (SDM) yang berkualitas dan berdaya saing. Modal dasar sekaligus hasil dari pembangunan sumber daya manusia tersebut salah satunya adalah kesehatan. Tantangan dalam perbaikan kesehatan di Indonesia saat ini yang masih cukup tinggi adalah permasalahan *stunting* (*Profil Kesehatan Indonesia 2023*). *Stunting* merupakan gangguan pertumbuhan dan perkembangan pada anak disebabkan oleh kekurangan gizi kronis dan infeksi berulang yang ditandai dengan panjang atau tinggi badan berada dibawah standar. Terdapat banyak faktor penyebab *stunting* pada balita di Indonesia. Secara umum penyebab *stunting* sesuai dengan kerangka yang disusun oleh UNICEF, IFPRI, dan Bapennas yang kemudian diadopsi menjadi kerangka penyebab *stunting* di Indonesia adalah faktor penyebab langsung dan tidak langsung (*Strategi Nasional Percepatan Pencegahan Stunting*, 2019).

Stunting masih menjadi permasalahan gizi yang dialami oleh balita diberbagai negara dengan angka *stunting* mencapai 22,3% atau 148 juta pada tahun 2022. Indonesia merupakan salah satu negara dengan persentase anak balita yang memiliki tinggi di bawah tinggi rata-rata (*stunting*) yang masih cukup tinggi, meskipun pada tahun 2022 mengalami penurunan dengan prevalensi *stunting* sebesar 21,6% dibandingkan tahun 2021 dengan prevalensi sebesar 24,4% (Kemenkes RI, 2022). Hal ini dikarenakan menurut *World Health Organization* (WHO), prevalensi *stunting* masih menjadi masalah kesehatan masyarakat jika prevalensinya 20% atau lebih.

Pada tahun 2022 sebanyak 23 dari 34 provinsi yang ada di Indonesia dengan prevalensi *stunting* masih tergolong tinggi sesuai dengan yang telah ditetapkan oleh *World Health Organization* (WHO). Oleh karena itu, pemerintah perlu melakukan berbagai upaya dalam menurunkan tingkat prevalensi tersebut. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi prevalensi *stunting* di Indonesia adalah memahami karakteristik penyebab *stunting* dengan

pembentukan kelompok yang didasarkan pada kesamaan karakteristik faktor penyebab *stunting* pada setiap provinsi di Indonesia dengan menggunakan analisis klaster.

Analisis klaster adalah mengelompokkan objek-objek berdasarkan tingkat kemiripan atau kesamaannya, sehingga akan diperoleh kemiripan objek dalam klaster yang sama (Johnson & Richard, 2007). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hikmiah dkk., (2021), pada saat tertentu sebuah objek tersebut berkemungkinan berada pada dua kelompok atau lebih. Maka dari itu, untuk mengatasi masalah ketidakpastian tersebut, perlu dilakukan pengelompokan menggunakan *fuzzy clustering*. Salah satu metode dalam *fuzzy clustering* adalah metode *Subtractive Fuzzy C-Means* (SFCM). Metode *Subtractive Fuzzy C-Means* (SFCM) merupakan penggabungan dari metode *Subtractive Clustering* (SC) dan metode *Fuzzy C-Means* (FCM). Menurut Kurniawan & Haqiqi, (2015) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa metode FCM baik dalam mengelompokkan data yang memiliki lebih dari satu variabel. Sedangkan metode FSC memberikan hasil pengelompokan yang lebih konsisten dan komputasi yang cepat. Kelebihan lain yang dimiliki oleh metode SFCM ini adalah dapat mengurangi jumlah iterasi, serta hasil yang diperoleh lebih stabil dan akurat (Suerni dkk., 2021).

Penelitian terdahulu yang menggunakan metode *Subtractive Fuzzy C-Means* (SFCM) diantaranya adalah penelitian oleh Maulidya & Asdi (2022) mengenai pengelompokan provinsi di Indonesia berdasarkan indikator pembangunan pendidikan yang menghasilkan jumlah klaster optimum sebanyak dua klaster pada jari-jari 1,50 menggunakan uji validitas *Partition Coefficient Indeks*. Penelitian Suerni dkk., tahun 2021 pada tingkat partisipasi pendidikan jenjang Sekolah Menengah Atas/ sederajat di Kabupaten/kota di Pulau Kalimantan tahun 2018 yang menghasilkan klaster optimum sebanyak dua klaster pada jari-jari 0,6 yang juga menggunakan *Partition Coefficient Indeks* dalam menentukan klaster optimum. Hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah kasus yang dibahas mengenai *stunting* dengan uji validitas *Silhouette Coefficient Index* yang menghasilkan jumlah klaster optimum sebanyak delapan klaster pada jari-jari 0,70.

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai pengelompokan provinsi di Indonesia berdasarkan faktor penyebab *stunting* pada balita menggunakan metode *Subtractive Fuzzy C-Means* (SFCM). Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang bermanfaat bagi masyarakat dan pemerintah dalam upaya menurunkan angka *stunting* pada balita di Indonesia.

II. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang akan digunakan adalah penelitian terapan. Data yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari hasil Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) tahun 2022 dipublikasikan oleh Badan Pusat Statistik. Variabel penelitian yang akan digunakan terdiri dari 6 variabel yaitu persentase bayi usia kurang enam bulan yang mendapatkan ASI Eksklusif (X_1), persentase anak usia 6 – 23 bulan yang mendapatkan makanan pendamping ASI (X_2), persentase anak yang menerima imunisasi dasar lengkap (X_3), persentase anak yang memiliki jaminan kesehatan (X_4), persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi layak (X_5) dan air minum layak (X_6).

Pengelompokan menggunakan metode *Subtractive Fuzzy C-Means* dilakukan dengan bantuan *software* Rstudio. *Library* yang akan digunakan yaitu *dplyr* dan *fields*. Metode ini merupakan penggabungan dari metode *Subtractive Clustering* (SC) dan *Fuzzy C-Means* (FCM). Metode SC digunakan untuk menentukan jumlah klaster dan derajat keanggotaan awal dari FCM. Sedangkan metode FCM digunakan untuk menentukan pusat klaster dan nilai keanggotaan yang digunakan untuk menentukan penempatan data ke dalam klaster (Kalla dkk., 2022). Adapun tahapan yang akan dilakukan dalam pengelompokan ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan analisis statistika deskriptif yang bertujuan untuk melihat ringkasan dari masing-masing variabel secara umum.
2. Menentukan nilai parameter yang akan digunakan yaitu jari-jari (r), *accept ratio* (ar), *squash factor* (q), *reject ratio* (rr), galat dan jumlah maksimum iterasi yang akan dilakukan;
3. Melakukan normalisasi pada setiap data menggunakan persamaan (1)

$$X_{ij}^* = \frac{x_{ij} - x_{minj}}{x_{maxj} - x_{minj}} \quad (1)$$

dimana :

- x_{ij} : objek sampel ke- i dan variabel ke- j
- x_{minj} : nilai terendah variabel ke- j
- x_{maxj} : nilai tertinggi variabel ke- j

4. Menentukan pusat kluster

- a. Menentukan potensi awal pada setiap objek pada data yang telah dinormalisasi menggunakan persamaan (2)

$$D_i = \sum_{z=1}^n \left(e^{-4(Dist_{iz}^2)} \right) \text{ dengan } Dist_{iz}^2 = \sum_{j=1}^m \frac{(x_{ij}^* - x_{zj}^*)^2}{r^2} \quad (2)$$

dimana $i, z : 1, 2, 3, \dots, n$
 $j : 1, 2, 3, \dots, m$

$Dist_{iz}^2$: jarak antara data ternormalisasi ke i dengan data ternormalisasi ke- z

x_{ij}^* : data ternormalisasi ke- i dan variabel ke- j

x_{zj}^* : data ternormalisasi ke- z dan variabel ke- j

- b. Mencari nilai potensi tertinggi pada iterasi pertama dengan melihat nilai terbesar dari potensi awal dan akan menjadi pusat kluster pertama (C_1) serta ditetapkan vektor C_1 yang berisikan data yang telah ternormalisasi.
- c. Memperbarui potensi setiap data (D_i^t) pada iterasi ke- t dengan menggunakan persamaan (3) dan menetapkan potensi tertinggi (Z) pada iterasi ke- t serta menetapkan vektor V_t sebagai calon pusat kluster pada iterasi ke- t yang diperoleh dari data dengan potensi tertinggi.

$$D_i^t = D_i - D_{c_1} \times e^{-\frac{4\|x_{ij}^* - C_{lj}^*\|^2}{r \times q}} \quad (3)$$

dimana $l : 1, 2, 3, \dots, k$

k : banyaknya pusat kluster

C_{lj}^* : data ternormalisasi pada pusat kluster ke- l dan variabel ke- j

r : jari-jari

q : squash factor

- d. Menghitung nilai *ratio* (R) antara potensi tertinggi pada iterasi ke- t (Z) dengan potensi tertinggi pada iterasi pertama (M) menggunakan persamaan (4).

$$R = \frac{Z}{M} \quad (4)$$

- e. Memeriksa kondisi berhenti dengan tiga kemungkinan kondisi. Jika nilai *ratio* > *accept ratio*, maka calon pusat kluster akan diterima sebagai pusat kluster baru. Jika nilai *ratio* < *accept ratio* dan nilai *ratio* > *reject ratio*, maka calon pusat kluster baru akan diterima jika berada cukup jauh dari pusat kluster yang telah ada. Jika nilai *ratio* < *accept ratio* dan nilai *ratio* < *reject ratio*, maka iterasi dihentikan dan sudah tidak ada lagi calon pusat kluster.
- f. Melakukan denormalisasi menggunakan rumus pada persamaan (5).

$$C_{l j \text{denorm}} = C_{lj} \times (x_{\max j} - x_{\min j}) + x_{\min j} \quad (5)$$

5. Menentukan derajat keanggotaan awal dengan menggunakan persamaan (6)

$$\mu_{il} = \frac{\left[\sum_{j=1}^m (x_{ij} - C_{lj})^2 \right]^{\frac{-1}{m-1}}}{\sum_{l=1}^k \sum_{j=1}^m (x_{ij} - C_{lj})^{\frac{-1}{m-1}}} \quad (6)$$

dengan :

μ_{il} : nilai derajat keanggotaan data ke- i pada kluster ke- l

X_{ij} : objek sampel ke- i variabel ke- j

C_{lj} : pusat kluster ke- l pada variabel ke- j

m : fuzzifier

6. Menentukan nilai fungsi objektif

- a. Menghitung nilai fungsi objektif awal dengan menggunakan persamaan (7)

$$P_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k \left(\sum_{j=1}^m [(x_{ij} - C_{lj})^2] (\mu_{il})^m \right) \quad (7)$$

- b. Memperbarui nilai pusat kluster menggunakan persamaan (8) dan nilai derajat keanggotaan menggunakan persamaan (6)

$$C_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n [(\mu_{il})^m x_{ij}]}{\sum_{i=1}^n (\mu_{il})^m} \tag{8}$$

c. Menghitung nilai fungsi objektif pada iterasi ke- t menggunakan persamaan (9)

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k \left(\sum_{j=1}^m [(x_{ij} - C_{ij})^2] (\mu_{il})^m \right) \tag{9}$$

d. Memeriksa kondisi berhenti

- 1) Jika $|P_t - P_{t-1}| < \varepsilon$ atau $t >$ maksimum iterasi, maka iterasi dihentikan
- 2) Jika tidak, maka $t = t + 1$ dan ulangi dari langkah ke-b.

7. Menentukan anggota kluster berdasarkan derajat keanggotaan yang paling besar pada kluster tersebut.
8. Melakukan uji validitas

Uji validitas yang akan dilakukan pada penelitian ini menggunakan uji *Silhouette Coefficient Index*. Uji *Silhouette Coefficient Index* (SC) merupakan metode gabungan dari metode *cohesion* yang digunakan untuk menghitung seluruh data yang berada dalam kluster yang sama dan *separation* yang digunakan untuk menghitung jarak rata-rata tiap data dalam sebuah kluster dengan kluster lainnya (Paembonan & Abduh, 2021) dengan menggunakan persamaan (10).

$$SC = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n s(i) \tag{10}$$

dengan, $s(i) = \frac{b(i)-a(i)}{\max(a(i),b(i))}$, $b(i) = \min \frac{1}{n_l} \sum_{l'=1}^{n_l} d(i, I_{l'})$ dan $a(i) = \frac{1}{n_l-1} \sum_{l=1}^{n_l} \sqrt{\sum_{j=1}^m (X_{ij} - X_{lj})^2}$

$b(i)$: nilai minimum dari jarak rata-rata objek ke- i dengan semua objek pada kluster yang berbeda

$a(i)$: jarak rata-rata objek ke- i dengan semua objek yang berada dalam kluster yang sama

9. Mengidentifikasi karakteristik faktor penyebab *stunting* pada balita dari jumlah kluster optimum yang telah diperoleh dengan cara membandingkan rata-rata setiap variabel yang ada pada data dengan rata-rata variabel disetiap kluster.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai karakteristik dan ringkasan umum dari masing-masing variabel yang digunakan. Statistika deskriptif disajikan dalam Tabel 1 yang terdiri dari nilai minimum, nilai maksimum, rata-rata dan simpangan baku dari setiap variabel.

Tabel 1. Statistik Deskriptif

Variabel	Nilai Minimum	Nilai Maksimum	Rata-rata	Simpangan Baku
X ₁	53,60	79,70	68,92	7,45
X ₂	33,60	72,50	52,02	10,35
X ₃	22,50	83,90	62,19	13,53
X ₄	47,80	94,90	64,70	11,76
X ₅	40,30	96,20	80,99	9,79
X ₆	65,40	98,40	87,64	7,85

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa pemberian imunisasi dasar lengkap pada anak (X₃) memiliki nilai terendah diantara faktor penyebab lainnya. Sedangkan untuk nilai terbesar berada pada variabel rumah tangga yang memiliki akses terhadap air minum layak (X₆). Selain itu juga dapat dilihat bahwa nilai rata-rata terendah diperoleh pada variabel pemberian makanan pendamping ASI (X₂). Hal ini berarti terdapat kecenderungan bahwa program pemberian makanan pendamping ASI pada balita dalam mengatasi penyebab terjadinya *stunting* masih belum terlaksana dengan baik. Informasi mengenai provinsi dengan nilai tertinggi dan terendah dari setiap variabel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Provinsi di Indonesia dengan Nilai Tertinggi dan Terendah Berdasarkan Faktor Penyebab *Stunting* Pada Balita Tahun 2022

Variabel	Terendah	Tertinggi
Balita yang mendapatkan ASI Eksklusif (X_1)	Gorontalo	Nusa Tenggara Barat
Balita yang mendapatkan makanan pendamping ASI (X_2)	Maluku Utara	DI Yogyakarta
Anak yang menerima imunisasi dasar lengkap (X_3)	Aceh	DI Yogyakarta
Anak yang memiliki jaminan kesehatan (X_4)	Maluku	Aceh
Rumah tangga yang memiliki akses sanitasi layak (X_5)	Papua	DI Yogyakarta
Rumah tangga yang memiliki akses air minum layak (X_6)	Papua	Bali

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh informasi bahwa Provinsi DI Yogyakarta sudah baik dalam menurunkan prevalensi *stunting* pada balita. Hal ini terlihat bahwa provinsi tersebut memiliki persentase tertinggi dalam pemberian makanan pendamping ASI pada anak, imunisasi dasar yang lengkap dan rumah tangga dengan akses sanitasi layak.

B. Penentuan Parameter Awal

Nilai parameter yang akan digunakan dalam pengelompokan dengan metode SFCM pada penelitian ini merujuk kepada nilai yang disarankan oleh penelitian terdahulu, yaitu *squash factor* = 1.25; nilai *reject ratio* dan *accept ratio* sesuai dengan yang disarankan oleh Chiu (1994) yaitu *reject ratio* = 0.15; *accept ratio* = 0.5; *fuzzifier* = 2; galat terkecil (ϵ) = 0.001 dan jumlah maksimum iterasi sebesar 1000. Sedangkan untuk parameter jari-jari ditentukan berdasarkan proses simulasi yang dilakukan dengan banyak jumlah kluster yang terbentuk dapat dilihat pada Tabel 3. Jari-jari yang digunakan yaitu $r = 0.7, 0.75, 0.80$, dan 0.85 .

Tabel 3. Banyak Kluster yang Terbentuk Berdasarkan Jari-Jari

Jari-jari (r)	Banyak Kluster
0,70	8
0,75	7
0,85	6
0,90	4

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa jumlah kluster yang terbentuk dari masing-masing parameter jari-jari yang telah ditentukan beragam. Jumlah kluster terbanyak terdapat pada jari-jari 0.70 dan jumlah kluster paling sedikit ketika jari-jari sebesar 0.90. Hal ini juga dapat disimpulkan bahwa semakin besar jari-jari yang dipilih maka pengaruh dari pusat kluster akan semakin besar sehingga semakin sedikit jumlah kluster yang terbentuk dan begitupun sebaliknya.

C. Normalisasi Data

Normalisasi data bertujuan untuk menyeragamkan interval data pada rentang 0 – 1 dan memperoleh hasil pengelompokan yang lebih akurat. Hasil dari normalisasi data dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Normalisasi Data

Provinsi	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Aceh	0,471	0,527	0,000	1,000	0,665	0,736
Sumatera Utara	0,138	0,527	0,324	0,068	0,751	0,809
Sumatera Barat	0,793	0,625	0,274	0,342	0,519	0,600
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Papua	0,789	0,254	0,386	0,643	0,000	0,000

D. Hasil pengelompokan

Sebelum menentukan hasil pengelompokan, akan dilakukan penentuan jumlah kluster optimum. Jumlah kluster yang optimum dapat ditentukan dengan menggunakan uji validitas. Uji validitas yang akan digunakan pada penelitian ini adalah uji *Silhouette Coefficient Index* (SC). Hasil perhitungan dengan menggunakan uji *Silhouette Coefficient Index* pada seluruh jari-jari dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Banyak Kluster yang Terbentuk Berdasarkan Jari-Jari

Jari-jari (r)	Banyak Kluster	Nilai SC
0,70	8	0,2755
0,75	7	0,2623

0,85	6	0,2615
0,90	4	0,1718

Berdasarkan Tabel 5, diperoleh bahwa nilai SC terbesar terletak pada jari-jari 0,70 dengan jumlah kluster yang optimum yaitu sebanyak 8 kluster dan nilai SC yaitu sebesar 0,2755. Hasil dari pusat kluster dengan jari-jari 0,70 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pusat Kluster dengan Metode *Subtractive Fuzzy C-Means*

Kluster	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}
Kluster 1	74,7498	60,3277	71,9846	60,4372	83,1571	92,0219
Kluster 2	66,6157	44,0318	66,2727	61,3567	77,6113	85,1919
Kluster 3	71,1987	51,3583	53,9063	52,6135	78,2058	81,3165
Kluster 4	73,9484	56,5127	72,1743	74,9462	89,8138	90,5169
Kluster 5	61,7560	54,8187	46,8953	58,6241	82,2470	89,7963
Kluster 6	74,0943	43,6609	46,4665	77,8134	41,2686	65,8994
Kluster 7	66,0507	54,1140	23,6747	94,1199	77,6324	89,6479
Kluster 8	62,2531	40,7575	68,3101	66,5391	83,6681	93,1886

Selain itu, hasil pengelompokan provinsi di Indonesia berdasarkan faktor penyebab *stunting* pada balita yang terbaik dengan jari-jari sebesar 0,70 dapat dilihat dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengelompokan dengan jari-jari sebesar 0,70

Kluster	Provinsi
Kluster 1	Bengkulu, Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat
Kluster 2	Nusa Tenggara Timur, Kalimantan Selatan, Sulawesi Tengah, Sulawesi Barat, Maluku, Maluku Utara, Papua Barat
Kluster 3	Jambi, Sumatera Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah
Kluster 4	Kepulauan Bangka Belitung, Kepulauan Riau, DKI Jakarta, DI Yogyakarta, Bali, Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan, Sulawesi Selatan
Kluster 5	Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Banten
Kluster 6	Papua
Kluster 7	Aceh
Kluster 8	Sulawesi Utara, Sulawesi Tenggara, Gorontalo

Tabel 7 menyajikan hasil pengelompokan menggunakan metode *Subtractive Fuzzy C-Means* dengan jari-jari 0.70 yang menghasilkan jumlah kluster optimal. Kluster yang terbentuk yaitu sebanyak delapan kluster. Kluster pertama terdiri dari 6 provinsi, kluster kedua terdiri dari 7 provinsi, kluster ketiga dengan 4 provinsi, kluster keempat sebanyak 8 provinsi, kluster kelima sebanyak 4 provinsi, kluster keenam dan ketujuh terdiri dari 1 provinsi dan kluster terakhir terdiri dari 3 provinsi.

E. Karakteristik Setiap Kluster

Hasil pengelompokan jumlah kluster optimum yang telah terbentuk sebelumnya akan dilihat karakteristik dari masing-masing kluster tersebut. Karakteristik setiap kluster dapat ditentukan dengan cara membandingkan rata-rata umum pada setiap variabel yang dinotasikan dengan \bar{X}_j dan rata-rata variabel ke- j pada setiap kluster ke- l yang dinotasikan dengan \bar{X}_j^l . Apabila $\bar{X}_j^l > \bar{X}_j$, maka variabel X_j pada kluster ke- l diberi tanda positif (+). Sebaliknya, jika $\bar{X}_j^l < \bar{X}_j$ maka variabel X_j pada kluster ke- l diberi tanda negatif (-).

Apabila suatu variabel bernilai positif artinya variabel tersebut sudah baik dan memiliki faktor penyebab *stunting* yang sudah memadai. Sebaliknya, apabila bernilai negatif (-) artinya faktor penyebab *stunting* pada balita di provinsi tersebut belum memadai dan membutuhkan peningkatan dan perhatian. Nilai rata-rata dari setiap variabel disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Deskriptif Kelompok Berdasarkan Rata-rata

Variabel (X_j)	\bar{X}_j	\bar{X}_j^1	\bar{X}_j^2	\bar{X}_j^3	\bar{X}_j^4	\bar{X}_j^5	\bar{X}_j^6	\bar{X}_j^7	\bar{X}_j^8
X ₁	68,92	74,95	67,70	67,80	69,15	65,68	74,20	65,90	59,50
X ₂	52,02	60,83	39,34	53,18	58,76	56,95	43,50	54,10	38,10
X ₃	62,19	71,03	61,81	53,55	73,11	44,53	46,20	22,50	69,43
X ₄	64,70	57,17	61,69	51,18	74,29	59,70	78,10	94,90	66,80
X ₅	80,99	80,98	77,09	77,45	91,16	80,20	40,30	77,50	83,67
X ₆	87,64	88,58	84,36	80,75	90,11	90,03	65,40	89,70	95,00

Selanjutnya, nilai rata-rata pada Tabel 8 akan dibandingkan dengan cara memberi tanda positif atau negatif sesuai dengan ketentuannya sehingga memperoleh karakteristik dari masing-masing kelompok. Hasil karakteristik kelompok berdasarkan rata-rata dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Karakteristik Hasil Pengelompokan Provinsi dengan Metode SFCM

Variabel (X_j)	\bar{X}_j^1	\bar{X}_j^2	\bar{X}_j^3	\bar{X}_j^4	\bar{X}_j^5	\bar{X}_j^6	\bar{X}_j^7	\bar{X}_j^8
X ₁	+	-	-	+	-	-	-	+
X ₂	+	-	+	+	+	-	+	-
X ₃	+	-	-	+	-	-	-	+
X ₄	-	-	-	+	-	+	+	+
X ₅	-	-	-	+	-	-	-	+
X ₆	+	-	-	+	+	-	+	+

Tabel 9 memberikan informasi mengenai karakteristik dari delapan kluster yang terbentuk dengan menggunakan metode *Subtractive Fuzzy C-Means*. Pada kluster pertama memiliki karakteristik bahwa provinsi yang berada pada kluster tersebut membutuhkan perhatian yang khusus pada dua faktor penyebab *stunting* yaitu mengenai kepemilikan jaminan kesehatan pada anak (X₄) dan rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi layak (X₅). Sedangkan pada kluster kedua merupakan provinsi yang sangat membutuhkan perhatian khusus dalam menurunkan angka *stunting* pada balita di Indonesia. Hal ini dikarenakan pada kluster kedua semua variabel bernilai negatif yang artinya keenam faktor penyebab *stunting* pada penelitian ini harus sangat diperhatikan pada provinsi yang ada di kluster tersebut.

Pemberian makanan pendamping ASI pada balita (X₂) di provinsi yang ada pada kluster ketiga sudah bagus sedangkan untuk variabel lainnya masih perlu diperhatikan dalam upaya menurunkan angka *stunting* di Indonesia. Semua faktor penyebab *stunting* yang dibahas pada penelitian ini sudah memberikan dampak yang signifikan dalam menurunkan angka *stunting* pada provinsi yang berada di kluster keempat. Hal ini berarti bahwa provinsi yang berada pada kluster keempat sudah memberikan penanganan dan upaya yang maksimal dibandingkan provinsi yang berada pada kluster lainnya.

Karakteristik provinsi yang berada pada kluster lima yaitu sudah maksimal dalam pemberian makanan pendamping ASI (X₂) dan rumah tangga yang memiliki akses terhadap air minum layak (X₆) juga sudah memadai. Sedangkan untuk empat faktor lainnya masih perlu menjadi perhatian pemerintah di provinsi tersebut. Pada kluster keenam, persentase anak yang memiliki jaminan kesehatan (X₄) bukan menjadi faktor utama terjadinya *stunting* pada balita. Hal ini berarti bahwa kepemilikan jaminan kesehatan anak pada provinsi di kluster tersebut lebih baik dibandingkan faktor lainnya yang masih perlu untuk diperhatikan.

Faktor yang harus menjadi perhatian dalam upaya menurunkan angka *stunting* pada balita di provinsi yang berada pada kluster tujuh adalah pemberian ASI Eksklusif (X₁), imunisasi dasar lengkap pada anak (X₃) dan rumah tangga yang memiliki akses sanitasi layak (X₆). Sedangkan untuk kluster terakhir yang harus diperhatikan adalah mengenai rata-rata pemberian makanan pendamping ASI (X₂) yang masih rendah pada provinsi yang ada di kluster delapan.

IV. KESIMPULAN

Hasil pengelompokan provinsi di Indonesia berdasarkan faktor penyebab *stunting* pada balita dengan menggunakan metode *Subtractive Fuzzy C-Means*, diperoleh jumlah kluster yang optimal yaitu sebanyak delapan kluster dengan jari-jari (r) sebesar 0,70. Berdasarkan karakteristik dari masing-masing kelompok yang terbentuk, kluster keempat merupakan kluster yang memiliki provinsi dengan penanganan *stunting* yang sudah maksimal dibandingkan dengan kluster yang lainnya. Sedangkan kluster kedua merupakan kluster dengan provinsi yang belum maksimal menurunkan angka *stunting* berdasarkan faktor penyebab yang dijelaskan pada penelitian ini, karena semua variabel memiliki rata-rata yang lebih rendah. Oleh karena itu, tujuh provinsi yang ada di kluster kedua yaitu Provinsi Nusa Tenggara Timur, Kalimantan Selatan, Sulawesi Tengah, Sulawesi Barat, Maluku, Maluku Utara, dan Papua Barat

harus perlu mendapatkan perhatian yang khusus oleh pemerintah dalam upaya untuk menurunkan angka *stunting* pada balita di Indonesia.

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu diharapkan peneliti dapat menambahkan beberapa variabel lainnya yang dapat mempengaruhi terjadi *stunting* pada balita di Indonesia, membandingkan metode yang telah digunakan dengan metode pengelompokan yang lainnya dan melakukan pengelompokan yang lebih kompleks seperti pengelompokan kabupaten atau kota berdasarkan provinsi dengan *stunting* tertinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2022). Profil Kesehatan Ibu dan Anak. In *Badan Pusat Statistik Indonesia*.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Profil Kesehatan Indonesia 2023*. 2023.
- Chiu, S. L. (1994). Fuzzy model identification based on cluster estimation. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 2(3), 267–278. <https://doi.org/10.3233/IFS-1994-2306>
- Hikmiyah, N. R., Siregar, R. R. A., & Prayitno, B. (2021). *Metode Fuzzy Subtractive Clustering Dalam Pengelompokan Penggunaan Energi Listrik Rumah Tangga*. 14(2), 269–279.
- Johnson, & Richard, A. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis 6th Edition.djvu (PDFDrive).pdf*.
- Kalla, N. I., Annas, S., & S, M. F. (2022). *Metode Subtractive Fuzzy C-Means (SFCM) dalam Pengelompokan Kabupaten / Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Berdasarkan Indikator Kemiskinan*. 4(2), 95–107. <https://doi.org/10.35580/variasiunm25>
- Kemenkes RI. (2022). Hasil Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2022. *Kemenkes*, 1–150.
- Kurniawan, R., & Haqiqi, B. N. (2015). Pengelompokan Menggunakan Metode Subtractive Fuzzy C-Mean (Sfcm), Studi Kasus Demam Berdarah Di Jawa Timur. *Statistika*, 3(2), 22–30. <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/statistik/article/view/1731>
- Maulidya, D., & Asdi, Y. (2022). *Pengelompokan provinsi di Indonesia berdasarkan indikator pembangunan pendidikan menggunakan metode Subtractive Fuzzy C-Means*. 11(3), 181–189.
- Paembonan, S., & Abduh, H. (2021). Penerapan Metode Silhouette Coefficient untuk Evaluasi Clustering Obat. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 6(2), 48. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v6i2.659
- Strategi Nasional Percepatan Pencegahan Stunting Periode 2018 - 2024*. (2019).
- Suerni, W., Hayati, M. N., & Goejantoro, R. (2021). *Penerapan algoritma metode Subtractive Fuzzy C-Means pada tingkat partisipasi pendidikan jenjang Sekolah Menengah Atas/ sederajat di kabupaten/kota di Pulau Kalimantan pada tahun 2018*. 2, 63–74.