
Analisis Aspek Ketahanan Pangan Indonesia dengan *Hard* dan *Soft Clustering*

Millie Diarty¹, Arie Wahyu Wijayanto^{1*}¹Politeknik Statistika STIS

Jl. Otto Iskandar Dinata No 64 C Jakarta 1330

*ariewahyu@stis.ac.idDOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v17i1.21774>Submitted August, 4th 2023; Accepted February, 19th 2024; Published April 15th, 2024

Abstrak

Ketahanan pangan menjadi hal krusial di seluruh dunia. Bahkan ketahanan pangan menjadi salah satu tujuan yang tercantum dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs). Indonesia juga menjadikan ketahanan pangan sebagai tujuan dalam pembangunan baik jangka pendek maupun jangka panjang. Sebagai negara dengan kondisi geografis yang didambakan oleh negara lainnya, sudah selayaknya Indonesia mampu menjadikan sumber daya yang ada untuk memaksimalkan pembangunan dalam negerinya, salah satunya melalui ketahanan pangan. Provinsi yang merentang dari Sabang sampai Merauke menjadikan Indonesia harus mampu menganalisis pengelompokan dari ketahanan pangannya dengan mempertimbangkan berbagai indikator. Indikator ketahanan pangan tergabung dalam aspek ketersediaan, keterjangkauan, dan pemanfaatan pangan. *Clustering* menjadi salah satu metode dalam *machine learning* untuk dapat mengetahui pengelompokan ketahanan pangan di Indonesia. Terdapat begitu banyak metode *clustering*, antara lain *Hierarchical*, *K-Means*, dan *Fuzzy C-Means*. Ketiganya dapat menghasilkan pengelompokan yang berbeda-beda. Dalam penelitian ini diperoleh bahwa terdapat satu provinsi yang memiliki ketahanan pangan yang rendah, yaitu Provinsi Papua. Selain itu, provinsi yang selalu memiliki ketahanan pangan yang tinggi beberapa diantaranya adalah seluruh provinsi di Pulau Jawa.

Kata Kunci : ketahanan pangan, indikator, *sustainable development goals*, *clustering*

Abstract

Food security is crucial all over the world. Even food security is one of the goals in the Sustainable Development Goals (SDGs). Indonesia has also made food security a goal in both short and long term development. As a country with geographical conditions that are coveted by other countries, it is only natural for Indonesia to be able to use existing resources to maximize domestic development, one of which is through food security. Provinces that are spread from Sabang to Merauke make Indonesia must be able to analyze the grouping of its food security by considering various indicators. Food security indicators are integrated into the aspects of food availability, affordability, and utilization. Clustering is a method in machine learning to be able to find out food security groupings in Indonesia. There are many clustering methods. Several methods that are widely used are Hierarchical, K-Means, and Fuzzy C-Means. All three can produce different groupings. In this study, it was found that there was one province that had low food security, namely Papua Province. In addition, some of the provinces that always have high food security are all provinces on the island of Java.

Key words : food security, indicator, *sustainable development goals*, *clustering*

PENDAHULUAN

Upaya pencapaian kondisi masyarakat tanpa kelaparan menjadi target yang terus digalakkan dunia melalui Pembangunan Berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDGs). Pemerintah telah mengupayakan berbagai strategi untuk dapat mencapai tujuan tersebut, salah satunya dengan menjaga stabilitas ketahanan pangan. Berdasarkan data dari UN, pada tahun 2022 Global Hunger Index di Indonesia berada pada urutan ke-77 dari 121 negara dengan angka 17,9 dan termasuk kategori *moderate*. Selain itu terjadi peningkatan Global Food Security Index (GFSI) atau Indeks Ketahanan Pangan (IKP) Indonesia pada tahun 2022 menjadi 60,2 dan berada pada posisi ke-63 dari 113 negara (Economist Impact, 2022). Dengan predikatnya sebagai negara agraris yang memiliki luas area pertanian 62300 (1000 ha) (FAO Estimate, 2019) ternyata belum mampu membawa Indonesia berada pada deretan negara dengan Global Hunger Index yang rendah (skor kurang dari 9) dan GFSI yang tinggi. Ketersediaan lahan memang bukan satu-satunya faktor yang melatarbelakangi suatu negara memiliki IKP yang baik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nurpita et al. (2018) menyebutkan bahwa tidak terdapat pengaruh antara alih fungsi lahan terhadap ketahanan pangan. Aspek IKP terbagi menjadi tiga, yaitu ketersediaan, akses pangan atau keterjangkauan, dan pemanfaatan pangan (Badan Pangan Nasional, 2022).

Aksesibilitas pangan bagi setiap daerah di Indonesia cenderung berbeda. Kondisi geografis dan ekonomi menjadi faktor yang erat kaitannya dengan kondisi ketahanan pangan Indonesia. Kondisi tersebut dapat dilihat dari proporsi daya beli masyarakat yang rendah (Rachman, 2010). Akses beli yang rendah tersebut, tidak terlepas dari kemampuan pendapatan rumah tangga atau individu untuk mengakses berbagai komoditas pangan dengan harga yang beragam (Darfour & Rosentrater, 2016). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ndhleve *et al.* (2012), penduduk dengan kategori pendapatan rendah akan mempunyai risiko yang lebih tinggi terhadap akses pangan yang tidak memadai. Pendapatan yang rendah bahkan berada di bawah garis kemiskinan tentunya membuat akses akan pangan semakin sulit. Selain itu, akses terhadap listrik juga mampu meningkatkan ketersediaan dan akses pangan (Pérez-Escamilla, 2017). Penyediaan infrastruktur seperti listrik membuat petani menjadi lebih produktif – misalnya listrik digunakan sebagai penyimpanan daya berbagai peralatan pertanian (Matemilola, 2017).

Ketahanan pangan tidak hanya berorientasi pada akses pemenuhan ketersediaan pangan yang cukup, namun juga harus didukung oleh status gizi yang baik sehingga individu mempunyai kehidupan yang sehat dan aman. Menurut UNICEF (2008) ketahanan pangan dan gizi akan tercapai jika tersedia pangan yang cukup baik dari segi kualitas, kuantitas, sosial budaya maupun keamanan, serta dapat diakses dan dimanfaatkan untuk hidup sehat dan aktif. Untuk mampu memanfaatkan pangan yang baik maka diperlukan pengetahuan mengenai kualitas gizi yang baik. Peran perempuan yang dapat bertindak sebagai produsen makanan, pengolahan dan penyiapan makanan, pengelola rumah tangga, dan penyedia makanan bagi keluarganya. Oleh karena itu, perempuan harus memiliki pendidikan yang baik karena akan memengaruhi kualitas nutrisi dari makanan yang disiapkan untuk keluarganya (Kalansooriya & Chandrakumara, 2016). Dalam memanfaatkan pangan yang bergizi, keberadaan air bersih tidak bisa dianggap remeh. Kebersihan makanan dan sanitasi air yang rendah dapat membawa penyakit bagi tubuh (Fung *et al.*, 2018). Gizi yang buruk pada pangan dapat terlihat dari prevalensi *stunting*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh M'Kaibi *et al.* (2017) terdapat perbedaan yang signifikan antara rumah tangga dengan anak *stunting* dan tidak dengan menggunakan pengukuran *Household Food Insecurity Access Scale* (HFIAS) – untuk mengukur *Household Food Security* (HFS).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menganalisis ketahanan pangan. Penelitian terkait ketahanan pangan dilakukan oleh Codjoe *et al.* (2016) dengan menggunakan analisis bivariat dan model regresi linier untuk melihat frekuensi konsumsi pangan serta keragaman pangan menurut karakteristik rumah tangga dan hubungan antara karakteristik rumah tangga serta keragaman pangan. Analisis *Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats* (SWOT) juga dapat dilakukan untuk menganalisis ketahanan pangan, seperti yang dilakukan oleh Rozaki (2020) yang menggunakan analisis SWOT untuk melihat ketahanan pangan di Indonesia setelah pandemi COVID-19. Penelitian lainnya dilakukan oleh Ardakani *et al.* (2020) menggunakan analisis spasial panel model untuk mengetahui perbedaan dalam struktur pertanian yang dapat memengaruhi ketahanan pangan. Analisis kluster juga dilakukan untuk mengkategorikan negara berdasarkan indikator komposit pada struktur pertanian dengan menggunakan *K-Means Method*. Analisis kluster dengan menggunakan jarak Euclidean dan *Principle Component Analysis* serta *Ward hierarchical clustering* untuk ketahanan pangan juga diteliti oleh Manlosa *et al.* (2019) dan Hidayah *et al.* (2020). Metode-metode analisis kluster dilakukan pada banyak penelitian terkait ketahanan pangan ((Filippini *et al.*, 2019; Glamann *et al.*, 2017; Ruiz *et al.*, 2014; Wekesa *et al.*, 2018). Di Indonesia juga terdapat penelitian yang mengkaji tentang ketahanan pangan, yaitu yang dilakukan oleh Budiaji (2015) dengan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) untuk memperoleh kluster-kluster kecamatan berdasarkan ketahanan pangan yang mirip di Kota Serang untuk kemudian dapat dibuat peta yang menunjukkan ketahanan pangan dan mampu mengidentifikasi adanya potensi dari ketahanan pangan yang dimiliki. Selain itu, juga terdapat penelitian terkait pengelompokan kabupaten/kota di Provinsi Papua berdasarkan Ketahanan Pangan dengan menggunakan *K-Means* untuk mengetahui wilayah dengan kerentanan pangan sehingga diperlukan perhatian yang lebih khusus dari pemerintah (Aini & Kurniawan, 2019).

Berbagai jenis analisis dan indikator dapat digunakan untuk menganalisis terkait ketahanan pangan. Namun, penelitian-penelitian terdahulu yang telah dijabarkan sebelumnya lebih berfokus pada salah satu metode *clustering* dan lingkup wilayah yang lebih kecil, misalnya pada satu provinsi saja. Selain

itu, penelitian terdahulu juga cenderung melakukan pengelompokan berdasarkan keseluruhan aspek ketahanan pangan. Sehingga, pada penelitian ini akan dilakukan analisis kluster pada provinsi di Indonesia untuk aspek keterjangkauan pangan dan aspek pemanfaatan pangan secara terpisah. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui provinsi mana yang masih memiliki aspek keterjangkauan pangan dan pemanfaatan pangan yang rendah. Sehingga nantinya pemerintah dapat memberikan fokus yang lebih terarah terhadap peningkatan pembangunan. Perbandingan pada metode analisis kluster dilakukan dengan *hard clustering* dan *soft clustering* untuk melihat perbedaan dari masing-masing wilayah pengklasteran.

METODE PENELITIAN

Terdapat 34 provinsi di Indonesia yang menjadi cakupan dalam penelitian. Referensi waktu yang digunakan adalah tahun 2022. Sehingga dapat diketahui bahwa data yang digunakan adalah data *cross section*. Data tersebut bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Ditjen Bina Pembangunan Daerah – Kementrian Dalam Negeri (Kemendagri). Penelitian ini membagi data menjadi dua, yaitu untuk klusterisasi pada aspek keterjangkauan pangan dan klusterisasi aspek pemanfaatan pangan. Alat analisis yang dipakai dalam penelitian ini adalah menggunakan R-Studio dan QGIS. Variabel yang digunakan untuk klusterisasi keterjangkauan pangan yaitu persentase penduduk miskin dengan satuan persen. Untuk indikator persentase rumah tangga dengan proporsi pengeluaran untuk pangan lebih dari 65 persen terhadap total pengeluaran didekati dengan variabel persentase pengeluaran per kapita sebulan makanan. Sedangkan untuk indikator persentase rumah tangga tanpa akses listrik didekati dengan variabel persentase rumah tangga dengan sumber penerangan listrik dari PT Perusahaan Listrik Negara (PLN).

Pada aspek pemanfaatan pangan, terdapat tiga indikator yang digunakan untuk klusterisasi. Indikator rata-rata lama sekolah perempuan di atas 15 tahun didekati dengan variabel rata-rata lama sekolah perempuan. Untuk indikator persentase rumah tangga tanpa akses ke air bersih didekati dengan variabel persentase rumah tangga tipe daerah dan sumber air minum layak. Indikator selanjutnya adalah prevalensi *stunting*.

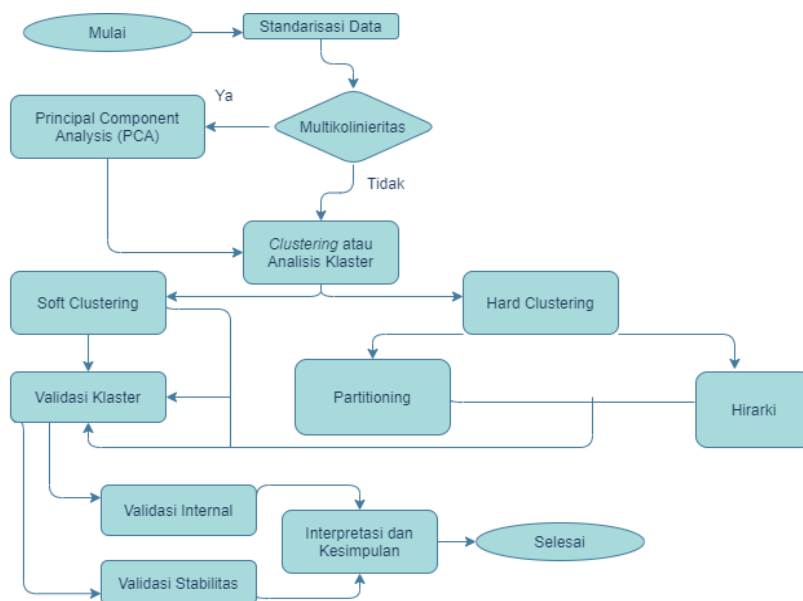
Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Label	Sumber	Tahun	Satuan
Persentase penduduk miskin	PPM	BPS	2022	Persen
Persentase rumah tangga dengan sumber penerangan listrik PLN	PLN	BPS	2022	Persen
Persentase pengeluaran per kapita sebulan makanan	Pengeluaran Makan	BPS	2022	Persen
Persentase rumah tangga tipe daerah dan sumber air minum layak	Air	BPS	2022	Persen
Prevalensi <i>stunting</i>	Stunting	Kemendagri	2022	Persen
Rata-rata lama sekolah perempuan	RLS Perempuan	BPS	2022	Tahun

Dengan menggunakan *machine learning*, metode untuk melakukan *clustering* dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan *Hierarchical Clustering* dan K-Means (*Partition Based Clustering*) untuk *Hard Clustering*. Selain itu, juga akan dilakukan klusterisasi dengan *Soft Clustering* menggunakan *Fuzzy Clustering*. Metode *clustering* yang baik dapat diidentifikasi dengan tingkat homogenitas yang tinggi antar anggota dalam kluster yang sama serta heterogenitas yang tinggi antar kluster lainnya (Hair *et al.*, 2014). Dalam menentukan jumlah kluster digunakan Metode Elbow. Selain itu juga dilakukan uji validitas internal dan stabilitas.

Sebelum melakukan analisis kluster, perlu dilakukan beberapa standarisasi pada data karena satuan dari setiap variabel berbeda. Kemudian dilakukan uji asumsi, yaitu uji kecukupan sampel dan uji untuk melihat korelasi antar variabel. Uji kecukupan sampel dilakukan dengan Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Sekelompok data dikatakan memiliki sampel yang cukup jika nilainya di atas 0,5 baik secara menyeluruh maupun setiap variabelnya (Widarjono, 2010). Multikolinieritas dilakukan untuk melihat kemiripan antar variabel yang satu dengan yang lainnya (Hidayatullah, 2014). Uji yang dapat dilakukan untuk melihat

korelasi antar variabel adalah dengan uji Bartlet. Jika p -value kurang dari tingkat signifikansi 5%, maka terdapat korelasi antar variabel. Asumsi-asumsi dalam analisis kluster yaitu terdapat sampel yang cukup dan tidak adanya masalah multikolinieritas (Hair *et al.*, 2014). Jika terdapat multikolinieritas, maka variabel dapat direduksi menjadi dimensi yang lebih sederhana tetapi tidak terdapat informasi yang hilang. Mereduksi dimensi dapat dilakukan dengan *Principal Component Analysis* (PCA).



Gambar 1. Alur Analisis Data

Hierarchical Clustering

Pengelompokan hierarki adalah metode dalam analisis kluster yang dilakukan dengan membangun hierarki kelompok. Pada metode *Hierarchical Clustering* dikenal *agglomerative nesting* (AGNES) dan *divisive analysis* (DIANA). Tahapan dalam menggunakan metode AGNES adalah dengan mengambil setiap amatan sebagai kluster, kemudian kluster tersebut digabungkan secara bertahap dengan kriteria tertentu. Sedangkan DIANA menempatkan semua amatan dalam sebuah kluster dan membaginya menjadi kluster yang lebih kecil hingga diperoleh jumlah kluster yang diinginkan (Wang *et al.*, 2018). Pada saat menentukan jarak pada kluster, terdapat beberapa metode yang digunakan, yaitu dengan *single linkage*, *complete linkage*, *average linkage*, dan *ward*. Ward merupakan metode dalam *hierarchical clustering* yang bertujuan mendapatkan kluster dengan varians dalam kluster (*within cluster*) sekecil mungkin.

K-Means Method

MacQueen memperkenalkan K-Means sebagai metode yang digunakan untuk memecahkan masalah titik pusat kluster (Kanungo *et al.*, 2002). Kelebihan yang dimiliki oleh K-Means adalah ringkas, serta memiliki kecepatan dan efisiensi yang bagus. Algoritma *clustering* dengan K-Means yaitu (Agusta, 2007):

1. Tentukan jumlah kluster
2. Objek dialokasikan secara *random* kedalam kluster.
3. Menghitung *centroid centre* di masing-masing kluster.
4. Objek dialokasikan ke kluster dengan *centroid* terdekat.
5. Jika masih ada objek yang berpindah kluster atau terdapat perubahan nilai *centroid*, maka kembali ke langkah 3.

Fuzzy Clustering

Clustering dengan metode konvensional (*hard clustering*) membatasi setiap objek atau titik amatan hanya pada satu kluster. Sedangkan *soft clustering*, yaitu *fuzzy clustering* menyediakan metode yang dapat mengelompokkan titik data amatan ke dalam beberapa kluster dengan melihat nilai peluang. Sehingga

terdapat fleksibilitas, di mana titik amatan kluster dapat menjadi milik lebih dari satu kluster (Bora & Gupta, 2014). Jim Bezdek memperkenalkan *Fuzzy Clustering* atau *Fuzzy C-Means* (FCM) pada 1981 (Bezdek, 2013).

Elbow Method

Elbow Method adalah metode pemilihan jumlah kluster optimal secara dinamis (Joshi & Nalwade, 2013). *Elbow Method* lebih mudah untuk diimplmentasikan, yaitu dengan melihat posisi siku pada grafik serta nilai *sum square error* (SSE) kurang dari 1. Di mana nilai SSE dan grafik siku yang semakin kecil akan menghasilkan kluster yang semakin baik (Syakur *et al.*, 2018).

Validasi

Validasi dilakukan dengan menggunakan koefisien *Connectivity*, *Dunn*, dan *Silhouette* (Sikana & Wijayanto, 2021; Suraya & Wijayanto, 2022; Thamrin & Wijayanto, 2021). Koefisien *Connectivity* atau Indeks *Connectivity* mempunyai rentang nilai dari nol sampai dengan tak hingga, di mana jika nilainya semakin kecil maka semakin baik kluster yang terbentuk. Rumus untuk menghitungnya, yaitu:

$$Conn(C) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^L x_{i,nn_{i(j)}} \dots \dots \dots (1)$$

$$x_{i,nn_{i(j)}} = \begin{cases} 0, & \text{jika } i \text{ dan } nn_{i(j)} \text{ pada kluster yang sama} \\ \frac{1}{j}, & \text{lainnya} \end{cases} \dots \dots \dots (2)$$

- Conn(C)* : Koefisien *Connectivity*
- N* : jumlah observasi
- L* : parameter untuk menentukan jumlah tetangga terdekat
- nn_{i(j)}* : tetangga terdekat ke-*j* dari observasi *i*

Indeks *Dunn* memiliki rentang nilai yang sama seperti Koefisien *Connectivity*, namun interpretasi nilainya memiliki perbedaan. Nilai dari Indeks *Dunn* yang semakin besar menunjukkan bahwa kluster yang terbentuk semakin baik. Rumus menghitungnya, yaitu:

$$D(C) = \frac{\min_{C_k, C_l \in C, C_k \neq C_l} \left(\min_{i \in C_k, j \in C_l} dist(i, j) \right)}{\max_{C_m \in C} (diam(C_m))} \dots \dots \dots (3)$$

- D(C)* : Indeks *Dunn*
- dist(i, j)* : jarak *dissimilarity*
- diam(C_m)* : jarak maksimum antar observasi pada kluster *C_m*

Koefisien *silhouette* atau Indeks *Silhouette* berada pada rentang 1 sampai -1. Nilai 1 menunjukkan bahwa kluster sudah tepat. Namun, jika bernilai nol, maka objek ada di antara dua kluster. Sedangkan jika bernilai -1, maka lebih tepat dimasukkan ke kluster yang lain (Kaufman & Rousseeuw, 2009). Rumusnya, yaitu:

$$S(i) = \frac{b_i - a_i}{\max(b_i, a_i)} \dots \dots \dots (4)$$

$$a_i = \frac{1}{n(C(i))} \sum_{j \in C(i)} dist(i, j) \dots \dots \dots (5)$$

$$b_i = \min_{C_k \in C} \sum_{j \in C_k} \frac{dist(i, j)}{n(C_k)} \dots \dots \dots (6)$$

- S(i)* : Koefisien *silhouette*
- b_i* : jarak rata-rata antara observasi *i* dengan observasi pada kluster tetangga terdekat
- a_i* : jarak rata-rata antara observasi *i* dengan semua observasi pada kluster yang sama
- (i)* : kluster yang terdiri dari observasi ke-*i*
- n(C)* : kardinalitas dari kluster *C*

Selain itu, juga dilakukan validasi stabilitas dengan menggunakan nilai *Average Proportion of Non-Overlap* (APN), *Average Distance* (AD), *Average Distance Between Means* (ADM), dan *Figure of Merit* (FOM). Nilai dari AD, ADM, dan FOM berkisar dari nol sampai dengan tak hingga. Sedangkan APN mempunyai

nilai antara 0 sampai dengan 1 (Brock et al., 2008). Di mana semakin kecil keempat indeks tersebut, maka semakin baik metode yang digunakan (Afira & Wijayanto, 2021). Rumus yang digunakan untuk menghitung validasi stabilitas, yaitu:

$$APN(C) = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^M \left(1 - \frac{n(C^{i,l} \cap C^{i,0})}{n(C^{i,0})} \right) \dots \dots \dots (7)$$

$$AD(C) = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^M \frac{1}{n(C^{i,0})n(C^{i,l})} \left[\sum_{i \in C^{i,0}, j \in C^{i,l}} dist(i, j) \right] \dots \dots \dots (8)$$

$$ADM(C) = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^M dist(\bar{x}_{C^{i,l}}, \bar{x}_{C^{i,0}}) \dots \dots \dots (9)$$

$$FOM(l, C) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^K \sum_{i \in C_k(l)} dist(x_{i,l}, \bar{x}_{C_k(l)})} \dots \dots \dots (10)$$

- $APN(C)$: Average Proportion of Non-Overlap (APN)
- $AD(C)$: Average Distance (AD)
- $ADM(C)$: Average Distance Between Means (ADM)
- $FOM(l, C)$: Figure of Merit (FOM)
- M : jumlah kolom
- N : jumlah observasi
- $C^{i,0}$: klaster yang terdiri dari observasi i dengan *clustering* asli (berdasarkan data yang tersedia)
- $C^{i,l}$: klaster yang terdiri dari observasi i dengan dataset yang kolom l telah dihapus
- $\bar{x}_{C^{i,0}}$: rata-rata observasi dalam klaster yang terdiri dari observasi i , ketika pengelompokkan berdasarkan data yang lengkap
- $\bar{x}_{C^{i,l}}$: rata-rata observasi dalam klaster yang terdiri dari observasi i , ketika pengelompokkan berdasarkan data dengan kolom l dihapus
- $x_{i,l}$: nilai dari observasi ke- i pada kolom ke- l
- $\bar{x}_{C_k(l)}$: rata-rata klaster $C_k(l)$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Deskriptif

Sebelum melakukan analisis lebih lanjut, maka perlu diketahui terkait deksripsi dari masing-masing variabel.

Tabel 2. Analisis Deskriptif

Variabel	Minimum	Rata-Rata	Maksimum
PPM	4,450	10,243	26,560
PLN	43,04	94,74	99,96
Pengeluaran Makan	41,00	49,09	62,25
Air	65,39	87,64	98,42
Stunting	1,200	9,312	23,10
RLS Perempuan	6,290	8,584	10,970

Sumber: Data BPS diolah

Berdasarkan Tabel 2. dapat ditunjukkan bahwa rata-rata persentase penduduk miskin pada tahun 2022 cukup tinggi yaitu mencapai 10,243 persen. Bahkan Provinsi Papua memiliki persentase penduduk miskin sebesar 26,560 persen. Sedangkan untuk rumah tangga yang menggunakan PLN memiliki rata-rata yang baik yaitu sebesar 94,74 persen. Artinya sebagian besar rumah tangga sudah menggunakan PLN sebagai sumber penerangan. Namun ternyata, rata-rata persentase pengeluaran per kapita untuk makanan hanya sebesar 49,09 persen. Persentase rumah tangga dengan sumber air minum layak memiliki rata-rata sebesar 87,64 persen, dimana persentase tertinggi ada di Provinsi Bali yaitu sebanyak 98,42 persen. Rata-rata prevalensi *stunting* di Indonesia mencapai 9,312 persen. Untuk rata-rata lama sekolah perempuan

adalah 9 tahun, di mana Provinsi Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta memiliki perempuan dengan rata-rata lama sekolah terlama, yaitu 10,97 tahun atau sekitar 11 tahun.

Analisis Klaster

Terdapat dua asumsi yang harus terpenuhi untuk melakukan analisis klaster yaitu asumsi adanya sampel yang cukup dan nonmultikolinieritas.

Tabel 3. Uji Asumsi

Aspek	Variabel	MSA	KMO	Keputusan	<i>p</i> -value Uji Bartlett
Keterjangkauan Pangan	PPM	0,59	0,62	Terpenuhi	0,00011 (Terdapat Multikolinieritas)
	PLN	0,60		Terpenuhi	
	Pengeluaran Makan	0,79		Terpenuhi	
Pemanfaatan Pangan	Air	0,52	0,51	Terpenuhi	0,0024 (Terdapat Multikolinieritas)
	Stunting	0,53		Terpenuhi	
	RLS Perempuan	0,51		Terpenuhi	

Asumsi kecukupan sampel terpenuhi, ditandai dengan nilai MSA untuk setiap variabel yang lebih dari 0,5 serta KMO yang menunjukkan keputusan Gagal Tolak H_0 untuk tingkat signifikansi 5%, artinya data layak untuk dianalisis. Namun asumsi nonmultikolinieritas tidak terpenuhi, artinya terdapat hubungan antar variabel. Oleh karena itu, dapat dilakukan reduksi terhadap dimensi tanpa harus kehilangan informasi variabel. Reduksi dimensi dilakukan dengan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA).

Tabel 4. *Principal Component Analysis* (PCA)

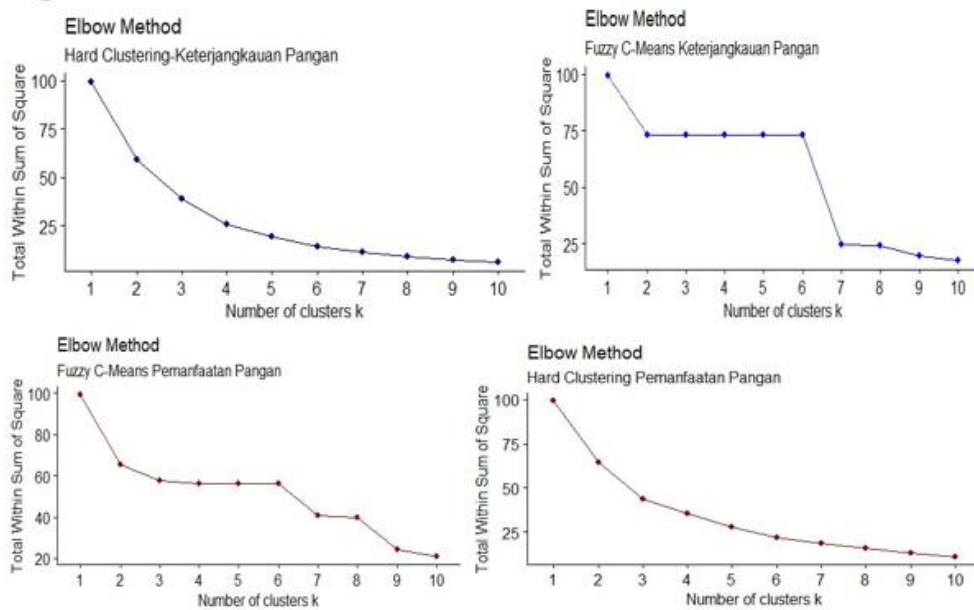
Dimensi	Keterjangkauan Pangan		Pemanfaatan Pangan	
	Nilai Eigen	Variance (%)	Nilai Eigen	Variance (%)
Dimensi 1	1,92	63,89	1,70	56,81
Dimensi 2	0,71	23,56	0,87	29,03
Dimensi 3	0,38	12,55	0,42	14,16

Berdasarkan Tabel 4. diketahui bahwa variabel dapat direduksi menjadi satu dimensi. Artinya secara bersama-sama komponen yang direduksi mampu menjelaskan keragaman ketiga variabel independen sebesar 63,89 persen untuk aspek keterjangkauan pangan dan 56,81 persen untuk aspek pemanfaatan pangan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai eigen yang lebih besar sama dengan satu. Setelah mengetahui banyaknya dimensi, maka dapat diketahui nilai dari *loading factor* untuk masing-masing variabel independen.

Tabel 5. Loading Factor

Variabel	PC1	PC2	PC3
PPM	-0,62	0,33	-0,71
PLN	0,61	-0,37	-0,70
Pengeluaran Makan	0,49	0,87	-0,02
Air	-0,56	0,62	-0,54
Stunting	0,49	0,78	0,39
RLS Perempuan	-0,67	0,04	0,74

Penentuan jumlah klaster optimal dilakukan dengan menggunakan grafik metode elbow dan dengan validasi internal serta stabilitas. Berdasarkan Gambar 2. Terlihat bahwa dari jumlah klaster pertama ke kedua terjadi penurunan. Kemudian dari jumlah klaster kedua ke ketiga terlihat adanya penyikuan. Selanjutnya dari jumlah klaster ketiga dan seterusnya terjadi penurunan yang tidak begitu signifikan. Sehingga, dari amatan tersebut dapat diketahui bahwa jumlah klaster optimal adalah 2. Namun pengamatan dengan menggunakan grafik tersebut masih bersifat subjektif. Oleh karena itu, diperlukan metode lainnya untuk menentukan jumlah klaster optimal yang dapat dilakukan dengan validitas internal dan stabilitas. Uji validitas dilakukan terhadap metode Hierarki: AGNES, Hierarki: DIANA, dan K-Means.



Gambar 2. Elbow Method

Tabel 6. Validitas Internal *Hard Clustering*

Indeks	Keterjangkauan Pangan			Pemanfaatan Pangan		
	Score	Metode	Jumlah Kluster	Score	Metode	Jumlah Kluster
Connectivity	2,929	AGNES	2	2.929	AGNES	2
Dunn	0,901	AGNES	2	0.411	K-Means	10
Silhoutte	0,711	AGNES	2	0.423	AGNES	2

Tabel 7. Validitas Stabilitas *Hard Clustering*

Indeks	Keterjangkauan Pangan			Pemanfaatan Pangan		
	Score	Metode	Jumlah Kluster	Score	Metode	Jumlah Kluster
APN	0,069	AGNES	2	0,038	AGNES	2
AD	0,753	DIANA	10	1,023	K-Means	10
ADM	0,185	AGNES	2	0,228	AGNES	2
FOM	0,583	AGNES	9	0,860	DIANA	10

Berdasarkan uji validitas stabilitas antara metode Hierarki: AGNES, Hierarki: DIANA, dan K-Means, untuk aspek keterjangkauan pangan diperoleh bahwa nilai dari APN dan ADM terkecil adalah pada saat metode Hierarki: AGNES dengan jumlah kluster 2. Sedangkan nilai AD terkecil adalah saat menggunakan metode Hierarki: DIANA dengan jumlah kluster 10. Untuk nilai FOM terkecil adalah pada saat menggunakan metode Hierarki: AGNES dengan jumlah kluster 9. Selain itu, jika dilihat dari indeks validitas internal, metode Hierarki: AGNES dengan jumlah kluster 2 memiliki nilai Indeks Connectivity paling kecil, serta Indeks Dunn dan Indeks Silhoutte terbesar. Sedangkan untuk aspek pemanfaatan pangan, nilai terkecil dari APN dan ADM yaitu dengan metode Hierarki: AGNES dengan jumlah kluster 2. Untuk nilai AD terkecil yaitu dengan metode K-Means dengan jumlah kluster 10. Untuk nilai FOM terkecil saat menggunakan metode Hierarki: DIANA dengan jumlah kluster 10. Jika dilihat dari indeks validitas internal, metode Hierarki: AGNES dengan jumlah kluster 2 memiliki nilai Indeks Connectivity paling kecil serta Indeks Silhoutte terbesar. Sedangkan untuk Indeks Dunn terbesar ada pada saat menggunakan metode K-Means dengan jumlah kluster 10. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah kluster optimal pada kedua aspek ketahanan pangan adalah 2 dengan menggunakan metode Hierarki: AGNES, hal ini dikarenakan kriteria yang paling banyak memenuhi terjadi pada saat menggunakan metode tersebut. Dengan menggunakan metode hierarki untuk analisis kluster, maka perlu adanya pemilihan terhadap metode ukuran pemusatan yang dilakukan.

Tabel 8. Koefisien Aglomeratif

Metode	Keterjangkauan Pangan	Pemanfaatan Pangan
Single Linkage	0,867	0,715
Complete Linkage	0,908	0,861
Average Linkage	0,892	0,901
Ward Linkage	0,913	0,792

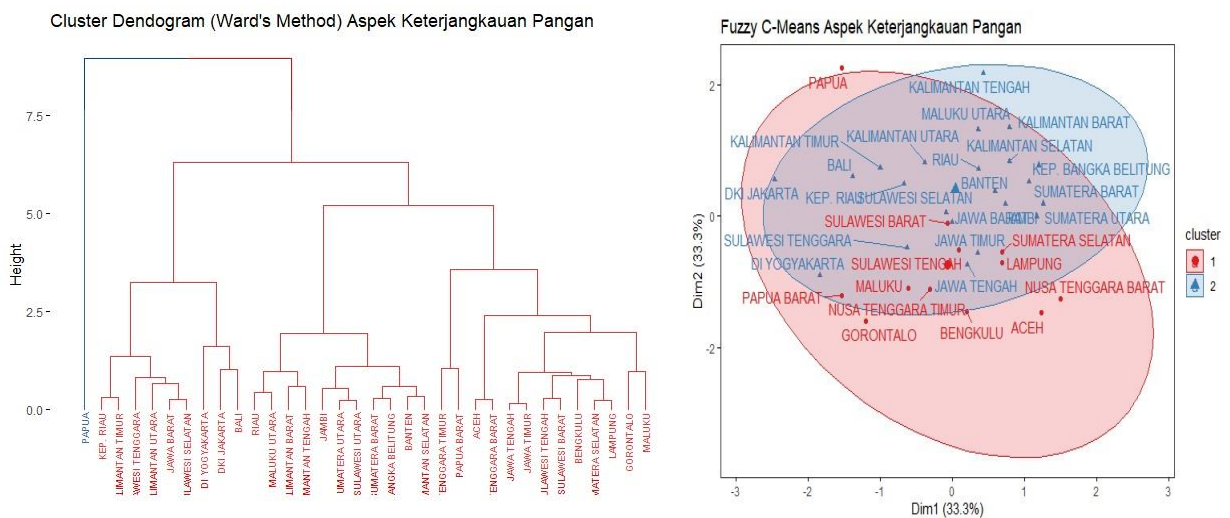
Berdasarkan Tabel 8. metode pemusatan yang dipilih adalah yang memiliki koefisien aglomeratif terbesar yaitu *Ward Linkage* baik pada aspek keterjangkauan pangan maupun pemanfaatan pangan. Metode analisis untuk *soft clustering* menggunakan *Fuzzy C-Means*. Untuk menentukan jumlah kluster dilakukan melalui uji validitas internal dan stabilitas.

Tabel 9. Validitas Internal *Soft Clustering*

Indeks	Keterjangkauan Pangan			Pemanfaatan Pangan		
	Score	Metode	Jumlah Kluster	Score	Metode	Jumlah Kluster
Connectivity	10,198	<i>Fuzzy</i>	2	16,352	<i>Fuzzy</i>	2
Dunn	0,088	<i>Fuzzy</i>	2	0,066	<i>Fuzzy</i>	3
Silhoutte	0,261	<i>Fuzzy</i>	2	0,288	<i>Fuzzy</i>	2

Tabel 10. Validitas Stabilitas *Soft Clustering*

Indeks	Keterjangkauan Pangan			Pemanfaatan Pangan		
	Score	Metode	Jumlah Kluster	Score	Metode	Jumlah Kluster
APN	0,328	<i>Fuzzy</i>	2	0,250	<i>Fuzzy</i>	2
AD	1,807	<i>Fuzzy</i>	2	1,796	<i>Fuzzy</i>	3
ADM	0,761	<i>Fuzzy</i>	2	0,638	<i>Fuzzy</i>	2
FOM	0,958	<i>Fuzzy</i>	2	0,974	<i>Fuzzy</i>	2



Gambar 3. Clustering Aspek Keterjangkauan Pangan

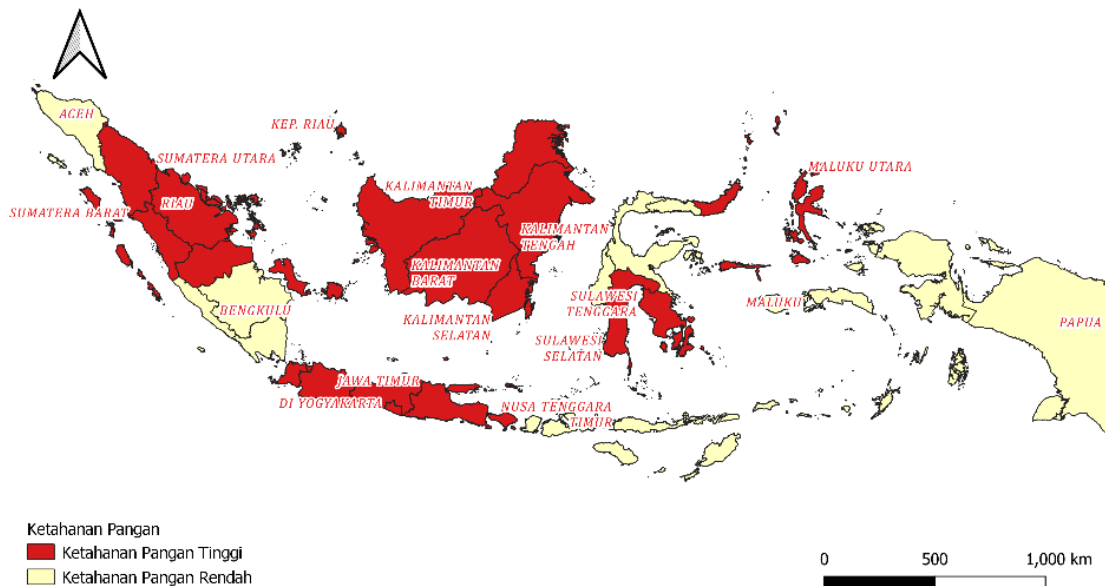
Dilihat dari uji validitas stabilitas untuk metode *Fuzzy C-Means* pada aspek keterjangkauan pangan, diperoleh nilai terkecil dari APN, AD, ADM, dan FOM adalah pada saat metode *Fuzzy C-Means* dengan jumlah kluster 2. Kondisi sejalan terjadi pada indeks internal dimana dengan metode *Fuzzy C-Means* dengan jumlah kluster 2 terlihat nilai Indeks Connectivity paling kecil serta Indeks Silhoutte dan indeks Dunn terbesar. Hal serupa juga terjadi pada aspek pemanfaatan pangan, dimana nilai terkecil dari APN, ADM, dan FOM adalah pada saat metode *Fuzzy C-Means* dengan jumlah kluster 2. Sedangkan nilai AD terkecil adalah saat menggunakan metode *Fuzzy C-Means* dengan jumlah kluster 3. Sedangkan, jika dilihat dari indeks validitas internal, metode *Fuzzy C-Means* dengan jumlah kluster 2 memiliki nilai Indeks Connectivity paling kecil serta Indeks Silhoutte terbesar. Namun Indeks Dunn terbesar ada pada saat menggunakan metode *Fuzzy C-Means* dengan jumlah kluster 3. Dikarenakan metode yang paling banyak

terdapat kriteria yang memenuhi maka jumlah kluster yang dipilih untuk *soft clustering* dengan metode *Fuzzy C-Means* adalah 2.

Analisis kluster *hard clustering* dilakukan dengan metode Hierarki: AGNES dengan ukuran pemusatan menggunakan *Ward Linkage* dan *soft clustering* menggunakan *Fuzzy C-Means* dengan jumlah kluster pada aspek keterjangkauan pangan



Gambar 4. Clustering Aspek Keterjangkauan Pangan Metode Hierarki: AGNES (*Ward Method*)



Gambar 5. Clustering Aspek Keterjangkauan Pangan Metode Fuzzy C-Means

Dilihat dari aspek keterjangkauan pangan dengan metode hierarki: AGNES dan ukuran pemusatan *Ward Linkage* hanya terdapat satu provinsi yang berada dalam ketahanan pangan rendah. Provinsi tersebut adalah Provinsi Papua. Sedangkan ke-33 provinsi lainnya memiliki ketahanan pangan tinggi. Jika menggunakan metode *soft clustering* terlihat bahwa banyak provinsi yang tumpang tindih antara kluster 1 dengan 2. Hal ini dikarenakan pada *soft clustering*, setiap observasi memungkinkan untuk berada di lebih dari satu kluster. Peluang provinsi dikelompokkan kedalam kluster tertentu adalah berdasarkan peluang yang paling besar.

Tabel 11. Nilai Rata-rata untuk Setiap Kluster Keterjangkauan Pangan

Variabel	Ketahanan Pangan Tinggi		Ketahanan Pangan Rendah	
	Ward	Fuzzy	Ward	Fuzzy
PPM	9,749	7,202	26,56	15,82
PLN	96,30	97,07	43,04	90,47
Pengeluaran Makan	49,34	50,31	41	46,85

Jika menggunakan metode Hierarki: AGNES dengan *Ward Method*, rata-rata persentase penduduk miskin pada provinsi dengan ketahanan pangan tinggi adalah sebanyak 9,749 persen. Sedangkan pada provinsi dengan ketahanan pangan rendah, mencapai lebih dari seperempat jumlah penduduk. Rata-rata rumah tangga dengan ketahanan pangan tinggi menggunakan sumber penerangan listrik PLN adalah sebesar 96,30 persen. Namun hanya 43,04 persen rumah tangga saja yang menggunakan sumber penerangan listrik PLN pada provinsi dengan ketahanan pangan rendah. Rata-rata pengeluaran makanan pada provinsi dengan ketahanan pangan tinggi dan rendah tidak memiliki perbedaan yang cukup jauh, di mana sebesar 49,34 persen pengeluaran makanan per kapita sebulan pada provinsi dengan ketahanan pangan tinggi dan 41 persen pada provinsi dengan ketahanan pangan rendah.

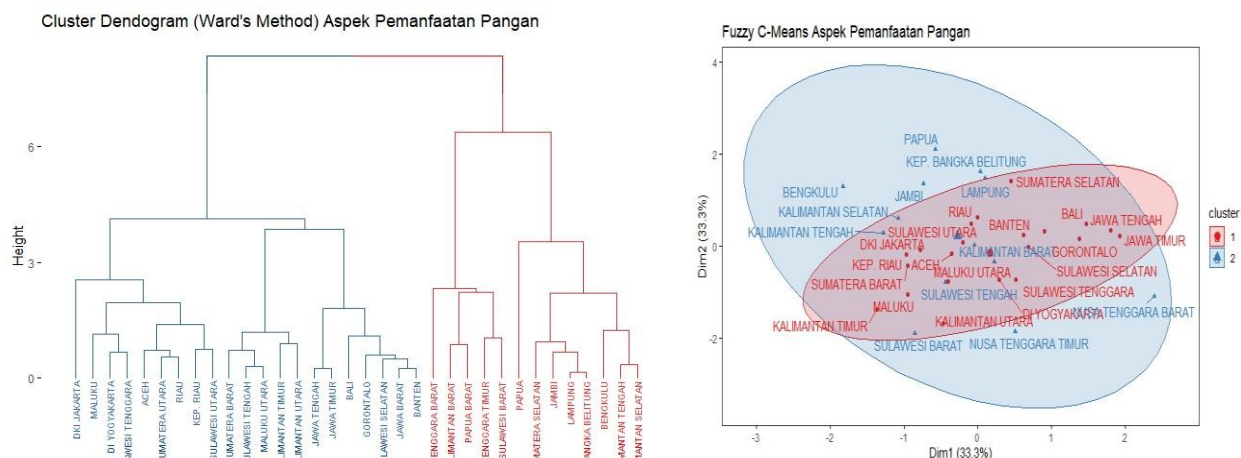
Terdapat perbedaan rata-rata persentase penduduk miskin pada metode *Fuzzy C-Means*, di mana persentase penduduk miskin lebih kecil, baik pada ketahanan pangan tinggi maupun rendah. Sedangkan untuk persentase rumah tangga yang menggunakan sumber penerangan listrik PLN lebih tinggi daripada metode Ward. Bahkan pada ketahanan pangan rendah, persentase rumah tangga yang menggunakan sumber penerangan listrik PLN mencapai 90,47 persen, sedangkan untuk ketahanan pangan tinggi mencapai 97,07 persen. Untuk pengeluaran makanan per kapita sebulan pada provinsi dengan ketahanan pangan tinggi tidak memiliki perbedaan yang jauh antar kedua metode, sedangkan untuk ketahanan pangan rendah memiliki selisih yang lebih besar antara metode Ward dan *Fuzzy C-Means*.

Tabel 12. Validitas Internal Keterjangkauan Pangan *Hard & Soft Clustering*

Indeks	Score	Metode	Jumlah Kluster
Connectivity	2,929	Hierarki: AGNES	2
Dunn	0,901	Hierarki: AGNES	2
Silhoutte	0,711	Hierarki: AGNES	2

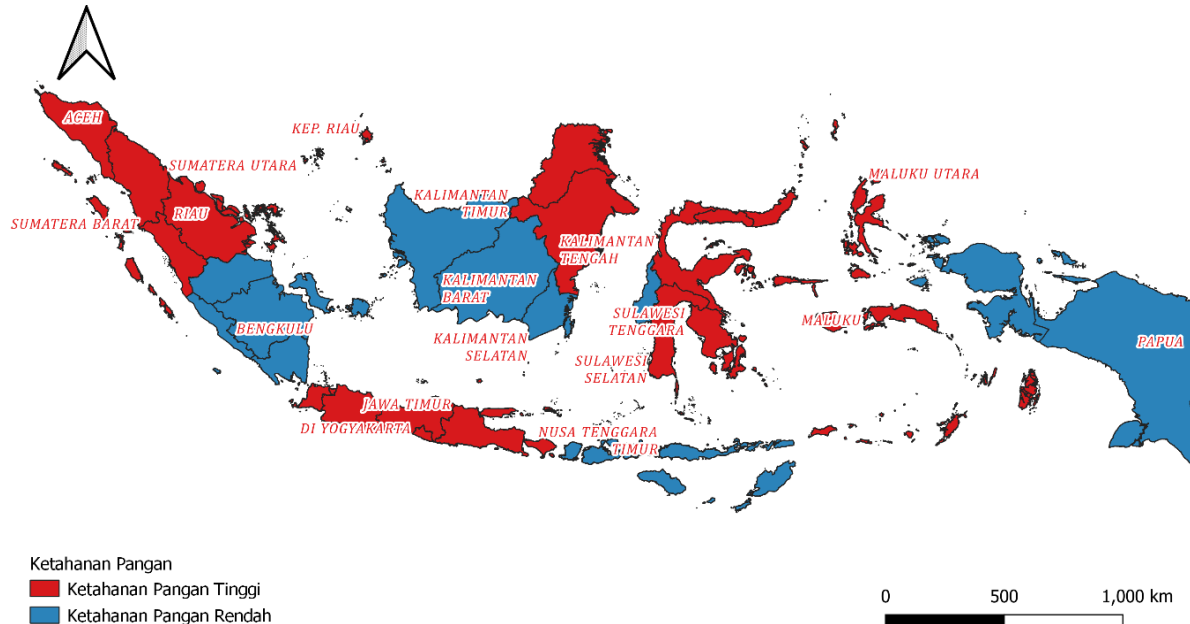
Tabel 13. Validitas Stabilitas Keterjangkauan Pangan *Hard & Soft Clustering*

Indeks	Score	Metode	Jumlah Kluster
APN	0,069	Hierarki: AGNES	2
AD	1,684	Hierarki: DIANA	2
ADM	0,185	Hierarki: AGNES	2
FOM	0,918	Hierarki: AGNES	2

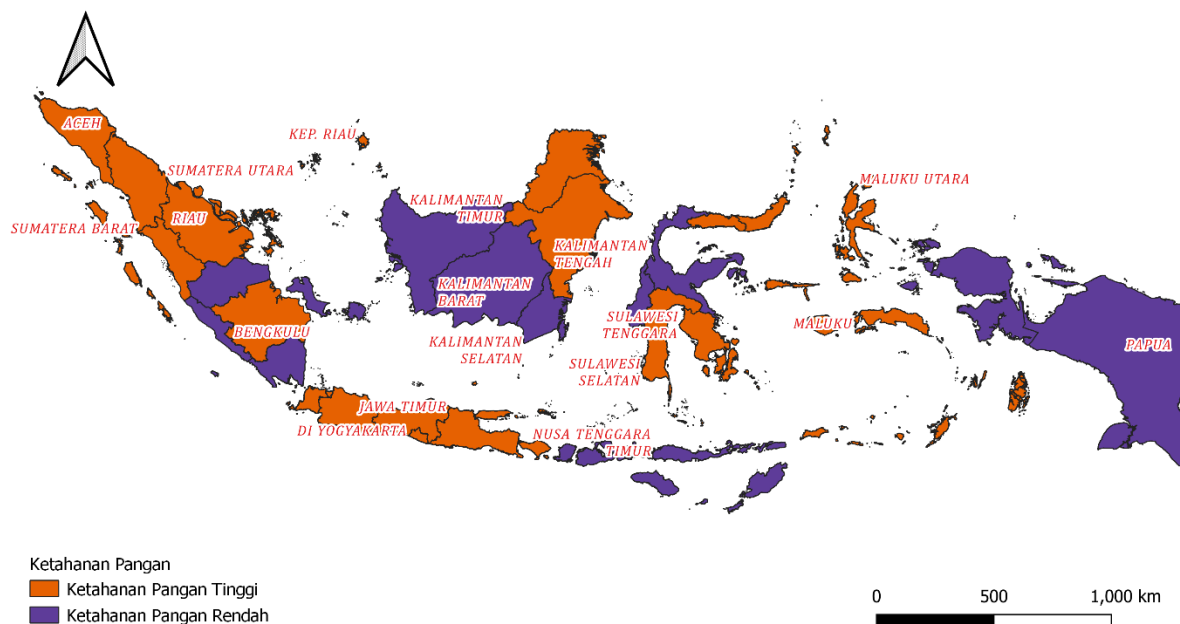


Gambar 6. Clustering Aspek Pemanfaatan Pangan

Berdasarkan Tabel 13. uji validitas stabilitas antara metode Hierarki: AGNES dan *Fuzzy C-Means*, diperoleh bahwa nilai paling kecil dari APN, AD, ADM, FOM adalah pada saat metode Hierarki: AGNES dengan jumlah kluster 2. Indeks validitas internal menunjukkan hasil yang sejalan dimana metode Hierarki: AGNES dengan jumlah kluster 2 memiliki nilai Indeks Connectivity paling kecil, serta Indeks Dunn dan Indeks Silhouette terbesar.



Gambar 7. Clustering Aspek Pemanfaatan Pangan Metode Hierarki: AGNES (*Ward Method*)



Gambar 8. Clustering Aspek Pemanfaatan Pangan Metode *Fuzzy C-Means*

Berdasarkan Gambar 6. terlihat bahwa jumlah provinsi dengan ketahanan pangan rendah dilihat dari aspek pemanfaatan pangan lebih banyak daripada keterjangkauan pangan pada Gambar 3. Perbedaan jumlah ini berlaku untuk kedua metode, yaitu *Ward* dan *Fuzzy C-Means*.

Tabel 14. Nilai Rata-rata untuk Setiap Kluster Aspek Pemanfaatan Pangan

Variabel	Ketahanan Pangan Tinggi		Ketahanan Pangan Rendah	
	Ward	Fuzzy	Ward	Fuzzy
Air	92,23	80,25	80,22	92,21
Stunting	8,35	11,63	10,86	7,876
RLS Perempuan	9,09	7,811	7,77	9,062

Rata-rata persentase rumah tangga dengan sumber air minum layak pada provinsi dengan ketahanan pangan tinggi di mana metode *Ward* lebih tinggi daripada *Fuzzy C-Means*. Sedangkan pada ketahanan pangan rendah, metode *Ward* memiliki rata-rata yang lebih rendah jika dibandingkan dengan *Fuzzy C-Means*. Kondisi yang sama juga terjadi pada variabel rata-rata lama sekolah perempuan. Hal bertolak belakang terjadi pada variabel prevalensi *stunting*. Di mana pada metode *Ward* prevalensi *stunting* untuk ketahanan pangan tinggi memiliki nilai lebih kecil dan untuk ketahanan pangan rendah memiliki prevalensi yang lebih besar daripada *Fuzzy C-Means*.

Tabel 15. Validitas Internal Pemanfaatan Pangan *Hard & Soft Clustering*

Indeks	Score	Metode	Jumlah Kluster
Connectivity	2,929	Hierarki: AGNES	2
Dunn	0,409	Hierarki: AGNES	2
Silhouette	0,423	Hierarki: AGNES	2

Tabel 16. Validitas Stabilitas Pemanfaatan Pangan *Hard & Soft Clustering*

Indeks	Score	Metode	Jumlah Kluster
APN	0,038	Hierarki: AGNES	2
AD	1,905	<i>Fuzzy C-Means</i>	2
ADM	0,228	Hierarki: AGNES	2
FOM	0,970	Hierarki: AGNES	2

Pemilihan metode *hard* dan *soft clustering* menunjukkan indeks validitas di mana nilai terkecil dari APN, ADM, dan FOM yaitu pada metode Hierarki: AGNES dengan jumlah kluster 2. Sedangkan AD terkecil adalah pada saat menggunakan metode *Fuzzy C-Means* dengan jumlah kluster 2. Selain itu, jika dilihat dari indeks validitas internal, metode Hierarki: AGNES dengan jumlah kluster 2 memiliki nilai Indeks Connectivity paling kecil, serta Indeks Dunn dan Indeks Silhouette terbesar.

Terdapat perbedaan pengelompokan provinsi ketahanan pangan berdasarkan aspeknya. Namun, terdapat satu provinsi yang memiliki ketahanan pangan rendah dengan metode *Ward* dan *Fuzzy C-Means*, baik pada aspek keterjangkauan pangan maupun pemanfaatan pangan, yaitu Provinsi Papua. Permasalahan pangan di Papua memang sudah berlangsung dari beberapa tahun ke belakang. Rendahnya konsumsi pada pangan lokal, seperti ubi jalar, sagu, dan talas menjadi penyebab utamanya. Penduduk Papua telah mengalihkan pemenuhan karbohidrat pada konsumsi beras (Nainggolan, 2015). Padahal Papua memiliki tanah yang kurang sesuai untuk dapat ditamani padi. Ditambah lagi, pendidikan dan teknologi di Papua belum tersebar secara merata, sehingga jika terdapat keinginan untuk mengembangkan produksi padi, tentu tidak akan efisien. Bahkan menurut penelitian yang dilakukan oleh (Samderubun & Budiasih, 2019) produksi padi varietas Inbrida belum maksimum dengan input yang ada. Kondisi ini membuat Papua harus mengalami ketergantungan dengan provinsi lain yang menjadi produsen beras. Akses yang sulit dan pemanfaatan yang tidak maksimal terhadap pangan lokal menjadi penyebab yang harus diperhatikan pemerintah Provinsi Papua untuk menjaga ketahanan pangan dan memaksimalkan potensi yang dimilikinya. Berbeda dengan Provinsi Maluku, walau berada di sisi timur Indonesia dan jauh dari pusat negara, namun Provinsi Maluku mampu memiliki ketahanan pangan yang baik di kedua aspek. Hal ini dikarenakan Provinsi Maluku dapat memberdayakan penduduknya untuk melakukan diversifikasi pangan lokal sebagai sumber karbohidrat (Bustaman & Hutuely, 2008).

Pulau Jawa yang kini rawan akan tersedianya lahan untuk pangan, ternyata memiliki ketahanan pangan yang tinggi dilihat dari kedua aspek. Ketersediaan pangan saat ini memang bukan serta merta harus mengandalkan lahan yang luas. Dengan lahan yang sempit namun memiliki teknologi yang memadai serta ilmu pengetahuan yang tinggi untuk mengolahnya, maka bukan tidak mungkin suatu daerah akan

memiliki ketahanan pangan yang baik. Itulah yang terjadi di sisi barat Indonesia terutama Pulau Jawa. Pulau Jawa yang menjadi pusat pendidikan dan sentra teknologi di Indonesia membuatnya lebih cepat untuk menerima informasi pembaruan terkait pengolahan pangan yang baik dan benar. Seperti yang dilakukan di Kabupaten Batang, Jawa Tengah dengan menerapkan Pos Pelayanan Teknologi Tepat Guna (Posyantek) dapat meningkatkan produktivitas pada tanaman pangan (Wijaya, 2017). Sehingga bukan hanya untuk menghidupi penduduk setempat saja, daerah-daerah di Pulau Jawa pun banyak melakukan transaksi jual beli pangan ke berbagai daerah di Indonesia bahkan impor ke negara asing. Kemudahan akses pangan di Pulau Jawa membuat penduduknya semakin sejahtera. Penduduk Pulau Jawa akan menjadi produsen dan konsumen pangan sehingga nantinya akan menambah pendapatan yang dicatat dalam Produk Domestik Bruto (PDB). Angka PDB yang tinggi dapat menunjukkan bahwa negara tersebut semakin maju dan kesejahteraan akan tercapai. Dengan tercapainya kesejahteraan, maka akan semakin mudah bagi pemerintah daerah setempat untuk memajukan daerahnya dengan berbagai pembangunan. Pembangunan yang diharapkan adalah pembangunan yang berkelanjutan sehingga nantinya pembangunan besar pada saat ini dapat dirasakan oleh anak cucu di masa mendatang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Terdapat perbedaan antara provinsi-provinsi dengan ketahanan pangan tinggi dan rendah untuk metode *Ward* dan *Fuzzy C-Means*. Dengan menggunakan metode *soft clustering Fuzzy C-Means* didapatkan provinsi-provinsi yang memiliki ketahanan pangan rendah lebih banyak jika dibandingkan dengan metode *Ward*. Jumlah provinsi yang memiliki ketahanan pangan tinggi selalu lebih banyak daripada yang memiliki ketahanan pangan rendah. Hal ini menunjukkan bahwa ketahanan pangan Indonesia sudah cukup baik. Namun ada satu provinsi yang selalu berada dalam ketahanan pangan rendah dilihat dari kedua aspek, yaitu Provinsi Papua. Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan dikedua aspek untuk dapat memajukan ketahanan pangan Papua, sehingga Provinsi Papua dapat memberikan kontribusi lebih besar untuk kemajuan bangsa Indonesia, terutama dalam hal pembangunan berkelanjutan. Salah satu cara yang dapat mengembangkan kedua aspek adalah dengan pemanfaatan teknologi seoptimal mungkin. Pemanfaatan teknologi ini harus didukung oleh peran pemerintah untuk memberikan akses teknologi secara merata kepada seluruh lapisan masyarakat. Dengan pemanfaatan teknologi yang semakin optimal, maka masyarakat akan lebih mudah untuk mengakses pangan dari manapun, termasuk peralatan yang nantinya dapat digunakan untuk menunjang pemberdayaan pangan lokal. Selain itu, dengan teknologi pula, masyarakat dapat memiliki kreatifitas yang lebih luas untuk dapat memanfaatkan pangan yang ada dan mengembangkan daerahnya menjadi lahan pangan tanpa ada batasan, seperti kondisi tanah.

Penelitian ini hanya membandingkan metode *soft clustering* dan *hard clustering*. Di mana penentuan jumlah kluster belum dilakukan secara otomatis. Sehingga diharapkan pada penelitian berikutnya dapat dikembangkan penelitian dengan menggunakan metode *clustering* otomatis, seperti DBSCAN. Dengan begitu, diharapkan diperoleh jumlah kluster yang paling baik untuk analisis.

DAFTAR PUSTAKA

- Afira, N., & Wijayanto, A. W. (2021). Analisis Cluster dengan Metode Partitioning dan Hierarki pada Data Informasi Kemiskinan Provinsi di Indonesia Tahun 2019. *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, 10(2), 101–109.
- Agusta, Y. (2007). K-means–penerapan, permasalahan dan metode terkait. *Jurnal Sistem Dan Informatika*, 3(1), 47–60.
- Aini, Y. N., & Kurniawan, F. E. (2019). Analisis Faktor Dan Pemetaan Ketahanan Pangan Provinsi Papua Dalam Upaya Mendukung Sustainable Development Goal's Di Indonesia. *Seri Studi Kebudayaan Iii*, 89.
- Ardakani, Z., Bartolini, F., & Brunori, G. (2020). New evaluation of small farms: Implication for an analysis of food security. *Agriculture*, 10(3), 74.
- Badan Pangan Nasional. (2022). *Indeks Ketahanan Pangan Tahun 2022*.

- Bezdek, J. C. (2013). *Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms*. Springer Science & Business Media.
- Bora, D. J., & Gupta, D. A. K. (2014). A comparative study between fuzzy clustering algorithm and hard clustering algorithm. *ArXiv Preprint ArXiv:1404.6059*.
- Brock, G., Pihur, V., Datta, S., & Datta, S. (2008). cValid: An R package for cluster validation. *Journal of Statistical Software*, 25, 1–22.
- Budiaji, W. (2015). Penerapan Consensus Clustering pada Pemetaan Ketahanan Pangan Kota Serang. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, 4(1), 19–27.
- Bustaman, S., & Hutuely, L. (2008). *Membangun Ketahanan Pangan Maluku Berawal dari Desa*.
- Codjoe, S. N. A., Okutu, D., & Abu, M. (2016). Urban household characteristics and dietary diversity: an analysis of food security in Accra, Ghana. *Food and Nutrition Bulletin*, 37(2), 202–218.
- Darfour, B., & Rosentrater, K. A. (2016). Agriculture and food security in Ghana. *2016 ASABE Annual International Meeting*, 1.
- FAO Estimate. (2019). Retrieved from <https://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?iso3=IDN>.
- Filippini, R., Mazzocchi, C., & Corsi, S. (2019). The contribution of Urban Food Policies toward food security in developing and developed countries: A network analysis approach. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101506.
- Fung, F., Wang, H.-S., & Menon, S. (2018). Food safety in the 21st century. *Biomedical Journal*, 41(2), 88–95.
- Glamann, J., Hanspach, J., Abson, D. J., Collier, N., & Fischer, J. (2017). The intersection of food security and biodiversity conservation: a review. *Regional Environmental Change*, 17, 1303–1313.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2014). Pearson new international edition. *Multivariate Data Analysis, Seventh Edition*. Pearson Education Limited Harlow, Essex.
- Hidayatullah, K. H. (2014). Analisis klaster untuk pengelompokan kabupaten/kota di provinsi Jawa Tengah berdasarkan indikator kesejahteraan rakyat. *Jurnal Statistika Universitas Muhammadiyah Semarang*, 2(1).
- Hidayah, Z., Arisandi, A., & Wardhani, M. K. (2020). Pemetaan Kesesuaian Perairan untuk Budidaya Laut di Perairan Pesisir Kabupaten Situbondo dan Banyuwangi Jawa Timur. *Rekayasa*, 13 (3), 307-316.
- Joshi, K. D., & Nalwade, P. S. (2013). Modified k-means for better initial cluster centres. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 2(7), 219–223.
- Kalansooriya, C. W., & Chandrakumara, D. P. S. (2016). *Women's role in household food security in rural Sri Lanka*.
- Kanungo, T., Mount, D. M., Netanyahu, N. S., Piatko, C. D., Silverman, R., & Wu, A. Y. (2002). An efficient k-means clustering algorithm: Analysis and implementation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24(7), 881–892.
- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (2009). *Finding groups in data: an introduction to cluster analysis*. John Wiley & Sons.
- Manlosa, A. O., Hanspach, J., Schultner, J., Dorresteyn, I., & Fischer, J. (2019). Livelihood strategies, capital assets, and food security in rural Southwest Ethiopia. *Food Security*, 11, 167–181.
- Matemilola, S. (2017). The challenges of food security in Nigeria. *Open Access Library Journal*, 4(12), 1.
- M'Kaibi, F. K., Steyn, N. P., Ochola, S. A., & Du Plessis, L. (2017). The relationship between agricultural biodiversity, dietary diversity, household food security, and stunting of children in rural Kenya. *Food Science & Nutrition*, 5(2), 243–254.

- Nainggolan, Y. A. P. (2015). Problematika mewujudkan kedaulatan pangan di Papua. *Jurnal Hak Asasi Manusia*, 12(12), 93–113.
- Ndhleve, S., Musemwa, L., & Zhou, L. (2012). Household food security in a coastal rural community of South Africa: Status, causes and coping strategies. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, 4(5), 68.
- Nurpita, A., Wihastuti, L., & Andjani, I. Y. (2018). Dampak alih fungsi lahan terhadap ketahanan pangan rumah tangga tani di Kecamatan Temon Kabupaten Kulon Progro. *Jurnal Gama Societa*, 1(1), 103–110.
- Pérez-Escamilla, R. (2017). Food security and the 2015–2030 sustainable development goals: From human to planetary health: Perspectives and opinions. *Current Developments in Nutrition*, 1(7), e000513.
- Rachman, H. P. S. (2010). Aksesibilitas pangan: faktor kunci pencapaian ketahanan pangan di Indonesia. *Jurnal Pangan*, 19(2), 147–156.
- Rozaki, Z. (2020). COVID-19, agriculture, and food security in Indonesia. *Reviews in Agricultural Science*, 8, 243–260.
- Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I. S., Antognoni, F., Martinez-Mosqueira, E. A., Coulibaly, A., Canahua-Murillo, A., Pinto, M., & Zurita-Silva, A. (2014). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 349–359.
- Sikana, A. M., & Wijayanto, A. W. (2021). Analisis Perbandingan Pengelompokan Indeks Pembangunan Manusia Indonesia Tahun 2019 dengan Metode Partitioning dan Hierarchical Clustering. *Jurnal Ilmu Komputer*, 14(2), 66–78.
- Suraya, G. R., & Wijayanto, A. W. (2022). Comparison of Hierarchical Clustering, K-Means, K-Medoids, and Fuzzy C-Means Methods in Grouping Provinces in Indonesia according to the Special Index for Handling Stunting: Perbandingan Metode Hierarchical Clustering, K-Means, K-Medoids, dan Fuzzy C-Means dalam Pengelompokan Provinsi di Indonesia Menurut Indeks Khusus Penanganan Stunting. *Indonesian Journal of Statistics and Its Applications*, 6(2), 180–201.
- Syakur, M. A., Khotimah, B. K., Rochman, E. M. S., & Satoto, B. D. (2018). Integration k-means clustering method and elbow method for identification of the best customer profile cluster. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 336, 012017.
- Thamrin, N., & Wijayanto, A. W. (2021). Comparison of Soft and Hard Clustering: A Case Study on Welfare Level in Cities on Java Island: Analisis cluster dengan menggunakan hard clustering dan soft clustering untuk mengelompokkan tingkat kesejahteraan kabupaten/kota di pulau Jawa. *Indonesian Journal of Statistics and Its Applications*, 5(1), 141–160.
- UNICEF. (2008). Food Prices Increase/Nutrition Security. Action for Children. *Food Prices Technical Note*. UNICEF.
- Wang, Y., Li, Y., Qiao, C., Liu, X., Hao, M., Shugart, Y. Y., Xiong, M., & Jin, L. (2018). Nuclear norm clustering: a promising alternative method for clustering tasks. *Scientific Reports*, 8(1), 10873.
- Wekesa, B. M., Ayuya, O. I., & Lagat, J. K. (2018). Effect of climate-smart agricultural practices on household food security in smallholder production systems: micro-level evidence from Kenya. *Agriculture & Food Security*, 7(1), 1–14.
- Widarjono, A. (2010). Analisis statistika multivariat terapan. *Yogyakarta: UPP STIM YKPN*.
- Wijaya, O. (2017). Strategi pengembangan komoditas pangan unggulan dalam menunjang ketahanan pangan wilayah (Studi kasus di kabupaten batang, propinsi Jawa Tengah). *AGRARIS: Journal of Agribusiness and Rural Development Research*, 3(1), 48–56.