Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology
Homepage: https://journal.ilmudata.co.id/index.php/ijmst
Vol. 4 No. 3 (2026) pp: 9994-10005
P-ISSN: 2986-6790, e-ISSN: 2986-6782

Pemetaan Kemiripan Profil Ketahanan Pangan Antar Provinsi di Indonesia Tahun 2025 Menggunakan Metric Multidimensional Scaling

Sarah Amalia, Citra Sitinjak, Lirana Sapriani Gulo, Hanafi Irsyad Pulungan
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan
sarahhamalia.4242260002@mhs.unimed.ac.id*, citrasitinjak038@gmail.com, liranasaprianig@gmail.com, hanafiirsyadpulungan2@gmail.com

Abstrak

Ketahanan pangan di Indonesia masih menunjukkan keragaman antarwilayah, sehingga gambaran kedudukan relatif setiap provinsi dibutuhkan untuk mempertajam arah kebijakan. Informasi tersebut penting untuk memahami variasi kondisi ketahanan pangan secara lebih terarah. Penelitian ini bertujuan memetakan kemiripan dan perbedaan 38 provinsi menurut tiga aspek Indeks Ketahanan Pangan (IKP) tahun 2025, yakni ketersediaan, keterjangkauan, dan pemanfaatan pangan. Data sekunder diperoleh dari Badan Pangan Nasional. Ketiga indeks aspek dibakukan menjadi skor-z, ketaksamaan antarprovinsi dihitung dengan jarak Euclidean, lalu dipetakan melalui metric multidimensional scaling (MDS) dua dimensi. Mutu konfigurasi dinilai dengan nilai stress-1. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai stress-1 sebesar 0,0519 yang mengindikasikan tingkat ketidaksesuaian relatif rendah antara konfigurasi dua dimensi dan jarak asli antarprovinsi. Papua Pegunungan dan Papua Tengah menempati posisi paling terpencil dari gugusan provinsi lainnya. Berdasarkan jarak Euclidean pada data standardisasi, pasangan Bali dan Papua Pegunungan memiliki jarak terbesar (7,44), sementara Banten dan Sumatera Barat paling mirip (0,07). Temuan ini menunjukkan bahwa profil ketahanan pangan antarprovinsi memiliki tingkat kemiripn yang beragam berdasrkan ketiga aspek yang dianalisis. Pemetaan dapat menjadi informasi awal dalam merumuskan kebijakan ketahananan pangan yang mempertimbangkan karakteristik masing-masing wilayah. Dengan demikian, hasil pemetaan ini dapat digunakan sebagai gambaran pendukung dalam mengidentifikasi kedekatan karakteristik provinsi tersebut tanpa mengabaikan perbedaan antardaerah.

Kata kunci: Ketahanan Pangan; Indeks Ketahanan Pangan; Metric Multidimensional Scaling; Jarak Euclidean

Abstract

Food security in Indonesia continues to exhibit disparities across regions, highlighting the need to understand the relative position of each province to support more targeted policy formulation. This study aims to map the similarities and differences among 38 provinces based on three dimensions of the 2025 Food Security Index (FSI), namely food availability, accessibility, and utilization. Secondary data were obtained from the National Food Agency of Indonesia. The three dimensions of the index were standardized using z-scores, interprovincial dissimilarities were calculated using Euclidean distances, and the results were visualized through two-dimensional metric multidimensional scaling (MDS). The quality of the configuration was evaluated using the stress-1 value. The results revealed a stress-1 value of 0.0519, indicating a relatively low level of discrepancy between the two-dimensional configuration and the original interprovincial distances. Papua Pegunungan and Papua Tengah were positioned farthest from the cluster of other provinces. Based on Euclidean distances calculated from the standardized data, Bali and Papua Pegunungan exhibited the greatest dissimilarity (7.44), whereas Banten and West Sumatra showed the highest similarity (0.07). These findings indicate that provincial food security profiles exhibit varying degrees of similarity across the three dimensions analyzed. This mapping provides preliminary insights for formulating food security policies that consider the specific characteristics of each region.

Keywords: Food Security; Food Security Index; Metric Multidimensional Scaling; Euclidean Distance

1. Pendahuluan

Ketahanan pangan merupakan prasyarat bagi pembangunan manusia yang berkualitas serta bagi stabilitas sosial dan ekonomi suatu negara. Secara global, upaya mewujudkan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*/SDGs) kedua, yaitu menghapus kelaparan, belum menunjukkan kemajuan yang memadai (FAO et al., 2024). FAO et al. (2025) memperkirakan sekitar 673 juta orang, atau 8,2% penduduk dunia, masih menghadapi kelaparan pada tahun 2024, dengan perkembangan yang sangat timpang antarkawasan.

Ancaman terhadap ketahanan pangan kini bersifat majemuk dan saling berkelindan. Perubahan iklim, pandemi COVID-19, dan konflik bersenjata secara bersamaan menekan sistem pangan dan gizi dunia (Hendriks et al., 2022). Pandemi memperbesar kemiskinan serta memperburuk ketahanan pangan dan pola konsumsi rumah tangga (Laborde et al., 2021), sementara konflik Rusia–Ukraina mengganggu rantai pasok pangan global (Jagtap et al., 2022). Rangkaian guncangan tersebut menegaskan bahwa pangan bukan sekadar persoalan produksi, melainkan fondasi yang menopang stabilitas ekonomi dan kesejahteraan sosial.

Seiring dengan itu, pemahaman mengenai ketahanan pangan berkembang dari isu produksi menuju kerangka multidimensi. Dimensi klasik berupa ketersediaan (*availability*), akses (*access*), pemanfaatan (*utilization*), dan stabilitas (*stability*) kini diperluas dengan agensi (*agency*) dan keberlanjutan (*sustainability*) (Clapp et al., 2022). Perluasan ini sejalan dengan pendekatan sistem pangan yang memandang produksi, distribusi, konsumsi, dan capaian gizi sebagai satu kesatuan yang saling bergantung (von Braun et al., 2021).

Di Indonesia, Badan Pangan Nasional mengukur ketahanan pangan melalui Indeks Ketahanan Pangan (IKP) dalam Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan (*Food Security and Vulnerability Atlas*/FSVA) yang bertumpu pada tiga pilar, yaitu ketersediaan, keterjangkauan, dan pemanfaatan pangan (Abdulah, 2025). Ketersediaan mencerminkan kecukupan pasokan pangan di suatu wilayah, keterjangkauan menggambarkan kemampuan rumah tangga mengakses pangan secara ekonomi dan fisik, dan pemanfaatan menunjukkan sejauh mana pangan dikonsumsi dan dimanfaatkan tubuh secara optimal (Clapp et al., 2022).

Bagi Indonesia, negara kepulauan berpenduduk besar, ketiga pilar tersebut bersifat strategis pada tahun 2025. Ketersediaan yang memadai menjaga pasokan dan stabilitas harga, keterjangkauan melindungi daya beli rumah tangga dari tekanan kemiskinan, dan pemanfaatan yang baik menopang kualitas gizi serta produktivitas sumber daya manusia (Clapp et al., 2022; von Braun et al., 2021). Di sisi lain, kerentanan terhadap kerawanan pangan antarprovinsi di Indonesia sangat dipengaruhi oleh tingkat keterpaparan wilayah terhadap guncangan (Juliannisa et al., 2025). Pemantauan kondisi ketahanan pangan yang mutakhir dan berbasis wilayah karenanya menjadi kebutuhan kebijakan yang mendesak.

Tantangan tersebut diperberat oleh heterogenitas wilayah Indonesia yang sangat tinggi. Perbedaan kondisi geografis, demografi, dan ekonomi menghasilkan kapasitas pangan yang berbeda antardaerah. Bahkan dalam satu pulau, hubungan antara iklim dan hasil padi di Pulau Jawa terbukti bervariasi secara spasial (Rachmawati et al., 2025). Pada skala nasional, Abdulah (2025) melalui analisis autokorelasi spasial terhadap 514 kabupaten/kota (data tahun 2019) menunjukkan bahwa klaster berketahanan pangan rendah terkonsentrasi di Indonesia bagian timur, yang terkait dengan keterisolasian, lemahnya kinerja ekonomi, dan keterbatasan infrastruktur, sedangkan klaster berketahanan pangan tinggi terkonsentrasi di bagian barat, terutama Pulau Jawa.

Data yang dianalisis dalam penelitian ini, yang mencakup 38 provinsi termasuk empat provinsi hasil pemekaran Papua, memperlihatkan kesenjangan serupa pada tahun 2025. Indeks ketersediaan berkisar dari 27,17 (Papua Pegunungan) hingga 84,11 (Kalimantan Selatan), indeks keterjangkauan dari 40,27 (Papua Pegunungan) hingga 89,81 (Bali), dan indeks pemanfaatan dari 28,57 (Papua Pegunungan) hingga 86,05 (DKI Jakarta). Rentang sekitar 50 hingga 57 poin pada skala 0–100 tersebut menunjukkan bahwa provinsi-provinsi di Indonesia tidak dapat diperlakukan sebagai satu entitas yang homogen.

Profil antarpilar juga tidak selalu sejalan. DKI Jakarta, misalnya, mencatat indeks ketersediaan hanya 40,02, tetapi indeks keterjangkauan dan pemanfaatannya termasuk yang tertinggi (masing-masing 88,74 dan 86,05). Kondisi ini mengindikasikan bahwa peringkat berdasarkan satu indikator atau satu indeks gabungan dapat menyamarkan perbedaan karakter antarwilayah, sehingga diperlukan pendekatan multivariat yang menilai ketiga aspek secara simultan. Pendekatan multidimensi semacam ini juga ditempuh oleh Cheng dan Yu (2024), yang menemukan adanya perbedaan regional serta dinamika konvergensi pada tingkat ketahanan pangan multidimensi di Tiongkok.

Kajian ketahanan pangan di Indonesia umumnya menyusun indeks komposit untuk menilai kerentanan wilayah (Juliannisa et al., 2025) atau mendeteksi klaster spasial berdasarkan kedekatan geografis (Abdulah, 2025). Kedua pendekatan tersebut penting, tetapi belum menjawab pertanyaan yang berbeda: provinsi mana yang memiliki profil ketahanan pangan serupa, terlepas dari letak geografisnya, ketika ketiga pilar diperhatikan sekaligus? Pertanyaan ini krusial karena provinsi yang berjauhan dapat memiliki karakteristik pangan yang mirip sehingga dapat belajar dari kebijakan yang sama, sedangkan provinsi bertetangga dapat sangat berbeda. Berdasarkan penelusuran literatur

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14320
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

penulis, pemetaan kemiripan seluruh provinsi berdasarkan ketiga aspek IKP tahun 2025 dengan *multidimensional scaling* belum banyak dilaporkan.

Metric Multidimensional Scaling (MDS) merupakan teknik untuk merepresentasikan kemiripan atau ketidakmiripan antarobjek dalam ruang berdimensi rendah berdasarkan matriks dissimilarity. Dalam penelitian ini, MDS metrik diterapkan menggunakan algoritma *Scaling by MAjorizing a COmplicated Function* (SMACOF) dengan transformasi rasio (*ratio scaling*) untuk memperoleh konfigurasi dua dimensi yang mempertahankan struktur jarak Euclidean antarprovinsi sejauh mungkin (Anowar et al., 2021; Mair et al., 2022). Berbeda dari analisis yang berfokus pada hubungan antarvariabel, MDS menekankan representasi hubungan antarobjek sehingga provinsi dengan profil indikator yang serupa diharapkan terletak berdekatan, sedangkan provinsi dengan profil berbeda cenderung terletak berjauhan. Kualitas representasi dievaluasi menggunakan nilai *Stress-1*, yang menunjukkan tingkat ketidaksesuaian antara jarak pada data dan jarak pada konfigurasi MDS.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memetakan kemiripan profil ketahanan pangan 38 provinsi di Indonesia pada tahun 2025 berdasarkan indeks ketersediaan, keterjangkauan, dan pemanfaatan pangan menggunakan MDS metrik dengan jarak Euclidean. Penelitian ini juga mengevaluasi kualitas representasi dua dimensi melalui nilai *Stress-1* serta mengidentifikasi pasangan provinsi dengan profil paling mirip dan paling berbeda berdasarkan jarak Euclidean pada data terstandardisasi. Pengelompokan eksploratif digunakan sebagai alat bantu visualisasi untuk memperjelas pola kemiripan pada peta, bukan sebagai dasar inferensi statistik.

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran komparatif mengenai kemiripan dan perbedaan profil ketahanan pangan antarprovinsi. Informasi tersebut dapat menjadi bahan pertimbangan awal dalam mengidentifikasi wilayah dengan karakteristik serupa serta mendukung perumusan kebijakan pangan yang lebih sesuai dengan kondisi masing-masing daerah.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *metric multidimensional scaling* (MDS) untuk memetakan kemiripan dan perbedaan profil ketahanan pangan antarprovinsi di Indonesia. Data dalam penelitian ini merupakan data sekunder Indeks Ketahanan Pangan (IKP) tingkat provinsi di Indonesia tahun 2025 yang diperoleh dari Badan Pangan Nasional. Data mencakup 38 provinsi di Indonesia, dengan penelitian berfokus pada tiga indikator penyusun ketahanan pangan, yaitu indeks ketersediaan, indeks keterjankauan, dan indeks pemanfaatan. Ketiga indikator tersebut digunakan untuk menggambarkan karakteristik ketahanan pangan masing-masing provinsi. Pendekatan ini sejalan dengan kajian Amalia et al. (2024) yang membahas ketahanan pangan berdasarkan aspek ketersediaan, keterjangkauan, dan pemanfaatan pangan.

2.1. Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri atas tiga indikator kuantitatif, yaitu indeks ketersediaan pangan (X_1), indeks keterjangkauan pangan (X_2), dan indeks pemanfaatan pangan (X_3). Setiap provinsi diperlakukan sebagai objek yang akan dipetakan berdasarkan kemiripan profil ketahanan pangannya.

Ketiga indikator memiliki potensi skala dan variasi yang berbeda-beda, maka dilakukan standardisasi menggunakan skor-z sebelum menghitung jarak antarprovinsi. Rumus standardisasi:

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{s_j}$$

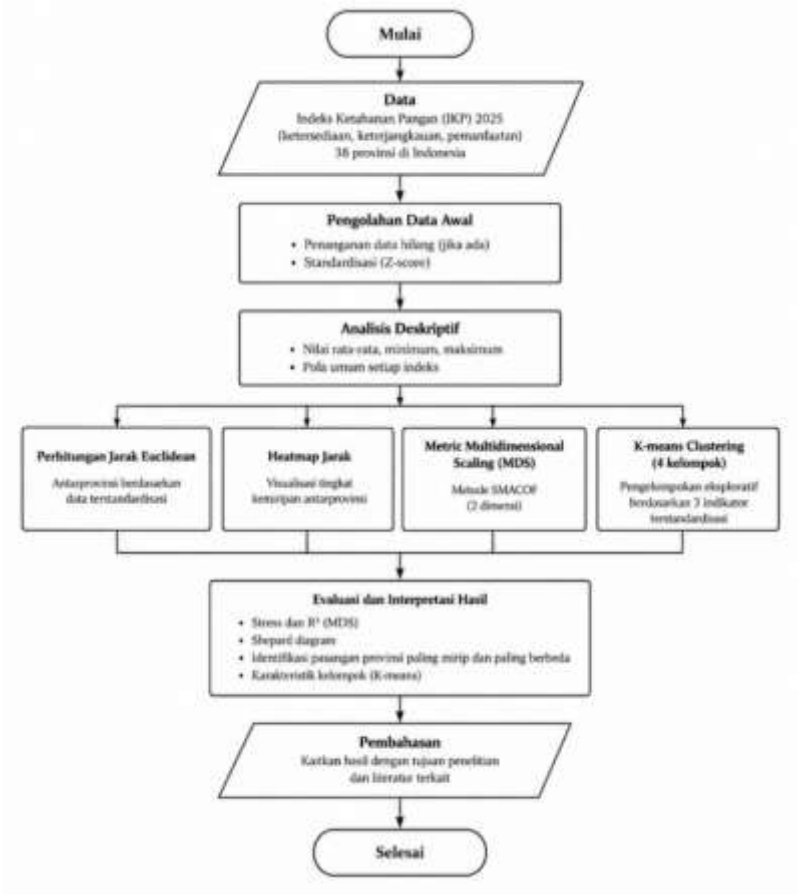
Dengan:

Z_{ij} = nilai standardisasi indikator ke-j pada provinsi ke-i,
X_{ij} = nilai asli indikator ke-j pada provinsi ke-i,
$\bar{X}_j$ = rata-rata indikator ke-j,
s_j = simpangan baku indikator ke-j.

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14320
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Hasil standardisasi selanjutnya akan digunakan sebagai dasar perhitungan jarak Euclidean antarprovinsi. Pada tahap ini memungkinkan ketiga indikator digunakan secara bersamaan dalam analisis kemiripan profil ketahanan pangan.

2.2.*Tahapan Analisis*



Gambar 1. Diagram Alur Tahapan Analisis *metric multidimensional scaling*

Analisis utama dalam penelitian ini menggunakan metode *Metric multidimensional Scaling* (Metric MDS) untuk memetakan kemiripan profil ketahanan pangan antarprovinsi ke dalam ruang dua dimensi. Seluruh analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak R dengan paket readxl, dplyr, tidyr, ggplot2, ggrepel, scales, dan smacof. Tahapan analisis penelitian sebagai berikut:

1. Preprocessing Data

   Tahap *preprocessing* dilakukan untuk memastikan bahwa data yang digunakan sesuai dengan kebutuhan analisis. Proses mencakup pemeriksaan struktur data, kesesuaian nama provinsi, tipe data pada setiap indikator, kelengkapan observasi, serta kemungkinan adanya nilai hilang atau duplikasi. Selanjutnya data disusun berdasarkan tiga variabel penelitian, yaitu indeks ketersediaan pangan, indeks keterjangkauan pangan, dan indeks pemanfaatan pangan. Sehingga, tahapan ini nantinya menghasilkan data yang siap untuk digunakan dalam analisis statistik deskriptif dan standardisasi, dan jarak Euclidean.

2. Analisis Statistik Deskriptif

   Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk memberikan gambaran umum mengenai karakteristik ketiga indikator ketahanan pangan pada 38 provinsi di Indonesia. Statistik yang digunakan meliputi nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan simpangan baku. Hasilnya nanti dapat digunakan untuk memahami karakteristik

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14320
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

awal data sebelum dilakukan standardisasi dan pemetaan. Tahap ini juga membantu mengidentifikasi perbedaan variasi di antara ketiga indikator yang dapat memengaruhi perhitungan jarak apabila data digunakan dalam skala aslinya.

3. Standardisasi Data

Sebelum menghitung jarak antarprovinsi, ketiga indikator distandardisasi menggunakan metode skor-z. Standardisasi dilakukan agar perbedaan skala dan variasi antarindikator tidak secara langsung mendominasi perhitungan jarak. Proses ini penting karena analisis selanjutnya membandingkan provinsi berdasarkan gabungan nilai ketiga indikator. Hasil standardisasi memiliki rata-rata mendekati nol dan simpangan baku satu untuk setiap indikator. Data terstandardisasi selanjutnya digunakan dalam perhitungan jarak Euclidean sebagai dasar pembentukan matriks ketidakmiripan antarprovinsi.

4. Perhitungan Jarak Euclidean

Jarak Euclidean mengukur perbedaan gabungan nilai indikator antara dua objek. Dalam penelitian ini, setiap objek merupakan satu provinsi yang direpresentasikan oleh tiga indikator ketahanan pangan. Jarak Euclidean antara provinsi ke-i dan provinsi ke-k dihitung menggunakan rumus:

$$dik = \sqrt{\sum_{j=1}^{p} \left(Z_{ij} - Z_{kj}\right)^2}$$

karena terdapat tiga indikator, rumus dapat dituliskan:

$$dik = \sqrt{(Z_{i1} - Z_{k1})^2 + (Z_{i2} - Z_{k2})^2 + (Z_{i3} - Z_{k3})^2}$$

Keterangan:

$dik =$ jarak Euclidean antara provinsi ke-i dan provinsi ke-k
$Z_{ij}\ dan\ Z_{kj} =$ nilai indikator ke-j yang telah distandardisasi pada kedua provinsi.
$p =$ jumlah indikator yang digunakan, yaitu 3.

Nilai jarak yang lebih kecil menunjukkan bahwa dua provinsi memiliki profil indikator yang relatif lebih mirip, sedangkan nilai jarak yang lebih besar menunjukkan perbedaan profil yang relatif lebih tinggi. Hasil perhitungan seluruh pasangan provinsi disusun dalam matriks jarak berukuran 38 × 38. Matriks tersebut kemudian digunakan sebagai masukan dalam analisis Metric MDS.

5. Penerapan Metric Multidimensional Scaling

Multidimensional Scaling (MDS) merepresentasikan objek sebagai titik pada ruang berdimensi rendah sehingga jarak antartitik mendekati ketidakmiripan awal antarobjek. Pada metric MDS, ketidakmiripan diperlakukan sebagai data berskala interval atau rasio. Konfigurasi diestimasi dengan algoritma SMACOF (*Scaling by Majorizing a Complicated Function*) yang meminimalkan fungsi stress melalui prosedur majorisasi dan tersedia pada paket *smacof* di R (Mair et al., 2022).

Konfigurasi X diperoleh dengan meminimalkan fungsi stress:

$$\sigma_{(X)} = \sum_{i<j} \left(d_{ij} - d_{ij}(X)\right)^2$$

Dengan $d_{ij}(X)$ adalah jarak Euclidean antara titik ke-i dan ke-j pada peta. Minimisasi dilakukan dengan algoritma SMACOF (*Scaling by Majorizing a Complicated Function*), yang memperbarui konfigurasi secara iteratif melalui transformasi Guttman hingga stress konvergen (Mair et al., 2022). Pada pembobotan seragam, pembaruan konfigurasi berbentuk:

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14320
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

$$X^{(t+1)} = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot B\left(X^{(t)}\right).X^{(t)}$$

Dengan elemen matriks B adalah $b_{ij} = -\frac{\hat{a}_{ij}}{d_{ij(X)}}$ untuk i ≠ j dan $d_{ij}(X) \neq 0$, serta $b_{ii} = -\Sigma_{j \neq i}\, b_{ij}$.

6. Evaluasi kualitas pemetaan

Kualitas peta dievaluasi dengan tiga cara:

a) Stress-1, yaitu stress yang dinormalisasi:

$$Stress - 1 = \sqrt{\frac{\sum_{i<j}\left(\hat{\delta}_{ij} - d_{ij}(X)\right)^2}{\sum_{i<j} d_{ij}(X)^2}}$$

Keterangan:

$\hat{\delta}_{ij} =$ jarak ketidakmiripan yang disesuaikan oleh model.
$d_{ij}(X) =$ jarak antara objek ke-i dan ke-j pada konfigurasi MDS.
$i < j =$ penjumlahan untuk setiap pasangan objek yang berbeda, tanpa menghitung pasangan yang sama dua kali.

Nilai yang lebih kecil menunjukkan kecocokan yang lebih baik. Penelitian terdahulu di Indonesia memakai kriteria:

Tabel 1. Kriteria nilai Stress

Stress (%)	Kategori
> 20	Buruk
10 - 20	Cukup
5 - 10	Baik
2,5 - 5	Sangat baik
< 2,5	Sempurna

Sumber: Rachman et al. (2025), mengutip Toruan et al. (2021).

b) Stress per titik untuk mengidentifikasi provinsi yang posisinya paling kurang terwakili pada peta.

c) Shepard diagram untuk membandingkan jarak asli dengan jarak pada konfigurasi MDS, dilengkapi kurva penghalus LOESS.

Parameter goodness-of-fit tersebut tersedia pada paket smacof (Mair et al., 2022). Karena kriteria ambang stress hanya pedoman kasar, interpretasi tidak bertumpu pada satu angka, tetapi juga pada Shepard diagram dan stress per titik.

7. Interpretasi hasil pemetaan

Interpretasi peta bertumpu pada kedekatan antartitik: provinsi yang berdekatan memiliki profil indeks yang relatif mirip. Dimensi 1 dan Dimensi 2 bersifat relatif dan tidak memiliki satuan baku. Selain itu, seluruh pasangan provinsi diurutkan berdasarkan jarak Euclidean untuk menentukan sepuluh pasangan paling mirip dan sepuluh pasangan paling berbeda.

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil analisis Indeks Ketahanan Pangan (IKP) tahun 2025 pada 38 provinsi di Indonesia berdasarkan aspek ketersediaan, keterjangkauan, dan pemanfaatan pangan.

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14320
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

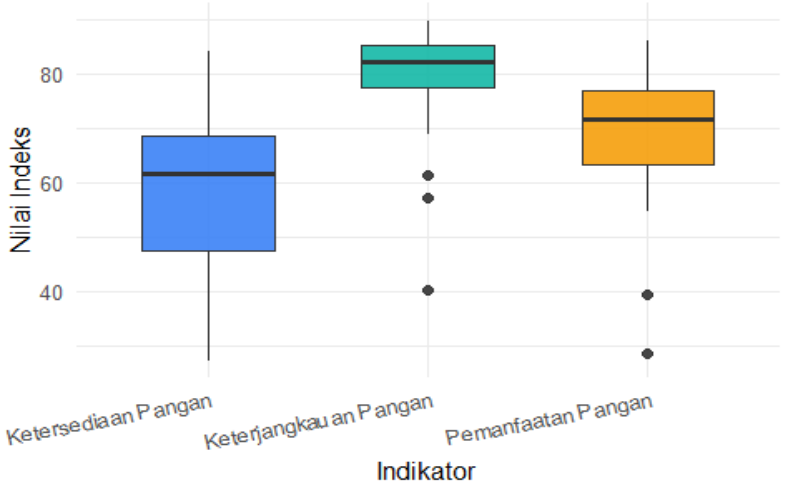
3.1. Descriptive Statistics of Food Security Indicators

Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik indeks ketersediaan, keterjangkauan, dan pemanfaatan pangan pada 38 provinsi di Indonesia tahun 2025. Ringkasan statistik ketiga indikator disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik deskriptif indeks ketahanan pangan provinsi tahun 2025

Indikator	Mean	Standard Deviation	Minimum	Maximum
Ketersediaan	58,14	14,20	27,17	84,11
Keterjangkauan	79,38	9,64	40,27	89,81
Pemanfaatan	69,28	11,59	28,57	86,05

Berdasarkan Tabel 2, indeks keterjangkauan pangan memiliki rata-rata tertinggi, yaitu 79,38, diikuti oleh indeks pemanfaatan pangan sebesar 69,28 dan indeks ketersediaan pangan sebesar 58,14. Hasil ini menunjukkan bahwa, secara deskriptif, nilai indikator keterjangkauan pangan pada data yang dianalisis cenderung lebih tinggi dibandingkan kedua indikator lainnya. Namun, perbedaan rata-rata tersebut tidak dapat langsung diartikan sebagai bukti bahwa seluruh aspek keterjangkauan pangan telah terpenuhi secara merata di Indonesia.



Gambar 2. Distribusi indeks ketahanan pangan antarprovinsi di Indonesia, 2025

Gambar 2 mempertegas pola tersebut. Berdasarkan aturan 1,5 × IQR pada boxplot, indeks keterjangkauan memiliki tiga pencilan bawah, yaitu Papua Selatan (61,21), Papua Tengah (57,09), dan Papua Pegunungan (40,27), sedangkan indeks pemanfaatan memiliki dua pencilan bawah, yaitu Papua Tengah (39,43) dan Papua Pegunungan (28,57). Indeks ketersediaan tidak memiliki pencilan, tetapi sebarannya paling lebar dengan whisker bawah yang panjang. Nilai ketersediaan terendah dimiliki Papua Pegunungan (27,17), Papua Tengah (28,54), Maluku Utara (33,36), dan Papua (36,51). Dengan demikian, ketimpangan pada keterjangkauan dan pemanfaatan terutama dipicu oleh segelintir provinsi yang tertinggal jauh, sedangkan ketimpangan pada ketersediaan tersebar lebih merata di banyak provinsi. Keberadaan pencilan ini relevan untuk interpretasi peta MDS karena jarak Euclidean peka terhadap nilai ekstrem.

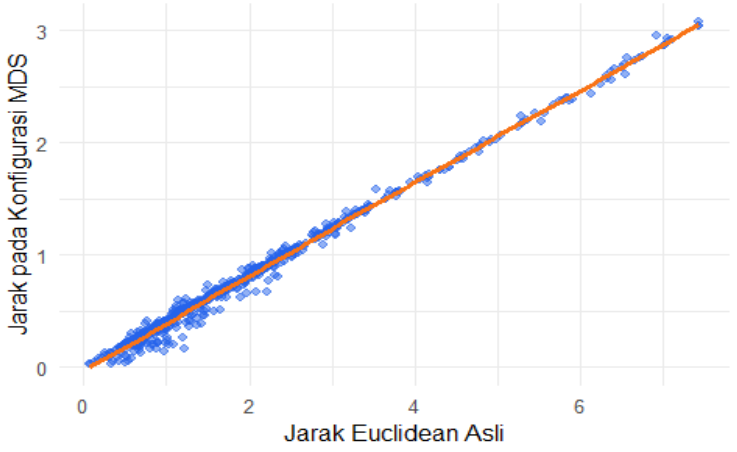
3.2 Kualitas Pemetaan Metric Multidimensional Scaling

Peta dua dimensi menghasilkan Stress-1 sebesar 0,0519 (5,19%). Berdasarkan kriteria pada Tabel 1 (Rachman et al., 2025), nilai ini masuk kategori *baik* (5–10%), walaupun hanya sedikit di atas batas bawahnya. Sebagian besar provinsi terwakili sangat baik, dengan stress per titik di bawah 1% pada beberapa provinsi, misalnya Kepulauan Bangka Belitung (0,40%), Jawa Barat (0,44%), dan Sumatera Barat (0,49%). Beberapa provinsi memiliki stress per titik yang lebih tinggi sehingga posisinya perlu dibaca lebih hati-hati Tabel 3.

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14320
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Tabel 3. Provinsi dengan stress per titik tertinggi

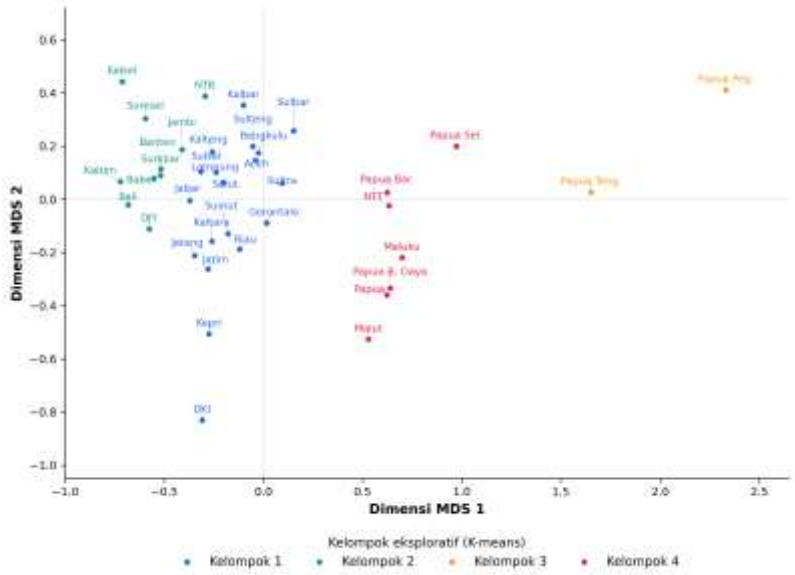
Peringkat	Provinsi	Stress per titik (%)
1	Gorontalo	16,87
2	DI Yogyakarta	8,29
3	Kalimantan Tengah	8,04
4	Sulawesi Tengah	5,57
5	Riau	5,29



Gambar 3. Shepard diagram metric multidimensional scaling

Shepard diagram memperlihatkan titik-titik yang mengikuti garis hampir lurus tanpa lengkungan sistematis. Hal ini menunjukkan bahwa transformasi rasio sesuai untuk data ini dan jarak pada peta mempertahankan urutan serta proporsi jarak asli dengan baik. Penyebaran sedikit lebih lebar terlihat pada jarak asli yang kecil, yaitu pada provinsi-provinsi yang profilnya saling berdekatan. Kemiringan garis kurang dari satu (jarak maksimum pada peta sekitar 3, sedangkan jarak asli maksimum 7,44) karena paket *smacof* menormalisasi skala konfigurasi, sehingga yang dinilai adalah kelurusan hubungan, bukan kemiringannya (Mair et al., 2022). Stress per titik Gorontalo yang tinggi sejalan dengan posisinya di dekat titik pusat peta, yaitu di antara kelompok provinsi barat-tengah dan kelompok timur, sehingga jaraknya ke kedua kelompok sulit dipertahankan sekaligus pada dua dimensi.

3.3 Peta Kemiripan Profil Ketahanan Pangan



Gambar 4. Peta metric multidimensional scaling profil ketahanan pangan antarprovinsi di Indonesia, 2025 (Stress-1 = 0,0519)

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14320
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Peta pada Gambar 4 menunjukkan dua pola utama. Dimensi 1 menggambarkan tingkat ketahanan pangan secara umum. Provinsi dengan koordinat paling negatif adalah Kalimantan Timur (−0,72), Kalimantan Selatan (−0,71), dan Bali (−0,68). Ketiganya juga tercatat sebagai provinsi dengan IKP tertinggi, yaitu 80,8, 82,0, dan 79,9 (Badan Pangan Nasional, 2025). Sebaliknya, koordinat paling positif dimiliki Papua Pegunungan (2,33) dan Papua Tengah (1,65), yang berturut-turut merupakan provinsi dengan IKP terendah (32,0) dan kedua terendah (41,6). Dengan demikian, urutan provinsi pada Dimensi 1 konsisten dengan peringkat IKP resmi, tetapi arahnya terbalik, yaitu semakin ke kanan semakin rendah ketahanan pangannya. Kesesuaian ini menjadi validasi eksternal bagi peta, dan didukung oleh korelasi Dimensi 1 dengan ketiga indikator yang kuat dan bernilai negatif.

Dimensi 2 membedakan komposisi profil pada tingkat ketahanan pangan yang serupa. Koordinat Dimensi 2 berkorelasi positif sedang dengan indeks ketersediaan (r = 0,52) dan berkorelasi negatif lemah dengan keterjangkauan (r = −0,17) serta pemanfaatan (r = −0,30). Artinya, semakin tinggi posisi provinsi pada sumbu ini, semakin besar ketersediaannya relatif terhadap dua aspek lainnya. DKI Jakarta (−0,83) berada paling bawah karena indeks ketersediaannya rendah (40,00) sementara keterjangkauannya tinggi (88,74) dan pemanfaatannya tertinggi di Indonesia (86,05). Kepulauan Riau (−0,51) memiliki pola serupa (ketersediaan 48,8; pemanfaatan 80,6), sedangkan Maluku Utara (−0,53) turun karena ketersediaannya rendah (33,36). Di sisi atas terdapat Kalimantan Selatan (0,44), Sumatera Selatan (0,30), dan Nusa Tenggara Barat (0,39), yang merupakan tiga provinsi dengan ketersediaan tertinggi (84,11; 77,90; dan 74,49). Pola provinsi perkotaan dengan ketersediaan rendah sejalan dengan catatan bahwa ketersediaan pangan wilayah perkotaan lebih ditentukan oleh perdagangan antarwilayah daripada produksi lokal (Pulungan et al., 2025).

Tabel 4. Korelasi Pearson antara koordinat MDS dan indeks ketahanan pangan

Dimensi	Ketersediaan	Keterjangkauan	Pemanfaatan
Dimensi 1	-0,84	-0,94	-0,94
Dimensi 2	0,52	-0,17	-0,30

Papua Pegunungan berada jauh dari seluruh provinsi lain (koordinat Dimensi 1 = 2,33) sehingga peta secara visual terbagi menjadi gugus padat di sisi kiri dan beberapa titik yang tersebar di sisi kanan.

3.4 Pengelompokkan Eksploratif

K-means pada data terstandardisasi menghasilkan empat kelompok. Kelompok ini hanya berfungsi sebagai pewarna visualisasi dan bukan kategori resmi IKP.

Tabel 5. Keanggotaan kelompok eksploratif

Kelompok	Jumlah	Anggota
1	19	Aceh, Sumatera Utara, Riau, Kepulauan Riau, Bengkulu, Lampung, DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Utara, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Gorontalo, Sulawesi Barat
2	10	Sumatera Barat, Jambi, Sumatera Selatan, Kepulauan Bangka Belitung, Banten, DI Yogyakarta, Bali, Nusa Tenggara Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur
3	2	Papua Tengah, Papua Pegunungan
4	7	Nusa Tenggara Timur, Maluku, Maluku Utara, Papua, Papua Barat, Papua Selatan, Papua Barat Daya

Kelompok 2 menempati sisi paling kiri peta dan berisi provinsi-provinsi dengan profil terbaik. Kelompok 1 adalah kelompok terbesar dan berada pada posisi menengah. Kelompok 4 dan Kelompok 3 berturut-turut menempati sisi kanan dan sisi paling kanan, dengan Kelompok 3 hanya beranggotakan dua provinsi di Pegunungan Papua. Satu temuan yang menarik adalah Nusa Tenggara Timur yang tergabung dengan provinsi-provinsi Papua dan Maluku, sedangkan Nusa Tenggara Barat tergabung dengan kelompok profil terbaik. Dua provinsi bertetangga ini berada pada dua kelompok yang berbeda. Karena K-means dijalankan pada tiga indikator terstandardisasi, bukan pada koordinat peta, beberapa titik berbeda warna dapat tampak berdekatan atau berimpit pada peta dua dimensi. Hal ini wajar karena peta hanyalah proyeksi dari ruang tiga dimensi.

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14320
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Tabel 6. Rata-rata (simpangan baku) indeks ketahanan pangan menurut kelompok eksploratif

Kelompok	Ketersediaan	Keterjangkauan	Pemanfaatan	Jumlah provinsi
1	59,89 (6,67)	82,66 (3,49)	72,19 (6,49)	19
2	73,11 (4,71)	84,80 (2,95)	77,38 (4,10)	10
3	27,86 (0,97)	48,68 (11,89)	34,00 (7,68)	2
4	40,64 (5,48)	71,50 (5,51)	59,88 (3,58)	7

Rata-rata indeks pada setiap kelompok memberi makna substantif pada kelompok. Kelompok 2 memiliki rata-rata tertinggi pada ketiga aspek sehingga dapat dibaca sebagai kelompok dengan profil terbaik. Kelompok 1 berada di tengah, dan selisihnya dengan Kelompok 2 terutama pada ketersediaan (13,2 poin), sedangkan keterjangkauannya hampir sama (82,66 dan 84,80). Kelompok 4 memiliki ketersediaan jauh lebih rendah (40,64) serta keterjangkauan dan pemanfaatan yang juga lebih rendah. Kelompok 3, yang hanya terdiri atas Papua Tengah dan Papua Pegunungan, sangat rendah pada ketiga aspek. Simpangan baku keterjangkauannya besar (11,89) karena kedua provinsi tersebut berbeda jauh (57,09 dan 40,27).

Tabel 7. Evaluasi jumlah kelompok K-Means

K	WSS	Rata-rata silhouette
2	45,38	0,586
3	27,65	0,549
4	20,32	0,348
5	14,60	0,394
6	12,30	0,370
7	10,33	0,339
8	8,53	0,312

Evaluasi jumlah kelompok disajikan pada Tabel 7. Rata-rata indeks silhouette tertinggi dicapai pada K = 2 (0,586) dan K = 3 (0,549), sedangkan K = 4 hanya 0,348. WSS menurun tanpa patahan siku yang tegas. Dengan demikian, empat kelompok bukan struktur yang paling jelas terpisah menurut kriteria ini. Pembagian K = 4 dipertahankan karena memisahkan Papua Tengah dan Papua Pegunungan yang ekstrem dari provinsi timur lainnya, tetapi harus dibaca sebagai alat bantu visual, bukan klasifikasi definitif.

3.5 Pasangan Provinsi Paling Mirip dan paling Berbeda

Tabel 8. Sepuluh pasangan provinsi paling mirip

No	Provinsi 1	Provinsi 2	Jarak Euclidean
1	Sumatera Barat	Banten	0,070
2	Aceh	Bengkulu	0,086
3	Sumatera Barat	Kepulauan Bangka Belitung	0,129
4	Kepulauan Bangka Belitung	Banten	0,181
5	Lampung	Sulawesi Selatan	0,189
6	Sumatera Utara	Riau	0,225
7	Kalimantan Tengah	Sulawesi Utara	0,251
8	Jawa Timur	Kalimantan Utara	0,259
9	Jawa Tengah	Kalimantan Utara	0,301
10	Jambi	Sulawesi Selatan	0,306

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14320
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Tabel 9. Sepuluh pasangan provinsi paling berbeda

No	Provinsi 1	Provinsi 2	Jarak Euclidean
1	Bali	Papua Pegunungan	7,439
2	Kalimantan Selatan	Papua Pegunungan	7,438
3	Kalimantan Timur	Papua Pegunungan	7,435
4	DKI Jakarta	Papua Pegunungan	7,120
5	Kepulauan Bangka Belitung	Papua Pegunungan	7,075
6	Sumatera Selatan	Papua Pegunungan	7,058
7	Banten	Papua Pegunungan	7,025
8	Sumatera Barat	Papua Pegunungan	7,023
9	DI Yogyakarta	Papua Pegunungan	6,926
10	Kepulauan Riau	Papua Pegunungan	6,757

Dua pola menonjol dari kedua tabel. Pertama, kemiripan profil tidak selalu mengikuti kedekatan geografis. Sumatera Barat dan Banten, yang berbeda pulau, merupakan pasangan paling mirip dari seluruh 703 pasangan. Pasangan Jawa Timur–Kalimantan Utara, Jawa Tengah–Kalimantan Utara, Kalimantan Tengah–Sulawesi Utara, serta Lampung-Sulawesi Selatan juga lintas pulau. Di sisi lain, pasangan seperti Aceh–Bengkulu dan Sumatera Utara–Riau berada dalam satu pulau. Kedua, seluruh sepuluh pasangan paling berbeda melibatkan Papua Pegunungan, sehingga provinsi ini adalah satu-satunya titik yang benar-benar terisolasi dalam ruang profil.

3.6 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, diantaranya:

1. Data bersifat *cross-section* untuk tahun 2025, sehingga belum dapat menggambarkan dinamika perubahan profil ketahanan pangan antarprovinsi dari waktu ke waktu.

2. IKP yang dipakai hanya memuat tiga aspek sehingga dimensi stabilitas pada kerangka FAO belum terwakili secara langsung dalam pemetaan (FAO et al., 2025).

3. Jarak Euclidean pada data terstandardisasi peka terhadap nilai ekstrem. Posisi Papua Pegunungan yang terisolasi dapat memadatkan gugus provinsi lain pada peta. Sebagai uji ketahanan, analisis sensitivitas dengan mengeluarkan provinsi tersebut dapat dilakukan untuk menilai kestabilan pola pemetaan.

4. Jumlah kelompok K = 4 ditetapkan secara eksploratif untuk membantu membedakan pola visual pada peta, bukan berdasarkan hasil optimalisasi indeks silhoutte. Indeks silhouette, yang lebih tinggi diperoleh pada $K = 2$ dan K = 3 (Tabel 7). Oleh karena itu, kelompok hanya berfungsi sebagai pewarna visualisasi dan tidak digunakan untuk inferensi.

5. Peta dua dimensi merupakan hampiran terhadap struktur jarak pada data asli. Provinsi dengan stress per titik tinggi, terutama Gorontalo menunjukkan bahwa representasi jaraknya perlu ditafsirkan dengan lebih hati-hati. Agar hasil pemetaan dapat lebih dipahami sebagai gambaran kemiripan relatif profil ketahanan pangan, bukan merepresentasikan sempurna dari seluruh jarak antarprovinsi.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan adanya keragaman profil ketahanan pangan pada 38 provinsi di Indonesia tahun 2025 berdasarkan indeks ketersediaan, keterjangkauan, dan pemanfaatan pangan. Rata-rata indeks keterjangkauan merupakan yang tertinggi, yaitu 79,38, diikuti indeks pemanfaatan sebesar 69,28 dan indeks ketersediaan sebesar 58,14. Hasil *Metric Multidimensional Scaling* (MDS) menggunakan metode SMACOF menghasilkan nilai *Stress-1* sebesar 5,19%, yang menunjukkan bahwa konfigurasi dua dimensi mampu merepresentasikan perbedaan dan kemiripan antarprovinsi dengan baik. Berdasarkan jarak Euclidean pada data yang telah distandardisasi, Sumatera Barat dan Banten merupakan pasangan provinsi dengan profil paling mirip, sedangkan Bali dan Papua Pegunungan merupakan pasangan dengan profil paling berbeda. Pengelompokan tambahan menggunakan K-means menghasilkan empat kelompok provinsi berdasarkan kemiripan ketiga indikator. Dengan demikian, pemetaan

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14320
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

MDS dapat memberikan gambaran mengenai pola kemiripan dan perbedaan profil ketahanan pangan antarprovinsi serta menjadi informasi awal dalam mendukung perumusan kebijakan ketahanan pangan yang sesuai dengan karakteristik wilayah. Namun, penentuan karakteristik setiap kelompok perlu didukung oleh perbandingan nilai ketiga indikator pada masing-masing kelompok.

Reference

1. Abdulah, R. (2025). Mapping Food Security in Indonesia: Geographic Clusters and Regional Disparities. *Indonesian Journal of Geography*, *57*(3), 440-447. https://doi.org/10.22146/ijg.99419
2. Amalia, S., Maria, S., & Fitrianitha, D. (2024). The Dynamics of Food security in Indonesia: A Study on the Availability, Affordability, and Utilization of Food in Districts and Cities with the Lowest Index in 2022. *Int. J. Econ*, *3*, 931-938. https://doi.org/10.55299/ijec.v3i2.1022
3. Anowar, F., Sadaoui, S., & Selim, B. (2021). Conceptual and empirical comparison of dimensionality reduction algorithms (pca, kpca, lda, mds, svd, lle, isomap, le, ica, t-sne). *Computer Science Review*, *40*, 100378. https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100378
4. Badan Pangan Nasional. (2025). Indeks Ketahanan Pangan (IKP) tingkat provinsi tahun 2025 (12 indikator). Open Data Badan Pangan Nasional. https://data.badanpangan.go.id/datasetpublications/3pa/ikp-provinsi-2025
5. Cheng, J., & Yu, X. (2024). Regional differences, distributional dynamics and convergence of multidimensional food security levels in China. *Plos one*, *19*(8), e0309071. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309071
6. Clapp, J., Moseley, W. G., Burlingame, B., & Termine, P. (2022). The case for a six-dimensional food security framework. *Food policy*, *106*, 102164. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102164
7. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2025). *The state of food security and nutrition in the world 2025: Addressing high food price inflation for food security and nutrition*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://openknowledge.fao.org/items/0eb6a3c1-f590-4ce2-b6fc-7427de9fa1d5
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Fund for Agricultural Development, United Nations Children's Fund, World Food Programme, & World Health Organization. (2024). *The state of food security and nutrition in the world 2024: Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/10.4060/cd1254en
9. Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Fund for Agricultural Development, United Nations Children's Fund, World Food Programme, & World Health Organization. (2025). *The state of food security and nutrition in the world 2025: Addressing high food price inflation for food security and nutrition*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/10.4060/cd6008en
10. Hendriks, S. L., Montgomery, H., Benton, T., Badiane, O., De La Mata, G. C., Fanzo, J., ... & Soussana, J. F. (2022). Global environmental climate change, covid-19, and conflict threaten food security and nutrition. *bmj*, *378*. https://doi.org/10.1136/bmj-2022-071534
11. Jagtap, S., Trollman, H., Trollman, F., Garcia-Garcia, G., Parra-López, C., Duong, L., ... & Afy-Shararah, M. (2022). The Russia-Ukraine conflict: Its implications for the global food supply chains. *Foods*, *11*(14), 2098. https://doi.org/10.3390/foods11142098
12. Juliannisa, I. A., Rahma, H., Mulatsih, S., & Fauzi, A. (2025). Regional vulnerability to food insecurity: The case of Indonesia. *Sustainability*, *17*(11), 4800. https://doi.org/10.3390/su17114800
13. Laborde, D., Martin, W., & Vos, R. (2021). Impacts of COVID-19 on global poverty, food security, and diets: Insights from global model scenario analysis. *Agricultural Economics*, *52*(3), 375-390. https://doi.org/10.1111/agec.12624
14. Mair, P., Groenen, P. J., & De Leeuw, J. (2022). More on multidimensional scaling and unfolding in R: smacof version 2. *Journal of Statistical Software*, *102*, 1-47. https://doi.org/10.18637/jss.v102.i10
15. Pulungan, R. A. F., Thahar, S. F., Mardani, S. I., Ramadhan, S. M., Marpaung, L. P., & Siagian, T. H. (2025). Model-based approach for clustering regencies/cities in the Land of Papua based on food security indicators. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, *30*(1), 19–30. https://doi.org/10.18343/jipi.30.1.19
16. Rachman, H. N. A., Putri, N. A., & Hendrawati, T. (2025). Multidimensional scaling analysis based on factors affecting under-five malnutrition cases in West Java. *STATMAT: Jurnal Statistika dan Matematika*, *7*(1), 41–53. https://doi.org/10.32493/sm.v7i1.46533
17. Rachmawati, R. R., Handoko, U., Purba, S. F., Sari, U. K., Saleh, Y., Zahara, Z., ... & Sipahutar, N. Y. P. (2025). Regional variability in climate-rice yield relationships across java, indonesia: A 30-year spatial-temporal analysis. *Int. J. Des. Nat. Ecodynamics*, *20*, 1815-1825. https://doi.org/10.18280/ijdne.200812
18. von Braun, J., Afsana, K., Fresco, L. O., Hassan, M. H. A., & Torero, M. (2023). Food system concepts and definitions for science and political action. *Science and innovations for food systems transformation*, 11-17. https://doi.org/10.1038/s43016-021-00361-2

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14320
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)