

PERBANDINGAN METODE COMPLETE LINKAGE, AVERAGE LINKAGE DAN WARD'S UNTUK PENGELOMPOKAN KETAHANAN PANGAN DI PROVINSI JAWA TIMUR

Nabila Tri Amanda

Departemen Statistika dan Sains Data, Sekolah Data Sains, Matematika dan Informatika, IPB, Bogor, Indonesia.

*e-mail : amandatriamanda@apps.ipb.ac.id

Riska Yulianti

Departemen Statistika dan Sains Data, Sekolah Data Sains, Matematika dan Informatika, IPB, Bogor, Indonesia.

e-mail : yuliantiriska@apps.ipb.ac.id

Anwar Fitrianto

Departemen Statistika dan Sains Data, Sekolah Data Sains, Matematika dan Informatika, IPB, Bogor, Indonesia.

e-mail : anwarstat@apps.ipb.ac.id

Erfiani

Departemen Statistika dan Sains Data, Sekolah Data Sains, Matematika dan Informatika, IPB, Bogor, Indonesia.

e-mail : erfiani@apps.ipb.ac.id

L.M. Risman Dwi Jumansyah

Departemen Statistika dan Sains Data, Sekolah Data Sains, Matematika dan Informatika, IPB, Indonesia.

e-mail : rismandwijumansyah@apps.ipb.ac.id

Abstrak

Provinsi Jawa Timur merupakan produsen utama padi nasional dengan total produksi mencapai 9,59 juta ton pada tahun 2023, yang memainkan peran penting dalam memenuhi kebutuhan pangan Indonesia. Namun, disparitas indikator ketahanan pangan di beberapa kabupaten/kota masih menjadi perhatian, di mana beberapa wilayah dikhawatirkan masuk dalam kategori rawan pangan. Penelitian ini berfokus pada analisis *clustering* untuk mengelompokkan ketahanan pangan kabupaten/kota di Jawa Timur dengan membandingkan tiga metode agglomerative hierarchical clustering, yakni *complete linkage*, *average linkage*, dan *ward's*. Data yang digunakan terdiri dari 12 variabel terkait ketahanan pangan, seperti produksi padi, konsumsi kalori, akses listrik, umur harapan hidup, prevalensi stunting dan lain-lain. Ketiga metode dievaluasi menggunakan koefisien cophenetic yang menghasilkan bahwa metode *average linkage* memiliki performa terbaik dengan nilai cophenetic sebesar 0,859 yang mengindikasikan ketepatan representasi data yang tinggi. Metode ini mengelompokkan wilayah Jawa Timur menjadi tiga cluster dengan kategori rentan pangan, tahan pangan, rawan pangan yang mampu memberikan informasi penting bagi pengambilan kebijakan.

Kata Kunci: Hirarki *clustering*, ketahanan pangan, disparitas pangan.

Abstract

East Java Province is a major national rice producer, with total production reaching 9,59 million metric tons by 2023, which is important in meeting Indonesia's food needs. Food security indicators in certain districts and cities are still not consistent, and some areas are feared to be food insecure. This study focuses on clustering analysis to categorize the food security of districts and municipalities in East Java by comparing three agglomerative hierarchical clustering methods, namely *complete linkage*, *average linkage*, and *Ward's*. The data used is comprised of 12 variables that relate to food security in East Java. There are 12 variables in the data that pertain to food security, such as rice production, calorie consumption, electricity access, life expectancy, stunting prevalence, and others. The three methods were evaluated by utilizing the cophenetic coefficient. According to the results, the *average linkage* method had the highest performance with a Cophenetic value of 0,859, indicating a high level of data representation accuracy. By using this method, the East Java region is divided into three clusters, with the categories of food vulnerable, sufficient, and insecure, providing valuable information for policy-making.

Keywords: Hierarchical clustering, food security, food disparity

PENDAHULUAN

Adanya peningkatan kompleksitas data yang dihadapi dalam berbagai analisis statistik, kebutuhan analisis yang mampu mengidentifikasi pola-pola tersembunyi dalam dataset menjadi sangat penting. Pengelompokan data dengan metode *clustering* menjadi salah satu analisis yang dapat digunakan. Analisis *cluster* merupakan salah satu metode multivariat yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi objek-objek yang relatif homogen ke dalam kelompok yang disebut *cluster* (Paramadina et al., 2019). *Cluster* yang terbentuk memiliki homogenitas dalam kelompok yang tinggi serta heterogenitas antar kelompok tinggi. Dalam Analisis *Cluster*, terdapat beberapa pendekatan, di antaranya *Complete Linkage*, *Average Linkage*, dan *Ward Linkage*. Metode *Complete Linkage* berfokus pada jarak maksimum antara dua *cluster*, sehingga menghasilkan *cluster* yang terpisah dengan baik. Sebaliknya, *Average Linkage* menghitung jarak rata-rata antara elemen-elemen dari dua *cluster*, memberikan hasil yang lebih seimbang dalam hal jarak antar *cluster* (Budiaji, 2015). Metode ini sering digunakan ketika kita ingin mempertahankan keseimbangan antara kepadatan dan pemisahan *cluster*. *Ward's* meminimalkan ragam total dalam *cluster* dan menggabungkan *cluster* yang memiliki ragam terkecil (Reinaldi et al., 2021).

Kondisi tersedianya pangan yang cukup bagi negara dan individu, baik dalam jumlah maupun kualitas, secara merata, aman, beragam, bergizi, dan terjangkau, sehingga orang dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan dikenal sebagai ketahanan pangan (Budiaji, 2015). Tiga komponen ketahanan pangan diantaranya adalah ketersediaan pangan, keterjangkauan pangan, dan pemanfaatan pangan (Diarty & Wijayanto, 2024). Ketahanan pangan memiliki urgensi tinggi dan tujuan strategis sebagai penentu jalannya pembangunan suatu negara. Informasi ketahanan pangan yang akurat dan komprehensif mampu mendukung pencegahan dan penanganan kerawanan pangan dan gizi, karena dapat memberikan arah dan rekomendasi kepada pembuat keputusan dalam penyusunan program, kebijakan, serta pelaksanaan intervensi di tingkat pusat daerah.

Provinsi Jawa Timur sebagai provinsi dengan jumlah kabupaten/kota paling banyak di Indonesia

merupakan provinsi dengan prestasi sebagai lumbung padi nasional tahun 2023. Produksi padi menurut provinsi pada tahun 2023 menunjukkan bahwa Provinsi Jawa Timur menduduki posisi pertama dengan produksi padi sebesar 9,59 juta (Badan pusat Statistik, 2023). Jawa Timur sebagai tulang punggung ketahanan pangan nasional berperan sebagai penyedia ketersediaan pangan baik untuk wilayah di Jawa Timur maupun di luar Jawa Timur. Namun berdasarkan Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan Nasional Tahun 2018 terdapat 15 kabupaten/kota di Jawa Timur yang masih masuk dalam kelompok dengan status prioritas ketahanan pangan sedang hingga rendah. Hal ini menunjukkan bahwa ketahanan pangan perlu ditingkatkan terutama dalam pemerataan ketahanan pangan di Jawa Timur (Badan Pangan Nasional, 2023).

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. Pada Laporan *Global Hunger Index* (GHI), Indonesia sendiri menempati urutan ke-77 dari 121 negara dengan skor sebesar 17,9 yang tergolong pada level kelaparan yang moderat (Putri, 2023). Meskipun demikian, Badan Pangan Nasional merilis hasil penyusunan peta ketahanan dan kerentanan pangan tahun 2023 yang menunjukkan hasil bahwa sejumlah kabupaten/kota mengalami perbaikan status daerah rentan rawan pangan. Hal ini mengindikasikan adanya pergerakan positif situasi ketahanan pangan di Indonesia. Indonesia sebagai negara agraris yang memiliki luas lahan baku sawah sebesar 7,46 juta hektar pada tahun 2023 dengan peningkatan produktivitas pertanian menjadi salah satu faktor yang melatarbelakangi meningkatnya indeks ketahanan pangan Indonesia.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menganalisis maupun mengelompokkan ketahanan pangan. Penelitian terkait ketahanan pangan tahun 2023 menggunakan metode *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan data ketahanan pangan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur (Wahyuningtyas et al., 2021). Data yang digunakan meliputi indikator ketersediaan pangan, aksesibilitas pangan, serta pemanfaatan pangan. Analisis

ketahanan pangan lainnya juga dilakukan oleh Manlosa et al., pada tahun 2019 yaitu klasifikasi negara berdasarkan indikator komposit pada struktur pertanian dengan menggunakan *K-Means Method*. Penelitian lainnya berupa analisis *cluster* yang bertujuan untuk mengelompokkan ketahanan pangan di Provinsi Jawa Tengah dengan menggunakan metode *agglomerative clustering* yaitu *average linkage* dan *ward's method* (Yulianto & Hidayatullah, 2014). Penelitian pada Aspek Ketahanan Pangan Indonesia diteliti juga dengan metode *Hard* dan *Soft Clustering*. Penentuan jarak pada *cluster*, menggunakan metode *single linkage*, *complete linkage*, *average linkage*, dan *ward* (Diarty & Wijayanto, 2024).

Penelitian ini berfokus pada komparasi metode *clustering complete linkage*, *average linkage* dan *Ward's* untuk mengelompokkan ketahanan pangan pada Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini menggunakan indikator utama pengukuran IKP sebagai landasan dalam menentukan *cluster* ketahanan pangan di Provinsi Jawa Timur (Badan Pangan Nasional, 2022). Pemetaan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur menjadi beberapa *cluster* didasari oleh kemiripan karakteristik setiap indikator IKP di masing-masing kabupaten/kota. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar pemerintah daerah dapat menentukan kebijakan yang tepat dan terarah dalam upaya peningkatan ketahanan pangan di masing-masing *cluster*.

KAJIAN TEORI

COMPLETE LINKAGE

Metode pautan lengkap atau *complete linkage* dilakukan dengan menggunakan prinsip jarak antar objek. Dasar penetapan berupa jarak maksimum atau jarak terjauh. Jarak antara *cluster* ditentukan oleh jarak antara dua objek, satu dari setiap *cluster* yang paling jauh (Mu'afa & Ulinnuha, 2019). Setelah itu *cluster U* dan *V* digabung menjadi *cluster (UV)* jarak antara *cluster (UV)* dan *cluster* lain, misal *W* dapat ditulis pada persamaan (1)

$$d_{(uv)w} = \max(d_{uw}, d_{vw}) \quad (1)$$

dengan d_{uw} = jarak antara *cluster U* dan *W*, d_{vw} = jarak antara *cluster V* dan *W*, dan $d_{(uv)w}$ = jarak antara *cluster (UV)* dan *W*.

AVERAGE LINKAGE

Metode pautan rata-rata atau *average linkage* menghitung jarak dua *cluster* sebagai jarak rata rata antar *cluster* perbedaannya yaitu, Dengan d_{ik} merupakan jarak antara objek *i* dalam *cluster (UV)* dan objek *k* dalam *cluster W*. Sedangkan N_{UV} dan N_w berturut-turut merupakan jumlah objek dalam *cluster (UV)* dan (*W*) (Safitri et al., 2021). Perhitungan *average linkage* dituliskan pada persamaan (2)

$$d_{(uv)w} = \frac{\sum_i \sum_k d_{ik}}{N_{UV}N_w} \quad (2)$$

dengan d_{ik} = jarak antar objek *i* dan dalam *cluster (UV)* dan objek *k* dalam *cluster W*, sedangkan $N_{(UV)}$ dan N_w merupakan jumlah objek dalam *cluster (UV)* dan *cluster W*.

Ward's

Metode *Ward* merupakan suatu metode pembentukan *cluster* yang didasari oleh hilangnya informasi akibat penggabungan objek menjadi *cluster*. Hal ini diukur dengan menggunakan jumlah total dari deviasi kuadrat pada mean *cluster* untuk setiap pengamatan. *Error sum of squares (SSE)* digunakan sebagai fungsi objektif. Dua objek akan digabungkan jika mempunyai fungsi objektif terkecil diantara kemungkinan yang ada (Paramadina et al., 2019). Perhitungan *SSE* pada metode *ward* dituliskan pada persamaan (3)

$$SSE = \sum_{j=1}^p \left(\sum_{i=1}^n X_{ij}^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n X_{ij} \right)^2 \right) \quad (3)$$

dengan x_{ij} sebagai nilai untuk objek ke- pada *cluster ke-j*, p merupakan banyaknya variabel yang diukur, dan n adalah banyaknya objek dalam *cluster* yang terbentuk.

METODE

Bagian ini memaparkan langkah-langkah dalam metodologi penelitian, yaitu deskripsi data dan teknik analisis yang digunakan

DESKRIPSI DATA

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistik Jawa Timur. Data yang digunakan merupakan data *cross section* yang berjumlah 38 amatan berupa Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur dengan referensi waktu pada tahun 2023. Data terdiri dari 12 variabel prediktor dengan keterangan variabel tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Simbol	Keterangan Variabel	Satuan
X ₁	Produksi Padi	Ton
X ₂	Rata-rata konsumsi kalori per kapita per hari	Kkal
X ₃	Rata-rata konsumsi protein per kapita per hari	Gram
X ₄	Luas panen padi	Hektar
X ₅	Persentase rumah tangga yang memiliki akses listrik	Persen
X ₆	Rata-rata Pengeluaran Untuk Makanan per Kapita Sebulan	Rupiah
X ₇	Persentase wanita melek huruf	Persen
X ₈	Persentase rumah tangga memiliki sumber air minum layak	Persen
X ₉	Umur harapan hidup saat lahir	Tahun
X ₁₀	Persentase Penduduk miskin	Persen
X ₁₁	Rasio tenaga medis per satuan penduduk (per 1000 penduduk)	Jiwa
X ₁₂	Prevelensi Balita 0-59 bulan tergolong stunting	Persen

TEKNIK ANALISIS

Penelitian ini akan membandingkan pengelompokan kabupaten/kota di Jawa Timur menggunakan metode *Complete linkage*, *Average linkage* dan *Ward's*. Analisis gerombol atau *cluster* adalah metode statistika yang bertujuan untuk menggabungkan objek ke dalam kelompok yang memiliki karakteristik yang mirip dalam satu kelompok dan berbeda antar kelompok lainnya. Objek dalam berada dalam satu kelompok memiliki homogenitas yang lebih besar dan heterogen dengan kelompok yang lain (Rahmawati & Faisal, 2019).

LANGKAH ANALISIS

Langkah-langkah analisis dalam pada penelitian ini yaitu :

1. Eksplorasi Data Awal. Tahap ini meliputi eksplorasi ringkasan data dan sebaran pola data setiap variabel dengan *density plot*. Selain itu, dilakukan analisis korelasi untuk mengevaluasi hubungan antar variabel.
2. Penentuan jumlah *Optimal Cluster* (K) dengan menggunakan metode *Elbow*. *Elbow method* (metode siku) adalah teknik penentuan *cluster* optimal dengan mencari "siku" pada grafik nilai inerti atau *sum of squared distances* yang

dihasilkan oleh algoritma *clustering* terhadap jumlah *cluster* yang berbeda.

3. Penerapan metode pengelompokan dengan *Complete Linkage*, *Average Linkage*, dan *Ward's Linkage*. *Cluster* dibentuk dengan menggunakan perhitungan jarak antar objek sesuai dengan metode yang digunakan.
4. Evaluasi Kinerja Metode dengan Koefisien *Cophenetic*. Koefisien ini digunakan untuk menilai keakuratan hasil *clustering* dari setiap metode. Metode dengan nilai koefisien tertinggi dianggap paling representatif dalam mencerminkan jarak antar objek yang sebenarnya.
5. Interpretasi dan Analisis Hasil *Cluster*. Hasil *cluster* dari metode terbaik dianalisis untuk memahami karakteristik setiap kelompok.
6. Visualisasi peta sebaran hasil *clustering* terbaik

HASIL DAN PEMBAHASAN

EKSPLORASI DATA

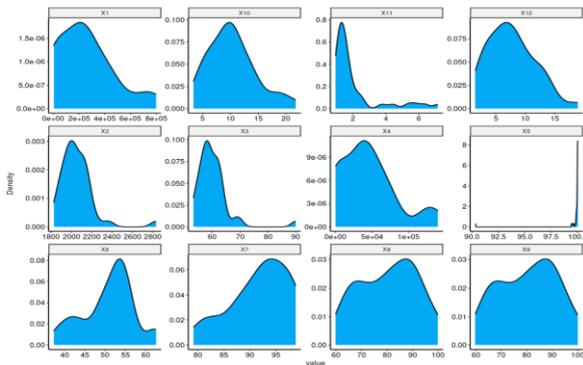
Pada penelitian ini dilakukan eksplorasi secara deskriptif dengan melihat nilai ringkasan data untuk masing-masing variabel.

Tabel 2. Ringkasan data masing masing variabel

Variabel	Minimum	Mean	Maksimum
X ₁	3293	255544	798705
X ₂	1826	2055	2832
X ₃	53,28	60,27	89,94
X ₄	620,5	44686,4	139704,8
X ₅	90,30	99,68	100
X ₆	37,34	50,82	62,52
X ₇	79,13	91,76	98,78
X ₈	59,77	80,49	100
X ₉	59,77	80,49	100
X ₁₀	3,310	10,293	21,760
X ₁₁	0,949	2,105	7,163
X ₁₂	1,50	7,718	18,90

Tabel 2 menunjukan bahwa produksi padi (X1) dan luas panen padi (X4) menunjukkan variasi yang sangat besar dengan nilai minimum 3293 ton hingga maksimum 798705 ton. Hal ini mencerminkan adanya ketimpangan luas lahan pertanian antar wilayah, yang kemungkinan berpengaruh pada produksi pangan lokal dan ketahanan pangan secara keseluruhan. Rata-rata konsumsi kalori (X2) dan protein per kapita per hari (X3) cukup stabil dan berada dalam kisaran kecukupan gizi nasional. Persentase rumah tangga dengan sumber air minum layak (X8) dan umur harapan hidup saat lahir (X9)

menunjukkan indikator kesehatan dan kualitas hidup yang cukup baik. Prevalensi stunting (X12) memiliki rata-rata 7,72%, namun dapat mencapai hingga 18,90% di beberapa wilayah, yang mengindikasikan adanya masalah gizi kronis di beberapa daerah. Rasio tenaga medis per 1000 penduduk (X11) memiliki ketimpangan besar antara nilai minimum sebesar 0,949 dan maksimum sebesar 7,163. Hal ini menunjukkan bahwa akses ke tenaga medis tidak merata, yang dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat dan penanganan masalah gizi seperti stunting. Tahap eksplorasi berikutnya yaitu melihat sebaran data setiap variabel dengan menggunakan *density plot*. *Density plot* untuk masing-masing variabel ditunjukkan pada Gambar 1.

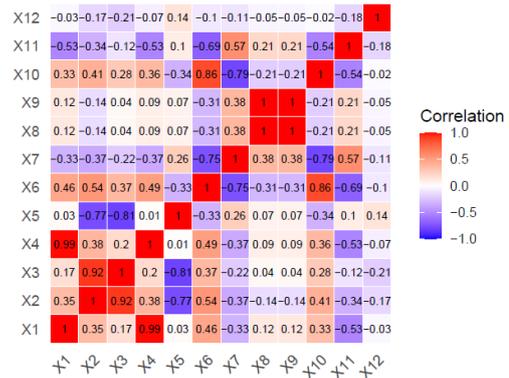


Gambar 1. *Density Plot* masing-masing variabel

Density plot memperlihatkan sebagian besar variabel menunjukkan distribusi yang condong ke nilai tertentu. Variabel seperti produksi padi (X1) dan luas panen padi (X4) cenderung terkonsentrasi pada nilai rendah, menunjukkan ketimpangan antar wilayah. Sebaliknya, variabel seperti akses listrik (X5), persentase wanita melek huruf (X7), dan sumber air minum layak (X8) memiliki distribusi yang sangat tinggi di sebagian besar wilayah, mencerminkan adanya akses yang cukup baik. Konsumsi kalori (X2) dan protein (X3) per kapita menunjukkan distribusi yang lebih merata, meski lebih banyak daerah dengan konsumsi sedang. Variabel kemiskinan (X10) dan rasio tenaga medis (X11) memperlihatkan variasi cukup besar, namun sebagian besar daerah memiliki tingkat kemiskinan yang rendah dan akses tenaga medis yang terbatas. Prevalensi stunting (X12) menunjukkan adanya masalah yang masih cukup signifikan di beberapa daerah.

Eksplorasi terkait pola hubungan atau korelasi antar variabel divisualisasikan pada grafik korelasi antar variabel yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Nilai korelasi antara 12 variabel tersebut, terlihat bahwa produksi padi (X1) memiliki korelasi positif kuat dengan Luas Panen Padi (X4), yang menunjukkan hubungan signifikan antara luas lahan panen dan produksi padi. Rata-rata konsumsi kalori per kapita (X2) dan protein per kapita (X3) juga memiliki korelasi kuat, yang mengindikasikan bahwa konsumsi kalori berbanding lurus dengan konsumsi protein. Akses listrik (X5) dan pengeluaran untuk makanan (X6) juga memperlihatkan korelasi positif yang cukup kuat, menunjukkan bahwa daerah dengan akses listrik lebih tinggi cenderung memiliki pengeluaran makanan lebih tinggi.

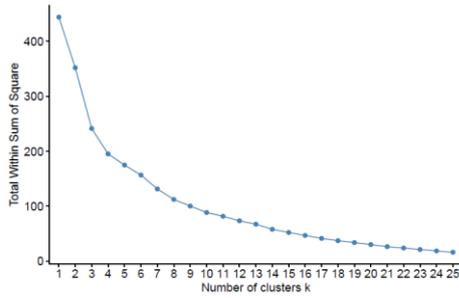


Gambar 2. Korelasi antar variabel

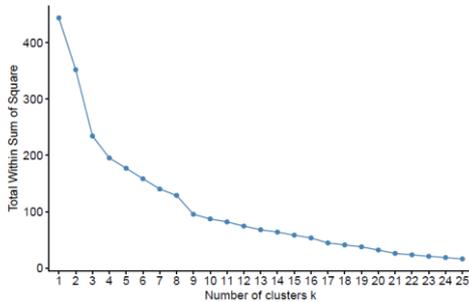
Korelasi negatif ditunjukkan antara penduduk miskin (X10) dan beberapa indikator kesejahteraan seperti umur harapan hidup (X9) dan akses air minum layak (X8) hal ini berarti bahwa kemiskinan berkaitan dengan rendahnya kualitas hidup. Prevalensi Stunting (X12) memiliki korelasi negatif dengan beberapa variabel, termasuk tenaga medis (X11) dan persentase wanita melek huruf (X7), mengindikasikan bahwa daerah dengan tingkat stunting tinggi cenderung memiliki indikator kesehatan dan pendidikan yang rendah.

PENENTUAN JUMLAH CLUSTER (K) OPTIMUM

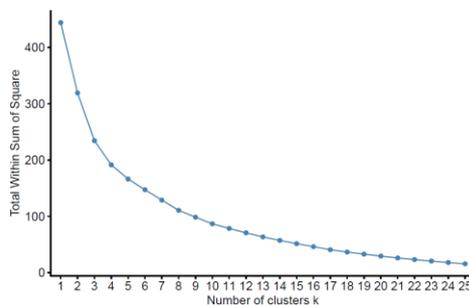
Tahapan awal dalam *clustering* adalah penentuan jumlah *cluster* (k) optimal yang akan digunakan. Dalam penelitian ini dilakukan penentuan optimum *cluster* untuk metode *complete linkage*, *average linkage* dan *ward's*. Penelitian ini menggunakan *Elbow method* untuk menentukan jumlah k optimal. Pada metode *elbow* nilai *Sum of Square Error* (SSE) yang mengalami penurunan signifikan dan berbentuk siku diambil untuk menentukan nilai *cluster* terbaik. Grafik *Elbow*, menunjukkan adanya patahan *gradient* terbesar untuk masing-masing metode berbeda.



Gambar 3. Elbow Complete linkage



Gambar 4. Elbow Average Linkage

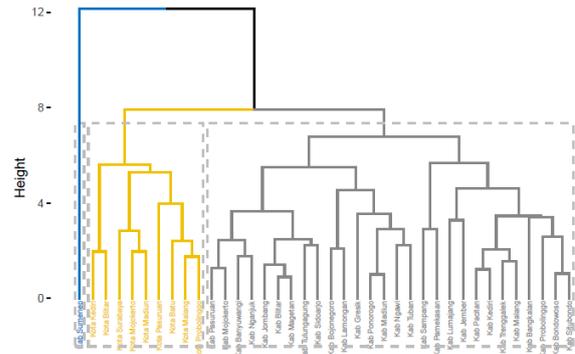


Gambar 5. Elbow Ward

Pada gambar 3 dan 4 yaitu grafik *elbow* pada metode *complete linkage* dan *average linkage* terlihat mengalami penurunan nilai terbesar dari $(k-1)$ pada $k = 3$. Pada titik $k = 3$ grafik mengalami pahatan yang membentuk siku, sehingga dalam hal ini nilai k optimal untuk kedua metode tersebut adalah $k = 3$. Namun pada grafik *elbow* metode *ward* terlihat bahwa $k = 2$ mengalami penurunan terbesar dari $(k-1)$ sehingga nilai k optimal untuk metode *ward* yaitu 2.

CLUSTERING UNTUK MASING-MASING METODE

Jumlah *cluster* optimum untuk masing-masing metode ditetapkan sebagai nilai k pada visualisasi dendrogram hasil analisis *cluster*. Dendrogram ini mengelompokkan setiap kabupaten dan kota ke dalam suatu *cluster* dengan banyaknya *cluster* sesuai dengan jumlah *cluster* optimum yang telah ditentukan sebelumnya. Pada gambar 6 ditampilkan dendrogram metode *complete linkage* yang memiliki jumlah *cluster* sebanyak 3 *cluster*.



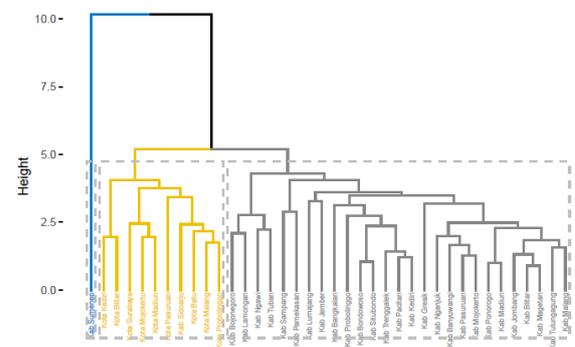
Gambar 6. Dendrogram Complete Linkage

Pada metode *cluster complete linkage*, Nilai rata-rata untuk setiap indikator ketahanan pangan pada setiap *cluster* untuk memudahkan dalam interpretasi hasil *cluster*. Tabel 3 menunjukkan nilai rata-rata untuk setiap *cluster* yang terbentuk pada metode *complete linkage*.

Tabel 3. Nilai Rata-Rata Setiap Cluster pada Complete Linkage

Variabel	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
X_1	336597	217810	7572
X_2	2065	2832	1936
X_3	59,7	89,9	58,7
X_4	58713	42433	1298
X_5	99,9	90,3	100
X_6	53,1	62,4	42,3
X_7	90,2	83,6	97,6
X_8	78,9	78,8	85,8
X_9	78,9	78,8	85,8
X_{10}	11,5	18,7	5,58
X_{11}	1,37	1,38	4,47
X_{12}	7,61	4,20	8,42

Pada gambar 7 ditampilkan dendrogram metode *average linkage* yang memiliki jumlah *cluster* yang sama dengan metode *complete linkage* yaitu sebanyak 3 *cluster*.



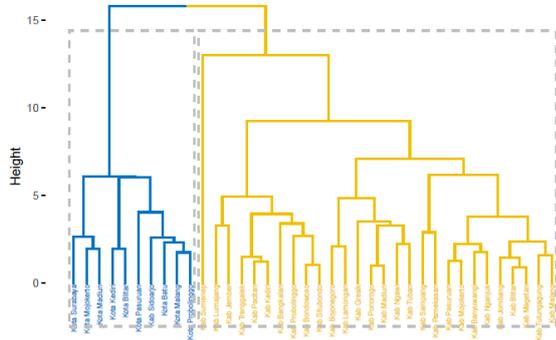
Gambar 7. Dendrogram Average Linkage

Nilai rata-rata untuk setiap indikator ketahanan pangan pada setiap *cluster* dengan metode *average linkage* ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai Rata-Rata untuk Setiap Cluster pada Average Linkage

Variabel	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
X ₁	341809	26400	217810
X ₂	2071	193	2832
X ₃	59,8	58,6	89,9
X ₄	59738	4271	42433
X ₅	99,9	100	90,3
X ₆	53,5	42,3	62,4
X ₇	89,9	97,6	83,6
X ₈	78,5	86,0	78,8
X ₉	78,5	86,0	78,8
X ₁₀	11,7	5,53	18,7
X ₁₁	1,35	4,21	1,38
X ₁₂	7,70	8,11	4,20

Gambar 8 menampilkan dendrogram pengelompokan dengan metode ward's yang memiliki jumlah cluster lebih sedikit dibanding kedua metode sebelumnya, yaitu sebanyak 2 cluster.



Gambar 8. Dendrogram Metode Ward's

Nilai rata-rata untuk setiap indikator ketahanan pangan pada setiap cluster dengan metode ward's ditampilkan pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai Rata-Rata untuk Setiap Cluster pada Metode Ward's

Variabel	Cluster 1	Cluster 2
X ₁	337381	26400
X ₂	2098	1933
X ₃	60,9	58,6
X ₄	59120	4271
X ₅	99,6	100
X ₆	53,9	42,3
X ₇	89,7	97,6
X ₈	78,5	86,0
X ₉	78,5	86,0
X ₁₀	12,0	5,53
X ₁₁	1,35	4,21
X ₁₂	7,58	8,11

EVALUASI METODE CLUSTERING TERBAIK

Nilai korelasi cophenetic berada pada rentang -1 sampai 1, jika hasil uji mendekati 1 maka semakin

baik cluster yang dihasilkan, sehingga dendrogram dianggap baik dalam mempresentasikan struktur data (Septianingsih, 2022).

Tabel 6 Nilai korelasi cophenetic

Metode	Nilai
Complete Linkage	0,791
Average Linkage	0,859
Ward's	0,581

Tabel 6 menampilkan bahwa average linkage memiliki nilai korelasi cophenetic tertinggi yang mendekati 1 yaitu 0,859 atau 85,9% sehingga dapat dikatakan bahwa metode average linkage adalah metode yang paling baik dalam mengelompokkan ketahanan pangan pada kabupaten dan kota di Provinsi Jawa Timur.

INTERPRETASI HASIL

Hasil identifikasi dari cluster yang terbentuk dengan menggunakan metode Average Linkage ditampilkan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengelompokan ketahanan pangan di Jawa Timur metode Average Linkage

Cluster	Wilayah
1	Kab Pacitan, Kab Ponorogo, Kab Trenggalek, Kab Tulungagung, Kab Blitar, Kab Kediri, Kab Malang, Kab Lumajang, Kab Jember, Kab Banyuwangi, Kab Bondowoso, Kab Situbondo, Kab Probolinggo, Kab Pasuruan, Kab Mojokerto, Kab Jombang, Kab Nganjuk, Kab Madiun, Kab Magetan, Kab Ngawi, Kab Bojonegoro, Kab Tuban, Kab Lamongan, Kab Gresik, Kab Bangkalan, Kab Sampang, Kab Pamekasan
2	Kota Kediri, Kota Blitar, Kota Surabaya, Kota Mojokerto, Kota Madiun, Kota Pasuruan, Kota Batu, Kota Malang, Kota Probolinggo, Kab Sidoarjo
3	Kab Sumenep

Cluster 1 dikategorikan sebagai rentan pangan. Cluster ini meliputi wilayah yang lebih luas dan heterogen, dengan kombinasi kabupaten yang memiliki produksi pangan tinggi. Beberapa kabupaten memiliki akses listrik dan air minum layak yang tinggi, prevalensi stunting yang lebih tinggi di beberapa daerah menunjukkan ketidakmerataan dalam distribusi gizi dan layanan kesehatan. Oleh karena itu, wilayah ini secara umum dapat digolongkan sebagai cukup pangan, dengan beberapa wilayah yang berpotensi lebih rawan jika akses layanan tidak diperbaiki

- Rural Southwest Ethiopia. *Food Security*, 11(1), 167–181. <https://doi.org/10.1007/s12571-018-00883-x>
- Mu'afa, S. F., & Ulinnuha, N. (2019). Perbandingan Metode Single Linkage, Complete Linkage Dan Average Linkage Dalam Pengelompokan Kecamatan Berdasarkan Variabel Jenis Ternak Kabupaten Sidoarjo. *Inform: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 4(2). <https://doi.org/10.25139/Inform.V4i2.1696>
- Paramadina, M., Sudarmin, S., & Aidid, M. K. (2019). Perbandingan Analisis Cluster Metode Average Linkage Dan Metode Ward (Kasus: Ipm Provinsi Sulawesi Selatan). *Variansi: Journal Of Statistics And Its Application On Teaching And Research*, 1(2), 22. <https://doi.org/10.35580/Variansium9357>
- Putri, A. M. H. (2023). Kudu Berbenah, Tingkat Kelaparan Ri Masih Urutan 77 Dunia. Cnbc Indonesia Research. <https://www.cnbcindonesia.com/research/20230127075927-128-408649/kudu-berbenah-tingkat-kelaparan-ri-masih-urutan-77-dunia>
- Rahmawati, R., & Faisal, M. (2019). Analisis Cluster Untuk Pengelompokan Desa Berdasarkan Indikator Penyakit Diare. *Saintifik*, 5(1), 75–80. <https://doi.org/10.31605/saintifik.V5i1.202>
- Reinaldi, Y., Ulinnuha, N., & Hafiyusholeh, M. (2021). Comparison Of Single Linkage, Complete Linkage, And Average Linkage Methods On Community Welfare Analysis In Cities And Regencies In East Java. *Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi*, 18(1), 130–140. <https://doi.org/10.20956/J.V18i1.14228>
- Safitri, B. A., Iriany, A., & Wardhani, N. W. S. (2021). Perbandingan Akurasi Peramalan Curah Hujan Dengan Menggunakan Arima, Hybrid Arima-Nn, Dan Ffnn Di Kabupaten Malang. *Seminar Nasional Official Statistics*, 2021(1), 245–253. <https://doi.org/10.34123/Semnasoffstat.V2021i1.853>
- Septianingsih, A. (2022). Pemetaan Kabupaten Kota Di Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Tingkat Kasus Penyakit Menggunakan Pendekatan Agglomeratif Hierarchical Clustering. *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika*, 3(2), 367–386. <https://doi.org/10.46306/Lb.V3i2.139>
- Wahyuningtyas, A. R., Pratiwii, W. P., & Utami, T. W. (2021). Jurnal Litbang Edusaintech (Jle). *Jurnal Litbang ...*, 3(1), 135–140. <http://cbt2olympicad6.unimus.ac.id/index.php/jle/article/download/55/57>
- Yulianto, S., & Hidayatullah, K. H. (2014). Analisis Klaster Untuk Pengelompokan Kabupaten/Kota Di Provinsi Jawa Tengah Berdasarkan Indikator Kesejahteraan Rakyat. *Jurnal Statistika*, 2(1), 56–63.