

Analisis Kluster Hierarki Aglomeratif untuk Mengelompokkan Kabupaten/Kota di Provinsi Papua Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia (IPM)

Olivia Sampe¹, Charles E. Mongi¹, Jullia Titaley^{1*}

¹Jurusan Matematika–Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam–Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia

*Corresponding author : oliviasampe103@student.unsrat.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Papua berdasarkan indikator Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dengan menggunakan metode kluster hierarki aglomeratif. Data diperoleh dari publikasi Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Papua tahun 2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kabupaten/kota di Provinsi Papua dapat dikelompokkan menjadi 4 kluster berdasarkan indikator Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dengan metode terbaik adalah metode *Complete Linkage*. Kluster 1 terdiri dari 5 kabupaten/kota: Merauke, Jayapura, Biak Numfor, Mimika, dan Kota Jayapura. Kluster 2 terdiri dari 8 kabupaten/kota: Jayawijaya, Nabire, Kepulauan Yapen, Boven Digoel, Sarmi, Keerom, Waropen, dan Supiori. Kluster 3 terdiri dari 11 kabupaten/kota: Paniai, Puncak Jaya, Mappi, Asmat, Tolikara, Mamberamo Raya, Lanny Jaya, Mamberamo Tengah, Yalimo, Dogiyai, dan Deiyai. Kluster 4 terdiri dari 5 kabupaten/kota: Yahukimo, Pegunungan Bintang, Nduga, Puncak, dan Intan Jaya.

INFO ARTIKEL

Diterima :

Diterima setelah revisi :

Tersedia online :

Kata Kunci:

Kluster Hierarki
Indeks Pembangunan Manusia
Papua

ABSTRACT

This research aims to group districts/cities in Papua Province based on the Human Development Index (HDI) indicators using the agglomerative hierarchical cluster method. Data obtained from the publication of the Badan Pusat Statistika Papua Province in 2023. The research results show that regencies/cities in Papua Province can be grouped into 4 clusters based on the Human Development Index (HDI) indicator with the best method being the Complete Linkage method. Cluster 1 consists of 5 regencies/cities: Merauke, Jayapura, Biak Numfor, Mimika, and Jayapura City. Cluster 2 consists of 8 regencies/cities: Jayawijaya, Nabire, Kepulauan Yapen, Boven Digoel, Sarmi, Keerom, Waropen, and Supiori. Cluster 3 consists of 11 regencies/cities: Paniai, Puncak Jaya, Mappi, Asmat, Tolikara, Mamberamo Raya, Lanny Jaya, Mamberamo Tengah, Yalimo, Dogiyai, and Deiyai. Cluster 4 consists of 5 regencies/cities: Yahukimo, Pegunungan Bintang, Nduga, Puncak, and Intan Jaya

ARTICLE INFO

Accepted :

Accepted after revision :

Available online :

Keywords:

Hierarchy Cluster
Human Development Index
Papua

1. PENDAHULUAN

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) adalah indikator penting untuk mengukur kesejahteraan masyarakat melalui tiga dimensi utama: kesehatan, pendidikan, dan standar hidup layak. Pada tahun 2023, IPM Indonesia mencapai 74,39, yang termasuk dalam kategori tinggi. Namun, Papua mencatatkan IPM sebesar 63,01, yang menjadikannya provinsi dengan IPM terendah di Indonesia [1].

Papua menghadapi tantangan besar dalam pembangunan manusia, termasuk infrastruktur yang terbatas, akses pendidikan dan kesehatan yang tidak merata, serta kendala geografis. Pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan indikator IPM dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang pola pembangunan manusia, sehingga kebijakan dapat dirancang lebih tepat sasaran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Papua berdasarkan indikator IPM menggunakan metode analisis kluster hierarki aglomeratif. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih jelas mengenai pola

pembangunan manusia di Papua, sehingga dapat menjadi acuan bagi pemerintah dalam merumuskan kebijakan pembangunan yang lebih efektif dan tepat sasaran.

Penelitian terkait analisis kluster telah banyak dilakukan sebelumnya, seperti Analisis *Cluster Terhadap Prestasi Mahasiswa Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi Berdasarkan Nilai Akhir Mata Kuliah Wajib Tahun 2018* [2], Analisis Gerombol untuk Pengelompokan Kabupaten/Kota di Sulawesi Utara Berdasarkan Produksi Hortikultura [3], Penerapan Analisis *Cluster Hierarki* dalam Pengelompokan Kecamatan Berdasarkan Produksi Buah-Buahan di Kabupaten Minahasa Selatan Tahun 2020 [4], dan Pengelompokan Mata Kuliah di Proram Studi Fisika FMIPA UNSRAT Berdasarkan Proses Pembelajaran Menggunakan Analisis Cluster [5].

Indeks Pembangunan Manusia

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) merupakan salah satu cara untuk mengukur keberhasilan kinerja

suatu negara atau wilayah dalam bidang pembangunan manusia. IPM dibentuk melalui tiga dimensi dasar yaitu umur panjang dan sehat, pengetahuan, dan standar hidup layak [1]. Capaian pembangunan manusia di suatu wilayah pada waktu tertentu dapat dikelompokkan ke dalam empat kelompok yaitu:

1. Kelompok “sangat tinggi”: $IPM \geq 80$
2. Kelompok “tinggi”: $70 \leq IPM < 80$
3. Kelompok “sedang”: $60 \leq IPM < 70$
4. Kelompok “rendah”: $IPM < 60$

Umur Harapan Hidup (UHH)

Umur Harapan Hidup (UHH) saat lahir merupakan rata-rata perkiraan banyak tahun yang dapat ditempuh oleh seseorang selama hidup [1]. UHH berkaitan dengan mortalitas atau angka kematian dalam suatu masyarakat dan menjadi salah satu faktor penentu kesejahteraan masyarakat. UHH dapat mencerminkan derajat kesehatan suatu masyarakat.

Harapan Lama Sekolah (HLS)

Harapan lama sekolah (HLS) didefinisikan sebagai lamanya sekolah (dalam tahun) yang diharapkan akan dirasakan oleh anak pada umur tertentu di masa mendatang. Menghitung harapan lama sekolah mencakup pendidikan dari penduduk usia 7 tahun ke atas yang disesuaikan dengan kebijakan wajib belajar yang diterapkan oleh pemerintah. Harapan lama sekolah dapat dirumuskan pada Persamaan (1).

$$HLS_a^t = FK \times \sum_{i=a}^n \frac{E_i^t}{P_i^t} \quad (1)$$

Dimana :

- HLS_a^t : harapan lama sekolah pada umur a di tahun t
- E_i^t : jumlah penduduk usia i yang bersekolah pada tahun t
- P_i^t : jumlah penduduk usia i pada tahun t
- FK : Faktor Koreksi Pesantren
- i : usia ($a, a + 1, \dots, n$)

Untuk memperhitungkan individu yang tidak tercakup dalam Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas), dilakukan koreksi dengan memasukkan data siswa pesantren yang diperoleh dari Direktorat Pendidikan Islam.

Rata-rata Lama Sekolah (RLS)

Rata-rata Lama Sekolah (RLS) mencerminkan total durasi tahun yang dihabiskan oleh penduduk dalam menyelesaikan pendidikan formal. Perhitungan lama sekolah mencakup 6 tahun untuk SD, 9 tahun untuk menyelesaikan SMP, dan 12 tahun untuk menyelesaikan SMA, tanpa memperhittungkan apakah terjadi pengulangan kelas atau tidak. RLS dapat memberikan gambaran tentang kualitas Pendidikan masyarakat di suatu daerah. Rata-rata Lama Sekolah (RLS) dapat dirumuskan pada Persamaan (2).

$$RLS = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

Dimana :

- RLS : rata-rata lama sekolah penduduk usia 25 tahun ke atas
- x_i : lama sekolah penduduk ke- i yang berusia 25 tahun

n : jumlah penduduk usia 25 tahun ke atas

Penduduk yang dihitung dalam RLS adalah mereka yang berusia 25 tahun ke atas, dengan asumsi bahwa pada usia 25 tahun, proses pendidikan telah berakhir. Penghitungan RLS pada kelompok usia 25 tahun ke atas juga mengacu standar internasional yang digunakan oleh UNDP.

Pengeluaran Perkapita (PPP)

Pengeluaran per kapita disesuaikan didapatkan dengan membagi rata-rata pengeluaran per kapita konstan dengan PPP. Rata-rata Pengeluaran per kapita per tahun diperoleh dari data Modul Susenas yang dihitung mulai dari tingkat provinsi hingga tingkat kabupaten/kota. Agar sesuai dengan nilai rill, rata-rata Pengeluaran per kapita dibuat konstan/rill dengan menggunakan taun dasar 2012=100. Dirumuskan pada Persamaan (3)

$$Y^*t = \frac{Y't}{IHK_{(t,2012)}} \times 100 \quad (3)$$

Dimana :

- Y^*t : Rata-rata pengeluaran per kapita konstan pada tahun t
- $Y't$: Rata-rata pengeluaran per kapita per tahun pada tahun t
- $IHK_{(t,2012)}$: IHK tahun t dengan tahun dasar 2012

PPP dihitung menggunakan Metode Rao yang dipertimbangkan 96 komoditas terdiri dari 66 komoditas makanan dan 30 komoditas non makanan. Dirumuskan pada Persamaan (4).

$$PPP_j = \prod_{i=1}^m \left(\frac{p_{ij}}{p_{ik}} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (4)$$

Dengan :

- PPP_j : Paritas daya beli di wilayah j
- P_{ij} : harga komoditi i di kabupaten/kota j
- P_{ik} : harga komoditi i di kabupaten/kota j
- m : Jumlah komoditas

Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk melihat gambaran umum karakteristik untuk masing-masing indikator atau variabel yang digunakan. Analisis deskriptif digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskripsikan, menyederhanakan dan menyajikan data ke dalam bentuk yang teratur supaya mudah dipahamidua jenis kestasioneran, yaitu stasioner kuat dan stasioner lemah [6].

Standarisasi Data

Standarisasi data dilakukan apabila terdapat perbedaan satuan pengukuran. Misalnya ada variabel yang menggunakan satuan tahun, rupiah, orang dan satuan lainnya itu harus dilakukan standarisasi data karena jika tidak itu dapat menyebabkan perhitungan menjadi tidak valid. Standarisasi data dirumuskan dalam Persamaan 5 [7]:

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{s_i} \text{ untuk } i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (5)$$

Dengan :

- Z : nilai standarisasi

- x_i : data ke i
- \bar{x} : rata-rata data
- s_i : standar deviasi

Pemilihan Jarak

Jarak *Euclidean* adalah jarak yang paling umum dan paling sering digunakan dalam analisis kluster [8]. Jarak *Euclidean* antara dua titik dapat terdefiniskan dengan jelas, semakin dekat jarak tiap objek maka semakin mirip objek tersebut. Jarak *Euclidean* antara kluster ke- i dan ke- j dari p peubah dirumuskan pada Persamaan (6) :

$$d_{(x,y)} = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_p - y_p)^2} \quad (6)$$

Atau

$$d_{(i,j)} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (7)$$

Dengan :

- $d_{(i,j)}$: jarak antara objek i dengan objek j
- x_{ik} : nilai objek ke i pada peubah- k
- x_{jk} : nilai objek ke j pada peubah- k
- p : banyaknya peubah yang diamati
- $d_{(x,y)}$: jarak antara objek x dengan objek y

Analisis Kluster

Analisis kluster adalah metode statistika yang digunakan untuk pengelompokan data yang mempunyai banyak variabel dengan tujuan utamanya mengelompokkan objek yang mirip. Analisis kluster dibagi menjadi dua metode, yaitu metode hierarki dan metode non hierarki. Berdasarkan cara mengelompokkannya, metode hierarki dibagi menjadi dua yaitu *agglomerative hierarchical clustering* dan *divisive clustering* [9]. *Agglomerative hierarchical clustering* dibagi menjadi 5 metode yaitu *single linkage*, *complete linkage*, *average linkage*, *centroid*, dan *ward* [10].

Single Linkage

Single linkage didefinisikan sebagai jarak minimum. *Single linkage* merupakan metode analisis *cluster* hierarki dengan cara mengelompokkan objek berdasarkan jarak yang paling dekat terlebih dahulu. Dirumuskan pada Persamaan (8).

$$d_{(uv)w} = \min\{d_{uw}, d_{vw}\} \quad (8)$$

dimana d_{uw} adalah jarak terdekat antara U dan W , sedangkan d_{vw} adalah jarak terdekat antara V dan W

Complete Linkage

Complete linkage didefinisikan sebagai jarak maksimum. *Complete Linkage* merupakan metode analisis *cluster* herarki dengan cara mengelompokkan objek berdasarkan jarak paling jauh atau yang mempunyai kemiripan terkecil antar objek. Dirumuskan pada Persamaan (9).

$$d_{(uv)w} = \max\{d_{uw}, d_{vw}\} \quad (9)$$

dimana d_{uw} adalah jarak terdekat antara U dan W , sedangkan d_{vw} adalah jarak terdekat antara V dan W .

Average Linkage

Average linkage merupakan metode analisis *cluster* herarki dengan cara mengelompokkan objek berdasarkan jarak rata-rata antara semua pasangan objek. Dirumuskan pada Persamaan (10).

$$d_{(uv)w} = \frac{\sum_i \sum_k d_{ik}}{N_{uv}N_w} \quad (10)$$

dimana d_{ik} adalah jarak antar objek i pada *cluster* (UV) dan objek k pada *cluster* W , sedangkan N_{uv} dan N_w adalah banyaknya item pada *cluster* (UV) dan W .

Metode Ward

Metode *Ward* merupakan metode analisis *cluster* herarki yang didasari oleh hilangnya informasi karena penggabungan objek-objek menjadi *cluster*. Metode ini menggunakan perhitungan dengan memaksimumkan homogenitas menggunakan *Error Sum of Squares* (ESS) di dalam satu kelompok. Dirumuskan pada Persamaan (11)

$$ESS = \sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}^2 - \frac{1}{n_j} \left(\sum_{i=1}^{n_j} x_{ij} \right)^2 \right) \quad (11)$$

Dimana:

- X_{ij} : Nilai objek ke- i
- i : 1,2,3, ... pada kelompok ke- j
- K : Jumlah kelompok setiap *stages*
- n_j : Jumlah kelompok ke- i pada kelompok ke- j

Metode Centroid

Centroid adalah metode *clustering* dengan prinsip jarak antar dua *cluster* diukur sebagai jarak *euclidean* antara kedua rata – rata (*centroid cluster*). Jarak antara dua *cluster* dirumuskan pada Persamaan (12) sebagai berikut :

$$d_{(uv)w} = d\{\bar{x}_1, \bar{x}_2\} \quad (12)$$

Centroid cluster baru yang terbentuk dirumuskan pada Persamaan (13) sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{N_1 \bar{x}_1 + N_2 \bar{x}_2}{N_1 + N_2} \quad (13)$$

Dengan:

- N_1 dan N_2 : Banyaknya objek
- \bar{x}_1 dan \bar{x}_2 : Rata-rata pada peubah X

Pseudo-F dan Internal Cluster Dispersion Rate (icdrate)

Jumlah *cluster* atau kelompok optimal ditentukan dengan meninjau nilai statistik *Pseudo – F*. Statistik *Pseudo – F* secara komputasi memberikan hasil terbaik untuk menentukan berapa *cluster* yang optimal [11]. Nilai *Pseudo F-statistics* tertinggi menunjukkan bahwa jumlah kelompok yang digunakan untuk mempartisi data secara optimal, dimana keragaman dalam kelompok sangat homogen sedangkan antar kelompok sangat heterogen. Persamaan (14) merupakan formulasi statistik *Pseudo-F* :

$$Pseudo - F Statistics = \frac{\left(\frac{R^2}{c-1} \right)}{\left(\frac{1-R^2}{n-c} \right)} \quad (14)$$

Dengan,

$$R^2 = \frac{SST - SSW}{SST} \quad (15)$$

$$SST = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^p (x_{ijk} - \bar{x}_j)^2 \quad (16)$$

$$SSW = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^p (x_{ijk} - \bar{x}_{jk})^2 \quad (17)$$

R^2 adalah koefisien determinasi yang menunjukkan kontribusi dari variabel-variabel, SST adalah total jumlah dari kuadrat jarak terhadap rata-rata keseluruhan, SSW adalah total jumlah dari kuadrat jarak sampel terhadap rata-rata kelompoknya, n adalah banyaknya sampel, c adalah banyaknya variabel, p banyaknya kelompok, x_{ijk} adalah sampel ke- i pada variabel ke- j kelompok ke- k , \bar{x}_j adalah rata-rata seluruh

Analisis Kluster Hierarki Aglomeratif untuk Mengelompokkan Kabupaten/Kota di Provinsi Papua Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia (IPM)

d'Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasi, Vol. 14, No. 1, (Maret 2025): 72-78

sampel pada variabel ke- j , \bar{x}_{jk} adalah rata-rata sampel pada variabel ke- j dan kelompok ke- k .

Salah satu metode yang digunakan untuk memilih metode kluster terbaik adalah menghitung rata-rata persebaran *Internal Cluster Dispersion Rate (icdrate)* terhadap partisi keseluruhan. *Icdrate (internal cluster dispersion)* menggambarkan tingkat dispersi atau perbedaan dalam kluster. Semakin kecil nilai *icdrate* maka semakin baik hasil pengelompokannya [12]. Persamaan (18) merupakan formulasi statistik *internal cluster dispersion (icdrate)*.

$$icdrate = 1 - \frac{SSB}{SST} = 1 - \frac{SST - SSW}{SST} = 1 - R^2 \quad (18)$$

2. METODE PENELITIAN

Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari buku Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Papua 2023 yang dipublikasikan oleh Badan Pusat Statistika Provinsi Papua. Data yang diambil merupakan data tahun 2023 Provinsi Papua sebelum pemekaran.

Objek dan Variabel Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah 28 kabupaten dan 1 kota yang ada di Provinsi Papua yaitu : Merauke, Jayawijaya, Jayapura, Nabire, Kepulauan Yapen, Biak Numfor, Paniai, Puncak Jaya, Mimika, Boven Digoel, Mappi, Asmat, Yahukimo, Pegunungan Bintang, Tolikara, Sarmi, Keerom, Waropen, Supiori, Mamberamo Raya, Nduga, Lanny Jaya, Mamberamo Tengah, Yalimo, Puncak, Dogiyai, Intan Jaya, Deiyai, dan Kota Jayapura.

Variabel dalam penelitian ini menggunakan empat variabel utama yang merepresentasikan tiga dimensi Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Keempat variabel ini dipilih karena merupakan indikator resmi IPM yang mencakup tiga dimensi utama pembangunan manusia. Empat variabel tersebut disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Indikator	Variabel	Keterangan	Satuan
Umur panjang dan hidup sehat	X ₁	Umur Harapan Hidup (UHH)	Tahun
Pendidikan	X ₂	Harapan Lama Sekolah (HLS)	Tahun
	X ₃	Rata-rata Lama Sekolah (RLS)	Tahun
Standar hidup layak	X ₄	Pengeluaran Perkapita (PPP)	Ribu Rupiah

Metode Analisis Data

Metode analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis kluster hierarki aglomeratif dimana terdapat 5 metode yang digunakan diantaranya *single linkage*, *complete linkage*, *average linkage*, metode *ward* dan metode *centroid*. Tahapan analisis data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data yang akan digunakan dalam penelitian.

2. Mendeskripsikan variabel-variabel yang merupakan indikator IPM dengan analisis deskriptif yang disajikan dengan nilai rata-rata, nilai minimum, dan nilai maksimum.
3. Melakukan standarisasi pada data.
4. Melakukan pengukuran jarak. Ukuran jarak yang digunakan pada penelitian ini adalah ukuran jarak *Euclidean*.
5. Melakukan analisis kluster hierarki menggunakan metode *single linkage*, *complete linkage*, *average linkage*, metode *ward*, dan metode *centroid* dengan jumlah kluster pada tiap metode sebanyak 2 hingga 6 kluster.
6. Menentukan jumlah kluster optimal pada setiap metode dengan cara menghitung nilai *Pseudo - F*.
7. Membandingkan kelima metode dan menentukan metode terbaik dengan menghitung nilai *icdrate*.
8. Melakukan identifikasi karakteristik masing-masing kluster berdasarkan metode terbaik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Deskriptif

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh informasi jika variabel X₁ memiliki nilai minimum dan maksimum sebesar 63.88 dan 71.83. Variabel X₂ memiliki nilai minimum dan maksimum sebesar 4.33 dan 15.26. Selain itu, ada variabel X₃ dengan nilai minimum dan maksimum sebesar 1.71 dan 11.84. Sedangkan variabel X₄ memiliki nilai minimum dan maksimum sebesar 4.352 dan 15.272.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Indikator Indeks Pembangunan Manusia (IPM)

Variabel	Rata-rata	Maksimum	Minimum
X ₁ (Tahun)	68.49	71.83	63.88
X ₂ (Tahun)	10.80	15.26	4.33
X ₃ (Tahun)	6.54	11.84	1.71
X ₄ (Rp)	7346	15272	4352

Standarisasi Data

Berdasarkan data yang digunakan dalam penelitian ini, variabel-variabelnya memiliki satuan yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan standarisasi data dengan menggunakan Persamaan (5). Hasil standarisasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Standarisasi Data

	UHH (X ₁)	HLS (X ₂)	RLS (X ₃)	PPP (X ₄)
1	1.32767	1.32314	0.88069	1.32178
2	0.62041	0.73597	-0.1802	0.31604
3	0.83068	1.36276	1.22784	1.29225
4	0.63475	0.66393	1.23108	0.79093
5	1.06484	0.72517	1.02669	0.28961
6	1.07917	1.23308	1.29922	1.12048
7	0.47705	-0.09614	-0.5663	-0.1433

8	-0.3449	-1.18402	-0.748	-0.6275
9	2.07315	0.7792	1.27651	1.83826
10	0.1951	0.22806	0.88069	0.40814
11	-1.0808	0.08757	0.13448	-0.2039
12	-0.3114	-0.39513	-0.31	-0.5008
13	-0.99	-0.9931	-0.7123	-0.7752
14	-1.2242	-1.44698	-1.027	-0.5817
15	-0.6985	-0.64008	-0.9264	-0.7573
16	0.56785	0.55226	0.91638	-0.0551
17	0.59174	0.59909	0.66007	0.85466
18	0.50094	0.73597	0.9326	-0.0042
19	0.41971	0.86205	0.86447	-0.4223
20	0.12342	0.37215	-0.0829	-0.8708
21	-2.2038	-2.32953	-1.5656	-1.1634
22	-0.6221	-0.55002	-0.9167	-1.0084
23	0.20944	-0.42395	-0.9427	-0.968
24	-1.2146	-0.40954	-1.0368	-0.9058
25	-0.8228	-1.87564	-1.4099	-0.5327
26	-0.9566	-0.06372	-0.5079	-0.4523
27	-0.8658	-1.11918	-1.0595	-0.4686
28	-0.9422	-0.34109	-1.0595	-0.8712
29	1.56182	1.60771	1.72099	3.08028

Analisis Kluster Hierarki

Proses pengklusteran pada penelitian ini dilakukan dengan mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Papua berdasarkan indikator Indeks Pembangunan Manusia (IPM) menggunakan metode *single linkage*, *complete linkage*, *average linkage*, metode *ward* dan metode *centroid*. Jarak tiap objek dihitung dengan jarak *Euclidean* menggunakan Persamaan (7).

Selanjutnya menentukan jumlah pengelompokkan dalam metode hierarki ini menggunakan perkiraan jumlah kluster 2 sampai dengan 6 kluster dan penentuan banyaknya kluster yang paling optimal dari masing-masing metode akan dilihat berdasarkan nilai *Pseudo-F* yang terbesar dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Pseudo-F Masing-masing Metode Kluster

Banyak Kluster	Single	Complete	Average	Ward	Centroid
2	5.203799	21.02563	55.74908	55.74908	5.203799
3	5.139615	22.33402	36.52283	42.79152	5.139615
4	5.033609	43.02226	31.60335	42.85875	31.603345
5	27.6346	37.46415	32.72309	37.86832	27.6346
6	23.010891	34.95157	34.82503	36.72898	24.478077

Berdasarkan Tabel 4, nilai *pseudo-f* tertinggi untuk metode *Single Linkage* sebesar 27.6346, dengan jumlah kluster optimal terpilih yaitu sebanyak 5 kluster. Nilai *pseudo-f* tertinggi untuk metode *Complete Linkage*

sebesar 43.02226, dengan jumlah kluster optimal terpilih yaitu sebanyak 4 kluster. Nilai *pseudo-f* tertinggi untuk metode *Average Linkage* sebesar 55.74908, dengan jumlah kluster optimal terpilih yaitu sebanyak 2 kluster. Nilai *pseudo-f* tertinggi untuk metode *Ward* sebesar 55.74908, dengan jumlah kluster optimal terpilih yaitu sebanyak 2 kluster. Dan untuk nilai *pseudo-f* tertinggi untuk metode *Centroid* sebesar 31.603345, dengan jumlah kluster optimal terpilih yaitu sebanyak 4 kluster.

Pemilihan Metode Terbaik

Metode terbaik terpilih berdasarkan nilai *icdrate* yang didapatkan. Dari informasi yang tercantum dalam Tabel 5, dapat dilihat bahwa metode terbaik untuk mengelompokkan data adalah metode *complete linkage* dengan jumlah kelompok optimal 4 karena memiliki nilai *icdrate* terkecil dengan nilai sebesar 0.1622673 dan nilai koefisien determinasi (R^2) terbesar yaitu 0.8377327.

Tabel 5. Nilai R^2 dan *icdrate* Masing-masing Metode Kluster

Metode Kluster	Banyak Kluster	R^2	<i>icdrate</i>
Single Linkage	5	0.8216123	0.1783877
Complete Linkage	4	0.8377327	0.1622673
Average Linkage	2	0.6737124	0.3262876
Metode Ward	2	0.6737124	0.3262876
Metode Centroid	4	0.7913363	0.2086637

Complete Linkage

Informasi mengenai pengelompokan kabupaten/kota dengan mengaplikasikan metode *complete linkage* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Klusterisasi Kabupaten/kota

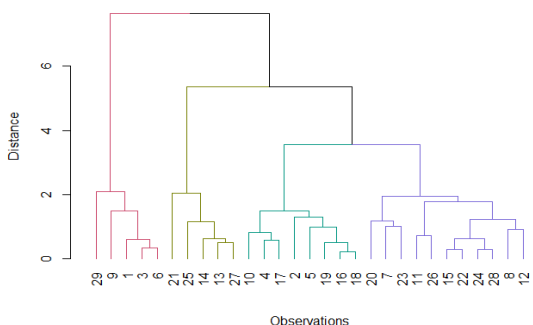
Kabupaten/Kota	Kluster	Kabupaten/Kota	Kluster
Merauke	1	Mappi	3
Jayapura	1	Asmat	3
Biak Numfor	1	Tolikara	3
Mimika	1	Mamberamo Raya	3
Kota Jayapura	1	Lanny Jaya	3
Jayawijaya	2	Mamberamo Tengah	3
Nabire	2	Yalimo	3
Kepulauan Yapen	2	Dogiyai	3
Boven Digoel	2	Deiyai	3
Sarmi	2	Yahukimo	4
Keerom	2	Pegunungan Bintang	4
Waropen	2	Nduga	4
Supiori	2	Puncak	4
Paniai	3	Intan Jaya	4
Puncak Jaya	3		

Berdasarkan informasi yang terdapat pada Tabel 6, terlihat bahwa kabupaten/kota di Provinsi Papua telah dikelompokkan berdasarkan indikator indeks pembangunan manusia (IPM) menjadi 4 kluster. Kluster 1 terdiri dari 5 anggota yaitu : Merauke, Jayapura, Biak Numfor, Mimika, Kota Jayapura. Kluster 2 terdiri dari 8 anggota yaitu : Jayawijaya, Nabire, Kepulauan Yapen, Boven Digoel, Sarmi, Keerom, Waropen, Supiori. Kluster 3 terdiri dari 11 anggota yaitu : Paniai, Puncak Jaya, Mappi, Asmat, Tolikara, Mamberamo Raya, Lanny Jaya, Mamberamo Tengah, Yalimo, Dogiyai, Deiyai. Kluster 4

Analisis Kluster Hierarki Aglomeratif untuk Mengelompokkan Kabupaten/Kota di Provinsi Papua Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia (IPM)

d'Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasi, Vol. 14, No. 1, (Maret 2025): 72-78

terdiri dari 5 anggota yaitu : Yahukimo, Pegunungan Bintang, Nduga, Puncak, Intan Jaya. Selanjutnya untuk visualisasi pengelompokan kabupaten/kota menggunakan dendrogram dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Dendrogram Analisis Kluster Hierarki Metode Complete Linkage

Interpretasi Kluster

Tabel 7. Nilai Rata-rata Kluster

Variabel	Kluster 1	Kluster 2	Kluster 3	Kluster 4
Umur Harapan Hidup (X_1)	71.368	69.6938	67.4718	65.936
Harapan Lama Sekolah (X_2)	14.298	12.5675	9.87727	6.486
Rata-rata Lama Sekolah (X_3)	10.484	8.975	4.58455	2.976
Pengeluaran Perkapita (X_4)	11799	8046.25	5635.91	5533.4

Berdasarkan nilai rata-rata kluster pada Tabel 7, dapat disimpulkan bahwa kluster 1 memiliki rata-rata yang tinggi untuk setiap variabel, mengindikasikan kategori tinggi. Kluster 2 dengan nilai rata-rata yang sedang/cukup, diklasifikasikan sebagai kategori sedang/cukup. Kluster 3 dengan nilai rata-rata yang rendah, diklasifikasikan sebagai kategori rendah. Kluster 4 dengan nilai rata-rata terendah di setiap variabelnya sehingga diklasifikasikan sebagai kelompok dengan kategori sangat rendah. Sehingga interpretasi kluster adalah sebagai berikut :

1. Kluster 1 (Tinggi): anggota kluster ini adalah Merauke, Jayapura, Biak Numfor, Mimika, dan Kota Jayapura. Kabupaten/kota di kluster ini menunjukkan kualitas hidup yang lebih baik dibandingkan daerah lainnya di Papua. Daerah-daerah ini memiliki perekonomian yang lebih kuat, dengan basis industri, perdagangan, dan jasa yang maju, seperti pertambangan di Mimika yang berkontribusi besar terhadap peningkatan pendapatan per kapita. Infrastruktur di wilayah ini juga lebih memadai, dengan akses yang lebih baik ke fasilitas publik seperti sekolah dan rumah sakit. Hal ini menjadikan layanan pendidikan dan kesehatan lebih berkualitas, serta didukung oleh program pemerintah yang intensif, yang mempercepat pembangunan dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

2. Kluster 2 (Sedang/cukup): anggota kluster ini adalah Jayawijaya, Nabire, Kepulauan Yapen, Boven Digoel, Sarimi, Keerom, Waropen, dan Supiori. Daerah-daerah ini menunjukkan perkembangan yang cukup baik, tetapi masih menghadapi beberapa kendala. Infrastruktur seperti jalan, listrik, dan air bersih sudah mulai berkembang, namun belum merata di semua wilayah, sehingga akses ke layanan dasar tidak selalu optimal. Fasilitas pendidikan dan kesehatan sudah tersedia dan berfungsi, tetapi kualitasnya perlu ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat secara lebih luas. Program pembangunan pemerintah telah mulai berdampak, namun upaya lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan mempercepat peningkatan indikator IPM.
3. Kluster 3 (Rendah): anggota kluster ini adalah Paniai, Puncak Jaya, Mappi, Asmat, Tolikara, Mamberamo Raya, Lanny Jaya, Mamberamo Tengah, Yalimo, Dogiyai, dan Deiyai. Ekonomi di wilayah ini masih didominasi oleh sektor subsisten seperti pertanian tradisional dan perikanan dengan produktivitas yang rendah. Minimnya investasi di sektor industri menyebabkan pendapatan per kapita di daerah ini tetap rendah. Infrastruktur juga masih sangat terbatas, terutama di wilayah pedalaman, sehingga akses terhadap layanan dasar seperti pendidikan dan kesehatan sulit didapatkan. Fasilitas pendidikan dan kesehatan yang ada sering kali kurang memadai, yang berdampak pada rendahnya HLS, RLS, dan UHH. Program pembangunan yang dilakukan pemerintah belum cukup signifikan untuk mengatasi masalah-masalah utama, seperti keterbatasan infrastruktur dan isolasi geografis. Daerah-daerah ini memerlukan perhatian khusus untuk meningkatkan berbagai aspek pembangunan.
4. Kluster 4 (Sangat Rendah): anggota kluster ini adalah Yahukimo, Pegunungan Bintang, Nduga, Puncak, dan Intan Jaya. Wilayah-wilayah ini terletak di daerah yang sangat terpencil, terutama di pegunungan, dengan akses transportasi yang sulit dijangkau, baik melalui darat maupun udara. Kondisi ini membatasi akses terhadap layanan dasar seperti pendidikan, kesehatan, dan ekonomi. Infrastruktur di daerah ini sangat tertinggal dibandingkan wilayah lain di Papua, dengan akses jalan, listrik, dan telekomunikasi yang susah di beberapa wilayah. Meskipun ada upaya dari pemerintah, wilayah-wilayah ini membutuhkan intervensi yang lebih signifikan dan berkelanjutan untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakatnya.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, penelitian ini menyimpulkan bahwa kabupaten/kota di Provinsi Papua dapat dikelompokkan menjadi 4 klaster berdasarkan indikator Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dengan metode *Complete Linkage* sebagai metode terbaik. Klaster 1 (Tinggi) terdiri dari 5 kabupaten/kota: Merauke, Jayapura, Biak Numfor, Mimika, dan Kota Jayapura. Klaster 2 (Sedang) terdiri dari 8 kabupaten/kota: Jayawijaya, Nabire, Kepulauan Yapen, Boven Digoel, Sarmi, Keerom, Waropen, dan Supiori. Klaster 3 (Rendah) terdiri dari 11 kabupaten/kota: Paniai, Puncak Jaya, Mappi, Asmat, Tolikara, Mamberamo Raya, Lanny Jaya, Mamberamo Tengah, Yalimo, Dogiyai, dan Deiyai. Klaster 4 (Sangat Rendah) terdiri dari 5 kabupaten/kota: Yahukimo, Pegunungan Bintang, Nduga, Puncak, dan Intan Jaya.

Saran

Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi perhatian pemerintah atau instansi terkait untuk meningkatkan pembangunan di daerah-daerah dengan klaster IPM rendah dan sangat rendah dengan memperbaiki akses pendidikan, layanan kesehatan, dan bidang ekonomi.

REFERENSI

- [1] Badan Pusat Statistik. 2024. Indeks Pembangunan Manusia 2023. Katalog: 4102002. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- [2] Alfrina, A., Hatidja, D., & Titaley, J. 2019. Analisis *Cluster* Terhadap Prestasi Mahasiswa Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi Berdasarkan Nilai Akhir Mata Kuliah Wajib Tahun 2018. *d'Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasi*. **8(1)**:36-44.
- [3] Damayanti, E., Prang, J. D., & Mongi, C. E. 2019. Analisis Gerombol Untuk Pengelompokan Kabupaten/Kota di Sulawesi Utara Berdasarkan Produksi Hortikultura. *d'Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasi*. **8(2)**:92-99.
- [4] Rompas, G. M., Paendong, M., & Salaki, D. T. 2023. Penerapan Analisis *Cluster* Hierarki Dalam Pengelompokan Kecamatan Berdasarkan Produksi Buah-buahan di Kabupaten Minahasa Selatan. *d'Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasi*. **12(2)**:41-44.
- [5] Hatidja, D., Momuat, L. I., & Moni, C. E. 2018. Pengelompokan Mata Kuliah di Proram Studi Fisika FMIPA UNSRAT Berdasarkan Proses Pembelajaran Menggunakan Analisis Cluster. *Jurnal Ilmiah Sains*. **18(2)**:107-112.
- [6] Gulla, A. M., Komalig, H. A. H., dan Salaki, D. T. 2023. Analisis Gerombol Untuk Pengelompokan Program Studi di Fmipa Unsrat Berdasarkan Keadaan Orang Tua. *d'Cartesian; Jurnal Matematika dan Aplikasi*. **12(2)**:62-66.
- [7] Mattjik, A.A., dan I.M. Sumertajaya. 2011. Sidik Peubah Ganda dengan Menggunakan SAS. Departemen Statistika FMIPA IPB, Bogor.

- [8] Mongi, C. E. 2015. Penggunaan Analisis *Two Step Clustering* untuk Data Campuran. *d'Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasi*. **4(1)**:9-19.
- [9] Nafisah, Q., dan Chandra, E. N. 2017. Analisis *Cluster Average Linkage* Berdasarkan Faktor-Faktor Kemiskinan di Provinsi Jawa Timur. *Zeta – Math Journal*. **3(2)**:31-32.
- [10] Johnson, A. R., dan Wichern, W. 2014. *Applied Multivariat Statistical Analysis*. Edisi ke-6. Pearson Education, USA.
- [11] Al Farizi, M. F., Harianto, F., Dewanti, M. S., Siburian, C. A., Mardianto, M. F. F., Amelia, D., & Ana, E. 2023. Pengelompokan Daerah di Jawa Timur Berbasis Indikator Kesejahteraan Masyarakat dengan Pendekatan Analisis *Cluster* Hierarki dan *Nonhierarki*. *Inferensi*. **6(2)**:141-151.
- [12] Fitriana, I. N. L. 2021. Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Indikator Keluarga Sehat Menggunakan Metode Klaster Hirarki dan Non Hirarki. *Jurnal Paradigma: Jurnal Multidisipliner Mahasiswa Pascasarjana Indonesia*. **2(1)**.
- [13] Badan Pusat Statistik Provinsi Papua. 2024. Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Papua 2023. Katalog: 4102002.94. BPS Provinsi Papua

Olivia Sampe (oliviasampe103@student.unsrat.ac.id)



Lahir di Timika, Papua pada tanggal 17 Agustus 2001. Menempuh pendidikan tinggi Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Sam Ratulangi Manado. Makalah ini merupakan hasil penelitian skripsinya yang dipublikasikan.

Charles E. Mongi (mongicharles@unsrat.ac.id)



Lahir di Tondano, Minahasa pada tanggal 4 Januari 1984. Pada tahun 2006 memperoleh gelar sarjana pada program studi Matematika, Universitas Sam Ratulangi Manado, gelar Magister Sains diperoleh dari Institut Pertanian Bogor pada tahun 2014. Dan menjadi dosen di Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sam Ratulangi Manado Pada tahun 2008 sampai sekarang.

Jullia Titaley (july_titaley@unsrat.ac.id)



Pada tahun 1997, memperoleh gelar sarjana di Program Studi Matematika, Universitas Pattimura Ambon. Gelar Magister Sains diperoleh dari Universitas Gajah Mada pada tahun 2001. Menjadi dosen di Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Sam Ratulangi Manado sejak tahun 2002 sampai sekarang dengan bidang keahlian yang ditekuni diantaranya; Analisis, Aljabar, dan Geometri.