

Analisis Cluster Kondisi Keterampilan, Akses dan Fasilitas Teknologi Informasi dan Komunikasi di Indonesia

Rahmawatin^{1*}, Noverlina Putri Permatasari², Arie Wahyu Wijayanto³, Waris Marsisno⁴

Badan Pusat Statistik Kota Metro^{1,2}

Jl.A.R.Prawiranegara. Kota Metro, Lampung. 34111

Politeknik Statistika STIS^{3,4}

Jl. Otto Iskandardinata No.64C. Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13330

rahmawatin@bps.go.id

(Naskah masuk: 16 Agustus 2023; diterima untuk diterbitkan: 23 Januari 2024)

ABSTRAK – Pandemi Covid-19 mendorong transformasi digital berlangsung lebih cepat dan mengharuskan pemerataan pembangunan infrastruktur pendukungnya. Keterampilan, akses dan fasilitas teknologi informasi dan komunikasi sebagai infrastruktur pendukung transformasi digital di Indonesia masih mengalami ketimpangan antar wilayah. Untuk mencapai pemerataan dalam transformasi digital pada setiap daerah, pemerintah perlu melakukan pemetaan dan mengidentifikasi wilayah berdasarkan tingkat kematangannya dalam proses transformasi digital dengan tujuan agar penyediaan fasilitas teknologi informasi dan komunikasi dapat difokuskan pada kelompok wilayah yang memiliki tingkat kematangan rendah. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memetakan wilayah berdasarkan kondisi kematangan aspek teknologi, informasi dan komunikasinya adalah metode clustering. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan pengelompokan provinsi-provinsi di Indonesia berdasarkan karakteristik teknologi, informasi dan komunikasi dengan menggunakan Metode Partitioning dan Hierarchical Clustering dan menganalisis karakteristik pada setiap kelompok wilayah. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengelompokan wilayah dengan karakteristik teknologi, informasi dan komunikasi pada provinsi di Indonesia lebih baik menggunakan metode Hierarchical Clustering, dengan jumlah kluster 3. Provinsi yang termasuk pada kluster 3 memiliki karakteristik teknologi, informasi dan komunikasi paling rendah di semua aspek, sehingga pemerintah perlu fokus pada pengembangan akses dan infrastruktur teknologi informasi dan komunikasi serta kualitas sumber daya manusia di wilayah tersebut.

Kata kunci : Analisis Kluster, Partitioning Clustering, Hierarchical Clustering, K-Means Clustering

Cluster Analysis Conditions of Access, Facilities, and Information and Computer Technology Skills in Indonesia

ABSTRACT - The onset of the Covid-19 pandemic has become a catalyst for expediting digital transformation processes, necessitating the creation of a more balanced and inclusive infrastructure. Despite efforts, there remains a notable disparity in the availability of skills, access, and ICT facilities across different regions of Indonesia, hindering the nation's pursuit of digital equity. To redress this imbalance, it is imperative for the government to conduct a comprehensive mapping exercise to delineate regions based on their respective stages of digital maturity. This strategic approach would enable targeted allocation of information and communication technology resources to areas with lower maturity levels, fostering more equitable development. Employing clustering methodologies emerges as a viable strategy to categorize regions based on their technological, informational, and communicative attributes. Consequently, this study endeavors to employ Partitioning and Hierarchical Clustering Methods to cluster Indonesian provinces, examining the unique characteristics of each regional grouping. Findings suggest that Hierarchical Clustering, with a cluster size of three, offers a more nuanced understanding of technological, informational, and communicative landscapes within Indonesian provinces. Notably, provinces clustered within group 3 exhibit the most pronounced deficiencies across all these dimensions, underscoring the urgent need for targeted interventions to bolster their digital capacities.

Keyword: Cluster Analysis, K-Means cluster, Partitioning Clustering, Hierarchical Clustering, K-Means Clustering

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir inovasi dalam Teknologi Informasi (TI) dan perangkat digital telah berkembang menuju era baru transformasi digital, yang berorientasi pada proses perubahan masyarakat modern berdasarkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) [1][2]. Digitalisasi dan transformasi digital merupakan topik yang sering dibahas pada era industri 4.0 saat ini, yang merupakan kelanjutan dari revolusi sebelumnya dengan menggabungkan sistem serta teknologi informasi dan *Internet of Thing* (IoT) ke bidang industri[3]. Transformasi digital memiliki potensi untuk mendukung keberhasilan *Sustainable Development Goals* (SDGs), dengan mendigitalisasi proses pengolahan informasi secara efisien. Transformasi digital juga mendukung penyelenggaraan pemerintah, proses produksi dan

memperluas pasar[4][5]. Salah satu faktor yang mempengaruhi transformasi digital adalah ketersediaan jaringan internet.

Bila dibandingkan dengan negara lain, kecepatan internet Indonesia dari data Speedtest Global Index [6] berada di posisi 120 dari 179 negara, dan posisi 103 dari 138 negara untuk kecepatan jaringan seluler. Salah satu faktor yang menyebabkan posisi Indonesia masih tertinggal dengan negara lain adalah kondisi geografis Indonesia yang luas dan beragam. Kondisi tersebut juga menjadi tantangan dalam mewujudkan pemerataan pembangunan daerah, khususnya dalam bidang teknologi informasi dan telekomunikasi. Tabel 1 menunjukkan ketimpangan kondisi infrastruktur TIK antar pulau di Indonesia. Provinsi - provinsi yang berada di Pulau Jawa dan Bali memiliki nilai diatas rata rata nasional, sebaliknya Provinsi di Pulau Papua berada di posisi paling rendah pada semua aspek.

Tabel 1. Kondisi Keterampilan, Akses dan Fasilitas Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) menurut pulau di Indonesia, 2021

Provinsi	Persentase Keterampilan TIK penduduk usia 15-24 Tahun(persen)	Persentase Ruta yang mengakses Internet (persen)	Persentase Desa/Kelurahan yang memiliki Menara BTS (persen)	Persentase Ruta yang memiliki telepon seluler (persen)	Persentase Ruta yang memiliki computer (persen)
Sumatera	91.47	82.54	55.38	93.78	18.57
Jawa	95.90	86.10	71.73	91.02	22.91
Kalimantan	92.40	84.06	45.85	93.76	21.85
Sulawesi	89.68	79.75	38.78	92.58	18.10
Bali	97.23	87.8	80.31	94.1	25
Nusa Tenggara	81.88	71.03	56.01	87.60	12.99
Maluku	73.94	73.16	41.50	91.31	18.91
Papua	54.61	54.67	16.35	73.97	15.60
Nasional	91.83	82.07	46.59	90.54	18.24

Konsep pembangunan inklusif dirancang untuk mewujudkan pemerataan pembangunan dengan cara menciptakan akses dan kesempatan yang luas bagi seluruh lapisan masyarakat serta mengurangi kesenjangan antar kelompok dan wilayah. Hal itu sejalan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) untuk menjaga kesejahteraan ekonomi dan sosial masyarakat secara berkesinambungan serta pembangunan yang inklusif. Slogan SDGs "*Leave No One Behind*" merupakan tujuan dari pembangunan berkelanjutan yang ingin dicapai pada 2030, namun 5 tahun setelah penetapan tujuan SDGs harus menghadapi pandemi Covid - 19 yang dapat memperlambat pencapaian tersebut.

Sejalan dengan itu, negara G20 yang bertujuan untuk mewujudkan pertumbuhan global yang kuat, berkelanjutan, seimbang, dan inklusif mengadakan pertemuan negara G20 yang mengangkat tema

"*Recover Together, Recover Stronger*". Tiga isu utama yang diusung dalam Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) G20 2022 yaitu Transisi Energi yang Berkelanjutan, Transformasi Digital dan Arsitektur Kesehatan Global [7].

Isu transformasi digital menjadi isu utama yang dibahas saat ini, khususnya ketika ruang gerak dibatasi akibat pandemi Covid-19. Hal tersebut membuat proses transformasi digital dipercepat pada semua sektor, sehingga keberadaan fasilitas penunjang dan kemampuan sumber daya manusia yang mumpuni diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tersebut [8][9].

Untuk mencapai pemerataan dalam transformasi digital pada setiap daerah, pemerintah perlu melakukan pemetaan dan mengidentifikasi wilayah berdasarkan tingkat kematangannya dalam proses transformasi digital. Pemetaan tersebut bertujuan

agar penyediaan fasilitas teknologi informasi dan komunikasi dapat difokuskan pada kelompok wilayah yang memiliki tingkat kematangan rendah. Dengan melakukan pemetaan wilayah maka pemerintah dapat menentukan wilayah mana saja yang akan menjadi fokus dalam mendorong proses transformasi digital.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memetakan wilayah berdasarkan kondisi kematangan aspek Teknologi, Informasi dan Komunikasinya adalah metode *clustering*. Metode *clustering* dapat mengelompokkan wilayah berdasarkan kemiripan karakteristik pada setiap wilayah. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan pengelompokan Provinsi-Provinsi di Indonesia berdasarkan karakteristik Teknologi, Informasi dan Komunikasi dengan menggunakan Metode *Partitioning* dan *Hierarchical Clustering*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik Teknologi, Informasi dan Komunikasi

pada setiap kelompok hasil clustering.

2. METODE DAN BAHAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data hasil survei yang dipublikasikan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) seperti Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas), Potensi Desa (PODES) juga data IPM dan PDRB [10], dengan unit analisisnya adalah 34 provinsi di Indonesia pada tahun 2021. Pada Tabel 2 terdapat 11 variabel yang digunakan untuk menggambarkan tantangan transformasi digital di Indonesia yang mencakup akses terhadap teknologi informasi dan komunikasi, Infrastruktur yang mendukung teknologi informasi dan komunikasi, dan juga bagaimana kemampuan sumber daya manusia setiap daerah yang menggambarkan kemampuan dalam bidang teknologi informasi [11].

Tabel 2. Daftar Variabel Penelitian

Variabel	Definisi	Deskripsi	Sumber
X1	Penggunaan Internet	Persentase Rumah Tangga yang Pernah Mengakses Internet dalam 3 Bulan Terakhir (persen)	SUSENAS
X2	Penggunaan Teknologi	Persentase Penduduk yang Menggunakan Komputer (Persen)	SUSENAS
X3	Kepemilikan Seluler	Persentase Rumah Tangga yang Memiliki/Menguasai Telepon Seluler (persen)	SUSENAS
X4	Penguasaan Teknologi	Persentase Rumah Tangga yang Memiliki/Menguasai Komputer(persen)	SUSENAS
X5	Infrastruktur Telekomunikasi	Persentase Desa/Kelurahan yang Memiliki Menara BTS (persen)	PODES
X6	Penunjang Teknologi	Persentase Rumah tangga dengan Sumber Penerangan Listrik PLN (persen)	PODES
X7	Kualitas Internet	Persentase dengan Penerimaan Sinyal Internet - 4G/LTE (persen)	PODES
X8	Keahlian Pemanfaatan Teknologi	Proporsi Remaja Dan Dewasa Usia 15-24 Tahun Dengan Keterampilan Teknologi Informasi Dan Komputer (TIK) Menurut Provinsi (Persen)	SUSENAS
X9	Ukuran Pembangunan Kualitas Hidup Manusia	Indeks Pembangunan Manusia (IPM) (poin)	BPS
X10	Rasio produktivitas Informasi dan Komunikasi	Persentase PDRB kategori J terhadap total PDRB (persen)	PDRB
X11	Rasio Konsumsi Telekomunikasi	Persentase Rata-Rata Konsumsi Telekomunikasi Rumah Tangga Terhadap Konsumsi Total Menurut Provinsi (Persen)	SUSENAS

Metode Analisis

Partitioning Clustering

Metode kluster K-Means merupakan salah satu analisis kluster dengan metode non hirarki [12]. Analisis kluster dengan metode K-Means merupakan pengelompokan dengan algoritma *unsupervised learning* untuk membentuk kluster berdasarkan variabel. Pada metode kluster K-Means digunakan

teknik penyekatan (*Partitioning Algorithms*), dimana objek yang masuk kedalam kelompok dapat berubah selama proses algoritma berlangsung. Proses pembentukan kluster, dibutuhkan suatu ukuran jarak [13]. Algoritma untuk menyusun kluster dengan metode K-Means [14] sebagai berikut :

- i. Tentukan jumlah kluster yang akan dibentuk
- ii. Pilih titik awal centroid K kluster

- iii. Hitung jarak antara dua kluster dengan jarak Euclidean

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \dots\dots\dots(1)$$

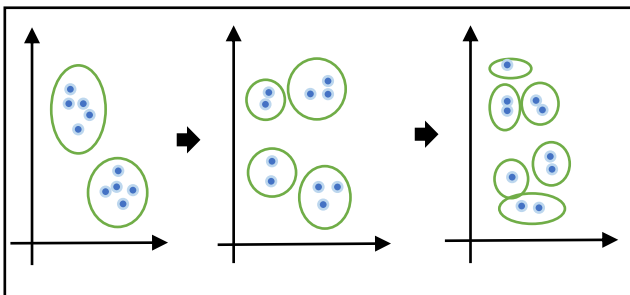
- iv. Bentuk kluster dengan mengelompokkan objek yang dekat dengan centroid
- v. Hitung kembali centroid setiap kluster yang terbentuk, kemudian ulangi prosesnya hingga tidak ada perubahan nilai centroid.

Untuk menentukan jumlah kluster yang optimal dan dilakukan dapat dilakukan secara objektif, maka pada penelitian ini menggunakan 2 metode yaitu:

- a. Metode Elbow, yaitu dengan menggunakan nilai total wws (*within sum square*) sebagai penentu nilai k
- b. Metode Silhoutte, yaitu pendekatan rata-rata nilai Silhoutte untuk menduga kualitas dari kluster yang terbentuk. Semakin tinggi nilai rata - ratanya maka akan semakin baik [15].

Hierarchical Clustering

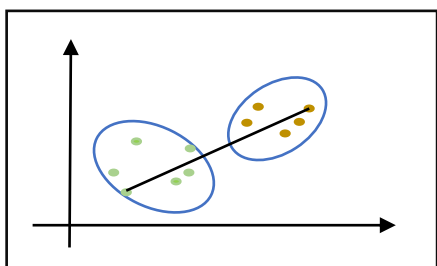
Pada metode kluster hirearki terdapat dua teknik kluster, yaitu teknik penggabungan (*Agglomerative*) dan teknik pemisahan (*Divisive*) [16]. Metode kluster dengan teknik pemisahan atau *Divisive Analysis Clustering (DIANA)* seperti tampak pada Gambar 1 menggunakan pendekatan *top-down*, dimulai dari kelompok besar yang kemudian terbagi menjadi kluster - kluster yang berukuran kecil[17][18][19].



Gambar 1. Ilustrasi DIANA

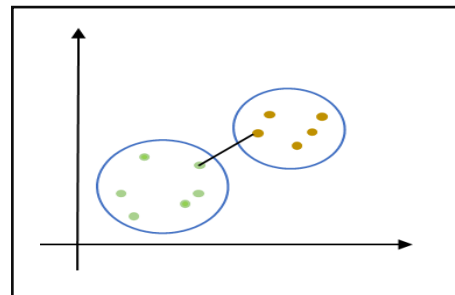
Kebalikannya, metode kluster dengan secara *Agglomerative* menggunakan pendekatan *bottom-up*, dimulai dari objek - objek yang bergabung membentuk kluster[20]. Ada beberapa teknik pembentukan kluster dengan metode *Agglomerative*[21], yaitu:

- i. *Complete linkage*, seperti tampak pada Gambar 2, yaitu Jarak antara dua kluster didefinisikan sebagai jarak terjauh antara objek di setiap kluster



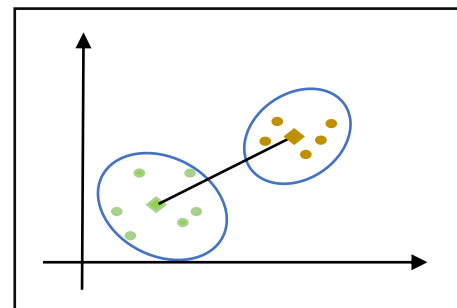
Gambar 2. Ilustrasi *Complete linkage*

- ii. *Single linkage*, seperti tampak pada Gambar 3, yaitu Jarak antara dua kluster didefinisikan sebagai jarak terdekat antara objek di setiap kluster



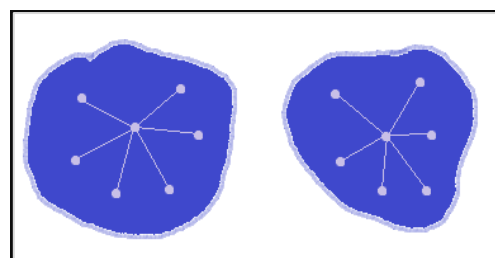
Gambar 3. Ilustrasi *Single linkage*

- iii. *Average linkage*, seperti tampak pada Gambar 4, yaitu Jarak antara dua kluster didefinisikan sebagai jarak rata - rata jarak antara setiap objek pada satu kluster dengan setiap objek pada kluster lainnya



Gambar 4. Ilustrasi *Average linkage*

- iv. *Ward Linkage* pada Gambar 5 tidak menghitung jarak, namun memperkecil nilai varians dalam kluster [22].

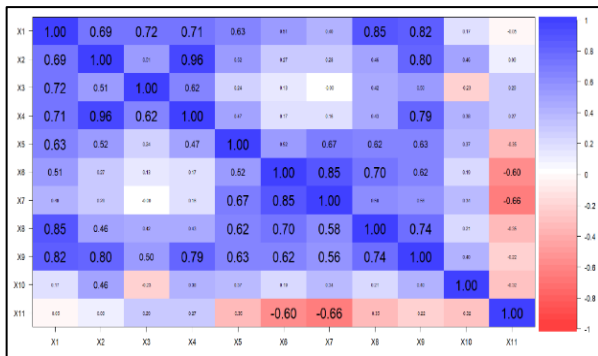


Gambar 5. Ilustrasi *Ward linkage*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengolahan dan analisis data adalah

memeriksa kualitas data, agar mendapatkan hasil analisis yang lebih akurat. Tahap yang perlu dilakukan antara lain melakukan indentifikasi data pencilan dan data kosong. Data pencilan memiliki nilai yang terlalu tinggi atau terlalu rendah, yang dapat mempengaruhi hasil analisis. Pada penelitian ini, data dari Provinsi Papua tidak diikuti dalam pembentukan kluster karena memiliki nilai yang terlalu rendah dibandingkan provinsi lainnya di semua variabel, sehingga akan dianalisis secara terpisah.

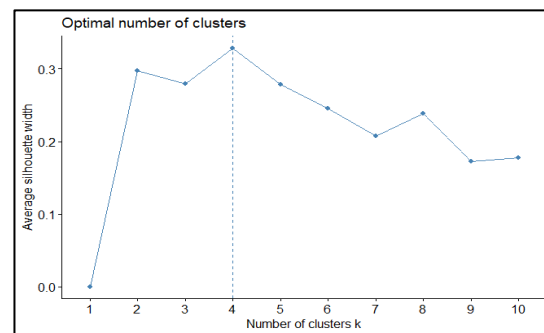
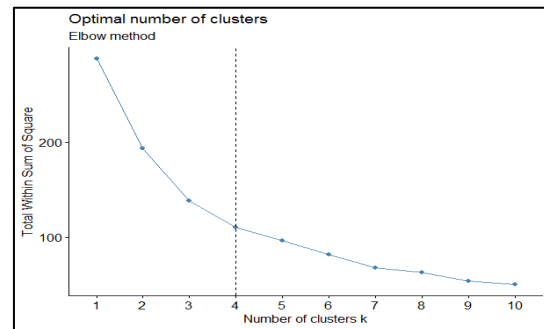


Gambar 6. Matriks Korelasi

Uji korelasi dilakukan untuk melihat hubungan antar variabel (multikolinearitas), tahapan ini dapat memperlihatkan variabel - variabel yang mungkin tidak cocok untuk digunakan dalam model. Jika korelasi lebih dari 0.8 maka hubungan antar variabel sangat kuat, pada Gambar 6 terlihat ada beberapa variabel yang memiliki korelasi sangat kuat. Seperti variabel X1-X8, X1-X9, X2-X4, dan X2-X9 memiliki korelasi sangat kuat, yang mengindikasikan bahwa variabel X1 dan X2 sudah digambarkan oleh variabel X3 dan X4. Oleh karena itu, variabel X1 dan X2 tidak ikut dalam proses pengolahan data dan analisis karena cukup variabel X3 dan X4 yang mewakili kondisi akses TIK.

Hasil pengelompokan dengan Metode *Partitioning Clustering*

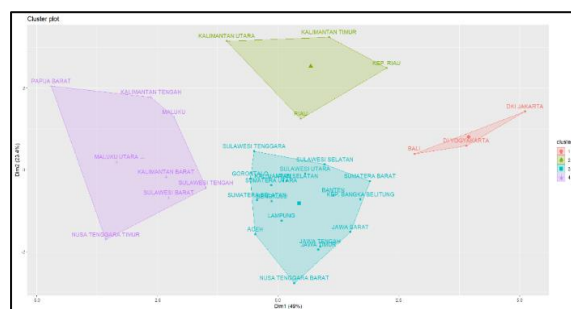
Sebelum melakukan pengelompokan dengan K-Means, hal pertama yang perlu dilakukan adalah menentukan jumlah kluster yang optimal[23][24]. Metode yang digunakan untuk menentukan jumlah kelompok terbaik yang akan dibentuk pada penelitian ini adalah Metode *Elbow* dan *Silhouette score*[25][26]. Berdasarkan hasil ilustrasi dari Gambar 7, metode tersebut memperlihatkan jumlah kluster yang dapat memisahkan setiap kelas dengan baik berjumlah 4 kluster, bila lebih dari itu maka tidak efisien.



Gambar 7. Jumlah Optimum Kluster yang dapat dibentuk dengan pengukuran Metode *Elbow* (atas) dan *Silhouette score* (bawah)

Kemudian pada Gambar 8 dapat dilihat kelompok yang terbentuk yang dapat memposisikan setiap provinsi di Indonesia sesuai karakteristiknya. Hasil kluster yang terbentuk menggunakan metode K-Means menghasilkan 4 kluster, dimana masing masing kluster terdiri dari 3, 4, 18, dan 8.

Nilai varians antar kluster adalah 61.8, sedangkan nilai varians di dalam kluster untuk masing - masing kluster adalah 8.5, 12.7, 49.6, dan 39.1. Hal ini menunjukkan bahwa kluster yang terbentuk telah memenuhi karakteristik kluster yang baik, dimana nilai antar kluster heterogen dan nilai di dalam kluster homogen.



Gambar 8. Cluster Plot berdasarkan Metode K - Means

Kemudian berdasarkan nilai rata - rata variabel pada masing - masing klaster yang terlihat pada Tabel 3, dapat ditentukan karakteristik klaster yang memiliki tantangan dalam menghadapi era transformasi digital. Secara berturut - turut masing - masing klaster dijelaskan, sebagai berikut:

1. Klaster 1 memiliki karakteristik terbaik pada seluruh aspek pendukung TIK.
2. Klaster 2 memiliki karakteristik cukup baik pada aspek pendukung TIK, namun tantangan untuk perbaikan kualitas internet harus dilakukan.
3. Klaster 3 memiliki karakteristik cukup rendah pada aspek pendukung TIK, khususnya pada Akses terhadap teknologi dan infrastruktur telekomunikasi.
4. Klaster 4 memiliki karakteristik paling rendah hampir di seluruh aspek pendukung TIK, atau yang memiliki banyak tantangan untuk menghadapi era transformasi digital.

Tabel 3. Nilai Rata - Rata Variabel berdasarkan metode K-Means

Variabel	1	2	3	4
X3	93.96	97.26	91.94	90.82
X4	31.53	26.47	17.3	17.42
X5	83.72	61.81	53.14	36.04
X6	99.96	94.36	98.29	87.33
X7	92.88	68.21	82.99	55.06
X8	98.22	95.18	91.82	80.64
X9	79.58	74.81	72.15	68.62
X10	8.93	1.88	3.73	3.73
X11	3.77	4.55	3.74	4.44

Provinsi Papua memiliki nilai yang sangat rendah pada semua variabel bila dibandingkan dengan seluruh provinsi di Indonesia, sehingga tidak dapat tergabung dengan klaster manapun. Salah satu kondisi ketertinggalan tersebut adalah jumlah rumah tangga yang memiliki telepon seluler hanya 55.6 persen, sangat jauh dibawah rata-rata nasional sebesar 90.54 persen. Tantangan utama yang dihadapi daerah pada klaster 4 adalah kondisi infrastruktur pendukung TIK baik kualitas internet infrastruktur telekomunikasi dan penunjang teknologi. Hal ini perlu diperhatikan karena keahlian pemanfaatan teknologi pada klaster 4 tidak terlampaui jauh dibandingkan dengan klaster lain, namun perlu adanya pemerataan pembangunan untuk mendukung potensi tersebut.

Kemudian, pada Tabel 4 berisi nama provinsi yang tergabung dalam klaster yang telah dibentuk. klaster 1 berisi provinsi yang memiliki karakteristik TIK terbaik, yang hanya berisi Provinsi DKI Jakarta, DI Yogyakarta dan Bali.

Tabel 4. Klaster Hasil Pengelompokan Provinsi menggunakan Metode K-Means

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

Sedangkan klaster 4 didominasi oleh provinsi di bagian tengah dan timur Indonesia. Lebih lanjut klaster 3 memiliki anggota terbanyak yang merupakan gabungan provinsi yang ada di Pulau Sumatra, Jawa, Kalimantan dan Sulawesi. Kemudian provinsi yang berada di Klaster 2 berisi Provinsi Riau, Kepulauan Riau, Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara.

Hasil pengelompokan dengan Metode Hierarchical Clustering

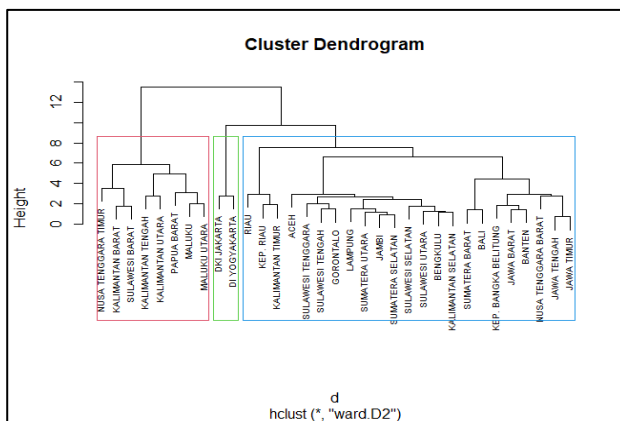
Untuk memilih teknik yang paling baik pada metode hirarki, maka perlu dilihat nilai koefisien dari masing - masing metode. Nilai koefisien memiliki rentang 0-1 yang mengindikasikan semakin besar nilainya, maka semakin baik metode klaster hirarki yang dibentuk.

Tabel 5. Nilai Koefisien Metode *Hierarchical Clustering*

Metode	Nilai Koefisien
Average Linkage	0,710
Single Linkage	0.419
Complete Linkage	0.817
Ward	0.864
DIANA	0.806

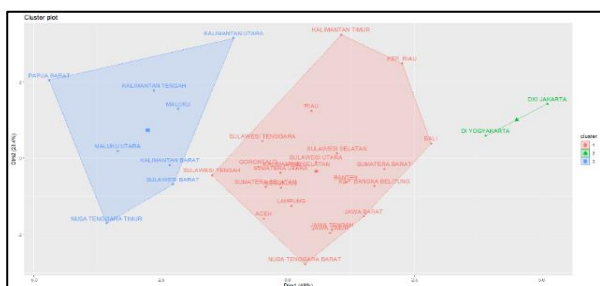
Pada Tabel 5 nilai koefisien yang terbesar adalah 0.864, yaitu metode *Hierarchical Clustering* dengan teknik Ward. Selanjutnya untuk melihat kluster yang terbentuk pada metode Ward *Hierarchical Clustering* perlu dilakukan transformasi ke dalam grafik dendrogram, yang dapat dilihat pada Gambar 9.

Berbeda dengan metode K-Means, jumlah kluster yang terbentuk dengan metode Ward *Hierarchical Clustering* hanya berjumlah 3 kluster. Jumlah objek pada masing – masing kluster adalah 2, 23, dan 8 provinsi. Posisi masing – masing kluster dapat dilihat pada Gambar 10. Bila dibandingkan dengan metode K-Means posisi Provinsi DKI Jakarta dan DI Yogyakarta tetap berada pada kluster 1, sedangkan Provinsi Bali berpindah ke kluster 2.



Gambar 9. Grafik Dendrogram dengan Metode Ward *Hierarchical Clustering*

Selanjutnya, provinsi yang berada pada kluster 4 berubah menjadi kluster 3, juga terjadi perpindahan posisi antara Sulawesi Tengah dan Kalimantan Utara.



Gambar 10. Cluster Plot berdasarkan Metode Ward *Hierarchical Clustering*

Terakhir anggota dari kluster 2 pada metode Ward *Hierarchical Clustering* merupakan gabungan dari anggota pada kluster 2 dan 3 dengan metode K-Means. Perubahan jumlah kluster dan posisi masing – masing provinsi pada kluster, juga menyebabkan perubahan karakteristik kluster.

Hasil dari nilai rata – rata variabel berdasarkan metode Ward *Hierarchical Clustering*, menghasilkan karakteristik masing – masing kluster yang dibedakan menjadi;

1. Kluster 1 memiliki karakteristik terbaik pada seluruh aspek pendukung TIK.
2. Kluster 2 memiliki karakteristik kekurangan pada beberapa aspek pendukung TIK, seperti akses terhadap teknologi, Infrastruktur telekomunikasi dan produktivitas informasi dan komunikasi yang masih rendah.
3. Kluster 3 memiliki karakteristik paling rendah di seluruh aspek pendukung TIK, atau yang memiliki banyak tantangan untuk menghadapi era transformasi digital.

Tabel 6. Nilai Rata – Rata Variabel berdasarkan metode Ward *Hierarchical Clustering*

Variabel	1	2	3
X3	93.89	92.65	23.47
X4	34.8	18.89	8.7
X5	85.42	55.4	21.35
X6	100	97.78	25
X7	93.23	81.93	23.31
X8	98.72	92.26	24.68
X9	81.15	72.73	20.29
X10	10.03	3.57	2.51
X11	3.68	3.86	0.92

Pengelompokan dengan metode hirarki seperti pada Tabel 6 menghasilkan jumlah kluster yang lebih sedikit, sehingga karakteristik masing – masing kluster sangat terlihat ketimpangannya. Khususnya nilai rata – rata pada variabel X3, X8, dan X11 yang sebelumnya tidak jauh berbeda antar kluster, dengan pengelompokan ini menjadi terlihat sangat timpang. Urgensi untuk meningkatkan pembangunan sarana pendukung TIK pada provinsi yang berada pada kluster 3 menjadi sangat penting.

Saat sarana penunjang TIK di kluster 1 sudah 100 persen, pada kluster 4 baru menjangkau 25 persen masyarakat di wilayah tersebut. Selain itu, kurangnya infrastruktur komunikasi (X5) dan kualitas sinyal internet (X7) yang buruk, diikuti juga

Tabel 7. Klaster Metode Ward *Hierarchical*

Metode	Nilai Silhouette
K - Means	0.31
WARD	0.37

dengan rendahnya kepemilikan seluler (X3) dan rasio konsumsi telekomunikasi (X11). Dari sisi sumber daya manusia, keahlian pemanfaatan internet penduduk di klaster 1 dan 2 sudah diatas 90 persen. Sedangkan di klaster 3 penduduk yang memiliki keahlian pemanfaatan internet belum

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

mencapai 25 persen.

Hasil pengelompokan provinsi menurut klasternya dapat dilihat pada tabel 7, provinsi yang berpindah klaster adalah Provinsi Bali. Sebelumnya berada di klaster 1 pada metode *Partitioning Clustering*, kemudian pindah ke klaster 2 pada metode *Hierarchical Clustering*. Selain itu, provinsi yang berada pada klaster 2 dan 3 jika menggunakan pengelompokan dengan metode K-Means, setelah berganti menggunakan metode Ward *Hierarchical Clustering* bergabung menjadi satu klaster yaitu klaster 2.

Perbandingan Hasil dari Analisis Klaster antara Metode K- Means dan Ward *Hierarchical Clustering*

Dengan menggunakan nilai silhouette untuk membandingkan yang terbaik diantara metode *Hierarchical Clustering* dan *Partitioning Clustering*.

Nilai koefisien Silhouette menghasilkan nilai antara -1 sampai 1, bila nilainya semakin mendekati 1 maka semakin baik.

Tabel 8. Nilai Silhouette berdasarkan metode K-Means dan Ward *Hierarchical Clustering*

Berdasarkan nilai pada Tabel 8 perbedaan antara K-Means dan Ward *Hierarchical Clustering* tidak terlalu berbeda, yaitu 0.31 dengan 0,37. Namun jumlah klaster yang terbentuk berbeda antara metode *Hierarchical Clustering* dan *Partitioning Clustering*, lebih sedikit klaster yang terbentuk pada metode *Hierarchical Clustering*. Sehingga dapat dikatakan bahwa metode *Hierarchical Clustering* lebih efisien dibandingkan dengan metode *Partitioning Clustering* pada penelitian ini.

4. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengelompokan wilayah dengan karakteristik teknologi, informasi dan komunikasi pada provinsi di Indonesia lebih baik menggunakan metode *Hierarchical Clustering*, dengan jumlah klaster 3. Provinsi yang termasuk pada klaster 3 memiliki karakteristik teknologi, informasi dan komunikasi paling rendah di semua aspek untuk mendukung pelaksanaan transformasi digital, sehingga pemerintah perlu lebih memperhatikan pembangunan akses dan infrastruktur teknologi informasi dan komunikasi serta kualitas sumber daya manusia di wilayah tersebut. Khususnya Provinsi Papua yang tidak dapat masuk klaster manapun, karena posisinya sangat tertinggal dibandingkan provinsi lainnya di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. ElMassah and M. Mohieldin, "Digital transformation and localizing the Sustainable Development Goals (SDGs)," *Ecol. Econ.*, vol. 169, no. September 2019, p. 106490, 2020, doi: 10.1016/j.ecolecon.2019.106490.
- [2] Diana Soeiro, "Smart Cities, Well-Being and Good Busines: The 2030 Agenda and the Role of Knowledge in the Era of Industry 4.0," in *Contributions to Management Science*, 2020, pp. 55-67. doi: 10.1007/978-3-030-40390-4_13.
- [3] K. Sandkuhl, N. Shilov, and A. Smirnov, "Facilitating digital transformation by multi-aspect ontologies: Approach and application steps," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 13, pp. 1609-1614, 2019, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.11.430.
- [4] V. Stich, V. Zeller, J. Hicking, and A. Kraut,

- "Measures for a successful digital transformation of SMEs," *Procedia CIRP*, vol. 93, pp. 286–291, 2020, doi: 10.1016/j.procir.2020.03.023.
- [5] G. Kuldosheva, *Challenges and Opportunities of Digital Transformation in the Public Sector in Transition Economies: Examination of the Case of Uzbekistan*, no. 1248. 2021.
- [6] S. P. Directory™, "Speedtest Global Index." <https://www.speedtest.net/global-index>
- [7] GAJAH MADA UNIVERSITY PRESS, *Addressing Global Issues With Collective and Concerted Actions: Indonesian Scholar Perspectives for G20 Forum*. 2022.
- [8] V. Vairinhos, F. Matos, and L. Edvinsson, "People, Intangibles and Digital Transformation," *Contrib. to Manag. Sci.*, pp. 7–23, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-40390-4_2.
- [9] N. Dzulvawan and S. Pramana, "Pemetaan Kesiapan Penerapan Telemedika di Indonesia," *Indones. Heal. Inf. Manag. J.*, vol. 10, no. 2, pp. 118–125, 2022, doi: 10.47007/inohim.v10i2.436.
- [10] Badan Pusat Statistik, ISSN : 0126-2912. 2023. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/publication/2020/04/29/e9011b3155d45d70823c141f/statistik-indonesia-2020.html>
- [11] M. I. Manda and S. Ben Dhaou, "Responding to the challenges and opportunities in the 4th industrial revolution in developing countries," *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, vol. Part F1481, pp. 244–253, 2019, doi: 10.1145/3326365.3326398.
- [12] A. Septiarini, I. A. Thaher, and N. Puspitasari, "Pengelompokan Kualitas Kinerja Pegawai Menggunakan Metode K-Means Clustering," *Komputika J. Sist. Komput.*, vol. 11, no. 2, pp. 131–141, 2022, doi: 10.34010/komputika.v11i2.5518.
- [13] K. Shao, G. Mei, and Y. Wu, " Investigating changes in global distribution of Ozone in 2018 using k -means clustering algorithm ," *J. Comput. Math. Data Sci.*, vol. 3, no. March, p. 100028, 2022, doi: 10.1016/j.jcmds.2022.100028.
- [14] N. H. M. M. Shrifan, M. F. Akbar, and N. A. M. Isa, "An adaptive outlier removal aided k-means clustering algorithm," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 34, no. 8, pp. 6365–6376, 2022, doi: 10.1016/j.jksuci.2021.07.003.
- [15] A. M. Sikana and A. W. Wijayanto, "Analisis Perbandingan Pengelompokan Indeks Pembangunan Manusia Indonesia Tahun 2019 dengan Metode Partitioning dan Hierarchical Clustering," *J. Ilmu Komput.*, vol. 14, no. 2, p. 66, 2021, doi: 10.24843/jik.2021.v14.i02.p01.
- [16] N. Afira and A. W. Wijayanto, "Analisis Cluster dengan Metode Partitioning dan Hierarki pada Data Informasi Kemiskinan Provinsi di Indonesia Tahun 2019," *Komputika J. Sist. Komput.*, vol. 10, no. 2, pp. 101–109, 2021, doi: 10.34010/komputika.v10i2.4317.
- [17] M. Bipul Hossen and M. Rabiul Auwul, "Comparative Study of K-Means, Partitioning Around Medoids, Agglomerative Hierarchical, and DIANA Clustering Algorithms by Using Cancer Datasets," *Biomed. Stat. Informatics*, vol. 5, no. 1, p. 20, 2020, doi: 10.11648/j.bsi.20200501.14.
- [18] S. Wijuniamurti, S. Nugroho, and R. Rachmawati, "Agglomerative Nesting (AGNES) Method and Divisive Analysis (DIANA) Method For Hierarchical Clustering On Some Distance Measurement Concepts," *J. Stat. Data Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 7–11, 2022, doi: 10.33369/jsds.v1i1.21009.
- [19] O. Ozdemir and S. Cerman, "Performance Comparison with Hierarchical and Partitional Clustering Methods," *Wseas Trans. Commun.*, vol. 20, pp. 177–184, 2021, doi: 10.37394/23204.2021.20.23.
- [20] X. Han, Y. Zhu, K. M. Ting, and G. Li, "The Impact of Isolation Kernel on Agglomerative Hierarchical Clustering Algorithms," *Pattern Recognit.*, vol. 139, p. 109517, 2020, doi: 10.1016/j.patcog.2023.109517.
- [21] T. Li, A. Rezaeipannah, and E. S. M. Tag El Din, "An ensemble agglomerative hierarchical clustering algorithm based on clusters clustering technique and the novel similarity measurement," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 34, no. 6, pp. 3828–3842, 2022, doi: 10.1016/j.jksuci.2022.04.010.
- [22] M. Fikry *et al.*, "Pengelompokan Daerah di Jawa Timur Berbasis Indikator Kesejahteraan Masyarakat dengan Pendekatan Analisis Cluster Hierarki dan Nonhierarki," vol. 6, no. 2, pp. 141–151, 2023, doi: 10.12962/j27213862.v6i2.15452.
- [23] N. Thamrin and A. W. Wijayanto, "Comparison of Soft and Hard Clustering: A Case Study on Welfare Level in Cities on Java Island," *Indones. J. Stat. Its Appl.*, vol. 5, no. 1, pp. 141–160, 2021, doi: 10.29244/ijsa.v5i1p141-160.
- [24] Q. Iman and A. W. Wijayanto, "Klasifikasi Rumah Tangga Penerima Beras Miskin (Raskin)/Beras Sejahtera (Rastra) di Provinsi Jawa Barat Tahun 2017 dengan Metode Random Forest dan Support Vector Machine," *J. Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 9, no. 2,

- p. 178, 2021, doi: 10.26418/justin.v9i2.44137.
- [25] A. R. Damayanti and A. W. Wijayanto, "Comparison of Hierarchical and Non-Hierarchical Methods in Clustering Cities in Java Island using the Human Development Index Indicators year 2018," *Eig. Math. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 8-17, 2021, doi: 10.29303/emj.v4i1.89.
- [26] N. B. Putri and A. W. Wijayanto, "Analisis Komparasi Algoritma Klasifikasi Data Mining Dalam Klasifikasi Website Phishing," *Komputika J. Sist. Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 59-66, 2022, doi: 10.34010/komputika.v11i1.4350.