



Perbandingan Analisis Kluster K-Means dan Average Linkage untuk Mengelompokkan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Penerimaan Sinyal Telepon

Alda Aqdam Zulfikar^{a,*}, Amidi^b

^{a,b}Universitas Negeri Semarang, Semarang, 50229, Indonesia

*Alamat Surel: aldazulfikar@students.unnes.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui hasil kluster yang terbentuk dari analisis kluster *K-Means* dan *Average Linkage* serta mengetahui perbandingan hasil analisisnya dalam mengelompokkan Provinsi berdasarkan penerimaan sinyal telepon. Variabel yang digunakan diantaranya Rumah tangga yang memiliki/menguasai telepon tetap kabel, Penduduk usia 5 tahun ke atas yang memiliki telepon selular, Desa/Kelurahan yang menerima sinyal internet 3G/H/H+/EVDO dan 4G/LTE, Desa/Kelurahan yang menerima sinyal internet 2,5G/E/GPRS dan Desa/Kelurahan yang tidak menerima sinyal internet telepon seluler. Dari hasil analisis kluster dengan metode *K-Means* mengelompokkan Provinsi menjadi 4 kluster, sedangkan metode *Average Linkage* hanya 2 kluster. *Silhouetecoefficient* metode *Average Linkage* yaitu 0,53, nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan *silhouetecoefficient* metode *K-Means* yang hanya bernilai 0,41, sehingga dapat disimpulkan bahwa *Average Linkage* adalah metode terbaik untuk mengelompokkan Provinsi di Indonesia berdasarkan penerimaan sinyal telepon tahun 2020.

Kata kunci:

AnalisisKluster, K-Means, Average Linkage, TeleponSelular, Sinyal Internet, SinyalTelepon, Silhouette Coefficient.

© 2022 Dipublikasikan oleh JurusanMatematika, Universitas Negeri Semarang

1. Pendahuluan

Pada masa modern seperti masa sekarang pemakaian alat komunikasi semacam telepon sudah menjadi kebutuhan yang utama untuk setiap individu. Dalam kehidupan sehari-hari di masa sekarang sangat bergantung dengan telepon karena dengan adanya telepon maka tiap individu bisa berinteraksi jarak jauh dengan temannya. Tetapi, pada masa serba canggih seperti masa sekarang, kegunaan telepon tidak hanya dipakai untuk media komunikasi saja namun bisa juga dipakai sebagai media untuk menambah pengetahuan dan juga meningkatkan wawasan di mana pun dan kapan pun waktunya. Namun masih ada Desa/Kelurahan yang tidak menerima maupun belum mendapatkan sinyal telepon yang memadai sehingga penduduk di daerah tersebut masih belum bisa menikmati kemudahan yang didapat dengan adanya sinyal telepon.

Menurut penelitian WE ARE SOSIAL, “*Digital Reports 2020*” yang mempublikasikan bahwamasyarakat di Indonesia yang telah terhubung dengan jaringan internet ada sekitar 64 persen, atau dapat dikatakan ada sebanyak 175,4 juta penduduk Indonesia yang sudah menggunakan jaringan internet (Pakpahan & Fitriani, 2020). Pada tahun 2019 BPS juga menginformasikan ada sebanyak 89,09 persen rumah tangga di Indonesia sudah mempunyai paling sedikit satu nomor telepon seluler (BPS, 2019).

Analisis kluster ialah teknik analisa data dengan tujuan *clustering* objek maupun individu sampai terbentuk kelompok-kelompok dan setiap kelompok mempunyai sifat yang tidak sama, maka objek maupun individu yang berada pada suatu kelompok yang sama pasti memiliki sifat relatif homogen (Talakua et al., 2017). Dalam analisis kluster ada metode analisis kluster hierarki sertanonhierarki (Lestari, 2020). Metode yang termasuk metode hierarki salah satunya yaitu metode *Average Linkage*, sedangkan metode yang termasuk metode nonhierarki salah satunya yaitu metode *K-Means*.

To cite this article:

Zulfikar, A..A. & Amidi. (2022). Perbandingan Analisis Kluster K-Means dan Average Linkage untuk Mengelompokkan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Penerimaan Sinyal Telepon. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika 5*, 731-739

K-Means merupakan metode pengelompokan data yang termasuk dalam metode nonhierarki yang bisa mengelompokkan data menjadi 2 kelompok maupun lebih, tujuan dari mengelompokkan data yakni untuk meminimalkan dari fungsi objektif yang diset dalam proses pengelompokan, biasanya hendak berupaya meminimalkan variasi di dalam sesuatu kelompok serta memaksimalkan variasi antar kelompok (Gustientiedina et al., 2019).

Average linkage merupakan metode pengelompokan data yang termasuk dalam metode hirarki yang dalam mengelompokkan datanya berlandaskan rata-rata jarak suatu objek ke objek yang lainnya pada suatu kluster dengan objek-objek dalam kluster lainnya (Widyadhana et al., 2021).

Penelitian terdahulu yang bertemakan tentang analisis kluster antara lain, penelitian tentang Perbandingan *K-Means* dan *K-Medoids* Pada Data Potensi Kebakaran Hutan/Lahan oleh Athifaturrofifah et al. (2019) dengan hasil yakni *K-Means* dapat memberikan hasil pengelompokan yang lebih baik daripada *K-Medoids* karena nilai *Silhouette Coefficient* metode *K-Means* yakni 0,558, sedangkan Nilai *Silhouette Coefficient* metode *K-Medoids* yakni 0,529. Kemudian penelitian tentang Analisis *Fuzzy C-Means* dan *K-Means Clustering* untuk Pengelompokan Pelanggan PT. Part Station Jember yang dilakukan oleh Utama et al. (2019) dengan hasil yakni pengujian pada data kredit dapat diketahui metode analisis kluster *Fuzzy C-Means* lebih baik daripada metode *K-Means* karena *Silhouette Coefficient* analisis kluster *Fuzzy C-Means* bernilai 0,61 sedangkan untuk analisis kluster *K-Means* bernilai 0,59. Sedangkan analisis pada data labasertatunaidiperoleh hasil analisis kluster *K-Means* lebih baik daripada *Fuzzy C-Means* dikarenakan nilai *Silhouette Coefficient* hasil analisis kluster *Fuzzy C-Means* hanya bernilai 0,66 dan 0,25 sedangkan *Silhouette Coefficient* hasil analisis kluster *K-Means* sebesar 0,79 dan 0,4.

Dalam penelitian ini akan dianalisis hasil kluster *K-Means* dan *Average Linkage* dalam pembentukan kluster penerimaan sinyal telepon Provinsi di Indonesia, dan juga membandingkan kedua analisis kluster tersebut untuk mengetahui metode terbaik untuk mengelompokkan Provinsi di Indonesia berdasarkan penerimaan sinyal telepon di Desa/Kelurahan yang berada di Provinsi tersebut.

2. Metode

Pada penelitian ini di tahap awalnya yaitu data di standarisasi menjadi nilai *Z score* terlebih dahulu kemudian data dianalisis menggunakan analisis kluster *K-Means* dan *Average Linkage*. Untuk mengetahui metode analisis kluster yang terbaik dipilih metode yang memiliki hasil analisis kluster dengan nilai *silhouette coefficient* tertinggi.

2.1. Asumsi Analisis Kluster

Menurut Huwaida (2017), terdapat beberapa asumsi yang harus terpenuhi sebelum melakukan analisis kluster, asumsi yang dimaksud yaitu data harus representatif yang maksudnya adalah sampel harus dapat mewakili populasinya dan asumsi yang kedua yaitu Multikolinearitas. Multikolinearitas adalah kemungkinan adanya korelasi antar objek, uji multikolinearitas dapat dilakukan dengan cara mencari nilai koefisien korelasi antar variabel bebas dan jika bernilai atau lebih dari 0,8 maka dapat dikatakan terjadi masalah multikolinearitas pada data yang dianalisis (Gujarati, 2003).

2.2. *K-Means*

Berikut merupakan algoritma analisis kluster metode *K-Means* (Ediyanto et al., 2013):

Dimulai dengan tentukan jumlah *cluster* sebanyak *k*, selanjutnya tentukan *centroid cluster* sementara dengan acak, kemudian untuk menghitung *centroid cluster* selanjutnya memakai rumus ini:

$$v = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}; i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

dengan *v* yaitu *centroid cluster*, objek ke-*i* dilambangkan dengan X_i , yaitu banyaknya anggota *cluster*.

Kemudian gunakan Euclidian Distance untuk mencari jarak setiap anggota kluster ke semua *centroid* kluster menggunakan rumus:

$$d(x, y) = \|x - y\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (2)$$

dengan x_i adalah objek x ke- i , y_i adalah objek y ke- i , n adalah jumlah objeknya.

Selanjutnya tempatkan setiap objek pada *centroid* yang terpendek jaraknya, lalu laksanakan iterasi, setelah itu mencari letak *centroid* klaster yang baru memakai persamaan pertama, dan jika posisi *centroid* baru tidak sama maka perlu diulang pada langkah mencari jarak semua objek yang ada ke semua *centroid* klaster.

2.3. Average Linkage

Langkah pengelompokan menggunakan metode *average linkage* yaitu (Pratiwi et al., 2019):

Pertama mencari klaster-klaster yang jaraknya paling dekat menggunakan euclidean distance, dapat dimisalkan objek U serta objek V setelah dihitung jaraknya mempunyai jarak yang paling berdekatan daripada jarak klaster lainnya, lalu klaster tersebut digabungkan menjadi klaster UV, kemudian klaster UV juga dicari jaraknya rata-ratanya dengan klaster yang lain misalnya klaster W

$$d_{(uv)w} = \frac{\sum_i^{N_{(uv)}} \sum_j^{N_w} d_{ij}}{N_{(uv)} N_w} \quad (3)$$

dimana d_{ij} merupakan jarak dari objek i yang ada di *cluster* UV dan objek j yang ada di *cluster* W, N_{uv} serta N_w berurutan yaitu jumlah objek yang ada di klaster UV dan W. Lalu diperoleh matriks jarak yang baru kemudian gabungkan juga klaster lainnya yang jaraknya berdekatan sampai diperoleh banyak klaster yang diinginkan.

2.4. Standarisasi Data

Bila diantara variabel penelitian ditemukan perbedaan satuan yang cukup jauh atau signifikan maka disarankan untuk melakukan standarisasi data, proses standarisasi dapat dilakukan dengan mengubah data ke nilai *Z score* data tersebut atau dapat disebut transformasi data menjadi bentuk normal baku $N(0,1)$ (Rahmawati, 2017).

Standarisasi data dengan mengubah menjadi nilai *Z score* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut (Leet al., 2019):

$$z = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (4)$$

dimana x_i adalah data ke- i , \bar{x} adalah rata-rata kelompok, σ adalah simpangan baku.

2.5. Metode Silhouette

Metode silhouette menggabungkan 2 faktor yaitu *cohesion* dan *resolution*. nilai silhouette coefficient bernilai kisaran -1 sampai 1, jika bernilai 1 menunjukkan bahwa hubungan antar objek dan klaster yang sangat erat, jadi semakin dekat nilai silhouette coefficient dengan 1 maka semakin baik pula pengelompokan objeknya (Yuan et al., 2019).

Berikut langkah mencari nilai *Silhouette Coefficient* (Handoyo et al., 2014):

Pertama cari jarak rata-rata objek misal i dengan objek-objek lainnya yang ada pada satu klaster.

$$a(i) = \frac{1}{|A| - 1} \sum_j \epsilon_{A,j \neq i} d(i, j) \quad (5)$$

j yang dimaksud yakni objek lain yang ada pada klaster A serta $d(i, j)$ yaitu selisih antara objek j dengan objek i .

Kemudian cari jarak rata-rata dari objek dengan objek lainnya yang ada pada kluster berbeda, lalu pilih angka yang paling kecil.

$$d(i, C) = \frac{1}{|A|} \sum_{j \in C} d(i, j) \quad (6)$$

$d(i, C)$ yang dimaksud yakni rata-rata jarak objek dengan objek yang ada di kluster berbeda misal C sehingga $A \neq C$.

$$b(i) = \min_{C \neq A} d(i, C) \quad (7)$$

Jadi *Silhouette Coefficient* dapat dicari dengan:

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i), b(i))} \quad (8)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum melakukan analisis, terlebih dahulu mengumpulkan data dari publikasi buku Badan Pusat Statistik yang berjudul Statistik Indonesia 2021. Variabel yang digunakan diantaranya Rumah tangga yang memiliki/menguasai telepon tetap kabel, Penduduk usia 5 tahun ke atas yang memiliki telepon selular, Desa/Kelurahan yang menerima sinyal internet 3G/H/H+/EVDO dan 4G/LTE, Desa/Kelurahan yang menerima sinyal internet 2,5G/E/GPRS dan Desa/Kelurahan yang tidak menerima sinyal internet telepon seluler. Pada awal analisis data dicari statistik deskriptif data kemudian dilakukan uji multikolinieritas lalu data ditransformasi menjadi nilai Z score terlebih dahulu karena ada perbedaan satuan yang signifikan di antara variabel yang akan dianalisis.

3.1. Statistik Deskriptif Data

TeleponKabel	TeleponSelular	LTedanH
Min. :0.050	Min. :40.44	Min. : 214.0
1st Qu.:0.515	1st Qu.:59.16	1st Qu.: 718.2
Median :0.795	Median :62.84	Median :1305.5
Mean :1.231	Mean :62.67	Mean :2055.1
3rd Qu.:1.160	3rd Qu.:67.00	3rd Qu.:2380.5
Max. :7.750	Max. :77.57	Max. :8463.0
E	TidakMenerimaSinyal	
Min. : 1.00	Min. : 0.0	
1st Qu.: 50.75	1st Qu.: 12.0	
Median : 91.50	Median : 41.5	
Mean :132.03	Mean : 117.1	
3rd Qu.:143.00	3rd Qu.: 149.8	
Max. :564.00	Max. :1047.0	

Gambar 1. Statistik Deskriptif Data

Dari 5 variabel yang diteliti, dapat diketahui statistik deskriptif setiap variabel dan tidak ditemukan NA atau data yang hilang jadi analisis data dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu uji multikolinieritas.

3.2. Uji Multikolinieritas

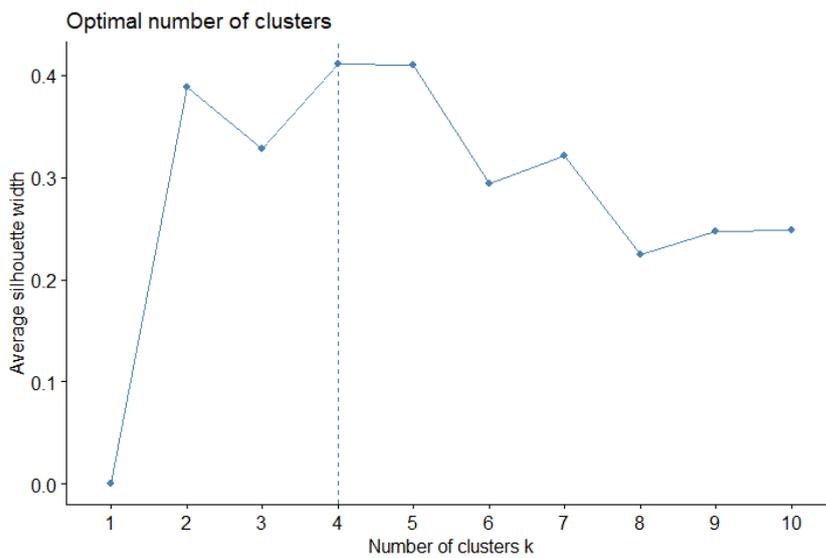
	TeleponKabel	TeleponSelular	LTedanH	E	TidakMenerimaSinyal
TeleponKabel	1.0000000	0.5147394	-0.1064640	-0.3719150	-0.2533570
TeleponSelular	0.5147394	1.0000000	-0.1556031	-0.5731469	-0.5687749
LTedanH	-0.1064640	-0.1556031	1.0000000	0.1659757	-0.1846356
E	-0.3719150	-0.5731469	0.1659757	1.0000000	0.5690737
TidakMenerimaSinyal	-0.2533570	-0.5687749	-0.1846356	0.5690737	1.0000000

Gambar 2. Uji Multikolinieritas

Dari 5 variabel yang diteliti, setiap variabel mempunyai nilai korelasi dengan variabel lain kurang dari 0,8. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa semua variabel terbebas dari masalah multikolinearitas. Setelah diketahui data terbebas dari masalah multikolinearitas selanjutnya data ditransformasi menjadinilai Z score kemudian dilanjutkan dengan analisis kluster.

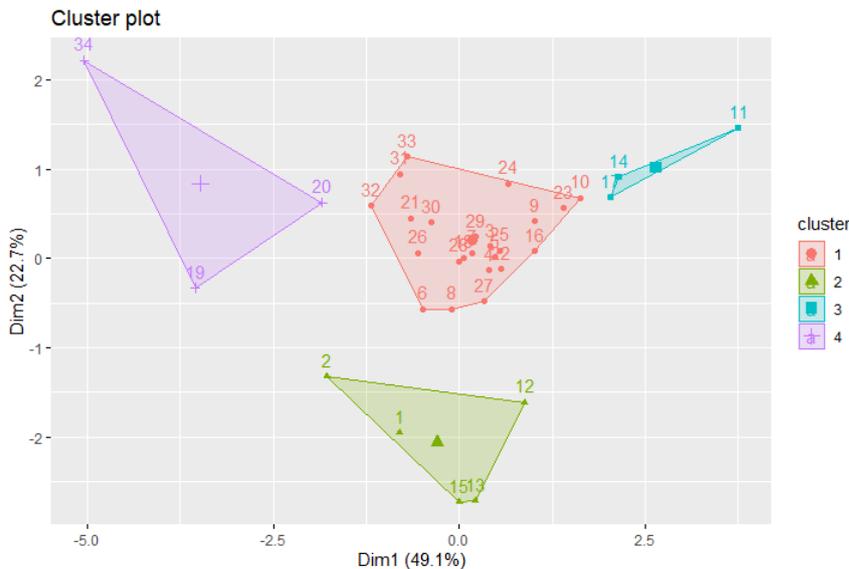
3.3. Analisis Kluster K-Means

Pada awal analisis kluster, langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan jumlah kluster yang optimal dengan metode silhouette, kemudian lakukan analisis kluster K-Means.



Gambar 3. Metode Silhouette

Gambar 3. menunjukkan jumlah cluster yang optimal menggunakan metode silhouette pada cluster analysis K-Means yaitu sebanyak 4 kluster.



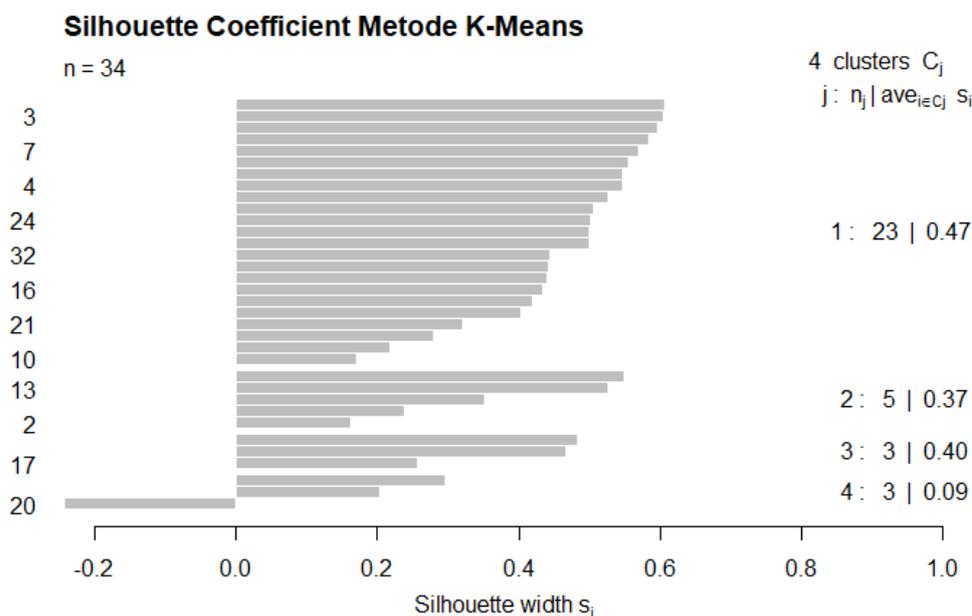
Gambar 4. Hasil Clustering Bentuk Grafik

Dapat terlihat terdapat 4 kluster yang terbentuk saling terpisah antara yang satu dengan yang lainnya jadi bisa dikatakan kluster yang terbentuk baik.

Tabel 1. Hasil kluster *K-Means*

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

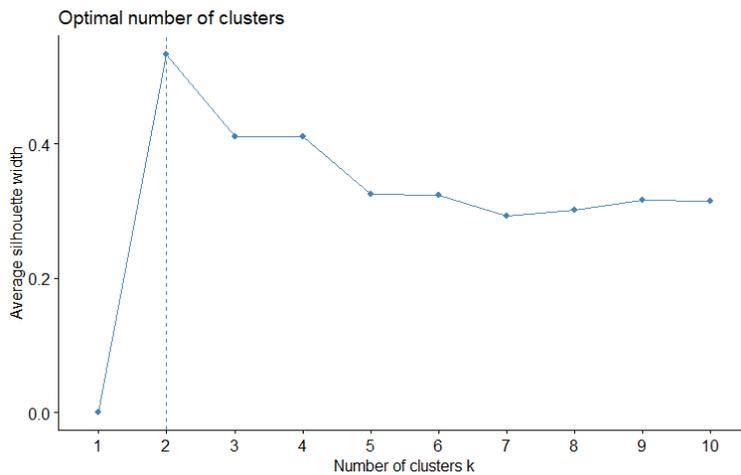
Karakteristik setiap hasil kluster *K-Means* yaitu kluster 1 termasuk dalam Provinsi yang memiliki tingkat penerimaan sinyal telepon yang sedang, kluster 2 termasuk dalam Provinsi yang memiliki tingkat penerimaan sinyal telepon yang tinggi, kluster 3 termasuk dalam Provinsi yang memiliki tingkat penerimaan sinyal telepon yang sangat tinggi dan kluster 4 termasuk dalam Provinsi yang memiliki tingkat penerimaan sinyal telepon yang rendah.

**Gambar 5.** *Silhouette coefficient* metode *K-Means*

Gambar 5. menunjukkan bahwa tingkat kebaikan kluster dari analisis kluster dengan metode *K-Means* menurut *silhouette coefficient* yang dihasilkan ialah 0,41.

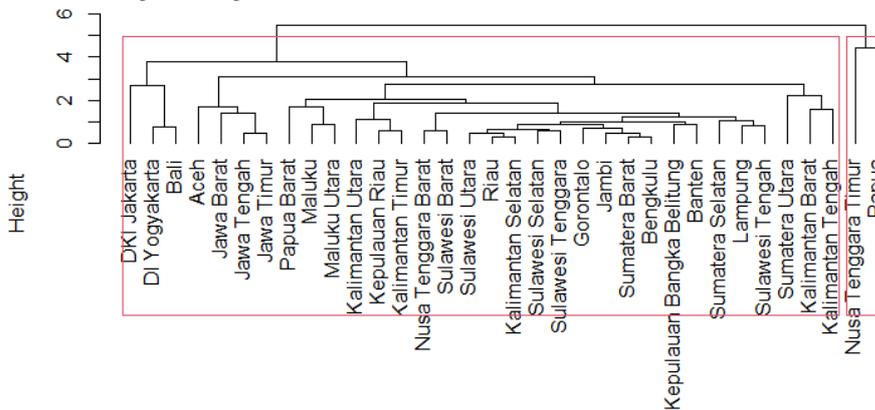
3.4. Analisis Kluster *Average Linkage*

Sebelum melakukan analisis kluster *Average Linkage*, awali dengan menentukan jumlah kluster yang optimal dengan metode *silhouette*.



Gambar 6. Metode Silhouette

Gambar 6. menunjukkan jumlah kluster yang optimal menggunakan metode *silhouette* untuk analisis *cluster Average Linkage* adalah sebesar 2 kluster.

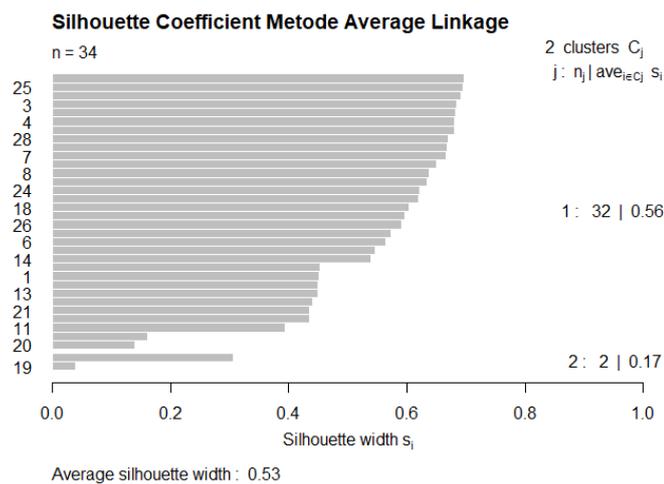


Gambar 7. Cluster Dendrogram

Tabel 2. Hasil kluster *Average Linkage*

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

Karakteristik setiap hasil kluster *Average Linkage* yaitu kluster 1 termasuk dalam Provinsi yang memiliki tingkat penerimaan sinyal telepon yang tinggi sedangkan kluster 2 termasuk dalam Provinsi yang memiliki tingkat penerimaan sinyal telepon yang rendah.



Gambar 8. *SilhouetteCoefficient*

Gambar 8. menunjukkan bahwa tingkat kebaikan kluster dari analisis kluster dengan metode *Average Linkage* menurut *silhouette coefficient* yang dihasilkan ialah 0,53.

Diketahui nilai *silhouette coefficient* dari hasil analisis kluster *Average Linkage* lebih tinggi dibandingkan nilai *silhouette coefficient* yang terbentuk menggunakan metode *K-Means*, sehingga dapat disimpulkan bahwa *Average Linkage* adalah metode terbaik untuk mengelompokkan Provinsi di Indonesia berdasarkan penerimaan sinyal telepon tahun 2020.

4. Simpulan

Hasil analisis kluster menggunakan metode *K-Means* diperoleh hasil yaitu mengelompokkan Provinsi di Indonesia menjadi 4 kluster dengan anggota kluster yaitu pada kluster 1 terdapat 23 provinsi dan termasuk dalam Provinsi yang memiliki tingkat penerimaan sinyal telepon yang sedang, kluster 2 terdapat 5 provinsi dan termasuk dalam Provinsi yang memiliki tingkat penerimaan sinyal telepon yang tinggi, kluster 3 terdapat 3 provinsi dan termasuk dalam Provinsi yang memiliki tingkat penerimaan sinyal telepon yang sangat tinggi, kemudian pada kluster 4 terdapat 3 provinsi dan termasuk dalam Provinsi yang memiliki tingkat penerimaan sinyal telepon yang rendah. Sedangkan Hasil analisis kluster menggunakan metode *Average Linkage* diperoleh hasil yaitu mengelompokkan Provinsi di Indonesia menjadi 2 kluster dengan anggota kluster yaitu pada kluster 1 terdapat 32 provinsi dan termasuk dalam Provinsi yang memiliki tingkat penerimaan sinyal telepon yang tinggi, kemudian pada kluster 2 terdapat 2 provinsi dan termasuk dalam Provinsi yang memiliki tingkat penerimaan sinyal telepon yang rendah.

Tingkat kebaikan kluster dari analisis kluster dengan metode *K-Means* yang ditunjukkan oleh *silhouette coefficient* yaitu 0,41, sedangkan tingkat kebaikan kluster dari analisis kluster dengan metode *Average Linkage* yang ditunjukkan oleh *silhouette coefficient* yaitu 0,53. Jadi dapat diketahui *silhouette coefficient* dari hasil analisis kluster *Average Linkage* lebih tinggi dibandingkan nilai *silhouette coefficient* yang terbentuk menggunakan metode *K-Means*, sehingga dapat disimpulkan bahwa *Average Linkage* adalah metode terbaik untuk mengelompokkan Provinsi di Indonesia berdasarkan penerimaan sinyal telepon tahun 2020.

Berdasarkan penelitian ini, didapatkan saran yaitu pemerintah daerah yang wilayahnya memiliki tingkat penerimaan sinyal telepon yang rendah diharapkan untuk mengupayakan adanya sinyal telepon sampai pada wilayah yang belum menerima sinyal telepon, sedangkan pemerintah daerah yang wilayahnya masih ada yang memiliki jaringan internet di bawah 4G diharapkan untuk mengupayakan peningkatan jaringan internet ke 4G. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan perbandingan analisis kluster dengan metode yang berbeda dengan penelitian ini, seperti metode *K-Medoids*, *Fuzzy C-Means*, atau *Single Linkage*.

Daftar Pustaka

- Athifaturrofifah, R. G., & Yuniarti, D. (2019). Perbandingan Pengelompokan K-Means Dan K-Medoids Pada Data Potensi Kebakaran Hutan/Lahan Berdasarkan Persebaran Titik Panas (Studi Kasus : Data Titik Panas Di Indonesia Pada 28 April 2018). *Jurnal EKSPONENSIAL* 10(2):143–52.
- BPS. (2019). Statistik Telekomunikasi Indonesia 2019. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Ediyanto, N. M., & Intisari, N. S. (2013). “Pengklasifikasian Karakteristik Dengan Metode K-Means Cluster Analysis.” *Buletin Ilmiah Mat. Stat. Dan Terapannya (Bimaster)* 02(2):133–36.
- Gujarati, D. N. (2003). *Basic Econometrics*. New York: Mc Graw-Hill.
- Gustientiedina, Adiya, M. H., & Desnelita, Y. (2019). “Penerapan Algoritma K-Means Untuk Clustering Data Obat-Obatan Pada RSUD Pekanbaru.” *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi* 5(1):17–24. doi: 10.25077/teknosi.v5i1.2019.17- 24.
- Handoyo, R., M, R. R. & Nasution, S. M. (2014). “Perbandingan Metode Clustering Menggunakan Metode Single Linkage Dan K-Means Pada Pengelompokan Dokumen.” *JSM STMIK Mikroskil* 15(2):73–82.
- Huwaida, H. (2017). “Analisis Cluster K-Means Hasil UMPN Bidang Tata Niaga Politeknik Negeri Banjarmasin.” 17(2):125–32.
- Le, T., Chuc, A. T. & Taghizadeh-Hesary, F. (2019). “Financial Inclusion and Its Impact on Financial Efficiency and Sustainability: Empirical Evidence from Asia.” *Borsa Istanbul* 19(4):310–22. doi: 10.1016/j.bir.2019.07.002.
- Lestari, A. D. (2020). *Pengelompokan Provinsi Di Indonesia Berdasarkan Kriminalitas Menggunakan Metode Ward Dan K-Medoid. (Undergraduate Thesis)*. Universitas Muhammadiyah Semarang.Semarang.
- Pakpahan, R., & Fitriani, Y. (2020). “ANALISA PEMANFAATAN TEKNOLOGI INFORMASI DALAM PEMBELAJARAN JARAK JAUH DI TENGAH PANDEMI VIRUS CORONA COVID-19.” 4(2):30–36.
- Pratiwi, S. I., Widiarini T., & Hakim A. R. (2019). “Analisis Kluster Metode Ward Dan Average Linkage Dengan Validasi Dunn Index Dan Koefisien Korelasi Cophenetic (Studi Kasus: Kecelakaan Lalu Lintas Berdasarkan Jenis Kendaraan Tiap Kabupaten/Kota Di Jawa Tengah Tahun 2018).” 8:486–95.
- Rahmawati, N. D.(2017). *Analisis Kluster Menggunakan Metode Single Linkage, Complete Linkage, Average Linkage, Dan K-Means Untuk Mengelompokkan Kabupaten Di Jawa Tengah Berdasarkan Produksi Palawija Tahun 2015. (Undergraduate Thesis)*. Universitas Negeri Semarang.Semarang.
- Talakua, M. W., Z. A. Leleury, & A. W. Talluta. (2017). Analisis Cluster dengan Menggunakan Metode K-Means untuk Pengelompokan Kabupaten/Kota Di Provinsi Maluku Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia Tahun 2014. *Barekeng : Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan* 11(2):119–28.
- Utama, T. H. N., Saifudin, I. & Wardoyo, A. E. (2019). Analisis Performa Algoritma Fuzzy C-Means Dan K-Means Clustering Untuk Pengelompokan Pelanggan Pada PT. Part Station Jember.
- Widyadhana, D., Hastuti, R. B., Kharisudin, I., & Fauzi, F. (2021). “Perbandingan Analisis Kluster K-Means Dan Average Linkage Untuk Pengklasteran Kemiskinan Di Provinsi Jawa Tengah.” *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika* 4, 584-594.
- Yuan, C., & Yang, H.(2019). “Research on K-Value Selection Method of K-Means Clustering Algorithm.” *Multidisciplinary Scientific Journal* 2(2):226–35.