

Contents list available at www.jurnal.unimed.ac.id

CESS
(Journal of Computing Engineering, System and Science)

journal homepage: <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/cess>



Analisis Cluster K-Means untuk Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Bengkulu berdasarkan Jumlah *Base Transceiver Station* dan Kekuatan Sinyal Telepon Seluler

K-Means Cluster Analysis for District or City Clustering in Bengkulu Province based on The Number of Base Transceiver Stations and The Strength of Cell Phone Signal

Anisa Rahmawati^{1*}, Endah Setyowati²

¹Politeknik APP Jakarta

Jl. Timbul No.34 Ciganjur, Jagakarsa, Jakarta Selatan

²Institut Agama Islam Negeri Ponorogo

Jl. Puspita Jaya, Krajan, Pintu, Kec. Jenangan, Kabupaten Ponorogo, Jawa Timur

email: ¹anisarara07@gmail.com, ²endahsetyowati@iainponorogo.ac.id

ABSTRAK

Keberadaan *Base Transceiver Station* (BTS) dan kekuatan sinyal telepon seluler di suatu wilayah sangat berpengaruh terhadap kemudahan komunikasi dan bertukar informasi antar manusia. Kemudahan dalam berkomunikasi dan bertukar informasi merupakan salah satu aspek untuk mengukur perkembangan teknologi di suatu wilayah. Penelitian ini membahas mengenai penggunaan algoritma *K-Means* untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Bengkulu berdasarkan proporsi keberadaan BTS, proporsi desa dengan sinyal telepon yang kuat, dan proporsi desa dengan sinyal internet 4G. Terdapat tiga *cluster* berdasarkan tiga ukuran tersebut yaitu, *cluster* 1: Kota Bengkulu yang mempunyai nilai baik, *cluster* 2: Bengkulu Selatan, Rejang Lebong, Mukomuko, dan Bengkulu Tengah, serta *cluster* 3: Bengkulu Utara, Kaur, Seluma, Lebong dan Kepahiang. Berdasarkan proporsi keberadaan BTS, proporsi desa dengan sinyal telepon yang kuat, dan proporsi desa dengan sinyal internet 4G dapat disimpulkan bahwa masih terdapat perbedaan yang signifikan antar wilayah kabupaten/kota di Provinsi Bengkulu.

Kata Kunci: *Analisis cluster, Base Transceiver Station (BTS), k-means cluster, sinyal telepon*

ABSTRACT

The existence of a Base Transceiver Station (BTS) and the strength of cell phone signals in an area have greatly affected the ease of communication and exchanging information between people. This is one aspect to measure technological developments in a region. This study aims

*Anisa Rahmawati:
email: anisarara07@gmail.com

to use the K-Means algorithm to classify districts or cities in Bengkulu Province based on the proportion of BTS presence, the proportion of villages with strong telephone signals, and the proportion of villages with 4G internet signals. There are three clusters based on these three variables and there are still significant differences between districts or cities in Bengkulu Province. The output of this study becomes an input for the Bengkulu provincial government to be able to pay attention to the distribution of communication infrastructures in their province.

Keywords: *Base Transceiver Station, cell phone signal, clustering analysis, k-means clustering*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan telekomunikasi mampu memberikan kemudahan manusia untuk dapat berkomunikasi dan saling bertukar informasi tanpa terhalang jarak. Dengan adanya perkembangan telekomunikasi ini tentu tidak ada batasan dikarenakan tiap individu memiliki inisiatif yang kuat untuk mengetahui perkembangan informasi. Hal ini juga didukung dengan mudahnya akses untuk memperoleh informasi tersebut sehingga masyarakat menjadi kritis dan tanggap terhadap hal-hal yang berkembang [1]. Perkembangan tersebut akan terus berlanjut setiap tahunnya dikarenakan semakin banyak orang yang mencoba untuk menemukan teknologi terbaru yang melebihi dari teknologi sebelumnya. Perkembangan telekomunikasi yang semakin pesat ini mempunyai hubungan positif dengan meningkatnya pengguna telepon seluler dan internet. Internet merupakan media untuk mengakses informasi karena sebagai jaringan yang saling berhubungan dari jaringan-jaringan komputer di seluruh dunia. Saat ini internet dapat diakses melalui telepon seluler atau sering disebut sebagai *smartphone* [2].

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), penggunaan telepon seluler di Indonesia mengalami peningkatan dari beberapa tahun terakhir [3]. Peningkatan penggunaan telepon seluler juga didukung dengan peningkatan sistem komunikasi seluler, salah satunya dengan teknologi GSM (*Global System for Mobile Communication*). Pada teknologi komunikasi GSM, BTS (*Base Transceiver Station*) merupakan jantung dari sebuah *cell site* layanan telekomunikasi [4]. Selain penggunaan telepon seluler, berdasarkan data dari BPS, perkembangan penetrasi internet di Indonesia juga mengalami kecenderungan positif yang didukung oleh perluasan penyediaan *broadband* internet [3]. Sayangnya penyebaran akses dan infrastruktur telekomunikasi seperti keberadaan BTS dan kekuatan sinyal telepon seluler belum merata di Indonesia, salah satunya di wilayah Provinsi Bengkulu. Provinsi Bengkulu terbagi dalam sepuluh kabupaten/kota dengan Kota Bengkulu sebagai ibukota provinsi. Berdasarkan data dari Dinas Komunikasi, Informasi, dan Statistik Provinsi Bengkulu tahun 2021, jumlah BTS yang berada di Kota Bengkulu menunjukkan jumlah yang sangat tinggi dan berbeda dengan kabupaten yang lain [5]. Sedangkan untuk kekuatan sinyal telepon seluler, baik keadaan sinyal telepon maupun internet pada kota/kabupaten tersebut sangat beragam. Sehingga selanjutnya variabel-variabel infrastruktur telekomunikasi berupa keberadaan BTS dan kekuatan sinyal telepon seluler dapat digunakan dasar untuk mengelompokkan kota/kabupaten di Provinsi Bengkulu.

Pengelompokan kota/kabupaten ini dilakukan dengan menggunakan analisis cluster dengan algoritma *K-Means*. Algoritma *K-Means* merupakan salah satu metode analisis *clustering* yang paling sering digunakan dan *K-Means* mempunyai kemampuan mengelompokkan data dalam jumlah yang cukup besar dengan waktu komputasi yang relatif

cepat dan efisien [6]. Pada penelitian ini dibahas mengenai pemanfaatan algoritma *K-Means* dalam pengelompokan kabupaten/kota di Provinsi Bengkulu berdasarkan kemiripan karakteristik daerah yang ditinjau dari tiga ukuran indikator yaitu keberadaan BTS, kekuatan sinyal telepon, dan kekuatan sinyal internet 4G. Secara umum, hasil pengelompokan pada penelitian ini dapat menggambarkan kondisi keberadaan BTS dan kekuatan sinyal telepon seluler pada kabupaten/kota di Provinsi Bengkulu. Selanjutnya, *outcome* dari hasil pengelompokan wilayah kabupaten/kota di Provinsi Bengkulu dapat digunakan sebagai bahan perencanaan dan evaluasi sasaran program pemerintah terkait perkembangan telekomunikasi.

2. TINJAUAN TEORI

2.1. Analisis Korelasi

Analisis korelasi dapat didefinisikan sebagai metode statistika yang digunakan untuk mengukur keeratan hubungan antara dua variabel [7]. Besar kecilnya hubungan antar variabel dinyatakan dengan suatu bilangan yang disebut koefisien korelasi. Nilai dari koefisien korelasi antara -1 sampai dengan +1. Nilai dari koefisien korelasi ini dapat menentukan arah dan kuat lemahnya hubungan antar variabel. Koefisien korelasi bernilai positif menunjukkan arah hubungan berbanding lurus antara variabel yang satu dengan lainnya. Sementara itu, koefisien korelasi yang bernilai negatif menunjukkan arah hubungan berbanding terbalik antara variabel yang satu dengan lainnya. Sedangkan nilai koefisien korelasi yang mendekati -1 atau 1 maka menunjukkan hubungan yang kuat. Begitupun sebaliknya, jika nilai koefisien korelasi mendekati 0, maka menunjukkan hubungan yang lemah.

Ada beberapa metode analisis korelasi yang dapat digunakan, salah satunya adalah korelasi product moment atau korelasi Pearson. Korelasi product moment diciptakan oleh Pearson yang dapat digunakan untuk menentukan kecenderungan hubungan antara dua variabel yang memiliki skala interval atau rasio. Rumus untuk menentukan koefisien korelasi menggunakan korelasi product moment adalah sebagai berikut.

$$r_{XY} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \cdot \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2}}$$

r_{xy} : koefisien korelasi

n : banyak data

x : variabel pertama

y : variabel kedua

Nilai korelasi ini digunakan sebagai identifikasi awal untuk mengetahui ada tidaknya indikasi multikolinieritas antar variabel. Multikolinieritas menunjukkan adanya hubungan yang kuat antar variabel bebas. Jika kedua variabel mempunyai hubungan yang kuat, maka variabel yang satu dapat diwakili oleh variabel lainnya. Sedangkan yang diharapkan dalam analisis clustering ini adalah tidak adanya multikolinieritas sehingga seluruh variabel dapat diikutsertakan dalam analisis. Terdapat beberapa cara mendeteksi multikolinieritas salah satunya dengan menghitung koefisien korelasi antara sesama variabel bebas. Jika nilai koefisien korelasi melebihi 0,8 maka ini mengindikasikan adanya masalah multikolinieritas [8].

2.2. Analisis Cluster

Clustering merupakan suatu teknik yang dapat digunakan untuk mengelompokkan sekumpulan data menjadi beberapa kelompok data berdasarkan kemiripan karakteristik yang

dimilikinya. Analisis *cluster* bertujuan untuk mengelompokan individu atau objek ke dalam beberapa kelompok yang memiliki sifat berbeda antar kelompok, sehingga individu atau objek yang terletak di dalam satu kelompok akan mempunyai sifat relatif homogen [9]. Proses clustering dapat dilakukan dengan dua metode utama, yaitu metode Hirarki dan metode Non Hirarki.

a. Metode Hirarki

Metode hirarki merupakan metode pengelompokan data atau objek secara hirarki berdasarkan kemiripan sifatnya yang belum diketahui jumlah *cluster* yang terbentuk. Umumnya, metode hirarki ditampilkan dalam bentuk dendogram untuk membantu mempermudah dalam proses hirarki tersebut. Metode *clustering* hirarki dapat dilakukan berdasarkan pendekatan *agglomerative* (penggabungan) dan *divisive* (pemisahan). Pendekatan *agglomerative* menggabungkan satu persatu objek menjadi *cluster-cluster* baru yang telah ditentukan kedekatan antar *clusternya*. Proses penentuan kedekatan dilakukan dengan menghitung jarak antar *cluster*. Pendekatan *divisive* yaitu memulai banyaknya cluster sebanyak satu cluster beranggotakan seluruh objek, kemudian dipisahkan menjadi dua berdasarkan kriteria kedekatan, dan seterusnya [9].

b. Metode Non Hirarki

Metode non hirarki merupakan metode pengelompokan data atau objek dengan menentukan jumlah cluster yang terbentuk terlebih dahulu. Setelah ditentukan banyak cluster yang diinginkan dapat dilakukan pengelompokan tanpa proses hirarki. Metode non hirarki dapat diterapkan pada data yang ukurannya lebih besar. Metode non hirarki yang sering digunakan adalah metode *K-Means cluster*.

2.3 K-Means Clustering

Algoritma *K-Means* merupakan salah satu metode data clustering non hirarki yang berfungsi untuk mempartisi sekelompok data yang ada dalam satu atau lebih kelompok/*cluster*, sehingga data dengan karakteristik yang sama dikelompokkan dalam satu *cluster* yang sama dan data dengan karakteristik yang berbeda dikelompokkan dalam kelompok yang lain. Tujuan pengelompokan pada algoritma *K-Means* ini adalah untuk meminimalkan *objective function* yang di set dalam proses pengelompokan, yang pada dasarnya berusaha untuk meminimalkan variansi dalam satu klaster dan memaksimalkan variansi antar *cluster* [9]. Kelebihan algoritma *K-Means* adalah efisien untuk data yang memiliki dimensi variabel dan jumlah data yang besar.

Algoritma *K-Means* membutuhkan parameter input *k* sebagai jumlah *cluster* pertama dengan membagi sekumpulan *n* data kedalam *k cluster* berdasarkan kemiripan anggota *cluster*. Kemiripan anggota terhadap *cluster* diukur dengan kedekatan data observasi terhadap pusat *cluster* (*centroid cluster*) yang merupakan nilai mean dari keanggotaan *cluster* tersebut. Langkah-langkah pengelompokan menggunakan algoritma *K-Means* dapat dilakukan sebagai berikut.

- a. Tentukan jumlah *cluster* (*k*) dan tentukan nilai sebarang untuk *centroid cluster*.
- b. Hitung jarak setiap objek ke *centroid cluster*. Perhitungan jarak objek ke *centroid cluster* dapat ditentukan menggunakan Jarak *Euclidean* dengan persamaan berikut.

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

- d* : jarak antar dua objek
*x*₁ : objek pertama
*x*₂ : objek kedua

- c. Kelompokkan objek ke dalam *cluster* dengan jarak yang paling dekat. Pengelompokan objek ke dalam masing-masing *cluster* dalam algoritma *K-Means* didasarkan pada perbandingan jarak terdekat antara objek dengan *centroid cluster* setiap *cluster* yang ada.
- d. Hitung *centroid cluster* dari objek yang ada di masing-masing *cluster*. *Centroid cluster* setiap *cluster* diambil dari rata-rata semua nilai objek pada *cluster*. Nilai *centroid cluster* setiap *cluster* dapat ditentukan dengan rumus berikut.

$$\bar{x}_{\ell j} = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} x_{..i} \quad (2)$$

$\bar{x}_{\ell j}$: nilai rata-rata variabel ℓ ($\ell = 1, 2, \dots, p$) pada *cluster* ke- j ($j = 1, 2, \dots, k$)

n_j : jumlah objek pada *cluster* ke- j

$x_{..i}$: nilai objek ke- i ($i = 1, 2, \dots, n_j$) pada variabel ℓ dan *cluster* ke- j

- e. Ulangi langkah b-d hingga tidak ada lagi objek yang berpindah ke *cluster* yang lain.

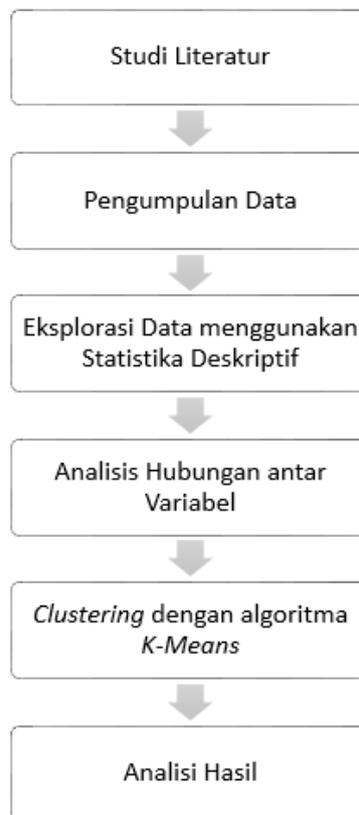
2.4 Base Transceiver Station (BTS) dan Sinyal Telepon Seluler

Base Transceiver Station (BTS) merupakan menara telekomunikasi yang dilengkapi dengan antena pemancar dan penerima gelombang radio. Antena pemancar dan penerima gelombang radio ini berfungsi untuk menghubungkan jaringan operator telekomunikasi seluler dengan perangkat milik pelanggan. Penggunaan BTS diterapkan pada teknologi komunikasi nirkabel (*mobile*). Teknologi komunikasi *mobile* yang umum digunakan adalah GSM (*Global System for Mobile Communication*) dan CDMA (*Code Division Multiple Access*). BTS memiliki jangkauan yang bergantung pada kekuatan pancaran sinyal dari yang dikirimkan melalui antena pemancar ke pelanggan dan sebaliknya.

Saat ini, telepon seluler merupakan media komunikasi nirkabel yang paling banyak digunakan oleh masyarakat. Selain berfungsi sebagai telepon, telepon seluler mempunyai layanan tambahan seperti *Short Messages Services* (SMS), email dan akses Internet, serta aplikasi berbagai macam bidang. Dalam penggunaannya, telepon seluler memerlukan sinyal yaitu sinyal telepon dan sinyal internet. Sinyal telepon digunakan untuk melakukan komunikasi tanpa menggunakan internet seperti telepon dan SMS. Sementara itu, sinyal internet digunakan untuk melakukan komunikasi menggunakan internet seperti email, mencari informasi menggunakan browser, atau penggunaan aplikasi yang membutuhkan internet.

3. METODE

Pada penelitian ini digunakan algoritma *K-Means Clustering* untuk melakukan analisis pengelompokan kabupaten/kota di Provinsi Bengkulu berdasarkan jumlah BTS dan kekuatan sinyal. Proses yang dilakukan untuk mendapatkan hasil pengelompokan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* ditampilkan pada *flowchart* berikut.



Gambar 1. Alur Penelitian

- 1) Pada tahap studi literatur peneliti mempelajari literasi yang relevan dengan penelitian dari referensi yang kredibel.
- 2) Pengumpulan data untuk penelitian dilakukan dengan menggunakan data sekunder dari hasil pendataan Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Bengkulu pada tahun 2018.
- 3) Ekspolasi data dilakukan peneliti untuk dapat memahami data sebelum dilakukan analisis data lebih lanjut.
- 4) Analisis hubungan antar variabel dilakukan untuk melihat apakah antara variabel independen mempunyai multikolinearitas atau tidak. Tahap ini diperlukan sebelum melakukan *clustering*, karena pada *clustering* masing-masing variable independen nya harus tidak mempunyai multikolinearitas.
- 5) Pada tahap *clustering* dilakukan pengelompokan kabupaten/kota di Provinsi Bengkulu berdasarkan proporsi keberadaan BTS, proporsi desa dengan sinyal telepon yang kuat, dan proporsi desa dengan sinyal internet 4G menggunakan algoritma *K-Means*.
- 6) Pada analisis hasil, peneliti membandingkan hasil *clustering* dengan kondisi yang ada di lapangan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Variabel

Dalam penelitian ini variabel-variabel yang digunakan adalah indikator akses dan infrastruktur telekomunikasi sebagai berikut.

X_1 : Proporsi adanya BTS (*Base Transceiver Station*)

X_2 : Proporsi desa dengan sinyal telepon yang kuat

X_3 : Proporsi desa dengan sinyal internet 4G

Secara astronomis, Provinsi Bengkulu terletak antara 2°16' sampai 3°31' LS dan antara 101°01' sampai 103°41' BT. Sementara jika dilihat dari letak geografisnya, Provinsi Bengkulu di sebelah utara berbatasan dengan Provinsi Sumatera Barat, di sebelah selatan berbatasan dengan Samudra Indonesia dan Provinsi Lampung, di sebelah barat berbatasan dengan Samudra Indonesia, dan di sebelah timur berbatasan dengan Provinsi Jambi dan Provinsi Sumatera Selatan [5]. Provinsi Bengkulu terbagi dalam sepuluh kabupaten/kota, dimana Kabupaten Bengkulu Utara merupakan wilayah terluas yang memiliki porsi sebesar 21,71 persen dari total seluruh wilayah Provinsi Bengkulu, sedangkan wilayah terkecil dimiliki oleh Kota Bengkulu yang hanya sebesar 0,76 persen dari total luas Provinsi Bengkulu.

Membahas mengenai kondisi komunikasi di Bengkulu, berikut ini data mengenai proporsi adanya BTS (*Base Transceiver Station*), proporsi desa dengan sinyal telepon yang kuat, dan proporsi desa dengan sinyal internet 4G yang selanjutnya digunakan sebagai variabel dalam penelitian ini.

Tabel 1. Nilai Variabel yang digunakan

No	Kabupaten/Kota	Nilai Variabel		
		X_1	X_2	X_3
1	Bengkulu Selatan	0,247	0,766	0,810
2	Rejang Lebong	0,397	0,615	0,761
3	Bengkulu Utara	0,336	0,555	0,701
4	Kaur	0,164	0,640	0,833
5	Seluma	0,252	0,553	0,785
6	Mukomuko	0,362	0,625	0,841
7	Lebong	0,221	0,559	0,863
8	Kapahiang	0,231	0,573	0,789
9	Bengkulu Tengah	0,252	0,741	0,810
10	Kota Bengkulu	0,746	0,701	0,985

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa berdasarkan data ketersediaan BTS di Provinsi Bengkulu pada tahun 2018 terlihat jelas bahwa Kota Bengkulu memiliki proporsi yang paling tinggi jika dibandingkan dengan kabupaten/kota yang lain. Proporsi adanya BTS di Kota Bengkulu adalah sebesar 0,746 yang menunjukkan bahwa sebesar 74,6% desa yang ada di Kota Bengkulu telah terpasang BTS sebagai salah satu alat yang memudahkan komunikasi. Sedangkan untuk kota/kabupaten lain memiliki proporsi ketersediaan BTS sekitar 16,4% hingga 39,7%. Hal ini juga menunjukkan adanya proporsi ketersediaan BTS yang sangat berbeda antara Kota Bengkulu dengan kabupaten/kota lainnya karena Kota Bengkulu merupakan Ibukota Provinsi Bengkulu, sehingga infrastruktur di kota tersebut cukup memadai. Selanjutnya berdasarkan Badan Pusat Statistik (2022), jumlah BTS di Provinsi Bengkulu terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Dalam lima tahun terakhir telah terjadi penambahan jumlah BTS sebanyak 53,29 persen.

Selanjutnya, berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa rata-rata proporsi desa yang telah memiliki sinyal telepon kuat di Provinsi Bengkulu berkisar antara 0,61 hingga 0,76. Artinya, jumlah desa yang telah memiliki sinyal telepon kuat sudah menunjukkan persentase yang cukup tinggi dan sudah merata di seluruh kota/kabupaten di Provinsi Bengkulu. Nilai proporsi yang berkisar antara 0,61 hingga 0,76 ini memberikan penjelasan bahwa dari 100

desa yang dimiliki oleh suatu kota/kabupaten sebanyak 61 hingga 76 desa telah memiliki sinyal telepon yang kuat sedangkan sekitar 24 hingga 39 desa masih memiliki sinyal telepon sedang maupun lemah.

Variabel terakhir merupakan proporsi desa yang telah memiliki sinyal internet 4G. Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa proporsi desa per kota/kabupaten di Provinsi Bengkulu yang telah memiliki sinyal internet 4G berkisar antara 0,7 hingga 0,98. Nilai proporsi tersebut menunjukkan misal terdapat 100 desa dalam suatu kota/kabupaten di Provinsi Bengkulu, maka sebanyak 70 hingga 98 desa telah mempunyai akses internet dengan jaringan 4G, sedangkan sisanya merupakan desa yang memiliki akses internet dengan jaringan 3G, 2.5G, bahkan tidak ada jaringan untuk akses internet. Persebaran sinyal internet 4G di Provinsi Bengkulu dapat dikatakan telah merata dengan tingkat jaringan yang tinggi pula, terutama pada Kota Bengkulu. Kota Bengkulu yang sekaligus sebagai Ibukota Provinsi Bengkulu mampu direalisasikan sinyal internet 4G yang paling tinggi yaitu sebesar 98% desa di kota tersebut telah memiliki sinyal internet 4G. Seiring dengan perkembangannya, pada tahun 2020 telah terdapat peningkatan akses internet di Provinsi Bengkulu yaitu sebanyak 1.064 desa/kelurahan menerima sinyal 4G/LTE, 308 desa/kelurahan menerima sinyal 3G/H/H+/EVDO, dan 97 desa/kelurahan menerima sinyal 2,5G/E/ GPRS [5]. Selanjutnya ketiga variabel tersebut digunakan sebagai variabel penentu pada pengelompokan kota/kabupaten di Provinsi Bengkulu. Pengelompokan atau *clustering* yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan algoritma *K-Means*.

4.2. Hasil Penelitian

4.2.1. Uji Korelasi

Pengujian korelasi dilakukan antar variabel yang digunakan dalam penelitian yaitu proporsi adanya BTS (X_1), proporsi desa dengan sinyal telepon yang kuat (X_2), dan proporsi desa dengan sinyal internet 4G (X_3). Uji korelasi dilakukan untuk melihat apakah antara variabel independen tersebut mempunyai multikolinearitas atau tidak. Multikolinearitas dapat diartikan sebagai situasi yang menunjukkan adanya hubungan kuat antara dua variabel bebas. Dengan demikian, apabila kedua variabel mempunyai hubungan yang kuat, maka variabel yang satu dapat diwakili oleh variabel lainnya. Berdasarkan data pada Tabel 1 diperoleh nilai korelasi antar variabel bebasnya sebagai berikut.

Tabel 2. Nilai Korelasi antar Variabel Bebas

	X_1	X_2	X_3
X_1	1		
X_2	0,221965	1	
X_3	0,587993	0,391631642	1

Koefisien korelasi dari masing-masing variabel mempunyai nilai yang kurang dari 0,8 sehingga dapat disimpulkan bahwa antar variabelnya tidak mempunyai hubungan yang kuat. Artinya masing-masing variabel tidak dapat diwakili oleh variabel lainnya.

4.2.2. Proses Iterasi

Jumlah *cluster* yang digunakan dalam pengelompokan (*clustering*) data kabupaten/kota di Provinsi Bengkulu berdasarkan BTS dan sinyal telepon seluler pada tahun 2018 ada 3 cluster yaitu baik, sedang, dan kurang.

Dalam menentukan keanggotaan dari 3 cluster dilakukan dengan menggunakan algoritma K-Means. Titik *centroid* (*centroid cluster*) pada iterasi pertama dalam penerapan algoritma K-Means diberikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Nilai *Centroid Cluster* Awal

Atribut	X_1	X_2	X_3
Kelas Baik (C_1)	0,7	0,8	0,9
Kelas Sedang (C_2)	0,4	0,6	0,85
Kelas Kurang (C_3)	0,2	0,5	0,7

Selanjutnya, dilakukan proses perhitungan jarak antara objek dengan *centroid cluster* awal pada iterasi pertama dengan menggunakan persamaan (1). Hasil perhitungan jarak keanggotaan dengan *centroid cluster* awal sebagai berikut.

Tabel 4. Perhitungan Jarak pada Iterasi Pertama

No	Kabupaten/Kota	C_1	C_2	C_3
1	Bengkulu Selatan	0,463	0,229	0,292
2	Rejang Lebong	0,381	0,090	0,237
3	Bengkulu Utara	0,482	0,168	0,147
4	Kaur	0,563	0,240	0,197
5	Seluma	0,524	0,168	0,113
6	Mukomuko	0,385	0,046	0,248
7	Lebong	0,537	0,184	0,174
8	Kapahiang	0,533	0,182	0,119
9	Bengkulu Tengah	0,461	0,209	0,270
10	Kota Bengkulu	0,138	0,385	0,648

Proses iterasi pertama dilakukan dengan mengambil jarak terdekat dari masing-masing objek terhadap *centroid cluster*. Berdasarkan proses *clustering* pada Tabel 4, diperoleh hasil *clustering* pada iterasi pertama yang dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Pengelompokan Objek Iterasi Pertama

No	Kabupaten/Kota	C_1	C_2	C_3
1	Bengkulu Selatan		1	
2	Rejang Lebong		1	
3	Bengkulu Utara			1
4	Kaur			1
5	Seluma			1
6	Mukomuko		1	
7	Lebong			1
8	Kapahiang			1
9	Bengkulu Tengah		1	
10	Kota Bengkulu	1		

Dari data BTS dan sinyal telepon seluler menurut kabupaten/kota di Provinsi Bengkulu, ditemukan pengelompokan pada iterasi pertama untuk 3 *cluster*. Kelompok wilayah dengan

BTS dan sinyal telepon seluler tinggi (C_1) terdiri atas 1 kota. Kelompok wilayah dengan BTS dan sinyal telepon seluler sedang (C_2) terdiri atas 4 kabupaten. Kelompok wilayah dengan BTS dan sinyal telepon seluler kurang (C_3) terdiri atas 5 kabupaten.

Selanjutnya, dilakukan iterasi kedua dengan menetapkan nilai *centroid cluster* yang baru pada masing-masing *cluster*. Nilai *centroid cluster* setiap cluster diambil dari rata-rata semua nilai pada *cluster* dengan menggunakan persamaan (2). Titik *centroid (centroid cluster)* pada iterasi kedua dalam penerapan algoritma *K-Means* diberikan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Nilai *Centroid Cluster* pada Iterasi 2

Atribut	X_1	X_2	X_3
Kelas Baik (C_1)	0,746	0,701	0,985
Kelas Sedang (C_2)	0,314	0,687	0,806
Kelas Kurang (C_3)	0,241	0,576	0,794

Hasil perhitungan jarak keanggotaan dengan *centroid cluster* pada iterasi kedua sebagai berikut.

Tabel 7. Perhitungan Jarak pada Iterasi Kedua

No	Kabupaten/Kota	C_1	C_2	C_3
1	Bengkulu Selatan	0,533	0,104	0,191
2	Rejang Lebong	0,423	0,118	0,165
3	Bengkulu Utara	0,519	0,170	0,135
4	Kaur	0,605	0,159	0,108
5	Seluma	0,553	0,149	0,028
6	Mukomuko	0,418	0,086	0,139
7	Lebong	0,558	0,168	0,073
8	Kapahiang	0,566	0,142	0,012
9	Bengkulu Tengah	0,526	0,083	0,167
10	Kota Bengkulu	0	0,468	0,554

Berdasarkan proses *clustering* pada Tabel 7, diperoleh hasil *clustering* pada iterasi kedua yang dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Pengelompokan Objek Iterasi Kedua

No	Kabupaten/Kota	C_1	C_2	C_3
1	Bengkulu Selatan		1	
2	Rejang Lebong		1	
3	Bengkulu Utara			1
4	Kaur			1
5	Seluma			1
6	Mukomuko		1	
7	Lebong			1
8	Kapahiang			1
9	Bengkulu Tengah		1	
10	Kota Bengkulu	1		

Berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 8 dapat dilihat bahwa pada iterasi tidak ada objek yang berpindah *cluster*, sehingga proses iterasi pada analisis K-Means hanya dibutuhkan 2 kali iterasi. Dengan demikian, diperoleh hasil dari pengelompokan dengan algoritma K-Means yaitu kelompok wilayah dengan BTS dan sinyal telepon seluler baik (C_1) terdiri atas 1 kota yaitu Kota Bengkulu. Kelompok wilayah dengan BTS dan sinyal telepon seluler sedang (C_2) terdiri atas 4 kabupaten yaitu Bengkulu Selatan, Rejang Lebong, Mukomuko, dan Bengkulu Tengah. Kelompok wilayah dengan BTS dan sinyal telepon seluler kurang (C_3) terdiri atas 5 kabupaten yaitu Bengkulu Utara, Kaur, Seluma, Lebong dan Kepahiang.

4.3. Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan proses *clustering* yang telah dilakukan, hasil yang diperoleh dapat digambarkan secara spasial.



Gambar 2. Hasil Pengelompokan Kota dan Kabupaten di Provinsi Bengkulu dengan Algoritma K-Means Clustering

Kota Bengkulu merupakan wilayah yang berada pada *cluster* C_1 yaitu wilayah dengan BTS dan sinyal telepon seluler yang baik. Hal ini disebabkan karena Kota Bengkulu merupakan ibu kota provinsi Bengkulu sehingga akses dan infrastruktur lebih maju dibandingkan wilayah lain. Selain itu, di Kota Bengkulu terdapat kawasan pelabuhan pulau Baai yang menjadi Kawasan Ekonomi Khusus (KEK).

Wilayah yang berada pada *cluster* C_3 yaitu wilayah dengan BTS dan sinyal telepon seluler yang kurang sebagian besar dikarenakan merupakan wilayah pemekaran kabupaten lainnya. Kabupaten Kaur dan Kabupaten Seluma merupakan pemekaran Kabupaten Bengkulu Selatan. Kabupaten Lebong dan Kabupaten Kepahiang merupakan pemekaran Kabupaten Rejang Lebong. Sementara itu, wilayah induk Kabupaten Bengkulu Selatan dan Kabupaten Rejang Lebong berada pada *cluster* C_2 yaitu wilayah dengan BTS dan sinyal telepon seluler yang sedang. Hal ini dikarenakan di Provinsi Bengkulu, sebagian besar wilayah pemekaran umumnya merupakan daerah yang belum begitu berkembang serta minim fasilitas dan infrastruktur publik.

Berbeda dengan wilayah pemekaran lainnya, Kabupaten Mukomuko, yang merupakan pemekaran Kabupaten Bengkulu Utara, berada pada *cluster* C_2 bersama dengan Kabupaten

Bengkulu Tengah. Sementara itu Kabupaten Bengkulu Utara, yang wilayahnya termasuk Pulau Enggano, berada pada *cluster* C_3 .

5. KESIMPULAN

Analisis *clustering* yang digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan kota/kabupaten di Provinsi Bengkulu berdasarkan keberadaan jumlah *Base Transceiver Station* (BTS) dan kondisi kekuatan sinyal telepon seluler. Metode analisis *clustering* yang digunakan adalah algoritma *K-Means* dengan menggunakan variabel proporsi adanya BTS, proporsi desa dengan sinyal telepon yang kuat, dan proporsi desa dengan sinyal internet 4G. Berdasarkan hasil deskriptif dari ketiga variabel tersebut, diketahui bahwa keberadaan BTS tertinggi berada di Kota Bengkulu dan memiliki proporsi jumlah yang sangat berbeda dengan kabupaten yang lain. Sedangkan untuk proporsi desa dengan sinyal telepon kuat dan proporsi desa dengan sinyal 4G memiliki persentase yang hampir sama di setiap kabupaten/kota yaitu sekitar 70%. Dalam analisis ini, dibentuk tiga 3 *cluster* yaitu wilayah dengan BTS dan sinyal telepon seluler baik (C_1), wilayah dengan BTS dan sinyal telepon seluler sedang (C_2), dan wilayah dengan BTS dan sinyal telepon seluler kurang (C_3). Berdasarkan hasil *clustering* diperoleh keanggotaan cluster terbaik dengan menggunakan dua kali iterasi. Keanggotaan untuk C_1 terdiri atas 1 kota yaitu Kota Bengkulu, keanggotaan untuk C_2 terdiri atas 4 kabupaten yaitu Bengkulu Selatan, Rejang Lebong, Mukomuko, dan Bengkulu Tengah, serta keanggotaan untuk C_3 terdiri atas 5 kabupaten yaitu Bengkulu Utara, Kaur, Seluma, Lebong dan Kepahiang. Hal utama yang mendasari bahwa Kota Bengkulu masuk sebagai keanggotaan C_1 yaitu karena Kota Bengkulu merupakan ibu kota provinsi sehingga akses dan infrastruktur lebih maju dibandingkan wilayah lain. Sedangkan 5 kabupaten yang masuk dalam wilayah yang berada pada cluster C_3 sebagian besar dikarenakan merupakan wilayah pemekaran kabupaten lainnya. Hasil pengelompokan ini selanjutnya dapat dijadikan rekomendasi bagi pemerintah daerah untuk perbaikan dan pemerataan pembangunan akses dan infrastruktur telekomunikasi di Provinsi Bengkulu.

REFERENSI

- [1] F. Yani dan E. Darmayanti, "Peranan Teknologi dan Informasi terhadap Perkembangan Hukum di Indonesia", *Jurnal Lex Justitia*, Vol. 3, no. 1, pp 36-51, 2021.
- [2] Y. M. Putra dan J. A. Sahlulghaney, "Efektifitas Pemanfaatan Telekomunikasi Internet dan Teknologi Nirkabel pada KAP PKF Paul Hadiwinata", 2019.
- [3] Badan Pusat Statistik, "Indeks Pembangunan Teknologi Informasi dan Komunikasi 2019", Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2020.
- [4] S. Budiyanto dan A. Saputra, "Optimalisasi Kinerja (*Internet Protocol*) *IP Clock* pada Jaringan *Base Transceiver Station* (BTS)", *Jurnal Teknologi Elektro Universitas Mercu Buana*, Vol. 7, No. 2, pp. 114-122, 2016.
- [5] Badan Pusat Statistik Provinsi Bengkulu, "Bengkulu dalam Angka 2022", Bengkulu: Badan Pusat Statistik, 2022.
- [6] P. P. Sari dan Kismiantini, "Pengelompokan Kecamatan berdasarkan Alat Kontrasepsi menggunakan Algoritma K-Means: Studi Kasus Kecamatan di Provinsi DI Yogyakarta", *Seminar Nasional Official Statistics*, Vol. 2022, No. 1, pp. 723-730, 2022.
- [7] C. C. Astuti, "Analisis Korelasi untuk Mengetahui Keeratan Hubungan antara Keaktifan Mahasiswa dengan Hasil Belajar Akhir", *Journal of Information Computer Technology Education*, Vol. 1, No. 1, pp. 1-7, 2017.

- [8] S. I. Kusuma, S. B. Pambudi, dan A. W. Suprayitno, “Pengaruh Standar Biaya Keluaran terhadap Efisiensi Anggaran Kementerian Negara/Lembaga”, *Jurnal Anggaran dan Keuangan Negara Indonesia*, Vol. 1, No. 1, pp. 51-70, 2019.
- [9] M. W. Talakua, Z. A. Leleury, A. W. Talluta, “Analisis Cluster dengan Menggunakan Metode K-Means untuk Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia Tahun 2014”, *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, Vol. 11, No. 1, pp. 119 – 128, 2017.