

Perbandingan Metode Single Linkage, Complete Linkage Dan Average Linkage dalam Pengelompokan Kecamatan Berdasarkan Variabel Jenis Ternak Kabupaten Sidoarjo

Sulthan Fikri Mu'afa¹, Nurissaidah Ulinnuha²

^{1,2} Program Studi Matematika Universitas Islam Sunan Ampel Surabaya

¹ fikrimuafa@gmail.com, ² nuris.ulinnuha@uinsby.ac.id

Abstract— Livestock products are widely used by the community in their daily lives, for example as food ingredients, industrial material sources, labor resources, fertilizer sources and energy sources. This study aims to cluster livestock potential with data on livestock population in Sidoarjo Regency in 2017 with single linkage, complete linkage and average linkage method and comparing performance of the methods. In this cluster, the data will be grouped into 3 clusters. The results of the three clusters were obtained by sixteen sub-districts in the first cluster with the potential for low livestock and each one in the second and third clusters for single linkage and average linkage. While complete linkage obtained fifteen sub-districts in the first cluster with high potential for livestock, two sub-districts in the second cluster with the potential of medium livestock and one sub-district in the third cluster with the potential for high farm animals. In the comparison of the standard deviation ratio value, the smallest value of 0.222 is obtained by complete linkage, which shows that complete linkage is better than single linkage and average linkage in the case of subgrouping based on Sidoarjo regency livestock types.

Keywords— farm animals, single linkage, complete linkage, average linkage, cluster analysis

Abstrak— Hasil peternakan banyak dimanfaatkan oleh masyarakat dalam kehidupan sehari-hari, misalnya sebagai bahan makanan, sumber bahan industri, sumber tenaga kerja, sumber pupuk dan sumber energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkluster potensi peternakan dengan data populasi hewan ternak di Kabupaten Sidoarjo pada tahun 2017 dengan metode *single linkage*, *complete linkage* dan *average linkage* serta melakukan perbandingan kinerja metode. Dalam pengklusteran ini akan dijadikan menjadi 3 kluster. Hasil ketiga kluster tersebut diperoleh 16 kecamatan di kluster pertama dengan potensi hewan ternak rendah dan masing-masing 1 kecamatan di kluster kedua dan ketiga untuk metode *single linkage* dan *average linkage*. Sedangkan metode *complete linkage* diperoleh 15 kecamatan di kluster pertama dengan potensi hewan ternak tinggi, 2 kecamatan di kluster kedua dengan potensi hewan ternak sedang dan 1 kecamatan pada kluster ketiga dengan potensi hewan ternak tinggi. Pada perbandingan nilai rasio simpangan baku, diperoleh nilai terkecil sebesar 0,222 yang dimiliki oleh *complete linkage*, yang menunjukkan bahwa metode *complete linkage* lebih baik dibandingkan dengan metode *single linkage* dan *average linkage* pada kasus pengelompokan kecamatan berdasarkan variabel jenis ternak kabupaten Sidoarjo.

Kata kunci — hewan ternak, *single linkage*, *complete linkage*, *average linkage*, analisis kluster

I. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari hasil dari peternakan dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan makanan karena bahan makanannya memiliki nilai gizi yang tinggi dan menghasilkan banyak protein dimana hal ini dibutuhkan dalam pertumbuhan dan perkembangan fisik supaya dapat menjaga kesehatan tubuh dan meningkatkan kecerdasan. Selain itu hasil peternakan juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan industri, sumber tenaga kerja, sumber pupuk dan sumber energi [1].

Berdasarkan data BPS Kabupaten Sidoarjo [2], pada tahun 2013-2016 di Kabupaten Sidoarjo rata-rata terjadi peningkatan populasi hewan ternak. Berdasarkan data tersebut populasi ternak rata-rata terjadi peningkatan populasi. Hal ini menunjukkan masyarakat menyadari bidang peternakan dapat memiliki potensi dan manfaat dalam kehidupan manusia baik yang bersifat langsung maupun tidak langsung. Dengan begitu, hal ini dapat menjadi perhatian bagi para peternak dan khususnya pemerintah atau pelaku dan penentu kebijakan. Oleh sebab itu, semua pihak yang terlibat dalam sektor

peternakan supaya dapat memelihara dan meningkatkan produktivitas dari sektor peternakan.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah membuat suatu pengelompokan suatu wilayah ke dalam suatu pengelompokan yang memiliki karakteristik yang hampir sama. Hal ini berguna untuk memberikan suatu informasi ternak di masing-masing wilayah dapat memberikan suatu perhatian dalam bentuk bimbingan di setiap wilayah supaya dapat menghasilkan sesuatu yang lebih baik di kemudian hari. Cara yang digunakan untuk pengelompokan, salah satunya dengan menggunakan analisis kluster.

Analisis kluster merupakan suatu teknik multivariat dalam analisis statistik yang bertujuan untuk mengelompokkan objek-objek yang memiliki karakteristik yang sama ke dalam suatu kelompok lebih kecil. Dalam analisis kluster terdapat dua metode secara umum yaitu metode hierarki dan metode non-hierarki. Pada metode hierarki terdapat beberapa metode yaitu metode pautan tunggal (*single linkage*), metode pautan lengkap (*complete linkage*), metode pautan rata-rata (*average linkage*), dan

metode ward. sedangkan untuk metode yang termasuk dalam metode non-hierarki yaitu metode K-Means [3].

Dalam pengklasteran antara metode hierarki dan non hierarki. Metode hierarki yakni *single linkage*, *complete linkage* dan *average linkage* lebih baik diantara ward dan k-means. Hal ini ditunjukkan dari pengklasteran beberapa penelitian terdahulu yaitu produksi palawija provinsi Kalimantan Timur [4], curah hujan di kabupaten Banjar provinsi Kalimantan Selatan [5], jumlah kasus penyakit di provinsi D.I. Yogyakarta [6], variabel Jenis Ternak Di Kabupaten Semarang [7], kasus penyakit pada balita [8] dan pekerjaan responden nasabah asuransi jiwa unit link [9].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Peternakan

Peternakan adalah suatu kegiatan membudidayakan hewan ternak untuk dapat memperoleh manfaat dari kegiatan tersebut. Ternak adalah hewan yang dipelihara khusus sebagai penghasil bahan-bahan dan jasa-jasa yang dapat dimanfaatkan oleh kepentingan manusia. Adapun jenis hewan ternak diantaranya sapi, kerbau, kuda, kambing, domba, ayam dan itik [1].

B. Multikolinieritas

Multikolinieritas merupakan suatu kondisi dimana terdapat korelasi antar variabel prediktor saat model regresi menggunakan lebih dari satu prediktor. Dan apabila terjadi multikolinieritas pada data akan menyebabkan matriks $(X^T X)^{-1}$ mempunyai determinan sama dengan nol. Untuk mengetahui multikolinieritas salah satunya adalah dengan menghitung nilai *Variance Inflation factors* (VIF) dengan rumus:

$$VIF = \frac{1}{1-R_j^2} \quad (1)$$

Jika nilai VIF lebih besar dari 10 menunjukkan terjadinya multikolinieritas antara variabel-variabel prediktor. Selain menggunakan tiga kriteria tersebut dapat juga dicari dengan nilai tolerance yang dirumuskan dengan : [10]

$$Tolerance = \frac{1}{VIF} \quad (2)$$

C. Analisis Klaster

Analisis klaster merupakan salah satu kelompok dalam teknik multivariat yang termasuk dalam metode interdependensi yaitu tidak terdapat satu pun variabel yang diartikan sebagai suatu variabel bebas atau variabel terikat. Tujuan dari analisis klaster yaitu mengelompokkan suatu objek berdasarkan karakteristik yang sama. Pengelompokkan objek akan diklasifikasikan menjadi satu atau lebih sehingga satu kelompok (klaster) memiliki kemiripan dibandingkan objek yang lain.

Untuk menentukan kedua objek diartikan mirip, perlu didefinisikan ukuran kemiripan antar dua objek. Hal ini dilakukan agar memperoleh matrik proximity yaitu matrik persegi dan simetri dengan banyaknya objek yang sama pada baris maupun kolom. Matrik ini menunjukkan kemiripan atau

ketakmiripan antar objek tersebut. Salah satu cara untuk mengukur jarak antar objek dengan rumus jarak *Euclidean* sebagai berikut : [3]

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_{ik} - y_{jk})^2} \quad (3)$$

D. Metode Hierarki

Langkah-langkah dalam algoritma klaster menggunakan metode hirarki aglomerative untuk mengelompokkan N objek : [11]

- i. Mulai dengan N klaster, setiap klaster mengandung entiti tunggal dan sebuah matriks simetrik dari jarak (similarities) $D = \{d_{ik}\}$ menggunakan rumus *Euclidean* dengan tipe $N \times N$.
- ii. Cari matriks jarak untuk pasangan klaster yang terdekat. Misalkan jarak antara klaster U dan V yang paling dekat adalah d_{uv} .
- iii. Gabungkan klaster U dan V. Label klaster yang baru dibentuk dengan (UV). Perbarui entries pada matrik jarak dengan cara :
 1. Hapus baris dan kolom yang bersesuaian dengan klaster U dan V
 2. Tambahkan baris dan kolom yang memberikan jarak-jarak antara klaster (UV) dan klaster-klaster yang tersisa.
- iv. Ulangi langkah (ii) dan (iii) sebanyak (N-1) kali (semua obyek akan berada dalam klaster tunggal setelah algoritma berakhir). Identitas dari klaster yang digabungkan dan tingkat-tingkat (jarak atau similarities) dimana penggabungan terjadi kemudian dicatat.

1. Single Linkage

Dalam metode pautan tunggal (*single linkage*) pengklasteran didasarkan pada jarak paling terkecil diantara dua objek yang nantinya dijadikan klaster pertama, dan seterusnya. Pada mulanya, dalam metode ini harus dapat menemukan jarak terkecil dalam $D = \{d_{ik}\}$ dan menggabungkan obyek-obyek yang bersesuaian misalnya, U dan V, untuk mendapat klaster (UV). Untuk langkah (iii) dari algoritma di atas jara-jarak antara (UV) dan klaster W yang lain dihitung dengan rumus :

$$d(uv)w = \min\{d_{uw}, d_{vw}\} \quad (4)$$

Besaran-besaran d_{uw} dan d_{vw} berturut-turut adalah jarak terpendek antara klaster-klaster U dan W dan juga klaster-klaster V dan W [12].

2. Complete Linkage

Dalam metode pautan lengkap (*complete linkage*) pengklasteran didasarkan pada jarak paling terjauh diantara satu objek dengan objek yang lain. Pada mulanya, dalam metode ini harus ditemukan jarak terpendek dalam $D = \{d_{ik}\}$ dan menggabungkan objek-objek yang bersesuaian misalnya U dan V, untuk memperoleh klaster (UV). Untuk langkah (iii) dari algoritma di atas jarak-jarak antara (UV) dan klaster W yang lain dihitung dengan cara :

$$d(uv)w = \max\{d_{uw}, d_{vw}\} \quad (5)$$

Besaran-besaran d_{UV} dan d_{VW} berturut-turut adalah jarak terjauh antara klaster-klaster U dan W dan juga klaster-klaster V dan W. [13]

3. Average Linkage

Dalam metode *average linkage* yaitu jarak rata-rata antar observasi. Pengelompokan klaster dimulai dari tengah atau pasangan observasi dengan jarak paling mendekati jarak rata-rata. Pada mulanya harus ditemukan jarak terpendek dalam $D = \{d_{ik}\}$ dan menggabungkan objek-objek yang selaras. Misalnya U dan V untuk mendapat klaster (UV). Untuk langkah (iii) dari algoritma di atas jarak-jarak antara (UV) dan klaster W yang lain dihitung dengan cara :

$$d_{(uv)w} = \frac{\sum_i \sum_k d_{ik}}{N_{(UV)} N_W} \quad (6)$$

Dimana d_{ik} merupakan jarak antara obyek i dalam klaster (UV) dan objek k dalam klaster W, dan N_{uv} dan N_w adalah banyaknya item-item dalam klaster (UV) dan W [7].

E. Metode Terbaik

Menurut Barakbah and Arai (2004) dalam Laraswati (2014) suatu metode yang digunakan dalam membentuk klaster, dikatakan baik apabila memiliki nilai simpangan baku dalam klaster (S_w) yang minimum dan nilai simpangan baku antar klaster (S_b) yang maksimum [14].

Menurut Bunkers et. al (1996:36) dalam Laraswati (2014), rumus menentukan simpangan baku dalam klaster (S_w) yaitu : [15]

$$S_w = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n S_k \quad (7)$$

Jika diberikan klaster C_k , dimana $k = 1, \dots, p$ dan setiap klaster memiliki anggota x_k , dimana $k = 1, \dots, n$ dan n adalah jumlah anggota dari setiap klaster, dan \bar{x}_k adalah rata-rata dari klaster-k maka untuk mencari nilai simpangan baku ke-k (S_k) digunakan rumus sebagai berikut:

$$S_k = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x}_k)^2} \quad (8)$$

Apabila terdapat rata-rata peubah dalam tiap klster-k (\bar{x}_k) maka unsur pada tiap klaster akan berbeda dan simpangan baku antar klaster (S_b) dapat dirumuskan dengan :

$$S_b = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{k=1}^n (\bar{x}_k - \bar{X})^2} \quad (9)$$

Menurut Barakbah and Arai (2004) dalam Laraswati (2014) pengklasteran yang efektif apabila memiliki nilai dari S_w minimal dan S_b maksimal atau dapat diartikan metode terbaik jika nilai rasio simpangan baku minimal S_w terhadap S_b dengan rumus yaitu [14]

$$S = \frac{S_w}{S_b} \quad (10)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian ini merupakan penelitian statistik terapan, yaitu salah satu jenis penelitian yang akan memberikan solusi dalam permasalahan secara praktis. Pada penelitian ini digunakan metode *single linkage*, *complete linkage* dan *average linkage*. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data populasi hewan ternak 2017 di 18 kecamatan di kabupaten Sidoarjo dimana data tersebut

diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sidoarjo yaitu buku Kabupaten Sidoarjo dalam angka tahun 2018.

Variabel dalam penelitian ini adalah data populasi ternak sapi perah (X_1), populasi ternak sapi (X_2), populasi ternak kerbau (X_3), populasi ternak kuda (X_4), populasi ternak kambing (X_5), populasi ternak domba (X_6), populasi ternak kambing perah (X_7), populasi ternak ayam buras (X_8) populasi ternak itik (X_9) populasi ternak ayam petelur (X_{10}) dan populasi ternak ayam pedaging (X_{11}).

Tahapan dalam penelitian ini adalah, yang pertama dilakukan yakni menguji data dengan uji multikolinieritas supaya sampel yang terpakai dapat mewakili populasi yang ada dan tidak multikolinieritas. Kedua mengeluarkan satu atau beberapa variabel yang mengalami masalah multikolinieritas untuk mengatasi masalah multikolinieritas pada data. Ketiga yaitu menghitung jarak antar objek dengan menggunakan jarak *Euclidean*. Keempat melakukan pengklasteran dengan menggunakan tiga metode yaitu *single linkage*, *complete linkage* dan *average linkage*. Terakhir menentukan metode terbaik berdasarkan nilai simpangan baku terkecil.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Multikolinieritas

Data Uji multikolinieritas berguna untuk menentukan apakah adanya korelasi antar variabel independen dalam data yang digunakan. Untuk mengetahui ada tidaknya nilai multikolinieritas, akan digunakan nilai VIF dan tolerance masing-masing variabel independen. Jika nilai VIF < 10 dan nilai tolerance > 0.10, maka data tersebut bebas dari gejala multikolinieritas. Dari hasil perhitungan data populasi hewan ternak 2017 di berbagai kecamatan di Sidoarjo dengan Persamaan (1) dan (2) diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I
 HASIL UJI MULTIKOLINERITAS

No	Case	Collinearity Statistics	
		Tolerance	VIF
1	Sapi Perah	0,92	1,08
2	Sapi	0,94	1,07
3	Kerbau	0,90	1,11
4	Kuda	1,00	1,01
5	Kambing	1,00	1,04
6	Domba	0,99	1,00
7	Kambing Perah	0,84	1,20
8	Ayam Buras	0,94	1,07
9	Itik	1,00	1,00
10	Ayam Petelur	1,00	1,00
11	Ayam Pedaging	0,99	1,01

Dari hasil perhitungan uji multikolinieritas tidak terdapat sampel dalam data yang terjadi multikolinieritas.

B. Perhitungan Jarak Kemiripan Kedua Objek

Proses analisis kluster digunakan tiga metode yaitu *single linkage*, *complete linkage* dan *average linkage*. Dalam pembentukan kluster dibentuk matriks jarak antar kecamatan terhadap data yang terdiri dari 18 kecamatan dengan 11 jenis hewan ternak. Jarak antar kecamatan dihitung dengan jarak *Euclidean* melalui Persamaan (3). Diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel II.

TABEL II
 MATRIKS JARAK *EUCLIDEAN*

	k ₁	k ₂	...	k ₁₈
k ₁	0,000	4795,588	...	8490,550
k ₂	4795,588	0,000	...	7521,172
k ₃	48733,189	45127,461	...	45554,640
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
k ₁₈	8490,550	7521,172	...	0,000

Keterangan : k = kecamatan

Dengan menghitung matriks jarak *Euclidean*, diperoleh nilai objek terkecil antar objek. Semakin kecil nilai jarak antara dua objek, maka semakin mirip kedua objek tersebut.

C. Analisis Kluster

1. Single Linkage

Dalam pengklasteran dengan metode *single linkage* dilakukan perhitungan jarak terdekat antara dua objek berdasarkan matriks jarak *Euclidean* yang telah terbentuk. Jarak antara k₁₆ dan k₁₇ merupakan jarak yang paling kecil dari yang lain dengan nilai 1424,428. Sehingga kedua objek tersebut menjadi satu kluster dan sisa 17 kluster.

TABEL III
 HASIL ANGGOTA KLASTER *SINGLE LINKAGE*

Kluster	Anggota Kluster (Kecamatan)	Jumlah Anggota Kluster
Kluster 1	Gedangan, Sedati, Sidoarjo, Taman, Buduran, Waru, Wonoayu, Sukodono,	16
	Porong, Tanggulangin, Prambon, Krembung, Tarik, Balongbendo, Jabon, Candi	
Kluster 2	Krian	1
Kluster 3	Tulangan	1

Kemudian dilakukan perhitungan kembali jarak kluster baru dengan Persamaan (4). Proses pengklasteran dilakukan berulang-ulang sampai dengan tersisa tiga kluster. Sehingga diperoleh hasil anggota kluster *single linkage* yang dapat dilihat pada Tabel III.

2. Complete Linkage

Dalam pengklasteran dengan metode *complete linkage* dilakukan perhitungan jarak terdekat antara dua objek berdasarkan matriks jarak *Euclidean* yang telah terbentuk. Jarak antara k₁₆ dan k₁₇ merupakan jarak yang paling kecil dari yang lain dengan nilai 1424,428. Sehingga kedua objek tersebut menjadi satu kluster dan sisa 17 kluster. Kemudian

dilakukan perhitungan kembali jarak kluster baru dengan Persamaan (5). Proses pengklasteran dilakukan berulang-ulang sampai dengan tersisa tiga kluster. Sehingga diperoleh hasil anggota kluster *complete linkage* yang dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL IV
 HASIL ANGGOTA KLASTER *COMPLETE LINKAGE*

Kluster	Anggota Kluster (Kecamatan)	Jumlah Anggota Kluster
Kluster 1	Gedangan, Sedati, Sidoarjo, Taman, Buduran, Waru, Wonoayu, Sukodono,	15
	Porong, Tanggulangin, Krembung, Tarik, Prambon, Candi, Jabon	
Kluster 2	Tulangan, Balongbendo	2
Kluster 3	Krian	1

3. Average Linkage

Dalam pengklasteran dengan metode *average linkage* dilakukan perhitungan jarak terdekat antara dua objek berdasarkan matriks jarak *Euclidean* yang telah terbentuk. Jarak antara k₁₆ dan k₁₇ merupakan jarak yang paling kecil dari yang lain dengan nilai 1424,428. Sehingga kedua objek tersebut menjadi satu kluster dan sisa 17 kluster. Kemudian dilakukan perhitungan kembali jarak kluster baru dengan Persamaan (6). Proses pengklasteran dilakukan berulang-ulang sampai dengan tersisa tiga kluster. Sehingga diperoleh hasil anggota kluster *average linkage* yang dapat dilihat pada Tabel V.

TABEL V
 HASIL ANGGOTA KLASTER *AVERAGE LINKAGE*

Kluster	Anggota Kluster (Kecamatan)	Jumlah Anggota Kluster
Kluster 1	Gedangan, Sedati, Wonoayu, Sukodono, Sidoarjo, Taman, Buduran, Waru, Porong,	16
	Tanggulangin, Prambon, Krembung, Tarik, Balongbendo, Candi, Jabon	
Kluster 2	Tulangan	1
Kluster 3	Krian	1

D. Penentuan Metode Terbaik

TABEL VI
 NILAI SIMPANGAN BAKU

	<i>Single Linkage</i>	<i>Complete Linkage</i>	<i>Average Linkage</i>
S _w	768,492	815,264	768,492
S _b	3.390,614	3.664,835	3.390,614
S	0,227	0,222	0,227

Pada Tabel VI menunjukkan bahwa nilai rasio simpangan baku (S) metode *complete linkage* sebesar 0,222 memiliki nilai rasio simpangan baku yang lebih kecil dari metode *single linkage* dan *average linkage*. Sehingga, kinerja

metode yang paling baik dari ketiga metode yang digunakan adalah metode *complete linkage*.

V. KESIMPULAN

Pengklasteran metode single linkage, complete linkage dan average linkage terbentuk tiga kluster sebagai berikut :

- a. Untuk metode single linkage didapatkan hasil kluster enam belas kecamatan memiliki potensi hewan ternak rendah pada kluster pertama, satu kecamatan memiliki potensi hewan ternak sedang pada kluster kedua, dan satu kecamatan memiliki potensi hewan ternak tinggi pada kluster ketiga.
- b. Untuk metode complete linkage didapatkan hasil kluster lima belas kecamatan memiliki potensi hewan ternak rendah pada kluster pertama, dua kecamatan memiliki potensi hewan ternak sedang pada kluster kedua, dan satu kecamatan memiliki potensi hewan ternak tinggi pada kluster ketiga.
- c. Hasil dari kluster average linkage diperoleh enam belas kecamatan memiliki potensi hewan ternak rendah pada kluster pertama, satu kecamatan memiliki potensi hewan ternak sedang pada kluster kedua dan satu kecamatan memiliki potensi hewan ternak tinggi pada kluster ketiga.

Dilihat dari nilai rasio simpangan baku Sw terhadap Sb bahwa nilai rasio simpangan baku complete linkage sebesar 0,222 lebih kecil dari nilai rasio simpangan baku single linkage dan average linkage. Sehingga, metode complete linkage yang paling baik dari ketiga metode yang digunakan.

VI. SARAN

Saran dalam penelitian ini dalam membandingkan hanya digunakan tiga metode kluster yaitu single linkage, complete linkage dan average linkage untuk data populasi ternak kecamatan berdasarkan Kabupaten Sidoarjo tahun 2017. Bagi peneliti yang akan membandingkan metode kluster diharapkan melakukan penelitian dengan menggunakan metode kluster yang lain seperti A-splinter-average distance method, Automatic Interaction Detection (AID), Glyphs and metroglyphs, Fourier series. Karena lingkup metode kluster yang cukup banyak serta dapat dikembangkan dengan diaplikasikan pada bidang ilmu yang lain.

REFERENSI

- [1] N. M. (Universitas W. Ayu, *Pengantar Ilmu Peternakan*. Denpasar, Bali: Universitas Warmadewa, 2018.
- [2] BPS, *Kabupaten Sidoarjo Dalam Angka 2018*, 2018th ed. Sidoarjo: BPS Sidoarjo, 2018.
- [3] S. Nugroho, *Statistika Multivariat Terapan*. Bengkulu: UNIB Press Bengkulu, 2008.
- [4] S. Ningsih, S. Wahyuningsih, and Y. N. Nasution, "Perbandingan Kinerja Metode Complete Linkage Dan Average Linkage Dalam Menentukan Hasil Analisis Cluster (Studi Kasus □: Produksi Palawija Provinsi Kalimantan Timur 2014 / 2015)," vol. 1, no. 1, pp. 46–50, 2016.
- [5] Y. Soraya, *Perbandingan Kinerja Metode Single Linkage , Metode Complete Linkage Dan Metode K-Means Dalam Analisis Cluster*. Semarang: Universitas Negeri Semarang, 2011.
- [6] T. Frihana, "Perbandingan kinerja metode," Yogyakarta, 2014.
- [7] A. Sholiha, "Perbandingan Analisis Kluster Menggunakan Metode Single Linkage , Complete Linkage , Average Linkage Dan K-Means Untuk Pengelompokan," Semarang, 2015.
- [8] F. Rizkaini, "Determination Best Method Of Single Linkage Method , Completed Linkage Method And Ward ' S Method To Classify Districts / Cities In The South Sumatera Province Based On The Case Of Dise ... Penentuan Metode Terbaik Dari Single Linkage Method , Penglastera," Palembang, 2018.
- [9] S. Laeli, "Analisis Cluster dengan Average Linkage Method dan Ward ' s Method untuk Data Responden Nasabah Asuransi Jiwa Unit Link," pp. 1–170, 2014.
- [10] B. Suharjo, *Statistika Terapan disertai contoh aplikasi dengan SPSS*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [11] E. Hartini, "Metode Clustering Hirarki," *Pus. Pengemb. Teknol. Inf. dan Komputasi BATAN*, 2014.
- [12] J. Supranto, *Analisis Multivariat Arti dan Interpretasi*. Jakarta: Rineka Cipta, 2010.
- [13] R. A. Johnson and D. W. Wichern, *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Delhi: Prentice-Hall, 2007.
- [14] A. R. Barakbah and K. Arai, "Determining Constraints of Moving Variance to Find Global Optimum and Make Automatic Clustering Determining Constraints of Moving Variance to Find Global Optimum and Make Automatic Clustering," no. October, 2004.
- [15] M. Bunkers, J. M. Jr, and A. DeGaetano, "Definition Of Climate Regions In The Nobunkers, M.; Jr, J. M.; Degaetano, A. Definition of climate regions in the Northern Plains using an objective cluster modification technique. Journal of Climate, 1996. Disponivel em: <http://journals.ametsoc.org/doi/," *J. Clim.*, vol. 0442, no. January, 1996.