

Perbandingan Metode *Fuzzy C-Means* dan *Ward* Pada Pengelompokan Desa Berdasarkan Indikator Potensi Desa

Ingka Rizkyani Akolo^{1*}, Aprilianus Rakhmadi Pratama², Asriyati Nadjamuddin³

^{1,3}Jurusan Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah, IAIN Sultan Amai Gorontalo, Limboto Barat, Indonesia

²Jurusan Pendidikan Agama Islam, IAIN Sultan Amai Gorontalo, Limboto Barat, Indonesia

*Penulis Korespondensi. Email: inkarizkyani05@gmail.com

Abstrak

Bone Bolango merupakan salah satu Kabupaten yang banyak mengalami proses pemekaran desa maupun kecamatan. Proses pemekaran ini membuat data potensi desa berubah. Potensi desa merupakan daya dukung untuk membangun desa dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Dalam rangka percepatan pembangunan desa, perlu dilakukan pengelompokan desa sesuai dengan karakteristiknya sehingga pembangunan lebih terarah dan tepat sasaran. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengelompokkan desa berdasarkan indikator potensi desa sehingga dapat diperoleh kelompok desa yang mempunyai karakteristik yang sama, serta untuk mengetahui metode terbaik dalam pengelompokan desa di Kabupaten Bone Bolango. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kluster optimum untuk pengelompokan desa di Kabupaten Bone Bolango berdasarkan indikator potensi desa adalah kluster menggunakan metode *ward* karena memberikan nilai indeks Xie-Beni paling kecil dibandingkan metode *fuzzy c-means*. Jumlah kluster optimum sebanyak tiga kluster. Kluster 1 mempunyai karakteristik rata-rata tinggi terdiri atas 57 desa, kluster 2 mempunyai karakteristik rata-rata rendah (kecuali produksi peternakan) terdiri atas 94 desa dan kluster 3 mempunyai karakteristik luas wilayah dan produksi pangan tinggi terdiri atas 9 desa.

Kata Kunci: Kluster; Fuzzy C-Means; Ward; Potensi Desa

Abstract

Bone Bolango is one of the districts that has experienced many village and sub-district expansion processes. This expansion process changes the village's potential data. Village potential is the carrying capacity for developing villages in order to improve community welfare. In order to accelerate village development, it is necessary to group villages according to their characteristics so that development is more focused and on target. The aim of this research is to group villages based on indicators of village potential so that groups of villages that have the same characteristics can be obtained, as well as to find out the best method for grouping villages in Bone Bolango Regency. The research results show that the optimum cluster for grouping villages in Bone Bolango Regency based on village potential indicators is the cluster using the ward method because it provides the smallest Xie-Beni index value compared to the fuzzy c-means method. The optimum number of clusters is three clusters. Cluster 1 has high average characteristics consisting of 57 villages, cluster 2 has low average characteristics (except livestock production) consisting of 94 villages and cluster 3 has characteristics of large area and high food production consisting of 9 villages.

Keywords: Cluster; Fuzzy C-Means; Ward; Village Potential

1. Pendahuluan

Bone Bolango merupakan salah satu Kabupaten yang sedang berkembang di Provinsi Gorontalo. Kabupaten ini mengalami banyak proses pemekaran desa maupun kecamatan sehingga jumlah desanya mencapai 160an desa. Banyaknya proses pemekaran yang terjadi menyebabkan

potensi desa cenderung berubah. Hal ini menyebabkan munculnya banyak desa yang tertinggal atau belum berkembang sehingga perlu proses pembangunan di desa tersebut.

Potensi desa merupakan potensi fisik ataupun nonfisik yang dimiliki oleh setiap desa dan menjadi daya dukung desa tersebut untuk berkembang. Potensi fisik desa terdiri atas lingkungan geografis, air, binatang ternak dan sumber daya manusia, sedangkan potensi nonfisik yakni lembaga sosial, lembaga ekonomi, sarana dan prasarana kesehatan dan lain-lain [1]. Pendataan potensi setiap desa sudah dilakukan sejak lama oleh Badan Pusat Statistik [2]. Pendataan ini dapat membantu memantau perkembangan potensi setiap desa dalam rangka mewujudkan kesejahteraan masyarakat. Salah satu aspek yang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat adalah dengan melakukan pembangunan desa sebagaimana tertuang dalam UU No 6 tahun 2014 dimana pemerintah mendorong pembangunan desa-desa mandiri dan berkelanjutan yang mempunyai daya dukung dalam aspek lingkungan, ekonomi maupun sosial [3]. Setiap desa memiliki karakteristik yang berbeda. Oleh karena itu, untuk mendukung percepatan pembangunan desa, maka perlu adanya pengelompokan desa berdasarkan potensi desa masing-masing. Pengelompokan ini memudahkan pemerintah untuk memberikan kebijakan dalam hal pemberian bantuan pembangunan yang tepat sasaran.

Metode yang dapat digunakan dalam pengelompokan adalah analisis kluster. Analisis kluster merupakan metode statistika yang dapat menempatkan individu-individu dalam satu kelompok yang mempunyai karakteristik yang sama [4]. Ada berbagai jenis metode kluster yang banyak digunakan dalam penelitian tentang pengelompokan desa. Siti [5] melakukan penelitian tentang pengelompokan kecamatan berdasarkan potensi desa di Kabupaten Parigi Moutong menggunakan metode *ward* dan *complete linkage*, hasil penelitiannya menunjukkan bahwa metode *ward* memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan metode *complete linkage*. Johra [3] menggunakan metode *fuzzy c-means* untuk mengelompokkan desa di Kota Tidore Kepulauan. Pribadi, dkk [6] menggunakan metode k-means untuk mengelompokkan desa di Kabupaten Bojonegoro berdasarkan potensi sektor produksi pertanian.

Pada penelitian ini digunakan metode *fuzzy c-means* dan metode *ward* untuk pengelompokan desa. Metode *fuzzy c-means* merupakan metode pengembangan dari *k-means* dimana semua anggota atau objek dapat menjadi kluster. Ada beberapa kelebihan metode *fuzzy c-means* yakni iterasi yang digunakan cenderung lebih sedikit, partisi data yang diperoleh tepat dan akurat [3], cukup stabil terhadap outlier dan akurat dalam menempatkan titik centroid [7], serta memberikan akurasi yang tinggi [8]. Metode *ward* merupakan salah satu metode kluster hirarki dimana pengelompokan dilakukan dengan meminimumkan nilai varians antar kluster. Metode *ward* ini memiliki kelebihan yakni lebih efisien dan mampu membuat kluster sampai ukuran terkecil [9]. Penelitian menggunakan metode *fuzzy c-means* dan *ward* juga pernah dilakukan oleh Rahmati dan Wijayanto [10] pada kasus pengelompokan data IPM tahun 2019. Akan tetapi Rahmati dan Arie menggunakan 3 metode kluster yakni metode k-means, *fuzzy c-means* dan *clustering hierarchical* (metode *ward*)

Berdasarkan uraian diatas, pengelompokan desa sangat penting untuk dilakukan guna mempercepat pembangunan desa sesuai dengan karakteristik desa masing-masing. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian tentang pengelompokan desa di Kabupaten Bone Bolango berdasarkan indikator potensi desa. Metode kluster yang digunakan adalah metode *fuzzy c-means* dan metode *ward*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengelompokkan desa berdasarkan indikator potensi desa sehingga dapat diperoleh kelompok desa yang mempunyai karakteristik yang sama, serta untuk mengetahui metode terbaik dalam pengelompokan desa ini. Diharapkan pengelompokan ini memudahkan pemerintah untuk memberikan fasilitas yang tepat sasaran untuk mempercepat pembangunan desa menjadi desa mandiri.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan data indikator potensi desa Kabupaten Bone Bolango tahun 2021 yang diperoleh dari Dinas Pemberdayaan Masyarakat dan Desa (PEMDES) Kabupaten Bone Bolango. Variabel yang digunakan yakni luas wilayah (X1), jumlah angkatan kerja (X2), jumlah sumber air bersih (X3), jumlah produksi pangan (X4), jumlah fasilitas kesehatan (X5), jumlah tenaga kesehatan (X6), jumlah lembaga ekonomi (X7), dan jumlah produksi peternakan (X8).

Tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengeksplorasi data penelitian dengan analisis deskriptif.
- b. Melakukan standarisasi data.
- c. Melakukan pengujian asumsi kluster yakni asumsi kecukupan sampel menggunakan KMO dan uji Multikolinearitas.
- d. Melakukan pengelompokkan dengan metode *fuzzy c-means* [8]. Algoritma sebagai berikut:
 1. Input data berupa matriks \mathbf{X} ukuran $n \times m$
 2. Menentukan iterasi awal seperti jumlah kluster = c , pangkat = w , maksimum iterasi = maxiter , error yang diharapkan, fungsi objektif awal ($P_0 = 0$), dan iterasi awal ($t = 1$).
 3. Membangkitkan bilangan random sebagai elemen matriks partisi awal \mathbf{U} .
 4. Menghitung pusat kluster ke- k
 5. Menghitung fungsi objektif pada iterasi ke- t
 6. Menghitung perubahan matriks partisi
 7. Mengecek kondisi berhenti:
 - jika $(|P_t - P_{t-1}|) < \xi$ atau $(t > \text{maxiter})$ maka berhenti;
 - jika tidak maka lanjutkan iterasi dan ulang langkah ke-4.
- e. Melakukan pengelompokkan dengan metode *ward* [11] menggunakan jarak *Euclidean*, dengan algoritma berikut:
 1. Setiap objek diasumsikan sebagai kluster sehingga banyaknya kluster sama dengan banyaknya objek.
 2. Menghitung jarak antar kluster.
 3. Mencari dua kluster yang jaraknya minimal dan digabungkan menjadi satu kluster. Secara sistematis dituliskan $n = N - 1$.
 4. jika $n > 1$ maka ulangi langkah 3.
- f. Membandingkan akurasi hasil pengelompokkan dengan *fuzzy c-means* dan *ward*.
- g. Interpretasi hasil.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Deskripsi Data Penelitian

Deskriptif data penelitian digunakan untuk mengetahui gambaran awal data penelitian yang digunakan Adapun deskripsi data potensi desa di Kabupaten Bone Bolango tahun 2021 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Data Potensi Desa di Kabupaten Bone Bolango tahun 2021

Variabel	Mean	Standar deviasi	Min	Max
Luas Wilayah (km ² /sq.km)	12,25	16,36	0,20	120,40
Jumlah Angkatan Kerja (kelompok)	511,94	294,54	112,00	1672,00
Jumlah Sumber Air Bersih (unit)	142,73	151,37	4,00	777,00
Jumlah Produksi Pangan (ton)	564,67	1252,62	1,00	7318,00
Jumlah Fasilitas Kesehatan (unit)	2,99	1,97	1,00	12,00
Jumlah Tenaga Kesehatan (orang)	13,72	9,97	1,00	50,00
Jumlah Lembaga Ekonomi (unit)	23,66	14,82	2,00	87,00
Jumlah Produksi Peternakan (kg)	425,34	825,77	6,00	5700,00

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa rata-rata luas wilayah di Kabupaten Bone Bolango adalah 12,25 km²/sq.km, dimana desa dengan luas minimum 0,2 km²/sq.km adalah Desa Sukma Kecamatan Botupingge dan desa dengan luas maksimum 120,4 km²/sq.km adalah Desa Bangio Kecamatan Pinogu. Rata-rata jumlah angkatan kerja di Kabupaten Bone Bolango tahun 2021 adalah 511 kelompok dengan jumlah minimum 112 kelompok dan jumlah maksimum 1672 kelompok, sedangkan rata-rata sumber air bersih tahun 2021 adalah 142,73 atau 142 unit dimana jumlah minimum sumber air bersih adalah 4 unit dan jumlah maksimum 777 unit. Rata-rata jumlah produksi pangan tahun 2021 adalah 564,67 atau 564 ton dimana jumlah minimum adalah 1 ton dan jumlah maksimum adalah 7318 ton. Rata-rata jumlah fasilitas kesehatan yakni 2,99 atau 3 unit dimana jumlah minimum yakni 1 unit dan jumlah maksimum yakni 12 unit, sedangkan rata-rata jumlah tenaga kesehatan tahun 2021 yakni 13,72 atau 14 orang dimana jumlah minimum adalah 1 orang dan jumlah maksimum adalah 50 orang. Rata-rata jumlah lembaga ekonomi tahun 2021 adalah 23,66 atau 24 unit dimana jumlah minimum adalah 2 unit dan jumlah maksimum adalah 87 unit. Rata-rata jumlah produksi peternakan tahun 2021 adalah 425,34 kg dimana jumlah minimum adalah 6 kg dan jumlah maksimum adalah 5700 kg.

3.2 Uji Asumsi Klaster

3.2.1 Uji Asumsi Kecukupan Sampel

Salah satu uji asumsi dalam analisis klaster adalah asumsi kecukupan sampel. Pengujian asumsi ini menggunakan uji *Kaiser Mayer Olkin* (KMO). Hasil pengujian KMO disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai KMO dari Variabel Penelitian

Variabel	Nilai KMO
X ₁ X ₂ X ₃ X ₄ X ₅ X ₆ X ₇ X ₈	0,74

Berdasarkan Tabel 2, nilai KMO untuk data penelitian ini bernilai 0,74 atau dalam rentang nilai 0,5 sampai 1. Hal ini menunjukkan bahwa data yang diuji sudah memenuhi asumsi sampel representatif dan variabel-variabel yang digunakan layak untuk dilanjutkan ke analisis klaster.

3.2.2 Uji Asumsi Multikolinearitas

Pengujian asumsi multikolinearitas menggunakan nilai *Variance Of Inflation* (VIF). Jika nilai VIF > 10 maka terdapat multikolinearitas antar variabel bebas. Hasil perhitungan nilai VIF disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian asumsi multikolinearitas dengan nilai VIF

Variabel	Nilai VIF
X ₁	1,04
X ₂	2,64
X ₃	1,73
X ₄	1,04
X ₅	1,24
X ₆	2,07
X ₇	1,66
X ₈	1,07

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa semua variabel memiliki nilai VIF < 10. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi multikolinearitas antar variabel bebas, sehingga analisis dapat dilanjutkan ke tahapan selanjutnya.

3.3 Analisis Kluster menggunakan Fuzzy C-Means

Fuzzy c-means merupakan metode kluster yang menggunakan konsep himpunan *fuzzy* dimana pengelompokan objek ke suatu kluster didasarkan pada derajat keanggotaan objek tersebut [12]. Seperti halnya metode kluster lainnya, pada tahapan awal *centroid* kluster pada metode ini belum akurat, dengan terus melakukan perbaikan *centroid* kluster secara berulang, maka akan diperoleh *centroid* kluster yang tepat. Pada metode ini juga terdapat fungsi objektif yang dapat memberikan gambaran jarak antara objek dan *centroid* [13]. Pada penelitian ini, pengelompokan dilakukan menjadi beberapa kluster yakni pengelompokan 2 kluster, 3 kluster, dan 4 kluster.

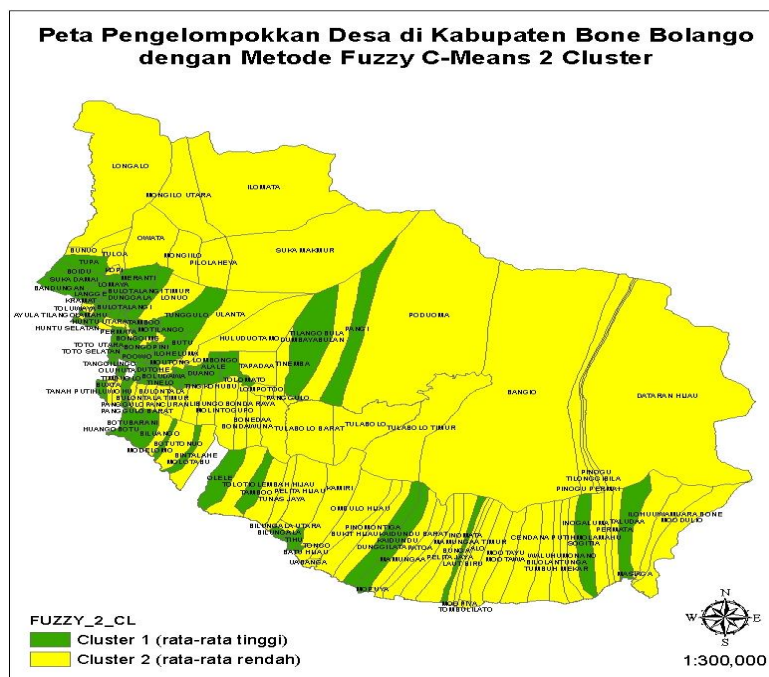
3.3.1 Fuzzy C-Means untuk 2 Kluster

Pada tahapan ini dilakukan pengelompokan 2 kluster, dalam artian desa dikelompokkan menjadi dua kluster yakni kluster 1 dan kluster 2. Setelah melalui beberapa tahapan sesuai algoritma *fuzzy c-means*, diperoleh *centroid* dari masing-masing kluster yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai *centroid fuzzy c-means* untuk 2 kluster

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
Kluster 1	-0,03	0,63	0,40	0,01	0,29	0,59	0,52	0,20
Kluster 2	-0,04	-0,46	-0,31	-0,08	-0,25	-0,43	-0,39	-0,17

Nilai *centroid* pada Tabel 4 menunjukkan nilai rata-rata yang dari masing-masing kluster untuk masing-masing variabel. Nilai ini yang menunjukkan karakteristik dari masing-masing kluster. Kluster 1 merupakan kluster yang mempunyai jumlah angkatan kerja (X₂), jumlah sumber air bersih (X₃), jumlah produksi pangan (X₄), jumlah fasilitas kesehatan (X₅), jumlah tenaga kesehatan (X₆), jumlah lembaga ekonomi (X₇), dan jumlah produksi peternakan (X₈) tinggi atau diatas rata-rata. Hal ini ditandai dengan tanda (+) dan angka yang lebih tinggi dibandingkan kluster 2. Kluster 2 merupakan kluster yang mempunyai *centroid* negatif untuk semua variabel, Hal ini menunjukkan bahwa semua variabel pada kluster 2 bernilai rendah atau dibawah rata-rata.



Gambar 1. Peta pengelompokan dengan *fuzzy c-means* 2 kluster

Gambar 1 menunjukkan hasil pengelompokan dengan metode *fuzzy c-means* 2 kluster. Kluster 1 yang ditunjukkan oleh warna hijau terdiri atas 67 desa sedangkan kluster 2 yang

ditunjukkan oleh warna kuning terdiri atas 93 desa. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar desa di Kabupaten Bone Bolango mempunyai rata-rata indikator potensi desa yang rendah.

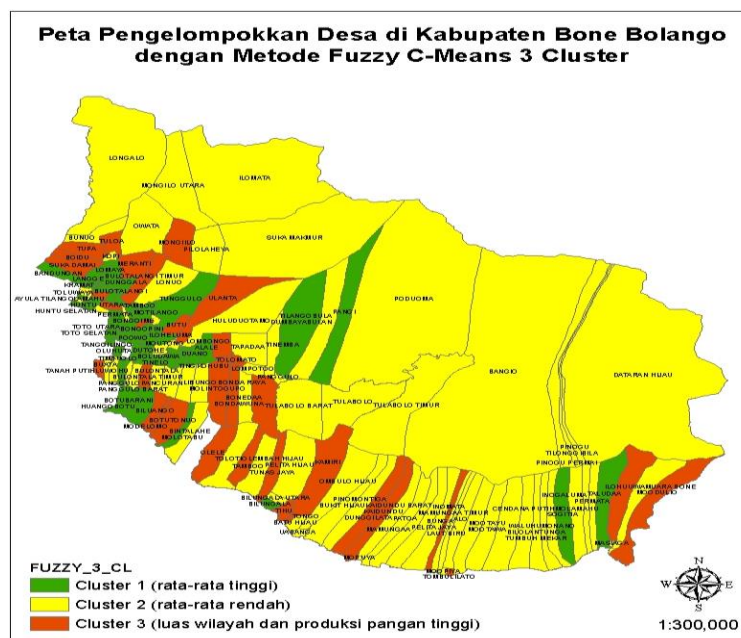
3.3.2 Fuzzy C-Means untuk 3 Klaster

Pada tahapan ini dilakukan pengelompokkan 3 klaster, dalam artian desa dikelompokkan menjadi tiga klaster yakni klaster 1, klaster 2 dan klaster 3. Setelah melalui beberapa tahapan sesuai algoritma *fuzzy c-means*, diperoleh *centroid* dari masing-masing klaster yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai *centroid fuzzy c-means* untuk 3 klaster

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
Klaster 1	-0,04	0,69	0,47	0,01	0,29	0,65	0,56	0,22
Klaster 2	-0,12	-0,60	-0,39	-0,15	-0,39	-0,55	-0,51	-0,24
Klaster 3	0,07	0,17	0,09	0,07	0,19	0,17	0,18	0,06

Nilai *centroid* pada Tabel 5 menunjukkan nilai rata-rata yang dari masing-masing klaster untuk masing-masing variabel. Klaster 1 merupakan klaster yang mempunyai jumlah angkatan kerja (X₂), jumlah sumber air bersih (X₃), jumlah fasilitas kesehatan (X₅), jumlah tenaga kesehatan (X₆), jumlah lembaga ekonomi (X₇), dan jumlah produksi peternakan (X₈) paling tinggi atau diatas rata-rata jika dibandingkan dengan klaster lainnya. Hal ini ditandai dengan tanda (+) dan angka yang lebih tinggi dibandingkan yang lain. Klaster 2 merupakan klaster yang mempunyai nilai *centroid* negatif untuk semua variabel, dimana semua variabel mempunyai nilai paling kecil diantara klaster lainnya. Hal ini berarti bahwa klaster 2 mempunyai karakteristik nilai dibawah rata-rata dan paling kecil diantara yang lain. Klaster 3 mempunyai karakteristik luas wilayah (X₁), dan jumlah produksi pangan (X₄) paling tinggi atau diatas rata-rata jika dibandingkan dengan klaster lain, sedangkan untuk variabel yang lain juga memiliki nilai *centroid* positif tapi lebih rendah dibandingkan nilai *centroid* pada klaster 1.



Gambar 2. Peta pengelompokkan dengan *fuzzy c-means* 3 klaster

Gambar 2 menunjukkan hasil pengelompokkan dengan metode *fuzzy c-means* 3 klaster. Klaster 1 yang ditunjukkan oleh warna hijau terdiri atas 49 desa, klaster 2 yang ditunjukkan oleh warna kuning terdiri atas 77 desa sedangkan klaster 3 yang ditunjukkan oleh warna oranye terdiri

atas 34 desa. Hasil pengelompokan ini menunjukkan bahwa desa-desa yang masuk di klaster 2 lebih banyak dibandingkan klaster lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian desa yang ada di Kabupaten Bone Bolango mempunyai rata-rata potensi desa yang rendah.

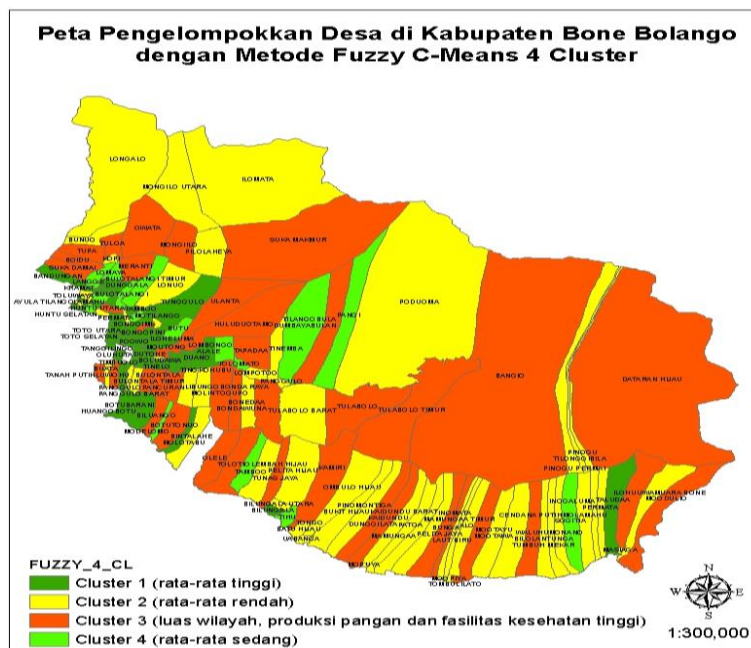
3.3.3 Fuzzy C-Means untuk 4 Klaster

Pada tahapan ini dilakukan pengelompokan 4 klaster, dalam artian desa dikelompokkan menjadi empat klaster yakni klaster 1, klaster 2, klaster 3 dan klaster 4. Setelah melalui beberapa tahapan sesuai algoritma *fuzzy c-means*, diperoleh *centroid* dari masing-masing klaster yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai *centroid* metode *fuzzy c-means* untuk 4 klaster

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
Klaster 1	-0,03	0,63	0,42	0,02	0,27	0,59	0,51	0,20
Klaster 2	-0,19	-0,66	-0,44	-0,20	-0,48	-0,62	-0,56	-0,27
Klaster 3	0,12	-0,14	-0,10	0,05	0,10	-0,12	-0,09	-0,03
Klaster 4	-0,01	0,55	0,34	0,03	0,24	0,51	0,46	0,18

Nilai *centroid* pada Tabel 6 menunjukkan nilai rata-rata yang dari masing-masing klaster untuk masing-masing variabel. Nilai ini yang menunjukkan karakteristik klaster tersebut. Klaster 1 merupakan klaster yang mempunyai jumlah angkatan kerja (X₂), jumlah sumber air bersih (X₃), jumlah produksi pangan (X₄), jumlah fasilitas kesehatan (X₅), jumlah tenaga kesehatan (X₆), jumlah lembaga ekonomi (X₇), dan jumlah produksi peternakan (X₈) tinggi atau diatas rata-rata. Hal ini ditandai dengan tanda (+) dan angka yang lebih tinggi dibandingkan yang lainnya. Klaster 2 merupakan klaster yang mempunyai nilai *centroid* negatif untuk semua variabel, dimana semua variabel mempunyai nilai paling kecil diantara klaster lainnya. Hal ini berarti bahwa klaster 2 mempunyai karakteristik nilai dibawah rata-rata dan paling kecil diantara yang lain. Klaster 3 mempunyai karakteristik luas wilayah (X₁), jumlah produksi pangan (X₄), dan jumlah fasilitas kesehatan (X₅) diatas rata-rata atau nilai *centroid* positif, sedangkan untuk variabel lainnya memiliki nilai *centroid* negatif. Untuk klaster 4 memiliki karakteristik yang sama dengan klaster 1, akan tetapi nilai centroidnya lebih rendah dibandingkan klaster 1 tapi masih bernilai positif atau diatas nilai rata-rata.



Gambar 3. Peta pengelompokan dengan metode *fuzzy c-means* 4 klaster

Gambar 3 menunjukkan hasil pengelompokkan dengan metode *fuzzy c-means* 4 klaster. Klaster 1 yang ditunjukkan oleh warna hijau tua terdiri atas 40 desa, klaster 2 yang ditunjukkan oleh warna kuning terdiri atas 59 desa, klaster 3 yang ditunjukkan oleh warna oranye terdiri atas 44 desa dan klaster 4 terdiri atas 17 desa. Hasil pengelompokkan ini menunjukkan bahwa desa-desa yang mempunyai rata-rata tinggi dan rendah seimbang jumlahnya.

3.4 Analisis Analisis Klaster menggunakan Metode Ward

Metode *ward* merupakan salah metode pengelompokkan hierarki yang didasarkan pada minimalisir informasi yang hilang karena pengelompokkan objek menjadi klaster [14]. Pengelompokkan menggunakan metode *ward* dilakukan dengan meminimumkan varians internal klaster sehingga diperoleh nilai terkecil [15]. Seperti pada pembahasan metode *fuzzy c-means*, pada metode *ward* juga dilakukan pengelompokkan desa menjadi 2 klaster, 3 klaster dan 4 klaster.

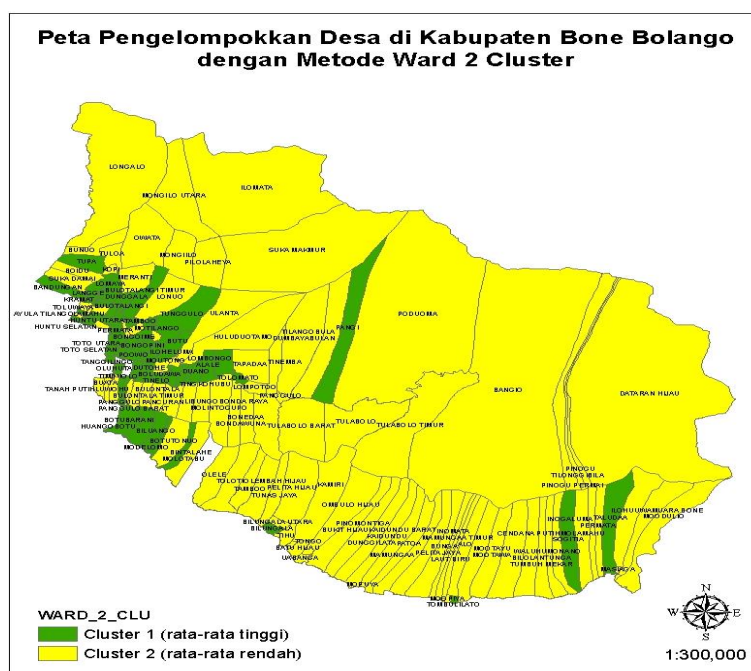
3.4.1 Metode Ward untuk 2 Klaster

Pada tahapan ini dilakukan pengelompokkan 2 klaster, yakni klaster 1 dan klaster 2. Seperti pada metode *fuzzy c-means*, pada metode *ward* ini juga dihitung nilai *centroid* untuk masing-masing klaster untuk mengetahui karakteristik masing-masing *klaster*. Nilai *centroid* ini disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai *centroid* metode *ward* untuk 2 klaster

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
Klaster 1	7,99	819,51	244,32	297,91	3,54	22,51	34,63	775,00
Klaster 2	14,61	341,74	86,51	712,30	2,68	8,86	17,59	231,84

Nilai *centroid* pada Tabel 7 menunjukkan nilai rata-rata yang dari masing-masing klaster untuk masing-masing variabel. Klaster 1 merupakan klaster yang mempunyai rata-rata jumlah angkatan kerja (X₂), jumlah sumber air bersih (X₃), jumlah fasilitas kesehatan (X₅), jumlah tenaga kesehatan (X₆), jumlah lembaga ekonomi (X₇), dan jumlah produksi peternakan (X₈) tinggi. Klaster 2 merupakan klaster yang mempunyai rata-rata luas wilayah (X₁) dan jumlah produksi pangan (X₄) tinggi.



Gambar 4. Peta pengelompokkan dengan metode *ward* 2 klaster

Gambar 4 menunjukkan hasil pengelompokan dengan metode *ward 2* kluster. Kluster 1 yang ditunjukkan oleh warna hijau terdiri atas 57 desa sedangkan kluster 2 yang ditunjukkan oleh warna kuning terdiri atas 103 desa. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar desa di Kabupaten Bone Bolango mempunyai rata-rata indikator potensi desa yang rendah.

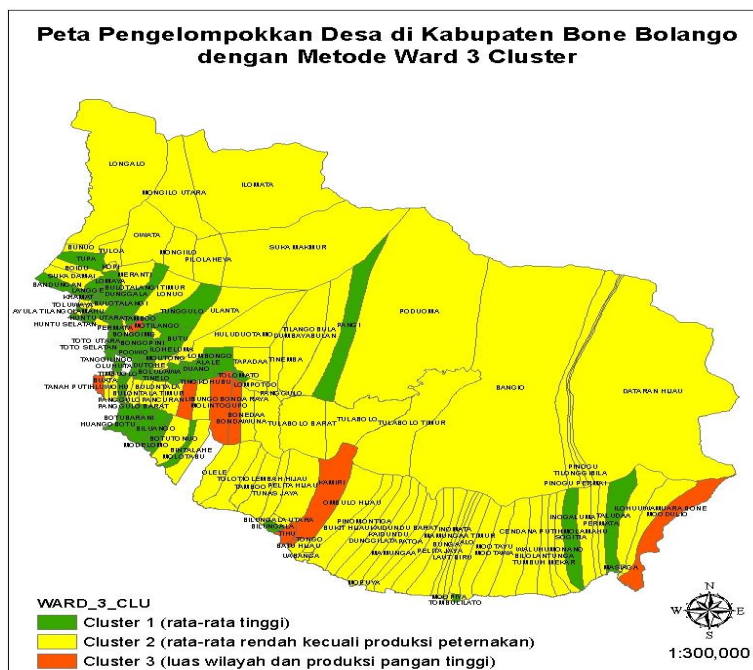
3.4.2 Metode Ward untuk 3 Kluster

Pada tahapan ini dilakukan pengelompokan 3 kluster, yakni kluster 1, kluster 2 dan kluster 3. Nilai *centroid* untuk 3 kluster disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai *centroid* metode *ward* untuk 3 kluster

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
Kluster 1	7,99	819,51	244,32	297,91	3,54	22,51	34,63	775,00
Kluster 2	14,51	327,85	85,54	286,76	2,67	8,71	16,48	242,35
Kluster 3	15,56	486,78	96,67	5156,91	2,78	10,44	29,22	122,00

Nilai *centroid* pada Tabel 8 menunjukkan nilai rata-rata yang dari masing-masing kluster untuk masing-masing variabel. Kluster 1 merupakan kluster yang mempunyai rata-rata jumlah angkatan kerja (X₂), jumlah sumber air bersih (X₃), jumlah fasilitas kesehatan (X₅), jumlah tenaga kesehatan (X₆), jumlah lembaga ekonomi (X₇), dan jumlah produksi peternakan (X₈) paling tinggi. Kluster 2 merupakan kluster yang mempunyai rata-rata paling rendah untuk semua variabel, kecuali jumlah produksi peternakan (X₈) rata-ratanya sedang. Kluster 3 merupakan kluster yang mempunyai rata-rata luas wilayah (X₁) dan jumlah produksi pangan (X₄) paling tinggi.



Gambar 5. Peta pengelompokan dengan metode *ward 3* kluster

Gambar 5 menunjukkan hasil pengelompokan dengan metode *ward 3* kluster. Kluster 1 yang ditunjukkan oleh warna hijau terdiri atas 57 desa, kluster 2 yang ditunjukkan oleh warna kuning terdiri atas 94 desa sedangkan kluster 3 yang ditunjukkan oleh warna oranye terdiri atas 9 desa. Hasil pengelompokan ini menunjukkan bahwa desa-desa yang masuk di kluster 2 lebih banyak dibandingkan *klaster* lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian desa yang ada di Kabupaten Bone Bolango mempunyai rata-rata potensi desa yang rendah, kecuali potensi produksi peternakan yang terbilang tinggi.

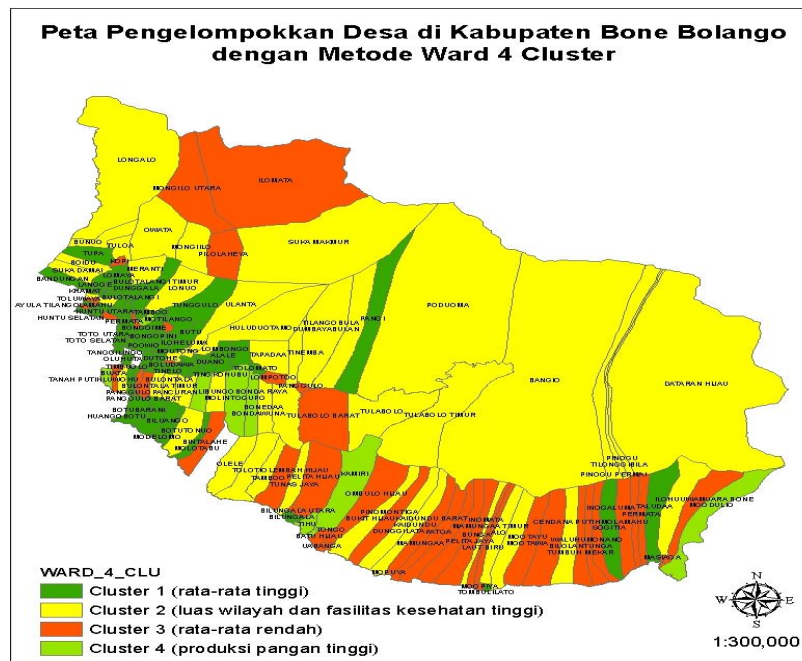
3.4.3 Metode Ward untuk 4 Klaster

Pada tahapan ini dilakukan pengelompokan 4 klaster, yakni klaster 1, klaster 2, klaster 3 dan klaster 4. Nilai *centroid* untuk 4 klaster disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai *centroid* metode *ward* untuk 4 klaster

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
Klaster 1	7,99	819,51	244,32	297,91	3,54	22,51	34,63	775,00
Klaster 2	23,04	361,12	107,10	353,77	3,58	9,85	18,85	367,04
Klaster 3	5,61	293,13	63,04	216,83	1,72	7,52	14,00	112,24
Klaster 4	15,56	486,78	96,67	5156,91	2,78	10,44	29,22	122,00

Nilai *centroid* pada Tabel 9 menunjukkan nilai rata-rata yang dari masing-masing klaster untuk masing-masing variabel. Klaster 1 merupakan klaster yang mempunyai rata-rata jumlah angkatan kerja (X₂), jumlah sumber air bersih (X₃), jumlah tenaga kesehatan (X₆), jumlah lembaga ekonomi (X₇), dan jumlah produksi peternakan (X₈) paling tinggi. Klaster 2 merupakan klaster yang mempunyai rata-rata luas wilayah (X₁) dan jumlah fasilitas kesehatan (X₅) paling tinggi. Klaster 3 merupakan klaster yang mempunyai rata-rata paling rendah untuk semua variabel. Klaster 4 merupakan klaster yang mempunyai rata-rata jumlah produksi pangan (X₄) paling tinggi.



Gambar 6. Peta pengelompokan dengan metode *ward* 4 klaster

Gambar 6 menunjukkan hasil pengelompokan dengan metode *ward* 4 klaster. Klaster 1 yang ditunjukkan oleh warna hijau tua terdiri atas 57 desa, klaster 2 yang ditunjukkan oleh warna kuning terdiri atas 48 desa, klaster 3 yang ditunjukkan oleh warna oranye terdiri atas 46 desa dan klaster 4 terdiri atas 9 desa. Hasil pengelompokan ini menunjukkan bahwa desa-desa yang mempunyai rata-rata indikator potensi desa yang tinggi lebih banyak dibandingkan rata-rata rendah.

3.5 Pemilihan Klaster Optimum

Pemilihan klaster optimum pada penelitian ini dilakukan menggunakan perbandingan validitas klaster dari *fuzzy c-means* dan metode *ward*. Validitas klaster yang digunakan adalah indeks Xie-Beni, dimana klaster yang optimum adalah klaster yang mempunyai indeks Xie-Beni terkecil [16]. Hasil perbandingan validitas klaster disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan validitas klaster

Model	Jumlah Klaster	Indeks Xie-Beni
<i>Fuzzy c-means</i>	2	8,13
	3	11,82
	4	11,45
<i>Ward</i>	2	6,38
	3	5,52
	4	6,17

Berdasarkan Tabel 8 diketahui bahwa jumlah klaster optimum pada metode *fuzzy c-means* adalah 2 klaster. Hal ini dapat dilihat dari nilai indeks Xie-Beni yang paling kecil diantara klaster *fuzzy c-means* lainnya, yakni nilainya 8,13. Untuk jumlah klaster optimum pada metode *ward* adalah 3 klaster, dimana nilai indeks Xie-Beni yakni 5,52 paling kecil diantara klaster *ward* lainnya. Jika dibandingkan secara keseluruhan antara klaster *fuzzy c-means* dan *ward* diperoleh bahwa klaster dengan metode *ward* memberikan nilai indeks Xie-Beni paling kecil dibandingkan metode *fuzzy c-means*. Hal ini menunjukkan bahwa klaster optimum untuk pengelompokkan desa di Kabupaten Bone Bolango berdasarkan indikator potensi desa adalah klaster menggunakan metode *ward* dengan jumlah klaster sebanyak 3 klaster. Hasil pengelompokkan disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil pengelompokkan dengan metode *ward* 3 klaster

Klaster	Nama Desa	Jumlah Desa
Klaster 1	Talulobutu, Talumopatu, Dunggala, Langge, Keramat, Bandungan, Tupa, Lomaya, Huntu Utara, Ayula Utara, Ayula Tilango, Lamahu, Huntu Barat, Sejahtera, Bulotalangi, Bulotalangi Barat, Bulotalangi Timur, Popodu, Dutohe, Tanggilingo, Toto Selatan, Poowo, Talango, Poowo Barat, Dutohe Barat, Timbuolo, Timbuolo Tengah, Toto Utara, Tamboo, Bongoime, Bongopini, Moutong, Tunggulo, Iloheluma, Permata, Butu, Bongohulawa, Tingkohubu, Boludawa, Bubeya, Tinelo, Tingkohubu Timur, Pangi, Lombongo, Duano, Tolomato, Alale, Bilungala, Huangobotu, Molotabu, Oluhuta, Botubarani, Biluango, Modelomo, Tombulilato, Sogitia, dan Taludaa	57
Klaster 2	Talulobutu Selatan, Meranti, Boidu, Longalo, Tuloa, Kopi, Bunuo, Suka Damai, Ayula Selatan, Huntu Selatan, Ayula Timur, Tinelo Ayula, Toluwaya, Owata, Mongiilo, Mongiilo Utara, Pilolaheya, Ilomata, Suka Makmur, Buata, Luwohu, Panggulo, Timbuolo Timur, Panggulo Barat, Sukma, Lonuo, Tunggulo Selatan, Berlian, Bube, Huluduotamo, Bube Baru, Ulanta, Helumo, Bulontala, Libungo, Bonedaa, Bondawuna, Bulontala Timur, Tulabolo, Dumbaya Bulan, Tilangobula, Tulabolo Timur, Tulabolo Barat, Poduwoma, Tinemba, Lompotoo, Tapadaa, Tolotio, Tamboo, Uabanga, Bilungala Utara, Lembah Hijau, Laut Biru, Tunas Jaya, Ombulo Hijau, Batu Hijau, Pelita Hijau, Botutonuo, Olele, Binalahe, Inomata, Mootinelo, Mootayu, pelita Jaya, Alo, Moopiya, Bunga, Mootawa, Monano, Bilolantunga, Inogaluma, Tumbuh Mekar, Molamahu, Ilohuwa, Masiaga, Muara M, Waluhu, Cendana Putih, permata, Kaidundu, Mamungaan, Kaidundu Barat, Mopuya, Pinomotinga, Dunggilata, Mamugaa Timur, Bukit Hijau, Patoa, Bangio, Dataran Hijau, Pinogu, Pinogu Permai, dan Tilonggibila	94
Klaster 3	Tanah Putih, Mootilango, Molintogupo, Pancuran, Bondaraya, Tongo, Tihu, Kemiri, dan Moodulio	9

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa kluster dengan metode *ward* memberikan nilai indeks Xie-Beni paling kecil dibandingkan metode *fuzzy c-means*. Hal ini menunjukkan bahwa kluster optimum untuk pengelompokan desa di Kabupaten Bone Bolango berdasarkan indikator potensi desa adalah kluster menggunakan metode *ward* dengan jumlah kluster sebanyak 3 kluster, yaitu kluster 1 sebanyak 57 desa, kluster 2 sebanyak 94 desa, dan kluster 3 sebanyak 9 desa. Kluster 1 merupakan kluster yang mempunyai rata-rata jumlah angkatan kerja (X_2), jumlah sumber air bersih (X_3), jumlah fasilitas kesehatan (X_5), jumlah tenaga kesehatan (X_6), jumlah lembaga ekonomi (X_7), dan jumlah produksi peternakan (X_8) paling tinggi. Kluster 2 merupakan kluster yang mempunyai rata-rata paling rendah untuk semua variabel, kecuali jumlah produksi peternakan (X_8) rata-ratanya sedang. Kluster 3 merupakan kluster yang mempunyai rata-rata luas wilayah (X_1) dan jumlah produksi pangan (X_4) paling tinggi.

Referensi

- [1] K. Endah, "Pemberdayaan Masyarakat : Menggali Potensi Lokal Desa," vol. 6, no. 1, pp. 135–143, 2020, doi: 10.25157/moderat.v6i1.3319.
- [2] E. Muningsih, I. Maryani, and V. R. Handayani, "Penerapan Metode K-Means dan Optimasi Jumlah Cluster dengan Index Davies Bouldin untuk Clustering Propinsi Berdasarkan Potensi Desa," vol. 9, no. 1, pp. 95–100, 2021, doi: 10.31294/evolusi.v9i1.10428.
- [3] M. B. Johra, "Soft Clustering dengan Algoritma Fuzzy K-Means (Studi Kasus : Pengelompokan Desa di Kota Tidore Kepulauan)," *J. Berekeng*, vol. 15, no. 2, pp. 385–392, 2021, doi: <https://doi.org/10.30598/barekengvol15iss2pp385-392>.
- [4] A. N. Fathia, "Analisis Kluster Kecamatan di Kabupaten Semarang Berdasarkan Potensi Desa Menggunakan Metode Ward dan Single Linkage Disusun oleh : NIM: Annisa Nur Fathia," Universitas Diponegoro, 2016. [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/gaussian/article/download/17109/16391>
- [5] S. Arfah, "Pengelompokan Kecamatan Berdasarkan Potensi Desa di Kabupaten Parigi Moutong menggunakan Metode Ward dan Complete Linkage," Universitas Tadulako, 2020. [Online]. Available: <http://repository.untad.ac.id/id/eprint/4965>
- [6] T. Pribadi, R. Irsyada, H. Audytra, and D. A. Fatah, "Implementasi Algoritma K-Means untuk Klasterisasi Potensi Desa pada Sektor Produksi Pertanian di Kabupaten Bojonegoro," *J. Simantec*, vol. 9, no. 1, pp. 20–28, 2020, doi: <https://doi.org/10.21107/simantec.v9i1.9006>.
- [7] S. Mashfuufah and D. Istiawan, "Penerapan Partition Entropy Index , Partition Coefficient Index dan Xie Beni Index untuk Penentuan Jumlah Kluster Optimal pada Algoritma Fuzzy C-Means dalam Pemetaan Tingkat Kesejahteraan Penduduk Jawa Tengah," in *Proceeding of the 7th University Research Colloquium*, 2018, pp. 51–60. [Online]. Available: <http://repository.urecol.org/index.php/proceeding/article/view/156>
- [8] E. Rouza and L. Fomawahib, "Implementasi Fuzzy C-Means Clustering dalam Pengelompokan UKM di Kabupaten Rokan Hulu," *J. Techno. COM*, vol. 19, no. 4, pp. 481–495, 2020, doi: <https://doi.org/10.33633/tc.v19i4.4101>.
- [9] Imasdiani, I. Purnamasari, and D. Tisna, "Perbandingan Hasil Analisis Cluster Dengan Menggunakan Metode Average Linkage Dan Metode Ward (Studi Kasus : Kemiskinan Di Provinsi Kalimantan Timur Tahun 2018) Comparison Of Cluster Analysis Results Using Average Linkage Method And Ward Method (Case S," *J. Eksponensial*, vol. 13, no. 1, pp. 9–18, 2022, doi: <https://doi.org/10.30872/eksponensial.v13i1.875>.
- [10] R. Rahmati and A. W. Wijayanto, "Analisis Cluster dengan Algoritma K-Means, Fuzzy C-

Means dan Hierarchical Clustering (Studi Kasus: Indeks Pembangunan Manusia Tahun 2019),” *J. Inform. dan Komput.*, vol. 5, no. 2, pp. 73–80, 2021, doi: 10.26798/jiko.v5i2.422.

- [11] L. Laome *et al.*, “Pengelompokan desa berdasarkan indikator kesehatan dan peternakan dengan metode ward pada analisis gerombol berhierarki (studi kasus: kecamatan ranometo, kabupaten konsel, sulawesi tenggara),” in *Seminar Nasional Teknologi Terapan Inovasi dan Rekayasa (SNT2IR)*, 2019, pp. 191–197. [Online]. Available: <https://ojs.uho.ac.id/index.php/snt2bkl/article/view/9856/7094>
- [12] R. Siringoringo and Jamaluddin, “Peningkatan Performa Cluster Fuzzy C-Means pada Pengklasteran Sentimen menggunakan Particle Swarm Optimization,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 4, pp. 349–354, 2019, doi: 10.25126/jtiik.2018561090.
- [13] D. L. Rahakbauw, V. Y. I. Ilwaru, and M. H. Hahury, “Implementation of fuzzy c-means clustering in scholarship determination,” *J. Ilmu Mat. dan Terap.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–12, 2017, doi: <https://doi.org/10.30598/barekengvol11iss1pp1-12>.
- [14] Y. I. Harnanto, A. Rusgiyono, and T. Wuryandari, “Penerapan Analisis Kluster Metode Ward Terhadap Kabupaten/Kota di Jawa Tengah Berdasarkan Pengguna Alat Kontrasepsi,” *J. Gaussian*, vol. 6, no. 4, pp. 528–537, 2017, doi: 10.14710/j.gauss.6.4.528-537.
- [15] M. Paramadina and M. K. Aidid, “Perbandingan Analisis Cluster Metode Average Linkage dan Metode Ward (Kasus : IPM Provinsi Sulawesi Selatan),” *VARIANSI J. Stat. Its Appl. Teach. Res.*, vol. 1, no. 2, pp. 22–31, 2019, doi: 10.35580/variansiunm9357.
- [16] Y. S. Firdaus, R. Narendra, and A. Sanwidi, “Kluster Daerah Kesejahteraan pada Masa Pandemi Covid -19 di Jawa Timur dengan Metode Fuzzy C-Means Clustering,” *J. Stat.*, vol. 22, no. 2, pp. 195–202, 2022, doi: <https://doi.org/10.29313/statistika.v22i2.1581>.