

STUDI PERBANDINGAN *DISTANCE MEASURE* PADA FUZZY C-MEANS UNTUK KLASTERISASI PRODUKSI KOMODITAS PERIKANAN DI SULAWESI UTARA

Stendy Budi Hartono Sakur^{*1}, Desmin Tuwohingide², Miske Silangen³, Ella Helmy Israel⁴

^{1,2,3,4}Politeknik Negeri Nusa Utara, Kabupaten Kepulauan Sangihe

Email: ¹sakur.stendy@gmail.com, ²desmin.tuwohingide@gmail.com, ³miskesilangen05@gmail.com, ⁴ellaisrael74@gmail.com

^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 30 September 2024, diterima untuk diterbitkan: 23 Maret 2026)

Abstrak

Budidaya perikanan adalah komoditas yang dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat didaerah pesisir. Provinsi Sulawesi utara dengan luas perairan umum ± 26.500 ha yang berpotensi untuk pengembangan budidaya perikanan. Namun, dengan luasan tersebut belum terlihat pemerataan hasil produksi komoditas perikanan yang menyebabkan ketimpangan perekonomian sehingga perlu menjadi perhatian pemerintah oleh karena itu sangatlah penting untuk membagi daerah berdasarkan hasil produksi budidaya perikanan. Penelitian ini menitik beratkan kepada produksi budidaya perikanan untuk 10 komoditas yang ada di Sulawesi Utara yang bersumber dari data Badan Pusat Statistik Sulawesi Utara. Tujuan dari penelitian ini untuk membuat klaster daerah berdasarkan jumlah produksi komoditas yang ada menggunakan Metode Fuzzy C-Means dengan meminimalkan jarak antara titik data dengan pusat klaster dimana satu data dapat menjadi bagian dari beberapa klaster, sehingga terlihat pentingnya pengaruh pengukuran jarak terhadap metode ini. Dengan menggunakan beberapa pengukuran jarak yaitu *euclidean*, *manhattan*, *minkowsky*, *chebysev* dan *canberra distance* akan dievaluasi kinerja dari klaster menggunakan *davies-bouldin index*. Hasil penelitian menunjukkan nilai DBI yang normal terdapat pada jarak *euclidean*, *manhattan*, *minkowsky* dan *chebysev* dengan jumlah klaster sebanyak 5-klaster. Nilai DBI dan waktu eksekusi pada 5-klaster secara berurutan adalah 0.0087, 0.0097, 0.0087, 0.0087 dan 1.2843 detik, 1.3856 detik, 1.1778 detik, 1.2843 detik untuk *euclidean*, *manhattan*, *minkowsky*, *chebysev distance*. Dari klaster yang terbentuk terdapat dua jenis komoditas yang berada pada seluruh klaster yaitu ikan Nila dan ikan Mas, sedangkan untuk jenis komoditas Rumput Laut hanya berada pada dua klaster lainnya dan terdapat 6 jenis komoditas dengan nilai produksi yang sangat kecil dan perlu mendapat perhatian serius dari pemerintah daerah Sulawesi Utara yaitu ikan patin, lele, bandeng, karapu, udang dan ikan lainnya.

Kata kunci: Fuzzy C-Means, Pengukuran jarak, Budidaya perikanan

COMPARATIVE STUDY OF DISTANCE MEASURE ON FUZZY C-MEANS FOR CLUSTERIZATION OF FISHERY COMMODITY PRODUCTION IN NORTH SULAWESI

Abstract

Aquaculture is a commodity that can improve the standard of living of coastal communities. North Sulawesi Province has approximately 26,500 hectares of public waters with potential for aquaculture Development. However, despite this vast area, there is no evidence of equitable distribution of fishery products, which has led to economic inequality. Therefore, the government needs to divide the region based on fishery production. This study focuses on the production of 10 fishery commodities in North Sulawesi, based on data from the North Sulawesi Central Statistics Agency. The purpose of this study is to create regional clusters based on the production volumes of existing commodities using the Fuzzy C-Means Method, which minimizes the distance between data points and cluster centers, allowing one data point to be part of several clusters, thereby highlighting the importance of distance measurement in this method. By using several distance measurements, namely Euclidean, Manhattan, Minkowski, Chebysev, and Canberra distance, the performance of the clusters will be evaluated using the Davies-Bouldin index. The results show that normal DBI values are observed in Euclidean, Manhattan, Minkowski, and Chebyshev distances, with a total of 5 clusters. The DBI values and execution times for 5 clusters are 0.0087, 0.0097, 0.0087, 1.2843, and 1.3856 seconds, respectively. From the clusters formed, there are two types of commodities found in all clusters, namely tilapia and carp, while seaweed is only found in two other clusters. There are six types of commodities with very low production values that require serious attention from the North Sulawesi regional government, namely patin fish, catfish, milkfish, karapu fish, shrimp, and other fish.

Keywords: *Fuzzy C-Means, Distance measure, Fisheries Cultivation*

1. PENDAHULUAN

Luas daratan Indonesia berkisar 1.922.570 km² dengan luas lautan mencapai 3.257.483 km² yang terletak di Indo-pasifik Barat (Daud et al., 2021) dengan perbandingan 1,69 lebih luas wilayah laut. Tahun 1982, pada saat konvensi hukum laut internasional di Montego Bay, Jamaika, luas wilayah laut Indonesia mencapai 3.257.357 km², dengan luas wilayah daratan Indonesia mencapai 1.919.443 km² (Susdarwono, Rizal and Wiranta, 2024). Terdapat kurang lebih 17.506 pulau yang tersebar pada 5.8 juta lebih km² dari luas lautan (Hermawan, Prakoso and Sianturi, 2020). Provinsi Sulawesi Utara memiliki luas wilayah 2.7 Juta lebih ha dengan Perairan umum kurang lebih 26.500 ha, dengan 10.663 ha danau, 13.712 terdiri dari rawa dan sungai dengan 4.125 ha luas lahan (Kambolan, Pangemanan and Aling, 2019). Perairan umum daratan tersebut dapat terdiri dari sungai, rawa, sumber mata air, embung, dan ekosistem buatan sampai batas pertemuan laut dan daratan (Azhar, 2021). Pentingnya perairan umum daratan karena sebagai penambah devisa daerah dengan membuka lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat untuk meningkatkan perekonomian selain dapat menyediakan sumber persediaan plasma nutfah dan genetik (Kartamihardja, Purnomo and Umar, 2017; Kambolan, Pangemanan and Aling, 2019).

Secara umum terdapat beberapa jenis komoditas utama yang dapat dibudidayakan yaitu ikan mujair (*tilapia mossambica*), ikan duri (*arius leptaspis*), gabus toraja (*channa striata*), nilam (*barbodes gonionatus*), belanak (*mugil cephalus*), arwana (*scleropages jardinii*), kakap putih (*lates calcarifer*), kakap hitam (*nibea soldado*), betik (*anabas testudeneus*), tulang tulang (*thryssa rastrorsa*), mata bulan (*megalop cyprinoides*), ikan kaca (*kurtus gullveri*), mujair (*oreochromis mossambicus*), ikan nila (*oreochromis niloticus*), ikan mas (*cyrpinus carpio*) (Rohmat et al., 2021), lele ekor cagak (*a. Carinatus*), lele hitam (*oxyleotris herwardenii*), gurami (*osphronemus goramy*), dan nila (*oreochromis niloticus*) (Paputungan, 2023; Sitorus Pane and Andriyani, 2024), ikan payangka, ikan side (*anguilla spp*) (Parenta et al., 2021).

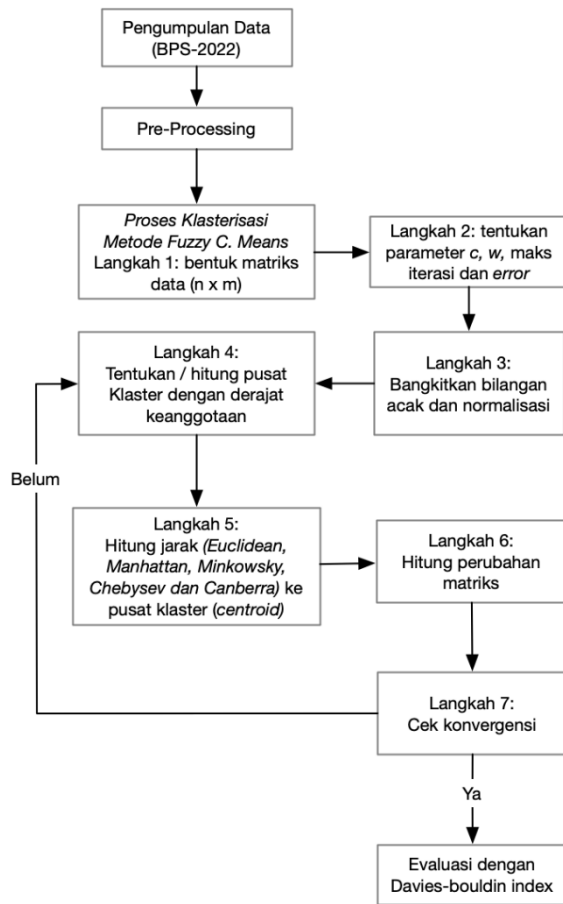
Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang berhubungan dengan produksi budidaya perikanan diantaranya, prediksi produksi ikan air tawar dengan menggunakan Regresi linear berganda (Berutu & Taufik, 2020), peningkatan perekonomian untuk daerah pesisir dengan pengembangan budidaya rumput laut di Jeneponto (Mulyani et al., 2022) dan proses kluster potensi perikanan perairan umum di Jawa timur menggunakan Fuzzy C-Means dengan menggunakan 9 indikator (Yuniati and Rachman, 2017)

Penelitian dari (Kapita et al., 2022) melakukan proses kluster terhadap produksi komoditas udang di Indonesia dengan Metode Kohonen Self Organizing Map (SOM) dengan *euclidean distance* dan mengevaluasi jumlah kluster menggunakan davies-bouldin index (DBI), hasil penelitian menunjukkan jumlah 4 kluster memberikan hasil yang terbaik dengan nilai dbi yaitu 0.7362143. Selanjutnya, penelitian dari (Maulana, Akbar and Nurahman, 2021) yang melakukan kluster terhadap produksi komoditas budidaya terhadap 10 komoditas utama dari data BPS dengan metode K-Means, hal ini dilakukan karena nilai komoditas mengalami penurunan pada setiap provinsi di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan terdapat tiga kluster yang terbentuk yaitu kluster terbesar, sedang dan terkecil. Penelitian tersebut menggunakan data seluruh provinsi di Indonesia, sehingga daerah – daerah yang ada di provinsi lain tidak dapat di analisis perkembangannya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan pembagian daerah – daerah yang ada di provinsi Sulawesi utara dalam beberapa kluster sesuai dengan tingkat produksi komoditas budidaya perikanan, dengan menggunakan metode Fuzzy C-Means standar yang dimodifikasi dengan beberapa perbandingan jarak yaitu *euclidean distance*, *manhattan distance*, *minkowsky distance*, *chebysev distance* dan *canberra distance* serta mengevaluasi kinerja kluster menggunakan davies-bouldin index (DBI), dari jarak tersebut akan ditemukan jumlah kluster yang baik berdasarkan nilai davies-bouldin index terkecil. Dengan proses pembagian daerah ini maka pemerintah daerah atau pihak – pihak yang berkompeten didalamnya dapat mengambil tindakan untuk meningkatkan produktivitas untuk daerah yang berada pada kluster yang rendah sehingga dapat meningkatkan perekonomian dan taraf keddudupan masyarakat daerah Sulawesi Utara.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini melibatkan penggunaan data mining untuk proses kluster atau pembagian daerah berdasarkan hasil produksi budidaya perikanan dengan melibatkan serangkaian kegiatan yang sistematis dengan diawali pengumpulan data, pembersihan data, dan proses kluster menggunakan metode Fuzzy C-Means dimana pada langkah pengukuran jarak dari setiap titik data ke pusat kluster dilakukan menggunakan beberapa pengukuran jarak dan mengevaluasi kluster menggunakan nilai devies-bouldin indeks (DBI) untuk melihat kinerja dari kluster tersebut. Untuk lebih jelasnya perhatikan alur diagram pada Gambar 1,



Gambar 1. Tahapan penelitian

2.1 Pre-processing

Dataset yang digunakan bersumber dari Badan Pusat Statistik Sulawesi utara untuk tahun 2022. Pada tahun ini tidak terdapat daerah dengan data sementara sehingga peneliti dapat memberikan hasil yang lebih baik. Berdasarkan instruksi dari BPS data yang berlabelkan “-” berarti data tidak ada atau 0, sehingga langkah awal yang dilakukan adalah mengganti label tersebut dengan data 0. Selain itu terdapat data yang memiliki nilai 0 semuanya sehingga dihilangkan dalam proses klaster yaitu untuk jenis komoditas ikan kakap (Tahun 2022). Sehingga data akhir yang digunakan terdiri dari 9 jenis komoditas yaitu ikan patin, ikan lele, ikan nila, ikan mas, ikan bandeng, rumput laut, karapu, udang dan ikan lainnya. Tabel 1, merupakan data jenis komoditas yang telah di perbaiki dari sumber aslinya yaitu Badan Pusat Statistik (BPS) Sulawesi Utara tahun 2022.

2.2 Klaster dengan Fuzzy C-Means

Metode klaster dengan Fuzzy C-Means merupakan proses pengelompokan berbasis logika *fuzzy* yang merupakan *soft clustering* yang bergantung kepada derajat keanggotaan yang berada pada rentang 0 dan 1. Algoritma dari Fuzzy C-Means

dapat terlihat dalam beberapa tahapan / langkah berikut ini (Nugraha et al., 2023),

Langkah pertama, dilakukan proses pengelompokan berdasarkan data yang ada dalam bentuk nilai $n \times m$, Langkah kedua, menentukan jumlah klaster (c), nilai pangkat (w), maksimum iterasi yang digunakan, batas ambang *error*, serta nilai fungsi objektif awal yang digunakan,

Langkah ketiga, membangkitkan bilangan acak untuk mengisi matriks awal U . Kemudian lakukan normalisasi perbaris sehingga nilai perbaris untuk bilangan acak bernilai 1, dengan menggunakan persamaan (1) dan (2):

$$Q_j = \sum_{k=1}^c \mu_{ik} \quad (1)$$

Kemudian hitung,

$$\mu_{ik} = \frac{\mu_{ik}}{Q_j} \quad (2)$$

Langkah keempat, menentukan pusat klaster menggunakan persamaan (3), dimana v_{ij} adalah pusat klaster ij , μ_{ik} adalah derajat keanggotaan ke i terhadap k , n jumlah data, k jumlah klaster, w adalah bobot atau pangkat yang ditentukan diawal, X_{ij} adalah data awal atau titik awal data.

$$v_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n ((\mu_{ik})^w * X_{ij})}{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^w} \quad (3)$$

Langkah kelima, menghitung fungsi objektif. Secara konsep Fuzzy C-Means adalah pengembangan dari k-means sehingga keduanya memiliki persamaan baik untuk semua metode klaster, yaitu setiap metode akan mengukur jarak dari titik data ke pusat klaster (*centroid*), pada Fuzzy C-Means perhitungan jarak data menuju ke pusat klaster (*centroid*) memperhitungkan nilai derajat keanggotaan. Dalam penelitian ini, proses perhitungan jarak tidak melibatkan derajat keanggotaan namun menggunakan metode pengukuran jarak standar yaitu *euclidean*, *manhattan*, *minkowsky*, *chebysev* dan *canberra* untuk melihat perbedaan hasil DBI. Persamaan (4), merupakan jarak *euclidean distance*, dimana $dist_{ij}$ merupakan jarak pengukuran, n jumlah data, x_{ik} vector data awal klaster i terhadap jumlah klaster k , y_{jk} merupakan vector *centroid* (Sakur, 2023; Sakur, Silangen and Tuwohingide, 2024)

$$dist_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - y_{jk})^2} \quad (4)$$

Persamaan (5), merupakan *manhattan distance* (*City block*), nilai paramternya sama seperti pada *euclidean distance*,

$$dist_{ij} = \sum_{k=1}^n |x_{ik} - y_{jk}| \quad (5)$$

Tabel 1. Jumlah Total Komoditas (dalam ton)

Kabupaten / kota	Patin	Lele	Nila	Ikan Mas	Bandeng	Rumput Laut	Kerapu	Udang	Ikan Lainnya
Bolaang Mongondow	0	0	11	0	1	0	0	1	0
Minahasa	0	0	112435	31885	0	1	0	0	0
Kepulauan Sangihe	0	0	222	41	0	3	1	0	59
Kepulauan Talaud	0	0	65	22	0	0	0	0	0
Minahasa Selatan	0	0	7367	2158	0	7	0	64	1
Minahasa Utara	0	16	12151	820	60	183284	31	0	515
Bolaang Mongondow Utara	0	0	2	0	10	0	0	23	5
Siau Tagulandang Biaro	0	0	11	0	0	0	1	0	1
Minahasa Tenggara	0	0	23729	2889	14	38	0	0	148
Bolaang Mongondow Selatan	0	0	16	14	0	0	0	0	13
Bolaang Mongondow Timur	0	21	554	76	0	0	0	46	20
Kota Manado	0	6	1	0	1	0	0	0	0
Kota Bitung	0	0	9	0	0	0	0	0	0
Kota Tomohon	2	4	231	98	0	0	0	0	3
Kota Kotamubagu	0	0	174	40	0	0	0	0	0

Persamaan (6), merupakan *minkowsky distance* dimana parameter p adalah nilai pangkat, dalam penelitian ini menggunakan nilai $p = 3$.

$$dist_{ij} = (\sum_{k=1}^n |x_{ik} - y_{jk}|^2)^{\frac{1}{p}} \quad (6)$$

Persamaan (7), merupakan *chebyshev distance* dimana nilai parameternya sama dengan jarak sebelumnya,

$$dist_{ij} = |x_{ik} - y_{jk}| \quad (7)$$

Persamaan (8), merupakan *canberra distance* dimana parameternya sama seperti jarak sebelumnya,

$$dist_{ij} = \sum_{k=1}^n \frac{|x_{ik} - x_{jk}|}{|x_{ik}| + |x_{jk}|} \quad (8)$$

Langkah keenam, menghitung perubahan matriks derajat keanggotaan dengan persamaan (9), dimana X dan V merupakan nilai titik point dan derajat keanggotaan yang lama, w adalah nilai bobot atau pangkat, dimana $i = 1, 3, 5, \dots, m$; dan $k = 1, 2, \dots, c$.

$$\mu_{ik} = \frac{[\sum_{j=1}^m (x_{ij} - v_{kj})^2]^{\frac{-1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (x_{ij} - v_{kj})^2]^{\frac{-1}{w-1}}} \quad (9)$$

Langkah selanjutnya adalah melakukan pemeriksaan kondisi konvergen dari kluster, jika nilai *absolute* $|\mu_t - \mu_{t-1}| < \xi$ atau $t > iterMax$, maka iterasi akan dihentikan apabila belum memenuhi kedua syarat tersebut maka iterasi dilanjutkan sampai mendapatkan nilai yang konvergen.

2.3 Evaluasi Davies-Bouldin Index

Evaluasi kluster yang digunakan adalah *davies-bouldin index*, metode ini akan mengevaluasi kinerja kluster dimana jika kinerjanya baik maka akan memberikan nilai *davies-bouldin index* yang berada pada rentang 0 – 1. Metode ini akan mengevaluasi kedekatan jarak antara data atau objek terhadap

centroid dalam satu kluster atau Kohesi, sedangkan Separasi akan memperhitungkan jarak antara *centroid* dengan kluster. Persamaan *Sum of square within cluster (SSW)* digunakan untuk menentukan nilai kohesi. Persamaan (10), merupakan *SSW* dimana m_i merupakan jumlah data kluster ke i , c_i adalah *centroid* kluster ke i , $d(x_j, c_i)$ merupakan jarak titik data ke *centroid* yang dihitung dengan metode pengukuran jarak (Orisa, 2022),

$$SSW_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} d(x_j, c_i) \quad (10)$$

dalam penelitian ini, akan digunakan lima pengukuran jarak yaitu *eulidean* (4), *manhattan* (5), *minkowsky* (6), *chebysev* (7) dan *canberra distance* (8). Sehingga pada Persamaan (10), $d(x_j, c_i)$ akan dimodifikasi dengan 5 jarak diatas. Untuk nilai separasi menggunakan persamaan (11) yaitu *Sum of between cluster (SSB)*, dimana $D(C_i, C_j)$ merupakan jarak antara kluster.

$$SSB_i = D(C_i, C_j) \quad (11)$$

selanjutnya akan dihitung rasio dari kluster ke i dan kluster ke j terhadap nilai *SSW* dan *SSB*, seperti persamaan (12). Dimana R_{ij} merupakan rasio perbandingannya, SSW_i nilai kohesi ke i dan SSW_j merupakan nilai kohesi ke j , $SSB_{i,j}$ merupakan nilai separasi ke i, j ,

$$R_{ij} = \frac{SSW_i + SSW_j}{SSB_{i,j}} \quad (12)$$

langkah terakhir adalah menghitung nilai DBI seperti persamaan (13), DBI adalah *devies-bouldin index*, K adalah jumlah kluster,

$$DBI = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \max_{i \neq j} (R_{i,j}) \quad (13)$$

Nilai DBI yang rendah menunjukkan kinerja kluster yang lebih baik (Umagapi et al., 2023), dengan

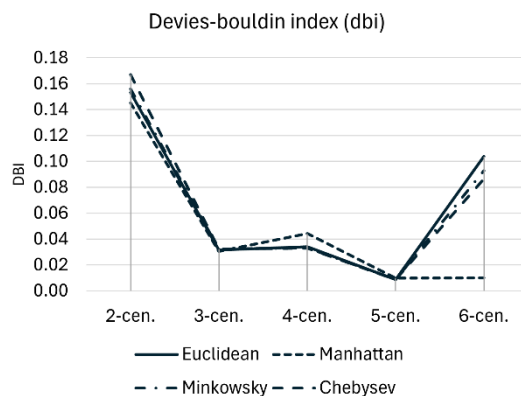
demikian jumlah kluster yang digunakan sudah tepat ataupun baik.

2.4 Evaluasi Akhir

Hasil akhir dari penelitian akan menunjukkan perbedaan nilai BDI pada setiap kluster yang digunakan berdasarkan model pengukuran jarak yang diusulkan. Dari hasil tersebut akan ditemukan jumlah kluster yang maksimal berdasarkan nilai terkecil dari BDI untuk setiap model pengukuran jarak yang ada serta akan ditentukan pengukuran jarak yang terbaik untuk melihat hasil pengelompokan yang terbentuk.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses clustering dilakukan dengan metode Fuzzy C-Means menggunakan modifikasi lima pengukuran jarak standar, dimana nilai awalnya terdiri dari maksimum iterasi 100, bobot pangkat adalah 2, toleransi error adalah 0.01 dengan $t=1$. Perhitungan dilakukan sebanyak pengukuran jarak yang digunakan dengan jumlah kluster terdiri dari 2, 3, 4, 5 dan 6 kluster. Dengan menggunakan bahasa pemrograman Qt/C++ dan pustaka Armadillo (Sanderson and Curtin, 2019; 2025) proses perhitungan kluster dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak untuk derajat keanggotaan terlebih dahulu. Gambar 2, menunjukkan kombinasi dari empat pengukuran jarak yang digunakan yaitu *euclidean*, *manhattan*, *minkowsky* dan *chebysev* untuk nilai davies-bouldin index (DBI), terhadap 2, 3, 4, 5 dan 6 kluster yang diselidiki.

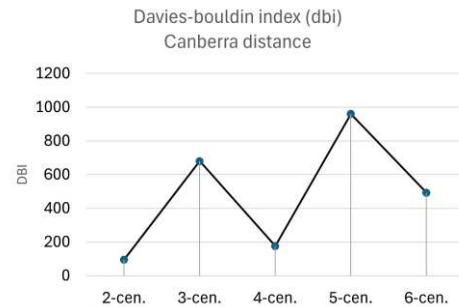


Gambar 2. Evaluasi davies-bouldin index (DBI) untuk *euclidean*, *manhattan*, *minkowsky* dan *chebysev distance*

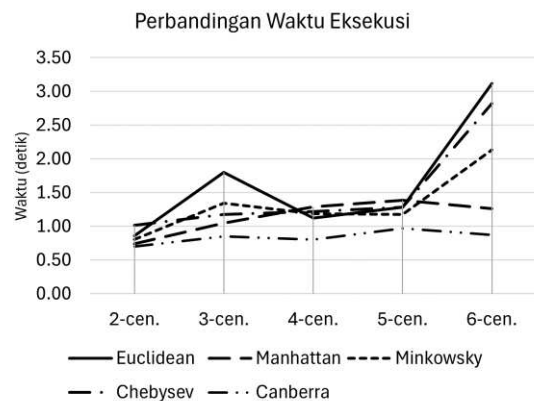
Gambar 3, merupakan evaluasi davies-bouldin index dari *canberra distance* untuk jumlah 2,3,4,5 dan 6 kluster yang diperhitungkan. Gambar 4, menunjukkan perbandingan waktu iterasi dari lima pengukuran jarak yang diuji dan Gambar 5, menunjukkan perbandingan jumlah total iterasi yang terjadi sampai nilai mencapai konvergen.

Gambar 6, menunjukkan hasil kluster dengan metode Fuzzy C-Means menggunakan jarak *euclidean distance* dan juga hasil yang sama pada jarak *manhattan distance*. Dari hasil penelitian tersebut

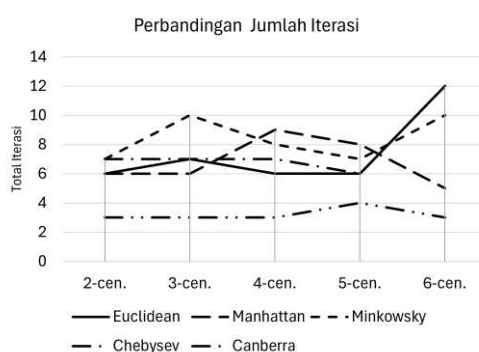
terdapat beberapa hal yang perlu dibahas diantaranya, pertama berdasarkan hasil perhitungan davies-bouldin index seperti Gambar 2, terlihat dengan jelas bahwa untuk empat pengukuran jarak yaitu *euclidean*, *manhattan*, *minkowsky* dan *chebysev* memberikan hasil yang sama dimana jumlah 5-kluster memberikan nilai DBI yang relatif kecil sehingga menjadi pilihan yang tepat untuk kasus ini.



Gambar 3. Davies-bouldin index untuk Canberra distance

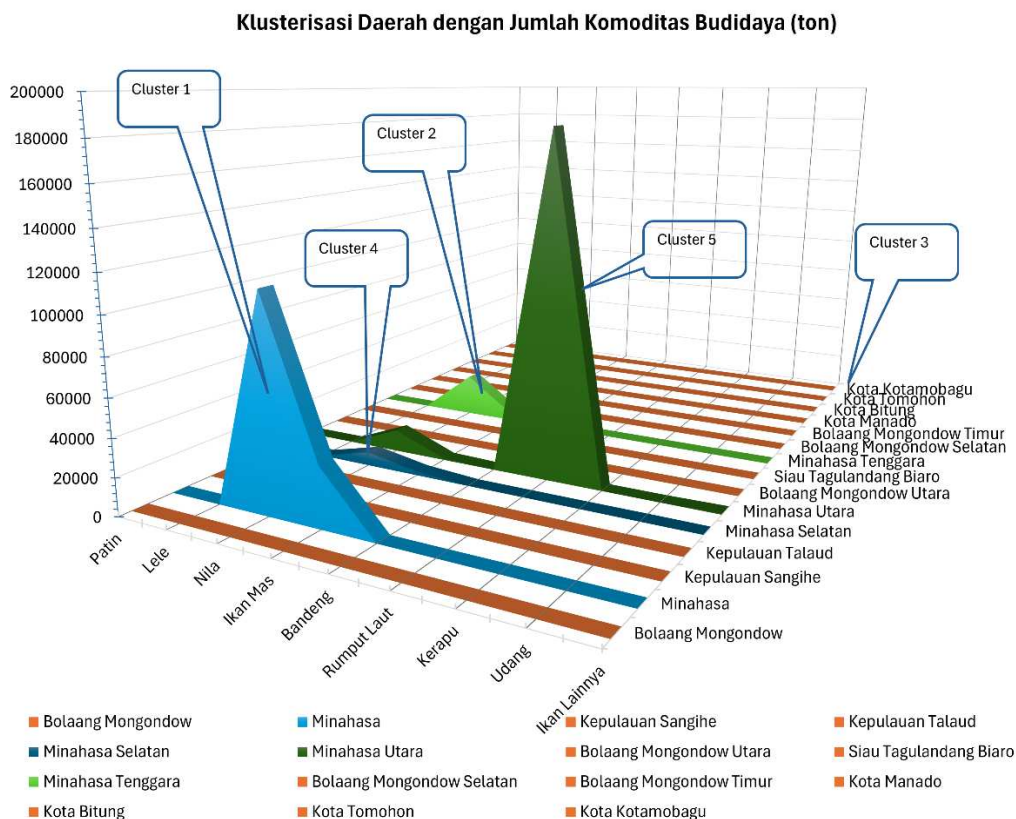


Gambar 4. Perbandingan waktu eksekusi

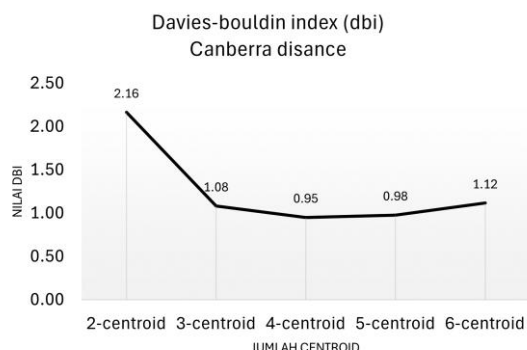


Gambar 5. Perbandingan jumlah iterasi

Gambar 3, menunjukkan DBI yang tidak maksimal karena hasilnya lebih besar dari 1 yaitu *canberra distance*, sehingga dalam kasus ini *canberra* tidak dapat memberikan kluster yang tepat. Setelah menganalisis lebih jauh dengan mengambil sampel dari dataset pengunjung mall, maka *canberra distance* memberikan hasil cukup memuaskan, seperti terlihat pada Gambar 7, dimana untuk 4 dan 5-kluster memberikan nilai DBI yang kecil yaitu 0.95 dan 0.98.



Gambar 6. Hasil kluster dengan metode Fuzzy C-Means dan jarak *euclidean*



Gambar 7. Nilai DBI untuk Caberra distance

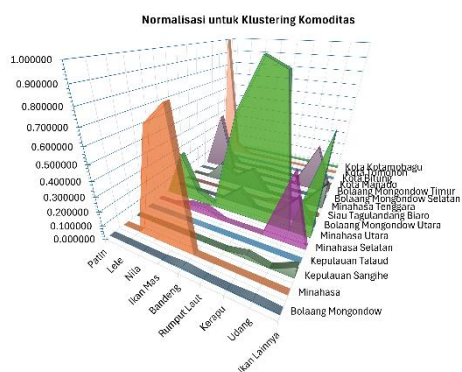
Dari hasil tersebut jika dibandingkan dengan dataset komoditas perikanan budidaya dari BPS tahun 2022 maka dapat disimpulkan bahwa *canberra distance* tidak peka terhadap nilai 0 yang cukup banyak, Gambar 7 menunjukkan nilai stabil pada 4 dan 5-klaster hal ini karena dataset pengunjung mall tidak memiliki nilai 0 sekalipun untuk 2, 3 dan 6-klaster memiliki nilai diatas nilai 1.

Kedua, jika ditinjau dari segi kecepatan eksekusi yang di uji pada komputer laptop dengan Spesifikasi *intel core i5-4200 cpu, Ram 8 GB* dengan *SSD*, seperti Gambar 4 maka hasilnya tidak terlalu terlihat perbedaan waktu eksekusi dimana *euclidean distance* meningkat pada 3 dan 6-klaster. Demikian pula halnya dengan *chebysev* dan *minkowsky distance* yang mengalami peningkatan waktu eksekusi pada 6-klaster. Sedangkan *manhattan distance* memiliki

kecepatan yang stabil dengan kenaikan eksekusi yang kecil mulai dari 2 sampai dengan 6-klaster. *Canberra distance* memberikan hasil yang rendah dari segi kecepatan akan tetapi tidak memberikan nilai yang akurat pada hasil penentuan *davies-bouldin index*, oleh karena itu *manhattan* dan *minkowsky distance* dapat dijadikan sebagai alternatif untuk jarak pada Fuzzy C-Means selain *euclidean distance*. Ketiga, dari hasil jumlah iterasi yang terbentuk atau proses konvergen terjadi maka untuk dataset ini total iterasi sampai konvergen berada sekitar 6 sampai dengan 10 iterasi. *Canberra* sendiri memberikan jumlah iterasi sampai konverge yang sedikit akan tetapi hasilnya tidak akurat, berbeda dengan dataset dari pengunjung mall.

Proses klaster dari jumlah komoditas produksi budidaya di daerah Sulawesi Utara menghasilkan 5 klaster, Gambar 6 menunjukkan pengelompokan yang didasarkan pada jenis komoditas pada setiap daerah di provinsi Sulawesi Utara. Klaster pertama, menunjukkan jumlah produksi jenis komoditas ikan Nila yang cukup tinggi dengan ikan Mas dengan produksi sedang yang berada pada daerah Minahasa, produksi di daerah ini harus dipertahankan bahkan perlu ditingkatkan terutama produksi ikan Mas nya. Klaster kedua, produksi jenis ikan Nila dengan produksi sedang yang berada pada daerah Minahasa Tenggara, yang perlu lebih ditingkatkan lagi. Klaster ketiga, merupakan daerah – daerah dengan produksi jenis komoditas yang kecil dan perlu diperhatikan untuk peningkatan produksinya. Klaster keempat,

merupakan daerah Minahasa Selatan dengan produksi ikan Nila yang masih rendah dan perlu ditingkatkan. Klaster kelima, merupakan daerah Minahasa Utara yang memiliki nilai produksi Ikan Nila lebih tinggi dari klaster 4 namun tidak melewati klaster 2, namun daerah ini memiliki tingkat produksi jenis komoditas Rumput laut yang sangat tinggi dan layak untuk di adopsi oleh daerah lainnya. Gambar 5, memberikan pengelompokan terhadap produksi komoditas, namun untuk melihat lebih jelas pembagian daerah berdasarkan jenis komoditas maka data di normalisasikan dan ditampilkan seperti pada Gambar 8, gambar tersebut tidak memberikan informasi masalah jumlah produksi namun memberikan visualisasi terhadap daerah – daerah yang memiliki produksi pada setiap jenis komoditas yang ada.



Gambar 8. Normalisasi kluster produksi jenis komoditas

Gambar 8, memberikan visualisasi terhadap produksi jenis komoditas pada setiap daerah yang ada di Sulawesi Utara, jika diperhatikan maka daerah Kepulauan Sangihe tempat penelitian dilakukan memiliki sangat sedikit produksi komoditas budidaya dimana daerah ini di dominasi oleh ikan Karapu dan ikan lainnya, namun jika di telusuri dari datanya terlihat bahwa masih terdapat jenis komoditas lain yang juga berkembang yaitu ikan Nila, Mas dan Rumput laut namun dari normalisasi ini tidak terlihat sama sekali hal ini disebabkan karena masih terdapat daerah yang memiliki produksi jenis komoditas ikan Nila, Mas dan Rumput laut yang sangat tinggi hasil produksinya. Untuk daerah Kepulauan Talaud dan SITARO sangatlah rendah produksinya.

4. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan diatas dapat ditarik kesimpulan yaitu terdapat 5 pembagian daerah berdasarkan jumlah produksi berbagai jenis komoditas, dimana jenis komoditas ikan Nila dan ikan Mas masih mendominasi di seluruh daerah yang ada di Sulawesi Utara diantaranya daerah Minahasa, Minahasa Selatan, Minahasa Utara, Minahasa Tenggara sedangkan di Kepulauan Sangihe dan Talaud perlu di tingkatkan lebih tinggi lagi produksi kedua jenis komoditas ini. Jenis komoditas kedua adalah Rumput laut yang di dominasi di daerah Minahasa Utara. Dari hasil ini terlihat bahwa masih terdapat 6

jenis komoditas yang masih sangat rendah di provinsi Sulawesi Utara (sekali pun terdapat produksi namun sangatlah kecil dalam satuan tonnya) yaitu ikan patin, lele, bandeng, karapu, udang dan ikan lainnya. Dari pembagian ini diharapkan dapat membantu pemerintah Prov. Sulawesi Utara untuk melakukan berbagai upaya dalam meningkatkan produksi budidaya jenis komoditas yang ada terkhususnya 6 jenis komoditas yang masih sangat rendah produksinya.

Metode Fuzzy C-Means dengan modifikasi pengukuran jarak untuk fungsi objektifnya dapat terlihat dengan jelas hasil klaster yang terbentuk, dengan menggunakan davies-bouldin index empat jarak memberikan nilai yang terbaik karena berada pada jarak 0 – 1 yaitu *euclidean*, *manhattan*, *minkowsky* dan *chebysev distance*. Untuk *canberra* sendiri tidak dapat digunakan pada kasus ini karena sensitif terhadap nilai 0 yang banyak. Dari kelima pengukuran jarak nilai dbi yang terkecil akan diambil untuk proses klaster yaitu *euclidean distance*, namun alternatif yang dapat digunakan jika dilihat dari waktu eksekusi dan jumlah iterasi sampai konvergen adalah *minkowsky distance*, *chebysev distance* dan terakhir adalah *manhattan distance*.

DAFTAR PUSTAKA

- AZHAR, H.M.Z., 2021. Peraturan Daerah Kabupaten Tanah Bumbu Nomor 3 Tahun 2021 Tentang Pengelolaan Perikanan Pada Perairan Umum Daratan.
- BERUTU, S.R. and TAUFIK, F., 2020. Penerapan Data Mining Dalam Memprediksi Produksi Ikan Air Tawar Di Kabupaten Pakpak Bharat Menggunakan Metode Regresi Linear Berganda. 3(6).
- DAUD, D., SCHADUW, J.N.W., SINJAL, C.L., KUSEN, J.D., KALIGIS, E.Y. and WANTASEN, A.S., 2021. Kondisi Terumbu Karang Pada Kawasan Wisata Pantai Malalayang Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara Dengan Menggunakan Metode Underwater Photo Transect. *JURNAL PESISIR DAN LAUT TROPIS*, 9(1), pp.44–52. <https://doi.org/10.35800/jplt.9.1.2021.33575>.
- HERMAWAN, T., PRAKOSO, L.Y. AND SIANTURI, D., 2020. Indonesia's Sea Defense Strategy In Impact Analysis And The Government's Effort To Secure. *Jurnal Prodi Strategi Pertahanan Laut*, 6(3), pp.273–296.
- KAMBOLAN, Y., PANGEMANAN, J.F. AND ALING, D.R.R., 2019. Peran Perempuan Pada Pemasaran Ikan Mujair Di Pasar Rakyat Kecamatan Remboken Kabupaten Minahasa. *AKULTURASI: Jurnal Ilmiah Agrobisnis Perikanan*, 7(2), pp.1355–1364. <https://doi.org/10.35800/akulturasi.7.2.2019.28148>.

- KAPITA, S.N., MUBARAK, A., ABDULLAH, S.D. and FHADLI, M., 2022. Penerapan Algoritma Clustering Khonen-Som Dengan Validasi Davies Bouldin Index Pada Pengelompokan Potensi Udang Di Indonesia. *IJIS - Indonesian Journal On Information System*, 7(2), pp.134–143. <https://doi.org/10.36549/ijis.v7i2.218>.
- KARTAMIHARDJA, E.S., PURNOMO, K. AND UMAR, C., 2017. Sumber Daya Ikan Perairan Umum Daratan Di Indonesia-Terabaikan. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 1(1), p.1. <https://doi.org/10.15578/jkpi.1.1.2009.1-15>.
- MAULANA, A., AKBAR, K.N. AND NURAHMAN, N., 2021. Penerapan Clustering Menggunakan Algoritma K-Means Sebagai Analisis Produksi Komoditas Perikanan Provinsi di Indonesia.
- MULYANI, S., SURYA, B., RASYIDI, E.S., SALEH, H. and MARWAN, M., 2022. Produktivitas Budidaya Perikanan Dan Perikanan Tangkap Masyarakat Sekitar Teluk Laikang Kabupaten Jeneponto. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 22(1), pp.11–22. <https://doi.org/10.35965/eco.v22i1.1425>.
- NUGRAHA, G.S., DWIYANSAPUTRA, R., BIMANTORO, F. and ARANTA, A., 2023. Implementasi Fuzzy C-Means untuk Pengelompokan Daerah berdasarkan Persebaran Penularan Covid-19. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 10(1), pp.97–104. <https://doi.org/10.25126/jtiik.20231015796>.
- ORISA, M., 2022. Optimasi Cluster pada Algoritma K-Means. *Prosiding SENIATI*, 6(2), pp.430–437. <https://doi.org/10.36040/seniati.v6i2.5034>.
- PAPUTUNGAN, F., 2023. STUDI TENTANG BUDIDAYA IKAN AIR TAWAR DI TELAGA JAYA KABUPATEN GORONTALO. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*.
- PARENTA, V.D., PANGEMANAN, N.P.L., LONGDONG, S.N.J., KUSEN, D.J., SALINDEHO, I.R.N. and TUMEMBOUW, S.S., 2021. Kajian kelayakan lokasi budidaya sidat (*Anguilla spp.*) di Perairan Danau Tondano, Provinsi Sulawesi Utara. *e-Journal BUDIDAYA PERAIRAN*, [online] 9(2). <https://doi.org/10.35800/bdp.9.2.2021.34850>.
- ROHMAT, A., DERMAWAN, B.A., VOUTAMA, A. AND GUNADI, B., 2021. Sistem Pakar Penentuan Jenis Budidaya Ikan Air Tawar Berdasarkan Lokasi dan Kualitas Air. *Jurnal Teknologi dan Informasi*, 11(2), pp.96–110. <https://doi.org/10.34010/jati.v11i2.3490>.
- SAKUR, S.B.H., 2023. Analisis Perbandingan Pengukuran Jarak pada Algoritme K-Means Berbasis Sum of Square Error. *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, 19(2), pp.505–514. <https://doi.org/10.35889/progresif.v19i2.1276>.
- SAKUR, S.B.H., SILANGEN, M. AND TUWOHINGIDE, D., 2024. Penerapan Algoritma K-Means untuk Klasterisasi Produksi Budidaya Perikanan Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Saintekom : Sains, Teknologi, Komputer dan Manajemen*, 14(1), pp.38–47. <https://doi.org/10.33020/saintekom.v14i1.528>.
- SANDERSON, C. AND CURTIN, R., 2019. *Practical Sparse Matrices in C++ with Hybrid Storage and Template-Based Expression Optimisation*. *Mathematical and Computational Applications*, 24(3), p.70. <https://doi.org/10.3390/mca24030070>.
- SANDERSON, C. AND CURTIN, R., 2025. Armadillo: an Efficient Framework for Numerical Linear Algebra. In: 2025 17th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE). [online] 2025 17th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE). Perth, Australia: IEEE. pp.303–307. <https://doi.org/10.1109/ICCAE64891.2025.10980539>.
- SITORUS PANE, U.F.S. AND ANDRIYANI, I.A., 2024. Sistem Pendeteksi Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Air Tawar Berbasis Internet Of Things (IoT). *J-SISKO TECH (Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD)*, 7(1), p.84. <https://doi.org/10.53513/jsk.v7i1.9562>.
- SUSDARWONO, E.T., RIZAL, M.S. AND WIRANTA, A., 2024. GEOGRAFI MARITIM TERKAIT PERAIRAN DARAT, PERAIRAN KEPULAUAN, DAN LAUT WILAYAH INDONESIA DALAM PERSPEKTIF HUKUM ADMINISTRASI. 5.
- UMAGAPI, I.T., UMATERNATE, B., HAZRIANI, H. and YUYUN, H., 2023. Uji Kinerja K-Means Clustering Menggunakan Davies-Bouldin Index Pada Pengelompokan Data Prestasi Siswa. *Prosiding SISFOTEK*, 7(1), pp.303–308.
- YUNIATI, R.A.N. and Rachman, F., 2017. Cluster Potensi Sektor Perikanan Pada Perairan Umum Di Jawa Timur Tahun 2016. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL & INTERNASIONAL*, [online] Available at: <<https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/psn>

12012010/article/view/3015> [Accessed 31 January 2024].

Halaman ini sengaja dikosongkan