

IMPLEMENTASI ALGORITMA FUZZY C-MEANS (FCM) DALAM MEMPREDIKSI HASIL TANGKAPAN IKAN DI KOTA KENDARI

Katharina Amelia Ngii, Dinar Sabrina[✉], Rizal Adi Saputra

Teknik Informatika, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

Email: dinarsabrina5@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.46880/jmika.Vol7No2.pp319-324>

ABSTRACT

Almost 70% of Indonesia's region is a body of water, so production of catch fish is increasing. Fish is one of the principal ingredients that most people consume. To meet the rapidly increasing demand of fish requires predictions of fish products that can help with effective planning and decision introduction. The aim of this study is to assess the quality of predictions and provide vital information for future fish production. Fuzzy c-means (FCM) is a technique that can be used to make such predictions using data on water quality, water temperature, and fish production. Analysis using fuzzy c-means means to predict fish production in the next few years. These predictions provide information on the future volume of fish production based on water quality and water temperature data. The results of this study indicate that the method can provide accurate predictions that could be useful for the production of ongoing fish.

Keyword: Predictions, Fish Catch, Fuzzy Logic, Fuzzy C-Means, Fisheries.

ABSTRAK

Hampir 70% wilayah Indonesia merupakan daerah perairan sehingga produksi tangkapan ikan akan semakin meningkat. Ikan merupakan salah satu bahan pokok yang sering dikonsumsi oleh masyarakat luas. Untuk memenuhi permintaan ikan yang meningkat dengan cepat diperlukan prediksi hasil produk Ikan yang dapat membantu dengan perencanaan dan pengenalan keputusan yang efektif. Tujuan penelitian ini ialah untuk menilai kualitas prediksi serta memberikan informasi penting untuk produksi ikan di masa depan. Fuzzy C-Means (FCM) adalah teknik yang dapat digunakan untuk membuat prediksi tersebut dengan menggunakan data tentang kualitas air, suhu air, dan produksi ikan. Hasil analisis dengan menggunakan metode Fuzzy C-Means dapat memprediksi hasil produksi ikan untuk beberapa tahun kedepan. Prediksi ini memberikan informasi tentang volume produksi ikan yang diantisipasi di masa depan berdasarkan kualitas air dan data suhu air. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode tersebut dapat memberikan prediksi yang akurat dan berguna untuk produksi ikan yang sedang berlangsung.

Kata Kunci: Prediksi, Hasil Tangkapan Ikan, Fuzzy Logic, Fuzzy C-Means, Perikanan.

PENDAHULUAN

Perikanan adalah sektor utama dalam perekonomian banyak negara di seluruh dunia. Sektor perikanan dan kelautan memberikan potensial yang besar yang mencapai 54 juta hektar dengan potensi hasil tangkapan ikan sebanyak 0.9 ton per tahunnya (Amartha, 2020). Prediksi hasil produksi untuk wajib pajak memiliki nilai yang signifikan dalam hal perencanaan strategis, penutupan daya, dan komunikasi secara efektif pesan kunci ke industri perikanan. Namun, memprakirakan hasil produksi perikanan sulit karena mempertimbangkan berbagai variabel yang mempengaruhi produksi dan pertumbuhan ikan, termasuk kelembaban, kadar garam, pH, ikan asin, dan variabel-variabel iklim lainnya. Prediksi merupakan memperkirakan, meninjau

kembali, atau menyatakan pendapat atau prediksi tentang berbagai kemungkinan yang mungkin terjadi di masa depan. Peramalan diperlukan dalam proses menghasilkan pemasukan, sehingga melaksanakannya akan menyediakan peta jalan bagi pengusaha dan untuk memaksimalkan laba dan mencegah kerugian yang terus terjadi (Mubarak et al., 2020).

Logika Fuzzy dan algoritma Fuzzy C-means telah menjadi fokus penelitian selama beberapa tahun sekarang untuk meningkatkan sistem yang memprediksi hasil produksi perikanan. Logika Fuzzy memungkinkan pemodelan berbagai karakteristik bahasa dan hewan sementara mempertahankan integritas dan komunikasi pada ambang batas linguistik. Mengingat kemampuan ini, logika fuzzy dapat menggambarkan hubungan antara faktor

lingkungan dan kepadatan populasi ikan dengan cara yang lebih realistis.

FCM adalah algoritma kluster lain yang digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan karakteristik atau koneksi bersama dalam lingkup tertentu. Dalam konteks prediksi hasil produksi pdam, FCM dapat digunakan untuk menganalisis data sejarah atau data terkini berdasarkan pada karakteristik lingkungan seperti kelembaban, kualitas air, pH, dan faktor-faktor lainnya. Dengan mengenali perbedaan-perbedaan ini, adalah memungkinkan untuk memprediksi hasil produksi ikan berdasarkan pola dan faktor yang ada di setiap kelas.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan model yang memprediksi hasil produksi menggunakan logika fuzzy dan algoritma c-berarti fuzzy. Tujuan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan perkembangan ini dengan meningkatkan keakuratan prediksi untuk produksi dan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi hasil produksi ikan.

Dalam penelitian ini, menggunakan dataset hasil produksi perikanan yang mencakup berbagai faktor lingkungan yang relevan. Yang akan menerapkan logika fuzzy untuk menggambarkan variabel-variabel ini dengan tingkat ketidakpastian dan keanggotaan pada himpunan linguistik. Selanjutnya, akan menerapkan algoritma FCM untuk mengelompokkan data dan melakukan prediksi hasil produksi perikanan berdasarkan kelompok yang ditemukan.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknik prediksi hasil produksi perikanan yang lebih akurat dan dapat diandalkan. Dengan meningkatkan pemahaman kita tentang hubungan antara faktor lingkungan dan hasil produksi perikanan, diharapkan dapat dilakukan langkah-langkah yang lebih efektif dalam pengelolaan sumber daya perikanan dan perencanaan strategis dalam industri perikanan.

TINJAUAN PUSTAKA

Fuzzy C-Means

Secara khusus, logika fuzzy (LF) dapat digambarkan sebagai metode untuk mengaitkan penggunaan bahasa alamiah dalam konteks yang logis, yang kemudian mengkonversi bahasa alamiah (fuzzy) menjadi nilai pasti (crisp) (Utama, 2021). Himpunan fuzzy adalah kelompok yang mewakili kondisi atau karakteristik spesifik dalam variabel fuzzy tertentu (Nalurita, 2020). Fuzzy clustering adalah cabang

pengenalan pola yang menggunakan probabilitas sangat signifikan dalam struktur data komputasi untuk menemukan cluster terbaik di wilayah vektor yang mengikuti formulir Euclidian standar untuk korespondensi vektor ke vektor (Puspitasari et al., 2018).

Fuzzy C-Means (FCM) adalah sebuah teknik untuk klasifikasi data yang mengubah satu titik data menjadi sebuah asosiasi dari dua kluster atau lebih (Heryanto, 2023). Tujuannya adalah untuk mengelompokkan data ke dalam kluster yang memiliki kesamaan berdasarkan tingkat keanggotaan fuzzy.

Prinsip awal Fuzzy C-Means adalah mengidentifikasi inti cluster, yang kemudian akan diikuti dengan pencarian lokasi untuk setiap cluster. Awalnya, pusan cluster masih kurang tepat. Setiap titik data memiliki derajat keanggotaan untuk setiap titik di cluster. Hal ini dapat dilihat bahwa pusat cluster akan pindah ke lokasi yang tepat dengan memperbaiki pusat cluster dan derajat keanggotaan setiap kali titik data diterima dengan cara yang berulang (Rahakbauw et al., 2017). Dalam FCM, setiap data dapat menjadi anggota lebih dari satu kluster dengan tingkat keanggotaan yang berbeda.

Algoritma Fuzzy C-Means

FCM menggunakan model pengelompokan fuzzy dengan indeks ketidakpastian yang menggunakan *Euclidean Distance*, yang memungkinkan data berasal dari cluster ataupun cluster mana pun yang derajat keanggotaannya dengan rentang yang berbeda antara 0 dan 1 (Zaenab et al., 2022). Tujuan dari algoritma ini adalah untuk menemukan nilai pusat data yang paling cocok di antara setdata yang tersedia (Amartha, 2020). Alur algoritma fuzzy C-Means dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut (Pradana et al., 2021).

1. Memasukan data yang akan dikelompokkan (X), dalam bentuk matriks dengan ukuran $n \times m$ yang mana n ialah jumlah sampel data, dan m sebagai variabel untuk setiap data, X_{ij} merupakan sampel data ke- i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) dan variabel ke- j ($j = 1, 2, 3, \dots, m$).
2. Menentukan jumlah cluster (C) dengan $C \geq 2$, yang mana w adalah pangkat pembobot, Maximum Iterasi ($MaxItr$) sedangkan Eps sebagai kriteria penghentian.
3. Menjalankan bilangan random (μ_{ik}) dengan $i = 1, 2, 3, \dots, n$; $k = 1, 2, 3, \dots, C$; menjadi U , yang selanjutnya jumlah setiap kolom variabel dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

4. Mencari pusat cluster ke- k (V_{kj}) dimana $k = 1, 2, 3, \dots, C$; dan $j = 1, 2, 3, \dots, m$ dengan rumus sebagai berikut:

$$V_{kj} = \sum_{i=1}^c ((\mu_{ik})^w \times X_{ij}) / \sum_{i=1}^c (\mu_{ik})^w \quad \dots(2)$$

5. Mencari fungsi obyektif dari iterasi ke- t (P_t), dengan rumus sebagai berikut:

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c ([\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2] (\mu_{ik})^w) \quad \dots(3)$$

6. Menghitung perubahan matriks partisi dengan rumus sebagai berikut:

$$\mu_{ik} = [\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{-1/w-1} / \sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{-1/w-1} \quad \dots(4)$$

7. Menjalankan pemeriksaan kondisi berhenti dengan ketentuan kondisi akan berhenti jika $(|P_t - P_{t-1}| < \epsilon)$ atau $(t < MaxIter)$, jikalau tidak berhenti maka $t = t + 1$ sehingga akan mengulangi Langkah 4.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian Prediksi Hasil Produksi Perikanan Menggunakan Logika Fuzzy dan Fuzzy C-means, Adapun tahapannya yaitu sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data:
 - a. Identifikasi Variabel
Mengidentifikasi variabel lingkungan yang relevan untuk prediksi hasil produksi perikanan, seperti suhu air, kualitas air, pH, dan variabel lingkungan lainnya.
 - b. Pengumpulan Data
Dapat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu produksi ikan dikota Kendari yang terbagi menjadi 6 pelabuhan pada tahun 2019-2021 dari Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Kendari.
2. Pra-pemrosesan Data:
 - a. Normalisasi Data
Normalisasi data lingkungan dan data produksi perikanan untuk memastikan bahwa mereka memiliki rentang nilai yang serupa. Hal ini dilakukan agar variabel memiliki bobot yang seimbang dalam analisis.
 - b. Pemilihan Fitur
Pemilihan fitur dilakukan untuk mengidentifikasi subset variabel yang paling relevan dalam prediksi hasil produksi perikanan. Hal ini dilakukan dengan

menggunakan teknik pemilihan fitur berbasis algoritma.

3. Model Logika Fuzzy:

- a. Pembentukan Himpunan Linguistik
Menentukan himpunan linguistik untuk setiap variabel lingkungan, seperti "rendah," "sedang," dan "tinggi," dengan mengambil kira karakteristik lingkungan yang relevan.
- b. Fuzzifikasi
Fuzzifikasi adalah proses mengubah data numerik menjadi nilai keanggotaan dalam himpunan linguistik yang sesuai. Menerapkan fungsi keanggotaan yang tepat untuk menggambarkan tingkat keanggotaan setiap variabel dalam himpunan linguistik yang sesuai.
- c. Pembentukan Aturan Fuzzy
Menentukan aturan fuzzy berdasarkan pengetahuan domain yang ada. Seperti, "Jika suhu air tinggi dan kualitas air rendah, maka prediksi hasil produksi perikanan adalah tinggi."
- d. Inferensi Fuzzy
Setelah menentukan aturan fuzzy, selanjutnya menggunakan aturan fuzzy yang telah dibuat untuk melakukan inferensi dan menghasilkan himpunan prediksi hasil produksi perikanan fuzzy.

4. Algoritma Fuzzy C-means (FCM):

- a. Inisialisasi Kluster
Menentukan jumlah kluster yang diinginkan dan inisialisasi pusat kluster secara acak. Dalam proses prediksi produksi ikan dalam 5 tahun kedepan, menggunakan 3 kluster yaitu kluster 0 merupakan ikan tongkol, kluster 1 merupakan tambak, dan kluster 2 yang merupakan tuna.
- b. Perhitungan Keanggotaan Kluster
Menghitung matriks keanggotaan yang menunjukkan sejauh mana setiap data termasuk dalam setiap kluster. Untuk menghitung matriks keanggotaannya, yang dilakukan pertama kali yaitu menginisialisasi secara acak, dalam dimensi matriks ini adalah $N \times C$, di mana N adalah jumlah titik data, dan C adalah jumlah kluster yang telah ditentukan sebelumnya. Setiap elemen dari matriks $U[i][j]$ menentukan tingkat konektivitas data antara kluster i dan kluster j . Selanjutnya yang dilakukan ialah menghitung matriks keanggotaan baru. Matriks keanggotaan diperbarui berdasarkan seberapa dekat setiap data poin ke pusat cluster terdekat. Hal ini dilakukan dengan menggunakan metrik

jarak, seperti jarak Euclidean. Rumus umumnya adalah:

$$u_{ij}^{(t=1)} = \left[\sum_{k=1}^C \left(\frac{d(x_i, C_j)}{d(x_i, C_k)} \right)^{\frac{2}{m-1}} \right]^{-1} \dots(5)$$

Dimana:

- $u_{ij}^{(t=1)}$ adalah tingkat keanggotaan data poin i terhadap cluster ke- j pada iterasi ke- $(t+1)$.
- $d(x_i, C_j)$ adalah jarak antara data poin i dan pusat cluster ke- j .
- C adalah jumlah cluster.
- m adalah eksponen fuzziness.

Perhitungan pusat kluster (centroid) dan matriks keanggotaan baru dilakukan iterasi yaitu mengulangi kedua perhitungan tersebut sampai kriteria terpenuhi. Kriteria terpenuhi Ketika iterasi maksimum, perubahan matriks keanggotaan yang sangat kecil. Hasil dari matriks keanggotaan yang telah didapatkan akan menggambarkan sejauh mana setiap data poin termasuk dalam setiap cluster.

c. Pembaruan Pusat Klaster

Menghitung pusat klaster baru berdasarkan matriks keanggotaan yang diperbarui. Menghitung pusat kluster (centroid) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m \cdot x_i}{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m} \dots(6)$$

Dimana :

- C_i adalah pusat cluster ke- j .
- u_{ij} adalah tingkat keanggotaan data poin i terhadap cluster ke- j .
- m adalah eksponen yang mengontrol fuzziness (biasanya diatur sebagai 2).

d. Iterasi

Ulangi langkah b dan c hingga kriteria terpenuhi. Kriteria terpenuhi Ketika iterasi maksimum, perubahan matriks keanggotaan yang sangat kecil. Hasil dari matriks keanggotaan yang telah didapatkan akan menggambarkan sejauh mana setiap data poin termasuk dalam setiap cluster.

5. Prediksi Hasil Produksi Perikanan:

- a. Defuzzifikasi: Defuzzifikasi adalah proses mengubah titik fuzzy menjadi himpunan tegas. Himpunan fuzzy adalah masukan ke proses defuzzifikasi, dan keluarannya adalah nilai tegas (Habibie, 2017). Menggunakan teknik defuzzifikasi, seperti metode Mean of

Maximum (MOM) atau metode Centroid, untuk mengubah himpunan prediksi hasil produksi perikanan fuzzy menjadi nilai numerik. Dalam prediksi produksi ikan dalam 5 tahun kedepan teknik defuzzifikasi yang digunakan yaitu metode centroid. Metode centroid ini mengambil pusat cluster dari setiap cluster dan mengembalikan cluster mana yang memiliki tingkat keanggotaan tertinggi. Rumus centroid adalah sebagai berikut :

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^N u_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^N u_i} \dots(7)$$

Dimana :

- X_c adalah nilai crisp hasil defuzzifikasi (centroid).
- n adalah jumlah cluster.
- u_i adalah tingkat keanggotaan data point terhadap cluster ke- i .
- x_i adalah pusat (centroid) dari cluster ke- i .

b. Evaluasi Model

Evaluasi kinerja model prediksi menggunakan metrik seperti Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Squared Error (RMSE), atau koefisien determinasi (R-squared).

6. Validasi dan Pengujian:

a. Pembagian Data

Pembagian data menjadi subset pelatihan (training set) dan subset pengujian (test set) untuk menguji kinerja model.

b. Pelatihan dan Validasi

Latih model pada subset pelatihan dan memvalidasi kinerjanya menggunakan subset validasi.

c. Pengujian:

Menggunakan subset pengujian yang terpisah untuk menguji kinerja model yang dihasilkan. Evaluasi model berdasarkan metrik yang relevan dan analisis statistik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prediksi dari hasil produk Ikan dibuat dalam penelitian ini menggunakan logika fuzzy dan c-means pengelompokan algoritma. Informasi yang digunakan terdiri dari tingkat data dengan kemurnian udara tinggi, kualitas udara, dan produksi ikan. Data yang dimaksud kemudian diproses dengan melakukan penyaringan dengan MinMaxScaler. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ialah suhu air, kualitas air dan produksi.

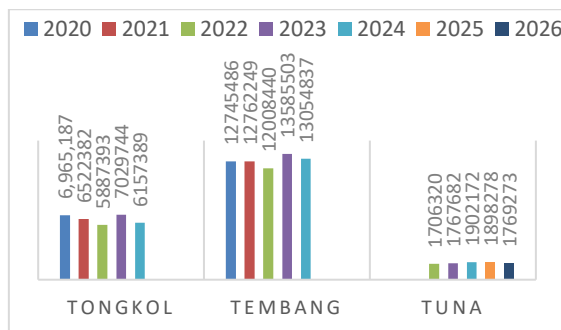
Pengelompokan c-means digunakan untuk membagi data menjadi sejumlah kelompok. Hasil c-means pengelompokan adalah label cluster untuk semua data. Belakangan, dengan menggunakan pemetaan_cluster yang sebelumnya ditemukan, kelompok yang disebutkan di atas terhubung dengan sejenis ikan. Adapun kriteria cluster dalam penelitian ini terbagi menjadi 3 kelas yaitu sebagai berikut:

Table 1. Cluster

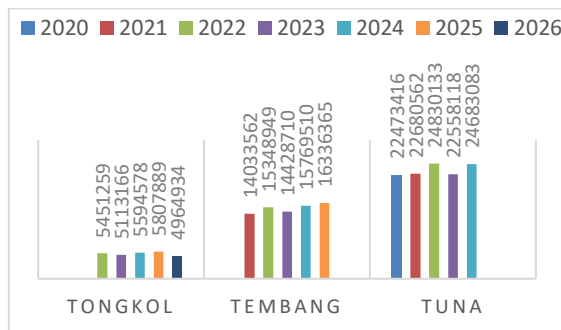
Cluster	Jenis Ikan
0	Tongkol
1	Tembang
2	Tuna

Setelah klasifikasi, dilakukan prediksi produksi ikan selama lima tahun ke depan. Prediksi dibuat berdasarkan data terkini yang tersedia untuk setiap cluster, pelabuhan, dan jenis ikan. Memprediksikan produksi ikan dilakukan dengan menambahkan berbagai varietas ke harga yang diprediksikan.

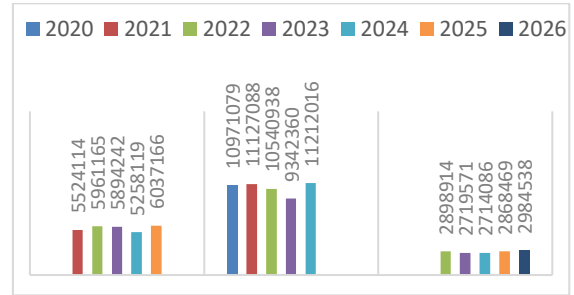
Hasil produksi ikan kemudian dikombinasikan dengan data nyata dan disimpan dalam file Excel dengan nama "predicted_data.XLSX". Informasi ini dapat digunakan sebagai referensi untuk menentukan status produksi ikan di masa lalu.



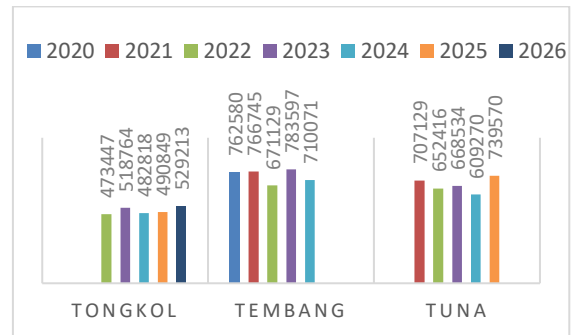
Gambar 1. Hasil Produksi Ikan di PP Pasar Wajo (ton)



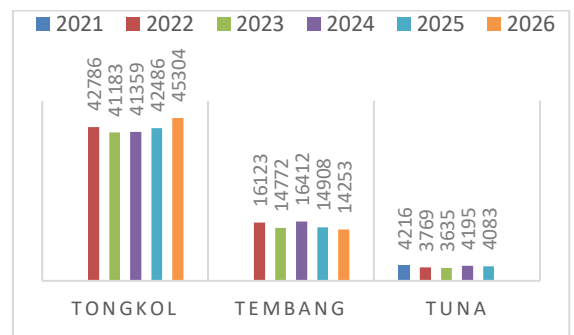
Gambar 2. Hasil Produksi Ikan di PP Sodohoa (ton)



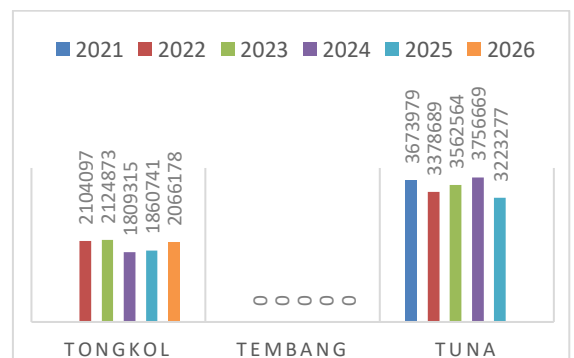
Gambar 3. Hasil Produksi Ikan di PP Wameo (ton)



Gambar 4. Hasil Produksi Ikan di PP Kendari (ton)



Gambar 5. Hasil Produksi Ikan di PP Mangolo (ton)



Gambar 6. Hasil Produksi Ikan di PP Torobulu (ton)

Dalam ke-enam gambar di atas menyajikan grafik hasil prediksi tentang produksi ikan untuk 6 pelabuhan dari 3 jenis ikan pada tahun berikutnya yang mengalami naik turun. Terdapat variabel suhu air dan kualitas air sebagai parameter lingkungan, sedangkan variabel produksi sebagai jumlah ikan yang telah

ditentukan sebelumnya yang akan diprediksi pada 5 tahun kedepan. Prediksi ini dibuat menggunakan data sejarah dan baru-baru ini dikembangkan logika fuzzy model.

Dalam gambar 6 diatas juga menunjukkan grafik hasil prediksi hasil produksi 5 tahun kedepan pada Pelabuhan Torobulu dengan jenis ikan tembang bernilai 0, hal ini disebabkan data yang digunakan pada Pelabuhan Torobulu dengan jenis ikan tongkol pada tahun 2019-2021 memiliki nilai produksi yang rendah dan variabel suhu air dan kualitas air dapat mempengaruhi prediksi hasil produksi tahun-tahun berikutnya. Selain itu, pada tahap prediksi terdapat variasi acak yang ditambahkan memiliki nilai yang rendah dan negative maka hal ini dapat mempengaruhi hasil prediksi bernilai 0.

KESIMPULAN

Metode fuzzy C-Means efektif sebagai metode ketika mengevaluasi prediksi hasil produksi ikan. Sebuah model prediktif yang dikembangkan dapat memberikan informasi berharga bagi mereka yang bekerja di sektor manufaktur untuk memungkinkan pengembangan produk yang lebih efisien. Akan tetapi, penelitian lebih lanjut harus dilakukan untuk memvalidasi model prediksi ini dengan menggunakan data yang lebih lengkap dan lebih beragam spesies ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amartha, M. R. (2020). Penyebaran Mahasiswa Baru Menggunakan Metode Fuzzy C-Means untuk Mencari Daerah Promosi yang Potensial. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 3(2), 102–112.
- Habibie, M. T. (2017). Penggunaan Metode Logika Fuzzy Untuk Memprediksi Produksi Benih Lobster Air Tawar (LAT). *Faktor Exacta*, 10(1), 70–77.
<https://doi.org/10.30998/faktorexacta.v10i1.1273>
- Heryanto, E. (2023). *Implementasi fuzzy c-means clustering untuk pengklasteran indeks harga saham gabungan bursa efek jakarta dengan java dan oracle*. 1(2).
- Mubarak, R., Tursina, T., & Pratama, E. E. (2020). Prediksi Hasil Tangkapan Ikan Menggunakan Fuzzy Time Series. *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (Justin)*, 8(3), 303.
<https://doi.org/10.26418/justin.v8i3.39831>
- Nalurita, A. (2020). Memprediksi Jumlah Produksi Ikan Teri Menggunakan Fuzzy Logic Metode Tsukamoto Pada CV. Mahera. *Antivirus : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 14(1), 27–37.
<https://doi.org/10.35457/antivirus.v14i1.1080>

- Pradana, Y. D., Erwanto, D., & Handayani, T. (2021). Implementasi Histogram Warna RGB dan Fuzzy C-Means untuk Prediksi Kebutuhan Pupuk Nitrogen Tanaman Padi. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 10(2).
<https://doi.org/10.36055/setrum.v10i2.11939>
- Puspitasari, N., Widiars, J. A., & Pohny, P. (2018). A Clustering Of Generative And Infectious Diseases Using Fuzzy C-Means. *ITSMART: Jurnal Teknologi Dan Informasi*, 7(1), 22–28.
<https://doi.org/10.20961/itsmart.v7i1.20968>
- Rahakbauw, D. L., Ilwaru, V. Y., & Hahury, M. H. (2017). Implementasi fuzzy c-means clustering dalam penentuan beasiswa. *Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 11(1), 1–12.
- Utama, D. N. (2021). *Logika Fuzzy untuk Model Penunjang Keputusan*. Garudhawaca.
- Zaenab, S., Lestanti, S., & Nur Budiman, S. (2022). Implementasi Fuzzy C-Means Clustering Dalam Pengelompokan Buku Pada Perpustakaan (Studi Kasus: SDN Srengat 01). *Seminar Nasional Sistem Informasi, 2022*.