

## **Klasifikasi Jenis Ikan Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor (KNN): Studi Kasus Pasar Bintang Center Tanjungpinang**

Rihadatul 'Aisy<sup>1\*</sup>, Meilani Audi Kustanti<sup>1</sup>, Tiara Devina Putri<sup>1</sup>, Muhajirul Fajri<sup>1</sup>,  
Ceysa Diva Ratu Pramudya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman,  
Universitas Maritim Raja Ali Haji

Jl. Politeknik Senggarang, Tanjungpinang 29100

\*Corresponding Author: [nurul.hayaty@umrah.ac.id](mailto:nurul.hayaty@umrah.ac.id)

**Abstract**— Indonesia has a diversity of fish species, but the identification process is still largely done manually, which is prone to errors and less efficient. This research aims to develop an automatic fish species classification system using the K-Nearest Neighbor (KNN) algorithm. Data were collected directly at Bintang Center Market Tanjungpinang, focusing on four types of fish: Sardinella, Scomber, Barbonymus and Euthynnus. Visual features of the fish such as texture and shape were extracted from digital images as classification features. The KNN algorithm then compares new data with classified data to determine fish species based on the majority of nearest neighbors. The research results show that the KNN method can improve classification accuracy and efficiency in identifying fish species. The feature extraction used in this study includes: GLCM (Gray Level Co-occurrence Matrix) and HOG (Histogram of Oriented Gradients). Preliminary training results show that the system achieved an accuracy of 71.34% on the training dataset, the results suggest that the method is promising for improving classification accuracy and efficiency in identifying fish species.

**Keywords**—Fish classification, K-Nearest Neighbor, digital image processing, machine learning, fisheries information system.

**Intisari**—Meskipun spesies ikan di Indonesia sangat beragam, proses identifikasi ikan masih banyak dilakukan secara manual, sehingga rentan terhadap kesalahan dan tidak efisien. Studi ini menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) untuk mengembangkan sistem klasifikasi otomatis spesies ikan. Semua data dikumpulkan secara langsung di Pusat Pasar Bintang Tanjungpinang, terutama pada empat jenis ikan: Sardinella (tamban), Scomber (selikur), Barbonymus (lebam), dan Euthynnus (tongkol). Ciri visual ikan terdiri dari tekstur dan bentuk yang diekstraksi dari gambar digital untuk klasifikasi. Selanjutnya, algoritma KNN membandingkan data baru dengan data yang telah terklasifikasi untuk mengidentifikasi jenis ikan berdasarkan sebagian besar tetangganya. Penelitian menunjukkan bahwa KNN dapat meningkatkan akurasi klasifikasi dan efisiensi identifikasi spesies ikan. Studi ini menggunakan Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) dan Oriented Gradients Histogram (HOG) untuk ekstraksi fitur. Hasil awal dari data pelatihan menunjukkan akurasi sebesar 71.34%, menunjukkan bahwa teknik dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam mengidentifikasi jenis ikan.

**Kata Kunci**—Klasifikasi ikan, K-Nearest Neighbor, pengolahan citra digital, machine learning, sistem informasi perikanan

### **I. PENDAHULUAN**

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki keanekaragaman spesies ikan yang sangat tinggi yang tersebar di berbagai wilayah

perairannya. Diperkirakan 8.500 spesies ikan hidup di perairan Indonesia atau merupakan 45% dari jumlah spesies yang ada di dunia, dengan sekitar 7.000 adalah spesies ikan laut [1].

Identifikasi spesies ikan secara akurat sangat penting, khususnya dalam perdagangan perikanan, pengelolaan stok ikan, konservasi ekosistem laut, hingga penelitian ilmiah. Namun, identifikasi secara manual yang masih banyak dilakukan di lapangan sangat bergantung pada keahlian individu, sehingga rentan terhadap kesalahan identifikasi, inkonsistensi hasil, serta membutuhkan waktu yang tidak efisien.

Kesalahan identifikasi spesies ikan dapat berdampak pada kesalahan harga di pasar, gangguan distribusi stok ikan, serta pengambilan keputusan yang tidak tepat dalam pengelolaan sumber daya laut. Untuk menentukan berapa jumlah spesies tersebut dibutuhkan suatu keahlian di bidang taksonomi, namun dalam pelaksanaannya mengidentifikasi suatu jenis ikan bukanlah hal yang mudah karena memerlukan suatu metode dan peralatan tertentu [1]. Oleh karena itu, pengembangan sistem klasifikasi otomatis berbasis machine learning menjadi solusi potensial yang dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi proses klasifikasi spesies ikan.

Dengan kemajuan dalam teknologi pengolahan citra digital saat ini, ciri visual seperti warna, tekstur, bentuk, dan ukuran dapat diekstraksi dari gambar digital ikan untuk digunakan dalam sistem klasifikasi otomatis. Dengan menggunakan citra digital, variasi ikan air tawar, payau, dan laut dapat diklasifikasikan di perairan daratan Indonesia [6]. Teknik ekstraksi fitur seperti Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) untuk fitur tekstur telah terbukti efektif untuk mengidentifikasi tingkat kesegaran ikan tuna [3]. Histogram of Oriented Gradients (HOG) untuk fitur bentuk juga banyak digunakan dalam penelitian pengolahan citra untuk pengenalan objek, seperti klasifikasi buah dan sayur [4].

Salah satu algoritma klasifikasi sederhana namun efektif dalam pengklasifikasian citra adalah K-Nearest Neighbor (KNN), yang menentukan kelas suatu data baru berdasarkan kemiripan dengan sejumlah data tetangga terdekatnya. Metode KNN telah terbukti efektif dalam klasifikasi ikan formalin menggunakan ekstraksi fitur GLCM [5],

dan memberikan hasil yang kompetitif dalam perbandingan dengan metode CNN untuk klasifikasi citra ikan [6]. Kombinasi GLCM dan KNN juga menunjukkan performa yang baik dalam aplikasi medis untuk identifikasi pneumonia pada citra rontgen [2].

Berdasarkan latar belakang maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem klasifikasi otomatis spesies ikan yang menggunakan algoritma KNN dengan menggunakan fitur tekstur (GLCM) dan bentuk (HOG) yang diekstrak dari gambar digital ikan. Di Pusat Pasar Bintang Tanjungpinang, data dikumpulkan secara langsung tentang empat jenis ikan utama: Sardinella (tamban), Scomber (selikur), Barbonymus (lebam), dan Euthynnus (tongkol). Sistem ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan sistem informasi perikanan kontemporer yang akurat dan efisien..

## II. RUANG LINGKUP

1. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem klasifikasi otomatis jenis ikan berbasis citra digital, dengan obyek penelitian empat jenis ikan yaitu Sardinella (tamban), Scomber (selikur), Barbonymus (lebam), dan Euthynnus (tongkol) yang diperoleh melalui pengambilan langsung di Pasar Bintang Center Tanjungpinang.
2. Proses pengolahan citra melibatkan pengambilan citra 2D secara manual, ekstraksi fitur tekstur menggunakan Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM), dan fitur bentuk menggunakan Histogram of Oriented Gradients (HOG).
3. Algoritma klasifikasi yang digunakan adalah K-Nearest Neighbor (KNN), dengan fokus pada pengembangan dan pengujian model klasifikasi tanpa

## III. METODE PENELITIAN

Metode kuantitatif digunakan untuk melakukan penelitian ini. Masalah diidentifikasi, data dikumpulkan, fitur diekstraksi menggunakan metode GLCM dan HOG, dan diklasifikasikan dengan algoritma KNN. Data yang digunakan adalah gambar ikan dari empat jenis ikan: tamban, selikur, lebam, dan

tongkol, dengan total 140 gambar. Sebelum analisis tekstur dilakukan, setiap gambar akan melalui proses preprocessing untuk meningkatkan kualitas gambar. Ini adalah alur kerja yang dilakukan:

**Gambar 1.** Flowchart Penelitian



#### A. Akuisisi Citra

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra digital yang diambil langsung menggunakan kamera smartphone dari empat jenis ikan, yaitu Sardinella (tamban), Scomber (selikur), Barbonymus (lebam), dan Euthynnus (tongkol) di Pasar Bintang Center Tanjungpinang. Total dataset yang digunakan sebanyak 140 citra.

#### B. Preprocessing

Langkah ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra dan meminimalkan noise yang dapat mempengaruhi hasil dari klasifikasi. Berikut tahapan preprocessing yang dilakukan:

##### 1. Remove Background

Proses penghapusan latar belakang untuk memisahkan objek utama (ikan) dari latar belakang citra. Bertujuan untuk memastikan bahwa hanya bagian tubuh ikan yang akan dianalisis.

##### 2. Contrast Enhancement

Meningkatkan kontras pada citra untuk memperjelas perbedaan antara tekstur dan kontur tubuh ikan.

##### 3. Normalization

Menormalisasikan citra untuk menstandarkan rentang nilai piksel menjadi skala 0 - 255.

##### 4. Resize

Seluruh citra diubah ukurannya menjadi 500x500 piksel. Digunakan untuk menyeragamkan ukuran citra.

#### C. Anotasi dan Labeling

Diberikan label untuk setiap citra sesuai dengan spesies ikan. Dimana untuk jenis ikan Sardinella (tamban) diberi label 0, Scomber (selikur) diberi label 1, Barbonymus (lebam) diberi label 2, dan Euthynnus (tongkol) diberi label 3. Pemberian label ini didasarkan hasil ekstraksi fitur pada ciri tekstur dan bentuk dari citra ikan tersebut.

#### D. Ekstraksi Fitur

Metode ekstraksi fitur yang digunakan meliputi:

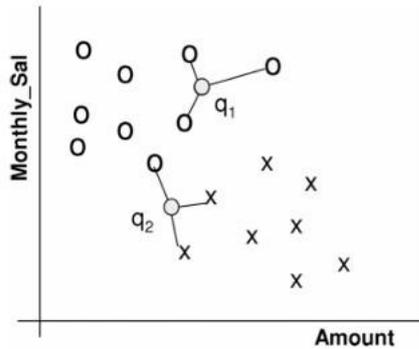
1. Ekstraksi Fitur dengan Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM). Merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi pola dan struktur tekstur dalam citra berdasarkan hubungan antar piksel [Office et al., 2024]. Metode ini menghasilkan fitur-fitur seperti contrast, correlation, energy, dan homogeneity yang merepresentasikan tekstur citra.

2. Histogram of Oriented Gradients (HOG). Merupakan metode yang digunakan untuk mengekstraksi fitur bentuk dan tepi dari sebuah citra. Metode ini bekerja dengan menghitung distribusi arah gradien intensitas lokal (perubahan intensitas) dalam blok-blok citra, yang kemudian direpresentasikan dalam bentuk histogram [Rachmat et al., 2021].

#### E. Klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN)

K-Nearest Neighbor (KNN) adalah salah satu algoritma klasifikasi dalam machine learning yang bersifat non-parametrik dan berbasis instance. Metode ini bekerja dengan cara menghitung jarak antara data yang akan diklasifikasikan dengan data latih, lalu menentukan kelas berdasarkan mayoritas dari k tetangga terdekat. Algoritma KNN sederhana

namun efektif, dan banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pengenalan pola, pengklasifikasian gambar, dan deteksi objek.



**Gambar 2.** Ilustrasi Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN)

Pada Gambar 2 menggambarkan Klasifikasi 3-Tetangga Terdekat pada masalah dua kelas dalam ruang fitur dua dimensi. Dalam contoh ini, keputusan untuk  $q_1$  adalah tiga tetangga terdekatnya yaitu kelas O. Namun, untuk  $q_2$  sedikit lebih rumit, dikarenakan  $q_2$  memiliki dua tetangga dari kelas X dan juga kelas O. Hal ini bisa diselesaikan dengan pemungutan suara mayoritas sederhana atau dengan pemungutan suara berbobot jarak. Jadi, klasifikasi k-NN memiliki dua tahap: yang pertama adalah menentukan tetangga terdekat, dan yang kedua adalah penentuan kelas menggunakan tetangga-tetangga tersebut.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berfokus pada empat jenis ikan dan memanfaatkan ekstraksi fitur GLCM (Gray-Level Co-occurrence Matrix) serta HOG (Histogram of Oriented Gradients), yang kemudian diklasifikasikan menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN).

##### A. Hasil Pra-pemrosesan Citra

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra ikan tamban, selikur, lebam, dan tongkol yang awalnya diambil dalam kondisi pencahayaan seragam. Untuk meningkatkan variasi dan kekuatan model, dilakukan augmentasi data, sehingga total citra yang semula 140 data menjadi 541 setelah di lakukan augmentasi data. Pra-pemrosesan ini meliputi penghapusan latar belakang untuk mengisolasi

ikan, peningkatan kontras untuk menonjolkan detail, normalisasi rentang piksel ke 0-255, dan pengubahan ukuran menjadi 500 x 500 piksel untuk menyeragamkan dimensi. Dataset yang telah diproses ini kemudian dibagi secara proporsional menjadi data latih dan data uji untuk pengembangan dan evaluasi model KNN.



**Gambar 3.** Contoh Citra Ikan Sebelum dan Sesudah Pra-pemrosesan.

##### B. Hasil Ekstraksi Fitur GLCM dan HOG

Setelah pra-pemrosesan, fitur tekstur dan bentuk setiap gambar ikan diperiksa. Karakteristik tekstur seperti pola sisik atau kulit ikan dapat ditangkap dengan menggunakan GLM (Gray-Level Co-occurrence Matrix). Fitur di hitung pada jarak 1 piksel dan dalam empat sudut ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ , dan  $135^\circ$ ). Properti seperti Contrast, Correlation, Homogeneity, dan ASM diekstrak. Sementara itu, HOG (Histogram of Oriented Gradients) diterapkan untuk mengekstraksi fitur bentuk dan tepi. HOG dikonfigurasi dengan 9 bins orientasi, pixels per cell (8,8), cells per block (2,2), dan menggunakan normalisasi blok 'L2-Hys'.

Vektor fitur dari GLCM dan HOG kemudian digabungkan dalam bentuk representasi yang menyeluruh untuk setiap gambar. Penggabungan ini dilakukan agar bisa memanfaatkan informasi dari tekstur (GLCM) dan bentuk (HOG), sehingga mampu membedakan tiap kelas dengan lebih baik.

**Tabel 1.** Contoh Bagian Vektor Fitur Gabungan (GLCM dan HOG) untuk Sampel Citra Ikan.

gcm_contrast	gcm_contrast	gcm_contrast
<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>
3735	3736	3737
7376	7377	7378
10915	10916	10917
1	14192	14193

glcm_contrast_3	hog_0	...
3738	3751	...
7379	7392	...
10918	10931	...
14194	14207	...

C. Hasil Training K-Nearest Neighbor (KNN)

Setelah dilakukan ekstraksi dan penggabungan fitur menggunakan metode **GLCM** (Gray Level Co-occurrence Matrix) dan **HOG** (Histogram of Oriented Gradients), data citra ikan kemudian diproses menggunakan algoritma **K-Nearest Neighbor (KNN)** dengan nilai **K = 5**.

Sebanyak **541 citra ikan** yang telah melalui proses augmentasi dibagi menjadi **80% data latih** dan **20% data uji**, yang digunakan untuk proses pengembangan dan evaluasi model klasifikasi.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model KNN mencapai **akurasi sebesar 71,43%**, dengan metrik kinerja lain seperti **precision, recall**, dan **F1-score** yang turut dihitung untuk menilai performa klasifikasi secara menyeluruh. Selain itu, **confusion matrix** juga disajikan untuk memberikan gambaran lebih rinci mengenai tingkat keberhasilan dan kesalahan prediksi pada masing-masing jenis ikan yang diuji.

Jenis Ikan	Precision	Recall	F1-Score	Support
Lebam	0.88	1.00	0.89	8
Selikur	0.50	0.50	0.50	6
Tamban	0.62	0.83	0.71	6
Tongkol	1.00	0.50	0.67	8

Tabel 2. Hasil Metrik Kinerja Klasifikasi KNN pada Empat Jenis Ikan

Metrik Agregat	Precision	Recall	F1-Score	Support
Accuracy			0.71	28
Macro Avg	0.73	0.71	0.69	28
Weighted Avg	0.76	0.71	0.70	28

Matriks Konfusi: [[8, 0, 0, 0], [0, 3, 3, 0], [0, 1, 5, 0], [2, 2, 0, 4]]

Tabel 3. Confusion Matrix Klasifikasi KNN untuk Empat Jenis Ikan

Kelas Aktual	Prediksi			
	Lebam	Selikur	Tamban	Tongkol
Lebam	8	0	0	0
Selikur	0	3	3	0
Tamban	0	1	5	0
Tongkol	2	2	0	4

Tabel-tabel di atas merangkum metrik kinerja utama model klasifikasi, sementara Confusion Matrix menunjukkan detail distribusi prediksi benar dan kesalahan klasifikasi antar jenis ikan.

D. Hasil Prediksi K-Nearest Neighbor (KNN)

Pada pengujian model KNN dengan fitur GLCM dan HOG, diperoleh akurasi sebesar **71,43%**, yang menunjukkan bahwa model mampu melakukan klasifikasi jenis ikan secara cukup baik, meskipun belum mencapai Tingkat akurasi yang sangat tinggi.

No	Prediksi	Keyakinan %	Label Aktual
1	Tidak Dikenali	40%	Lebam
2	Selikur	80%	Selikur
3	Tamban	60%	Tamban
4	Tongkol	80%	Tongkol

Dari empat data uji yang diujikan, tiga diantaranya berhasil diprediksi dengan benar, yaitu:

1. Data kedua diprediksi sebagai Selikur dengan keyakinan 80%, sesuai dengan label aktual.
2. Data ketiga diprediksi sebagai Tamban dengan keyakinan 60%, juga sesuai dengan label aktual.
3. Data keempat diprediksi sebagai Tongkol dengan keyakinan 80%, dan cocok dengan label aktualnya.

Namun, pada data pertama, model hanya memberikan tingkat keyakinan sebesar 40% terhadap jenis ikan Lebam, yang berada di bawah ambang batas (threshold) 60%. Karena itu, ikan tersebut dianggap tidak dikenali. Hal ini Hasil analisis menunjukkan bahwa model masih memiliki keterbatasan dalam mengklasifikasikan semua jenis ikan secara konsisten. Salah satu kesalahan prediksi yang menonjol terjadi pada jenis ikan **Lebam**. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kurangnya variasi atau jumlah data latih untuk

jenis ikan tersebut. Akibatnya, model tidak memiliki referensi yang cukup untuk mengenali pola ciri khas dari ikan Lebam.

Selain itu, jika terdapat kemiripan visual yang tinggi antar jenis ikan, fitur **GLCM** dan **HOG** yang digunakan dalam penelitian ini mungkin belum sepenuhnya mampu menangkap perbedaan tekstur dan bentuk yang spesifik. Kondisi ini membuat model kesulitan dalam mengidentifikasi pola unik dari ikan Lebam, sehingga menghasilkan prediksi yang tidak akurat.

Pemilihan nilai **K** dalam algoritma K-Nearest Neighbors (KNN) juga turut memengaruhi hasil prediksi. Jika nilai **K** yang digunakan tidak ideal, maka mayoritas suara dari tetangga terdekat bisa saja tidak mencerminkan kelas yang sebenarnya. Untuk meningkatkan kinerja model, beberapa langkah dapat dilakukan, antara lain:

- Menambah jumlah dan variasi data latih.
- Menerapkan metode ekstraksi fitur tambahan.
- Mengoptimalkan parameter **K** melalui validasi silang (*cross-validation*).
- Menggunakan teknik normalisasi data dan augmentasi citra untuk meningkatkan representasi fitur dan mengurangi bias dalam proses prediksi.

Secara keseluruhan, model KNN menunjukkan potensi yang cukup besar sebagai sistem klasifikasi citra ikan berbasis fitur tekstur dan bentuk, meskipun masih terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperbaiki ke depannya.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, metode K-Nearest Neighbor (KNN) dengan ekstraksi fitur tekstur menggunakan Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) dan fitur bentuk dari Histogram of Oriented Gradients (HOG) mampu melakukan klasifikasi empat jenis ikan di Pasar Bintan Center Tanjungpinang, yaitu tamban (*Sardinella*), selikur (*Scomber*), lebam (*Barbonymus*), dan tongkol (*Euthynnus*) dengan akurasi sebesar 71,43%. Proses preprocessing seperti penghapusan latar belakang, peningkatan kontras, normalisasi, dan resizing membantu meningkatkan kualitas citra sehingga

memudahkan proses ekstraksi fitur. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi fitur tekstur dan bentuk memberikan representasi yang cukup untuk membedakan keempat jenis ikan, tetapi masih sulit membedakan spesies yang memiliki kemiripan visual, terutama pada ikan lebam dan selikur. Beberapa faktor, seperti jumlah dan variasi data latih, optimalisasi parameter **K**, dan kemampuan fitur GLCM dan HOG untuk menangkap perbedaan karakteristik visual dari setiap jenis ikan, mempengaruhi tingkat akurasi model, meskipun model KNN dengan nilai **K=5** memberikan hasil yang layak. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan untuk meningkatkan jumlah dataset, melakukan augmentasi data yang lebih besar, dan meneliti kombinasi metode ekstraksi fitur atau algoritma klasifikasi lainnya untuk meningkatkan kinerja sistem.

## REFERENSI

- [1] Bahri, S., Setiawan, A., & Purnomo, D. (2021). Optimalisasi arsitektur Deep-learning untuk otomatisasi klasifikasi identifikasi spesies ikan. *KLIK - Kumpulan Jurnal Ilmu Komputer*, 8(2), 145–156.
- [2] Hismaya, A., Rahman, F., & Sari, N. (2024). Analisis tekstur berbasis GLCM dan klasifikasi KNN-SVM untuk identifikasi pneumonia pada citra rontgen. *Technology, Health, and Agriculture Nexus: Conference Series*, 3(1), 78–85.
- [3] Lamasigi, R., Abdullah, S., & Mohamad, I. (2022). Identifikasi tingkat kesegaran ikan tuna menggunakan metode GLCM dan KNN. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(2), 89–96.
- [4] Purwanto, A., Setiawan, B., & Wijaya, K. (2023). Klasifikasi buah dan sayur menggunakan fitur ekstraksi HOG dan metode KNN. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 9(3), 234–241.
- [5] Rosalina, D., Pratama, E., & Sari, M. (2023). Application of the K-NN method and GLCM feature extraction in classifying formalin fish images.

- Journal of Research Computer Science, 4(1), 112–119.
- [6] Susanto, A., & Romadhon, B. (2023). Perbandingan performa klasifikasi citra ikan menggunakan metode K-Nearest Neighbor (K-NN) dan Convolutional Neural Network (CNN). *JUSIFOR: Jurnal Sistem Informasi dan Informatika*, 7(2), 167–174.
- [7] Al Iman, Y. D., Isnanto, R. R., & Nurhayati, O. D., (2023). *Klasifikasi Jenis Ikan Laut K-Nearest Neighbor Berdasarkan Ekstraksi Ciri 2-Dimensional Linear Discriminant Analysis*. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, 10(4), 919-926.
- [8] Amalia, V. F., & Dewi, R. R. (2024). *Penilaian Kesegaran Ikan Dengan Metode K-Nearest Neighbor dan Pengolahan Citra Digital*. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika (JATI)*, 8(4), 39-46.
- [9] Arief, A. I., & Rahmadewi, R. (2024). Penerapan algoritma K-Nearest Neighbor pada kesegaran ikan menggunakan citra digital. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(4), 47–54.
- [10] Cunningham, P., & Delany, S., (2021). *k-Nearest Neighbour Classifiers - A Tutorial*. School of Computer Science, University College Dublin. *ACM Comput. Surv.* 54, 6
- [11] Hasym, I. E., & Susilawati, I. (2021). *Klasifikasi Jenis Ikan Cupang Menggunakan Algoritma Principal Component Analysis (PCA) dan K-Nearest Neighbor (KNN)*. *Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi*.
- [12] Jannah, M., Nababan, A. A., & Ningsi, Y. S. (2023). *Penerapan Metode K-Nearest Neighbor dalam Identifikasi Jenis Ikan Salmon yang Dapat Dikonsumsi Untuk Bahan MPASI Bayi*. *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer (J-SISKO TECH)*, 6(2), 636–644.
- [13] Kaur, A., & Gandhi, C. (2023). *A Review on Machine Learning Algorithms for Classification Tasks*. *Procedia Computer Science*, 218, 1603–1610.
- [14] Nurhadiyatna, A., Budi, E., & Syahputra, R. (2021). Digital Image Processing and Its Applications: A Review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1752(1), 012001
- [15] Office, I. H., Arifuddin, R., & Hidayatulail, B. F. (2024). Klasifikasi Pneumonia Menggunakan Metode Convolutional Neural Network. *Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 23(2), 233–244.
- [16] Tonapa, W. A., Manembu, P. D. K., & Kambey, F. D. (2024). Klasifikasi ikan cakalang dan tongkol menggunakan Convolutional Neural Network. *Jurnal Teknik Informatika*, 19(1), 31–36.
- [17] Rachmat, N., Yohannes, Y., & Mahendra, A. (2021). Klasifikasi jenis ikan laut menggunakan metode SVM dengan fitur HOG dan HSV. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, 8(4), 2235–2247.
- [18] Suwarsito, S., Mustafidah, H., Pinandita, T., & Purnomo, P. (2022). Freshwater fish classification based on image representation using K-Nearest Neighbor method. *JUITA: Jurnal Informatika*, 10(2), 183–189.
- [19] Sihombing, A. R. D., Herawati, I. M., Lubis, N. H., & Arifin, W. A., (2025). Klasifikasi Harga Ikan Koi Berdasarkan Jumlah Corak dan Ukuran Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor. *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 15(1), 45-52.
- [20] Shidiq, F., Hidayat, E. W., & Kurniati, N. I (2021). Penerapan metode K-Nearest Neighbor (KNN) untuk Menentukan Ikan Cupang dengan Ekstraksi Fitur Ciri Bentuk dan Canny. *Innovation in Research of Informatics (INNOVATICS)*, 3(2), 39-46.