

PENGLASIFIKASIAN KUALITAS IKAN NILA BERBASIS MATA IKAN DENGAN METODE K-NEAREST NEIGHBORS (K-NN)

Hana Khamilah^{1*}, Mardi Hardjianto²

^{1,2}Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur, Jakarta Selatan, Indonesia

Email: ¹*2011501471@student.budiluhur.ac.id, ²mardi.hardjianto@budiluhur.ac.id
(* : corresponding author)

Abstrak-Dalam era globalisasi ini, ketahanan pangan menjadi isu utama seiring dengan pertumbuhan populasi yang terus meningkat. Masalah yang muncul adalah bagaimana memastikan semua orang mendapatkan asupan gizi yang cukup, terutama melalui sumber protein hewani seperti ikan. Salah satu jenis ikan yang memiliki nilai gizi tinggi adalah ikan Nila, yang kaya akan protein, *omega-3*, vitamin, dan mineral esensial. Namun, penentuan kesegaran ikan secara manual sering kali tidak konsisten dan memerlukan keahlian khusus. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem identifikasi kesegaran ikan Nila berbasis pengolahan citra digital menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN). K-NN dipilih karena keunggulannya dalam kemudahan implementasi, fleksibilitas terhadap data baru, serta kemampuan menangani data non-linear tanpa perlu asumsi distribusi data tertentu. Sistem ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada penilaian manual dengan menyediakan metode yang lebih akurat, cepat, dan konsisten. Penelitian ini menggunakan metode pengolahan citra, termasuk *preprocessing*, penerapan morfologi *opening*, dan ekstraksi saluran warna RGB, untuk mengidentifikasi tingkat kesegaran ikan. Pengujian dilakukan pada 12 citra mata ikan Nila dengan dua tingkat kesegaran yang berbeda (segar dan busuk), menggunakan nilai $K=1$ pada algoritma K-NN. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan berhasil mencapai tingkat akurasi sebesar 91,67% dalam mengklasifikasikan kesegaran ikan Nila. Implementasi teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam pemantauan dan pengendalian kualitas ikan di pasaran, memberikan solusi yang lebih handal dibandingkan metode manual.

Kata Kunci: ekstraksi warna RGB, ikan nila, K-NN, morfologi *opening*, pengolahan citra digital

CLASSIFICATION OF NILE TILAPIA QUALITY BASED ON FISH EYE USING THE K-NEAREST NEIGHBORS (K-NN) METHOD

Abstract- In this era of globalization, food security has become a major issue as the population continues to grow. The challenge lies in ensuring that everyone receives adequate nutrition, particularly from animal protein sources like fish. One type of fish that is highly nutritious is Nile Tilapia, rich in protein, *omega-3*, vitamins, and essential minerals. However, manual determination of fish freshness is often inconsistent and requires specialized skills. This study aims to develop a Nile Tilapia freshness identification system based on digital image processing using the *K-Nearest Neighbor* (K-NN) algorithm. K-NN was chosen for its advantages in ease of implementation, flexibility in handling new data, and ability to manage non-linear data without requiring assumptions about data distribution. The system is expected to reduce dependence on manual assessment by providing a more accurate, faster, and consistent method. The research employs image processing methods, including *preprocessing*, application of morphological *opening*, and RGB color channel extraction, to identify the freshness level of the fish. Testing was conducted on 12 images of Nile Tilapia eyes with two different freshness levels (fresh and spoiled), using $K=1$ in the K-NN algorithm. The results show that the developed system achieved an accuracy rate of 91.67% in classifying the freshness of Nile Tilapia. The implementation of this technology is expected to improve efficiency in monitoring and controlling fish quality in the market, offering a more reliable solution compared to manual methods.

Keywords: RGB color extraction, Nile Tilapia, K-NN, morphological *opening*, digital image processing

1. PENDAHULUAN

Pangan tidak hanya merupakan kebutuhan primer bagi semua makhluk hidup, tetapi juga menjadi elemen penting bagi kelangsungan hidup dan kesejahteraan manusia, terutama dalam era globalisasi dengan pertumbuhan populasi yang terus meningkat. Meningkatkan produksi pangan menjadi langkah mendasar untuk memastikan setiap orang mendapatkan makanan yang sehat dan aman. Salah satu pangan yang berperan signifikan dalam memenuhi kebutuhan gizi masyarakat adalah ikan Nila, yang dikenal dengan kandungan protein hewani yang tinggi, serta sebagai sumber *omega-3*, vitamin, dan mineral yang baik bagi kesehatan manusia. Ikan Nila relatif mudah dan murah untuk dibudidayakan, terutama di wilayah dengan sumber air yang cukup, seperti Kecamatan

Indihiang di Kota Tasikmalaya, yang pada tahun 2020 mampu menghasilkan total 624,97 ton ikan air tawar, dengan 197,59 ton di antaranya adalah ikan Nila.

Usaha Budidaya ikan air tawar di Desa Cijuhung dikelola oleh para peternak melalui dua jenis usaha utama, yakni pembibitan dan pembesaran ikan. Pembesaran ikan dilakukan di lahan sawah yang telah diubah menjadi kolam permanen. Berdasarkan pengamatan, biasanya memiliki luas sekitar 720 m², menurut pengamatan. Bibit nila kolam ini memiliki berat rata-rata 15 kilogram. Siklus pemeliharaan ikan berlangsung selama 3 hingga 4 bulan.

Kualitas dan nilai gizi ikan sangat dipengaruhi oleh tingkat kesegarannya, yang merupakan faktor penting dalam penentuan mutu ikan. Sebelum mengkonsumsi ikan, konsumen biasanya menyeleksi ikan yang dianggap segar biasanya dilakukan secara manual oleh konsumen. Mereka menilai kesegaran ikan dengan memperhatikan perubahan warna pada mata dan insang, serta mencium aroma yang dikeluarkan oleh ikan. Tingkat kesegaran ikan Nila dapat diidentifikasi melalui pengamatan terhadap kriteria kejernihan dan kecerahan mata ikan. Pada kondisi segar setelah penangkapan, mata ikan terlihat jernih dan cerah. Namun, pada kondisi busuk, mata ikan berubah menjadi keruh dan kusam, menandakan bahwa ikan tersebut sudah dalam keadaan busuk. Kategori-kategori ini memberikan panduan ilmiah yang jelas mengenai tingkat kesegaran ikan Nila berdasarkan observasi visual terhadap kejernihan dan kecerahan mata ikan.

Metode manual memiliki kelemahan, kelemahannya mencakup hasil pengamatan yang tidak konsisten karena kelelahan fisik, ketidaktahuan dalam menentukan karakteristik fisik ikan segar. Pemeriksaan fisik secara seksama terhadap setiap ikan yang akan dibeli, dapat memerlukan waktu yang cukup lama. Pemanfaatan teknologi dalam citra *digital* dalam bidang pemrosesan analisis gambar memberikan dampak yang signifikan terutama dalam sektor perikanan. Berbagai algoritma dan teknik yang digunakan meliputi beragam operasi dasar seperti filter, segmentasi, dan ekstraksi fitur. Dalam konteks pengolahan citra *digital*, berbagai algoritma dan teknik yang dikembangkan untuk memanipulasi, menganalisis, dan menginterpretasi citra atau gambar secara *digital*. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem identifikasi kesegaran ikan nila berbasis citra *digital* menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN). Sistem ini diharapkan dapat mengurangi atau menghilangkan ketergantungan pada penilaian manual dengan memanfaatkan teknik pengolahan citra digital. Penerapan metode segmentasi morfologi, ekstraksi nilai RGB, dan algoritma K-NN akan membantu meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam proses identifikasi kesegaran ikan.

Penelitian terdahulu berjudul identifikasi kesegaran ikan nila menggunakan teknik citra digital, menggunakan ekstraksi saluran warna RGB ke *grayscale* untuk mengklasifikasi kematangan dan identifikasi menggunakan *K-Nearest Neighbor* (K-NN) [1]. Pada penelitian ketiga, untuk klasifikasi kesegaran ikan menggunakan metode *naïve bayes* [2]. Selanjutnya, penelitian oleh [3] yang berjudul Identifikasi Kesegaran Ikan menggunakan Algoritma K-NN Berbasis Citra *Digital*. Penelitian ini menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* dengan berbasis fitur warna RGB yang dikonversikan ke citra *biner*.

Sedangkan, pada Penelitian ini tidak hanya menerapkan teknik K-NN dan ekstraksi warna RGB, tetapi juga menambahkan penggunaan teknik morfologi seperti erosi dan dilasi dalam proses binerisasi citra *grayscale*. Erosi dan dilasi diterapkan untuk memperbaiki kualitas citra *biner* dengan meningkatkan detail dan mengurangi *noise*, yang pada gilirannya meningkatkan akurasi klasifikasi kesegaran ikan. Teknik ini bertujuan untuk mengatasi beberapa keterbatasan dari pendekatan sebelumnya dengan memperhalus proses binerisasi dan menghasilkan hasil yang lebih konsisten dalam identifikasi kesegaran ikan nila.

Pengolahan citra digital merupakan proses pengolahan informasi yang menggunakan citra sebagai *input* dan menghasilkan citra yang lebih baik atau bagian dari citra yang sebagai *output*. Tujuan utama pengolahan citra adalah untuk menyempurnakan kualitas citra agar dapat dipahami dan dianalisis dengan lebih mudah oleh manusia atau mesin komputer. Pengolahan citra *digital* merupakan proses pengolahan informasi yang menggunakan citra sebagai *input* dan menghasilkan citra yang lebih baik atau bagian dari citra yang sebagai *output*. Tujuan utama pengolahan citra adalah untuk menyempurnakan kualitas citra agar dapat dipahami dan dianalisis dengan lebih mudah oleh manusia atau mesin komputer.

Operasi morfologi adalah metode yang digunakan pada citra biner untuk memodifikasi struktur dan bentuk objek yang ada dalam citra tersebut. Tujuan utama dari operasi morfologi adalah untuk memperbaiki hasil segmentasi citra, sehingga objek yang diidentifikasi dapat terlihat lebih jelas dan terdefinisi dengan jelas. Operasi opening adalah proses yang melibatkan erosi diikuti dengan dilasi. Proses ini bermanfaat untuk memperhalus kontur objek dan menghapus piksel di area yang terlalu kecil [4].

Operasi erosi adalah salah satu proses dalam pemrosesan citra dan morfologi matematika. Erosi digunakan untuk menghilangkan detail-detail kecil, memisahkan objek yang saling menempel dan mengurangi ukuran objek. Proses erosi melibatkan pergeseran elemen struktur ke seluruh citra dan memeriksa apakah elemen struktur tersebut sepenuhnya menutupi objek. Teknik ini dikembangkan untuk menghilangkan *noise* berwarna hitam (0) dengan mengubahnya menjadi putih (1), sekaligus memperbesar bagian objek pada gambar [5].

Operasi dilasi menambahkan lapisan di sekitar objek untuk memperbesar ukuran segmen objek. Proses ini dilakukan oleh elemen struktural pada citra *biner*, yang mempengaruhi setiap piksel. Ketika elemen struktural

beroperasi dan bertemu dengan bit 1 yang menunjukkan objek, piksel tersebut akan diubah mengikuti pola dari elemen struktural yang digunakan [6]

Ekstraksi saluran RGB (*Red, Green, Blue*) merupakan teknik dasar dalam pengolahan citra digital yang memisahkan gambar berwarna menjadi merah, hijau, dan biru [7]. RGB (*Red, Green, Blue*) adalah model warna penambahan, di mana tiga sinar cahaya ditambahkan bersama dengan menambah panjang gelombangnya untuk menciptakan warna akhir [8]. Setiap gambar berwarna dalam format RGB dapat dilihat sebagai kombinasi tiga gambar *grayscale*, di mana setiap gambar mewakili warna merah, hijau, dan biru secara terpisah. Matriks tiga dimensi ini memungkinkan pengolahan masing-masing saluran warna secara individu untuk berbagai tujuan seperti analisis warna, segmentasi, dan klasifikasi. Berikut merupakan cara yang dapat dilakukan untuk ekstraksi saluran RGB dijelaskan pada persamaan (1).

$$m \times n \times 3 \quad (1)$$

Keterangan:

- m = jumlah piksel dalam satu baris citra
- n = jumlah piksel dalam satu kolom citra
- 3 = mewakili tiga kanal warna

Algoritma K-NN mampu mengatasi masalah klasifikasi di berbagai bidang dengan memberikan hasil yang tepat dan signifikan [9]. Algoritma K-NN memerlukan sekumpulan data yang sudah diberi label sebagai data training. *Data training* berfungsi sebagai acuan dalam menentukan kategori untuk data yang baru. Menggunakan *data training* ini dapat memahami karakteristik setiap kelas yang ada berdasarkan posisi data dalam ruang fitur. *Data training* ini berfungsi sebagai referensi utama dalam menentukan kategori atau kelas untuk data baru yang akan diklasifikasikan. Dalam konteks K-NN, data training memberikan informasi mendalam mengenai karakteristik dan pola setiap kelas yang ada. Ini dicapai dengan memetakan data ke dalam ruang fitur yang telah ditentukan, memungkinkan algoritma untuk memahami dan mengenali fitur khas dari setiap kategori. Kinerja akurasi algoritma KNN sangat dipengaruhi oleh fitur-fitur yang tidak relevan untuk dianalisis [10]. Proses ini melibatkan perhitungan jarak antara data baru dan data pelatihan menggunakan metrik jarak *Euclidean*. Tujuan dari penggunaan matriks tersebut adalah untuk pengukuran jarak antara data baru dengan data lama. Menurut [11] rumus yang digunakan dijelaskan pada persamaan (2).

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (2)$$

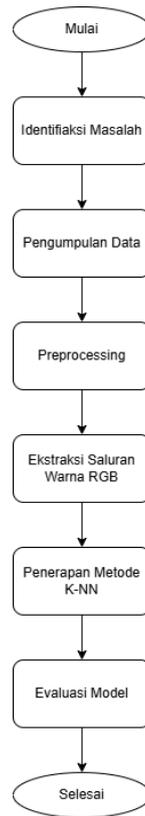
Keterangan:

- d = Jarak
- x_1 = Koordinat *latitude* 1
- x_2 = Koordinat *latitude* 2
- y_1 = Koordinat *longitude* 1
- y_2 = Koordinat *longitude* 2

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, tahap-tahap yang diikuti mengacu pada proses yang dirancang untuk sistem identifikasi. Penelitian ini melibatkan tujuh tahap, yaitu: identifikasi masalah, pengumpulan data, preprocessing, ekstraksi saluran warna RGB, penerapan metode K-NN, dan evaluasi model.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah bagian yang signifikan diteliti dalam tinjauan ini, terutama terkait dengan penggunaan ekstraksi varietas RGB, strategi morfologi *opening*, dan perhitungan *K-Nearest Neighbor* (K-NN) dalam mengurutkan tingkat kesegaran ikan nila, baik yang baru maupun yang busuk.

2.1.2 Pengumpulan Data

Data dikumpulkan untuk memperoleh Gambar mata ikan, yang akan berfungsi sebagai data uji dan data pelatihan, termasuk di antara data yang dikumpulkan untuk penelitian ini. Langkah-langkah berikut diambil selama proses pengumpulan data:

- Penulis akan melakukan observasi langsung di lokasi budidaya ikan Dengan menggunakan metode *Non-Probability Sampling* dan metode *Quota Sampling*, peneliti akan melakukan pengamatan langsung di lokasi budidaya ikan. Pemeriksaan Non-Kemungkinan adalah teknik pengujian di mana kemungkinan setiap komponen dalam populasi yang akan dipilih tidak jelas atau tidak dapat ditentukan dengan tenang. Dalam strategi ini, pilihan contoh tidak bergantung pada kemungkinan, melainkan pada kontemplasi yang membumi atau pendekatan spesialis [12]. Salah satu bentuk *Non-Probability Sampling* adalah *Quota Sampling*. *Quota sampling* adalah metode *Non-Probability* sampling di mana jumlah sampel dari suatu populasi dengan karakteristik tertentu ditentukan hingga kuota yang diinginkan terpenuhi [13].
- Penulis akan mengambil beberapa gambar yang relevan, khususnya citra ikan Nila.

2.1.3 Preprocessing

Proses ini melibatkan pengambilan informasi dari piksel dalam gambar dan mengubah intensitasnya untuk mempermudah pengguna dalam langkah-langkah selanjutnya. Pemrosesan ini bertujuan untuk memastikan bahwa gambar yang dihasilkan siap untuk analisis lebih lanjut. Dalam penelitian ini, beberapa tahapan *image preprocessing* yang dilakukan meliputi *grayscale*, operasi morfologi *opening*.

2.1.4 Ekstraksi saluran warna RGB

Ekstraksi saluran warna RGB adalah proses di mana satu atau lebih saluran warna dari model RGB (Merah, Hijau, Biru) dipisahkan atau diambil dari sebuah gambar. Setiap saluran warna menyimpan informasi tentang intensitas warna yang berkontribusi pada pembentukan warna akhir gambar. Dalam penelitian ini, ekstraksi saluran warna RGB dilakukan untuk mengidentifikasi nilai maksimum dan minimum dari saluran warna Merah, Hijau, dan Biru. Data yang diperoleh dari ekstraksi ini digunakan sebagai parameter untuk analisis lebih lanjut pada gambar. Proses ekstraksi fitur dari citra melibatkan konversi saluran warna RGB (*Red, Green, Blue*) ke mode warna lain [14]. Langkah ini penting untuk mengubah representasi warna yang kompleks dalam citra RGB menjadi format yang lebih sesuai untuk analisis dan pemrosesan lebih lanjut. Dalam ekstraksi fitur, nilai RGB dari setiap piksel diubah menjadi format warna lain, seperti grayscale atau HSV (*Hue, Saturation, Value*).

2.1.5 Penerapan Metode K-Nearest Neighbor (K-NN)

Algoritma *K-Nearest Neighbors* (K-NN) adalah teknik yang diterapkan dalam klasifikasi. Metode ini melibatkan beberapa langkah krusial dalam proses kerjanya. Berikut adalah langkah-langkah tersebut:

- Menentukan Nilai K
- Menghitung Jarak
- Mengidentifikasi Tetangga Terdekat
- Menampilkan Hasil Prediksi

2.1.6 Evaluasi Model

Setelah citra selesai diklasifikasikan menggunakan K-NN, tingkat akurasi K-NN dapat dihitung mengevaluasi hasil keluarannya. Mengevaluasi sejauh mana model tersebut mampu mengklasifikasi data dengan akurat menggunakan *Confusion matrix* [15]. *Confusion matrix* digunakan untuk mengevaluasi performa model klasifikasi dengan membandingkan hasil prediksi terhadap label yang sebenarnya. Matriks ini menunjukkan jumlah *True Positives* (TP), *True Negatives* (TN), *False Positives* (FP), dan *False Negatives* (FN) rumus yang digunakan dijelaskan pada persamaan (3).

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan:

- TP = *True Positive*
- TN = *True Negative*
- FP = *False Positive*
- FN = *False Negative*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, ikan yang digunakan adalah ikan nila. Jenis ikan tersebut kemudian dibagi menjadi dua kelompok data, yaitu data sampel yang digunakan untuk pelatihan (*training*) dan data sampel yang digunakan untuk pengujian (*testing*). Dari hasil analisis data pelatihan, bisa diperoleh nilai-nilai acuan untuk parameter pengukuran kesegaran ikan. Sementara itu, melalui analisis hasil data pengujian dapat memperoleh tingkat keakuratan sistem yang telah dibangun.

3.1 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, menggunakan ikan nila sebanyak 10 ikan dalam pengambilan data. Dengan memutar nila, proses pengambilan gambar diulang dua belas kali untuk setiap ikan. Proses pengambilan gambar diulang 12 kali setiap ikan dengan cara memutar ikan nila. Gambar itu diperoleh dari kamera ponsel yang jauh dari 20 cm dari ikan nila yang menjadi objek penelitian.

3.2 Pre-processing

Setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah melakukan *preprocessing*. Tahap ini bertujuan untuk memisahkan fitur utama dari gambar ikan Nila dan melanjutkan dengan mengubah gambar menjadi skala abu-abu serta menerapkan operasi morfologi *opening*. Selama tahap *preprocessing*, keadaan objek akan diproses untuk menghaluskan atau menyimpannya sambil mengurangi detail kecil di sekitar objek.

3.3 Ekstraksi saluran warna RGB

Tahap yang dilakukan dalam ekstraksi saluran warna RGB adalah untuk menentukan nilai minimum dan maksimum dari ketiga saluran warna (Merah, Hijau, Biru). Proses ini melibatkan pemisahan saluran warna pada citra asli, kemudian memilih berdasarkan piksel objek yang terdeteksi, dan mengidentifikasi nilai minimal serta maksimal dari masing-masing warna.

Tabel 1. Ekstraksi saluran warna RGB

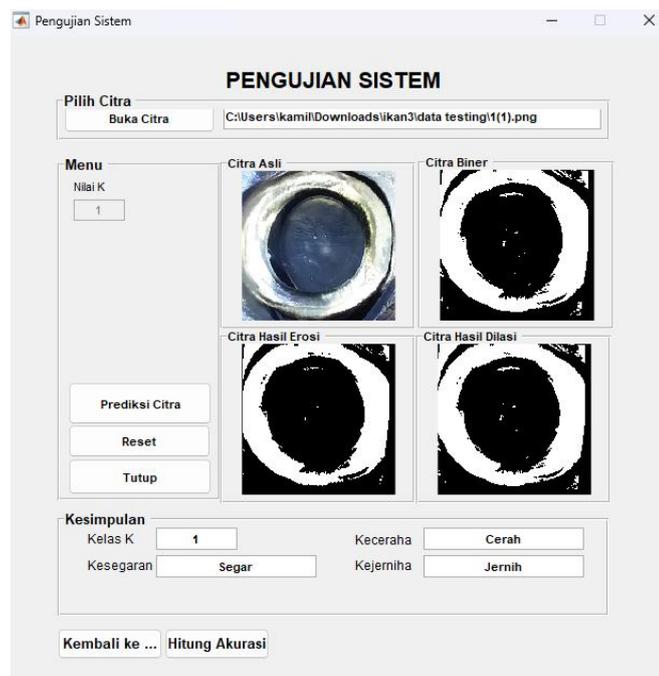
Nilai Minimal			Nilai Maksimal		
Red	Green	Blue	Red	Green	Blue
52	68	89	163	168	166
64	77	77	170	176	174
42	53	81	173	179	177
55	74	100	170	175	172
54	72	102	189	196	194
50	65	83	165	170	169
58	67	196	163	211	215
53	75	92	200	170	170
..dst	..dst	..dst	..dst	..dst	..dst

3.4 Pelatihan dan Pengujian

Pelatihan dilakukan menggunakan pemrograman MATLAB dengan mengembangkan model pengelompokan K-NN untuk mengorganisasi informasi. Sebanyak 60 gambar digunakan dalam proses pelatihan, terdiri dari 30 gambar ikan segar dan 30 gambar ikan busuk. Model dibangun untuk berbagai nilai K, yaitu K=1, K=3, K=5, K=7, dan K=9. Selama tahap pengujian, model klasifikasi disimpan sebagai model pelatihan dan digunakan untuk mengintegrasikan data pengujian.

Pada tahap pengujian, sistem menerima data uji yang terdiri dari 12 gambar mata ikan, dengan rincian 6 gambar ikan segar dan 6 gambar ikan busuk. Langkah berikutnya adalah melakukan proses morfologi opening dan menormalisasi nilai RGB dari semua gambar uji. Kemudian, model K-NN yang telah disimpan digunakan untuk mengklasifikasikan nilai RGB yang diperoleh ke dalam kategori target.

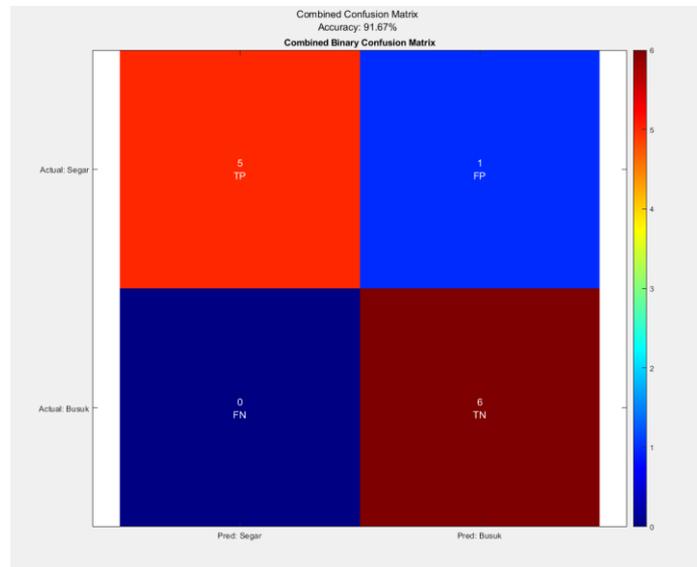
Hasil pengujian menunjukkan adanya variasi dalam tingkat akurasi tergantung pada nilai K yang digunakan. Akurasi tertinggi tercapai pada K=1, yaitu 93,33%, sementara pada K=3, K=5, dan K=7, akurasinya masing-masing adalah 56,67%. Pada K=9, ketepatan menurun menjadi 43,33%. Dari temuan ini, dapat disimpulkan bahwa pemilihan nilai K sangat mempengaruhi hasil identifikasi. Nilai K yang optimal dalam uji ini adalah K=1, yang memberikan akurasi tertinggi yaitu 93,33%.



Gambar 2. Tampilan Input dan Hasil Akhir

3.5 Evaluasi Model

Mengukur kinerja dari *Confusion Matrix* menggunakan akurasi. Akurasi adalah metrik yang menggambarkan seberapa tepat model dalam mengklasifikasikan data dengan benar atau seberapa dekat nilai prediksi dengan nilai aktual.



Gambar 3. Tampilan *Confusion Matrix*

$$\begin{aligned}
 Accuracy &= 11/12 = 0,9167 \\
 &= 0,9167 * 100\% \\
 &= 91,67\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan *confusion matrix*, sistem pengenalan kesegaran ikan Nila melalui citra mata ikan mencapai tingkat akurasi 91,67% dari total 12 data. Sistem ini berhasil mengklasifikasikan 5 data dengan benar sebagai ikan segar (*True Positive*) dan 6 data lainnya dengan benar sebagai ikan busuk (*True Negative*). Namun, terdapat 1 data yang keliru diklasifikasikan sebagai ikan segar padahal sebenarnya busuk (*False Positive*), dan tidak ada data yang salah diklasifikasikan sebagai ikan busuk padahal sebenarnya segar (*False Negative*).

4. KESIMPULAN

Sistem yang dirancang berfungsi sesuai harapan dan mempermudah proses identifikasi kesegaran ikan Nila, sehingga analisis menjadi lebih efisien dan konsisten dalam hal akurasi. Penerapan teknologi pengolahan citra digital terbukti efektif. Metode segmentasi morfologi dengan operasi opening, ekstraksi nilai RGB, dan *algoritme* K-NN telah berhasil digunakan untuk menganalisis citra dalam menentukan kesegaran ikan Nila berdasarkan mata ikan tersebut. Sistem ini menunjukkan tingkat akurasi sebesar 91,67% dari total 12 sampel data. Sistem ini meningkatkan efisiensi dan konsistensi dalam proses identifikasi kesegaran ikan, meskipun analisis yang dilakukan terbatas pada citra mata ikan dan hanya dapat memproses satu ikan dalam setiap analisis. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menambah jumlah data pelatihan, memperluas analisis ke bagian tubuh ikan lainnya, serta mempertimbangkan faktor-faktor tambahan seperti aroma dan tekstur guna memperoleh hasil yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hutagalung, J. P. M. M. Yuli. (2020). 14-52-1-pb.
- [2] Muchtar, M., Pasrun, Y. P., Rasyid, R., Miftachurohmah, N., & Mardawati, M., "Penerapan Metode Naïve Bayes Dalam Klasifikasi Kesegaran Ikan Berdasarkan Warna Pada Citra Area Mata," *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan, JITET: Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 1, pp. 611-617, 2024. <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i1.3879>
- [3] Saputra, S., Yudhana, A., & Umar, R., "Identifikasi Kesegaran Ikan Menggunakan Algoritma KNN Berbasis Citra Digital," *KREA-TIF: Jurnal Teknik Informatika*, vol. 10, no. 1, pp. 1-9, 2022. <https://doi.org/10.32832/kreatif.v10i1.6845>
- [4] F. D. Marleny, "Pengolahan Citra Digital Menggunakan Python," CV. Pena Persada, 2022. <https://www.researchgate.net/publication/358220979>

- [5] M. Z. Andrekha, Y. Huda, “Deteksi Warna Manggis Menggunakan Pengolahan Citra dengan Opencv Python,” *Jurnal Vocational Teknik Elektronika dan Informatika*, vol. 9, no. 4, pp. 27-33, 2021. <https://ejournal.unp.ac.id/index.php/voteknika/article/view/114251>
- [6] N. U. Habibah, P. A. Rosyady, and R. P. Pribadi, “Analisis Indeks Masa Tubuh Berbasis Citra Digital Menggunakan Metode Body Surface Area,” *JETRI: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 20, no. 2, pp. 135–152, 2023. <https://doi.org/10.25105/jetri.v20i2.15398>
- [7] Agustin, S., & Dijaya, R. (2019). beef image classification using k-nearest neighbor algorithm for identification quality and freshness. *journal of physics: conference series*, 1179(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1179/1/012184>
- [8] S. Suhadi, et al, “Mobile-Based Fish Quality Detection System Using K-Nearest Neighbor’s Method. 2020 *Fifth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, 2020. <https://doi.org/10.1109/icic50835.2020.9288544>
- [9] Yudhana, A., Umar, R., & Saputra, S., “Fish Freshness Identification Using Machine Learning: Performance Comparison of K-Nn and Naïve Bayes Classifier,” *Journal of Computing Science and Engineering*, vol. 16, no. 3, pp. 153–164, 2022. <https://doi.org/10.5626/jcse.2022.16.3.153>
- [10] R. Nuraini, et al, “Combination of K-Nn and PCA Algorithms on Image Classification of Fish Species,” *Jurnal Resti (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 7, no. 5, pp. 1026–1032, 2023. <https://doi.org/10.29207/resti.v7i5.5178>
- [11] Miftahuddin, Y., Umaroh, S., & Karim, F. R. (2020). perbandingan metode perhitungan jarak euclidean, haversine, dan manhattan dalam penentuan posisi karyawan. *jurnal tekno insentif*, 14(2), 69–77. <https://doi.org/10.36787/jti.v14i2.270>
- [12] T. Sukwika, “Menentukan Populasi Dan Sampling, In book: *Metode Penelitian (Dasar Praktik dan Penerapan Berbasis ICT)*,” XIV, Mifandi Mandiri Digital, pp.159-173, 2023. <https://www.researchgate.net/publication/373137498>
- [13] Y. Septiani, E. Arribe, and R. Diansyah, “Analisis Kualitas Layanan Sistem Informasi Akademik Universitas Abdurrah Terhadap Kepuasan Pengguna Menggunakan Metode Sevqual (Studi Kasus: Mahasiswa Universitas Abdurrah Pekanbaru), *Jurnal Teknologi dan Open Source*, vol. 3, no. 1, pp. 131-143, 2020.
- [14] S. Winiarti, et al, “Consumable Fish Classification Using K-Nearest Neighbor. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*,” *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, vol. 821, no. 1, 2020, pp. 1-11, <https://doi.org/10.1088/1757-899x/821/1/012039>
- [15] A. Septiarini, H. Hamdani, and E. Winarno, “The combination of color-texture features and machine learning for detecting dayak beads,” *Jurnal Infotel*, vol. 15, no. 1, pp. 17–24, 2023. <https://doi.org/10.20895/infotel.v15i1.856>