

# Identifikasi Kesegaran Ikan Menggunakan Algoritma *KNN* Berbasis Citra Digital

Sabarudin Saputra<sup>1\*</sup>, Anton Yudhana<sup>2</sup>, Rusydi Umar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

\*E-mail koresponden: [sabarudinsaputra15@gmail.com](mailto:sabarudinsaputra15@gmail.com)

*Diserahkan* 23 Februari 2022; *Direview* 29 Maret 2022; *Dipublikasikan* 25 April 2022

## Abstrak

*Ikan merupakan komoditas utama laut yang penting sebagai sumber makanan. Ikan perlu diketahui kesegarannya sebelum dikonsumsi manusia. Tingkat kesegaran ikan biasanya diidentifikasi dengan cara konvensional seperti analisis kimiawi atau biokimiawi ikan, analisis kandungan mikrobiologi pada ikan, dan metode pemeriksaan sensori. Metode-metode tersebut dapat dilakukan namun membutuhkan kekuatan manusia yang cenderung mengalami kelelahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kesegaran ikan hasil tangkapan dengan menggunakan sistem komputerisasi digital. Metode yang digunakan adalah K-Nearest Neighbor dengan memanfaatkan citra mata ikan berbasis nilai fitur warna RGB. Data yang digunakan adalah 150 citra mata ikan yang diambil pada rentang waktu satu jam, lima jam, dan 10 jam. Citra mata ikan tersebut sebelumnya telah dilakukan cropping, segmentasi dan ekstraksi nilai RGB untuk kemudian diklasifikasikan berdasarkan kelas target. Data penelitian dibagi menjadi 120 citra untuk pelatihan dan 30 citra untuk pengujian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai akurasi paling tinggi menggunakan nilai  $K=1$  yaitu sebesar 93,33%. Berdasarkan hasil akurasi tersebut maka metode *KNN* dapat menjadi model pengembangan identifikasi kesegaran ikan menggunakan citra digital.*

**Kata kunci:** *Identifikasi; Kesegaran ikan; *KNN*; Citra digital, Mata ikan*

## Abstract

*Fish is the main marine commodity that is important as a source of food. Fish need to be known fresh before human consumption. The level of freshness of fish is usually identified by conventional methods such as chemical or biochemical analysis of fish, analysis of the microbiological content of fish, and sensory examination methods. These methods can be carried out but require human strength which tends to experience fatigue if working for a long time. This study aims to identify the freshness of the caught fish using a digital computerized system. The method used is K-Nearest Neighbor by utilizing a fisheye image based on RGB color feature values. The fisheye image has previously been cropped, segmented and extracted RGB values to then class areified based on the target class. The data used are 150 fisheye images taken at a time span of an hour, five hours, and 10 hours. Research data is divided into 120 images for training and 30 images for testing. The test results show that the highest accuracy value uses the value of  $K = 1$ , which is 93.33%. Based on the accuracy results, the *KNN* method can be a model for developing fish freshness identification using digital images.*

**Keywords:** *Identification; Fish freshness; *KNN*; Digital images, Fisheye.*

## PENDAHULUAN

Ikan merupakan komoditas laut yang mudah busuk sehingga diperlukan penanganan khusus terhadap ikan yang baru didapatkan, dengan menyimpan dan mengolahnya secara tepat agar menghambat pembusukan ikan secara fisik, kimia, biokimia dan perubahan mikrobiologis yang terjadi pada ikan [1, 2]. Suhu dan lama waktu penyimpanan ikan juga juga berpengaruh langsung terhadap kesegaran ikan [3]. Pengawetan menggunakan es tersebut berfungsi agar kesegaran ikan tetap terjaga karena kualitas ikan dapat dinilai dari tingkat kesegarannya [4]. Mengingat hal itu begitu penting maka proses pengolahan dan penjualan ikan sangat bergantung pada kemampuan menentukan tingkat kesegaran ikan [5].

Identifikasi kesegaran ikan merupakan salah satu tahapan pengolahan ikan yang perlu dilakukan secara cepat dan tepat apalagi dalam proses pengolahan ikan berjumlah besar [4]. Ikan segar merupakan ikan yang mempunyai sifat, warna, bau, dan tekstur yang sama dengan ikan yang masih hidup [6]. Kesegaran ikan dapat dilihat dari perubahan warna mata ikan [6]. Kesegaran ikan dapat dideteksi menggunakan beberapa metode konvensional yaitu analisis kimiawi atau biokimiawi ikan, analisis kandungan mikrobiologi pada ikan, dan metode pemeriksaan sensori [5], [7, 8]. Metode identifikasi lainnya adalah melihat warna mata ikan secara langsung. Metode-metode tersebut dapat memberikan informasi kualitas ikan dan hasil kuantitatif yang tepat tetapi memerlukan lebih waktu lama, proses yang rumit, membutuhkan biaya yang besar, serta memerlukan kekuatan fisik manusia yang cukup rentan dan cepat mengalami kelelahan sehingga dapat mengganggu aktivitas identifikasi ikan [7], [9]. Hal itu menjadi dasar dikembangkan sistem deteksi kesegaran ikan dengan berbagai metode berbasis media komputerisasi elektronik [5].

Media komputerisasi elektronik dapat dimanfaatkan dengan perkembangan perangkat keras maupun perangkat lunak sebagai alat bantu analisis menggunakan berbagai algoritma dan metode dalam mengklasifikasi maupun mengukur suatu objek pada berbagai bidang [4], [10-12]. Perkembangan tersebut muncul untuk mengatasi kekurangan-kekurangan dalam metode konvensional dalam proses identifikasi [13]. Proses identifikasi dapat dilakukan pada berbagai objek salah satunya adalah objek citra. Citra merupakan tiruan dari sebuah objek yang terbentuk dari kombinasi sejumlah warna RGB (*red, green, blue*) [6][14]. RGB merupakan komponen atau fitur warna yang memiliki rentang nilai 0-255 pada suatu citra [6]. Nilai RGB pada perubahan warna mata ikan dari waktu ke waktu dapat dijadikan dasar indentifikasi kesegaran ikan berbasis citra.

Metode identifikasi citra menggunakan sistem komputerisasi atau dikenal sebagai metode pengolahan citra (*image processing*) merupakan metode tentang cara membentuk citra, memproses, dan menganalisisnya agar manusia lebih mudah memahami informasi yang ada pada citra tersebut [15]. Oleh karena itu pengolahan citra menjadi salah satu cara yang penting dilakukan dalam mengevaluasi kualitas kesegaran ikan berdasarkan analisis fitur warna citra [16]. Salah satu metode dalam pengolahan citra yang dapat digunakan adalah *K-Nearest Neighbor* (KNN) [17]. KNN merupakan sebuah metode berbasis model non-parametrik yang intuitif dan efektif untuk tujuan klasifikasi dan regresi sehingga mengurangi penggunaan waktu komputasi dengan menghitung jarak kedekatan data pelatihan dengan suatu objek [16, 17].

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan [18] menggunakan NIR (*near-infrared spectroscopy*) dan metode BP-ANN (*backpropagation-artificial neural network*) menunjukkan bahwa metode BP-ANN mengungguli metode NIR dengan akurasi pelatihan mencapai 94.17% dan akurasi pengujian mencapai 90.00%. Penelitian dengan menggunakan metode K-Means untuk segmentasi dan *convolutional neural network* (CNN) untuk melakukan klasifikasi kesegaran ikan berbasis perpaduan informasi spektral dan citra daging ikan Salmon dengan hasil akurasi mencapai 92,3% [1]. Penelitian yang dilakukan untuk mengidentifikasi ikan dan

menentukan tingkat kesehatarannya berdasarkan pengolahan citra menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) menunjukkan hasil yang dapat diterima [19]. Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh [20] dalam menentukan tingkat kesehataran ikan menggunakan metode *Hue Saturation Value* (HSV) dan *Waterfall* dengan cara identifikasi *Radial Basis Function* (RBF). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat akurasi penentuan kesehataran ikan sebesar 50% dikarenakan rentang warna ikan segar dan tidak segar tidak terlalu berbeda. Penelitian lain oleh [21] menggunakan sensor MQ135 dan TCS3200 dengan memanfaatkan metode klasifikasi *Naïve Bayes* dalam mendeteksi tingkat kesehataran melalui bau dan warna ikan Bandeng yang menghasilkan tingkat akurasi sistem sebesar 94,4%. Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah citra mata ikan sehingga berbeda dengan penelitian [1] yang menggunakan citra daging ikan. Berdasarkan metode akuisisi objek, penelitian ini menggunakan kamera digital sedangkan penelitian [18] menggunakan NIR *spectroscopy* dan penelitian [21] menggunakan sensor MQ135 dan TCS3200. Metode yang digunakan dalam penelitian ini pun berbeda dengan penelitian terdahulu [1], [18–21] yaitu menggunakan KNN sebagai metode klasifikasi berdasarkan fitur RGB pada citra mata ikan karena metode tersebut merupakan metode yang populer untuk klasifikasi [29]. Proses klasifikasi memanfaatkan fitur warna RGB karena fitur warna tersebut merupakan komponen warna yang bisa dideteksi perubahannya dalam proses pengolahan citra.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kesehataran ikan berdasarkan citra digital mata ikan menggunakan metode KNN dengan menitikberatkan pada klasifikasi fitur warna RGB pada citra mata ikan. Manfaat penelitian ini mengetahui kemampuan metode KNN yang digunakan dalam proses identifikasi kesehataran ikan berbasis citra digital. Selain itu penelitian dapat menjadi dasar pengembangan teknologi lanjutan dalam proses penyortiran ikan berbasis *machine learning*.

## METODE PENELITIAN

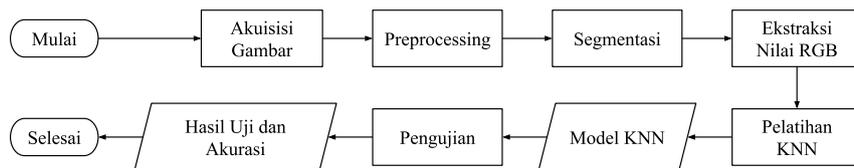
### Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah citra mata ikan Selar. Untuk mendapatkan objek penelitian tersebut dilakukan akuisisi citra terhadap lima ekor ikan Selar yang telah disimpan pada suhu ruang selama 10 jam. Citra ikan tersebut dikelompokkan ke dalam tiga kelas kesehataran ikan. Pertama, kelas ikan segar yaitu citra ikan yang diambil pada lima ekor ikan hasil tangkapan yang baru dibeli dari pasar. Kedua, kelas ikan mulai busuk yaitu citra ikan yang diambil pada lima ekor ikan sebelumnya yang telah disimpan selama lima jam. Ketiga, kelas ikan busuk yaitu citra ikan yang diambil pada lima ekor ikan sebelumnya yang telah disimpan selama 10 jam. Pada proses pengumpulan data citra ikan menggunakan kamera digital Canon EOS 1300D. Masing-masing ikan pada setiap kelas dilakukan pengambilan gambar sebanyak 10 kali sehingga total citra yang dihasilkan adalah 50 citra pada setiap kelas kesehataran. Dengan demikian total citra hasil akuisisi adalah 150 citra ikan berbasis RGB (*Red, Green, Blue*). Total citra tersebut dibagi menjadi 120 citra untuk proses pelatihan dan 30 citra untuk proses pengujian.

### Proses Identifikasi

Proses identifikasi (Gambar 1) dimulai dengan tahapan akuisisi citra ikan yang dikelompokkan dalam kelas ikan segar, ikan mulai busuk, dan ikan telah busuk. Akuisisi citra merupakan tahap awal untuk mendapatkan citra digital guna menentukan data yang diperlukan serta memilih cara mengumpulkan citra [27]. Tahapan selanjutnya adalah *preprocessing* dengan melakukan *cropping* citra hasil akuisisi pada setiap kelas hanya pada bagian mata ikan. Citra hasil *cropping* pada setiap kelas kemudian disimpan sebagai data latih dan uji.

Citra mata ikan hasil *cropping* kemudian disegmentasikan untuk mendapatkan citra mata ikan tanpa latar belakang. Segmentasi merupakan cara untuk memisahkan citra ke dalam bagian-bagian utama yang penting untuk dijadikan sumber informasi [28]. Proses segmentasi melewati proses *filling holes images* dan morfologi untuk mengurangi *noise* (bercak/bintik) pada citra. Selanjutnya dilakukan ekstraksi nilai RGB pada tiap citra hasil segmentasi. Hasil ekstraksi disimpan ke dalam tabel *database* kemudian dilatih menggunakan KNN yang menghasilkan model pelatihan dengan *output* sistem berupa klasifikasi tingkat kesegaran ikan hasil pelatihan dan akurasi sistem hasil pelatihan. Pembuatan model KNN dilakukan dengan menggunakan beberapa nilai K yang berbeda sehingga dapat diketahui nilai K terbaik yang dapat digunakan dalam proses klasifikasi. Hasil pelatihan kemudian disimpan sebagai model pelatihan yang digunakan untuk proses pengujian. Proses pengujian dilakukan dengan memanggil model pelatihan KNN yang telah disimpan sebelumnya. Setelah dianalisis, sistem akan menampilkan hasil identifikasi kesegaran ikan dan tingkat akurasi pengujian.



Gambar 1. Diagram proses identifikasi kesegaran ikan

### *K-Nearest Neighbor* (KNN)

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode klasifikasi *K-Nearest Neighbor* (KNN) pada proses identifikasi berbasis citra digital. KNN merupakan salah satu metode dalam *machine learning* untuk memprediksi suatu fenomena [22] dan mengklasifikasikan data yang belum memiliki kelas ke dalam kelas yang paling mirip karakteristiknya melalui pelatihan dan pengujian [23, 24]. Sistem klasifikasi tersebut menggunakan nilai *K* untuk melihat banyaknya data paling dekat yang terlibat pada identifikasi suatu kelompok data uji [25]. Perhitungan jarak suatu data dengan suatu kelas dapat menggunakan persamaan jarak *Euclidean* yang ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$dist(x_1, x_2) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - x_{2i})^2} \quad (1)$$

Persamaan (1) berlaku untuk atribut numerik, dimana kita mengambil perbedaan antara masing-masing nilai yang sesuai dari atribut  $x_1$  dan  $x_2$ , kuadratkan hasilnya dan jumlahkan semua data ke- $i=1$  sampai  $i=n$ . Akar kuadrat dari penjumlahan semua data tersebut menghasilkan jarak antara  $x_1$  dan  $x_2$ .

Nilai *K* pada KNN merupakan jumlah tetangga terdekat dari suatu data yang akan diklasifikasikan. Penentuan nilai *K* biasanya menggunakan bilangan ganjil 1, 3, 5, dan seterusnya [26]. Penelitian ini menggunakan nilai  $K = 1$ ,  $K = 3$ ,  $K = 5$ , dan  $K = 7$  sehingga dapat dilihat perbedaan dan pengaruhnya terhadap hasil klasifikasi.

### Pengujian

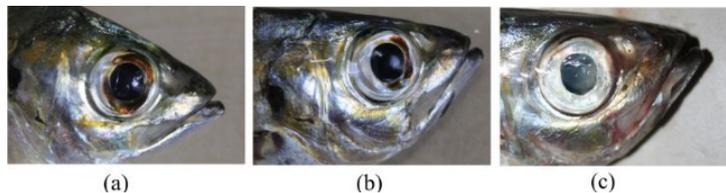
Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari model yang dihasilkan. Kemampuan model diukur berdasarkan nilai akurasi. Persamaan (2) menunjukkan perhitungan mengenai tingkat akurasi sistem dalam melakukan klasifikasi kesegaran ikan. Tingkat akurasi tersebut dihitung dengan cara membandingkan banyak nilai RGB hasil uji yang diklasifikasikan sesuai target dengan total data uji yang digunakan.

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah data yang sesuai target}}{\text{Jumlah data uji}} \times 100\% \quad (2)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Akuisisi Citra

Proses akuisisi merupakan pengambilan citra ikan menggunakan kamera digital Canon EOS 1300D dengan hasil seperti Gambar 2.

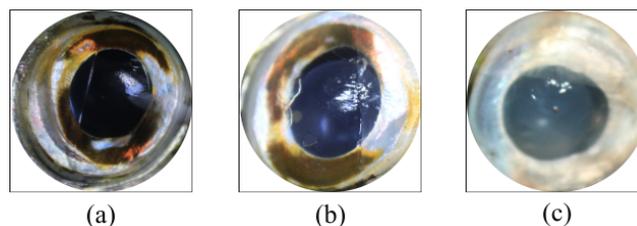


Gambar 2. Sampel mata ikan (a) satu jam, (b) lima jam, dan (c) 10 jam

Citra diambil pada ikan yang disimpan pada suhu ruang untuk dimasukkan ke dalam masing-masing folder kelas jam yang telah ditentukan yaitu satu jam, lima jam, dan 10 jam. Total hasil akuisisi citra untuk dijadikan data pelatihan adalah 120 citra.

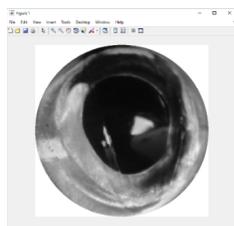
### Preprocessing dan Segmentasi

Tahapan *preprocessing* dimulai dengan melakukan *cropping* citra hanya pada mata ikan pada setiap citra ikan dalam data pelatihan. *Cropping* dilakukan guna mendapatkan citra mata ikan secara lebih detail dan terpusat. Hasil *cropping* citra ikan ditampilkan pada Gambar 3.

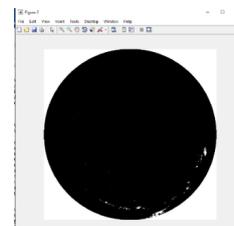


Gambar 3. Hasil *cropping* (a) satu jam, (b) lima jam, dan (c) 10 jam

Mata ikan hasil *cropping* selanjutnya dilakukan segmentasi menggunakan Matlab R2015a untuk mendapatkan citra mata ikan tanpa *background*. Proses diawali dengan memasukkan atau membaca data latih ke dalam sistem. Tahap segmentasi dilakukan dengan mengkonversikan citra RGB menjadi citra keabuan (*grayscale*) seperti yang ditampilkan pada Gambar 4. Citra yang telah diubah menjadi *grayscale* lalu dikonversikan lagi ke bentuk citra biner. Hasil konversi ke biner dimana citra terbagi menjadi dua bagian yaitu *black* dan *white* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Hasil konversi RGB ke citra *grayscale*



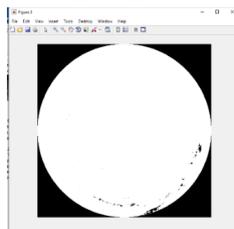
Gambar 5. Hasil konversi *grayscale* ke citra biner

Bagian citra mata ikan yang akan digunakan dalam proses ekstraksi nilai RGB adalah bagian hasil *cropping*. Langkah berikutnya adalah menukar kedua bagian sehingga *black* menempati latar belakang dan *white* menempati bagian objek dengan melakukan proses *complement* pada Matlab. Hasil *complement* citra biner ditampilkan pada Gambar 6.

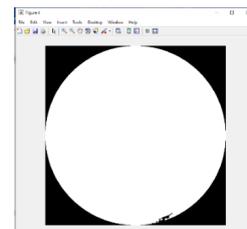
Tahap selanjutnya adalah melakukan proses *morfologi* untuk mengurangi efek *noise* pada citra hasil *complement*. Hasil proses morfologi ditampilkan pada Gambar 7. Proses segmentasi citra dilakukan pada setiap citra mata ikan hasil *cropping* pada setiap kelas data latih. Hasil segmentasi akhir dalam sistem ditunjukkan pada Gambar 8. Setelah diperoleh citra hasil segmentasi, citra tersebut kemudian akan diekstraksi berdasarkan fitur warna RGB.

### Ekstraksi Nilai RGB

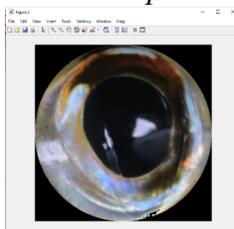
Citra hasil segmentasi kemudian diekstraksi untuk mendapatkan nilai dari fitur warna RGB. Seluruh nilai RGB hasil ekstraksi kemudian disimpan ke dalam sebuah *database* kelas latih. Proses ekstraksi citra hasil segmentasi ditunjukkan oleh Gambar 9.



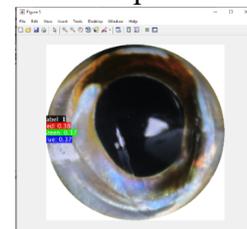
Gambar 6. Hasil *complement* citra biner



Gambar 7. Hasil proses *morfologi*



Gambar 8. Hasil proses segmentasi citra mata ikan



Gambar 9. Hasil ekstraksi nilai RGB

### Pelatihan dan Pengujian

Proses pelatihan terjadi dalam sistem kerja *software* Matlab dengan membuat model klasifikasi KNN terhadap data latih berupa hasil ekstraksi nilai RGB. Data citra yang digunakan untuk proses pelatihan adalah 120 citra yang terdiri dari 30 citra ikan segar, 30 citra ikan mulai busuk, dan 30 citra ikan telah busuk. Pelatihan menghasilkan model pelatihan untuk  $K=1$ ,  $K=3$ ,  $K=5$ , dan  $K=7$ . Proses klasifikasi data pelatihan pada sistem disimpan sebagai model pelatihan yang akan digunakan pada saat pengujian.

Tahapan pengujian dimulai dengan proses input data uji ke dalam sistem pengujian. Data uji merupakan 30 citra mata ikan yang terdiri dari 10 citra ikan segar, 10 citra ikan mulai busuk, dan 10 citra ikan telah busuk. Proses selanjutnya adalah melakukan segmentasi dan ekstraksi nilai RGB pada semua citra data uji. Nilai RGB hasil ekstraksi citra uji kemudian diklasifikasikan ke dalam kelas target dengan memanggil model pelatihan KNN yang telah disimpan sebelumnya. Hasil pengujian berdasarkan masing-masing nilai  $K$  ditunjukkan pada Tabel 1.

Hasil pengujian menggunakan Persamaan (2) pada Tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tingkat akurasi pengujian pada setiap nilai  $K$ . Nilai  $K=1$  menghasilkan nilai akurasi pengujian dengan perhitungan sebesar 93,33%, nilai  $K=3$  menghasilkan nilai akurasi pengujian

sebesar 90%, nilai K=5 menghasilkan nilai akurasi pengujian sebesar 86,67%, dan nilai K=7 menghasilkan nilai akurasi sebesar 83,33%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat dinyatakan bahwa nilai K sangat menentukan tingkat keberhasilan dalam proses identifikasi. Dengan demikian nilai K terbaik dalam proses identifikasi adalah K=1 yang menghasilkan nilai akurasi mencapai 93,33%. Nilai K yang digunakan menyatakan bahwa nilai warna pada kesegaran mata ikan dapat dibedakan dengan ketetapan nilai yang kecil.

Tabel 1. Hasil pengujian berdasarkan nilai K

Nilai K	Total Data Uji	Data yang sesuai	Data yang tidak sesuai	Akurasi
1	30	28	2	93,33%
3	30	27	3	90,00%
5	30	26	4	86,67%
7	30	25	5	83,33%

## KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa algoritma KNN dapat digunakan dalam proses identifikasi tingkat kesegaran ikan berdasarkan citra mata ikan. Hal ini dapat menjadi dasar pengembangan sistem identifikasi kesegaran ikan berbasis citra digital menggantikan berbagai metode konvensional yang pernah dilakukan sebelumnya. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa nilai K sangat berpengaruh dalam proses pelatihan menggunakan metode KNN. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa proses identifikasi kesegaran ikan yang memiliki akurasi paling baik menggunakan nilai K yang terkecil. Penelitian ini sekiranya dapat dilanjutkan atau dikembangkan menggunakan metode dan ataupun *tools* yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

1. T. Wu, L. Yang, J. Zhou, D. C. Lai, and N. Zhong, "An improved nondestructive measurement method for salmon freshness based on spectral and image information fusion," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 158, no. October 2018, pp. 11–19, 2019, doi: 10.1016/j.compag.2019.01.039.
2. S. Grassi, S. Benedetti, M. Opizzio, E. Di Nardo, and S. Buratti, "Meat and fish freshness assessment by a portable and simplified electronic nose system (Mastersense)," *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 14, 2019, doi: 10.3390/s19143225.
3. X. Zhang *et al.*, "Source Attribution of Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs) in Surface Waters from Rhode Island and the New York Metropolitan Area," *Environ. Sci. Technol. Lett.*, vol. 3, no. 9, pp. 316–321, 2016, doi: 10.1021/acs.estlett.6b00255.
4. A. Taheri-Garavand, A. Nasiri, A. Banan, and Y. D. Zhang, "Smart deep learning-based approach for non-destructive freshness diagnosis of common carp fish," *J. Food Eng.*, vol. 278, no. January, p. 109930, 2020, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2020.109930.
5. H. Fitriyah, D. Syauqy, and F. A. Susilo, "Deteksi Kesegaran Ikan Tongkol (Euthynnus Affinis) Secara Otomatis Berdasarkan Citra Mata Menggunakan Binary Similarity," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 5, pp. 879–885, 2020, doi: 10.25126/jtiik.202073839.
6. A. J. Rindengan and M. Mananohas, "Perancangan Sistem Penentuan Tingkat Kesegaran Ikan Cakalang Menggunakan Metode Curve Fitting Berbasis Citra Digital Mata Ikan," *J. Ilm. Sains*, vol. 17, no. 2, pp. 161–168, 2017.
7. A. Kalista, A. Redjo, and U. Rosidah, "Aplication of Image Processing to Determine The Freshness of Tilapia Fish (*Oreochromis niloticus*)," *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.*, vol. 22, no. 2, pp. 229–235, 2019, doi: 10.17844/jphpi.v22i2.27364.
8. D. Wu, M. Zhang, H. Chen, and B. Bhandari, "Freshness monitoring technology of fish

- products in intelligent packaging,” *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 61, no. 8, pp. 1279–1292, 2020, doi: 10.1080/10408398.2020.1757615.
9. H. zhi Chen, M. Zhang, B. Bhandari, and C. hui Yang, “Novel pH-sensitive films containing curcumin and anthocyanins to monitor fish freshness,” *Food Hydrocoll.*, vol. 100, no. October 2019, p. 105438, 2020, doi: 10.1016/j.foodhyd.2019.105438.
  10. S. Saputra, T. D. Rahmawati, and N. Safrudin, “Pengembangan puzzle square sebagai media pembelajaran interaktif menggunakan macromedia flash 8,” *JINoP (Jurnal Inov. Pembelajaran)*, vol. 6, no. 2, pp. 124–135, 2020, doi: 10.22219/jinop.v6i2.12096.
  11. A. Khusnani, A. Jufriansah, and S. Saputra, “BERKALA FISIKA INDONESIA Algoritma YOLO sebagai deteksi korban akibat kerusakan geohazard menggunakan citra ( computer vision ),” *Berk. Fis. Indones. J. Ilm. Fis. Pembelajaran dan Apl.*, vol. 13, no. 1, pp. 14–21, 2022, doi: 10.12928/bfi-jifpa.v13i1.23191.
  12. A. Jufriansah, Y. Pramudya, A. Khusnani, and S. Saputra, “Analysis of Earthquake Activity in Indonesia by Clustering Method,” *J. Phys. Theor. Appl.*, vol. 5, no. 2, pp. 92–103, 2021, doi: 10.20961/jphystheor-appl.v5i2.59133.
  13. A. Salman *et al.*, “Fish species classification in unconstrained underwater environments based on deep learning,” *Limnol. Oceanogr. Methods*, vol. 14, no. 9, pp. 570–585, 2016, doi: 10.1002/lom3.10113.
  14. A. Yudhana, Sunardi, and S. Saifullah, “Segmentation comparing eggs watermarking image and original image,” *Bull. Electr. Eng. Informatics*, vol. 6, no. 1, pp. 47–53, 2017, doi: 10.11591/eei.v6i1.595.
  15. R. A. Surya, A. Fadlil, and A. Yudhana, “Identification of Pekalongan Batik Images Using Backpropagation Method,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1373, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1373/1/012049.
  16. M. K. Dutta, A. Issac, N. Minhas, and B. Sarkar, “Image processing based method to assess fish quality and freshness,” *J. Food Eng.*, vol. 177, pp. 50–58, 2016, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2015.12.018.
  17. D. S. Shakya, “Analysis of Artificial Intelligence based Image Classification Techniques,” *J. Innov. Image Process.*, vol. 2, no. 1, pp. 44–54, 2020, doi: 10.36548/jiip.2020.1.005.
  18. X. Huang, H. Xu, L. Wu, H. Dai, L. Yao, and F. Han, “A data fusion detection method for fish freshness based on computer vision and near-infrared spectroscopy,” *Anal. Methods*, vol. 8, no. 14, pp. 2929–2935, 2016, doi: 10.1039/c5ay03005f.
  19. I. C. Navotas, C. N. V Santos, E. J. M. Balderrama, F. E. B. Candido, A. J. E. Villacanas, and J. S. Velasco, “Fish Identification and Freshness Classification Through Image Processing Using Artificial Neural Network,” *ARPN J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 13, no. 18, pp. 4912–4922, 2018.
  20. M. Sarimin, M. Bettiza, N. Hayaty, and S. Nugraha, “Implementasi HSV dan GLCM untuk Deteksi Kesegaran Ikan Bawal menggunakan Radial Basis Function Berbasis Android Muhammad,” *J. Sustain. J. Has. Penelit. dan Ind. Terap.*, vol. 08, no. 01, pp. 1–7, 2019.
  21. G. D. K. Sandi, D. Syauqy, and R. Maulana, “Sistem Pendeteksi Kesegaran Ikan Bandeng Berdasarkan Bau Dan Warna Daging Berbasis Sensor Mq135 Dan Tcs3200 Dengan Metode Naive Bayes,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2548, no. 10, p. 964X, 2020, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
  22. A. Yudhana, D. Sulistyono, and I. Mufandi, “GIS-based and Naïve Bayes for nitrogen soil mapping in Lendah, Indonesia,” *Sens. Bio-Sensing Res.*, vol. 33, 2021, doi: 10.1016/j.sbsr.2021.100435.
  23. Z. Zhang, “Introduction to machine learning: K-nearest neighbors,” *Ann. Transl. Med.*, vol. 4, no. 11, pp. 1–7, 2016, doi: 10.21037/atm.2016.03.37.

24. M. R. Fauzi, R. A. Pratama, P. Laksono, and P. Eosina, "Penerapan Big Data Menggunakan Algoritma Multi-Label K-Nearest Neighbor dalam Analisis Sentimen Konsumen UMKM Sektor Kuliner," *Krea-TIF*, vol. 9, no. 1, pp. 9–20, 2021, doi: 10.32832/kreatif.v9i1.3587.
25. C. E. Koba, C. Montolalu, and A. Rindengan, "Aplikasi Penentuan Tingkat Kesehatan Terumbu Karang Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor dan Curve Fitting Berbasis Pengolahan Citra Digital," *d'CARTESIAN*, vol. 6, no. 1, pp. 17–29, 2017, doi: 10.35799/dc.6.1.2017.15836.
26. D. A. Adeniyi, Z. Wei, and Y. Yongquan, "Automated web usage data mining and recommendation system using K-Nearest Neighbor (KNN) classification method," *Appl. Comput. Informatics*, vol. 12, no. 1, pp. 90–108, 2016, doi: 10.1016/j.aci.2014.10.001.
27. Sunardi, A. Yudhana, and S. Saifullah, "Identity analysis of egg based on digital and thermal imaging: Image processing and counting object concept," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 200–208, 2017, doi: 10.11591/ijece.v7i1.pp200-208.
28. A. Yudhana, Sunardi, and S. Saifullah, "Kompresi Wavelet Untuk Identifikasi Telur," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 8, no. Desember, pp. 190–196, 2016.
29. Okfalisa, I. Gazalba, Mustakim and N. G. I. Reza, "Comparative analysis of k-nearest neighbor and modified k-nearest neighbor algorithm for data classification," 2017 2nd International conferences on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE), 2017, pp. 294-298, doi: 10.1109/ICITISEE.2017.8285514.