

# Klasifikasi Jenis Ikan Koi Menggunakan Ekstraksi Warna HSV dan Metode Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

Galan Min Aqshal<sup>1\*</sup>, Deanna Durbin Hutagalung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Banten, Indonesia

Email: <sup>1</sup>galan.minaqshal2@gmail.com, <sup>2</sup>deanna.upn91@gmail.com

---

## INFORMASI ARTIKEL

### Histori artikel:

Naskah masuk, 27 Nopember 2023

Direvisi, 11 Desember 2023

Diiterima, 11 Desember 2023

### Kata Kunci:

Klasifikasi,

Ikan Koi,

Ekstraksi Warna,

Hue Saturation Value (HSV),

Adaptive Neuro Fuzzy Inference

System (ANFIS)

## ABSTRAK

**Abstract-** Koi fish (*Cyprinus Carpio*) is one of the ornamental fish that is very attractive, both in color and in various types, so this fish is popular with many people as an ornamental fish and is used as a business prospect. But some people don't know the types and names of koi fish, especially beginners who are still new to koi fish. This research was carried out to create an application that can differentiate types of koi fish using a classification method. This application uses Matlab software, with the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) algorithm for object classification based on color and the Hue Saturation Value (HSV) method for color feature extraction. The research stages consist of data collection, data preprocessing, feature extraction, data training, data testing, and finally classification results. The combination of ANFIS with HSV produces quite a high accuracy for determining the type of koi fish with a total of 189 images of data, divided into two, namely 150 training data and 39 test data. The results of the classification evaluation of the training data obtained a value of 100%, and the test data value amounted to 48.71%.

**Abstrak-** Ikan Koi (*Cyprinus Carpio*) merupakan salah satu ikan hias yang sangat menarik baik warna maupun jenis yang beragam sehingga ikan ini banyak digemari orang sebagai ikan hias dan dijadikan prospek bisnis. Tetapi sebagian orang tidak tau jenis dan nama ikan koi tersebut khususnya bagi pemula yang masih baru mengenal ikan koi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membuat sebuah aplikasi yang bisa membedakan jenis ikan koi dengan metode klasifikasi. Aplikasi ini menggunakan software Matlab, dengan algoritma Adaptive Neuro-Fuzzy Iference System (ANFIS) untuk klasifikasi objek berdasarkan warna dan metode Hue Saturation Value (HSV) untuk ekstraksi fitur warna. Tahapan penelitian terdiri dari Pengumpulan data, Preprosesing data, Ekstraksi Fitur, Pelatihan data, Pengujian data, dan akhirnya diperoleh Hasil Klasifikasi. Kombinasi antara ANFIS dengan HSV menghasilkan akurasi yang cukup tinggi untuk penentuan jenis ikan koi dengan total data 189 citra, dibagi dua yaitu data latih dengan jumlah 150 dan data uji 39. Hasil evaluasi klasifikasi dari data latih diperoleh nilai sebesar 100%, dan nilai data uji sebesar 48,71 %.

Copyright © 2023 LPPM - STMIK IKMI Cirebon  
This is an open access article under the CC-BY license

---

### Penulis Korespondensi:

**Deanna Durbin Hutagalung**

Program Studi Teknik Informatika,

Universitas Pamulang

Jln. Raya Puspatek No. 10, Serpong, Buaran

Kec. Pamulang, Tangerang Selatan, Banten 15310

Email: deanna.upn91@gmail.com

## 1. Pendahuluan

Ikan Koi (*Cyprinus Carpio*) merupakan salah satu ikan hias yang berasal dari Jepang dan dipercaya oleh masyarakat Jepang sebagai simbol cinta dan persahabatan abadi. Ikan koi memiliki bentuk tubuh yang indah dan cemerlang sehingga meningkatkan nilai jual dan produktivitas yang tinggi. Bagi para pencinta ikan hias, hal ini menjadi prospek bisnis. Keindahan warna dan corak ikan koi menjadi salah satu yang sangat diandalkan pada komoditi ikan hias [1]. Ikan koi memiliki banyak jenis, yang paling diminati pecinta ikan koi adalah Kohaku, Sanke dan Showa.[2] Kohaku memiliki warna merah dan putih pada tubuhnya, Sanke dan Showa memiliki 3 warna yaitu merah, putih, dan hitam tetapi bedanya Showa lebih didominasi warna hitam. Perbedaan satu jenis koi dengan koi lainnya dapat dilihat dari bentuk dan warnanya, tetapi kadangkala beberapa koi mempunyai ciri yang sama dengan jenis lainnya. Hal ini membuat sebagian orang merasa sulit mengenali jenis koi tertentu karena pola dan warnanya relative sama.

Klasifikasi jenis koi bisa dilakukan secara manual maupun komputasi digital menggunakan metode pengolahan citra digital. Banyak penelitian yang dilakukan untuk mengklasifikasikan jenis ikan hias tidak terkecuali ikan koi. Menggunakan berbagai metode, algoritma dan jumlah data yang berbeda serta menghasilkan tingkat akurasi yang berbeda pula. Beberapa diantaranya yaitu :

Menggunakan algoritma *CNN* dengan *deep learning* untuk klasifikasi ikan koi dimana data dilatih sedemikian rupa sehingga dapat mendeteksi pola yang lebih kompleks. Algoritma *CNN* mendeteksi keseluruhan gambar pada fitur yang diperlukan untuk mencapai akurasi yang tinggi. Rata-rata akurasi yang diperoleh adalah 84% dihitung dari pengujian yang dilakukan [3]. Penelitian yang dilakukan pada 240 citra ikan hias menggunakan fitur klasifikasi *SVM* dengan fitur *HSV* dan *HOG*, proses pengujian sebanyak 4 kali atau 4K-Fold. Nilai akurasi tertinggi untuk ikan *Guppy Leopard* ada pada pengujian ketiga yakni dengan akurasi 92% sedangkan untuk total keseluruhan akurasi dari keempat pengujian *Guppy Leopard* nilai akurasinya sebesar 77%. [4]

Penelitian dilakukan pada 600 gambar dataset ikan koi yang terdiri dari 10 varietas ikan koi menggunakan *Simple Linear Iterative Clustering* dan *Convolutional Neural Networks (CNN)* untuk pengenalan objek dengan hasil akurasi 90% dengan segmentasi dan 87% tanpa segmentasi. [5]. Penelitian yang dilakukan untuk mengenal warna ikan koi dengan menerapkan metode *Content Based Image Retrieval (CBIR)* berbasis *Color Histogram* dengan *Euclidean Distance* dan *Mean Square Error*. Berdasarkan

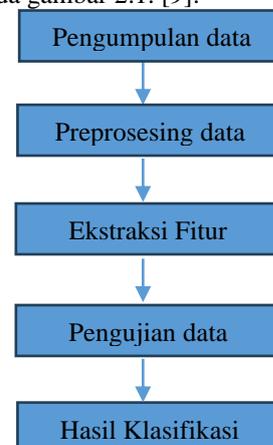
hasil pengujian yang dilakukan pada 15 jenis koi yang berbeda menggunakan *Euclidean Distance*, didapatkan 3 jenis koi yang mirip dengan citra acuan yaitu Kohaku1, Kohaku2 dan Kohaku3, nilai threshold antara 0 – 70000000. Dari hasil *Mean Square Error* didapatkan validasi hasil sebesar 330.931 pixel untuk ketepatan pemilihan gambar [6]. Penelitian yang dilakukan untuk klasifikasi ikan hias dengan data uji 250 citra terdiri dari 5 jenis ikan hias dan 50 data pada setiap jenisnya. Menggunakan Metode *Support Vector Machine (SVM)* dan *HSV* untuk ekstraksi ciri warna menghasilkan dengan nilai rata – rata hasil akurasi 42% pada pengujian pertama dan pada pengujian kedua diperoleh Nilai *Accuracy* 50%, [7]

Penelitian menggunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* dan Fitur warna *Red Green, Blue* dan *Hue Saturation Value (HSV)* menghasilkan akurasi 100% dari data latih dan 100% dari data uji. Jumlah data yang digunakan terdiri dari 10 citra ikan koi kohaku, 10 citra ikan koi sanke, dan 10 citra ikan koi showa, total berjumlah 30, kemudian diperoleh 6 data uji yang diambil dari 2 data latih dari setiap jenis.[8]

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* dan Fitur warna *Hue Saturation Value (HSV)* dan menggunakan 3 jenis ikan koi yaitu: Kohaku, Sanke, dan Showa dengan jumlah data 150, masing-masing jenis terdiri dari 50 citra. Dengan klasifikasi menggunakan metode *ANFIS* dan *HSV*, jumlah data dari 150 citra ikan koi diharapkan akurasi yang lebih baik sehingga masyarakat pencinta ikan koi akan lebih mudah mengenal jenis ikan koi yang diinginkan.

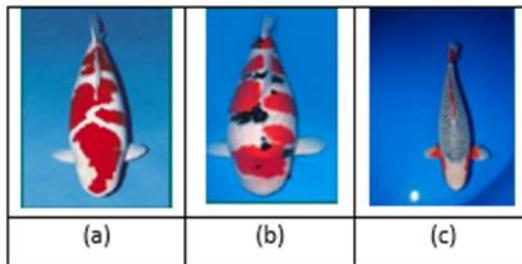
## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan software Matlab R2021a. Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan yaitu pengumpulan data, preprosesing data, ekstraksi fitur, pengujian data dan hasil klasifikasi pada gambar 2.1. [9]:



Gambar 2.1 Tahapan Penelitian Klasifikasi Citra

Pengumpulan Data yang merupakan tahap akuisisi citra. Sumber dataset citra koi yang digunakan diambil dari situs: <https://www.kaggle.com/datasets/dangtantai/trainkoidata>



Gambar 2.2 Dataset (a) Koi Kohaku, (b) Koi Sanke, (c) Koi Showa

Tahapan proses data citra koi akan dibagi menjadi data latih dan data uji :

1. Data latih citra merupakan sekumpulan citra koi yang diinputkan kedalam database untuk digunakan sebagai proses latih. Citra data latih keseluruhan adalah 150 citra. 50 citra koi Kohaku ,50 citra koi sanke dan 50 citra koi showa.
2. Data uji citra merupakan citra koi yang digunakan sebagai input. Citra data uji ada 39 citra. 13 citra koi kohaku,13 citra koi sanke dan 13 citra koi showa.

a. *Preprocessing Data* : merupakan tahap perbaikan citra sebelum diproses, berikut tahapan preprocessing citra koi : *Resize* citra dari 400x 693 piksel menjadi 245 x 340  
 Nilai *RGB* dinyatakan dalam bentuk matrik *R* (*Red*), *G* (*Green*) dan *B* (*Blue*) berikut ini :

b. Ekstraksi Fitur

Dalam hal ini dilakukan ekstraksi warna (Konversi *RGB* ke *HSV*). Langkah awal yang dilakukan untuk ekstraksi ciri warna adalah mengkonversi nilai *RGB* ke nilai *HSV* dengan mendapatkan nilai *RGB* pada setiap piksel. Hal tersebut dilakukan dengan cara normalisasi nilai *RGB* pada tiap piksel, setelah itu perhitungan konversi warna *HSV* dapat dilakukan dengan mendapatkan nilai *RGB* yang telah dinormalisasi.[10] Hasil dari normalisasi *RGB* yaitu mendapatkan nilai *R*, *G*, *B* sebagai berikut :

$$R_{110,110} = \frac{R_{110,110}}{R_{110,110} + G_{110,110} + B_{110,110}}$$

$$= \frac{138}{138 + 20 + 54} = 0.650$$

$$G_{110,110} = \frac{G_{110,110}}{R_{110,110} + G_{110,110} + B_{110,110}} = \frac{20}{138 + 20 + 54} = 0.094$$

$$B_{110,110} = \frac{B_{110,110}}{R_{110,110} + G_{110,110} + B_{110,110}} = \frac{20}{138 + 20 + 54} = 0.254$$

Setelah diperoleh nilai *R*, *G*, *B*, selanjutnya dilakukan konversi untuk memperoleh nilai *HSV* sebagai berikut :

$$V_{110,110} = \text{Max}(0,650;0,094;0,254) = 0,650$$

$$S_{110,110} = 1 - \frac{\min(R_{110,110};G_{110,110};B_{110,110})}{v} = 1 - \frac{0,094}{0,650} = 0,144$$

Selanjutnya proses pencarian nilai Hue berdasarkan hasil *S* dan *V* diatas. Dari hasil pencarian nilai *S* dan *V* untuk matrik *x,y* yang telah diaplikasikan pada rumus dimana pada piksel didapatkan bahwa nilai  $v_{1,1} = r_{1,1}$ , maka aturan yang berlaku yaitu sebagai berikut :

$$H_{110,110} = \frac{60 \cdot (G - B)}{S \cdot V}, \text{ jika } V = r$$

$$H_{110,110} = \frac{60 \cdot (0,094 - 0,254)}{0,144 \cdot 0,650} = 57,543$$

Konversi nilai *RGB* ke *HSV* dilakukan pada setiap piksel citra yang dimulai dari 1,1 hingga piksel terakhir dari citra tersebut yaitu 245,340. Setelah mendapatkan keseluruhan nilai *H*, *S* dan *V* pada citra yang akan dilatih, selanjutnya dihitung nilai mean sebagai berikut :

$$H_{\pi H} = \frac{58518}{(245)(340)} = 0,7025$$

$$S_{\pi S} = \frac{53870}{(245)(340)} = 0,6467$$

$$V \pi V = \frac{65698}{(245)(340)} = 0,7887$$

Berikut adalah hasil nilai dari Ciri\_H, Ciri\_S dan Ciri\_V dari data citra Ikan Koi yang akan dilatih.

Tabel 2.1 Nilai H, S dan V Yang Akan Dilatih

No.	H (HUE)	S (SATURATION)	V (VALUE)
1	0.702509380673631	0.646717141337420	0.788732291006355
2	0.664067378385751	0.616262810104273	0.801476613314053
3	0.770109274722239	0.537879405155018	0.828069153134962
4	0.812774824948551	0.656965052389149	0.760813436770355
5	0.362559376653039	0.469042245015406	0.846646884272997
6	0.284841269354992	0.579861535247856	0.861457838172442
7	0.399118752148726	0.566625181782949	0.699333110956414
8	0.775698508247950	0.614239930095082	0.834379937747077
9	0.815350940212841	0.654900242926123	0.759447426769450
10	0.360990552913337	0.469204513925430	0.846797498565254
11	0.401752895818118	0.567769403390352	0.700509646136387
12	0.765808542086339	0.671593746450245	0.786699831643438
13	0.544161040879058	0.562244419834334	0.797135323864958
14	0.154635329170678	0.521148642355285	0.662428180124055
15	0.125854961278465	0.665657654668319	0.784966748837438
16	0.705453056274748	0.498621211843057	0.818700205041732
17	0.274557994146839	0.481462371923204	0.728757385307064
18	0.763285479393649	0.671809639558081	0.787010231224923
19	0.780212246486353	0.613706131795928	0.834488009321084
20	0.154446015623189	0.521175579275350	0.662285043049478
21	0.422330662502192	0.687975509186676	0.921726179655297
22	0.125079157025140	0.665534817443725	0.784599968043096
23	0.172946962962001	0.600256399885798	0.694052431631840
24	0.524525218168099	0.386509509033047	0.771887465081875
.....	.....	.....	.....
150	0.230209389462372	0.267378855199157	0.673634477681858

c. Pelatihan dan Pengujian Data  
 Selanjutnya menyiapkan data citra latih dan citra uji yang dimasukkan kedalam folder “data latih dan folder “data uji” sebagai berikut :

Tabel 2.2 Data Citra Latih dan Citra Uji

Data Citra	Jumlah	Target	Jumlah
		Kohaku	50
Data Latih	150	Sanke	50
		Showa	50
		Bacterial Spot	13
Data Uji	39	Early Blight	13
		Late Blight	13

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Model Warna HSV

HSV (Hue, Saturation, Value) merupakan suatu komponen yang merepresentasikan warna dari panjang gelombang cahaya tampak yang

terdapat pada warna dominan yang diterima oleh penglihatan (merah, jingga, kuning, hijau, biru, ungu), diukur dengan hue (H) yang diwakili oleh derajat dengan nilai antara 0 dan 360. Saturation adalah ukuran banyaknya cahaya putih yang bercampur pada hue.[11] Saturasi warna (S) adalah coraknya. Nilai saturasi suatu warna sebanding dengan seberapa warnanya, tetapi saturasi rendah menunjukkan warna pucat. Nilai kecerahan suatu warna disebut nilai (V). Oleh karena itu, komponen ini digunakan sebagai acuan untuk melakukan pengenalan warna suatu objek pada citra digital.

#### 3.2 Adaptive Neuro-Fuzzy Interference System (ANFIS)

ANFIS merupakan gabungan dari algoritma sistem fuzzy dengan jaringan syaraf tiruan yang berbasis pada sistem kesimpulan fuzzy (Fuzzy Inference System). Dengan menggunakan metode pembelajaran hybrid, ANFIS dapat memetakan nilai masukan menuju nilai keluaran berdasarkan pada pengetahuan yang dilatihkan dalam bentuk aturan fuzzy.[12]

Pada proses klasifikasi dengan metode ANFIS terbagi menjadi 2 tahap yaitu tahap pelatihan dan tahap pengujian data.

- Data Latih : diperoleh dari hasil ekstraksi ciri kemudian diolah sebagai input dan target keluaran.
- Data Uji : dihasilkan dengan tingkat akurasi pengujian berdasarkan rumus :

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah Benar}}{\text{Jumlah Kesekuruhan data}} \times 100\%$$

```

% melakukan pelatihan menggunakan algoritma ANFIS
opt = anfisOptions ('InitialFIS',4);
fis = anfis([ciri_latih,target_latih],opt);

% membaca nilai keluaran hasil pelatihan
hasil_latih = round(evalfis(fis,ciri_latih));

% menghitung nilai akurasi pelatihan
jumlah_benar = 0;
jumlah_data = size(ciri_latih,1);
for k = 1:jumlah_data
    if isequal(hasil_latih(k),target_latih(k))
        jumlah_benar = jumlah_benar+1;
    end
end

akurasi_pelatihan = jumlah_benar/jumlah_data*100

% menyimpan FIS hasil pelatihan
writeFIS(fis,'ikan_koi')
    
```

Gambar 3.1 Code ANFIS Untuk Data Latih

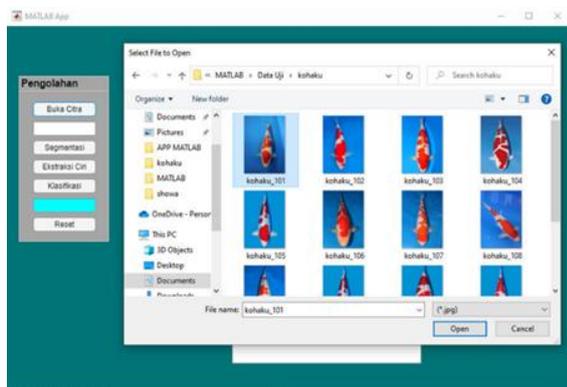
Dari proses di atas diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 3.1 Pengujian Akurasi

Jenis Koi	Jumlah Sample	Sesuai	Tidak Sesuai	Keterangan
Kohaku	13	8	5	61%
Sanke	13	9	4	69%
Showa	13	2	11	15%

### 3.3 Output Klasifikasi Pengolahan Citra

Pada pengolahan citra nilai keluaran dari target adalah mengklasifikasikan citra Ikan koi berdasarkan jenis dan warna ikan koi. Pada aplikasi yang sudah dibuat peneliti, proses pengolahan klasifikasi citra ikan koi dimulai dari mencari citra Kohaku dengan menekan button “Buka Citra” sehingga menampilkan menu pencarian citra .



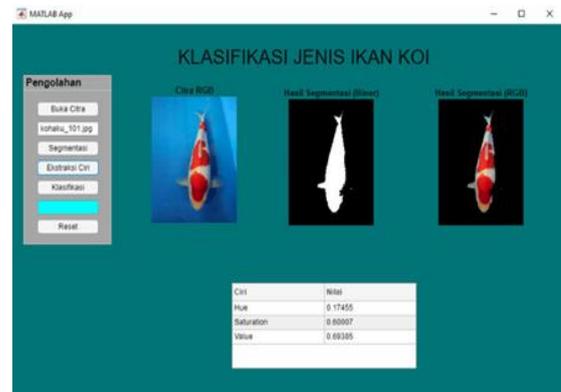
Gambar 3.2 Proses Klasifikasi Menu Buka Citra

Setelah dilakukan pemilihan citra kohaku\_101 yang akan diklasifikasi jenisnya, sistem dapat membaca informasi nama citra. Selanjutnya untuk memulai proses klasifikasi citra Kohaku, terlebih dahulu melakukan proses segmentasi biner dan RGB.



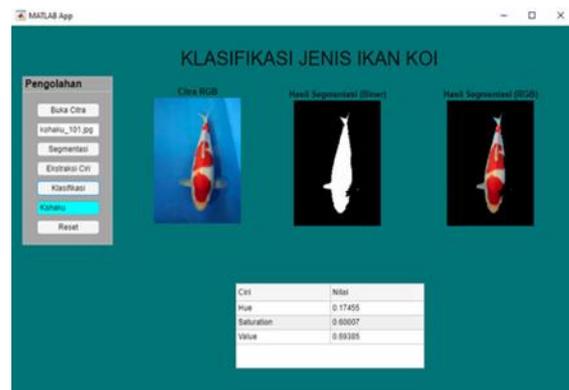
Gambar 3.3 Citra Segmentasi

Gambar di atas merupakan langkah selanjutnya dengan menekan tombol “Ekstraksi Ciri” untuk mendapatkan nilai  $H$ ,  $S$ ,  $V$ ,



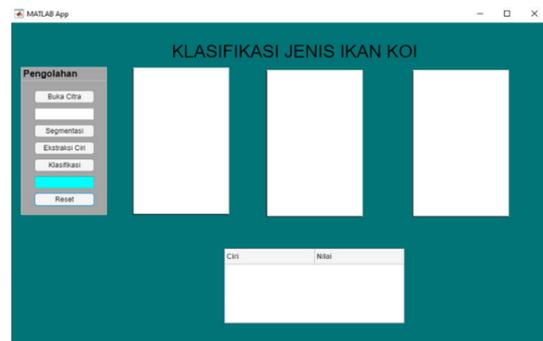
Gambar 3.4 Citra Ekstraksi Ciri

Gambar di atas adalah proses klasifikasi dengan menekan tombol “Klasifikasi” untuk menampilkan hasil dari klasifikasi citra.



Gambar 3.5 Klasifikasi Citra

Klasifikasi berhasil diterapkan pada aplikasi, dimana dengan citra uji “kohaku\_101” berhasil diklasifikasi sebagai jenis “Kohaku”, sehingga deteksi sistem benar. Selanjutnya menekan tombol “Reset” untuk mengembalikan menu semula dilanjutkan proses deteksi berikutnya pada citra ikan koi Sanke dan Sowa hingga selesai.



Gambar 3.6 Menu Reset

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut 1) menggunakan algoritma *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* memperoleh hasil cukup baik dengan akurasi pelatihan dari 150 citra ikan koi sebesar 100%, 2) pada data uji diperoleh hasil akurasi pengujian dari 39 citra ikan koi sebesar 48,71%, hasil ini belum maksimal dibandingkan akurasi data latih, 3) ekstraksi warna *HSV* dan metode *ANFIS* dapat membantu para pecinta ikan koi dalam memilih jenis ikan koi yang diinginkan.

Penelitian ini masih terdapat kekurangan dimana hasil akurasi pada data uji di bawah 50% sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan algoritma lain seperti *KNN*. Di samping itu perlu menambahkan data, baik jenis maupun jumlah citra ikan koi yang akan diklasifikasi seperti jenis *Asagi*, *Tancho*, *Goromo*, *Utsuri* dan lain-lain agar hasil pengujian lebih maksimal.

#### Daftar Pustaka

- [1] D. Prariska, R. Fahmi, and M. Sumsanto, "Pengaruh Pemberian Pakan dengan Ekstrak Wortel ( *Daucus carota L* ) dan Ekstrak Spirulina terhadap Warna Ikan Koi ( *Cyprinus carpio* )," *J. Ilmu-Ilmu Perair. dan Perikan.*, vol. 1, no. 1, pp. 36–40, 2022.
- [2] R. Andini Mega Putri, K. Paranita Kartika, and F. Febrinita, "Penerapan Metode Market Basket Analisis Dalam Penentuan Pemasaran Ikan Koi (Studi Kasus: Sumber Koi Blitar)," *J. Mnemon.*, vol. 4, no. 2, pp. 57–63, 2021, doi: 10.36040/mnemonic.v4i2.4161.
- [3] M. S. Cueto, J. M. B. Diangkinay, K. W. B. Melencion, and H. L. P. Taytay, "Classification of Different Types of Koi Fish Using Convolutional Neural Network," no. *Iciccs*, pp. 1135–1142, 2021.
- [4] J. Algoritme *et al.*, "Penggunaan Metode SVM Dengan Fitur HSV HOG Dalam Mengklasifikasi Jenis Ikan Guppy," vol. 4, no. 1, pp. 21–31, 2023, doi: 10.35957/algoritme.xxxx.
- [5] A. T. Hermawan, I. Ari, E. Zaeni, A. P. Wibawa, Y. Kristian, and S. P. Darmawan, "Pengenalan Varietas Ikan Koi Berdasarkan Foto Menggunakan Simple Linear Iterative Clustering Superpixel Segmentation dan Convolutional Neural," vol. 1, no. 11, pp. 806–814, 2021, doi: 10.17977/um068v1i112021p806-814.
- [6] H. Syarif and P. N. Andono, "CONTENT BASED IMAGE RETRIEVAL BERBASIS COLOR HISTOGRAM UNTUK PENGKLASIFIKASIAN IKAN KOI JENIS," vol. 8, no. 2, pp. 616–626, 2023.
- [7] F. F. Ferdiansyah, B. Rahmat, and I. Yuniar, "KLASIFIKASI DAN PENGENALAN OBJEK IKAN MENGGUNAKAN ALGORITMA SUPPORT VECTOR MACHINE ( SVM )," vol. 1, no. 2, pp. 522–528, 2020.
- [8] I. G. RITONGA, P. D. Manalu, T. Tamba, and K. Wau, "ANALISIS ALGORITMA ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM PADA PENGENALAN POLA IKAN KOI MENGGUNAKAN RED, GREEN, BLUE, DAN HUE, SATURATION, VALUE," *Device*, vol. 12, no. 2, pp. 176–182, 2022, doi: 10.32699/device.v12i2.3998.
- [9] C. Y. Jerandu, P. Batarisius, A. Aristo, and J. Sinlae, "Identifikasi Kualitas Kesegaran Ikan Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor Berdasarkan Ekstraksi Ciri Warna Hue, Saturation, dan Value ( HSV )," vol. 4, no. 3, pp. 1536–1547, 2022, doi: 10.47065/bits.v4i3.2613.
- [10] T. I. Moiseenko and N. A. Gashkina, "Fish Species Classification Using Probabilistic Neural Network Fish Species Classification Using Probabilistic Neural Network," 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1235/1/012094.
- [11] Y. Xia, Q. Wang, X. Feng, X. Xiao, Y. Wang, and Z. Xu, "Tongue diagnosis based on hue-saturation value color space : controlled study of tongue appearance in patients treated with percutaneous coronary intervention for coronary heart disease," *Intell. Med.*, no. August 2022, pp. 15–20, 2023, doi: 10.1016/j.imed.2022.09.002.
- [12] T. Sundaravadeivel and V. Mahalakshmi, "Materials Today: Proceedings Weighted butterfly optimization algorithm with intuitionistic fuzzy Gaussian function based adaptive-neuro fuzzy inference system for covid-19 prediction," *Mater. Today Proc.*, vol. 56, pp. 3317–3324, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.10.153.