

PENERAPAN ALGORITMA SVM DENGAN FITUR WARNA HSV PADA KLASIFIKASI IKAN ARWANA

Erica Aprilia Sutrisni¹⁾, Anggraini Puspita Sari^{*2)}, Hendra Maulana³⁾

1. Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Indonesia
2. Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Indonesia
3. Program Studi Bisnis Digital, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: Arwana; Ekstraksi fitur warna; Klasifikasi ikan; HSV; SVM

Keywords: Arowana; Color feature extraction; Fish classification; HSV; SVM

Article history:

Received 12 May 2025

Revised 18 June 2025

Accepted 21 July 2025

Available online 1 March 2026

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jupi.v11i1.7842>

* Corresponding author.

Anggraini Puspita Sari

E-mail address:

anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Klasifikasi jenis ikan arwana secara manual kerap menimbulkan kesalahan akibat kemiripan visual antar jenis, terutama bagi kolektor pemula. Kesalahan dalam mengenali jenis ikan dapat berujung pada keputusan pembelian yang keliru. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem klasifikasi otomatis jenis ikan arwana berbasis citra digital menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) dan ekstraksi fitur warna HSV (*Hue, Saturation, Value*). Proses penelitian mencakup akuisisi citra dari enam jenis arwana, pra-pemrosesan (*resize*, segmentasi menggunakan model U^2 -Net, dan augmentasi data), konversi citra ke ruang warna HSV, serta ekstraksi fitur berupa rata-rata dan standar deviasi dari komponen H, S, dan V. Dataset yang digunakan terdiri dari 630 citra setelah augmentasi. Pengujian model dilakukan dengan variasi kernel dan parameter pada algoritma SVM. Hasil terbaik diperoleh kernel RBF dengan nilai parameter $C=10$ dan $\gamma=scale$ yang menghasilkan akurasi klasifikasi sebesar 97%. Evaluasi metrik klasifikasi menunjukkan nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* rata-rata sebesar 0,97, dengan distribusi prediksi yang cukup baik untuk semua kelas. Sistem ini menunjukkan performa yang andal dalam membedakan jenis ikan arwana berbasis fitur warna, dan dapat menjadi solusi yang efektif dan objektif dalam membantu klasifikasi ikan hias di kalangan Masyarakat umum

ABSTRACT

Manual classification of Arowana fish species often leads to errors due to visual similarities between species, especially for novice collectors. Misclassification can result in incorrect purchasing decisions. This study aims to develop an automatic classification system for Arowana fish species based on digital images using the Support Vector Machine (SVM) method and HSV (*Hue, Saturation, Value*) color feature extraction. The research process includes image acquisition of six Arowana species, pre-processing steps (*resizing, segmentation using the U^2 -Net model, and data augmentation*), conversion to HSV color space, and extraction of features in the form of mean and standard deviation values from the H, S, and V components. The dataset used consists of 1,260 images after augmentation. Model testing was carried out using various kernels and parameter configurations within the SVM algorithm. The best results were achieved using the RBF kernel with parameters $C=10$ and $\gamma=scale$, yielding a classification accuracy of 93%. Evaluation of classification metrics showed an average *precision*, *recall*, and *F1-score* of 0.93, with well-distributed predictions across all classes. This system demonstrates reliable performance in classifying Arowana fish species based on color features and offers an effective and objective solution to assist in the classification of ornamental fish among the general public

I. PENDAHULUAN

IKAN merupakan salah satu jenis fauna air yang dipelihara bukan untuk dikonsumsi, melainkan untuk tujuan estetika dan hobi. Di antara berbagai jenis ikan hias, ikan arwana (*Scleropages spp.*) menjadi salah satu yang paling diminati oleh kolektor karena keindahan bentuk tubuhnya, warna yang mencolok, serta cara berenang yang elegan. Ikan ini memiliki nilai ekonomi yang tinggi, dengan harga yang sangat bervariasi tergantung pada

jenis, ukuran, dan karakteristik fisiknya[1]. Namun, banyaknya variasi jenis arwana yang memiliki kemiripan ciri visual sering kali menjadi tantangan tersendiri dalam proses klasifikasi, terutama bagi kolektor pemula. Selain kemiripan visual antar jenis, terdapat beberapa faktor lain, salah satunya adalah usia ikan. Pada ikan arwana yang masih berumur muda, warna tubuhnya cenderung belum berkembang sepenuhnya, sehingga tampak serupa antara satu jenis dengan jenis lainnya. Warna khas masing-masing jenis ikan arwana umumnya baru terlihat jelas seiring dengan penambahan usia dan kedewasaan ikan. Faktor lain yang berpengaruh adalah pencahayaan, warna ikan dapat terlihat berbeda tergantung pada intensitas cahaya, warna lampu, maupun arah pencahayaan. Pencahayaan yang redup bisa membuat warna tampak lebih kusam, sedangkan cahaya terang dapat membuat warna terlihat lebih cerah. Selain usia dan pencahayaan, kondisi lingkungan seperti kualitas air (pH, suhu, dan kadar oksigen) juga dapat memengaruhi penampilan ikan. Faktor stres akibat penanganan yang tidak tepat atau perpindahan lingkungan membuat ikan cenderung menunjukkan warna yang lebih pucat dan perilaku yang tidak normal, sehingga menyulitkan proses klasifikasi. Kesalahan klasifikasi jenis atau kekeliruan dalam menilai kualitas ikan dapat berdampak pada keputusan pembelian yang merugikan.

Perkembangan teknologi digital membuka peluang besar dalam membantu proses klasifikasi ikan secara otomatis[2]. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam bidang klasifikasi objek berbasis citra adalah *machine learning*, karena kemampuannya dalam mengenali pola dari data visual[3]. Di antara berbagai algoritma yang tersedia, *Support Vector Machine* (SVM) merupakan salah satu metode klasifikasi yang banyak digunakan karena sederhana namun mampu memberikan akurasi tinggi, terutama dalam kasus klasifikasi dengan batas antar kelas yang jelas[4].

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [5] menunjukkan perbandingan performa antara beberapa algoritma klasifikasi dalam mengidentifikasi jenis ikan berdasarkan citra digital. Dalam studi tersebut, digunakan enam algoritma klasifikasi yang berbeda, yaitu *Logistic Regression*, *Decision Tree*, *K-Nearest Neighbor (KNN)*, *Random Forest*, *Backpropagation*, dan SVM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa SVM menghasilkan akurasi tertinggi sebesar 90%, mengungguli semua metode lainnya yang digunakan dalam penelitian tersebut. Temuan ini memperkuat bukti bahwa SVM memiliki keunggulan yang signifikan dalam menangani permasalahan klasifikasi citra, khususnya pada objek-objek dengan pola visual yang kompleks namun memiliki margin pemisah yang jelas antar kelas. Keandalan SVM dalam mengenali fitur visual serta kestabilannya terhadap data berdimensi tinggi menjadikannya pilihan yang sangat baik dalam konteks klasifikasi citra ikan. Selain itu, SVM juga menunjukkan kinerja yang lebih konsisten dalam menangani variasi data dibandingkan dengan metode berbasis pohon keputusan maupun jaringan syaraf tiruan yang lebih rentan terhadap *overfitting* jika tidak ditangani dengan parameterisasi dan arsitektur yang tepat. Hasil ini semakin memperkuat alasan digunakannya SVM dalam berbagai studi klasifikasi ikan hias seperti arwana, di mana akurasi dan presisi klasifikasi menjadi faktor penting untuk mendukung pengambilan keputusan yang objektif.

Meskipun demikian, pendekatan berbasis deep learning seperti Convolutional Neural Network (CNN) juga telah banyak digunakan dalam tugas klasifikasi citra pada studi-studi terbaru. Pendekatan tersebut umumnya memerlukan dataset besar dan sumber daya komputasi tinggi, namun memiliki potensi dalam meningkatkan akurasi klasifikasi. Dalam konteks penelitian ini, SVM dipilih karena lebih sesuai untuk kondisi dataset yang terbatas, serta mempertimbangkan efisiensi dan kestabilan model. Perbandingan dengan pendekatan deep learning tersebut dapat menjadi pertimbangan untuk penelitian lanjutan.

Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh [6] membuktikan efektivitas penggunaan ruang warna HSV (*Hue*, *Saturation*, *Value*) dalam proses klasifikasi citra jenis ikan, khususnya pada ikan kakap yang memiliki variasi warna cukup kompleks. Dalam penelitian tersebut, dilakukan ekstraksi ciri warna dengan mengonversi citra dari format RGB ke HSV, dan informasi warna yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai data masukan dalam proses klasifikasi menggunakan jaringan saraf tiruan dengan pendekatan *Self-Organizing Map* (SOM). Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa informasi warna yang berasal dari komponen *Hue*, *Saturation* dan *Value* dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap akurasi model, yaitu mencapai 89%. Temuan ini mengindikasikan bahwa model HSV sangat relevan dan efektif dalam menangkap karakteristik visual dari objek berwarna seperti ikan. Penelitian ini juga memperkuat asumsi bahwa fitur warna dari ruang HSV dapat menjadi fitur dominan dan cukup kuat untuk digunakan sebagai basis klasifikasi, terutama untuk objek yang memiliki kemiripan morfologi tetapi dibedakan oleh perbedaan warna dominan seperti ikan hias.

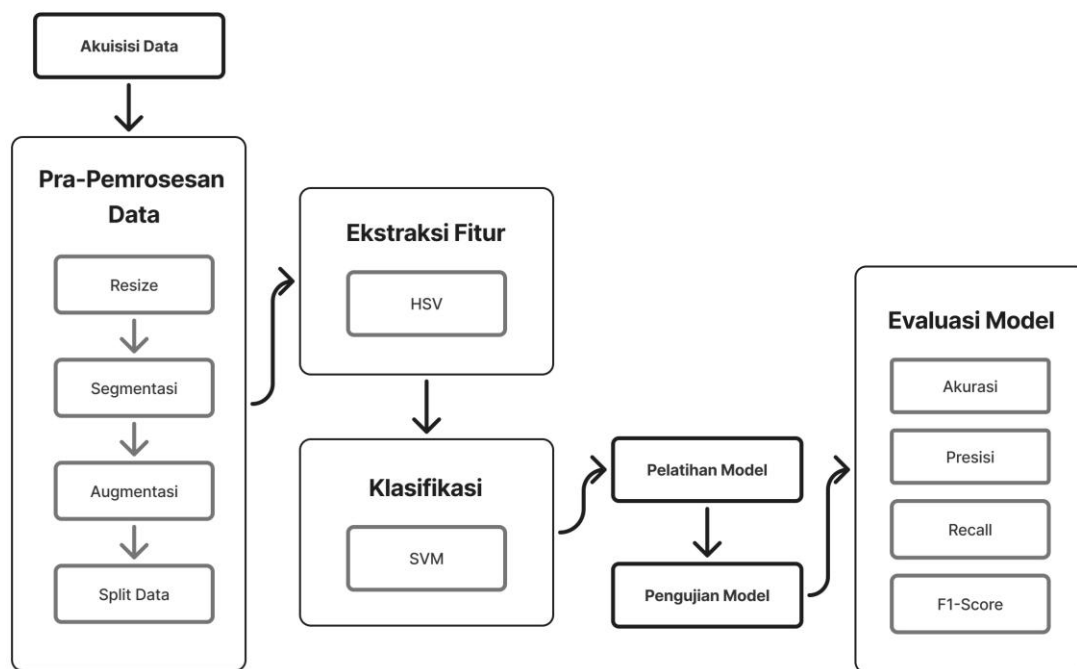
Model warna HSV dipilih karena memberikan representasi warna yang lebih sesuai dengan persepsi manusia dibandingkan model RGB[7]. Tidak seperti RGB yang merepresentasikan warna berdasarkan kombinasi intensitas merah, hijau, dan biru, HSV memisahkan informasi warna (*hue*) dari kecerahan (*value*) dan kejenuhan warna (*saturation*), sehingga lebih stabil terhadap perubahan intensitas pencahayaan[8]. HSV juga lebih tahan terhadap perubahan intensitas cahaya, menjadikannya pilihan yang lebih stabil dalam pengolahan citra objek berwarna seperti ikan arwana. Oleh karena itu, penggunaan ekstraksi fitur berbasis HSV dinilai efektif untuk membedakan variasi jenis ikan arwana yang memiliki warna dominan serupa.

Meskipun demikian, penelitian yang membahas klasifikasi jenis ikan arwana dengan menggabungkan ekstraksi HSV dan klasifikasi SVM masih sangat terbatas. Padahal pendekatan ini berpotensi besar dalam menghasilkan sistem klasifikasi yang objektif dan akurat.

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem klasifikasi otomatis untuk mengklasifikasi jenis ikan arwana menggunakan metode ekstraksi fitur warna berbasis HSV dan algoritma SVM. Sistem ini dirancang untuk memberikan solusi praktis dan akurat dalam proses klasifikasi, terutama bagi para penghobi dan kolektor ikan hias yang sering mengalami kesulitan dalam membedakan jenis arwana yang memiliki kemiripan visual. Pendekatan ini diharapkan dapat mempercepat dan mempermudah proses pengenalan jenis ikan secara objektif. Dengan akurasi klasifikasi yang tinggi, sistem ini dapat membantu pengguna dalam membuat keputusan yang lebih tepat, baik saat membeli, menilai kualitas, maupun mengelola koleksi ikan mereka. Selain itu, sistem juga berkontribusi dalam mendukung perdagangan ikan hias, khususnya dengan meminimalkan kesalahan klasifikasi bagi kolektor pemula, serta membantu penjual memastikan jenis ikan yang ditawarkan telah terklasifikasi dengan benar. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat meningkatkan transparansi dalam transaksi, membangun kepercayaan konsumen, dan mendorong standarisasi kualitas ikan arwana di pasar.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasi jenis ikan arwana berdasarkan citra digital menggunakan metode ekstraksi fitur warna HSV dan klasifikasi SVM. Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan ini bisa dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

A. Akuisisi Citra

Akuisisi citra merupakan tahap awal dalam pengolahan citra digital yang bertujuan untuk mengumpulkan data visual dari objek yang akan dianalisis[6]. Tahap ini sangat penting karena kualitas dan representasi data yang diperoleh pada proses akuisisi akan sangat memengaruhi hasil akhir dari sistem pengolahan citra secara keseluruhan. Dataset terdiri dari 2 kelas jenis ikan arwana, yaitu: *Super Red*, *Banjar Red*, dan *Golden Red*. Masing-masing kelas terdiri dari 70 citra, sehingga total data awal berjumlah 210 citra. Citra diperoleh dengan cara memotret ikan secara langsung di akuarium menggunakan kamera smartphone dengan tambahan pencahayaan lampu dan latar belakang air. Tampilan dataset citra dapat dilihat pada gambar 2.



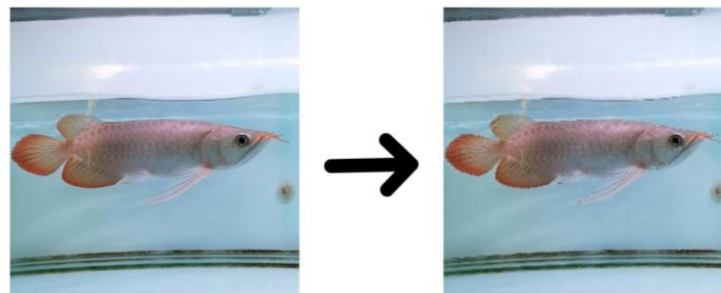
Gambar 2. (a)Banjar Red (b)Super Red (c)Golden Red

B. Pra-Pemrosesan Citra

Pra-pemrosesan citra merupakan tahap awal dalam pengolahan citra yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas data dan mempersiapkan citra agar lebih mudah dianalisis pada tahap selanjutnya[9]. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan gangguan visual, menyamakan ukuran atau resolusi citra, serta menyoroti fitur penting yang relevan dengan tujuan analisis. Dengan menerapkan tahapan pra-pemrosesan yang tepat, citra yang semula bervariasi dapat dikondisikan menjadi lebih seragam, sehingga algoritma klasifikasi dapat bekerja secara lebih optimal dan konsisten. Pra-pemrosesan dilakukan beberapa tahap sebagai berikut:

1. *Resize*

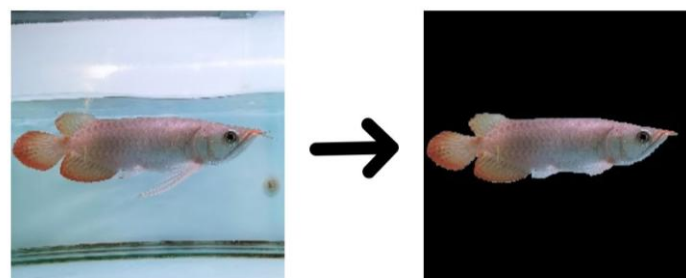
Semua citra diubah ukurannya menjadi 256×256 piksel untuk menyamakan dimensi dan resolusi input agar sesuai dengan kebutuhan proses ekstraksi fitur dan klasifikasi[10]. Penyeragaman ukuran ini penting dilakukan untuk memastikan bahwa setiap citra memiliki format input yang konsisten, sehingga algoritma dapat memproses data tanpa mengalami gangguan akibat perbedaan resolusi. Selain itu, ukuran 256×256 dipilih karena merupakan ukuran standar yang seimbang antara detail visual yang masih terjaga dan efisiensi komputasi dalam proses pengolahan citra. Hasil *resize* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil Resize

2. Segmentasi

Segmentasi dilakukan menggunakan model U^2 -Net untuk memisahkan objek ikan dari latar belakang secara otomatis, sehingga hanya bagian tubuh ikan yang diproses lebih lanjut dalam tahap ekstraksi fitur[11]. Model U^2 -Net dipilih karena kemampuannya yang baik dalam melakukan segmentasi objek secara detail, bahkan pada kontur yang kompleks seperti sirip dan ekor ikan[12]. Setelah proses segmentasi, latar belakang citra diubah menjadi warna hitam pekat (RGB: 0,0,0), sementara objek utama yaitu ikan tetap dipertahankan dalam warna aslinya. Teknik ini bertujuan untuk menghilangkan informasi visual yang tidak relevan dan mengurangi noise dari latar belakang, sehingga fokus analisis hanya tertuju pada karakteristik visual ikan itu sendiri. Hasil segmentasi dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil Segmentasi

3. Augmentasi

Augmentasi dilakukan untuk menambah variasi data dan mencegah overfitting[9]. Teknik augmentasi yang digunakan meliputi rotasi sebesar 45 derajat, *flipping* secara horizontal, dan *flipping* secara vertikal. Metode ini bertujuan untuk menciptakan representasi citra yang lebih beragam dari segi orientasi dan posisi objek, tanpa mengubah struktur visual inti dari ikan arwana itu sendiri. Hasil augmentasi ini menghasilkan 210 gambar per kelas dari enam kelas yang ada, sehingga total dataset meningkat menjadi 1.260 citra. Dengan jumlah data yang lebih besar dan bervariasi, model klasifikasi memiliki peluang lebih tinggi untuk belajar dari pola-pola yang beragam dan menghasilkan performa yang lebih stabil saat diuji pada data baru. Hasil Augmentasi dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil Augmentasi

4. Pembagian Data

Dataset yang telah diaugmentasi dibagi menjadi data latih dan data uji, dengan tujuan untuk memisahkan proses pelatihan model dan pengujian performanya. Data latih digunakan sebagai dasar dalam proses pelatihan model klasifikasi agar dapat mengenali pola dan karakteristik dari masing-masing kelas ikan arwana. Sementara itu, data uji dimanfaatkan untuk menilai sejauh mana model mampu melakukan generalisasi terhadap data baru yang tidak disertakan selama proses pelatihan. Pembagian data dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I
PEMBAGIAN DATASET

| No | Nama Dataset | % | Jumlah Data |
|---------------|--------------|-----|-------------|
| 1 | Training | 60 | 378 |
| 2 | Testing | 40 | 252 |
| <i>Jumlah</i> | | 100 | 630 |

Dalam penelitian ini, data dibagi dengan proporsi 60% untuk data latih dan 40% untuk data uji. Pembagian ini bertujuan untuk memberikan cukup data bagi model SVM dalam mempelajari pola visual dari citra ikan arwana, sekaligus memastikan evaluasi akurasi dilakukan secara objektif. Rasio ini dipilih agar model tetap dapat belajar secara optimal meski dengan jumlah data terbatas, serta mampu mengukur kemampuan generalisasi model terhadap data baru.

C. Ekstraksi Fitur HSV

HSV merupakan salah satu teknik ekstraksi fitur warna yang digunakan untuk mengidentifikasi warna dasar dalam citra. Setiap citra dikonversi dari ruang warna RGB ke informasi warna (*hue*), tingkat kejenuhan warna (*saturation*), dan kecerahan (*value*)[13]. Konversi dari ruang warna RGB ke HSV dilakukan untuk mendapatkan representasi warna yang lebih sesuai dengan persepsi visual manusia dan lebih tahan terhadap perubahan pencahayaan[14]. Ekstraksi fitur warna pada ruang warna HSV digunakan untuk mendeteksi citra Ikan dengan lebih akurat dibandingkan dengan ruang warna RGB[15].

Proses konversi dari RGB ke HSV dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

Diberikan nilai normalisasi R, G, B (skala 0–1), maka:

$$C_{max} = \max (R, G, B) \quad (1)$$

$$C_{min} = \min (R, G, B) \quad (2)$$

$$\Delta = C_{max} - C_{min} \quad (3)$$

1. Hue (H)

$$H = \begin{cases} 0^\circ, & \text{jika } \Delta = 0 \\ 60^\circ \times \left(\frac{G' - B'}{\Delta} \bmod 6 \right), & \text{jika } C_{max} = R' \\ 60^\circ \times \left(\frac{B' - R'}{\Delta} + 2 \right), & \text{jika } C_{max} = G' \\ 60^\circ \times \left(\frac{R' - G'}{\Delta} + 4 \right), & \text{jika } C_{max} = B' \end{cases} \quad (4)$$

2. Saturation (S)

$$S = \begin{cases} 0, & \text{jika } C_{max} = 0 \\ \frac{\Delta}{C_{max}}, & \text{jika } C_{max} \neq 0 \end{cases} \quad (5)$$

3. Value (V)

$$V = C_{max} \quad (6)$$

Citra RGB yang telah dikonversi ke ruang warna HSV kemudian dianalisis dengan menghitung nilai *mean* dan standar deviasi dari setiap komponen HSV, yang selanjutnya digunakan sebagai representasi fitur warna dari citra ikan arwana[16].

$$H_{mean} = \frac{1}{m \times n} \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n H_{xy} \quad (7)$$

$$H_{std} = \sqrt{\frac{1}{m \times n} \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n (H_{xy} - H_{mean})^2} \quad (8)$$

D. Klasifikasi SVM

SVM adalah salah satu algoritma pembelajaran mesin yang umum diterapkan dalam berbagai tugas klasifikasi karena kemampuannya dalam mengelola data kompleks dan menghasilkan prediksi yang akurat.[17]. Pada penelitian ini, SVM dimanfaatkan untuk mengklasifikasikan jenis ikan arwana berdasarkan fitur warna yang telah diekstraksi dari ruang warna HSV.

SVM bekerja dengan menemukan *hyperplane* yang optimal untuk memisahkan data ke dalam beberapa kelas di ruang fitur[18]. *Hyperplane* ini berfungsi sebagai batas pemisah antar kelas dan dirancang sedemikian rupa agar memiliki margin maksimum terhadap data dari masing-masing kelas. Pendekatan ini membuat SVM dikenal juga sebagai *Maximum Margin Classifier*, karena berfokus pada pemisahan yang paling tegas antara kelas yang berbeda. Dengan margin yang lebar, model diharapkan memiliki kemampuan generalisasi yang lebih baik terhadap data baru[19].

Hyperplane didefinisikan oleh persamaan :

$$w \cdot x + b = 0 \quad (9)$$

Keterangan :

- w = vektor bobot
- x = vektor fitur
- b = bias

Untuk memaksimalkan margin antara dua kelas, SVM meminimalkan fungsi objektif berikut:

$$\min \frac{1}{2} \|w\|^2 \quad (10)$$

Dengan syarat batasan (*constraint*):

$$y_i(w \cdot x_i + b) \geq 1, \forall i \quad (11)$$

Di mana:

- y_i = label kelas (+1 atau -1).
- x_i = data latih ke-i.

Jika data tidak bisa dipisahkan secara linier, SVM memanfaatkan *kernel trick* untuk memproyeksikan data ke dalam ruang berdimensi lebih tinggi. Beberapa jenis kernel yang umum digunakan antara lain:

1. Kernel *Radial Basic Function* (RBF)

RBF adalah kernel yang sering digunakan dalam SVM karena kemampuannya memetakan data non-linear ke ruang berdimensi lebih tinggi, sehingga memungkinkan pemisahan secara linear[20]. Kernel ini mengukur kesamaan antar titik data berdasarkan jarak *Euclidean*, dengan parameter γ (gamma) yang mengontrol sejauh mana

pengaruh satu titik terhadap lainnya. Nilai gamma yang besar menghasilkan pengaruh yang lebih lokal, menjadikan RBF efektif untuk data kompleks yang tidak terpisah secara linear di ruang asli.

$$K(x, x') = \exp(-\gamma \|x - x'\|^2) \quad (12)$$

Pada penelitian ini, kernel RBF menghasilkan akurasi klasifikasi yang lebih tinggi dibandingkan kernel linear. Hal ini menunjukkan bahwa pola distribusi dari fitur warna HSV bersifat non-linear dan tidak sepenuhnya dapat dipisahkan dengan garis lurus. Oleh karena itu, transformasi non-linear yang dilakukan oleh kernel RBF mampu membantu dalam menemukan hyperplane optimal di ruang berdimensi lebih tinggi, sehingga meningkatkan performa klasifikasi secara keseluruhan.

2. Kernel Linear

Kernel linear adalah jenis kernel paling sederhana dalam SVM yang menghitung kesamaan antar vektor secara langsung tanpa transformasi non-linear[21]. Kernel ini cocok untuk data yang secara alami terpisah secara linear, efisien secara komputasi, dan mudah diinterpretasikan.

$$K(x, x') = x \cdot x' \quad (13)$$

Dalam penelitian ini, kernel linear memberikan akurasi yang lebih rendah dibanding kernel RBF. Hal ini mengindikasikan bahwa distribusi fitur HSV dari citra ikan arwana tidak sepenuhnya linier. Oleh karena itu, kernel linear kurang mampu membentuk hyperplane yang optimal, sehingga kinerjanya tidak sebaik kernel RBF dalam memisahkan kelas-kelas yang ada.

E. Evaluasi Model

Kinerja model klasifikasi diukur dengan menggunakan *confusion matrix* dan beberapa metrik evaluasi. *Confusion matrix* dapat memberikan informasi menyeluruh tentang tingkat kesalahan serta akurasi prediksi yang dihasilkan oleh suatu model[22]. Matrik evaluasi sebagai berikut:

1. Akurasi (*Accuracy*)

Akurasi menilai sejauh mana model menghasilkan prediksi yang benar terhadap seluruh data yang digunakan dalam pengujian, baik itu prediksi positif maupun negatif. Metrik ini memberikan gambaran umum seberapa baik model dalam mengklasifikasikan data secara keseluruhan.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (15)$$

2. Presisi (*Precision*)

Presisi mengukur ketepatan prediksi positif, yaitu seberapa banyak dari data yang diprediksi positif benar-benar merupakan data positif. Presisi penting ketika kesalahan dalam prediksi positif harus diminimalkan.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (16)$$

3. Recall

Recall mengukur kemampuan model dalam menemukan seluruh data yang benar-benar positif dari total data positif yang ada. Metrik ini sangat berguna ketika penting untuk menangkap semua kemungkinan kasus positif, meskipun ada risiko false positive.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (17)$$

4. F1-Score

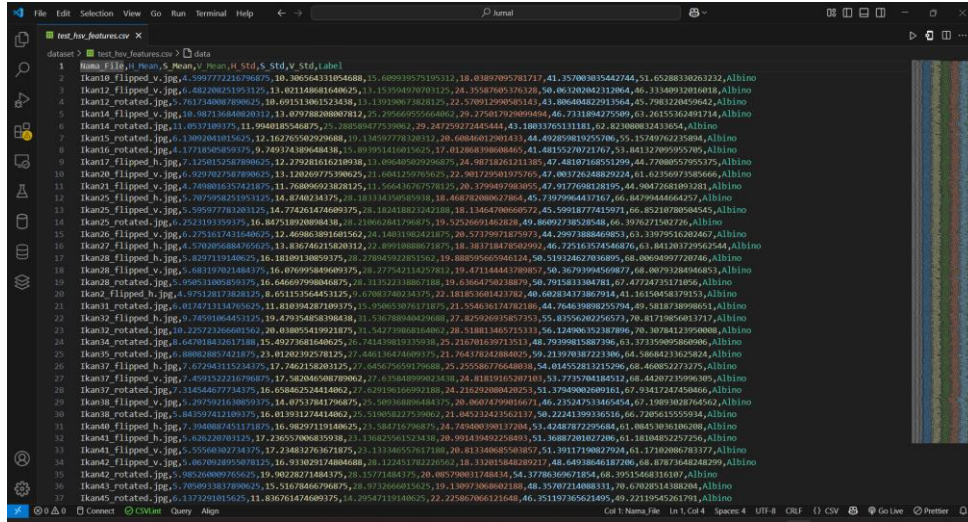
F1-Score merupakan indikator gabungan dari presisi dan recall yang menilai seberapa baik model dalam memprediksi dan mendeteksi data positif secara seimbang. Metrik ini berguna ketika diperlukan keseimbangan antara kedua aspek tersebut, terutama pada kondisi data yang tidak seimbang, di mana jumlah data positif dan negatif berbeda jauh.

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (18)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

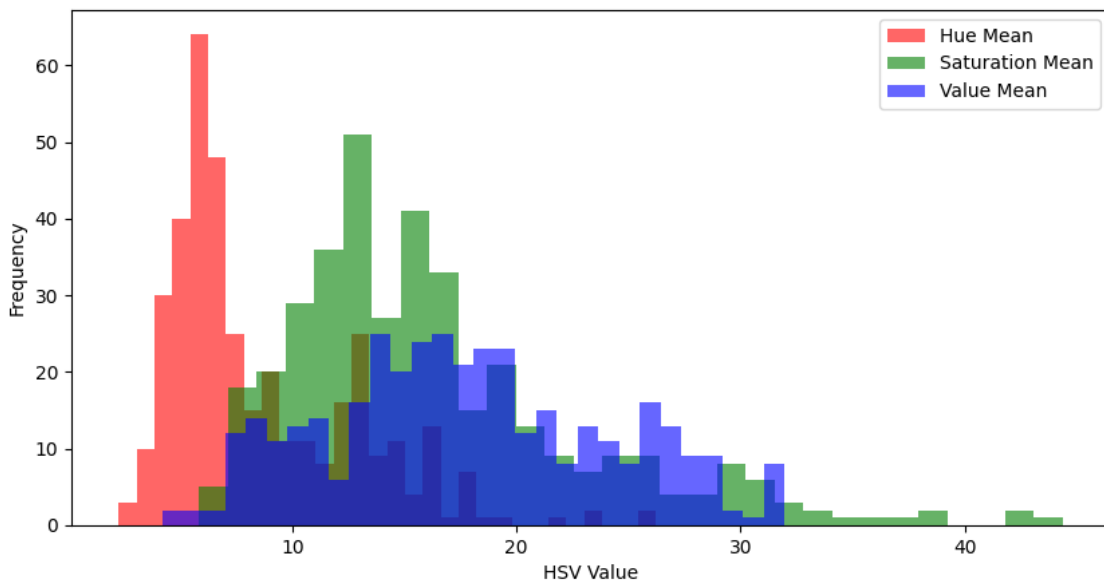
A. Fitur HSV

Citra ikan arwana yang telah melalui tahap pra-pemrosesan, seperti *resize*, segmentasi, augmentasi dan pembagian data selanjutnya diekstraksi untuk memperoleh fitur warnanya. Fitur warna HSV dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Nilai Fitur HSV

Tahap ekstraksi fitur warna, dilakukan pengambilan nilai dari gambar warna HSV untuk setiap citra ikan yang digunakan. Fitur warna yang diambil meliputi setiap nilai komponen HSV, mean dan standar deviasi. Distribusi fitur warna HSV dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Distribusi Fitur Warna HSV

Gambar 7 menampilkan distribusi nilai *mean* dari fitur warna HSV yang diekstraksi dari seluruh gambar ikan dalam dataset uji, yang terdiri dari 3 jenis ikan. Histogram ini menggambarkan frekuensi kemunculan nilai HSV mean untuk semua gambar, tanpa membedakan berdasarkan kelas ikan.

1. *Hue* (Warna Merah) menunjukkan konsentrasi nilai pada rentang rendah, yaitu sekitar 5 sampai dengan 10. Ini menunjukkan bahwa sebagian besar gambar ikan memiliki dominasi warna dalam spektrum Hue yang sempit
2. *Saturation* (Warna Hijau) tersebar lebih luas pada rentang 10 sampai dengan 40. Hal ini mengindikasikan adanya variasi kejenuhan warna antar jenis ikan dalam dataset.
3. *Value* (Warna Biru) memiliki sebaran yang lebih lebar dengan puncak distribusi di kisaran 18 sampai dengan 21 yang menunjukkan bahwa tingkat kecerahan gambar cukup signifikan di antara ketiga jenis ikan.

Berdasarkan distribusi yang ditampilkan, fitur warna HSV menunjukkan pola sebaran yang cukup berbeda untuk masing-masing komponennya, yang menandakan bahwa setiap fitur membawa informasi visual yang unik dari

citra ikan. Nilai rata-rata dari *Hue*, *Saturation*, dan *Value* memperlihatkan variasi yang mencerminkan karakteristik warna antar gambar ikan, termasuk perbedaan dominan warna, tingkat kejenuhan, dan tingkat kecerahan.

Karena perbedaan ini cukup jelas dan terdistribusi secara variatif, maka fitur warna HSV sangat potensial dan relevan untuk digunakan sebagai fitur masukan pada model klasifikasi seperti SVM. SVM bekerja optimal ketika terdapat fitur yang mampu memisahkan kelas secara linier atau non-linier di ruang fitur. Dengan adanya perbedaan distribusi pada fitur HSV, model SVM dapat memanfaatkan pola-pola tersebut untuk membentuk *hyperplane* yang mampu membedakan enam jenis ikan dalam dataset dengan baik.

B. Pengujian Model

Pengujian model dilakukan untuk mengevaluasi kinerja algoritma SVM dalam mengklasifikasikan jenis Ikan Arwana berdasarkan fitur warna HSV. Pengujian dilakukan untuk mengetahui konfigurasi kernel dan parameter terbaik yang menghasilkan performa klasifikasi paling akurat untuk membedakan kelas Ikan Arwana. Skenario pengujian dapat dilihat pada Tabel II.

TABEL II
 SKENARIO PENGUJIAN

| No | Pengujian | Keterangan |
|----|--------------------|---------------------|
| 1 | Kernel | 1. Linear 2. RBF |
| 2 | Nilai C | 1. 0,01 2. 0,1 |
| 3 | Nilai <i>Gamma</i> | 1. <i>scale</i> |

C. Hasil Pengujian

Hasil pengujian terhadap berbagai kombinasi kernel dan parameter pada algoritma SVM menunjukkan nilai akurasi yang mencerminkan performa model dalam mengklasifikasikan jenis ikan arwana. Pengujian ini dilakukan berdasarkan fitur warna yang telah diekstraksi dari ruang warna HSV, yang berperan penting dalam membedakan karakteristik visual antar jenis ikan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL III
 HASIL PENGUJIAN

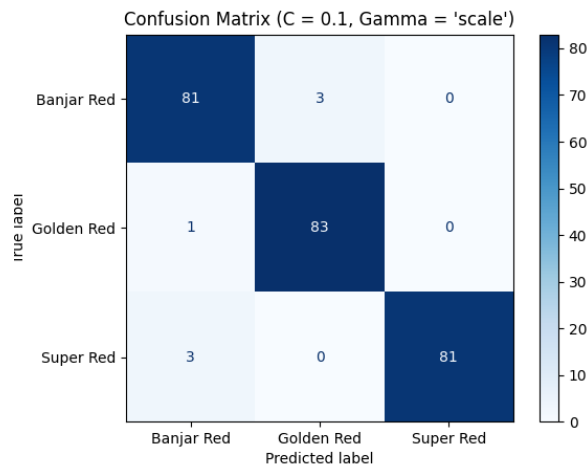
| Kernel | C | Gamma | Hasil |
|--------|------|--------------|-------|
| Linear | 0,01 | x | 0,91 |
| Linear | 0,1 | x | 0,95 |
| RBF | 0,01 | <i>scale</i> | 0,94 |
| RBF | 0,1 | <i>scale</i> | 0,97 |

Tabel III menyajikan hasil pengujian performa model SVM dengan dua jenis kernel, yaitu Linear dan RBF, terhadap variasi parameter C, menggunakan fitur warna HSV. Berdasarkan hasil pengujian, kernel RBF menunjukkan performa lebih unggul dibanding kernel Linear pada masing-masing nilai C yang diuji. Akurasi tertinggi dicapai oleh kernel RBF dengan $C = 0,1$ dan $\gamma = \textit{scale}$, yaitu sebesar 0,97, yang menunjukkan kemampuan kernel ini dalam menangani pola non-linear secara efektif.

Sementara itu, kernel Linear menghasilkan akurasi yang lebih rendah dibanding RBF, namun tetap menunjukkan peningkatan performa seiring bertambahnya nilai C, dari 0,91 pada $C = 0,01$ menjadi 0,95 pada $C = 0,1$. Ini mengindikasikan bahwa terdapat separabilitas antar kelas, namun hubungan antar fitur belum sepenuhnya linear. Kernel Linear cenderung lebih terbatas dalam mengenali kompleksitas distribusi data, sehingga kurang optimal dalam memisahkan kelas-kelas yang memiliki batasan non-linear.

D. Evaluasi

Evaluasi terhadap performa model dilakukan dengan menerapkan metrik-metrik klasifikasi, yaitu akurasi, presisi, recall, dan f1-score, serta confusion matrix untuk melihat detail distribusi hasil prediksi model terhadap data uji. Evaluasi difokuskan pada kombinasi parameter terbaik, yaitu kernel RBF dengan $C = 0,1$ dan $\gamma = \textit{scale}$ yang menghasilkan akurasi tertinggi sebesar 97%. Distribusi prediksi model pada *confusion matrix* dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Confusion Matrix

Hasil confusion matrix menunjukkan bahwa mayoritas data dari setiap kelas berhasil diklasifikasikan dengan akurat, dengan jumlah prediksi benar yang tinggi pada semua kelas. Kelas Golden Red merupakan yang paling akurat diklasifikasikan, dengan 83 gambar diklasifikasikan dengan benar dan hanya 1 kesalahan. Sementara itu, kelas Banjar Red memiliki 81 prediksi benar, namun mengalami 3 kesalahan klasifikasi ke Golden Red. Hal serupa terjadi pada kelas Super Red, yang juga memiliki 81 prediksi benar, namun 3 gambar salah diklasifikasikan sebagai Banjar Red.

Tingkat kesalahan yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa model sudah cukup baik dalam membedakan ketiga jenis ikan arwana berdasarkan fitur warna HSV. Namun, kesalahan klasifikasi masih muncul antara Banjar Red dan kelas lain, yang kemungkinan disebabkan oleh kemiripan warna tubuh antar jenis ikan, terutama pada citra dengan pencahayaan yang tidak merata atau pantulan cahaya air akuarium. Selain itu, meskipun model HSV dapat menangkap informasi warna dasar, nuansa warna yang sangat mirip antar kelas dapat menyebabkan overlap dalam ruang fitur, sehingga memengaruhi prediksi. Oleh karena itu, untuk meningkatkan akurasi lebih lanjut, dapat dipertimbangkan penambahan fitur lain seperti tekstur atau bentuk, yang mampu memberikan informasi pelengkap untuk membedakan ikan dengan karakteristik warna serupa.

Selain akurasi, presisi dan recall juga digunakan untuk mengevaluasi kualitas prediksi pada masing-masing kelas. Presisi mengukur proporsi prediksi positif yang benar, sementara recall menilai sejauh mana model mampu mendeteksi seluruh data positif yang sebenarnya. Tabel IV menyajikan nilai matrik evaluasi masing-masing kelas.

TABEL IV
HASIL PRECISION, RECALL & F1-SCORE

| Kelas Ikan | Precision | Recall | F1-Score | Support |
|--------------|-----------|--------|----------|---------|
| Banjar Red | 0,95 | 0,96 | 0,96 | 84 |
| Golden Red | 0,97 | 0,99 | 0,98 | 84 |
| Super Red | 1,00 | 0,96 | 0,98 | 84 |
| Accuracy | | | 0,97 | 252 |
| Macro Avg | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 252 |
| Weighted Avg | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 252 |

Berdasarkan evaluasi pada Tabel IV, model SVM dengan kernel RBF ($C = 0.1$, $\gamma = 'scale'$) menunjukkan performa klasifikasi yang sangat baik dalam membedakan tiga jenis ikan arwana, yaitu Banjar Red, Golden Red, dan Super Red. Model ini berhasil mencapai akurasi keseluruhan sebesar 0,97, serta nilai rata-rata (macro average dan weighted average) precision, recall, dan F1-score sebesar 0,97, yang menunjukkan performa klasifikasi yang konsisten dan seimbang antar kelas.

Dengan performa yang dicapai, model SVM berbasis fitur warna HSV ini layak dijadikan sebagai baseline atau solusi awal dalam sistem klasifikasi ikan arwana berbasis citra. Namun, hasil evaluasi juga menunjukkan bahwa masih terdapat peluang untuk meningkatkan akurasi, terutama pada kelas-kelas dengan tingkat kesalahan klasifikasi yang lebih tinggi. Tantangan utama muncul pada pengenalan jenis ikan yang memiliki warna kompleks atau gradasi warna yang halus, yang kemungkinan besar tidak dapat direpresentasikan secara optimal hanya melalui fitur warna berbasis HSV. Oleh karena itu, pengembangan sistem lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan fitur tambahan seperti tekstur dan bentuk tubuh ikan, yang mampu memberikan informasi visual yang lebih kaya dan mendalam. Pendekatan ini diharapkan dapat memperkuat kemampuan diskriminatif model,

terutama dalam membedakan jenis ikan arwana yang memiliki kemiripan warna sangat tinggi. Selain itu, penggunaan metode klasifikasi yang lebih kompleks, seperti deep learning berbasis CNN, juga layak dipertimbangkan untuk meningkatkan performa sistem secara menyeluruh.

Sebagai langkah lanjutan, Sistem klasifikasi ini akan dikembangkan menjadi aplikasi berbasis website agar pengguna dapat dengan mudah mengklasifikasikan jenis ikan arwana melalui unggahan gambar dari kamera smartphone. Pengembangan ini bertujuan untuk mempermudah proses klasifikasi bagi penghobi dan kolektor, serta mendukung integrasi sistem pada platform perdagangan ikan hias untuk membantu standarisasi harga secara digital.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini membahas pengembangan sistem klasifikasi otomatis untuk mengidentifikasi enam jenis ikan arwana menggunakan fitur warna HSV dan algoritma SVM. Tahapan penelitian mencakup akuisisi citra, pra-pemrosesan (*resize*, segmentasi dengan U^2 -Net, dan augmentasi), konversi ke ruang warna HSV, serta ekstraksi fitur statistik berupa nilai rata-rata dan standar deviasi dari komponen H, S, dan V. Berdasarkan hasil pengujian berbagai kombinasi kernel dan parameter SVM, model dengan kernel RBF parameter $C = 10$ dan $\gamma = scale$ memberikan akurasi tertinggi sebesar 97%. Evaluasi menggunakan metrik *precision*, *recall*, dan *F1-score* juga menunjukkan nilai rata-rata sebesar 0,97, yang mencerminkan performa model yang konsisten dan cukup andal. Hasil ini menunjukkan bahwa fitur warna HSV mampu merepresentasikan perbedaan visual antar jenis arwana secara efektif, serta bahwa metode SVM dapat digunakan sebagai pendekatan klasifikasi yang objektif untuk membantu proses klasifikasi ikan arwana dalam konteks praktis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Hariani, Y. Syahra, M. Suryanata, P. Studi Mahasiswa, S. Triguna Dharma, and P. Studi Dosen Pembimbing, "SISTEM PAKAR DALAM MENDIAGNOSA PENYAKIT SCLEROPAGES FORMOSUS (ARWANA) TAWAR DENGAN MENGGUNAKAN METODE DEMPSTER SHAFER," *Jurnal CyberTech*, vol. 1, no. 6, 2018.
- [2] W. Bismi, D. Novianti, and M. Qomaruddin, "Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak Analisis Perbandingan Klasifikasi Citra Genus Panthera dengan Pendekatan Deep learning Model MobileNet".
- [3] I. Ariawan, W. Aprizal Arifin, A. Armelita Rosalia, and N. Tufailah, "Department of Marine Science and Technology FPIK-IPB, ISOI, and HAPPI 205 KLASIFIKASI TIGA GENUS IKAN KARANG MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK CLASSIFICATION OF THREE GENERA OF CORAL FISH USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK", doi: 10.29244/jitkt.v14i1.33633.
- [4] N. Rachmat, A. Mahendra, P. Studi Informatika, and F. Imu Komputer dan Rekayasa, "Klasifikasi Jenis Ikan Laut Menggunakan Metode SVM Dengan Fitur HOG Dan HSV," 2021. [Online]. Available: <http://jurnal.mdp.ac.id>
- [5] A. Azis, "IDENTIFIKASI JENIS IKAN MENGGUNAKAN MODEL HYBRID DEEP LEARNING DAN ALGORITMA KLASIFIKASI", [Online]. Available: <http://groups.inf.ed.ac.uk/f4k/GROUNDTRUTH/>
- [6] R. Nuraini, "Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Metode Self-Organizing Map Pada Klasifikasi Citra Jenis Ikan Kakap," *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 4, no. 3, Dec. 2022, doi: 10.47065/bits.v4i3.2558.
- [7] "Studi Perbandingan Kombinasi GMI, HSV, KNN, dan CNN pada Klasifikasi Daun Herbal".
- [8] H. A. Rabbani, M. A. Rahman, and B. Rahayudi, "Perbandingan Ruang Warna RGB dan HSV dalam Klasifikasi Kematangan Biji Kopi," 2021. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [9] J. Homepage, S. Windharta Oei, L. Yahya, I. Wiranto, and P. Korespondensi, "Research in the Mathematical and Natural Sciences Deteksi Citra Ikan Nila dan Mujair Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik," *Res. Math. Nat. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 32–36, 2023, doi: 10.55657/rmns.v2i1.85.
- [10] N. A. Mahmud and B. Hartono, "IMPLEMENTASI DEEP LEARNING DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK MENGIDENTIFIKASI JENIS IKAN LAUT," *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 9, no. 2, pp. 438–447, May 2024, doi: 10.29100/jipi.v9i2.4477.
- [11] R. Nuraini, "KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer Implementasi Euclidean Distance dan Segmentasi K-Means Clustering Pada Identifikasi Citra Jenis Ikan Nila," *Media Online*, vol. 3, no. 1, pp. 2022–2023, 2022, [Online]. Available: <https://djournal.com/klik>
- [12] J. Shao, K. Zhou, Y. H. Cai, and D. Y. Geng, "Application of an Improved U2-Net Model in Ultrasound Median Neural Image Segmentation," *Ultrasound Med Biol*, vol. 48, no. 12, pp. 2512–2520, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2022.08.003.
- [13] T. Kusnandar, J. Santoso, and K. Surendro, "Enhancing Color Selection in HSV Color Space," *Ingenierie des Systemes d'Information*, vol. 29, no. 4, pp. 1483–1491, Aug. 2024, doi: 10.18280/isi.290421.
- [14] I. Rafi Diesta, W. Fawwaz, and A. Maki, "Klasifikasi Ikan Cupang Menggunakan Support Vector Machine."
- [15] D. Hardiyanto, D. Anggun Sartika, J. Teknik Elektro, F. Teknologi Industri, and I. AKPRIND Yogyakarta, "EKSTRAKSI FITUR CITRA API BERBASIS EKSTRAKSI WARNA PADA RUANG WARNA HSV dan RGB."
- [16] N. E. R. Pah, S. A. S. Mola, and A. Y. Mauko, "EKSTRAKSI CIRI WARNA HSV DAN CIRI BENTUK MOMENT INVARIANT UNTUK KLASIFIKASI BUAH APEL MERAH," *Jurnal Komputer dan Informatika*, vol. 9, no. 2, pp. 142–153, Sep. 2021, doi: 10.35508/jicon.v9i2.5043.
- [17] M. Muhathir, M. H. Santoso, and D. A. Larasati, "Wayang Image Classification Using SVM Method and GLCM Feature Extraction," *JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING*, vol. 4, no. 2, pp. 373–382, Jan. 2021, doi: 10.31289/jite.v4i2.4524.
- [18] S. Fatmawati Yunizar, A. Puspita Sari, F. Prima Aditiawan, P. Studi Informatika, F. Ilmu Komputer, and J. Timur, "CICES (Cyberpreneurship Innovative and Creative Exact and Social Science) Pemanfaatan Model ResNet50 dan SVM untuk Klasifikasi Penyakit Daun Tebu", doi: 10.33050/cices.v11i1.3506.
- [19] M. Muchtar and R. A. Muchtar, "PERBANDINGAN METODE KNN DAN SVM DALAM KLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH MANGGA BERDASARKAN CITRA HSV DAN FITUR STATISTIK," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 2, Apr. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4010.
- [20] I. A. Muis and M. Affandes, "Penerapan Metode Support Vector Machine (SVM) Menggunakan Kernel Radial Basis Function (RBF) Pada Klasifikasi Tweet," *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 12, no. 2, pp. 189–197, 2015, [Online]. Available: <http://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/sitekin>

- [21] “PERBANDINGAN KINERJA KERNEL LINEAR DAN RBF SUPPORT VECTOR MACHINE UNTUK ANALISIS SENTIMEN ULASAN PENGGUNA KAI ACCESS”.
- [22] H. Darmanto AMIK Taruna Probolinggo, “PENGENALAN SPESIES IKAN BERDASARKAN KONTUR OTOLITH MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK,” 2019.