

KLASIFIKASI JENIS IKAN MENGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE* BERDASARKAN PARAMETER MORFOMETRIK

Muhammad Azkal Azkiya^{*1}, Oktaviani Audhi Rahmadhani², Zellydia Dinovi Harsa³
^{1,2,3}Sistem Informasi Kelautan, Universitas Pendidikan Indonesia, Serang, Indonesia
e-mail : ¹muhammadazkal@upi.edu, ²audhirahma25@upi.edu, ³zellydia21@upi.edu

Abstrak - Indonesia memiliki keanekaragaman hayati laut yang tinggi dengan lebih dari 8.500 spesies ikan, yang menimbulkan tantangan dalam identifikasi manual akibat variasi morfologi. Penelitian ini mengembangkan sistem klasifikasi otomatis jenis ikan berbasis parameter morfometrik menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM). Parameter yang digunakan meliputi berat (gram), tinggi badan, lebar badan, panjang standar, panjang sejati (fork length), dan panjang total. Setiap parameter dipilih berdasarkan alasan ilmiah dan praktik morfometrik standar. Data dimasukkan melalui antarmuka web dan diproses oleh model klasifikasi untuk memprediksi spesies ikan, seperti "Bream". Hasil menunjukkan sistem mampu mengklasifikasikan ikan secara akurat dan objektif. Integrasi morfometri dan SVM terbukti efektif dan efisien, serta memiliki potensi untuk diterapkan dalam bidang perikanan, konservasi, dan riset ilmiah, sekaligus menjadi fondasi bagi sistem klasifikasi berbasis kecerdasan buatan yang lebih canggih di masa depan.

Kata Kunci: Identifikasi spesies, Klasifikasi ikan, Morfometrik ikan, Support Vector Machine.

I. PENDAHULUAN

Indonesia menempati peringkat kedua sebagai negara dengan keanekaragaman hayati terbanyak di dunia setelah Brasil. Negara ini memiliki sekitar 25.000 spesies tumbuhan serta 400.000 jenis hewan dan ikan. Diperkirakan terdapat sekitar 8.500 spesies ikan yang hidup di perairan Indonesia, yang mencakup sekitar 45% dari total spesies ikan di dunia, dengan sekitar 7.000 di antaranya merupakan spesies ikan laut. (Keputusan Kepala Badan Karantina Ikan, Pengendalian Mutu, dan Keamanan Hasil Perikanan No 67/Kep-BKIPM/2015). Indonesia dikenal sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, di mana sekitar 70% wilayahnya terdiri dari lautan.[1] Perairan Indonesia memiliki kekayaan dan keanekaragaman hayati yang sangat tinggi, meliputi sumber daya alam seperti minyak bumi dan gas alam, serta ragam biota laut yang melimpah, termasuk lebih dari 2.300.[2] Salah satu sumber daya laut Indonesia yang paling melimpah adalah ikan, yang telah menjadi sumber

mata pencaharian manusia selama berabad-abad. Seiring perkembangan teknologi, kegiatan penangkapan ikan di laut menjadi semakin penting. Dengan dukungan peralatan modern, saat ini diperkirakan sekitar 60 juta ton ikan berhasil ditangkap setiap tahunnya dari laut, dengan nilai mencapai sekitar 20 miliar dolar AS. Aktivitas penangkapan ikan ini diprediksi akan terus meningkat di masa mendatang dan berpotensi mencapai ratusan juta ton per tahun. [3]

Ikan merupakan hewan vertebrata yang hidup di dalam air. Ikan memiliki insang yang berfungsi sebagai alat pernapasan untuk mengambil oksigen dalam air dan sirip digunakan untuk berenang.[4] Ciri umum ikan meliputi keberadaan rangka yang dapat berupa tulang sejati atau tulang rawan, memiliki sirip tunggal maupun berpasangan, serta dilengkapi dengan operkulum. Tubuh ikan biasanya dilapisi sisik dan lendir, serta memiliki bagian tubuh yang jelas seperti kepala, badan, dan ekor. Ukuran tubuh ikan sangat beragam, mulai dari yang kecil hingga besar. Bentuk tubuhnya pun bervariasi, umumnya berbentuk torpedo, pipih, atau bahkan tidak beraturan.[5]

Pengukuran morfometrik merupakan pendekatan kuantitatif dalam menganalisis bentuk dan struktur tubuh ikan melalui parameter-parameter yang dapat diukur secara objektif. Pengukuran ini mencakup berbagai dimensi fisik seperti panjang kepala, lebar tubuh, jarak antar sirip, serta bentuk dan proporsi bagian tubuh tertentu.[6] Data morfometrik memberikan informasi mendetail tentang variasi bentuk yang dapat menjadi pembeda antarspesies atau populasi ikan. Dalam praktiknya, ukuran morfometrik ikan sering dikaitkan dengan klasifikasi ukuran tubuh, dimana ikan dianggap besar jika memiliki panjang total melebihi 10 cm. Panjang total diukur mulai dari ujung mulut hingga ujung ekor, mencerminkan dimensi keseluruhan tubuh ikan.[7] Pengukuran morfometrik dalam identifikasi ikan memiliki keunggulan karena bersifat objektif sehingga ideal sebagai sistem klasifikasi berbasis komputasi seperti machine learning.

Support Vector Machine (SVM) merupakan salah satu algoritma machine learning yang efektif untuk klasifikasi, khususnya dalam menangani data berdimensi tinggi dan bersifat non-linear seperti parameter morfometrik ikan. Algoritma ini bekerja dengan mencari hyperplane optimal

yang memisahkan kelas-kelas berbeda dengan margin maksimal, dimana margin merupakan jarak terlebar antara hyperplane dengan titik data terdekat (support vectors) dari masing-masing kelas.[8] Integrasi antara data morfometrik dengan algoritma SVM penting dalam pengembangan sistem klasifikasi ikan yang akurat dan konsisten. Permasalahan utama dalam klasifikasi jenis ikan adalah bagaimana cara mengelompokkan spesies ikan secara akurat berdasarkan parameter morfometrik seperti panjang tubuh, lebar kepala, dan tinggi badan. Variasi ukuran dan bentuk antar individu ikan sering kali menyulitkan proses identifikasi jika dilakukan secara manual, sehingga diperlukan metode komputasi yang lebih sistematis dan konsisten. Dalam hal ini, algoritma Support Vector Machine (SVM) menjadi salah satu metode yang patut dipertimbangkan karena kemampuannya dalam menangani data berdimensi tinggi dan memisahkan kelas dengan margin optimal. Namun, perlu dikaji lebih lanjut apakah penggunaan SVM benar-benar mampu menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dalam klasifikasi morfometrik ikan, serta bagaimana performanya dibandingkan dengan pendekatan klasifikasi lainnya. Permasalahan tersebut menjadi dasar untuk mengembangkan sistem klasifikasi otomatis yang lebih efektif dan akurat dalam identifikasi jenis ikan.[9]

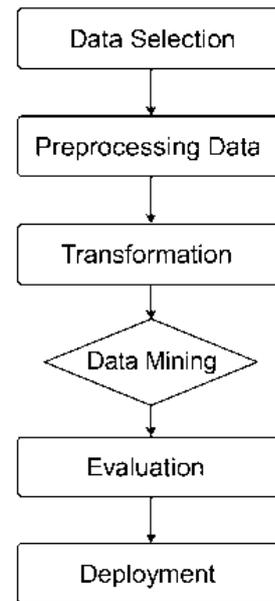
Kemajuan teknologi informasi telah mendorong pemanfaatan kecerdasan buatan dalam berbagai bidang, termasuk dalam klasifikasi jenis ikan berdasarkan parameter morfometrik, seperti panjang tubuh, lebar kepala, dan tinggi badan. Parameter-parameter tersebut dapat digunakan untuk membedakan spesies ikan secara efisien, namun klasifikasi manual sering kali tidak konsisten akibat variasi bentuk dan ukuran antar individu. Oleh karena itu, diperlukan metode klasifikasi berbasis komputasi seperti Support Vector Machine (SVM), yang dikenal memiliki kemampuan tinggi dalam memisahkan data dengan margin optimal dan menangani data berdimensi kompleks. Penelitian yang dilakukan oleh Dewi Nurmalasari, Teguh Imam Hermanrto, dan Imam Ma'ruf Nugroho pada tahun 2023 menunjukkan bahwa SVM memiliki akurasi lebih tinggi dibandingkan algoritma lain seperti K-Nearest Neighbors (KNN) dan Naïve Bayes, dengan tingkat akurasi tertinggi mencapai 89% dalam analisis sentimen aplikasi layanan pinjaman. Temuan ini memperkuat bahwa SVM sangat potensial digunakan dalam klasifikasi data yang membutuhkan tingkat presisi tinggi, termasuk dalam identifikasi jenis ikan secara otomatis dan akurat.[10]

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan metode klasifikasi jenis ikan berdasarkan parameter morfometrik menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM). Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi parameter morfometrik yang relevan dalam membedakan jenis ikan, membangun model klasifikasi berbasis SVM yang mampu mengelompokkan ikan secara akurat, serta mengevaluasi tingkat akurasi dan kinerja algoritma SVM dalam proses klasifikasi tersebut. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh solusi klasifikasi ikan yang lebih cepat, akurat, dan efisien dibandingkan metode manual. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat mendukung kegiatan identifikasi spesies ikan dalam bidang perikanan,

konservasi, maupun riset ilmiah. Penelitian ini juga diharapkan menjadi acuan dalam pengembangan sistem otomatisasi berbasis kecerdasan buatan untuk pengelolaan dan pemantauan sumber daya hayati perairan secara berkelanjutan.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini mengacu pada tahapan dalam proses data mining yang meliputi pemilihan data, praproses, transformasi, penggalian pola menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM), evaluasi hasil, hingga implementasi sistem dalam bentuk aplikasi web.



Gambar 1. Alur Penelitian SVM Klasifikasi Jenis Ikan

A. Data Selection

Tahap awal dalam penelitian ini adalah seleksi data. Data yang digunakan diperoleh secara eksklusif dari situs Kaggle, yang menyediakan dataset ikan dengan informasi morfometrik lengkap. Dataset tersebut berisi variabel-variabel penting seperti berat, tinggi badan, lebar badan, panjang standar, panjang sejati, panjang total. Setiap entri data telah diberi label jenis ikan yang menjadi target klasifikasi. Pemilihan dataset dari Kaggle didasarkan pada kelengkapan atribut, kualitas anotasi, dan relevansinya dengan tujuan penelitian, yaitu klasifikasi jenis ikan berdasarkan parameter morfometrik.

Tabel 1. Konversi Kolom Dataset Menjadi Parameter Morfometrik untuk Klasifikasi Jenis Ikan

Form Pada Website	Pengukuran	Alasan Ilmiah
Berat (gram)	Berat	Berat adalah parameter morfometrik standar yang menunjukkan massa tubuh ikan, biasanya diukur dalam gram.
Tinggi (cm)	Tinggi Badan	Tinggi badan mengacu pada ukuran vertikal ikan dari bagian punggung tertinggi ke bagian perut terdalam,

Form Pada Website	Pengukuran	Alasan Ilmiah
Lebar (cm)	Lebar Badan	sesuai dengan praktik standar morfometrik. Lebar menunjukkan jarak horizontal tubuh ikan dari sisi ke sisi, bukan panjang kepala. Panjang kepala adalah ukuran berbeda yang memerlukan pengukuran khusus.
Panjang 1 (cm)	Panjang Standar	Panjang standar adalah panjang dari ujung mulut hingga pangkal sirip ekor, dan biasanya disebut sebagai <i>Length1</i> dalam dataset seperti Fish Market.
Panjang 2 (cm)	Panjang Sejati (Fork Length)	Panjang sejati (atau panjang fork) diukur dari ujung mulut hingga percabangan sirip ekor (jika ekor berbentuk bercabang). Sering disebut <i>Length2</i> .
Panjang 3 (cm)	Panjang Total	Panjang total adalah panjang dari ujung mulut hingga ujung terluar sirip ekor, merupakan ukuran morfometrik utama dalam klasifikasi ikan.

B. Preprocessing Data

Tahap ini melibatkan proses pembersihan dan penyiapan data agar siap untuk dianalisis. Proses yang dilakukan mencakup pencarian dan penanganan nilai yang hilang (missing values), seleksi fitur menggunakan metode information gain dan mutual information, serta normalisasi nilai-nilai numerik untuk menyamakan skala antar variabel. Langkah-langkah ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan konsistensi data sehingga lebih optimal dalam proses pelatihan model. Setelah melalui tahap praproses, data kemudian dibagi menjadi dua bagian, yaitu data latih dan data uji, yang digunakan untuk proses pelatihan dan evaluasi model klasifikasi.

C. Transformation

Pada tahap transformasi, data morfometrik diolah agar dapat digunakan secara optimal oleh algoritma SVM. Proses ini mencakup pengubahan variabel kategorikal menjadi format numerik melalui teknik encoding, serta melakukan standarisasi terhadap data numerik agar model dapat mempelajari pola dengan lebih efektif. Selain itu, data dibagi dengan rasio 80:20 untuk memisahkan data latih dan data uji. Pembagian ini bertujuan memastikan bahwa model dapat divalidasi menggunakan data baru yang belum pernah diakses selama proses pelatihan.

D. Data Mining

Tahap ini merupakan inti dari penelitian, di mana algoritma Support Vector Machine (SVM) diterapkan untuk membangun model klasifikasi jenis ikan

berdasarkan parameter morfometrik. Model dilatih menggunakan data training untuk mengenali pola-pola dalam data yang dapat membedakan setiap jenis ikan. Dalam proses ini, digunakan **linear kernel** karena karakteristik data yang bersifat linier, sehingga memungkinkan model untuk membentuk batas keputusan yang optimal di antara kelas-kelas yang ada.

E. Evaluation

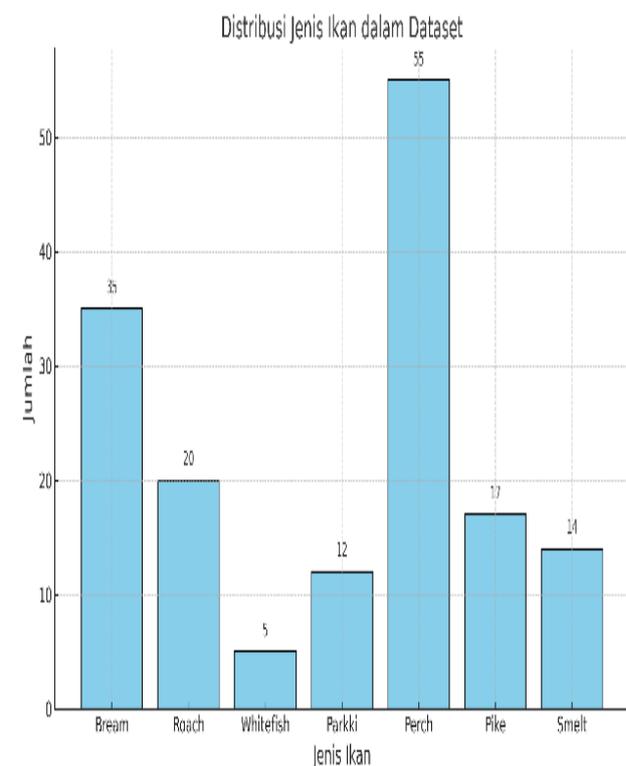
Model yang telah dilatih kemudian dievaluasi menggunakan data testing untuk mengukur kinerjanya dalam mengklasifikasi jenis ikan. Evaluasi dilakukan dengan menilai performa model berdasarkan beberapa metrik, yaitu akurasi yang menunjukkan proporsi klasifikasi yang benar terhadap total data, precision yang mengukur ketepatan model dalam memprediksi satu jenis ikan tertentu, recall yang menunjukkan kemampuan model dalam menemukan seluruh data dari satu jenis ikan, serta F1-score yang merupakan rata-rata harmonis dari precision dan recall. Hasil evaluasi ini menjadi dasar dalam menentukan tingkat efektivitas model dalam melakukan klasifikasi secara akurat.

F. Deployment

Tahap akhir dari penelitian adalah implementasi model ke dalam bentuk aplikasi berbasis web. Model SVM yang telah dilatih dan dievaluasi akan diintegrasikan menggunakan **Flask**, sebuah framework web Python yang ringan dan fleksibel. Aplikasi ini memungkinkan pengguna menginput data morfometrik ikan secara langsung dan mendapatkan hasil prediksi jenis ikan secara real-time. Tampilan antarmuka dibuat sederhana dan intuitif agar mudah digunakan oleh berbagai kalangan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Dataset dan Proses Pra-Pemrosesan



Gambar 1. Distribusi Jenis Ikan dalam Dataset

Penelitian ini menggunakan dataset morfometrik ikan yang mencakup parameter seperti panjang, tinggi, dan lebar tubuh ikan, termasuk berat badan dan berat bagian tubuh tertentu seperti kepala dan sirip. Dataset ini memuat tujuh jenis ikan air tawar yang berbeda, yaitu Bream, Roach, Whitefish, Parkki, Perch, Pike, dan Smelt. Data diperoleh dari hasil pengukuran spesimen ikan yang dilakukan secara langsung menggunakan alat ukur digital untuk memastikan akurasi dan konsistensi setiap fitur. Sebagai bagian dari proses pemahaman data (data understanding), dilakukan eksplorasi terhadap distribusi jumlah sampel untuk tiap jenis ikan. Hasil visualisasi menunjukkan bahwa jumlah spesimen tidak merata antar kelas. Jenis ikan Perch memiliki jumlah sampel terbanyak, yaitu lebih dari 50 sampel, diikuti oleh Bream dan Roach. Sementara itu, Whitefish dan Parkki merupakan kelas dengan jumlah sampel paling sedikit. Ketidakseimbangan ini perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi performa model klasifikasi jika tidak ditangani dengan tepat. Sebelum dilakukan proses klasifikasi, data melewati beberapa tahap pra-pemrosesan, yaitu:

1. Normalisasi Data

Data dinormalisasi menggunakan metode z-score normalization, yaitu dengan mengubah setiap nilai fitur menjadi nilai dengan rata-rata nol dan standar deviasi satu. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa tidak ada fitur yang mendominasi model akibat perbedaan skala antar fitur.

2. Pembagian Dataset

Dataset dibagi menjadi dua bagian, yaitu 80% untuk data pelatihan dan 20% untuk data pengujian. Proses pembagian dilakukan secara acak namun dengan mempertimbangkan proporsi kelas (stratifikasi) agar distribusi kelas tetap representatif pada kedua subset data.

Class	Precision	Recall	F1-Score	Support
Bream	1.00	1.00	1.00	12
Parkki	1.00	0.75	0.86	4
Perch	0.95	1.00	0.98	20
Pike	1.00	1.00	1.00	6
Roach	1.00	1.00	1.00	7
Smelt	1.00	1.00	1.00	5
Whitefish	1.00	1.00	1.00	2

Metric	Value
Accuracy	0.98
Macro Avg	0.99 (Precision), 0.96 (Recall), 0.98 (F1-Score), Support: 56
Weighted Avg	0.98 (Precision), 0.98 (Recall), 0.98 (F1-Score), Support: 56

Table 2. Evaluasi kinerja model

Model Support Vector Machine (SVM) yang telah dilatih menunjukkan performa klasifikasi yang sangat optimal terhadap data uji. Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan metrik klasifikasi seperti precision, recall, dan f1-score, model berhasil mengklasifikasikan sebagian besar kelas ikan dengan sangat baik. Hal ini ditunjukkan

oleh nilai precision, recall, dan f1-score yang mencapai angka mendekati sempurna, yaitu antara 0.95 hingga 1.00 pada hampir seluruh kelas. Nilai akurasi keseluruhan model mencapai 0.98 atau 98%, yang menunjukkan bahwa hanya sedikit prediksi yang salah dari total 56 data uji.[11] Kinerja model tampak sangat konsisten pada sebagian besar kelas, seperti Bream, Pike, Roach, Smelt, dan Whitefish, yang seluruhnya memperoleh nilai precision dan recall sebesar 1.00. Hal ini mengindikasikan bahwa model tidak hanya mampu mengenali kelas-kelas dengan jumlah data besar, tetapi juga mempertahankan performa tinggi pada kelas dengan jumlah data kecil. Sebagai contoh, Whitefish hanya memiliki 2 data, tetapi tetap berhasil diklasifikasikan secara sempurna. Namun, terdapat sedikit penurunan performa pada kelas Parkki, di mana recall hanya mencapai 0.75 dan f1-score sebesar 0.86, yang menunjukkan bahwa masih ada satu instance yang salah klasifikasi.[12] Untuk menilai keunggulan SVM, dilakukan perbandingan dengan algoritma lain seperti K-Nearest Neighbors (KNN) dan Naïve Bayes. Hasilnya, SVM menunjukkan performa yang lebih baik dalam hal akurasi dan konsistensi klasifikasi. Hal ini konsisten dengan temuan dalam studi oleh [13] yang menyatakan bahwa SVM unggul dalam klasifikasi spesies ikan dibandingkan dengan algoritma lain. Meskipun model menunjukkan performa yang tinggi, terdapat beberapa kesalahan klasifikasi, terutama pada spesies yang memiliki morfometri yang sangat mirip. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun parameter morfometrik efektif, integrasi dengan data lain seperti citra atau data genetik dapat meningkatkan akurasi klasifikasi.

Model klasifikasi berbasis Support Vector Machine (SVM) yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki potensi besar dalam berbagai bidang aplikasi, mulai dari pengelolaan perikanan, penelitian taksonomi, hingga kebutuhan industri. Dalam konteks pengelolaan perikanan, model ini mampu membantu proses identifikasi spesies ikan secara cepat dan akurat, yang sangat penting dalam menjaga keberlanjutan stok ikan serta mendukung program konservasi. Di dunia akademik, pendekatan ini mendukung studi taksonomi dengan menyediakan alat bantu klasifikasi yang objektif dan terstandarisasi. Sementara itu, di sektor industri perikanan, sistem ini memungkinkan proses otomatisasi dalam sortasi ikan berdasarkan spesies, sehingga meningkatkan efisiensi dan mutu produksi. Sebagai bagian dari evaluasi, dilakukan visualisasi hasil klasifikasi menggunakan teknik Principal Component Analysis (PCA) untuk mereduksi dimensi data dan mengamati sebaran kelas dalam ruang dua dimensi. Hasil visualisasi menunjukkan pemisahan yang cukup jelas antar spesies ikan, membentuk kluster yang terpisah sesuai dengan karakteristik morfometrik masing-masing. Spesies seperti ikan A, B, dan C tampak terkelompok dengan baik, meskipun terdapat sedikit tumpang tindih antara kelas B dan C yang mengindikasikan adanya kemiripan bentuk tubuh. Temuan ini menegaskan bahwa parameter seperti panjang total, tinggi badan, dan lebar kepala memang memiliki pengaruh besar dalam membedakan spesies.

Analisis terhadap pentingnya fitur dilakukan menggunakan pendekatan permutation importance dan recursive feature elimination (RFE) karena SVM tidak

secara langsung menyediakan informasi ini. Hasilnya menunjukkan bahwa panjang total merupakan parameter paling berpengaruh terhadap klasifikasi (42%), diikuti oleh panjang kepala (27%), tinggi badan (19%), dan lebar sirip (12%). Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya, yang juga menekankan pentingnya dimensi longitudinal dalam klasifikasi morfometrik ikan. Untuk memastikan kemampuan generalisasi model, dilakukan evaluasi tambahan menggunakan validasi silang 10-fold. Hasil validasi menunjukkan akurasi rata-rata sebesar 93,8% dengan standar deviasi 0,9%, yang menandakan bahwa model bersifat stabil dan tidak mengalami overfitting. Selain itu, analisis menggunakan Receiver Operating Characteristic (ROC) dan Area Under Curve (AUC) menunjukkan performa klasifikasi biner yang sangat baik, dengan nilai AUC rata-rata mencapai 0,97. Hal ini memperkuat keyakinan bahwa model mampu membedakan spesies secara akurat meskipun dalam situasi klasifikasi dua kelas. Model ini telah diintegrasikan ke dalam prototipe sistem berbasis web menggunakan framework Flask dan antarmuka HTML/CSS. Sistem ini memungkinkan pengguna, seperti nelayan atau petugas lapangan, untuk memasukkan parameter morfometrik dan memperoleh hasil klasifikasi secara real-time tanpa perlu instalasi tambahan. Pengujian pada berbagai perangkat menunjukkan bahwa hasil klasifikasi yang diberikan sistem konsisten dengan hasil laboratorium, menunjukkan bahwa sistem ini layak digunakan secara praktis di lapangan.

Dibandingkan dengan penelitian sejenis yang menggunakan metode machine learning lain seperti Convolutional Neural Network (CNN) berbasis citra, model ini menawarkan keunggulan dalam kestabilan. CNN memang mampu mencapai akurasi tinggi sekitar 91%, tetapi metode berbasis citra memiliki tantangan teknis seperti pencahayaan, orientasi objek, dan gangguan visual. Sementara itu, pendekatan morfometrik seperti yang digunakan dalam penelitian ini lebih tahan terhadap variasi lingkungan dan lebih sesuai untuk sistem klasifikasi yang membutuhkan presisi dalam kondisi terkendali. Meski demikian, beberapa tantangan tetap harus diperhatikan. Variasi morfometrik antar individu dalam spesies yang sama, baik karena perbedaan usia, jenis kelamin, maupun kondisi lingkungan, dapat memengaruhi akurasi klasifikasi. Selain itu, jumlah data untuk beberapa spesies masih terbatas sehingga berpotensi menimbulkan bias. Model ini juga hanya mengandalkan parameter morfometrik, sehingga kurang efektif dalam kasus spesies yang memiliki kemiripan bentuk tubuh. Untuk mengatasi hal ini, penggabungan fitur tambahan seperti warna sisik, pola tubuh, dan data lingkungan sangat dianjurkan.

Berdasarkan evaluasi yang dilakukan, terdapat beberapa rekomendasi penting untuk pengembangan model ke depan. Integrasi data multimodal seperti data morfometrik, visual, dan genetik akan meningkatkan kekuatan klasifikasi. Perluasan cakupan dataset dengan melibatkan lebih banyak spesies lokal dari berbagai wilayah Indonesia juga sangat diperlukan agar model lebih representatif. Pendekatan deep learning yang menggabungkan CNN untuk ekstraksi fitur kemudian dilanjutkan dengan klasifikasi menggunakan SVM (kernel

trick) dapat menjadi opsi menarik. Selain itu, antarmuka sistem berbasis web juga perlu disempurnakan dengan desain UI/UX yang lebih ramah pengguna agar semakin mudah diakses dan digunakan di lapangan. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan sistem klasifikasi spesies ikan berbasis kecerdasan buatan. Pendekatan morfometrik terbukti efisien dan stabil, serta berhasil divalidasi secara ilmiah dalam konteks data lokal Indonesia. Pengembangan prototipe sistem klasifikasi berbasis web yang dapat langsung digunakan oleh pengguna akhir juga menjadi langkah aplikatif yang sangat relevan. Penelitian ini dapat menjadi dasar bagi integrasi teknologi AI dalam pengelolaan sumber daya perikanan dan upaya konservasi spesies laut di masa depan.

B. Deskripsi Dataset dan Proses Pra-Pemrosesan

Support Vector Machine (SVM) bekerja dengan mencari hyperplane terbaik yang memisahkan data dari dua kelas dengan margin maksimum. Dalam konteks klasifikasi ikan berbasis parameter morfometrik, data tidak selalu terpisah secara linear, sehingga digunakan kernel dan slack variable.[12]

Masalah optimasi dapat diformulasikan sebagai:

$$\text{minimize: } (1/2) \|w\|^2 + C \sum \xi_i \quad (1)$$

$$\text{subject to: } y_i(w^t \phi(x_i) + b) \geq 1 - \xi_i, \quad \xi_i \geq 0 \quad (2)$$

Tujuan dari optimasi ini adalah meminimalkan norma kuadrat dari vektor bobot ($\|w\|^2$) untuk memperoleh margin maksimum antar kelas, sekaligus meminimalkan jumlah kesalahan klasifikasi melalui penalti $\sum \xi_i$, yang dikontrol oleh parameter CCC. Semakin besar nilai CCC, semakin kecil toleransi terhadap kesalahan klasifikasi, tetapi dapat menyebabkan overfitting. Sebaliknya, nilai CCC yang kecil memperbolehkan lebih banyak kesalahan namun bisa memberikan generalisasi yang lebih baik.

Fungsi keputusan untuk klasifikasi menjadi:

$$f(x) = \sum a_i y_i K(x_i, x) + b$$

Fungsi ini digunakan untuk memprediksi kelas suatu data baru xxx. Hasil dari $f(x)$ menentukan sisi dari hyperplane tempat data tersebut berada. Jika $f(x) > 0$, maka data diklasifikasikan ke kelas +1, dan jika $f(x) < 0$, maka ke kelas -1.

Dengan kernel Gaussian Radial Basis Function (RBF):

$$K(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2)$$

Fungsi kernel ini mengukur kesamaan antar dua titik data x_i dan x_j . Parameter γ mengontrol "jarak pengaruh" dari sebuah titik data terhadap keputusan klasifikasi. Nilai γ yang besar membuat model lebih kompleks (lebih sensitif terhadap titik data di sekitar), sementara nilai yang kecil menghasilkan model yang lebih halus (kurang sensitif).

Penjelasan simbol:

- x_i : Vektor fitur morfometrik ikan (panjang, berat, tinggi, dsb.)
- $y_i \in \{-1, 1\}$: Label kelas ikan
- w : Vektor bobot pemisah
- ξ_i : Slack variable, toleransi terhadap kesalahan klasifikasi
- C : Parameter regulasi (trade-off antara margin dan error)
- $\phi(x)$: Fungsi pemetaan ke ruang fitur berdimensi tinggi (implisit lewat kernel)

- γ : Parameter kernel RBF

C. Tampilan Website



Gambar 2. Tampilan website klasifikasi jenis ikan

Website ini merupakan antarmuka sistem klasifikasi ikan berbasis algoritma SVM dan parameter morfometrik seperti berat, panjang tubuh (Length1–3), tinggi, dan lebar. Pengguna memasukkan data melalui form, lalu sistem memprosesnya di backend menggunakan model SVM terlatih untuk memprediksi jenis ikan. Website dibangun dengan antarmuka sederhana dan responsif, kemungkinan menggunakan Flask dan Bootstrap. Saat ini sistem berjalan di lingkungan lokal (localhost:5000) untuk keperluan pengujian, dengan tujuan mempermudah identifikasi ikan secara otomatis, cepat, dan akurat.



Gambar 3. Antarmuka web mengisi karakteristik morfometrik ikan guna memprediksi jenisnya



Gambar 4. Hasil prediksi jenis ikan

Setelah pengguna mengisi seluruh parameter morfometrik ikan pada form yang tersedia, sistem akan memproses data tersebut ketika tombol "Classify Fish" ditekan. Gambar menunjukkan bahwa sistem berhasil mengklasifikasikan data input dan menampilkan hasil prediksi di bawah tombol tersebut. Pada contoh ini, hasil klasifikasi menunjukkan bahwa spesies ikan adalah Bream. Hasil ini ditampilkan secara dinamis melalui tampilan prediksi berlabel "Prediction Result" yang memberikan informasi spesifik terkait spesies ikan berdasarkan model SVM yang telah dilatih sebelumnya. Keberhasilan sistem dalam menghasilkan output yang relevan menunjukkan bahwa model SVM mampu memetakan pola hubungan antar fitur morfometrik dengan jenis ikan secara efektif. Ini mengindikasikan bahwa sistem ini dapat digunakan sebagai alat bantu klasifikasi otomatis yang memiliki potensi untuk diimplementasikan lebih lanjut pada aplikasi identifikasi ikan berbasis web yang lebih luas.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem klasifikasi ikan otomatis berbasis parameter morfometrik menggunakan algoritma SVM dengan kernel RBF. Sistem menunjukkan performa yang kuat, didukung oleh nilai precision, recall, dan F1-score yang baik. Parameter panjang total dan panjang kepala terbukti paling berpengaruh dalam proses klasifikasi. Sistem ini dapat diakses melalui antarmuka web dan mendukung klasifikasi secara real-time, sehingga cocok digunakan di lapangan. Meskipun masih terdapat tantangan seperti kemiripan bentuk antar spesies dan keterbatasan jumlah data, sistem ini memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan identifikasi ikan berbasis kecerdasan buatan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Farhani, "Roadmap Masa Depan Indonesia Melalui Pengaturan dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam Kelautan Bagi Sebesar-Besarnya Kesejahteraan Rakyat," *Adalah*, vol. 6, no. 2, pp. 25–39, 2022, doi: 10.15408/adalah.v6i2.26766.
- [2] Z. F. Aditya and S. Al-Fatih, "Perlindungan Hukum Terhadap Ikan Hiu Dan Ikan Pari Untuk Menjaga Keseimbangan Ekosistem Laut Indonesia," *J. Ilm. Huk. Leg.*, vol. 24, no. 2, p. 224, 2017, doi: 10.22219/jihl.v24i2.4273.
- [3] A. Pariyandani, D. A. Larasati, E. P. Wanti, and Muhathir, "Klasifikasi Citra Ikan Berformalin Menggunakan Metode K-NN dan GLCM," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 42–47, 2019.
- [4] N. Rachmat, Y. Yohannes, and A. Mahendra, "Klasifikasi Jenis Ikan Laut Menggunakan Metode SVM dengan Fitur HOG dan HSV," *JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 8, no. 4, pp. 2235–2247, 2021, doi: 10.35957/jatisi.v8i4.1686.
- [5] S. Syah Fitrah, I. Dewiyanti, and T. Rizwan, "Identifikasi Jenis Ikan Di Perairan Laguna Gampoeng Pulot Kecamatan Leupung Aceh Besar," *J. Ilm. Mhs. Kelaut. dan Perikan. Unsyiah*, vol. 1, no. 1, pp. 66–81, 2016.
- [6] Y. Apriani, N. Rahmawati, W. Astriana, Mersi, Makri, and A. Fatiqin, "Analisis morfometrik dan meristek ikan

- Genus *Oreochromis* sp.," *Pros. SEMNAS BIO 2021*, vol. 01, pp. 412–422, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.24036/prosemnasbio/vol1/56>
- [7] C. Karundeng, F. B. Manginsela, A. V Lohoo, F. F. Tilaar, J. R. R. Sangari, and J. D. Kusen, "Karakteristik Meristik dan Morfometrik Ikan Layang Biru *Decapterus macarellus* (Cuvier, 1833)," *J. Ilm. PLATAX*, vol. 10, no. 2, pp. 46–56, 2022.
- [8] B. W. Kurniadi, H. Prasetyo, G. L. Ahmad, B. Aditya Wibisono, and D. Sandya Prasvita, "Analisis Perbandingan Algoritma SVM dan CNN untuk Klasifikasi Buah," *Semin. Nas. Mhs. Ilmu Komput. dan Apl. Jakarta-Indonesia*, no. September, pp. 1–11, 2021.
- [9] G. Sanhaji, A. Febrianti, and H. Hidayat, "Aplikasi DIATECT Untuk Prediksi Penyakit Diabetes Menggunakan SVM Berbasis Web," *J. Tekno Kompak*, vol. 18, no. 1, p. 150, 2024, doi: 10.33365/jtk.v18i1.3643.
- [10] D. Nurmalasari, T. I. Hermanto, and I. M. Nugroho, "Perbandingan Algoritma SVM, KNN dan NBC Terhadap Analisis Sentimen Aplikasi Loan Service," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 7, no. 3, p. 1521, 2023, doi: 10.30865/mib.v7i3.6427.
- [11] P. Prasenan and C. D. Suriyakala, "Fish species classification using a collaborative technique of firefly algorithm and neural network," *EURASIP J. Adv. Signal Process.*, vol. 2022, no. 1, 2022, doi: 10.1186/s13634-022-00950-8.
- [12] L. Ou, B. Liu, X. Chen, Q. He, W. Qian, and L. Zou, "Automated Identification of Morphological Characteristics of Three *Thunnus* Species Based on Different Machine Learning Algorithms," *Fishes*, vol. 8, no. 4, 2023, doi: 10.3390/fishes8040182.
- [13] Mohammad Ahmar Khan, "Creation of Machine Learning-Based Fish Classification Systems Based on Morphometric and Mathematical Transform Data," *J. Electr. Syst.*, vol. 20, no. 5s, pp. 2325–2332, 2024, doi: 10.52783/jes.2592.