

Analisis Morfometrik dan Klasifikasi Bentuk Lutjanus spp. Berdasarkan Gambar Digital

Muhammad Ikhwani Saputra¹, Ishak Ariawan², Riad Sahara³

^{1,3}Informatika Universitas Siber Asia

Jl. Harsono RM, Ragunan, Pasar Minggu Jakarta 12550

²Fakultas Sistem Informasi Kelautan, Universitas Pendidikan Indonesia

Jl. Ciracas Serang, Banten

E-mail: ¹muhammadikhwani@lecturer.unsia.ac.id, ²ishak_ariawan@upi.edu,

³riadsahara@lecturer.unsia.ac.id

Abstract

Lutjanus spp is a genus of the *Lutjanidae* family. The number of *Lutjanus spp* in waters around the world are 72 species. For this amount, 33 of them living on Indonesian waters. According to the IUCN List (2020), about ten species have decreased in population. One of the causes that population decline in several species is, the recording of capture fisheries has very limited production data. This is caused by the difficulty of identification in the field, which results in the overfishing of certain species. The identification process can be carried out based on morphometric features. Geometric morphometrics can be explaining morphological variations objectively and accurately. There are several methods used to represent the shape of an image in general. Namely point linking, complex coordinate, tangent angle, contour curvature, and triangle-area representation.

Lutjanus spp by calculating the value of landmark positions, landmark curvature, changes in landmark angle, landmark distance, and landmark inclination. The results of feature extraction were used to classify *Lutjanus spp* (*Lutjanus argentimaculatus*, *Lutjanus bohar*, *Lutjanus carponotatus*, *Lutjanus fulviflamma*, and *Lutjanus sebae*). The results of this study indicate that the morphometric geometric approach can extract the feature values of the position of landmarks, a curvature of landmarks, changes in the angle of the landmark, distance of landmark, and the inclination of the landmark. The classification results using the Support Vector Machine (SVM) classification technique can distinguish *Lutjanus spp* with an accuracy rate of 65.03%. Thus, the application of SVM can be used to classify *Lutjanus spp* species, which will be useful in the identification process.

Keywords: *clasificasion, identification, morphometric geometric, Lutjanus spp, support vector machine.*

Abstrak

Lutjanus spp. adalah salah satu marga dari famili *Lutjanidae*. Jumlah spesies *Lutjanus spp* di perairan seluruh dunia yaitu 72 spesies. Dari 72 spesies tersebut 33 diantaranya hidup di perairan Indonesia. Menurut IUCN (2020) sekitar 10 spesies mengalami penurunan populasi. Salah satu penyebab menurunnya populasi pada beberapa spesies yaitu pencatatan data produksi perikanan tangkap masih sangat terbatas. Hal ini disebabkan oleh sulitnya identifikasi di lapangan sehingga mengakibatkan overfishing pada spesies tertentu. Proses identifikasi dapat dilakukan berdasarkan ciri morfometrik. Geometri Morfometrik dapat menjelaskan variasi morfologi secara objektif dan akurat. Ada beberapa metode yang digunakan dalam merepresentasi bentuk suatu citra secara umum. yaitu point linking, complex coordinate, tangent angle, contour curvature, serta triangle-area representation. Pendekatan morphometric geometric pada penellitian ini digunakan untuk mengekstraksi fitur bentuk *Lutjanus spp*. dengan menghitung nilai posisi landmark, kelengkungan landmark, perubahan sudut landmark, jarak landmark, dan kemiringan landmark. Hasil ekstraksi fitur digunakan untuk mengklasifikasikan spesies *Lutjanus spp*. (*Lutjanus argentimaculatus*, *Lutjanus bohar*, *Lutjanus carponotatus*, *Lutjanus fulviflamma*, dan *Lutjanus sebae*). Hasil penelitian ini menunjukkan, bahwa pendekatan Geometri Morfometrik dapat melakukan ekstraksi nilai fitur posisi landmark, kelengkungan landmark, perubahan sudut landmark, jarak landmark, dan kemiringan landmark. Adapun hasil klasifikasi menggunakan teknik klasifikasi Support Vector Machine (SVM) mampu membedakan spesies *Lutjanus spp*. dengan tingkat akurasi sebesar 65.03%. Dengan demikian, penerapan SVM dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi terhadap spesies *Lutjanus spp* yang akan bermanfaat pada proses identifikasi.

Kata kunci: *klasifikasi, identifikasi, geometri morfometrik, spesies lutjanus spp., support vector machine.*

I. PENDAHULUAN

Lutjanus spp. adalah salah satu marga dari famili Lutjanidae. Jumlah spesies Lutjanus spp. di perairan seluruh dunia yaitu 72 spesies (Frose & Pauly, 2018). Menurut Allen & Erdman (2012); Allen & Adrim (2003) dari 72 spesies tersebut 33 diantaranya hidup di perairan Indonesia. Pada umumnya Lutjanus dimanfaatkan sebagai ikan konsumsi dan ikan target dalam wisata pancing di beberapa perairan di Indonesia (Oktaviyani 2018). Volume produksi spesies lutjanus di seluruh perairan di Indonesia mencapai 118608 Ton naik 6.21% sejak tahun 2001 hingga 2011 (KKP, 2012). Menurut IUCN (2020) sekitar 10 spesies mengalami penurunan populasi. Salah satu penyebab berkurangnya populasi pada beberapa spesies yaitu pencatatan data produksi perikanan tangkap masih sangat terbatas. Hal ini disebabkan oleh sulitnya identifikasi di lapangan sehingga mengakibatkan overfishing pada spesies tertentu.

Proses identifikasi dapat dilakukan berdasarkan ciri morphometrik. Ariyanto et al (2011) menjelaskan bahwa identifikasi morphometric memberikan gambaran bentuk badan biota yang lebih menyeluruh, sehingga dapat digunakan dalam mengidentifikasi suatu spesies dan mengetahui perbedaan antar spesies ikan (Muhotimah et al. 2013). Geometri Morfometrik dapat menjelaskan variasi morfologi secara objektif dan akurat (Bonhomme et al. 2014). Morfometrik mewakili bentuk dari variabel menggunakan kerangka matematika. Matematika geometri dapat menentukan posisi titik landmark dari bentuk ikan. Metode ini telah berhasil digunakan untuk menjelakan variasi karakter dari famili Arrenurus (Acari, Hydrachnidia, Arrenuridae), perbedaan morfologi gigi antara domestic equids (Chuang and Bonhomme 2018), menjelakan perbedaan spesies shorea (Ariawan 2020), dan menjelakan morfologi keanekaragaman ikan di Laut Utara (Caillon et al.2018). Ada beberapa metode yang digunakan dalam merepresentasi bentuk suatu citra secara umum. yaitu point linking, complex coordinate, tangent angle, contour curvature, serta triangle-area representation (Yang et al. 2010). Metode point linking menentukan kontur citra dengan Moore's Algorithm. Algoritme ini menelusuri tepian dari piksel kontur yang diketahui kemudian mencari piksel kontur yang adjacent sampai ditemukan kondisi berhenti (Tejada et al. 2009).

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan analisis morphometric bentuk Lutjanus spp. dengan melakukan ekstraksi fitur geometri. Hasil ekstraksi fitur menghasilkan beberapa fitur, antara lain posisi landmark, kelengkungan landmark, perubahan sudut landmark, jarak landmark, dan kemiringan landmark (Lubis et al 2016). Pada beberapa fitur hasil ekstraksi ini, kemudian dilakukan perhitungan mean, variance dan standard deviation (plotze dan Bruno 2009). Hasil ekstraksi fitur inilah kemudian digunakan untuk mengklasifikasikan spesies Lutjanus spp. berdasarkan tipe bentuknya. Teknik klasifikasi yang digunakan adalah Support Vector Machine (SVM). Pada banyak kasus seperti pattern recognition dan regression estimation, performa SVM (yaitu tingkat kesalahan pada saat pengujian data) secara signifikan lebih baik daripada metode-metode yang lain (Burges 1998).

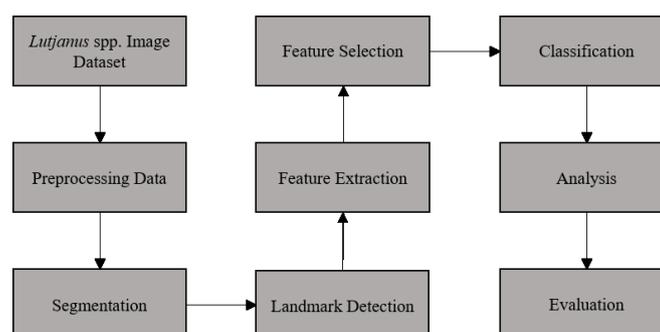
II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Dataset gambar Lutjanus spp.

Data citra yang digunakan pada penelitian ini adalah citra Lutjanus spp. yang diambil dari www.kaggle.com. Data citra ini telah dikelompokkan berdasarkan spesiesnya yaitu Lutjanus argentimaculatus, bohar, carponotatus, fulviflamma, dan sebae.

B. Metodologi

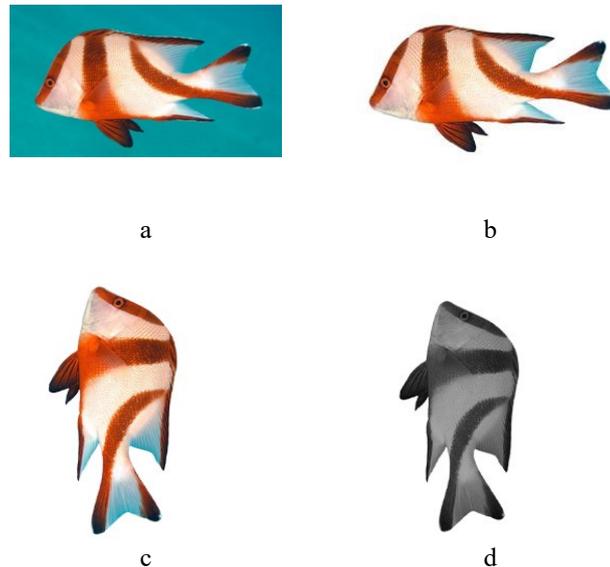
Secara garis besar, metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data citra spesies Lutjanus spp, praproses citra, deteksi tepian (edge) citra Lutjanus spp., penentuan landmark tepian citra Lutjanus spp, ekstraksi citra, seleksi fitur, dan klasifikasi. Tahapan metode ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Metodologi penelitian

C. Praproses data

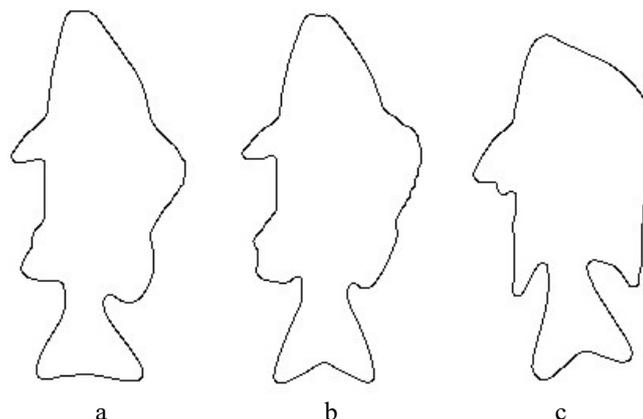
Tahap praproses citra dilakukan dengan mempersiapkan citra *Lutjanus* spp. sebelum masuk ke tahap segmentasi. Praproses dimulai dengan melakukan penskalaan citra, yaitu mengubah ukuran citra menjadi 256x256 pixel Gambar 2a. Data citra yang telah melalui proses penskalaan citra diubah latar belakang menjadi latar belakang putih Gambar 2b. Selanjutnya dilakukan proses penyesuaian posisi citra. Citra *Lutjanus* spp. diposisikan secara vertikal yaitu setiap citra diatur dengan posisi ekor berada di sebelah bawah sementara posisi kepala berada di sebelah atas citra Gambar 2c. Citra *Lutjanus* spp. setelah melalui tahap praproses citra adalah citra dengan pengaturan intensitas grayscale dengan skala tertentu Gambar 2d.



Gambar 2. Tahapan preprocessing image (a) citra asli, (b) citra hasil penskalaan dan perubahan latar belakang, (c) rotate image, (d) grayscale

D. Segmentasi

Pada data citra *Lutjanus* spp. yang telah melalui praproses, dilakukan segmentasi menggunakan operator canny untuk mendapatkan citra bentuk *Lutjanus* spp. Proses ini untuk menghasilkan tepi-tepi dari objek citra sehingga dapat diketahui bagian yang menjadi detil citra. Data citra hasil segmentasi yaitu berupa data citra biner Gambar 3.



Gambar 3. Citra hasil segmentasi menggunakan operasi Canny (a) *Lutjanus argentimaculatus*, (b) *Lutjanus fulviflamma*, (c) *Lutjanus sabae*.

E. Deteksi Landmark

Pada tahap ini, dari data citra biner ditentukan titik pusat citra yang meliputi titik pusat luasan citra, titik pusat massa citra, dan titik pusat lingkaran citra. Titik pusat luasan citra yaitu titik yang berada di tengah berdasarkan luas

area dalam kontur. Titik ini diperoleh dengan membagi luas area dalam kontur dengan panjang kontur dalam sumbu x dan panjang kontur dalam sumbu y . Titik ini ditentukan dengan persamaan berikut:

$$Px_0 = \frac{\sum_{i=0}^n \text{abs}[(Y_i - Y_{i+1}) \times (X_i - X_{i+1}) / 2]}{\sum_{i=0}^n \text{abs}(Y_i - Y_{i+1})} \quad (1)$$

$$Py_0 = \frac{\sum_{i=0}^n \text{abs}[(X_i - X_{i+1}) \times (Y_i - Y_{i+1}) / 2]}{\sum_{i=0}^n \text{abs}(X_i - X_{i+1})} \quad (2)$$

Titik massa kontur adalah pusat berat titik-titik kontur sesuai dengan distribusinya. Titik ini bisa berada di dalam keliling kontur ataupun di luar keliling kontur. Titik pusat massa ditentukan dengan menjumlahkan luas \times pusat massa untuk setiap bagian dibagi dengan luas keseluruhan bagian. Persamaan untuk menentukan ordinat Px_1 dan Py_1 dari titik pusat massa keseluruhan bagian dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$Px_1 = \frac{\sum_{i=0}^n \text{abs}[(Y_i - Y_{i+1}) \times (X_i - X_{i+1})^2]}{4 \times \sum_{i=0}^n [(Y_i - Y_{i+1}) \times (X_i - X_{i+1})]} \quad (3)$$

$$Py_1 = \frac{\sum_{i=0}^n \text{abs}[(X_i - X_{i+1}) \times (Y_i - Y_{i+1})^2]}{4 \times \sum_{i=0}^n [(Y_i - Y_{i+1}) \times (X_i - X_{i+1})]} \quad (4)$$

Selain itu, ditentukan juga titik pusat lingkaran kontur. Lingkaran ini adalah lingkaran dengan jari-jari terpendek yang dapat melingkupi semua titik kontur secara sempurna. Setiap titik kontur dihitung jaraknya terhadap titik pusat massa untuk mendapatkan jarak titik kontur terjauh (*dist*) dari titik pusat massa. Titik pusat lingkaran diperoleh dari hasil update titik pusat massa sehingga diperoleh jarak terjauh dengan nilai minimum. Titik pusat dan jari-jari lingkaran ini ditentukan dengan persamaan berikut:

$$pas = dist / (4 \times (nbt - 1)^j) \quad (5)$$

F. Ekstraksi Fitur

Setelah didapatkan titik pusat citra, tahapan selanjutnya adalah melakukan ekstraksi fitur bentuk Lutjanus spp. Ekstraksi fitur Lutjanus spp. didapatkan dari perhitungan nilai kelengkungan landmark, perubahan sudut landmark, Kemiringan landmark, jarak landmark dan posisi landmark.

1) Kelengkungan landmark

Landmark ditentukan dari nilai ekstrim data kelengkungan. Dengan demikian, landmark merupakan titik yang memiliki nilai kelengkungan penting. Dengan pendekatan fungsi sigmoid, kelengkungan landmark adalah nilai fungsi sigmoid dengan persamaan berikut:

$$\exp(x_0 - x/rate) = 1 \quad (6)$$

$$angptex = f(x) \text{ dengan nilai } rate \cong \infty \quad (7)$$

2) Perubahan sudut landmark

Nilai kelengkungan satu titik dengan titik yang lain memiliki perubahan berdasarkan posisi. Perubahan sudut ini dijadikan sebagai salah satu ekstraksi citra. Nilai perubahan sudut landmark diturunkan dari variabel fungsi sigmoid dengan persamaan berikut:

$$jumplex = \frac{a_{i_{max}}}{\pi} \quad (8)$$

3) Kemiringan landmark

Kemiringan titik kontur merupakan nilai gradien kontur pada titik tertentu. Nilai ini hasil penurunan nilai dari nilai kelengkungan titik yang telah diperoleh. Nilai kemiringan pada titik landmark diturunkan dari variabel fungsi sigmoid dengan persamaan berikut:

$$couptex = \frac{a_{i_{max}}}{4 \times rate} \quad (9)$$

4) Jarak landmark

Pada setiap landmark yang telah dideteksi, dihitung nilai jarak terhadap titik centroid dengan menggunakan rumus jarak kontur (Yang et al. 2010). Setiap titik landmark (x_i, y_i) pada kontur dihitung jaraknya (r_i) terhadap titik pusat (px_i, py_i) dengan persamaan berikut:

$$r_i \sqrt{(x_i - px_i)^2 + (y_i - py_i)^2} \quad (10)$$

5) Posisi landmark

Panjang lintasan setiap titik kontur dari titik awal kontur dijadikan sebagai penciri citra. Nilai ini merupakan posisi titik kontur terhadap titik awal berdasarkan nilai kelengkungannya. Dengan metode pendekatan kurva landmark dengan fungsi sigmoid, posisi landmark diturunkan dari variabel fungsi sigmoid dengan persamaan berikut:

$$posptex = \frac{\sum_{i=\min}^{\max} s_i}{i_{\max} - i_{\min}} \quad (11)$$

G. Seleksi Fitur

Pada tahap seleksi fitur digunakan Boruta Algorithm. Boruta adalah algoritme seleksi fitur yang bekerja sebagai algoritme pembungkus di sekitar Random Forest (Kursan dan Rudnicki 2010). Boruta secara iteratif membandingkan atribut asli dengan atribut bayangan (yaitu data acak dari salinan semua atribut). Atribut yang memiliki kepentingan lebih rendah daripada atribut bayangan ditandai sebagai Rejected dan dihapus dari sistem. Di sisi lain atribut yang memiliki kepentingan lebih tinggi daripada atribut bayangan ditandai sebagai Confirmed. Atribut bayangan diciptakan kembali pada setiap iterasi. Algoritme berhenti saat hanya atribut Confirmed yang tersisa, atau saat mencapai batas iterasi yang ditentukan.

H. Klasifikasi

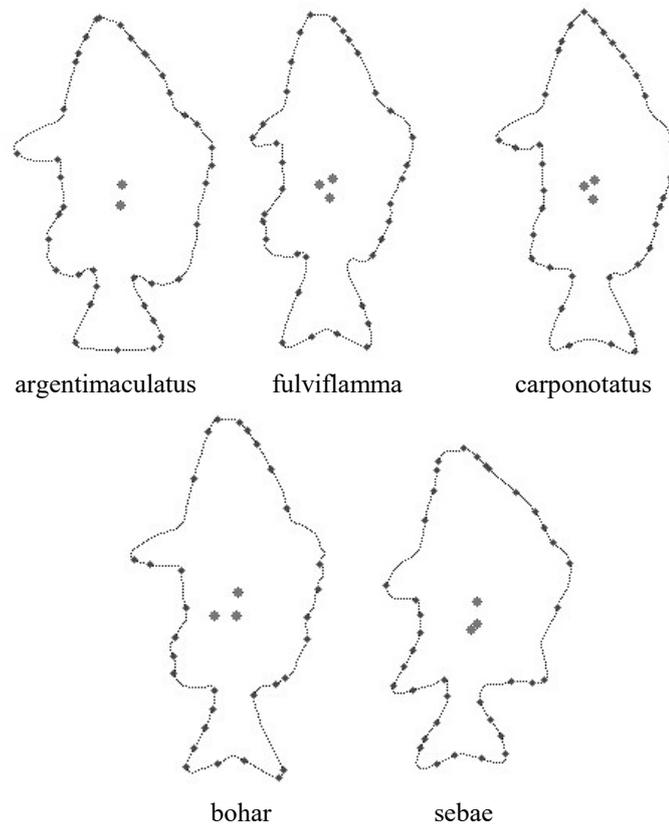
Pembangunan model dilakukan dengan menggunakan classifier SVM dengan fungsi Kernel Gaussian RBF. Pada fungsi Kernel Gaussian RBF dibutuhkan parameter C dan γ . C adalah parameter untuk menentukan besarnya penalti akibat kesalahan dalam klasifikasi data pelatihan, sedangkan γ adalah parameter pengontrol lebar varian fungsi Gaussian. Nilai parameter C yang diujicobakan adalah $[2^0, 2^1, 2^2, 2^3, 2^4, 2^5]$ dan nilai parameter γ yang diujicobakan adalah $[2^{-4}, 2^{-3}, 2^{-2}, 2^{-1}, 2^0, 2^1]$. Untuk mendapatkan nilai parameter terbaik, setiap nilai parameter C dikombinasikan dengan nilai parameter γ , kemudian pada setiap kombinasi tersebut diterapkan metode 6-Fold Cross Validation. Pasangan nilai C dan γ terbaik adalah pasangan yang memiliki nilai error terkecil.

III. Hasil dan Pembahasan

Data citra *Lutjanus spp.* yang didapatkan dari www.kaggle.com terdiri dari 5 spesies, dengan rincian jumlah data dari setiap spesies *Lutjanus spp.* antara lain *Lutjanus argentimaculatus* 48, *bohar* 109, *carponotatus* 75, *fulviflamma* 87, dan *sabae* 101. Data tersebut yang digunakan untuk melakukan segmentasi dan deteksi landmark. Setelah itu, dilakukan ekstraksi ciri bentuk *Lutjanus spp.* dan diperoleh sebanyak 15 ciri mean, standar deviasi, varians (kelengkungan, perubahan sudut, kemiringan, jarak, dan posisi landmark).

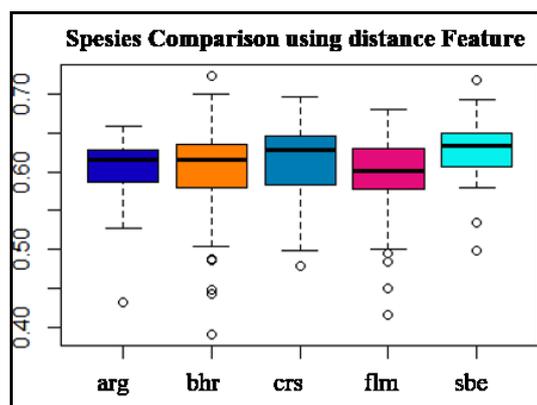
A. Analisis ekstraksi kontur

Untuk mengetahui tingkat kemiripan hasil ekstraksi antar-data dipilih beberapa data dengan hasil deteksi landmark yang baik yang mampu merepresentasikan bentuk *Lutjanus spp.* secara visual (Gambar 4). Data yang memiliki hasil deteksi landmark yang baik yaitu adanya lebih banyak landmark yang dideteksi pada area penting kontur dan lebih sedikit pada area kontur lainnya. Meskipun demikian, terkadang hasil deteksi landmark ini merata untuk semua area kontur. Data yang baik setidaknya memiliki beberapa titik landmark pada area ekor ikan dan kepala ikan. *Lutjanus argentimaculatus* memiliki kondisi ujung ekor yang tegak. Data yang baik untuk bentuk spesies ini memiliki beberapa titik landmark pada area ekor.



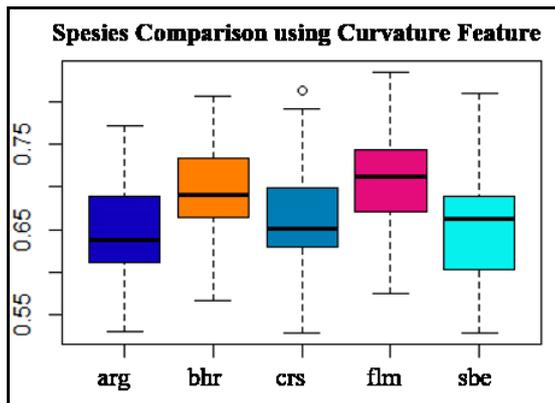
Gambar 4. Data *Lutjanus* spp. yang memiliki hasil deteksi landmark baik secara visual

Dalam penelitian ini digunakan boxplot untuk merepresentasikan hasil ekstraksi antar data. Fitur-fitur yang digunakan adalah jarak, kelengkungan, kemiringan, posisi, dan perubahan sudut landmark. Gambar 5 memperlihatkan boxplot ciri jarak untuk kelima spesies *Lutjanus* spp. Dapat dilihat bahwa kelima spesies memiliki outlier. Keragaman data paling tinggi ditunjukkan oleh *Lutjanus carponotatus* dan paling rendah *Lutjanus sebae*. Dari ke lima spesies tersebut, pola kemiringan sebaran data untuk *Lutjanus fulviflamma* positif. Hal tersebut menunjukkan bahwa rata-rata nilai dari *Lutjanus fulviflamma* tersebut lebih besar dari mediannya, sedangkan pola kemiringan sebaran data untuk *Lutjanus argentimaculatus*, *bohar*, *carponotatus*, dan *sebae* negatif. Hal tersebut menunjukkan bahwa rata-rata nilai ke empat spesies tersebut lebih kecil dari mediannya.



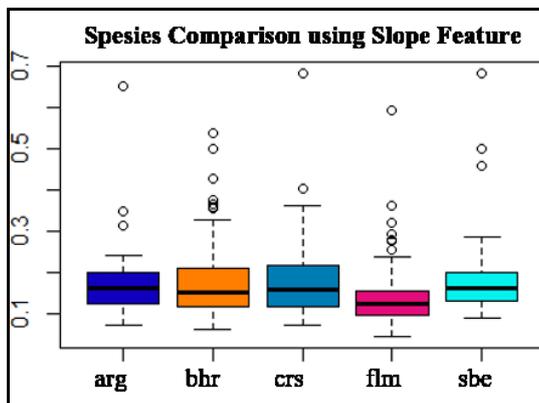
Gambar 5. Boxplot visualisasi distance feature untuk masing-masing spesies *Lutjanus* spp.

Gambar 6 memperlihatkan boxplot ciri kelengkungan untuk kelima spesies *Lutjanus* spp. Dapat dilihat bahwa hanya *Lutjanus carponotatus* yang memiliki outlier. Keragaman data paling tinggi ditunjukkan oleh *Lutjanus sebae* dan paling rendah *Lutjanus carponotatus*. Dari ke lima spesies tersebut, pola kemiringan sebaran data untuk *Lutjanus argentimaculatus*, *bohar*, dan *carponotatus* positif. Hal tersebut menunjukkan bahwa rata-rata nilai dari ke tiga spesies tersebut lebih besar dari mediannya, sedangkan pola kemiringan sebaran data untuk *Lutjanus fulviflamma* dan *sebae* negatif. Hal tersebut bahwa rata-rata nilai ke dua spesies tersebut lebih kecil dari mediannya.



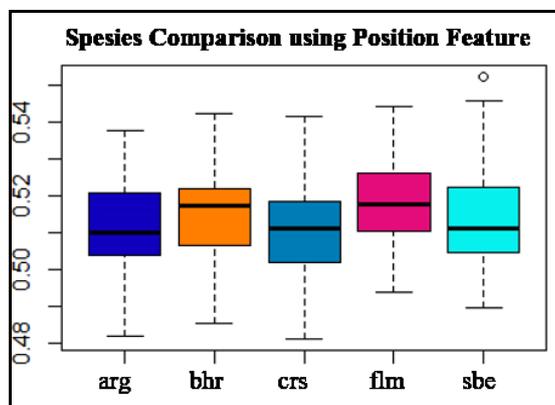
Gambar 6. Boxplot visualisasi curvature feature untuk masing-masing spesies Lutjanus spp.

Gambar 7 memperlihatkan boxplot ciri kemiringan untuk kelima spesies Lutjanus spp. Dapat dilihat bahwa ke lima spesies Lutjanus memiliki outlier. Keragaman data paling tinggi ditunjukkan oleh Lutjanus carponotatus dan paling rendah Lutjanus fulvilamma. Dari ke lima spesies, tersebut pola kemiringan sebaran data untuk Lutjanus argentimaculatus, dan fulvilamma mendekati simetris, sedangkan pola kemiringan sebaran data untuk Lutjanus bohar, carponotatus, dan sebae positif. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata nilai ke tiga spesies tersebut lebih besar dari mediannya.



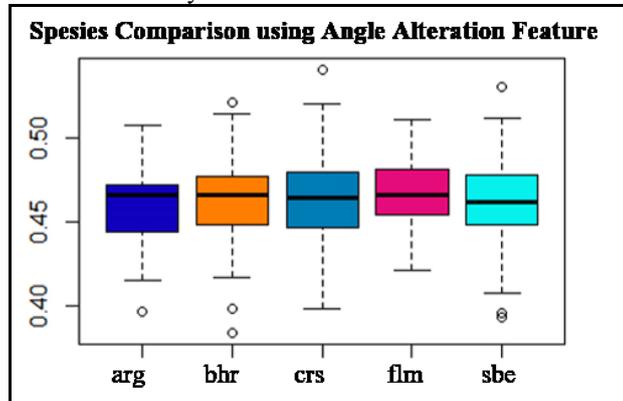
Gambar 7. Boxplot visualisasi slope feature untuk masing-masing spesies Lutjanus spp.

Gambar 8 memperlihatkan boxplot ciri posisi untuk kelima spesies Lutjanus. Dapat dilihat bahwa hanya Lutjanus sebae yang memiliki outlier. Keragaman data paling tinggi ditunjukkan oleh Lutjanus sebae dan paling rendah Lutjanus fulvilamma. Dari ke lima spesies tersebut, pola kemiringan sebaran data untuk Lutjanus argentimaculatus, fulvilamma, dan sebae positif. Hal tersebut menunjukkan bahwa rata-rata nilai dari ke tiga spesies tersebut lebih besar dari mediannya, sedangkan pola kemiringan sebaran data untuk Lutjanus bohar dan carponotatus negative. Hal tersebut bahwa rata-rata nilai ke dua spesies tersebut lebih kecil dari mediannya.



Gambar 8. Boxplot visualisasi position feature untuk masing-masing spesies Lutjanus spp.

Gambar 9 memperlihatkan boxplot ciri perubahan sudut untuk kelima spesies Lutjanus. Dapat dilihat bahwa hanya Lutjanus fulviflamma yang tidak memiliki outlier. Keragaman data paling tinggi ditunjukkan oleh Lutjanus carponotatus dan paling rendah Lutjanus fulviflamma. Dari ke lima spesies Lutjanus tersebut pola kemiringan sebaran data untuk Lutjanus carponotatus dan sebae mendekati simetris. Pola kemiringan sebaran data untuk Lutjanus fulviflamma positif. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata nilai spesies tersebut lebih besar dari mediannya, sedangkan pola kemiringan sebaran data untuk Lutjanus argentimaculatus dan bohar negatif. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata nilai spesies tersebut lebih besar dari mediannya.

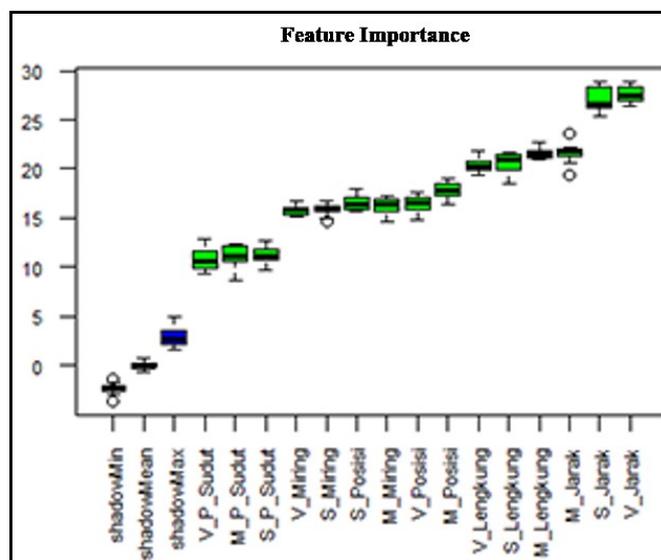


Gambar 9. Boxplot visualisasi angle alteration feature untuk masing-masing spesies Lutjanus spp.

B. Hasil seleksi fitur

Setelah semua fitur bentuk diekstraksi, data yang didapatkan dari fitur jarak, kelengkungan, kemiringan, posisi, dan perubahan sudut landmark, dilakukan perhitungan mean, standar deviasi, dan varian pada setiap fitur. Berikutnya fitur-fitur tersebut dilakukan seleksi yang bertujuan untuk mencari fitur mana saja yang memiliki informasi terpenting terhadap karakteristik bentuk lutjanus spp dan dapat dipilih sebagai penciri.

Pada penelitian ini, metode seleksi fitur yang digunakan adalah Boruta Algorithm. Gambar 12 memperlihatkan bahwa, ke 15 fitur tersebut memiliki informasi penting. Hal tersebut karena ke 15 fitur berada di atas shadowMax (Confirmed). Fitur tidak memiliki informasi penting, apabila fitur berada diantara shadowMin dan shadowMax (Rejected). Dataset dengan 15 fitur inilah yang digunakan dalam klasifikasi.



Gambar 10. Hasil seleksi fitur menggunakan Boruta Algorithm

C. Hasil Klasifikasi Menggunakan SVM

Klasifikasi dilakukan pada spesies lutjanus spp. Bentuk morfologi lutjanus spp berlaku sebagai fitur dan yang berlaku sebagai kelas atau target yaitu spesies lutjanus spp yang terdiri dari lima spesies (Lutjanus argentimaculatus, bohar, carponotatus, fulviflamma, dan sebae). Data spesies Lutjanus spp. dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rincian data spesies *Lutjanus* spp.

Spesies	Total
<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	48
<i>Lutjanus bohar</i>	109
<i>Lutjanus carponotatus</i>	75
<i>Lutjanus fulviflamma</i>	87
<i>Lutjanus sebae</i>	101

Tabel 1 menunjukkan bahwa data spesies *Lutjanus argentimaculatus* sebanyak 48, *bohar* sebanyak 109, *carponotatus* sebanyak 75, *fulviflamma* sebanyak 87, dan *sebae* sebanyak 101. Dapat dilihat bahwa data dari setiap spesies tidak seimbang. Sehingga, apabila proses klasifikasi dilakukan, data spesies *Lutjanus argentimaculatus* cenderung diklasifikasikan sebagai noise ataupun outlier yang dapat merusak hasil pemodelan. Maka dari itu, untuk mengatasi data yang tidak seimbang ini maka digunakan metode SMOTE (Synthetic Minority Oversampling Technique). Hasil SMOTE dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 2. Hasil penggunaan SMOTE

Spesies	Total
<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	109
<i>Lutjanus bohar</i>	109
<i>Lutjanus carponotatus</i>	109
<i>Lutjanus fulviflamma</i>	109
<i>Lutjanus sebae</i>	109

Tabel 2 menunjukkan bahwa data morfologi *Lutjanus* spp. seimbang, yaitu masing-masing sebanyak 109 data. Selanjutnya, tahapan yang dilakukan dalam model klasifikasi menggunakan SVM adalah pembagian data dan pemilihan parameter kernel. Pada penelitian ini, kernel yang digunakan adalah kernel RBF. Dengan menggunakan data dari hasil SMOTE, data kemudian dibagi menggunakan 6-Fold Cross Validation yang membagi data sampel secara acak dan mengelompokkan data sebanyak 6 fold, kemudian salah satu kelompok dari 6 fold akan dijadikan data uji dan sisa kelompok lainnya dijadikan data latih. Selanjutnya dilakukan tuning hyperparameter yang bertujuan untuk menemukan parameter yang optimal (terbaik) untuk model yang digunakan. Dalam proses tuning hyperparameter SVM ini, akan digunakan kernel RBF. Pemilihan parameter terbaik dilihat dari nilai error yang dihasilkan pada saat pelatihan. Rincian kombinasi nilai parameter C dan γ dengan nilai error yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai akurasi dari setiap pasangan parameter C dan γ

C/ γ	2^{-4}	2^{-3}	2^{-2}	2^{-1}	2^0	2^1
2^0	0.50	0.43	0.40	0.36	0.49	0.56
2^1	0.48	0.42	0.38	0.38	0.47	0.55
2^2	0.46	0.41	0.37	0.38	0.47	0.55
2^3	0.46	0.39	0.37	0.38	0.47	0.54
2^4	0.43	0.40	0.37	0.38	0.47	0.55
2^5	0.41	0.39	0.37	0.38	0.47	0.54

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh nilai error terkecil dari dataset sebesar 0.36 dengan parameter C dan γ ($2^0; 2^{-1}$). Adapun rincian tingkat akurasi dari setiap fold dari parameter C dan γ ($2^0; 2^{-1}$) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Detail Akurasi (dalam %) dari setiap model dari C dan γ terbaik

Fold	Accuracy
1	62.59
2	60.29
3	68.99
4	58.51
5	67.62
6	72.17
Average	65.03

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tabel 4, dapat dilihat bahwa dengan penggunaan 6-fold untuk mengevaluasi kinerja model yang telah digunakan, diperoleh akurasi tertinggi pada fold ke-6 sebesar 72.17% dan rata-rata akurasi dari 6-fold adalah 65.03%.

Tabel 5. Nilai Persentasi Precision, Sensitivity, and Accuracy dari setiap Dataset

Spesies	Accuracy	Sensitivity	Precision
Lutjanus spp.			
Argentimaculat	96.35	100.0	92.71
Bohar	85.00	84.62	85.39
Carponotatus	73.85	50.00	97.70
Fulviflamma	78.49	61.11	95.87
Sebae	82.12	70.83	93.41
Average	83.16	73.31	93.01

Tabel 5 menunjukkan bahwa rata-rata akurasi yang didapatkan dari hasil pengujian untuk setiap spesies Lutjanus spp. adalah 83.16%. Selain akurasi, untuk mengukur kinerja suatu model klasifikasi juga dapat dilakukan dengan cara menghitung nilai sensitivity dan precision. Perbandingan nilai rata-rata presisi dan sensitivitas adalah presisi 93.01% dan sensitivitas 73.31%. Perbedaan nilai presisi dan sensitivitas tidak terlalu banyak. Hal ini berarti, kinerja dari model klasifikasi yang dibangun cukup bagus.

IV. Kesimpulan

Ekstraksi fitur menggunakan pendekatan morphometric geometric telah berhasil mengekstraksi nilai jarak, kelengkungan, kemiringan, posisi, dan perubahan sudut Lutjanus spp. Fitur ini dapat digunakan sebagai penciri untuk mengidentifikasi spesies Lutjanus spp (Lutjanus argentimaculatus, bohar, carponotatus, fulviflamma, dan sebae). Hasil ekstraksi fitur bentuk Lutjanus spp. sangat dipengaruhi hasil segmentasi (citra biner) dan deteksi landmark. Semakin jelas segmentasi kontur serta semakin banyak landmark yang terdeteksi dibagian kepala dan ekor Lutjanus spp., maka semakin bagus hasil ekstraksi. Secara umum disimpulkan bahwa model klasifikasi dengan menggunakan teknik klasifikasi Support Vector Machine (SVM) dengan kernel RBF mampu membedakan Lutjanus spp. berdasarkan spesiesnya dengan tingkat akurasi sebesar 65.03%.

V. Daftar Pustaka

- [1] A. Bonnacorsi. "On the Relationship between Firm Size and Export Intensity", *Journal of International Business Studies*, XXIII (4), pp. 605-635, 1992. (journal style)
- [2] R. Caves. *Multinational Enterprise and Economic Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge, 1982. (book style)
- [3] M. Clerc, M. "The Swarm and the Queen: Towards a Deterministic and Adaptive Particle Swarm Optimization". In *Proceedings of the IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, pp. 1951-1957, 1999. (conference style)
- [4] H.H. Crockell. "Specialization and International Competitiveness", in *Managing the Multinational Subsidiary*, H. Etemad and L. S. Sulude (eds.), Croom-Helm, London, 1986. (book chapter style)
- [5] K. Deb, S. Agrawal, A. Pratab, T. Meyarivan. "A Fast Elitist Non-dominated Sorting Genetic Algorithms for Multiobjective Optimization: NSGA II". *KanGAL report 200001*, Indian Institute of Technology, Kanpur, India, 2000. (technical report style)