

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sektor perikanan Indonesia memiliki potensi besar dengan total produksi lestari mencapai 12,54 juta ton per tahun, terdiri atas 7,86 juta ton dari perikanan tangkap dan 4,68 juta ton dari perikanan budidaya [1]. Kontribusi sektor ini terhadap perekonomian nasional mencapai 2,85% dari PDB serta menjadi sumber penghidupan bagi lebih dari 7,5 juta rumah tangga nelayan dan pembudidaya ikan. Meskipun demikian, pengendalian mutu pasca-pengolahan masih terbatas, terutama pada industri kecil dan menengah yang melakukan proses perebusan dan penggaraman secara manual [2]. Kondisi ini menyebabkan kadar garam pada produk akhir sulit distandarkan dan mutu produk menjadi tidak konsisten.

Mutu ikan asin sangat dipengaruhi oleh kadar garam yang digunakan selama proses pengolahan. Berdasarkan SNI 8273:2016, kadar garam minimum 12% diperlukan untuk menjamin efektivitas pengawetan, sementara kadar maksimum 20% ditetapkan agar mutu sensori tetap optimal [3]. Produk dengan kadar garam rendah ($<12\%$) cenderung memiliki aktivitas air (a_w) tinggi, sehingga lebih mudah mengalami oksidasi lemak, perubahan warna, dan pertumbuhan bakteri pembusuk, yang menurunkan kualitas *organoleptic* [4]. Sebaliknya, produk dengan kadar garam tinggi ($>20\%$) mengalami dehidrasi cepat yang menyebabkan jaringan otot ikan menjadi keras dan cita rasa terlalu asin [5].

Berdasarkan data penawaran produk pada *platform* perdagangan seperti Indonetnetwork serta distribusi produk UMKM lokal, harga ikan asin menunjukkan variasi yang cukup signifikan bergantung pada jenis dan kualitas produk. Beberapa jenis ikan asin dipasarkan pada kisaran Rp30.000 hingga Rp70.000/kg, dengan variasi harga dipengaruhi oleh tingkat kekeringan, tekstur, serta preferensi konsumen [6]. Dalam praktik pasar, produk dengan kualitas rendah umumnya berada pada kisaran Rp30.000–Rp40.000/kg, sedangkan kualitas premium yang memiliki keseimbangan tekstur dan cita rasa berada pada kisaran Rp45.000–Rp65.000/kg. Sementara itu, produk dengan tingkat penggaraman tinggi yang

menghasilkan tekstur lebih keras dan rasa asin dominan cenderung berada pada kisaran Rp40.000–Rp55.000/kg.

Pola harga tersebut sejalan dengan kondisi pasar ikan di wilayah Tanjungpinang dan Batam yang menunjukkan bahwa harga ikan konsumsi berada pada rentang Rp30.000 hingga Rp60.000/kg tergantung jenis, kualitas, dan ketersediaan pasokan [7]. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas sensori yang optimal, yang umumnya berkaitan dengan kadar garam sedang, memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan produk dengan kadar garam terlalu rendah maupun terlalu tinggi.

Selain memengaruhi mutu produk, kadar garam dalam ikan asin juga berdampak langsung terhadap kesehatan manusia sebagai konsumen akhir. Berbagai studi epidemiologi dan meta-analisis terkini menunjukkan bahwa konsumsi natrium berlebih berhubungan signifikan dengan peningkatan tekanan darah, hipertensi, serta risiko penyakit kardiovaskular dan *stroke* [8][9]. Analisis *dosis-respons* melaporkan bahwa peningkatan asupan natrium harian secara konsisten meningkatkan risiko kejadian kardiovaskular dan mortalitas [9]. Di sisi lain, produk ikan asin dengan kadar garam terlalu rendah berpotensi tidak aman secara mikrobiologis dan meningkatkan risiko penurunan keamanan pangan [10].

Dalam konteks regional, Provinsi Kepulauan Riau merupakan wilayah kepulauan dengan aktivitas perikanan tangkap yang intensif serta berperan sebagai salah satu pemasok bahan baku ikan laut bagi industri pengolahan perikanan [11]. Hasil tangkapan dari perairan Kepulauan Riau banyak didistribusikan dan diolah di Kota Batam seperti melalui proses perebusan dan penggaraman pada skala industri kecil dan menengah. Karakteristik proses pengolahan yang masih dilakukan secara semi-manual menyebabkan variasi kadar garam pada produk ikan asin sulit dikendalikan secara konsisten. Kondisi tersebut menjadikan pengendalian mutu, khususnya kadar garam, sebagai permasalahan penting dalam pengolahan berbagai jenis ikan laut yang diproduksi di wilayah Kepulauan Riau.

Salah satu komoditas ikan laut yang umum diolah dalam bentuk ikan asin di wilayah tersebut adalah ikan Benggol (*Terapon jarbua*). Spesies ini merupakan ikan bernilai ekonomis yang banyak ditemukan di perairan tropis dan subtropis serta dimanfaatkan dalam industri pengolahan skala kecil dan menengah. Struktur

otot yang padat serta kandungan protein miofibril yang tinggi menjadikannya sensitif terhadap perubahan kadar garam selama perebusan dan pengeringan [12]. Ketidakterkendalian kadar garam dapat memicu denaturasi protein dan perubahan tekstur, yang menurunkan nilai organoleptik hingga 25% [13]. Kondisi ini menjadikan ikan Benggol objek penelitian yang ideal dalam pengujian mutu berbasis citra digital secara non-destruktif.

Selama proses perebusan, garam berperan dalam mengatur difusi ion Na^+ dan Cl^- ke jaringan otot, yang berdampak pada perubahan struktur protein serta kadar air daging ikan [14]. Variasi kadar garam tersebut menyebabkan perbedaan tingkat dehidrasi dan reflektansi pada permukaan, yang tampak dalam perbedaan rona serta tekstur pada citra digital. Fenomena ini membuka peluang pemanfaatan teknologi pengolahan citra digital untuk mendeteksi variasi kadar garam secara kuantitatif, cepat, dan efisien.

Metode analisis konvensional, seperti titrasi argentometri dan pengukuran konduktivitas, hingga saat ini masih digunakan sebagai acuan dalam penentuan kadar garam pada produk ikan [14]. Meskipun akurat, metode tersebut bersifat destruktif, membutuhkan waktu analisis lama, serta memerlukan reagen kimia dan peralatan laboratorium yang mahal. Kondisi tersebut membatasi penerapan metode konvensional pada industri pengolahan ikan skala kecil dan menengah. Oleh sebab itu, diperlukan pendekatan alternatif yang bersifat non-destruktif untuk mendukung pengawasan mutu produk perikanan.

Teknologi *computer vision* dan kecerdasan buatan menghadirkan pendekatan inovatif untuk analisis mutu berbasis karakteristik visual. Analisis tekstur citra terbukti efektif dalam membedakan tingkat kesegaran, kandungan bahan aditif, serta perubahan fisik pada produk perikanan [15]. Mengintegrasikan teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga memberikan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode inspeksi tradisional [16]. Dengan demikian, penerapan teknologi ini berpotensi mengubah cara industri perikanan dalam memastikan kualitas produk mereka, mengurangi limbah, dan memenuhi permintaan konsumen yang semakin tinggi.

Salah satu algoritma utama dalam *computer vision* adalah *Canny Edge Detection*, yang berfungsi mendeteksi batas perubahan intensitas piksel dengan

presisi tinggi. Metode ini memiliki sensitivitas tinggi terhadap kontras tanpa menghasilkan derau berlebih serta mampu mempertahankan detail struktur mikro pada permukaan ikan [17]. Dibandingkan operator *Sobel* dan *Prewitt*, *Canny* memberikan hasil deteksi yang lebih halus dan stabil, sehingga sesuai untuk menganalisis pola kristalisasi garam pada citra digital [18].

Pada tahap berikutnya, ekstraksi fitur tekstur dilakukan menggunakan metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM), yang menghasilkan parameter tekstur berupa *contrast*, *homogeneity*, *energy*, dan *correlation* [19]. Fitur-fitur ini menggambarkan distribusi spasial piksel yang berubah akibat variasi kadar garam pada permukaan ikan. Melalui pendekatan ini, tekstur citra dikonversi menjadi parameter numerik yang merepresentasikan pola permukaan secara kuantitatif. Hasil ekstraksi ini menjadi fondasi dalam analisis keterkaitan antara citra dan tingkat kadar garam.

Fitur tekstur yang diperoleh dari ekstraksi GLCM kemudian diklasifikasikan dengan algoritma *Support Vector Machine* (SVM), karena kemampuannya dalam menangani ruang fitur berdimensi tinggi dan membangun batas pemisah yang optimal dengan generalisasi yang kuat [20]. Kombinasi GLCM dan SVM telah diterapkan pada berbagai penelitian klasifikasi mutu pangan dengan tingkat akurasi di atas 90% [21]. Oleh sebab itu, integrasi antara metode *Canny Edge Detection*, GLCM, dan SVM dinilai efektif untuk membangun sistem deteksi kadar garam ikan secara otomatis dan non-destruktif.

Meskipun teknologi computer vision telah banyak diterapkan untuk identifikasi kesegaran ikan dan deteksi bahan aditif, penelitian yang secara spesifik mengkaji klasifikasi kadar garam pada ikan Benggol (*Terapon jarbua*) pasca perebusan berbasis citra digital masih terbatas, khususnya yang mengintegrasikan analisis tepi dan tekstur citra. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk membangun sistem klasifikasi kadar garam ikan Benggol pasca perebusan berbasis citra digital dengan memanfaatkan citra permukaan ikan sebagai input.

Sistem yang dikembangkan mengekstraksi karakteristik tepi dan tekstur menggunakan metode *Canny Edge Detection* dan *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM), kemudian mengklasifikasikan tingkat kadar garam ke dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi menggunakan algoritma *Support Vector*

Machine (SVM). Sistem ini ditujukan untuk mendukung pengendalian mutu produk pada industri pengolahan ikan skala kecil dan menengah secara non-destruktif, serta berpotensi dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai alat bantu awal (*screening*) dalam menilai tingkat kadar garam ikan asin sebelum konsumsi. Validasi hasil klasifikasi dilakukan dengan membandingkan keluaran sistem terhadap hasil pengujian kadar garam secara laboratoris sebagai data acuan (*ground truth*).

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

- 1) Bagaimana proses pendeteksian kadar garam pada ikan Benggol pasca perebusan dilakukan secara non-destruktif menggunakan metode segmentasi *Canny Edge Detection*, ekstraksi fitur tekstur GLCM, dan klasifikasi SVM?
- 2) Bagaimana akurasi hasil klasifikasi kadar garam berbasis kombinasi metode *Canny Edge Detection*, GLCM, dan SVM tersebut ketika divalidasi menggunakan hasil uji laboratorium sebagai *ground truth*?

C. Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah dalam penelitian “Deteksi Kandungan Garam pada Ikan Benggol Pasca Perebusan Menggunakan *Canny Edge Detection* dengan Ekstraksi Fitur GLCM dan Klasifikasi SVM” adalah sebagai berikut:

- 1) Objek Penelitian: Penelitian ini dibatasi pada ikan Benggol (*Terapon jarbua*) yang telah melalui proses perebusan. Jenis ikan lain atau metode pengolahan selain perebusan tidak termasuk dalam penelitian ini.
- 2) Data yang Digunakan: Data yang dianalisis berupa citra digital berwarna (RGB) dari permukaan ikan Benggol pasca perebusan. Pengambilan citra dilakukan dengan kamera dalam kondisi pencahayaan terkendali dan latar belakang netral untuk meminimalkan gangguan visual.
- 3) Metode yang Digunakan: Penelitian ini menggunakan metode *Canny Edge Detection* untuk segmentasi tepi, *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) untuk ekstraksi fitur tekstur, dan *Support Vector Machine* (SVM) sebagai metode klasifikasi tingkat kandungan garam.

- 4) Parameter yang Diuji: Kadar garam ikan diklasifikasikan ke dalam tiga kelas, yaitu: kelas rendah, sedang, dan tinggi yang diukur berdasarkan standar SNI 8273:2016. Sampel ikan pasca perebusan dan pengeringan akan dikirim ke laboratorium resmi untuk dilakukan pengujian kadar garam menggunakan metode titrasi argentometri sesuai ketentuan SNI. Nilai hasil laboratorium ini digunakan sebagai *ground truth* untuk mengevaluasi akurasi sistem deteksi non-destruktif berbasis citra digital.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mencapai capaian ilmiah sesuai dengan perumusan masalah yang telah ditetapkan, yaitu:

- 1) Menerapkan metode *Canny Edge Detection*, *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM), dan *Support Vector Machine* (SVM) untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan kadar garam pada ikan Benggol (*Terapon jarbua*) pasca perebusan secara non-destruktif berbasis citra digital.
- 2) Menganalisis dan mengevaluasi tingkat akurasi hasil klasifikasi kadar garam berbasis kombinasi metode *Canny Edge Detection*, GLCM, dan SVM dengan membandingkannya terhadap hasil uji laboratorium sebagai *ground truth*.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat baik secara teoretis maupun praktis sebagai berikut:

1. Manfaat Teoretis

Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan kajian pengolahan citra digital dan *computer vision* di bidang teknologi hasil perikanan melalui penerapan kombinasi *Canny Edge Detection*, GLCM, dan SVM dalam pendeteksian kadar garam ikan asin secara non-destruktif.

2. Manfaat Praktis

a) Bagi Pelaku Usaha Industri Perikanan

Menyediakan sistem pendukung (*decision support system*) berbasis *computer vision* untuk pengendalian mutu kadar garam ikan asin secara otomatis dan non-destruktif.

b) Bagi Institusi Akademik dan Peneliti

Menambah pengalaman dan pemahaman dalam penerapan teknologi pengolahan citra digital dan *machine learning* untuk klasifikasi mutu produk perikanan.

c) Bagi Peneliti Selanjutnya

Menambah referensi ilmiah mengenai penerapan *computer vision* dan *machine learning* dalam bidang pengolahan hasil perikanan.

F. Keaslian Penelitian

Penelitian yang dilakukan oleh penulis didasarkan pada beberapa studi sebelumnya yang memiliki kesamaan topik terkait analisis mutu ikan dan penggunaan metode *computer vision*. Namun, penggunaan *Canny Edge Detection* untuk segmentasi tepi, *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) untuk ekstraksi fitur tekstur, dan *Support Vector Machine* (SVM) untuk klasifikasi kadar garam pada ikan Benggol (*Terapon jarbua*) pasca perebusan belum pernah dilakukan sebelumnya. Keaslian penelitian ini dapat dilihat melalui perbandingan dengan penelitian terdahulu yang relevan, yang disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 1. Keaslian Penelitian

Indikator	Penelitian Sebelumnya	Penelitian Sebelumnya	Penelitian yang Diusulkan
Judul	<i>A new filter for dimensionality reduction and classification of hyperspectral images using GLCM features and mutual information</i>	<i>Performance Evaluation of Variations Boosting Algorithm For Classifying Formalin Fish From Photos</i>	Deteksi Kandungan Garam pada Ikan Benggol Pasca Perebusan Menggunakan <i>Canny Edge Detection</i> dengan Ekstraksi Fitur GLCM dan SVM
Tahun	2022	2023	2025
Metode	Ekstraksi fitur tekstur dari GLCM, <i>mutual information</i> untuk reduksi dimensi, dan SVM.	Ekstraksi fitur tekstur dari GLCM dan proses klasifikasi dengan <i>Extreme Gradient Boosting</i> (XGBoost).	<i>Canny Edge Detection</i> untuk segmentasi tepi, GLCM untuk ekstraksi fitur tekstur, dan SVM untuk klasifikasi kadar garam.
Bagian yang Diidentifikasi	Fitur tekstur citra <i>hyperspectral</i> untuk membedakan kelas citra pada dataset <i>benchmark</i> .	Mengidentifikasi perubahan tekstur ikan nila akibat perlakuan formalin tercermin dalam variasi distribusi intensitas piksel.	Tepi dan tekstur permukaan ikan Benggol yang berubah akibat variasi kadar garam.
Hasil	Metode ini meningkatkan akurasi klasifikasi dibandingkan metode lain dengan waktu komputasi yang efisien, menunjukkan efektivitas kombinasi GLCM + <i>mutual information</i> + SVM [22].	Metode ini memberikan performa tertinggi dalam klasifikasi ikan nila (<i>tilapia</i>) dengan metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, <i>recall</i> , F1-score, F2-score, dan <i>Jaccard score</i> mencapai sekitar 95% [23].	Hasil dari penelitian ini direncanakan akan mengklasifikasikan kadar garam rendah, sedang, dan tinggi secara non-destruktif dengan akurasi tinggi yang sesuai dengan hasil uji laboratorium.