

PENGHITUNGAN BIBIT LELE DENGAN PENGOLAHAN CITRA BERBASIS OTSU THRESHOLDING DAN TEMPLATE MATCHING

Dimas Adi Prasetyo¹, Ardian Yusuf Wicaksono², Yohanes Setiawan³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom

⁴Divisi Digital Service PT Telekomunikasi Indonesia

¹dimasadip@students.telkomuniversity.ac.id, ²ardianyw@telkomuniversity.ac.id,

³yohanessetiawan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Industri budidaya ikan lele tumbuh pesat namun menghadapi tantangan dalam menghitung bibit lele secara akurat dan efisien. Penelitian ini mengembangkan sistem penghitungan bibit lele menggunakan teknologi pengolahan citra digital berbasis metode Otsu Thresholding dan template matching, diintegrasikan dalam aplikasi web menggunakan framework Streamlit. Otsu Thresholding dipilih karena kemampuannya memisahkan objek dari latar belakang citra secara otomatis dengan mengoptimalkan ambang batas, sementara template matching memperjelas identifikasi dan penghitungan bibit lele dengan mencocokkan citra dengan template yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan threshold 0.55 memberikan nilai RMSE sebesar 8,61. Pengujian empat metode penghitungan menunjukkan aplikasi memiliki rata-rata waktu tercepat 3 detik 248 milidetik dengan RMSE 3,50. Pengujian latar belakang menunjukkan latar belakang putih menghasilkan RMSE terendah 4,98, dan pengujian kualitas cahaya menunjukkan kualitas cahaya 3 memiliki RMSE terendah 0. Selain itu, kualitas citra 3 menghasilkan RMSE terendah 2,24. Sistem ini menawarkan keunggulan dalam keakuratan, kecepatan pemrosesan, dan kemudahan penggunaan, serta menyediakan output yang dapat langsung diakses dan diproses lebih lanjut dalam format digital.

Kata kunci : Pengolahan Citra Digital, Otsu Thresholding, Template Matching, Budidaya Ikan Lele, Streamlit.

Abstract

The catfish farming industry is growing rapidly but faces challenges in counting catfish seeds accurately and efficiently. This research develops a catfish seed counting system using digital image processing technology based on the Otsu Thresholding method and template matching, integrated in a web application using the Streamlit framework. Otsu Thresholding was chosen because of its ability to automatically separate objects from the image background by optimizing the threshold, while template matching clarifies the identification and counting of catfish seeds by matching the image with a predetermined template. The test results show that a threshold of 0.55 gives an RMSE value of 8.61. Testing four calculation methods shows the application has the fastest average time of 3 seconds 248 milliseconds with an RMSE of 3.50. Background testing shows the white background produces the lowest RMSE of 4.98, and light quality testing shows light quality 3 has the lowest RMSE of 0. Additionally, image quality 3 produces the lowest RMSE of 2.24. These systems offer advantages in accuracy, processing speed and ease of use, and provide output that can be directly accessed and further processed in digital format.

Keywords: Digital Image Processing, Otsu Thresholding, Template Matching, Catfish Farming, Streamlit.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Ikan Lele (*Clarias sp*) adalah marga (genus) ikan yang hidup di air tawar yang memiliki nilai ekonomis dan pasar yang cukup luas [1]. Ikan ini mempunyai ciri-ciri khas dengan tubuhnya yang licin, agak pipih memanjang serta memiliki sejenis kumis yang panjang, kepalanya keras menulangi di bagian atas dengan mata yang kecil dan mulut lebar yang terletak di ujung moncong, dilengkapi dengan empat pasang sungut peraba (barbels) yang amat berguna untuk bergerak di air yang gelap [2]. Lele juga memiliki alat pernafasan tambahan berupa modifikasi dari busur insangnya. Terdapat sepasang patil, yakni duri tulang yang tajam, pada sirip-sirip dadanya [3]

Permasalahan yang ada sangat mendesak seiring dengan terus berkembangnya industri budidaya ikan lele. Kesalahan dalam menghitung jumlah bibit ikan lele dapat berdampak negatif terhadap produktivitas dan efisiensi budidaya. Oleh karena itu, diperlukan solusi inovatif yang memanfaatkan teknologi citra digital untuk mengatasi permasalahan ini.

Pengolahan citra digital adalah bidang yang berkembang pesat dengan potensi besar dalam berbagai sektor, termasuk dalam sektor pertanian. Salah satu metode yang menarik dalam pengolahan citra adalah Otsu

Thresholding. Otsu Thresholding adalah metode yang dapat digunakan untuk mengubah citra berwarna menjadi citra biner dengan pemisahan objek dari latar belakang dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Metode Otsu Thresholding dipilih karena memiliki performa yang efisien dan tidak memerlukan sumber daya yang berlebihan dalam proses penghitungan. Inilah yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan "Sistem Penghitung Jumlah Bibit Lele" yang memanfaatkan teknologi citra digital berbasis Otsu Thresholding. Sehingga diharapkan akan didapatkan solusi yang lebih akurat dan efisien dalam menghitung jumlah bibit lele dalam kolam budidaya.

Metode Otsu thresholding secara otomatis memisahkan histogram dari citra gray level menjadi dua area yang berbeda. Nilai ambang dalam Otsu thresholding ditentukan berdasarkan citra yang masuk. Pendekatan yang digunakan dalam metode ini adalah analisis diskriminan, yang bertujuan menemukan variabel yang dapat membedakan antara dua atau lebih kelompok yang terbentuk secara alami dalam citra. Dalam memisahkan objek dari latar belakangnya, analisis diskriminan bekerja dengan memaksimalkan variabel tersebut untuk mencapai pemisahan yang efektif [4]. Namun, untuk meningkatkan efektivitas penghitungan bibit lele, penelitian ini juga mengintegrasikan metode Template Matching. Template Matching merupakan teknik yang memungkinkan pencocokan area tertentu dalam gambar dengan template yang telah ditentukan [5]

Penerapan metode Otsu Thresholding dan template matching ini akan membawa manfaat besar bagi para petani ikan lele, membantu mereka dalam mengoptimalkan budidaya mereka, mengurangi kesalahan penghitungan, dan meningkatkan produktivitas secara keseluruhan.

Dalam upaya meningkatkan aksesibilitas dan kemudahan penggunaan sistem ini, penelitian ini mengintegrasikan Streamlit, sebuah framework yang memungkinkan pembuatan aplikasi web untuk interaksi pengguna. Streamlit akan digunakan sebagai antarmuka utama di mana pengguna dapat mengunggah citra untuk analisis. Kelebihan Streamlit terletak pada kemudahannya dalam mengintegrasikan dengan Python dan perpustakaan pengolahan citra, serta kemampuannya untuk dengan cepat menampilkan hasil penghitungan dan visualisasi data [6]

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini terinspirasi dari permasalahan yang ada pada budidaya ikan lele dan kemungkinan penggunaan metode Otsu Thresholding yang dikombinasikan dengan metode template matching untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Penelitian ini juga mengintegrasikan sistem web sebagai antarmuka yang interaktif. Solusi yang diusulkan akan membawa manfaat praktis dan signifikan dalam mendukung pertumbuhan industri budidaya ikan lele yang berkelanjutan.

Topik dan Batasan

Penelitian ini berfokus pada penghitungan jumlah bibit lele menggunakan pengolahan citra berbasis Otsu thresholding untuk menyediakan metode yang lebih efisien dan akurat dibandingkan cara manual. Metode ini menggabungkan template matching untuk mendeteksi pola bibit lele dan Otsu thresholding untuk segmentasi citra, memisahkan lele dari latar belakang kolam. Algoritma ini mengambil citra digital dari kolam budidaya sebagai input dan menghasilkan jumlah bibit lele yang terdeteksi sebagai output. Batasan masalah yang berlaku dalam penelitian ini adalah analisis terfokus pada wadah berukuran 36x27 cm berkapasitas 30-50 ekor bibit lele berisi air 100-350 mililiter air dengan jumlah bibit ikan lele sebanyak 20-30 bibit lele, lele yang digunakan lele berusia 3-4 bulan dengan panjang 3-4 cm, jarak pengambilan gambar sejauh 5-10 cm pengujian akurasi sistem akan dilakukan dengan membandingkannya dengan metode manual dan latar belakang yang berwarna kontras serta kualitas pencahayaan yang berbeda-beda.

Penelitian ini juga mencakup pengembangan aplikasi web yang memungkinkan pengguna mengunggah citra kolam, memprosesnya, dan menampilkan hasil perhitungan dengan antarmuka yang user-friendly. Hasil perhitungan disimpan dalam basis data terstruktur untuk analisis lebih lanjut.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode yang akurat untuk menghitung jumlah bibit lele menggunakan Otsu thresholding. Metode ini diharapkan mampu memberikan hasil perhitungan yang lebih akurat dibandingkan metode manual. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk membuat antarmuka web yang memungkinkan pengguna untuk mengunggah citra kolam, memproses citra tersebut, dan menampilkan hasil perhitungannya. Antarmuka web ini dirancang agar mudah digunakan dan dapat diakses dengan cepat. Tujuan lain dari penelitian ini adalah untuk menyimpan citra dan hasil perhitungan dalam format CSV, sehingga data dapat dianalisis lebih lanjut dan digunakan untuk keperluan yang lebih luas.

Organisasi Tulisan

Penelitian ini akan dilaksanakan dengan pendekatan yang dimulai dari studi literatur untuk memahami dasar-dasar pengolahan citra digital, metode template matching, dan Otsu thresholding, serta prinsip-prinsip dasar dalam penghitungan jumlah bibit lele. Tahap berikutnya adalah pengumpulan data berupa citra digital ikan lele dari lingkungan budidaya, yang akan digunakan sebagai bahan utama dalam pengujian sistem. Metode Otsu thresholding akan diterapkan untuk mengolah citra tersebut, memisahkan objek bibit lele dari latar belakang melalui tahap pra-pemrosesan dan segmentasi citra. Setelah itu, sistem akan mengidentifikasi dan menghitung jumlah bibit lele menggunakan hasil dari metode Otsu thresholding. Evaluasi sistem dilakukan dengan membandingkan hasil penghitungan dengan metode manual untuk mengukur akurasinya. Hasil penelitian ini akan

diimplementasikan dalam lingkungan budidaya ikan lele untuk menguji kemampuan praktisnya dalam membantu petani menghitung jumlah bibit lele secara efisien.

2. Studi Terkait

Sejumlah penelitian terdahulu memberikan kontribusi dalam pengolahan citra digital. Budiman Baso, Darsono Nababan, Risald, dan Renaldi Yulvengki Kolloh pada tahun 2022, dengan judul penelitian "Segmentasi Citra Tenun Menggunakan Metode Otsu Thresholding dengan Median Filter". Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan segmentasi pada citra tenun Timor, dimana proses ini vital untuk memisahkan area objek (foreground) dengan latar belakang (background) pada citra tenun, sehingga motif yang tersegmentasi dapat diproses lebih lanjut, seperti untuk pengenalan pola. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode Otsu Thresholding, ketika dikombinasikan dengan Median Filter, dapat mempersingkat waktu dalam proses segmentasi pada komputer dan menghasilkan nilai ambang optimal secara otomatis. Hal ini memungkinkan motif pada citra tenun Timor terlihat lebih jelas dan detail tanpa mengurangi informasi penting dalam citra. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecerahan pada citra tenun Timor dipengaruhi oleh pencahayaan yang baik, sehingga hasilnya menjadi maksimal. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kombinasi metode Otsu Thresholding dengan Median Filter dapat menghasilkan segmentasi citra tenun Timor dengan baik, memungkinkan motif pada citra tenun terlihat lebih jelas tanpa mengurangi informasi di dalamnya [4].

Penelitian yang dilakukan oleh Elka Pranita, Dr. Eng. Helmy Fitriawan, dan Dr. Eng. F.X. Arinto pada tahun 2022, dengan judul "Analisis Karakterisasi Penyakit pada Tanaman Pisang Menggunakan Kamera Termal dengan Metode Thresholding." Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan deteksi penyakit pada tanaman pisang menggunakan kamera termal. Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa teknik multilevel thresholding dapat mempersingkat waktu proses segmentasi citra yang diambil oleh kamera termal dan menghasilkan nilai ambang batas optimal secara otomatis, sehingga memungkinkan penyakit pada tanaman pisang dapat terdeteksi dengan lebih jelas tanpa mengurangi detail penting pada citra [7].

Penelitian yang dilakukan oleh Yovi Apridansyah, Rozali Toyib, dan Ardi Wijaya pada tahun 2022 yang berjudul "Metode Otsu dan Mathematical Morphology Dalam Segmentasi Region Karakter Plat Nomor Kendaraan" penelitian ini berfokus pada penggunaan metode Otsu dan morphology (dilasi) dalam segmentasi karakter plat nomor kendaraan, menanggapi permasalahan dalam segmentasi karakter plat nomor kendaraan, khususnya dalam mengatasi keterbatasan metode Otsu dalam membedakan antara karakter yang berbeda pada plat nomor. Peneliti mencoba untuk meningkatkan hasil segmentasi dengan menggabungkan metode Otsu dengan morphology (dilasi) dalam pengolahan citra. Penelitian ini berhasil meningkatkan hasil segmentasi sebesar 96% dari 100 data yang diujikan dengan menggabungkan metode Otsu dengan mathematical morphology. Hal ini menunjukkan tingkat keberhasilan yang tinggi dalam meningkatkan akurasi segmentasi karakter plat nomor kendaraan [8].

Penelitian yang dilakukan oleh Dessy Tri Anggraeni dan Condro Wibawa pada tahun 2023 dengan judul "Perbaikan Citra Tanda Tangan Digital Menggunakan Metode Otsu Thresholding dan Sauvola". Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan kualitas citra digital tanda tangan, yang sering kali menghadapi masalah seperti warna latar belakang yang tidak sesuai, adanya noise, dan kurangnya kejelasan. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode Otsu Thresholding dan Sauvola dapat memperbaiki kualitas citra tanda tangan digital, menghasilkan citra yang lebih baik dibandingkan dengan citra asli atau penggunaan filter standar dari aplikasi pengolah kata. Dari kedua metode yang digunakan, metode Sauvola terbukti sedikit lebih unggul dari metode Otsu, dengan nilai total 13 berbanding 11 pada evaluasi visual [9].

Penelitian yang dilakukan oleh Dendi Ahmad Septian dan Sunardi pada tahun 2021 dengan penelitian yang berjudul "Alat Penghitung Benih Ikan Lele Menggunakan Pengolahan Citra". Penelitian ini bertujuan untuk Membuat alat penghitung benih ikan lele secara otomatis. Penelitian ini menggunakan metode thresholding dan alat Raspberry pi dan membuktikan dapat mempersingkat waktu perhitungan dari pada perhitungan secara manual dengan akurasi 90% dan waktu 1 menit 40 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode thresholding bisa menghitung benih lele secara baik memungkinkan benih ikan lele terlihat secara jelas dan dapat di hitung secara maksimal tanpa mengurangi informasi di dalamnya [10].

Analisis gap antara penelitian terdahulu dan studi saat ini mengungkapkan adanya peluang penelitian yang belum dieksplorasi dalam penggunaan teknologi pengolahan citra digital di sektor perikanan. Studi saat ini memberikan solusi yang efisien untuk mengatasi masalah penghitungan jumlah bibit lele, suatu aspek kritis yang berpotensi meningkatkan produktivitas dalam budidaya ikan lele. Hal ini menunjukkan perluasan cakupan aplikasi teknologi pengolahan citra digital yang memperkenalkan inovasi yang berpotensi membawa perubahan signifikan dalam industri budidaya ikan lele.

Landasan Teori

A. Bibit Lele

Budidaya ikan lele, sebagai salah satu komponen penting dalam sektor perikanan, telah berkembang pesat di berbagai wilayah, termasuk Indonesia [11]. Permintaan yang tinggi terhadap ikan lele di pasar, menyoroti perlunya pendekatan budidaya yang efisien dan berkelanjutan, termasuk dalam hal ketersediaan bibit berkualitas. Namun, terdapat tantangan yang dihadapi petani lele, termasuk keterbatasan dalam sumber daya, permodalan, dan teknologi, yang menjadikan produktivitas, mutu, dan nilai tambah produk pertanian sulit ditingkatkan [12].

B. Pengolahan Citra

Pengolahan citra digital adalah suatu disiplin ilmu yang memanfaatkan prinsip-prinsip matematika dan teknik komputasi untuk memanipulasi dan menganalisis citra yang bertujuan untuk menghasilkan informasi yang dapat dipahami oleh manusia [7]. Dari perspektif teoritis, pengolahan citra digital dapat ditarik dari konsep dasar dalam matematika, terutama matriks dan statistika. Transformasi citra, filtrasi spasial, dan operasi konvolusi adalah beberapa teknik yang muncul dari landasan teoritis ini [13].

C. Template Matching

Jelaskan dengan Pseudocode Template matching adalah sebuah teknik dalam pengolahan citradigital untuk menemukan bagian-bagian terkecil dalam pencocokangambar dengan template gambar. Template dalam konteks rekognisipola menunjuk pada konstruk internal yang jika cocok (match) denganstimulus penginderaan mengantar pada rekognisi suatu objek[14].Template Matching dapat dilakukan dengan menggeser blok template pada sebuah gambar untuk menemukan bagian yang paling serupa [15]. Berikut ini adalah pseudocode dari template matching.

AllT = All Template

T = Template

ROI = region of interest

for each T in AllT

 for each degree from 0 to 360 by 10 degree

 RT = rotate(T, degree)

 resize(RT)

 resize(ROI)

 RXOR = XOR(RT, ROI)

 RXOR = inverse(RXOR)

 count white pixel from RXOR

 if counted pixel > threshold

 count catfish

 break 2

Pseudocode di atas mendefinisikan proses untuk mencocokkan setiap template dalam kumpulan `AllT` dengan sebuah wilayah minat (`ROI`). Setiap template `T` diputar dari 0 hingga 360 derajat dengan kenaikan 10 derajat. Template yang diputar (`RT`) dan `ROI` kemudian diubah ukurannya agar sesuai. Selanjutnya, dilakukan operasi XOR antara `RT` dan `ROI`, hasilnya (`RXOR`) dibalik, dan jumlah piksel putih pada `RXOR` dihitung. Jika jumlah piksel putih melebihi ambang batas (`threshold`), ikan lele (`catfish`) dihitung dan kedua loop dihentikan. Proses ini bertujuan untuk menemukan orientasi template yang paling sesuai dengan ROI berdasarkan perbedaan piksel.

D. Otsu Thresholding

Metode ini ditarik dari prinsip-prinsip statistika, dengan mempertimbangkan distribusi intensitas piksel dalam citra. Langkah-langkah algoritma Otsu Thresholding melibatkan perhitungan histogram citra, peluang keberadaan piksel, dan nilai rata-rata intensitas untuk setiap nilai ambang. Selanjutnya, varian intensitas di dalam dan di antara kelas dihitung untuk setiap nilai ambang. Dengan demikian, nilai ambang yang paling optimal dapat ditentukan berdasarkan nilai yang paling memaksimalkan variasi antar kelas [16]. Metode Otsu Thresholding umumnya digunakan dalam pengolahan citra untuk segmentasi, khususnya ketika distribusi intensitas objek dan latar belakang terlihat dengan jelas [17].

E. Implementasi dengan Streamlit

Streamlit adalah framework dari bahasa pemrograman Python yang bersifat open source. Streamlit memiliki kemampuan untuk mengubah skrip menjadi aplikasi web yang dapat ditampilkan dalam hitungan menit. Kemudahan penggunaan Streamlit ini membuatnya sangat praktis untuk pembuatan aplikasi berbasis web, terutama bagi mereka yang memiliki pengetahuan terbatas tentang desain front-end web development [18]. Keunggulan Streamlit dalam pembuatan antarmuka pengguna yang interaktif membuatnya menjadi pilihan yang tepat untuk mempermudah integrasi metode ini pada platform web [19].

3. Sistem yang Dibangun

3.1. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Otsu Thresholding, sebuah teknik segmentasi citra yang banyak digunakan dalam pengolahan citra digital. Otsu Thresholding bertujuan untuk menentukan nilai ambang citra yang optimal untuk memisahkan objek dari latar belakang. Algoritma ini didasarkan pada prinsip-prinsip statistika yang memanfaatkan distribusi intensitas piksel dalam citra. Langkah-langkahnya melibatkan perhitungan histogram, peluang keberadaan piksel, dan nilai rata-rata intensitas untuk setiap nilai ambang. Nilai ambang optimal dipilih berdasarkan analisis variasi antar kelas, yang menghasilkan pemisahan yang optimal antara objek (bibit lele) dan latar belakang.

3.2. Alat dan Bahan

Alat Penelitian:

1. Kamera Smartphone: Digunakan untuk mengambil gambar bibit lele dari wadah penampungan.
2. Komputer: Memiliki spesifikasi yang memadai untuk melakukan pengolahan citra digital dengan lancar.
3. Wadah Khusus: Berfungsi sebagai tempat penampungan bibit lele yang dapat menampung 30-50 ekor sekaligus.

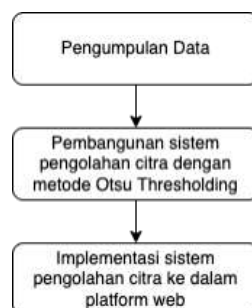
Perangkat Lunak:

1. Python: Bahasa pemrograman utama untuk implementasi metode Otsu Thresholding.
2. OpenCV Library: Library Python untuk pengolahan citra digital, digunakan untuk menerapkan metode Otsu Thresholding.
3. Framework Streamlit: Digunakan untuk deployment hasil citra ke dalam platform web.
4. Visual Studio Code: Lingkungan pengembangan terintegrasi (IDE) yang digunakan untuk menulis, mengedit, dan mengelola kode Python dan proyek secara umum.

Alat dan perangkat lunak tersebut dipilih dengan pertimbangan untuk memastikan kelancaran dan keberhasilan penelitian. Kamera smartphone digunakan untuk mengambil gambar bibit lele. Komputer dengan spesifikasi yang memadai diperlukan untuk menjalankan proses pengolahan citra secara efisien. Wadah khusus dirancang untuk memfasilitasi pengambilan gambar bibit lele dengan baik.

Perangkat lunak Python dengan library OpenCV digunakan karena fleksibilitas dan kemampuannya dalam pengolahan citra. Framework Streamlit dipilih untuk deployment hasil citra ke dalam platform web karena kemudahan penggunaan dan integrasinya dengan Python.

3.3. Prosedur Penelitian



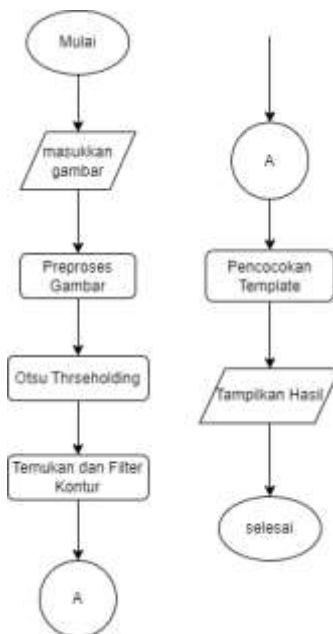
Gambar 1 Tahapan Penelitian

Gambar 1 merupakan visualisasi dari tahapan penelitian yang mencakup pengumpulan data, pembangunan sistem pengolahan citra dengan metode Otsu Thresholding, dan implementasi sistem ke dalam platform web. Adapun penjelasan lebih rinci mengenai masing-masing tahapan tersebut terdapat pada sub bab berikut.

3.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data menjadi tahap awal dalam penelitian ini. Data yang digunakan berupa citra bibit lele yang ditempatkan dalam wadah khusus yang dirancang untuk menampung bibit lele dengan kapasitas antara 30 hingga 50 bibit. Proses selanjutnya melibatkan pengolahan citra menggunakan metode Otsu Thresholding dengan menggunakan bahasa pemrograman Python dan memanfaatkan library OpenCV.

3.5. Desain Sistem



Gambar 2 Tahap Pembangunan Sistem Pengolahan Citra

Gambar 2 mengilustrasikan proses pengolahan gambar untuk mengidentifikasi dan menganalisis bibit lele. Proses dimulai dengan langkah "Masukkan Gambar", di mana gambar input, termasuk gambar bibit lele, dimuat ke dalam sistem. Selanjutnya, gambar tersebut melewati langkah "Preproses Gambar" di mana konversi ke format grayscale dilakukan untuk menyederhanakan representasi warna. Selain itu, metode Otsu Thresholding diterapkan untuk memisahkan objek (bibit lele) dari latar belakang, menciptakan citra biner yang mempermudah identifikasi objek.

Setelah proses pra-pemrosesan, langkah "Temukan dan Filter Kontur" mengidentifikasi kontur bibit lele dalam gambar yang telah diproses. Kontur yang relevan kemudian difilter berdasarkan ukuran area untuk menghilangkan noise dan fokus pada kontur yang signifikan. Kemudian, langkah "Pencocokan Template" digunakan untuk mencocokkan kontur yang telah difilter dengan template yang telah disiapkan sebelumnya. Proses pencocokan ini memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi kemiripan antara kontur bibit lele dengan template yang telah ditentukan sebelumnya.

Selanjutnya, langkah "Hitung dan Tandai Objek" digunakan untuk menghitung jumlah objek bibit lele yang berhasil ditemukan dan menandai setiap objek pada gambar input. Ini memungkinkan sistem untuk memberikan informasi kuantitatif tentang jumlah bibit lele yang ditemukan dalam gambar.

Terakhir, langkah "Tampilkan Hasil" digunakan untuk menampilkan gambar hasil akhir kepada pengguna. Gambar ini akan menampilkan kontur bibit lele yang telah diidentifikasi dan ditandai, memberikan pemahaman visual tentang lokasi dan distribusi bibit lele dalam gambar.

3.6. Implementasi Sistem Pengolahan Citra ke Dalam Platform Web

Setelah membangun sistem pengolahan citra dengan metode Otsu Thresholding, langkah berikutnya adalah mengintegrasikannya ke platform web menggunakan framework Streamlit. Tujuan implementasi ini adalah untuk memberikan aksesibilitas dan kemudahan penggunaan bagi para pemangku kepentingan, seperti petani.

Pertama, platform web dibangun menggunakan Streamlit, yang memudahkan pengembangan antarmuka pengguna dan menyajikan visualisasi data serta analisis citra secara sederhana namun efektif.

Selanjutnya, sistem pengolahan citra diintegrasikan ke dalam platform web. Pengguna dapat mengunggah citra bibit lele melalui antarmuka, dan sistem akan otomatis menerapkan metode Otsu Thresholding untuk menghasilkan citra olahan.

Hasil pengolahan mencakup pemisahan objek (bibit lele) dan latar belakang. Hasil analisis, seperti jumlah bibit lele yang terdeteksi, juga ditampilkan dan disimpan dalam csv untuk memberikan informasi komprehensif kepada pengguna.

4. Evaluasi

4.1 Hasil Pengujian

Hasil pengujian dilakukan dengan melakukan banyak perbandingan dimana pada setiap pengujian akan dihitung nilai RMSE(Root Mean Square Error) yang memberikan gambaran kesalahan rata-rata dalam satuan asli. Pengujian yang dilakukan salah satunya melakukan pengujian threshold yang digunakan agar menemukan threshold yang paling baik dalam mendeteksi lele dimana dilakukan pengujian penghitungan

gambar bibit lele sebanyak 22 gambar dengan jumlah bibit lele yang berbeda dimana pengujian akan menggunakan threshold sebesar 0.1 sampai dengan 1.0 dan didapatkan hasil pada lampiran threshold sebesar 0.55 merupakan threshold yang paling baik dimana menghasilkan nilai RMSE yaitu 8,61.

Selanjutnya pengujian terhadap cara penghitungan dan waktu yang di hasilkan dimana di lakukan pengujian 4 cara menghitung bibit lele dengan jumlah yang berbeda yang bisa dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.1 Hasil perbandingan cara menghitung bibit lele

cara menghitung	RMSE	rata rata waktu
Manual 1	3,97	5 detik 838 milidetik
Manual 2	3,00	15 detik 640 milidetik
Manual 3	0,68	17 detik 510 milidetik
Aplikasi	3,00	3 detik 248 milidetik

Berdasarkan Tabel 4.1, terdapat empat metode penghitungan bibit lele yang diuji sebanyak 15 kali dengan jumlah bibit yang berbeda. Metode Manual 1, yaitu menghitung langsung bibit lele pada wadah secara singkat dalam sekali lihat, memiliki nilai RMSE sebesar 3,97 dan rata-rata waktu 5 detik 838 milidetik. Metode Manual 2, yang menghitung langsung dengan teliti jumlah bibit lele dalam wadah, memiliki nilai RMSE 3,00 dengan rata-rata waktu 15 detik 640 milidetik. Metode Manual 3, yaitu menghitung bibit lele dengan memfoto bibit lele dan mengitung bibit lele dari hasil foto secara teliti, menunjukkan nilai RMSE terendah sebesar 0,68, namun dengan rata-rata waktu paling lama yaitu 17 detik 510 milidetik. Sementara itu, metode aplikasi, yang menghitung bibit lele melalui aplikasi yang sudah dibuat, memiliki nilai RMSE 3,00 dengan rata-rata waktu tercepat, yaitu 3 detik 248 milidetik. Berdasarkan hasil ini, meskipun metode aplikasi memiliki RMSE yang lebih besar dibandingkan dengan metode Manual 3, efisiensi waktu yang jauh lebih cepat membuatnya lebih direkomendasikan karena perbedaan hampir 4 bibit lele tidak terlalu signifikan dari sisi harga.

Pengujian berikutnya yaitu pengujian latar belakang dimana di lakukan pengambilan gambar bibit lele sebanyak 25 gambar dengan 3 warna latar belakang dan jumlah bibit lele berbeda yang dapat di lihat pada lampiran, variasi warna latar belakang yaitu putih, biru muda dan biru tua hasil yang didapatkan ditunjukkan pada tabel berikut

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Latar Belakang

Background	RMSE
Latar belakang putih	4,90
Latar belakang biru muda	7,47
Latar belakang biru tua	11,09

Berdasarkan Tabel 4.2 menghasilkan nilai RMSE dari setiap latar belakang yang digunakan dimana latar belakang putih memiliki nilai RMSE yang paling sedikit yaitu 4,90 , latar belakang berwarna biru muda mendapatkan nilai RMSE sebesar 7,47 sedangkan latar belakang berwarna biru tua medapatkan nilai RMSE paling tinggi yaitu sebesar 11,09.

Pengujian berikutnya adalah pengujian kualitas cahaya dimana di lakukan pengambilan gambar bibit lele dengan jumlah yang berbeda sebanyak 15 kali dengan kualitas cahaya yang berbeda yang dapat di lihat pada lampiran hasil yang didapatkan ditunjukkan pada tabel berikut

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kualitas Cahaya

kualitas cahaya	RMSE
Kualitas cahaya1	8,34
Kualitas cahaya2	6,66
Kualitas cahaya3	0,00

Berdasarkan Tabel 4.3 yang menunjukkan hasil pengujian kualitas cahaya, dapat dilihat bahwa setiap kondisi pencahayaan menghasilkan nilai Root Mean Square Error (RMSE) yang berbeda. Kualitas cahaya 1 pada kondisi ini, pencahayaan sangat minim sehingga objek yang difoto hampir tidak terlihat jelas menghasilkan nilai RMSE paling tinggi yaitu sebesar 8,34. Ini menunjukkan bahwa gambar yang diambil dalam kondisi pencahayaan 1 memiliki banyak kesalahan atau deviasi dari gambar. Kualitas cahaya 2, dimana intensitas cahaya cukup rendah tetapi masih ada sedikit cahaya yang memungkinkan objek untuk terlihat meskipun tidak terlalu jelas menghasilkan nilai RMSE sebesar 6,66. Dalam kondisi ini. Hal ini menunjukkan bahwa gambar yang diambil dalam cahaya redup memiliki tingkat kesalahan yang lebih rendah dibandingkan dengan kondisi pencahayaan 1, namun masih belum optimal. Sementara itu, kualitas cahaya 3, pada kondisi ini pencahayaan sangat baik dengan intensitas cahaya yang cukup sehingga objek terlihat dengan sangat jelas menghasilkan nilai RMSE paling rendah yaitu sebesar 0,00. Ini menunjukkan bahwa gambar yang diambil dalam kondisi pencahayaan yang baik sangat jelas dan hampir tidak memiliki

deviasi dari gambar aslinya. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa kualitas cahaya sangat mempengaruhi hasil pengambilan gambar bibit lele, dengan kualitas cahaya terang memberikan hasil yang paling akurat dan jelas.

Pengujian berikutnya adalah pengujian kualitas citra dimana di lakukan pengambilan gambar bibit lele dengan spesifikasi kamera yang berbeda sebanyak 5 kali dengan jumlah yang berbeda hasil yang didapatkan ditunjukkan pada tabel berikut

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kualitas Citra

Kualitas Citra	RMSE
Kualitas citra1	10,04
Kualitas citra 2	7,94
Kualitas citra 3	2,24

Berdasarkan Tabel 4.4 yang menunjukkan hasil pengujian kualitas citra dimana di ambil gambar bibit lele dengan 3 kualitas citra yang berbeda yang dapat di lihat pada lampiran , kualitas citra 1, pada kondisi ini, gambar sangat buram sehingga obibit lele yang difoto hampir tidak terlihat jelas menghasilkan nilai RMSE 10,04. Kualitas citra 2, dimana ketajaman gambar cukup rendah tetapi masih ada sedikit fokus yang memungkinkan bibit lele untuk terlihat meskipun tidak terlalu jelas menghasilkan nilai RMSE 7,94. Kualitas citra 3, pada kondisi ini, ketajaman sangat baik dengan fokus yang cukup sehingga bibit lele terlihat dengan sangat jelas menghasilkan nilai RMSE 2,24. Berdasarkan Tabel 4.4 yang menunjukkan hasil pengujian kualitas citra 1 memiliki nilai RMSE paling tinggi yaitu sebesar 10,04, kualitas citra 2 memiliki nilai RMSE 7,94, dan kualitas citra3 memiliki nilai RMSE yang paling rendah yaitu 2,24.

4.2 Analisis Hasil Pengujian

Hasil pengujian aplikasi penghitung bibit lele menunjukkan bahwa threshold 0,55 paling optimal dengan RMSE 8,61 pada 22 gambar. Metode manual3 memiliki RMSE terendah (0,68) namun memerlukan waktu 17,51 detik, sedangkan aplikasi lebih cepat (3,41 detik) dengan RMSE 3,00. Grafik pengujian cara menghitung dan waktu pada lampiran menunjukkan aplikasi lebih efisien dan stabil daripada metode manual. Aplikasi konsisten dalam hasil penghitungan, meskipun sedikit lebih rendah dibandingkan metode manual lainnya. Dalam pengujian latar belakang, latar putih memiliki RMSE terendah (4,90), sementara latar biru muda dan biru tua memiliki RMSE 7,47 dan 11,09. Grafik pengujian background pada lampiran menunjukkan bahwa latar belakang putih lebih baik dalam mendeteksi bibit lele dengan akurasi lebih tinggi. Meskipun hasil penghitungan bervariasi, secara keseluruhan, latar belakang putih memberikan hasil yang lebih stabil dan cenderung lebih tinggi. Pengujian kualitas cahaya menunjukkan pencahayaan 1 dengan RMSE 0, paling akurat dibandingkan pencahayaan 2 (RMSE 6,66) dan pencahayaan 3 (RMSE 8,34). Hal ini menegaskan pentingnya pencahayaan yang baik. Pengujian kualitas citra menunjukkan kualitas citra 3 memiliki RMSE terendah (2,24), diikuti kualitas citra 2 (RMSE 7,94) dan kualitas citra 1 (RMSE 10,02). Kualitas citra yang lebih baik akan meningkatkan akurasi.

Secara keseluruhan, aplikasi mampu mendeteksi dan menghitung bibit lele dengan baik di berbagai kondisi. Kombinasi threshold optimal, latar belakang yang tepat, pencahayaan baik, dan kamera resolusi tinggi adalah kunci untuk hasil optimal.

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem penghitungan jumlah bibit ikan lele menggunakan teknologi pengolahan citra digital, dengan metode Otsu Thresholding dan template matching, serta mengintegrasikannya ke dalam aplikasi web berbasis Streamlit.

Hasil pengujian aplikasi penghitung bibit lele menunjukkan bahwa metode manual3 memiliki akurasi tertinggi, tetapi aplikasi jauh lebih cepat dan efisien dalam hasil penghitungan sehingga tetap di sarankan.

Dalam pengujian latar belakang, Latar belakang putih memberikan hasil deteksi terbaik dan paling stabil dibandingkan latar biru muda dan biru tua. Pengujian kualitas cahaya menunjukkan pencahayaan 1 paling akurat, menegaskan pentingnya pencahayaan yang baik. Kualitas citra yang lebih tinggi juga meningkatkan akurasi, dengan kualitas citra 3 memberikan hasil terbaik.

Namun, ada beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut. Pertama, pengembangan algoritma pengolahan citra yang lebih adaptif dan robust terhadap variasi pencahayaan dan latar belakang perlu dipertimbangkan. Kedua, integrasi dengan teknologi lain seperti sensor kedalaman atau teknologi 3D imaging dapat meningkatkan akurasi penghitungan. Terakhir, penambahan fitur pada aplikasi web, seperti analisis data historis dan prediksi tren pertumbuhan bibit ikan, akan memberikan nilai tambah bagi para pengguna.

Daftar Pustaka

- [1] J. F. Mokolensang and L. Manu, "Budidaya ikan lele (*Clarias gariepinus*) sistim bioflok skala rumah tangga," *E-Journal Budidaya Perairan*, vol. 9, no. 1, 2021.
- [2] T. Wiharti and N. R. Hanik, "Identification of Types of Fish Captured by Fishermen at TPI Wuryantoro Wonogiri that are Consumed by the Community," *Jurnal Biologi Tropis*, vol. 22, no. 4, pp. 1177–1187, Nov. 2022, doi: 10.29303/jbt.v22i4.4137.
- [3] A. Yulianto Leleku Berkualitas, U. Ternak Lele di Desa Blukbuk, and A. Yulianto, "Leleku Berkualitas: Usaha Ternak Lele di Desa Blukbuk Quality Catfish: Cattle Livestock Business in Blukbuk Village," 2023.
- [4] B. Baso, D. Nababan, and R. Yulvengki Kolloh, "Segmentasi Citra Tenun Menggunakan Metode Otsu Thresholding dengan Median Filter," 2022.
- [5] I. U. Siahaan, "Deteksi Kornea Mata Berbasis Segmentasi Model Warna Menggunakan Metode Template Matching," *Terapan Informatika Nusantara*, vol. 1, no. 7, pp. 350–356, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.seminar-id.com/index.php/tin>
- [6] C. Lee *et al.*, "StarGazer: A Hybrid Intelligence Platform for Drug Target Prioritization and Digital Drug Repositioning Using Streamlit," *Front Genet*, vol. 13, May 2022, doi: 10.3389/fgene.2022.868015.
- [7] "ANALISIS KARAKTERISASI PENYAKIT PADA TANAMAN PISANG MENGGUNAKAN KAMERA TERMAL DENGAN METODE TRESHOLDING (Tesis) Oleh ELKA PRANITA PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG BANDAR LAMPUNG 2021."
- [8] Yovi Apridiansyah, Rozali Toyib, and Ardi Wijaya, "Metode Otsu dan Mathematical Morphology Dalam Segmentasi Region Karakter Plat Nomor Kendaraan," *Journal of Applied Computer Science and Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 134–143, Jun. 2022, doi: 10.52158/jacost.v3i1.277.
- [9] D. T. Anggraeni and C. Wibawa, "PERBAIKAN CITRA TANDA TANGAN DIGITAL MENGGUNAKAN METODE OTSU THRESHOLDING DAN SAUVOLA," *Jurnal Ilmiah MATRIK*, vol. 25, no. 1, 2023.
- [10] A. S. Dendi and Sunardi, "ALAT PENGHITUNG BENIH IKAN LELE MENGGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA," *POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG*, 2021.
- [11] F. Faridah, S. Diana, and Y. Yuniati, "Budidaya Ikan Lele Dengan Metode Bioflok Pada Peternak Ikan Lele Konvensional," *CARADDE: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 2, pp. 224–227, Feb. 2019, doi: 10.31960/caradde.v1i2.74.
- [12] H. Jurnal *et al.*, "JURNAL PENGABDIAN MASYRAKAT INDONESIA," *Februari*, vol. 2, no. 1, 2023.
- [13] D. D. Affifah, Y. Permanasari, R. P. Matematika, F. Matematika, D. Ilmu, and P. Alam, "Bandung Conference Series: Mathematics Teknik Konvolusi pada Deep Learning untuk Image Processing", doi: 10.29313/bcsm.v2i2.4527.
- [14] H. Muchtar and R. Apriadi, "Implementasi Pengenalan Wajah Pada Sistem Penguncian Rumah dengan Metode Template Matching Menggunakan Open Source Computer Vision Library (Opencv)," vol. 2, no. 1.
- [15] Y. Sun, X. Mao, S. Hong, W. Xu, and G. Gui, "Template matching-based method for intelligent invoice information identification," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 28392–28401, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2901943.
- [16] N. Novita, H. Dafitri, and N. Wulan, "Implementasi Algoritma Otsu Thresholding Dengan Median Filter Dalam Segmentasi Citra Digital Naskah Kuno Batak (Studi Kasus: Meseum Negeri Provinsi Sumatera Utara)," *vol*, vol. 1, pp. 7–9, 2022.
- [17] D. Razabni, E. Medinah, and S. Sinurat, "Analisa dan Perbandingan Algoritma Otsu Thresholding dengan Algoritma Region Growing Pada Segmentasi Citra Digital," *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [18] M. Fikri, N. Syahbani, and G. Ramadhan, "JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA Klasifikasi Gerakan Yoga dengan Model Convolutional Neural Network Menggunakan Framework Streamlit," 2023, doi: 10.30865/mib.v7i1.5520.
- [19] W. Hastomo, N. Aini, A. Satyo, B. Karno, and L. M. R. Rere, "Metode Pembelajaran Mesin untuk Memprediksi Emisi Manure Management," 2022.