

IDENTIFIKASI CITRA DAGING AYAM BERFORMALIN MENGUNAKAN FITUR WARNA HUE SATURATION VALUE (HSV) DAN ALGORITMA K-NEAREST NEIGHBOR (K-NN)

Waode Siti Nurhalisa, Adha Mashur Sajiah, Rizal Adi Saputra

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Informatika Universitas Halu Oleo
Jl Kampus Hijau Bumi Tridharma, Anduonohu, Kec. Kambu, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara, Indonesia
Sitolizah010@gmail.com, Adha.m.sajiah@gmail.com, rizaladisaputra@uho.ac.id

ABSTRAK

Sulawesi Tenggara merupakan salah satu provinsi penghasil daging ayam di Indonesia. Menurut data BPS, produksi daging ayam di Sulawesi Tenggara pada tahun 2023 mencapai 11.535.209 kg, meningkat 4,32% dari tahun 2021 sebesar 11.053.353 kg. Namun, isu penggunaan formalin pada daging ayam memerlukan solusi deteksi yang cepat, akurat, dan mudah. Salah satu alternatif alami, kertas tumerik dari cairan kunyit, meski ekonomis, hanya berfungsi sebagai kontrol positif dan negatif, sehingga kurang akurat. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem identifikasi citra daging ayam berformalin menggunakan fitur warna *Hue Saturation Value* (HSV) dan algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN). Proses deteksi meliputi pemasukan citra, pra-pemrosesan, ekstraksi ciri RGB ke HSV, pelatihan K-NN, dan identifikasi citra. Hasil pengujian menggunakan 150 citra daging ayam berformalin dan 150 citra tanpa formalin menunjukkan akurasi sistem sebesar 93,79%, dengan *True Positive* (TP) 145, *False Negative* (FN) 5, *False Positive* (FP) 4, dan *True Negative* (TN) 146. Nilai metrik meliputi *Precision* 97,32%, *Recall* 96,67%, *Specificity* 97,33%, *Accuracy* 97% dan *F1-Score* 96,99%. Sistem ini menunjukkan potensi sebagai metode deteksi formalin yang efektif dan andal.

Kata kunci : Citra Daging Ayam, Hue Saturation Value (HSV), K-Nearest Neighbor (K-NN).

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi besar dalam industri daging ayam yang merupakan salah satu sumber protein hewani utama masyarakat karena harganya yang terjangkau dan ketersediaannya melimpah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi daging ayam di Sulawesi Tenggara pada 2023 mencapai 11.535.209 kg, naik 4,32% dibandingkan tahun 2021. Ayam pedaging memberikan kontribusi terbesar dengan 5.781.963 kg pada tahun yang sama [11].

Namun, tingginya permintaan akan daging ayam memunculkan praktik tidak sehat seperti penggunaan formalin sebagai pengawet untuk menjaga kesegaran daging. Formalin yang bersifat karsinogenik dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan serius, termasuk iritasi saluran pernapasan, gangguan pencernaan, hingga kanker [10]. Deteksi penggunaan formalin secara tradisional, seperti kertas tumerik dari cairan kunyit, meskipun ekonomis, hanya memberikan hasil positif atau negatif dan kurang akurat [13].

Oleh karena itu, metode yang lebih canggih dan andal diperlukan untuk mendeteksi formalin pada daging ayam secara cepat dan akurat. Teknologi pengolahan citra digital berbasis fitur warna Hue Saturation Value (HSV) dan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) menawarkan solusi yang menjanjikan. Sistem ini dapat mengidentifikasi ciri khas visual daging ayam yang terkontaminasi formalin dan memberikan hasil yang akurat [8].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Identifikasi Objek

Identifikasi objek adalah proses mengenali atau menentukan apa yang terdapat dalam gambar, video, atau lingkungan fisik berdasarkan atribut tertentu. Proses ini merupakan aspek penting dalam pengolahan citra, kecerdasan buatan dan sistem penglihatan komputer, sering kali menggunakan teknik seperti pengolahan citra, pembelajaran mesin dan jaringan saraf tiruan [7].

Dalam konteks kecerdasan buatan, identifikasi objek sering menjadi langkah awal untuk tugas-tugas kompleks seperti pengenalan wajah, deteksi objek bergerak, atau pemantauan lingkungan. Aplikasinya meluas ke berbagai bidang, seperti kendaraan mandiri di industri otomotif, sistem keamanan melalui pengawasan video dan aplikasi kesehatan untuk diagnosa penyakit berbasis citra medis [6].

2.2. Formalin

Formalin (*formaldehida*) adalah senyawa kimia dengan rumus H_2CO yang umumnya berbentuk gas atau larutan air mengandung sekitar 37% *formaldehida* dan 15% *metanol* sebagai pengawet. Formalin digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi, termasuk sebagai bahan pengawet di laboratorium, disinfektan, serta dalam pembuatan plastik dan resin. Dalam pengawetan jaringan biologis, formalin berfungsi untuk mempertahankan struktur sel dan mencegah pembusukan [2].

Namun, formalin merupakan bahan kimia berbahaya karena bersifat karsinogenik, mutagenik, iritatif dan korosif. Uap formalin dapat menyebabkan

iritasi saluran pernapasan jika terhirup, serta menimbulkan efek berbahaya lainnya seperti kerusakan saraf, gangguan pada organ reproduksi dan iritasi jika tertelan [5].

2.3. Hue Saturation Value (HSV)

Fitur warna HSV (*Hue Saturation Value*) adalah representasi warna yang dirancang untuk mendekati cara manusia melihat dan memahami warna secara intuitif. Sistem ini membagi warna menjadi tiga komponen utama yaitu *Hue* (warna), *Saturation* (kejenuhan) dan *Value* (kecerahan) [4].

Model warna HSV juga merupakan model warna yang diturunkan dari model warna RGB maka untuk mendapatkan warna HSV ini, harus melakukan proses konversi nilai warna dari RGB ke HSV. Konversi warna dari RGB (*Red Green Blue*) ke HSV (*Hue Saturation Value*) melibatkan beberapa langkah matematika untuk mengubah representasi warna berdasarkan intensitas cahaya menjadi representasi yang lebih sesuai dengan persepsi visual manusia [9].

Berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan konversi tersebut:

- Menormalisasi Nilai RGB:

$$R' = \frac{R}{255} \quad (1)$$

$$G' = \frac{G}{255} \quad (2)$$

$$B' = \frac{B}{255} \quad (3)$$

- Menghitung Nilai Maksimum dan Minimum:

$$C_{max} = \max(R'G'B') \quad (4)$$

$$C_{min} = \min(R'G'B') \quad (5)$$

- Menghitung Hue (H):

$$H = \begin{cases} 0 & , \text{jika } \Delta = 0 \\ 60^\circ * \frac{g-b}{\Delta} & , \text{jika } C_{max} = r \\ 60^\circ * \left[2 + \frac{b-r}{\Delta} \right] & , \text{jika } C_{max} = g \\ 60^\circ * \left[4 + \frac{r-g}{\Delta} \right] & , \text{jika } C_{max} = b \end{cases} \quad (6)$$

- Menghitung Saturation (S):

$$S = \frac{\Delta}{C_{max}} \quad (7)$$

- Menghitung Value (V):

$$V = C_{max} \quad (8)$$

2.4. K-Nearest Neighbor (K-NN)

K-Nearest Neighbors (K-NN) adalah sebuah algoritma pembelajaran mesin yang digunakan untuk klasifikasi dan regresi. Algoritma ini bersifat *non-parametrik* dan bekerja berdasarkan prinsip bahwa sebuah titik data akan diklasifikasikan berdasarkan mayoritas dari k tetangga terdekatnya [1].

K-NN juga merupakan teknik klasifikasi terhadap objek berdasarkan data latih yang jaraknya paling dekat atau memiliki kemiripan ciri dengan objek tersebut. Dekat dan jauhnya tetangga piksel dihitung dengan jarak *Euclidean*. K-NN dapat memberikan akurasi yang baik pada hasil klasifikasi [12].

Langkah-langkah untuk menghitung metode *K-Nearest Neighbor* antara lain:

- Menentukan parameter K.
- Menghitung jarak antara data *training* dan data *testing*.
Perhitungan jarak yang paling umum dipakai pada perhitungan pada algoritma K-NN adalah menggunakan perhitungan jarak *Euclidean*. Rumusannya adalah sebagai berikut:
$$d(x_1, x_2) = \sqrt{\sum_{i=0}^n (x_{1i} - x_{2i})^2} \quad (9)$$
- Mengurutkan jarak yang terbentuk.
- Menentukan jarak terdekat sampai urutan K.
- Memasangkan kelas yang bersesuaian.
- Mencari jumlah kelas dari tetangga yang terdekat dan tetapkan kelas tersebut sebagai kelas data yang akan dievaluasi.

2.5. Pengujian Confusion Matrix

Pengujian *Confusion Matrix* merupakan metode evaluasi yang digunakan untuk mengukur kinerja model klasifikasi, terutama pada dua kelas. Dalam konteks ini, *Confusion Matrix* digunakan untuk memahami seberapa baik model dapat mengklasifikasikan daging ayam yang berformalin dan tidak berformalin [3].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa langkah. Pertama, *studi literatur* dilakukan dengan mengumpulkan referensi terkait fitur warna *Hue Saturation Value* (HSV) dan algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN) dari buku teks, makalah ilmiah dan sumber informasi daring yang relevan. Referensi ini digunakan untuk menyusun parameter dalam sistem identifikasi citra daging ayam berformalin. Kedua, wawancara dilakukan dengan Drh. Rakhwana, seorang spesialis dokter hewan di UPTD Balai Pelayanan Keswan, Kesmavet dan Klinik Hewan Sulawesi Tenggara, untuk mendapatkan gambaran umum, alur sistem dan aspek teknis identifikasi daging ayam berformalin menggunakan HSV dan K-NN. Ketiga, pengumpulan *dataset* dilakukan dengan mengambil 1.444 gambar daging ayam secara manual menggunakan kamera Realme 8 5G. Gambar terdiri dari daging ayam tidak berformalin dan yang dicampur formalin kadar 37%, yang diambil dari pasar di Kota Kendari, Sulawesi Tenggara. *Dataset* dibagi menjadi 604 data latih berformalin, 540 data latih tidak berformalin, serta 300 data uji yang terdiri dari 150 data uji berformalin dan 150 data uji tidak berformalin. Data ini menjadi dasar dalam pelatihan dan pengujian sistem identifikasi.

3.2. Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Rational Unified Process* (RUP), yang mengadopsi pendekatan iteratif dan inkremental untuk memastikan sistem dapat beradaptasi dengan kebutuhan pengguna atau perubahan kebijakan proyek. RUP terdiri dari empat tahap utama. Tahap pertama adalah *Inception*

(Permulaan), yang bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan dasar sistem melalui analisis kebutuhan aplikasi dan kajian literatur terkait fitur warna *Hue Saturation Value* (HSV) serta algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN). Selanjutnya, pada tahap *Elaboration* (Perluasan), dilakukan perancangan sistem menggunakan UML, yang mencakup pembuatan diagram *use case*, *activity* dan *class*, serta perancangan antarmuka pengguna (GUI) untuk memastikan struktur sistem dan desain antarmuka yang efektif. Pada tahap *Construction* (Konstruksi), pengembangan perangkat lunak dilakukan menggunakan Python dan *Visual Studio Code*. Proses ini mencakup pembuatan antarmuka aplikasi, konversi citra dari RGB ke HSV, ekstraksi fitur warna, *preprocessing* citra, serta penerapan algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN) untuk klasifikasi. Tahap terakhir adalah *Transition* (Transisi), yang berfokus pada penerapan sistem ke lingkungan pengguna melalui pengujian kinerja dan perbaikan masalah yang ditemukan untuk memastikan semua fungsi sistem berjalan optimal. Pendekatan RUP ini memberikan struktur pengembangan yang terorganisir, iteratif dan fleksibel dalam menanggapi perubahan kebutuhan.

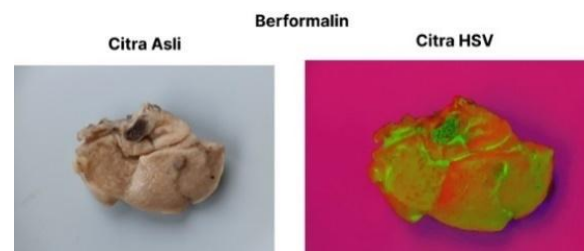
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Sistem

Pada tahap pengujian sistem akan dilakukan evaluasi model klasifikasi untuk mengetahui seberapa akurat sistem. Pengujian sistem dalam penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan confusion matrix dan black box.



Gambar 1. Citra Daging Ayam Tidak Berformalin



Gambar 2. Citra Daging Ayam Berformalin

Hasil pengujian dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Daging Ayam Berformalin Dan Tidak Berformalin

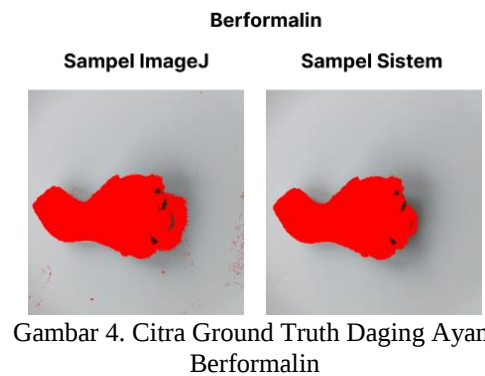
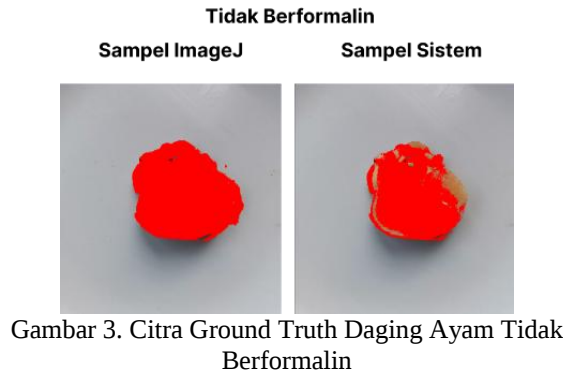
Gambar	Nilai	Nilai	Nilai	Nilai	Hasil Identifikasi	Akurasi %
	H	S	V	K		
data1	15,050374788425916°	18,309807191399262%	63,77552941176471%	3	Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79
data2	18,263663828618547°	8,227579225192983%	69,41741176470589%	3	Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79
data3	16,58389499822627°	11,391228605808076%	69,87419607843137%	3	Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79
data4	19,491490586204012°	11,882339149293689%	64,22713725490196%	3	Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79
data5	18,475178266410072°	18,223726468699052%	63,49490196078431%	3	Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79
data6	19,01132555183175°	8,146626088880412%	66,64517647058823%	3	Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79
data7	27,138752627890685°	6,484580376760015%	69,03858823529411%	3	Daging Ayam Berformalin	93,79
data8	21,95209711419645°	12,702677746999091%	67,95294117647059%	3	Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79
data9	41,421766214730894°	3,674018892902821%	69,90901960784313%	3	Daging Ayam Berformalin	93,79
data10	32,284083033563185°	7,213476137989481%	65,89192156862745%	3	Daging Ayam Berformalin	93,79

Gambar	Nilai H	Nilai S	Nilai V	Nilai K	Hasil Identifikasi	Akurasi %
data11	21,21523210676589°	22,32501175779655%	65,70525490196079%	3	Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79
data12	22,894549340933352°	23,72964938111576%	66,79952941176471%	3	Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79
data13	17,567038891028115°	15,883753189594636%	64,11780392156862%	3	Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79
data14	20,356874444874634°	21,184649825346888%	65,02525490196078%	3	Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79
data15	32,86525296376712°	2,7704213917794087%	67,82007843137255%	3	Daging Ayam Berformalin	93,79
data16	35,070310427168906°	1,7442169881829024%	67,7915294117647%	3	Daging Ayam Berformalin	93,79
data17	33,21553521574711°	6,901505321795449%	64,31560784313726%	3	Daging Ayam Berformalin	93,79
data18	31,60708186268927°	7,750395439594265%	71,1047843137255%	3	Daging Ayam Berformalin	93,79
data19	34,88642123208772°	5,156552192776107%	66,02070588235294%	3	Daging Ayam Berformalin	93,79
data20	39,76475263262475°	6,2038685120083565%	63,62886274509803%	3	Daging Ayam Berformalin	93,79

Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi fitur warna *Hue Saturation Value* (HSV) dan algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN) efektif dalam mengklasifikasikan daging ayam berformalin dan tidak berformalin. Proses identifikasi menghasilkan akurasi tinggi sebesar 93,79%, mencerminkan kemampuan metode ini dalam mendeteksi keberadaan formalin pada sampel. Analisis menunjukkan bahwa nilai *Hue* (H) pada daging tidak berformalin berkisar antara 15 hingga 27, sementara pada daging berformalin lebih tinggi, yaitu 27 hingga 46. Nilai *Saturation* (S) pada daging tidak berformalin berada di kisaran 0 hingga 23, sedangkan pada daging berformalin lebih rendah hingga menengah, yaitu 1 hingga 9, menunjukkan perubahan intensitas warna akibat formalin. Nilai *Value* (V), yang merepresentasikan tingkat kecerahan, memiliki kisaran serupa pada kedua sampel, yaitu antara 57 hingga 71.

Penerapan HSV bersama K-NN terbukti efektif dalam menangkap pola variasi warna dan menghasilkan klasifikasi yang akurat dan konsisten. Algoritma K-NN, yang beroperasi berdasarkan kedekatan antar sampel, mampu membedakan karakteristik visual penting dari daging ayam, menjadikannya metode yang andal untuk mendeteksi keberadaan formalin.

Hasil pengujian citra *ground truth*:



Hasil analisis menunjukkan bahwa citra *ground truth* dari perangkat lunak ImageJ digunakan sebagai referensi dalam membandingkan hasil sistem pada 20 sampel warna dalam format *Hue Saturation Value*

(HSV). Data menunjukkan deviasi signifikan pada parameter *hue* dan *saturation*, sementara perbedaan pada *value* atau kecerahan relatif kecil. Pada parameter *hue*, nilai yang dihasilkan ImageJ secara konsisten lebih tinggi dibandingkan Sistem, seperti pada data1 dengan nilai *hue* 140,66° di ImageJ dibandingkan 15,05° pada Sistem. Hal ini menunjukkan bahwa Sistem belum mampu mereplikasi spektrum warna yang sesuai dengan *ground truth*. Selain itu, pada parameter *saturation*, Sistem menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan ImageJ, seperti pada data12 di mana ImageJ mencatat saturasi 9,89%, sedangkan Sistem mencatat 23,72%, menunjukkan intensitas warna yang lebih jenuh pada hasil Sistem.

Pada parameter *value* atau kecerahan, perbedaan antara Sistem dan ImageJ tidak signifikan, dengan nilai yang hampir sama, yaitu antara 63% hingga 75%, menunjukkan bahwa Sistem cukup mampu mempertahankan tingkat kecerahan yang mendekati *ground truth*. Secara keseluruhan, perbedaan terbesar

terdapat pada aspek *hue* dan *saturation*. Oleh karena itu, peningkatan akurasi Sistem dapat difokuskan pada penyesuaian kedua parameter tersebut untuk menghasilkan *output* yang lebih akurat dan mendekati citra *ground truth* dari ImageJ.

4.2. Pengujian Confusion Matrix

Pada *Confusion Matrix* untuk kasus dua kelas ini, setiap baris mewakili kelas sebenarnya (*ground truth*) dan setiap kolom mewakili kelas yang diprediksi oleh model. Hal ini memungkinkan kita untuk mengidentifikasi seberapa akurat model dalam mengklasifikasikan setiap kategori, baik daging ayam yang benar-benar berformalin maupun tidak berformalin. Kemudian skenario pengujian *confusion matrix*. pertama, masukkan gambar ayam ke sistem. kemudian sistem akan menentukan akurasi dari prediksi sistem untuk menentukan apakah ayam tersebut berformalin atau tidak

Tabel 2. Prediksi Daging Ayam Berformalin Dan Tidak Berformalin

Gambar	Akurasi %	Prediksi	Hasil
Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79	Daging Ayam Tidak Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79	Daging Ayam Tidak Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79	Daging Ayam Tidak Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79	Daging Ayam Tidak Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79	Daging Ayam Tidak Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79	Daging Ayam Berformalin	Tidak
Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79	Daging Ayam Tidak Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79	Daging Ayam Tidak Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79	Daging Ayam Berformalin	Tidak
Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79	Daging Ayam Tidak Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79	Daging Ayam Tidak Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79	Daging Ayam Berformalin	Tidak
Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79	Daging Ayam Tidak Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79	Daging Ayam Tidak Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Tidak Berformalin	93,79	Daging Ayam Berformalin	Tidak
Daging Ayam Berformalin	93,79	Daging Ayam Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Berformalin	93,79	Daging Ayam Tidak Berformalin	Tidak
Daging Ayam Berformalin	93,79	Daging Ayam Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Berformalin	93,79	Daging Ayam Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Berformalin	93,79	Daging Ayam Tidak Berformalin	Tidak
Daging Ayam Berformalin	93,79	Daging Ayam Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Berformalin	93,79	Daging Ayam Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Berformalin	93,79	Daging Ayam Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Berformalin	93,79	Daging Ayam Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Berformalin	93,79	Daging Ayam Tidak Berformalin	Tidak
Daging Ayam Berformalin	93,79	Daging Ayam Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Berformalin	93,79	Daging Ayam Berformalin	Sesuai
Daging Ayam Berformalin	93,79	Daging Ayam Tidak Berformalin	Tidak

Berdasarkan hasil klasifikasi, akurasi yang diperoleh untuk membedakan antara daging ayam berformalin dan tidak berformalin mencapai 93,79%. Hasil ini menunjukkan bahwa model yang digunakan mampu melakukan klasifikasi dengan tingkat akurasi yang baik untuk dua kelas tersebut. Setelah diketahui hasil pengujian tersebut, selanjutnya dilakukan

perhitungan untuk mengukur performa dalam klasifikasi menggunakan *confusion matrix*. Berikut contoh implementasi menggunakan *confusion matrix* dengan menggunakan 2 kelas dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 3. Confusion Matrix

Aktual/Prediksi	Daging Ayam Berformalin	Daging Ayam Tidak Berformalin	Total
Daging Ayam Berformalin	145	5	150
Daging Ayam Tidak Berformalin	4	146	150
Total	149	151	300

Keterangan:

- True Positive* (TP): 145 (Daging ayam berformalin yang diprediksi benar sebagai berformalin)
- False Negative* (FN): 5 (Daging ayam berformalin yang salah diprediksi sebagai tidak berformalin)
- False Positive* (FP): 4 (Daging ayam tidak berformalin yang salah diprediksi sebagai berformalin)
- True Negative* (TN): 146 (Daging ayam tidak berformalin yang diprediksi benar sebagai tidak berformalin)

- Precision* (Presisi)

Nilai *precision* mengukur seberapa banyak prediksi positif yang benar dari total prediksi positif yang dilakukan oleh model. Pada pengujian didapatkan *precision* sebagai berikut:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{145}{145 + 4} = \frac{145}{149} = 0,9732 = 97,32\%$$

- Recall* (Sensitivity)

Nilai *recall* mengukur seberapa banyak prediksi positif yang benar dari total data yang sebenarnya positif. Pada pengujian didapatkan *Recall* (Sensitivity) sebagai berikut:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{145}{145 + 5} = \frac{145}{150} = 0,9667 = 96,67\%$$

- Specificity*

Specificity atau Spesifisitas merupakan metrik evaluasi yang menunjukkan seberapa efektif suatu model dalam mengklasifikasikan kelas negatif secara akurat. Pada pengujian didapatkan *Specificity* sebagai berikut:

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} = \frac{146}{146 + 4} = \frac{146}{150} = 0,9733 = 97,33\%$$

- Accuracy*

Nilai *accuracy* mengukur seberapa banyak prediksi yang benar dari total data yang diprediksi. Pada pengujian didapatkan *Accuracy* sebagai berikut:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} = \frac{145 + 146}{145 + 146 + 4 + 5} = \frac{291}{300} = 0,97 = 97\%$$

- F-measure* (F1-Score)

Nilai *F-measure* adalah *harmonic mean* dari *precision* dan *recall*. Pada pengujian didapatkan *F-measure* (F1-Score) sebagai berikut:

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} = 2 \times \frac{0,9732 \times 0,9667}{0,9732 + 0,9667} = 0,9699 = 96,99\%$$

4.3. Pengujian Black Box

Pengujian fungsionalitas sistem ini dilakukan menggunakan *black box* testing untuk identifikasi daging ayam berformalin berdasarkan citra dengan menggunakan fitur warna dalam ruang warna HSV dan algoritma *K-Nearest Neighbors* (K-NN). Pengujian ini berfokus pada fungsi eksternal dari sistem tanpa memerlukan pengetahuan tentang implementasi internal atau kode sumber. Pendekatan ini memastikan bahwa sistem berfungsi sesuai spesifikasi yang ditetapkan dan mampu memenuhi kebutuhan pengguna untuk mengidentifikasi apakah daging ayam mengandung formalin atau tidak dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Black Box

Masukan	Expetasi	Output yang diharapkan	Kesimpulan
Admin atau user memasukkan nama lengkap, Alamat email dan kata sandi	Admin atau user memasukkan data dengan benar.	Akun berhasil dibuat dengan akses sesuai (admin atau user).	Sesuai
Admin atau user memasukkan Alamat email dan kata sandi	Admin atau user memasukkan data login yang benar dan valid.	Admin atau user berhasil masuk ke sistem sesuai hak akses.	Sesuai
Admin klik tombol "Login" setelah mengisi data login	Admin berhasil diverifikasi dan diarahkan ke halaman home admin.	Halaman home menampilkan menu training, testing, manajemen user, ubah password, logout.	Sesuai
User klik tombol "Login" setelah mengisi data login	User berhasil diverifikasi dan diarahkan ke halaman home user.	Halaman home menampilkan menu testing, ubah password, logout.	Sesuai

Masukan	Expetasi	Output yang diharapkan	Kesimpulan
<i>Admin</i> klik <i>training</i> memasukkan gambar daging ayam berformalin dan tidak berformalin.	Sistem memproses gambar yang dimasukkan untuk melatih model menggunakan data yang diberikan.	Proses pelatihan berhasil, dan model terlatih siap digunakan untuk identifikasi daging ayam berformalin dan tidak berformalin.	Sesuai
<i>Admin</i> klik <i>testing</i> , memasukan gambar daging ayam, klik "Ekstrak Ciri", memasukan nilai k, klik "Identifikasi"	Sistem mengekstrak fitur dan mengidentifikasi gambar berdasarkan nilai k.	Hasil identifikasi daging ayam berformalin atau tidak berformalin ditampilkan.	Sesuai
<i>Admin</i> klik <i>manajemen user</i>	<i>Admin</i> dapat melihat semua data pengguna dan memiliki opsi untuk menghapus data pengguna yang dipilih.	Data pengguna berhasil dihapus dari sistem ketika <i>admin</i> memilih opsi hapus.	Sesuai
<i>Admin</i> klik ubah <i>password</i>	<i>Admin</i> mengisi kolom <i>password</i> baru dengan benar sesuai aturan validasi.	<i>Password</i> berhasil diubah, dan notifikasi perubahan <i>password</i> ditampilkan.	Sesuai
<i>User</i> Memasukkan gambar daging ayam	Sistem secara otomatis mengklasifikasikan gambar yang dimasukkan oleh <i>user</i> .	Hasil klasifikasi daging ayam berformalin atau tidak berformalin langsung ditampilkan.	Sesuai
<i>User</i> klik ubah <i>password</i>	<i>User</i> mengisi kolom <i>password</i> baru dengan benar sesuai aturan validasi.	<i>Password</i> berhasil diubah, dan notifikasi perubahan <i>password</i> ditampilkan.	Sesuai
<i>Admin</i> atau <i>user</i> Klik tombol "Logout"	Sistem memproses permintaan <i>logout</i> dengan benar.	<i>Admin</i> atau <i>user</i> langsung diarahkan kembali ke halaman <i>login</i> .	Sesuai

Pada tabel 4, seluruh pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang. Fungsi-fungsi utama, seperti autentikasi, manajemen user, training, dan testing, berjalan dengan baik tanpa kendala berarti. Pengujian *black box* ini membuktikan bahwa sistem siap digunakan untuk tujuan identifikasi citra daging ayam berformalin menggunakan fitur warna HSV dan algoritma K-NN.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN) efektif dalam mengidentifikasi citra daging ayam berformalin dengan memanfaatkan fitur warna *Hue Saturation Value* (HSV). Ekstraksi fitur HSV memberikan kontribusi signifikan dalam membedakan karakteristik daging ayam berformalin, sehingga meningkatkan kemampuan klasifikasi sistem. Hasil pengujian menunjukkan performa yang sangat baik dengan nilai *Precision* sebesar 97,32%, *Recall* 96,67%, *Specificity* 97,33%, *Accuracy* 97%, dan *F1-Score* 96,99%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki akurasi tinggi dan mampu melakukan klasifikasi dengan efektif. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar sistem ini diperluas ke platform berbasis mobile untuk memudahkan pengguna, seperti pedagang atau konsumen, melakukan identifikasi secara *real-time*. Selain itu, penambahan *dataset* dengan variasi lebih luas, baik dari jenis daging ayam maupun kondisi pencahayaan yang berbeda, dapat meningkatkan robusta sistem dalam berbagai kondisi. Peningkatan akurasi juga dapat difokuskan pada elemen *hue* dan *saturation* untuk mereplikasi

spektrum warna yang lebih akurat, serta menjaga konsistensi pada parameter *value* atau tingkat kecerahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ansari, R., Sari, Y., 2023, Detection Of Formalin Cob Fish Using An Android-Based Naive Bayes Classifier Method Based On Fish Eye Image, *Engineering And Applied Technology*, 1, 1, 19-28.
- [2] Aulia, L. H., Azhari, F., Dhuha Bimantara, M., 2023, Implementation Of HSV Imagery With K-Nearest Neighbor For Classification Of Maturity Levels Tomatoe, *Bigint Computing Journal*, 1, 2, 62-69.
- [3] Bhamidipati, A., 2022, Mathematical Ranking Of Ai Classifiers Using Confusion Matrix And Matthews Correlation, *Journal Of Student Research*, 11, 3, 1-13
- [4] Fauzan, R., Siahaan, D., Rochimah, S., Triandini, E., 2021, Automated Class Diagram Assessment Using Semantic And Structural Similarities, *International Journal Of Intelligent Engineering And Systems*, 14, 2, 52-66.
- [5] Fauziyya, R., Saputro, A. H., 2020, Analisis Formalin Secara Kualitatif Pada Bakso Dan Mie Basah Di Kecamatan Sukarama, Wayhalim, Dan Sukabumi, Kovalen: *Jurnal Riset Kimia*, 6, 3, 218-223.
- [6] Hayati, N., 2023, Klasifikasi Jenis Bunga Mawar Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbour, *Jurnal Informatika Dan Riset*, 1, 1, 31-37.
- [7] Jumadi, J., Yupianti, Sartika, D., 2023, Pengolahan Citra Digital Untuk Identifikasi

- Objek Menggunakan Metode Hierarchical Agglomerative Clustering, *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 10, 2, 148–156.
- [8] Kartarina, K., Sriwinarti, N. K., 2021, Analisis Metode K-Nearest Neighbors (K-NN) Dan Naive Bayes Dalam Memprediksi Kelulusan Mahasiswa (Analysis Of K-Nearest Neighbors (K-NN) And Naive Bayes Methods Predicting Student Graduation), *Jtim : Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 3, 2, 106–112.
- [9] Lestari, I., Akbar, M., Intan, B., 2023, Perbandingan Algoritma Machine Learning Untuk Klasifikasi Amenorrhea, *Journal Of Computer And Information Systems Ampera*, 4, 1, 32–43.
- [10] Lisnawati, W. O., Mokui, H. T., Aksara, L. B., 2023, Sistem Pendeteksi Formalin Pada Daging Ikan Menggunakan Grove Hcho Berbasis IoT, *Animator*, 1, 2, 80-86.
- [11] Rakhmawati, A., Purwanto, Y. A., Widodo, S., Astuti, D. A., 2023, Detection Of Formalin Content In Chicken Meat Using Portable Near Infrared Spectrometer, *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal Of Agricultural Engineering)*, 12, 4, 831-839.
- [12] Waluyo, G. B., Sari, Y. A., Rahayudi, B., 2021, Pengenalan Citra Makanan Kue Tradisional Menggunakan Ekstraksi Fitur HSV Color Moment Dan Local Binary Pattern Dengan K-Nearest Neighbour, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* 5, 12, 5641-5649.
- [13] Yohannes, Y., Udjulawa, D., Ivan Sariyo, T., 2021, Klasifikasi Jenis Jamur Menggunakan SVM Dengan Fitur HSV Dan HOG, *Petir*, 15, 1, 113–120.