

Analisis Pengaruh *Filter* Pencahayaan Terhadap Akurasi identifikasi Jenis Bibit Alpukat Berbasis Citra Urat Daun Dengan Metode *K-Nearest Neighbors* dan *Local Binary Pattern*

Muhammad Miftah Darussalam^{*1}, Gasim², Zaid Romegar Mair³

^{1, 2, 3}Teknik Informatika, Fakultas Komputer dan Sains, Universitas Indo Global Mandiri, Indonesia
Email: ¹2021110096@students.uigm.ac.id, ²gasim@uigm.ac.id, ³zaidromegar@uigm.ac.id

Abstrak

Pencahayaan memegang peranan penting dalam pengambilan citra, terutama dalam memperjelas detail tekstur seperti urat daun. Permasalahan utama dalam identifikasi bibit alpukat terletak pada kemiripan pola tekstur antarjenis, yang dapat menyebabkan kesalahan klasifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jumlah *filter* pada pencahayaan terhadap akurasi identifikasi bibit alpukat. Metode yang digunakan meliputi segmentasi citra, ekstraksi fitur menggunakan *Local Binary Pattern (LBP)* sebanyak 59 fitur, dan klasifikasi menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbors (KNN)* dengan variasi nilai *K* dari 2 hingga 6. Citra daun diambil dengan lima variasi jumlah *filter* pencahayaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan dua *filter* menghasilkan akurasi terbaik sebesar 68,8%, diikuti oleh empat dan lima *filter* masing-masing 68%, sementara satu *filter* hanya mencapai 61,6%. Nilai *K* optimal diperoleh pada *K* = 3 karena memberikan keseimbangan antara sensitivitas dan stabilitas. Kesimpulannya, variasi *filter* pada pencahayaan memengaruhi visibilitas tekstur urat daun dan akurasi klasifikasi. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode identifikasi bibit alpukat berbasis pengolahan citra.

Kata kunci: *Filter*, *K-Nearest Neighbors*, *Local Binary Pattern*, Pencahayaan, Urat Daun

Abstract

Lighting plays an important role in image capture, especially in clarifying texture details such as leaf veins. The main problem in avocado seedling identification lies in the similarity of texture patterns between types, which can lead to misclassification. This study aims to analyze the effect of the number of filters on lighting on the accuracy of avocado seedling identification. The methods used include image segmentation, feature extraction using *Local Binary Pattern (LBP)* as many as 59 features, and classification using the *K-Nearest Neighbors (KNN)* algorithm with a variety of *K* values from 2 to 6. Leaf images were taken with five variations in the number of lighting filters. The test results showed that the use of two filters resulted in the best accuracy of 68.8%, followed by four and five filters at 68% each, while one filter only reached 61.6%. The optimal *K* value was obtained at *K* = 3 as it provided a balance between sensitivity and stability. In conclusion, filter variation in lighting affects the visibility of leaf vein texture and classification accuracy. This research contributes to the development of image processing-based avocado seedling identification methods.

Keywords: *Filter*, *K-Nearest Neighbors*, *Local Binary Pattern*, Lighting, Leaf Vein

This work is an open access article and licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)



1. PENDAHULUAN

Komoditas pertanian sangat mudah berkembang di negara tropis seperti Indonesia, sehingga produk yang dihasilkan berupa buah-buahan dikenal dengan buah-buahan tropis[1]. Salah satunya tanaman alpukat (*Persea americana*) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan manfaat gizi yang besar bagi kesehatan[2]. Wilayah OKU Selatan, Sumatera Selatan, merupakan daerah pengembangan budidaya alpukat karena kondisi geografisnya yang berada di dataran tinggi. Tanaman alpukat dapat tumbuh subur di daerah tropis memiliki berbagai jenis alpukat yang berbeda-beda disetiap wilayahnya[3] seperti Kelud, Markus, Alligator, Miki, dan Mentega, menjadi tantangan tersendiri dalam proses identifikasi bibit yang akurat. Banyaknya varietas alpukat yang ada, seringkali muncul kendala dalam mengidentifikasi jenis-jenis alpukat dengan cepat dan tepat[4].

Proses identifikasi bibit saat ini masih dilakukan secara manual melalui pengamatan visual terhadap daun berupa bentuk, tekstur, dan warna[5]. Namun, metode ini rentan terhadap kesalahan, khususnya

apabila dilakukan oleh tenaga kerja yang belum berpengalaman. Selain itu, kualitas pencahayaan saat pengambilan citra daun juga sangat memengaruhi visibilitas urat daun, sehingga dapat mempersulit proses pengenalan bentuk antara tekstur daun yang satu dengan yang lainnya dan memiliki kesamaan antar bentuknya[6]. Variasi pencahayaan yang tidak dikontrol dengan baik dapat menyebabkan tekstur daun sulit dikenali. Pengenalan pola daun secara otomatis diperlukan untuk mempersingkat waktu identifikasi daun dan masalah lain yang timbul saat menggunakan pengenalan pola daun secara manual[7]. Dalam penelitian ini digunakan filter pencahayaan untuk mengatur intensitas dan keseragaman cahaya saat akuisisi citra. Penggunaan beberapa lapisan filter dipilih untuk memperoleh kondisi pencahayaan yang optimal, karena cahaya yang terlalu kuat atau tidak merata dapat mengaburkan pola urat daun dan menurunkan akurasi ekstraksi fitur.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan metode identifikasi tanaman menggunakan teknik pengolahan citra digital. Seperti yang dilakukan penelitian sebelumnya dengan melakukan penerapan LBP dengan klasifikasi KNN dalam mengidentifikasi penyakit tomat[8]. Selanjutnya dilakukan saudara Intan Dwi Nanda dalam menerapkan fitur LBP dan metode KNN dalam mengklasifikasikan penyakit melalui daun mangga[9].

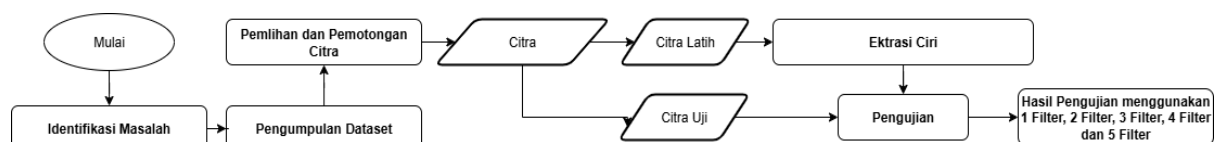
Dari penelitian yang telah disebutkan pendekatan mengatasi permasalahan tersebut. Dalam hal ini, metode *Local Binary Pattern* (LBP) dipilih sebagai teknik ekstraksi fitur tekstur karena operator ini secara sederhana memberikan label pada piksel dengan melakukan pengembangan (*thresholding*) pada setiap piksel tetangga dan mempertimbangkan hasilnya sebagai bilangan biner[10]. Untuk klasifikasi, digunakan algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN) yang telah banyak digunakan dalam pengenalan pola efektivitas dalam melakukan klasifikasi berdasarkan kedekatan data dengan tetangga terdekat, dengan nilai K yang ditentukan sebelumnya[11]. Penentuan kelas pada KNN dilakukan dengan menghitung jarak antara fitur citra uji dan seluruh data latih, kemudian memilih kelas yang paling banyak muncul pada K tetangga terdekat sebagai hasil klasifikasi.

Meskipun metode pembelajaran mendalam seperti *Convolutional Neural Network* (CNN) telah terbukti unggul dalam klasifikasi citra, metode ini memerlukan jumlah data yang besar serta waktu pelatihan dan pengujian yang relatif lama untuk mencapai performa terbaiknya. Hal ini membuat CNN kurang efisien untuk kasus dengan sumber daya terbatas dan data berukuran kecil hingga menengah[12]. Sebaliknya, kombinasi LBP dan KNN menawarkan keunggulan dalam hal kesederhanaan, efisiensi komputasi, serta efektivitas untuk dataset kecil dan kondisi pencahayaan yang bervariasi. Oleh karena itu, pendekatan ini dipilih karena dinilai lebih efisien secara komputasi serta tetap mampu memberikan hasil klasifikasi yang kompetitif pada kondisi data terbatas dan pencahayaan yang bervariasi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jumlah *filter* pencahayaan terhadap hasil identifikasi jenis bibit alpukat berdasarkan citra urat daun. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem klasifikasi citra daun alpukat yang akurat dan dapat diterapkan sebagai alat dalam proses identifikasi bibit dan objektif di lapangan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode Kuantitatif eksperimental berbasis pengolahan citra digital untuk mengidentifikasi jenis bibit alpukat berdasarkan pola urat daun. Metode yang digunakan melibatkan beberapa tahapan utama, yaitu identifikasi masalah, pengumpulan dataset, pemilihan citra, ekstraksi ciri, pelatihan model, pengujian, hingga evaluasi. Alur lengkap proses ditampilkan pada Gambar 1, mulai dari pengambilan citra hingga evaluasi akurasi klasifikasi.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Gambar 1 menunjukkan alur tahapan penelitian yang dimulai dari identifikasi masalah, pengumpulan dataset, pemilihan citra, ekstraksi ciri, pelatihan model, pengujian, hingga evaluasi. Setiap tahap memiliki tujuan yang saling terkait untuk mencapai tujuan penelitian, yaitu menganalisis pengaruh jumlah filter pencahayaan terhadap akurasi identifikasi bibit alpukat. Identifikasi masalah dilakukan

untuk merumuskan kendala utama dalam pengenalan bibit alpukat. Pengumpulan dataset bertujuan memperoleh citra daun dari lima varietas pada lima kondisi filter. Pemilihan citra memastikan data representatif sebelum ekstraksi ciri. Ekstraksi ciri menggunakan LBP dilakukan untuk mendapatkan informasi tekstur yang stabil terhadap pencahayaan. Pelatihan dan pengujian KNN dilakukan untuk menentukan performa klasifikasi, sedangkan tahap evaluasi digunakan untuk menganalisis akurasi setiap variasi filter pencahayaan.

2.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi jenis bibit alpukat secara manual masih terbatas akurasi dan konsistensinya, terutama akibat pengaruh pencahayaan saat pengambilan citra yang dapat mengaburkan detail urat daun. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan pengolahan citra digital dengan metode *Local Binary Pattern* untuk ekstraksi fitur dan *K-Nearest Neighbors* sebagai algoritma klasifikasi. Citra daun diambil dengan lima variasi *filter* pencahayaan, lalu diekstraksi dan diklasifikasikan. Untuk itu dilakukan identifikasi masalah yang bertujuan untuk menentukan faktor yang memengaruhi rendahnya akurasi identifikasi. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa ketidakstabilan pencahayaan, kemiripan tekstur antarjenis, serta subjektivitas identifikasi manual merupakan kendala utama yang perlu diatasi melalui pendekatan ekstraksi ciri LBP dan klasifikasi KNN.

2.2 Pengumpulan Dataset

Pengambilan citra dilakukan terhadap lima jenis bibit alpukat, yaitu Alligator, Markus, Miki, Kelud, dan Mentega. Proses pemotretan menggunakan kamera Mikroskop Digital Zoom Magnifier Monokuler dengan kemampuan pembesaran hingga 1600x. Jarak antara kamera dan objek daun ditetapkan sebesar 14 cm, berdasarkan hasil pengujian yang menunjukkan bahwa pada jarak ini fokus kamera optimal dan citra tidak mengalami blur. Untuk menjaga konsistensi intensitas pencahayaan, lampu ditempatkan pada jarak tetap 7 cm dari objek. Setiap jenis bibit dipotret dalam kondisi pencahayaan terstandarisasi dan disimpan dalam format citra digital resolusi tinggi. Jenis bibit alpukat dapat dilihat pada Gambar 2, yang menunjukkan keberagaman pola urat daun antar varietas.



Gambar 2. Citra Setiap Jenis Bibit Alpukat

Setiap variasi *filter* diuji pada objek yang sama untuk melihat perubahan pencahayaan secara visual. Gambar 3 menampilkan contoh hasil citra daun dari jenis Markus dengan variasi jumlah *filter*, dari satu hingga lima lapis.



Gambar 3. Citra Setiap Jenis *Filter*

2.3 Pemilihan Citra

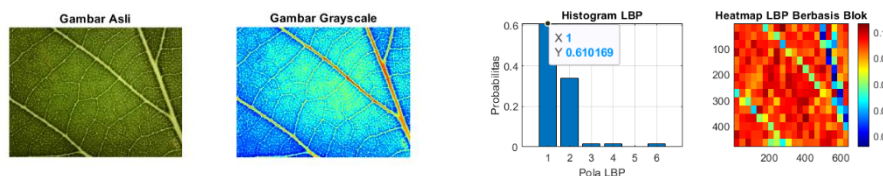
Pemilihan citra dataset melibatkan proses seleksi citra dari seluruh jenis daun yang telah dipotret, yang kemudian dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yaitu citra latih dan citra uji. Label diberikan pada gambar selama tahap pemrosesan, yang memungkinkan model untuk mengidentifikasi, data akan dibagi menjadi dua bagian yaitu gambar latih dan gambar uji[13], Pemisahan ini dilakukan secara eksklusif, artinya citra uji tidak berasal dari citra yang digunakan dalam pelatihan[14]. Setiap

citra asli selanjutnya dipotong (*cropping*) menjadi 5 bagian berukuran 300×300 piksel, menghasilkan variasi citra baru yang tetap merepresentasikan pola urat daun secara akurat.

Citra latih digunakan sebagai basis pembelajaran untuk algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN), dengan total sebanyak 1.250 citra hasil pemotongan dari seluruh jenis daun dan variasi *filter* pencahayaan. Sementara itu, citra uji digunakan untuk mengevaluasi kinerja model klasifikasi. Total data uji yang digunakan adalah 625 citra, masing-masing terdiri dari 25 citra per jenis daun untuk setiap kondisi pencahayaan. Pembagian jumlah citra latih dan uji mengikuti rasio 2:1, guna memastikan proporsi data yang memadai untuk proses pelatihan sekaligus validasi model.

2.4 Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri merupakan tahap penting dalam memperoleh informasi tekstur. Penelitian ini menggunakan metode *Local Binary Pattern* (LBP) karena kemampuannya dalam mendeteksi pola lokal dan ketahanannya terhadap variasi pencahayaan. Citra latih dikonversi dari format RGB ke *grayscale* menggunakan perangkat lunak MATLAB untuk menyederhanakan analisis intensitas piksel[15]. Selanjutnya dilakukan *image pre-processing*, yaitu dengan menerapkan *threshold* pada gambar, gambar tersebut diubah menjadi *array* piksel, di mana nilai *threshold* pada setiap piksel dihitung[16]. Pada penelitian ini, LBP diterapkan menggunakan parameter radius (R) = 1 dan jumlah titik tetangga (P) = 8, sehingga menghasilkan Uniform LBP. Proses ini juga menghemat ruang penyimpanan tanpa menghilangkan informasi penting pada tekstur daun. Metode ini banyak digunakan dalam literatur pengenalan citra karena efisiensinya. Gambar 4 menampilkan cara kerja LBP.



Gambar 4. Cara Kerja LBP

Setelah konversi, metode LBP diterapkan dengan membandingkan nilai piksel pusat terhadap tetangganya dalam jendela 3×3 dan menghasilkan pola biner. Hasilnya kemudian disusun dalam bentuk histogram LBP yang merepresentasikan distribusi frekuensi pola lokal, serta divisualisasikan dalam bentuk heatmap. Warna merah pada heatmap menunjukkan intensitas pola yang tinggi, sedangkan biru menandakan rendah. Informasi ini digunakan sebagai fitur utama untuk klasifikasi pada tahap selanjutnya, berdasarkan variasi pencahayaan menggunakan lima *filter* berbeda.

2.5 Pelatihan KNN

Pelatihan dilakukan dengan menyusun dataset citra latih dari hasil ekstraksi fitur tekstur menggunakan metode *Uniform Local Binary Pattern* (LBP). Setiap citra menghasilkan 59 fitur histogram dan 1 label kelas bibit alpukat, membentuk 60 kolom data per baris. Jumlah citra latih untuk masing-masing dari lima jenis bibit alpukat (Alligator, Markus, Miki, Kelud, dan Mentega) adalah 50 citra. Seluruh citra tersebut dipotret dalam lima kondisi pencahayaan berbeda (1 hingga 5 *filter*), sehingga total citra latih yang didapatkan adalah 1250 citra latih. Algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN) bekerja dengan menghitung jarak antara vektor fitur dari citra uji terhadap seluruh data latih menggunakan rumus *Euclidean*.

$$d(x_{test}, x_i) = \sqrt{\sum_{j=1}^d (x_{test}^{(j)} - x_i^{(j)})^2} \quad (1)$$

Di mana vektor fitur x_{test} dari citra uji, adalah vektor fitur x_i dari citra latih ke- i , dan d adalah jumlah fitur (59). Model KNN kemudian menentukan kelas citra uji berdasarkan mayoritas dari K tetangga terdekat.

2.6 Evaluasi Pengujian KNN

Pengujian dilakukan terhadap lima model *K-Nearest Neighbors* (KNN) yang telah dilatih menggunakan data dari lima variasi jumlah *filter* pencahayaan. Masing-masing model diuji dengan citra uji yang sesuai, yaitu model KNN 1 *filter* diuji dengan citra uji 1 *filter*, dan seterusnya hingga 5 *filter*. Proses pengujian ini menggunakan GUI MATLAB *App Designer*, yang menampilkan histogram fitur LBP dari citra uji sebagai dasar klasifikasi. Model KNN membandingkan histogram fitur uji dengan data latih menggunakan jarak *Euclidean* dan menentukan kelas prediksi berdasarkan mayoritas dari K tetangga terdekat, dengan nilai K divariasikan dari 2 hingga 6. Pendekatan ini memungkinkan model mengenali pola urat daun sesuai dengan kondisi pencahayaan dan menghasilkan prediksi jenis bibit alpukat.

Setelah pengujian dilakukan, tahap evaluasi dilakukan dengan menghitung performa klasifikasi berdasarkan akurasi pengenalan citra uji. Evaluasi ini membandingkan jumlah citra uji yang berhasil dikenali dengan total citra uji yang digunakan pada tiap kondisi pencahayaan. Tingkat akurasi dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{jumlah data benar}}{\text{jumlah data uji}} \times 100 \% \quad (2)$$

Langkah ini memberikan gambaran kuantitatif mengenai seberapa baik model KNN mengenali pola tekstur urat daun yang dipengaruhi oleh pencahayaan. Hasil evaluasi ini sangat penting dalam menentukan konfigurasi *filter* dan nilai K yang optimal dalam proses identifikasi jenis bibit alpukat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pelatihan

Pada tahapan pelatihan, dilakukan proses pembentukan model klasifikasi menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN) berdasarkan fitur yang telah diekstraksi dari citra urat daun bibit alpukat menggunakan metode *Local Binary Pattern* (LBP). Setiap citra latih menghasilkan 59 fitur numerik yang menggambarkan pola tekstur lokal, dan setiap fitur tersebut dipasangkan dengan label jenis bibit alpukat yang sesuai. Data fitur ini kemudian disimpan dalam bentuk tabel pelatihan yang digunakan sebagai basis pencocokan dalam proses klasifikasi.

KNN tidak melakukan proses pelatihan eksplisit, melainkan menyimpan seluruh data latih dan menerapkannya secara langsung dalam proses pengujian. Konsep ini dikenal sebagai metode *lazy learning*, di mana model tidak membentuk fungsi prediksi sebelumnya, tetapi akan menghitung jarak (misalnya, *Euclidean*) antara fitur citra uji dan seluruh data latih secara langsung untuk menentukan label kelasnya. Untuk memperoleh model yang optimal, dilakukan eksperimen pelatihan dengan mencoba beberapa nilai K, yakni dari K = 2 hingga K = 6. Nilai K yang memberikan akurasi terbaik pada data uji kemudian dipilih sebagai konfigurasi akhir model. Tabel 1. Menunjukkan hasil dari eksperimen pelatihan.

Tabel 1. Hasil Pelatihan Penentuan Nilai K

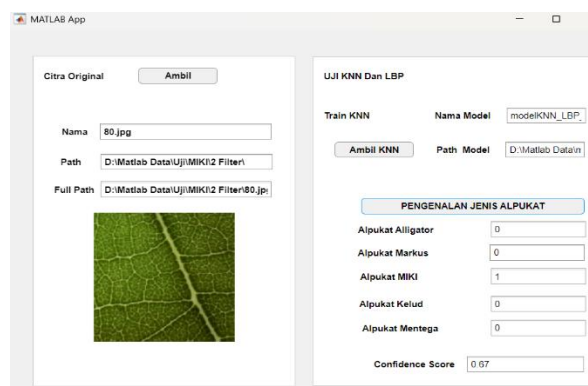
No	<i>Filter</i> Pada Pencahayaan	K yang digunakan	Waktu (Detik)	Jumlah Dikenali		Akurasi
				Citra Latih	Citra Uji	Uji (%)
1	1 <i>Filter</i>	2	0.0012	233	76	60.8
2	1 <i>Filter</i>	3	0.0011	235	77	61.6
3	1 <i>Filter</i>	4	0.0010	231	80	64.0
4	1 <i>Filter</i>	5	0.0012	231	76	60.8
5	1 <i>Filter</i>	6	0.0018	228	77	61.6
6	2 <i>Filter</i>	2	0.0014	231	81	64.8
7	2 <i>Filter</i>	3	0.0011	233	86	68.8
8	2 <i>Filter</i>	4	0.0011	216	81	64.8
9	2 <i>Filter</i>	5	0.0012	220	84	67.2

10	2 Filter	6	0.0015	210	81	64.8
11	3 Filter	2	0.0015	222	77	61.6
12	3 Filter	3	0.0013	225	80	64.0
13	3 Filter	4	0.0011	225	78	62.4
14	3 Filter	5	0.0013	216	84	67.2
15	3 Filter	6	0.0016	215	81	64.8
16	4 Filter	2	0.0013	229	85	68.0
17	4 Filter	3	0.0012	234	85	68.0
18	4 Filter	4	0.0015	225	86	68.8
19	4 Filter	5	0.0012	220	85	68.0
20	4 Filter	6	0.0016	216	83	66.4
21	5 Filter	2	0.0012	221	83	66.4
22	5 Filter	3	0.0016	222	85	68.0
23	5 Filter	4	0.0017	217	77	61.6
24	5 Filter	5	0.0014	206	76	60.8
25	5 Filter	6	0.0016	207	77	61.6

Berdasarkan hasil eksperimen pelatihan menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN), diperoleh bahwa kombinasi antara jumlah *filter* pencahayaan dan nilai K sangat memengaruhi performa model. Akurasi terbaik dicapai saat menggunakan empat *filter* dengan nilai $K = 3$, yang mengenali 234 citra latih dan 87 citra uji (total 321 citra). Konfigurasi dua dan lima *filter* dengan $K = 3$ juga menunjukkan performa tinggi, dengan total pengenalan 319 dan 310 citra. Sebaliknya, performa terendah terjadi pada lima *filter* dengan $K = 5$ (282 citra dikenali), menunjukkan bahwa nilai K yang terlalu besar dapat menurunkan akurasi. Hasil ini menunjukkan bahwa jumlah *filter* optimal (3–4 *filter*) dengan nilai K yang moderat ($K = 3$) memberikan hasil pengenalan terbaik terhadap jenis bibit alpukat. Sehingga, dari sini K yang digunakan pada penelitian ini adalah $K = 3$ dikarenakan mendapatkan nilai akurasi dan pengenalan yang terbaik.

3.2. Hasil Pengujian

Tahapan ini merupakan proses pengujian sistem klasifikasi yang dibangun menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN). Pengujian dilakukan terhadap citra uji yang telah melalui proses ekstraksi fitur menggunakan metode *Local Binary Pattern* (LBP), menghasilkan 59 fitur tekstur dari pola urat daun bibit alpukat. Tujuan dari proses ini adalah untuk menilai akurasi sistem dalam mengenali jenis bibit alpukat berdasarkan karakteristik tekstur yang terekstraksi. *Gambar 5. MATLAB App Designer pada Citra Uji.*

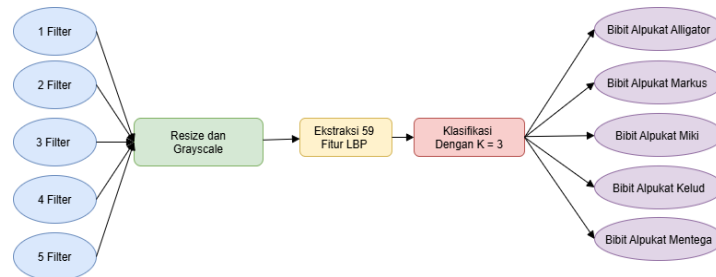


Gambar 5. Pengujian Matlab App Designer

Pengujian dilakukan melalui antarmuka MATLAB App Designer yang telah dirancang khusus. Dalam aplikasi ini, pengguna dapat mengunggah citra uji melalui tombol “Ambil”, memuat model KNN melalui tombol “Ambil KNN”, dan melakukan proses pengenalan menggunakan tombol “Pengenalan

Jenis Alpukat”. Sistem akan mengekstraksi fitur LBP dari citra uji, kemudian menghitung jarak ke seluruh data latih menggunakan metode *Euclidean*, serta menentukan kelas berdasarkan mayoritas tetangga terdekat. Selain hasil prediksi, ada juga nilai confidence score yang menunjukkan tingkat keyakinan sistem. Proses ini divisualisasikan dalam *Gambar 5. MATLAB App Designer pada Citra Uji*.

Setelah dilakukan pengujian menggunakan antarmuka *MATLAB App Designer*, proses klasifikasi secara keseluruhan di *visualisasi* lebih lanjut mengenai proses klasifikasi pada penelitian ini ditampilkan dalam *Gambar 6. Arsitektur Model KNN*.



Gambar 6. Arsitektur KNN

Gambar ini menggambarkan alur sistem dari awal citra masuk melalui lima variasi *filter* pencahayaan, kemudian dilakukan proses *resize* dan konversi ke *grayscale*, dilanjutkan dengan ekstraksi 59 fitur tekstur menggunakan metode *Local Binary Pattern* (LBP). Setelah fitur diperoleh, dilakukan klasifikasi menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN) dengan nilai $K = 3$, yang telah terbukti memberikan hasil terbaik. Proses ini menghasilkan klasifikasi ke dalam lima kelas jenis bibit alpukat, yaitu Alligator, Markus, Miki, Kelud, dan Mentega.

Untuk mengevaluasi efektivitas model secara menyeluruh, dilakukan pengujian terhadap masing-masing konfigurasi *filter* pencahayaan secara bertahap. Pengujian dimulai dengan citra yang diambil menggunakan satu lapisan *filter* dalam kondisi pencahayaan yang paling minim. Hasil pengujian ini disajikan pada *Tabel 2*, yang menampilkan jumlah citra yang berhasil dikenali dari seluruh data uji untuk konfigurasi satu *filter* pencahayaan.

Tabel 2. Hasil Pengujian 1 *Filter*

Filter	Nama Alpukat	Citra Uji				
		Alligator 1 - 25	Markus 26 -50	Miki 51 -75	Kelud 76 - 100	Mentega 101 - 125
1 Filter	Alpukat Alligator	17	4	3	1	
	Alpukat Markus		23			2
	Alpukat Miki	3	1	17	3	1
	Alpukat Kelud	9	1	1	7	7
	Alpukat Mentega	6			6	13
	Jumlah Data latih dikenali	17	23	17	7	13
	Total					77
	Jumlah Data latih tidak dikenali	18	6	4	10	10
	Total					48
	Total Data					125

Berdasarkan hasil pengujian pada citra dengan pencahayaan satu *filter* dan nilai $K = 3$, sistem berhasil mengenali 77 dari total 125 citra uji menggunakan fitur tekstur *Local Binary Pattern* (LBP) dan algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN). Dari hasil tersebut, jenis bibit alpukat Markus sebanyak 23 citra. Selanjutnya, jenis Alligator dan Miki masing-masing dikenali sebanyak 17 citra, disusul Mentega sebanyak 13 citra, dan Kelud sebanyak 7 citra, masih terdapat 48 citra yang tidak dikenali dengan tepat. Setelah pengujian pada pencahayaan dengan satu *filter*, dilanjutkan dengan pengujian citra dua *filter* yang ditunjukkan pada *Tabel 3*.

Tabel 3. Hasil Citra Uji 2 *Filter*

<i>Filter</i>	Nama Alpukat	Citra Uji				
		Alligator 1 - 25	Markus 26 -50	Miki 51 -75	Kelud 76 - 100	Mentega 101 - 125
2 <i>Filter</i>	Alpukat Alligator	24		1		
	Alpukat Markus	3	14			8
	Alpukat Miki	11		14		
	Alpukat Kelud	1			24	
	Alpukat Mentega	10	1	3	1	10
	Jumlah data latih dikenali	24	14	14	24	10
	Total					86
	Jumlah data latih tidak dikenali	25	1	4	1	8
	Total					39
	Total data					125

Berdasarkan kondisi pencahayaan dengan 2 *filter* dan nilai $K = 3$, Citra uji berhasil dikenali sebanyak 86 citra uji dari total 125 citra yang diuji. Jenis bibit Alpukat Alligator dan Alpukat Kelud masing-masing sebanyak 24 citra, disusul oleh Alpukat Miki dan Alpukat Markus sebanyak 14 citra, serta Alpukat Mentega sebanyak 10 citra. Sementara itu, sebanyak 39 citra belum berhasil diidentifikasi secara tepat. Selanjutnya, hasil pengujian pada citra dengan tiga *filter* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Citra 3 *Filter*

<i>Filter</i>	Nama Alpukat	Citra Uji				
		Alligator 1 - 25	Markus 26 -50	Miki 51 -75	Kelud 76 - 100	Mentega 101 - 125
3 <i>Filter</i>	Alpukat Alligator	17		1	7	
	Alpukat Markus		21		1	3
	Alpukat Miki	12		12	1	
	Alpukat Kelud	1			22	2
	Alpukat Mentega	7	3		7	8
	Jumlah data latih dikenali	17	21	12	22	8
	Total					80
	Jumlah data latih tidak dikenali	20	3	1	16	5
	Total					45
	Total data					125

Berdasarkan Tabel 4, Hasil uji tiga lapisan *filter* dan nilai $K = 3$, metode identifikasi berhasil mengenali 80 dari 125 citra uji. Jenis bibit Alpukat Kelud sebanyak 22 citra, Alpukat Markus (21 citra), Alpukat Alligator (17 citra), Alpukat Miki (12 citra), dan Alpukat Mentega (8 citra). Sementara itu, sebanyak 45 citra masih belum dikenali secara akurat. Uji coba kemudian diteruskan pada pencahayaan dengan empat *filter*, yang hasilnya dirangkum dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Citra 4 *Filter*

<i>Filter</i>	Nama Alpukat	Citra Uji				
		Alligator 1 - 25	Markus 26 -50	Miki 51 -75	Kelud 76 - 100	Mentega 101 - 125
4 <i>Filter</i>	Alpukat Alligator	18		4		3
	Alpukat Markus		18		2	5
	Alpukat Miki	7		7	1	10

Alpukat Kelud				24	1
Alpukat Mentega	2		5		18
Jumlah data latih dikenali	18	18	7	24	18
Total					85
Jumlah data tidak dikenali	9	0	9	3	19
Total					40
Total data					125

Berdasarkan pengujian dengan pencahayaan empat *filter* dan nilai $K = 3$, Citra uji berhasil diidentifikasi sebanyak 85 dari total 125 citra uji. Jenis alpukat Kelud sebanyak 24 citra, diikuti oleh Markus dan Mentega masing-masing sebanyak 18 citra, Alligator sebanyak 18 citra, serta Miki sebanyak 10 citra. Masih terdapat 40 citra yang belum berhasil dikenali secara tepat kemungkinan disebabkan oleh kemiripan tekstur antar jenis bibit Miki mirip dengan Alligator dan Mentega. Terakhir, pengujian dilakukan pada citra dengan lima *filter* pencahayaan sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Citra 5 *Filter*

<i>Filter</i>	Nama Alpukat	Citra Uji				
		Alligator 1 - 25	Markus 26 -50	Miki 51 -75	Kelud 76 - 100	Mentega 101 - 125
5 <i>Filter</i>	Alpukat Alligator	11		10	4	
	Alpukat Markus	1	17	1	2	4
	Alpukat Miki	7		17		1
	Alpukat Kelud	1	2	1	21	
	Alpukat Mentega	2	1	3		19
	Jumlah data uji dikenali	11	17	17	21	19
	Total					85
	Jumlah data uji tidak dikenali	11	3	15	6	5
	Total					40
	Total Data					125

Berdasarkan Hasil uji dari pencahayaan lima *filter* dan nilai $K = 3$, proses identifikasi berhasil mengenali 85 citra uji dari total 125 citra yang digunakan. Alpukat Kelud dengan 21 citra, Mentega sebanyak 19 citra, Markus dan Miki masing-masing 17 citra, serta Alligator dengan 11 citra. Adapun 40 citra lainnya tidak berhasil dikenali sesuai dengan kelas aslinya, kemungkinan disebabkan oleh kemiripan tekstur antar jenis bibit Alligator mirip dengan Miki dan Mentega.

3.3. Hasil Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai sejauh mana variasi jumlah *filter* pada pencahayaan memengaruhi performa klasifikasi jenis bibit alpukat berdasarkan citra urat daun. Perhitungan akurasi dilakukan menggunakan rumus $Akurasi = (\text{Jumlah data uji yang dikenali} / \text{Total data uji}) \times 100$. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan *filter* ke 2 pencahayaan memberikan akurasi tertinggi yaitu 68,8%, diikuti oleh *filter* ke 4 dan *filter* ke 5 yang masing-masing mencapai 68%, *filter* ke 3 dengan 64%, dan satu *filter* yang menghasilkan akurasi terendah sebesar 61,6%. Hal ini menandakan bahwa pencahayaan dengan dua hingga lima lapis *filter* menghasilkan kontras dan sebaran cahaya yang optimal sehingga struktur urat daun lebih terlihat jelas dan mudah dikenali oleh sistem klasifikasi. Peningkatan jumlah *filter* hingga titik tertentu terbukti membantu mengurangi efek pencahayaan berlebih dan menghilangkan bayangan tajam yang dapat mengganggu proses ekstraksi fitur LBP.

Meskipun *filter* dua memberikan hasil terbaik dengan tingkat akurasi 68,8%, masih terdapat 40 citra yang tidak berhasil dikenali dengan benar. Ketidaktepatan klasifikasi ini umumnya terjadi pada jenis bibit alpukat Mentega dan Alligator. Kedua jenis tersebut memiliki pola urat daun yang cenderung mirip satu sama lain, serta tidak sejelas pola pada jenis Kelud atau Markus yang lebih konsisten dan

kontras. Pola tekstur yang tidak khas atau terlalu seragam menyulitkan metode LBP dalam membedakan ciri-ciri antar kelas. Selain itu, pencahayaan yang kurang ideal atau posisi daun

Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa keberhasilan klasifikasi sangat dipengaruhi oleh kualitas pencahayaan saat akuisisi citra. *Filter* pencahayaan yang sesuai berperan penting dalam mendukung algoritma klasifikasi KNN agar mampu mengenali fitur tekstur secara konsisten dan akurat. Oleh karena itu, pemilihan jumlah *filter* yang tepat menjadi faktor penting dalam meningkatkan efektivitas sistem identifikasi citra urat daun bibit alpukat.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi jumlah *filter* pencahayaan dapat memengaruhi keberhasilan sistem klasifikasi dalam mengidentifikasi jenis bibit alpukat berdasarkan citra urat daunnya. Proses identifikasi dilakukan melalui tahapan akuisisi citra dengan lima tingkat *filter* pencahayaan, ekstraksi ciri tekstur menggunakan metode *Local Binary Pattern* (LBP), dan klasifikasi menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN). Dari hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa pencahayaan dengan dua hingga empat *filter* memberikan hasil yang paling optimal. Penggunaan dua *filter* menghasilkan akurasi tertinggi sebesar 68,8%, diikuti oleh empat *filter* sebesar 68%, yang menunjukkan bahwa pencahayaan yang cukup merata dan tidak terlalu terang membantu memperjelas detail tekstur urat daun, sehingga fitur yang diekstraksi lebih informatif dan representatif.

Sebaliknya, pencahayaan dengan satu *filter* terbukti menghasilkan akurasi paling rendah sebesar 61,6%, karena pencahayaan yang terlalu terang atau tidak tersebar merata dapat mengaburkan pola urat daun. Dengan demikian, jumlah *filter* pencahayaan yang digunakan saat akuisisi citra menjadi faktor penting dalam memengaruhi kualitas data visual yang diperoleh. Pemilihan jumlah *filter* yang tepat dapat meningkatkan akurasi pengenalan secara tepat. Hasil ini menegaskan bahwa kualitas pencahayaan sangat menentukan efektivitas proses ekstraksi dan akurasi dalam sistem klasifikasi citra berbasis tekstur daun alpukat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. S. Ifmalinda*, Andasuryani, "IDENTIFIKASI BENTUK BUAH ALPUKAT (*Persea americana* Mill.) DENGAN ANALISIS CITRA DIGITAL," *Mega Press Nusantara*, vol. 23, no. 3, pp. 14–20, 2023.
- [2] F. A. F. Sari, R. Wulanningrum, and L. S. Wahyuniar, "Penggunaan Metode CNN (Convolutional Neural Network) untuk Klasifikasi Jenis Tanaman Alpukat Berdasarkan Pola Daun," *Pros. SEMNAS INOTEK (Seminar Nas. Inov. Teknol.)*, vol. 7, pp. 1275–1284, 2023, [Online]. Available: <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/>
- [3] J. V. P. Putra, F. Ayu, and B. Julianto, "Implementasi Pendeteksi Penyakit pada Daun Alpukat Menggunakan Metode CNN," *Stain. (Seminar Nas. Teknol. Sains)*, vol. 2, no. 1, pp. 155–162, 2023, [Online]. Available: <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/stains/article/view/2888>
- [4] W. Priyoatmoko and S. Waluyo, "Identifikasi Jenis Buah Alpukat Melalui Sistem Pakar Berbasis Dempster Shafer," *J. BATIRSI*, vol. 8, no. 1, pp. 12–16, 2024.
- [5] M. Meiriyama, S. Devella, and S. M. Adelfi, "Klasifikasi Daun Herbal Berdasarkan Fitur Bentuk dan Tekstur Menggunakan KNN," *JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 9, no. 3, pp. 2573–2584, 2022, doi: 10.35957/jatisi.v9i3.2974.
- [6] S. Ashari and I. Ernawati, "Klasifikasi Tanaman Obat Untuk Penyakit Asam Urat Dengan Metode Local Binary Pattern (Lbp)," *Semin. Nas. Mhs. Ilmu Komput. dan Apl.*, pp. 516–528, 2020.
- [7] A. . P. E. dan C. F. F. Novitasari, "Identifikasi Citra Daun Tanaman Jeruk Dengan Local Binary Pattern Dan Moment Invariant," *J. Inform. dan Komput. ,* vol. 3, no. 2, pp. 76–83, 2018.
- [8] A. R. Atmaja, U. Islam, and N. Sumatera, "Penerapan Local Binary Pattern (Lbp) Dan K-Nearest Neighbors (Knn) Untuk Mendeteksi," vol. 4307, no. August, pp. 1028–1037, 2024.
- [9] I. D. Nanda, *Penerapan Local Binary Pattern Dan K-Nearest Neighbor Mendeteksi Penyakit Pada Daun Mangga*. 2021.
- [10] D. Agustina and G. Gasim, "Identifikasi Kadar Ikan Pada Pempek Menggunakan Fitur LBP

- Dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan,” *J. Algoritma.*, vol. 2, no. 2, pp. 145–158, 2022, doi: 10.35957/algoritme.v2i2.2364.
- [11] Y. Siagian, J. Hutahaean, A. Zikra Syah, J. Efendi Hutagalung, and A. Karim, “Implementasi Metode K-Nearest Neighbours (KNN) Untuk Klasifikasi Penyakit Diabetes,” *J. Inform. dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 3, pp. 253–262, 2024, doi: 10.56854/jt.v2i3.331.
- [12] M. Farid Naufal, “Perbandingan, Analisis Svm, Algoritma Untuk, dan CNN,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 2, pp. 311–318, 2021, doi: 10.25126/jtiik.202184553.
- [13] M. A. R. Zaid Romegar Mair, “Perbandingan Versi Terbaik YOLO Dalam Mendeteksi Jarak Spasi Antar Baris Tulisan Tangan,” *J. Sains, Nalar, dan Apl. Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 2, pp. 103–110, 2024, doi: 10.20885/snati.v4.i2.40414.
- [14] K. T. Suhanto and G. Gasim, “Identifikasi Kadar Ikan Pada Pempek Dengan Fitur LBP Dan Metode Pengenalan SVM,” *J. Algoritma.*, vol. 3, no. 1, pp. 91–98, 2022, doi: 10.35957/algoritme.v3i1.3363.
- [15] A. Syarifah, A. A. Riadi, and A. Susanto, “Klasifikasi Tingkat Kematangan Jambu Bol Berbasis Pengolahan Citra Digital Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor,” *J. Inform. Merdeka Pasuruan*, vol. 7, no. 1, pp. 27–35, 2022.
- [16] Z. R. Mair, W. Cholil, E. Yulianti, D. Marcelina, Theresiawati, and I. N. Isnainiyah, “Convolutional Neural Network Analysis on Handwriting Patterns and Its Relationship to Personality: A Systematical Review,” *2023 Int. Conf. Informatics, Multimedia, Cyber Inf. Syst. ICIMCIS 2023*, pp. 308–312, 2023, doi: 10.1109/ICIMCIS60089.2023.10348999.