

Ensiklopedia Digital Berdasarkan Klasifikasi Varietas Buah Mangga (*Mangifera spp.*) Menggunakan Algoritma *Backpropagation*

Zilvanhisna Emka Fitri^{1*}, Riska Aprilia¹, Abdul Madjid², Arizal Mujibtamala Nanda Imron³

¹)Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Jember

²)Program Studi Budidaya Tanaman Perkebunan, Jurusan Produksi Pertanian, Politeknik Negeri Jember
Jl. Mastrip PO.BOX 164 Jember, 68101

³) Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37, Kampus Tegalboto, Jember, 68121

*email: zilvanhisnaef@polije.ac.id

(Naskah masuk: 1 September 2021; diterima untuk diterbitkan: 14 Januari 2022)

ABSTRAK – Mangga merupakan komoditas buah unggulan yang mampu meningkatkan perkembangan industri dan ekspor di Indonesia. Terdapat 33 spesies buah mangga yang tersebar di seluruh wilayah Republik Indonesia dan memiliki banyak variasi bentuk pada setiap jenisnya. Namun permasalahan yang terjadi adalah sulitnya informasi terkait data pada varietas mangga, sehingga untuk membantu permasalahan tersebut maka peneliti membuat sistem ensiklopedia digital yang mampu memberikan informasi terkait keanekaragaman varietas buah mangga tersebut. Ensiklopedia ini dapat mengklasifikasikan dan mengidentifikasi 5 jenis mangga yaitu Mangga Apel, Mangga Gedong Gincu, Mangga Golek, Mangga Manalagi dan Mangga Gadung. Parameter yang digunakan untuk membedakan varietas mangga yaitu area, perimeter, eccentricity, major axis length dan diameter. Metode klasifikasi yang digunakan yaitu *backpropagation* mampu mengklasifikasi lima varietas mangga tersebut dengan akurasi pelatihan sebesar 99,6% dan akurasi pengujian sebesar 96%.

Kata Kunci – ensiklopedia digital; varietas mangga; computer vision; parameter bentuk; *backpropagation*.

Digital Encyclopedia Based on The Classification of Mango Varieties (*Mangifera spp.*) Using *Backpropagation* Algorithm

ABSTRACT – Mango is a leading fruit commodity that is able to increase industrial development and exports in Indonesia. There are 33 species of mangoes spread throughout the territory of the Republic of Indonesia and have many variations of fruit shapes in each type. However, the problem that occurs is the difficulty of information related to data on mango varieties, so to help these problems, the researchers created a digital encyclopedia system that is able to provide information related to the diversity of mango varieties. This encyclopedia can classify and identify 5 types of mangoes, namely Apple Mango, Gedong Gincu Mango, Golek Mango, Manalagi Mango and Gadung Mango. Parameters used to distinguish mango varieties are area, perimeter, eccentricity, major axis length and diameter. The classification method used, namely *backpropagation*, is able to classify the five mango varieties with a training accuracy of 99.6% and a testing accuracy of 96%.

Keywords - digital encyclopedia; mango varieties; computer vision; shape parameters; *backpropagation*.

1. PENDAHULUAN

Mangga (*Mangifera spp.*) merupakan tanaman buah tahunan berupa pohon yang sering ditemui di wilayah Asia Tenggara, tak terkecuali di Indonesia [1]. Mangga termasuk salah satu komoditas buah ekspor unggulan Indonesia dalam meningkatkan

pendapatan petani dan mendukung perkembangan industri [2]. Tingkat produksi buah mangga dari tahun 2014 sampai 2018 berjalan secara fluktuatif, dimana pada tahun 2014 jumlah produksi buah mangga di Indonesia berjumlah 2.431.330 ton kemudian menurun sampai tahun 2016 menjadi 1.814.540 ton. Namun pada tahun 2017 sampai tahun

2018 mengalami peningkatan jumlah produksi menjadi 2.624.783 ton. Hal tersebut sejalan dengan peningkatan produktivitas buah mangga pada tahun 2017 yaitu 10.96 ton/Ha menjadi 12.94 ton/ Ha dengan pertumbuhan tingkat produksi sebesar 18.07% [3]. Beberapa jenis dan varietas mangga yang terkenal bagus mutunya di Indonesia antara lain mangga golek, mangga arumanis, mangga manalagi, mangga endog, mangga madu, mangga lalijiwo, mangga kweni, mangga pakel dan mangga kemang [4]. Berdasarkan daerah sebarannya, jenis mangga yang terbanyak berada di Kawasan Sumatera (13 jenis), Kalimantan (12 jenis), Jawa (7 jenis) dan Papua (1 jenis) [5]. Mangga memiliki bentuk buah yang beragam seperti bentuk bundar, bulat telur, bulat memanjang, dan pipih, dengan panjang buah berkisar antara 2,5-30cm. Warnanya juga beragam, ada yang berwarna hijau, kuning, merah, atau campuran tergantung dengan varietas mangga itu sendiri [4]. Beragamnya bentuk, ukuran dan warna yang dimiliki oleh buah mangga menunjukkan bahwa terjadi keanekaragaman varietas buah mangga khususnya di Indonesia.

Dari banyaknya keanekaragaman varietas buah mangga dan area persebaran buah mangga tersebut, belum tentu menjamin kelengkapan dan kemudahan akses terkait informasi dan data varietas mangga. Terbatasnya informasi dikarenakan beberapa penelitian yang mengkaji varietas buah mangga hanya terfokus pada penentuan tingkat kematangan dan klasifikasi jenis mangga berdasarkan daunnya, sementara untuk klasifikasi jenis mangga berdasarkan bentuk buahnya masih sedikit [6]. Ketersediaan informasi terkait jenis buah mangga menjadi sangat penting dalam menunjang peningkatan produksi buah dan penentuan varietas mangga baru yang menjadi unggulan. Untuk mengatasi hal tersebut maka kami memanfaatkan teknik pengolahan citra digital dan sistem cerdas dengan tujuan untuk membuat ensiklopedia digital yang dapat memberikan informasi ilmiah secara lebih detail terkait jenis buah mangga dan secara otomatis dapat membedakan jenis buah mangga yang diinputkan kedalam sistem.

Penelitian terkait buah mangga telah banyak dilakukan utamanya pada penentuan tingkat kematangan dan klasifikasi jenis mangga berdasarkan bentuk daunnya. Klasifikasi kematangan buah mangga podang menggunakan metode *backpropagation* mampu mengklasifikasi 3 kelas (mentah, setengah matang dan matang) menggunakan parameter warna RGB dengan tingkat akurasi sebesar 100% [7]. Metode klasifikasi lain seperti *K-Nearest Neighbor* (KNN) juga digunakan untuk mengklasifikasikan 4 kelas (mentah, cukup matang, matang dan sangat matang) menggunakan parameter komponen ruang warna HSV, nilai

skewness, dan kurtosis. KNN mampu mengklasifikasi dengan tingkat akurasi tertinggi sebesar 80% [8]. Metode KNN digunakan untuk mengklasifikasi 4 jenis buah mangga (gadung, golek, manalagi dan podang) berdasarkan citra daunnya menggunakan pendeteksi tepi laplacian serta didapatkan akurasi terbaik 87% pada 80 data latih dan 16 data uji [9]. Sedangkan metode *backpropagation* mampu mengklasifikasi jenis pohon mangga berdasarkan bentuk (*metric* dan *eccentricity*) dan tekstur daun (*contrast*, *correlation*, *energy* dan *homogeneity*) dengan akurasi sebesar 95% [10]. Terkait penelitian mangga berdasarkan bentuk buahnya, peneliti menggunakan penelitian yang berjudul, "Klasifikasi Jenis Mangga Berdasarkan Fitur Bentuk dan Warna dengan Menggunakan Metode *K-Nearest Neighbor*" dimana pada penelitian tersebut digunakan parameter yaitu panjang, lebar, kebundaran, *red*, *green* dan *blue*. Metode klasifikasi yang digunakan *K-Nearest Neighbor* dengan tingkat akurasi sistem sebesar 92,5% dan dapat mengklasifikasi 4 jenis mangga yaitu Mangga Arum Manis, Mangga Lokmay, Mangga Gedong dan Mangga Indramayu [11]. Metode *Backpropagation* juga digunakan untuk mengklasifikasi jenis buah mangga (mangga apel, mangga arumanis, mangga madu, dan mangga manalagi) dengan akurasi tertinggi sebesar 95,31% [12]. Untuk studi kasus yang lain contohnya untuk klasifikasi sortir mutu buah naga putih, metode *backpropagation* mampu mengklasifikasi mutu tersebut dengan akurasi sebesar 86,67% [13].

Berdasarkan referensi di atas maka peneliti menggunakan metode klasifikasi *backpropagation* sebagai metode klasifikasi yang cukup baik dalam mengklasifikasi mangga baik dari tingkat kematangan dan berdasarkan bentuk daun varietas mangga. Peneliti menggunakan teknik pengolahan citra yang berbeda dengan penelitian terdahulu sehingga diharapkan metode *backpropagation* dapat mengklasifikasi varietas mangga dengan tingkat akurasi yang tinggi.

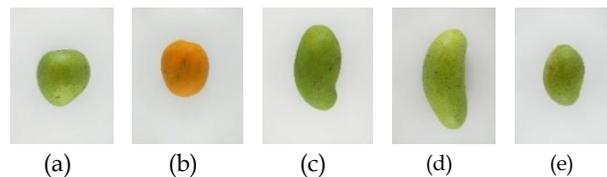
2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yang dilakukan dalam mengklasifikasi varietas mangga (*Mangifera spp.*) yaitu (1) pengambilan citra buah mangga, (2) proses pengolahan citra dan (3) klasifikasi varietas mangga seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

A. Pengambilan Citra Buah Mangga

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data primer dengan 5 varietas mangga yaitu Mangga Apel, Mangga Gedong Gincu, Mangga Golek, Mangga Manalagi dan Mangga Gadung. Total jumlah

data yang digunakan yaitu sebanyak 320 data citra yang terdiri dari 270 data citra untuk pelatihan dan 50 data citra untuk pengujian. Proses pengambilan citra buah mangga dilakukan dengan meletakkan buah mangga satu-persatu secara bergantian kedalam studio box dengan background berwarna putih. Kemudian dilakukan penambahan 2 buah lampu yang diletakkan disamping studio box, dengan tujuan untuk mendapatkan hasil citra objek buah mangga citra yang jelas dan bebas dari bayangan. Selanjutnya dilakukan pengambilan gambar dari atas studio box dengan jarak kurang lebih sebesar 25 cm menggunakan kamera smartphone beresolusi 13 MP seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 3. Varietas mangga (a) apel, (b) gedong gincu, (c) gadung, (d) golek dan (e) manalagi.

1) Pre-processing

Pada pre-processing citra dilakukannya dua proses yaitu proses resize dan pemecahan komponen warna pada citra buah mangga. Resize citra dilakukan dengan mengubah ukuran citra mangga dari ukuran awal sebesar 3120x4160 piksel menjadi 300x400 piksel. Tujuan dari proses ini adalah untuk normalisasi data dengan cara memperkecil ukuran citra tanpa mengurangi informasi yang dimiliki oleh citra tersebut sehingga proses komputasi akan lebih cepat. Selanjutnya dilakukan pemecahan komponen citra menjadi komponen citra red, citra green dan citra blue, selain itu juga dilakukan konversi citra kedalam ruang warna HSV dan grayscale, konversi ini dilakukan karena citra warna RGB sulit untuk disegmentasi karena ukuran ruang warnanya besar [14], [15]. Kemudian dibuatlah perbandingan antara hasil citra pemecahan komponen ruang warna RGB, citra pemecahan komponen ruang warna HSV dan citra grayscale untuk mendapatkan representasi objek citra yang paling baik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

2) Segmentasi citra

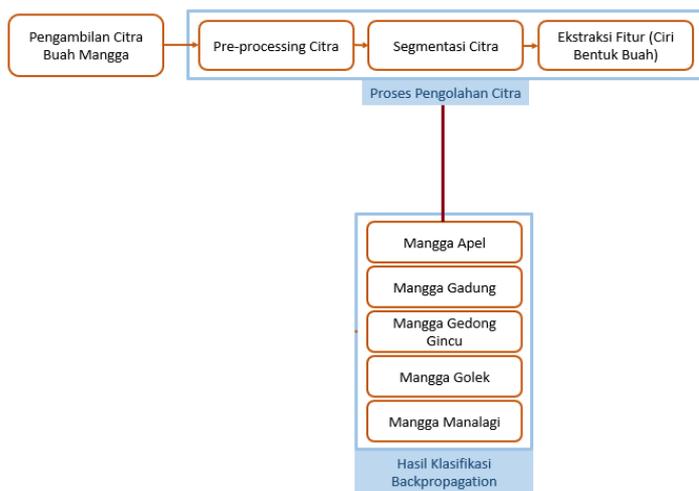
Tujuan dari proses segmentasi citra adalah memisahkan obyek dan background menggunakan proses thresholding dimana menggunakan persamaan 1 sehingga dihasilkan citra biner [16]. Proses thresholding menggunakan nilai ambang (T) yang didapatkan pada histogram citra input.

$$g'(x, y) = \begin{cases} 1, & g(x, y) \geq T \\ 0, & g(x, y) < T \end{cases} \quad (1)$$

3) Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur merupakan proses pengambilan ciri-ciri yang khas dari objek yang diteliti [14]. Pada penelitian ini fitur yang diambil dari obyek varietas mangga adalah dari fitur bentuk buah, sehingga fitur yang digunakan adalah *area*, *perimeter*, *metric*, *eccentricity*, *major axis length* dan *diameter* [13]. Perhitungan dilakukan menggunakan bantuan kode rantai (*chain code*) untuk mencari nilai area, perimeter sedangkan bentuk menggunakan persamaan rumus :

$$Bentuk = \frac{Perimeter^2}{Area} \quad (2)$$



Gambar 1. Alur Sistem Ensiklopedia Varietas Mangga

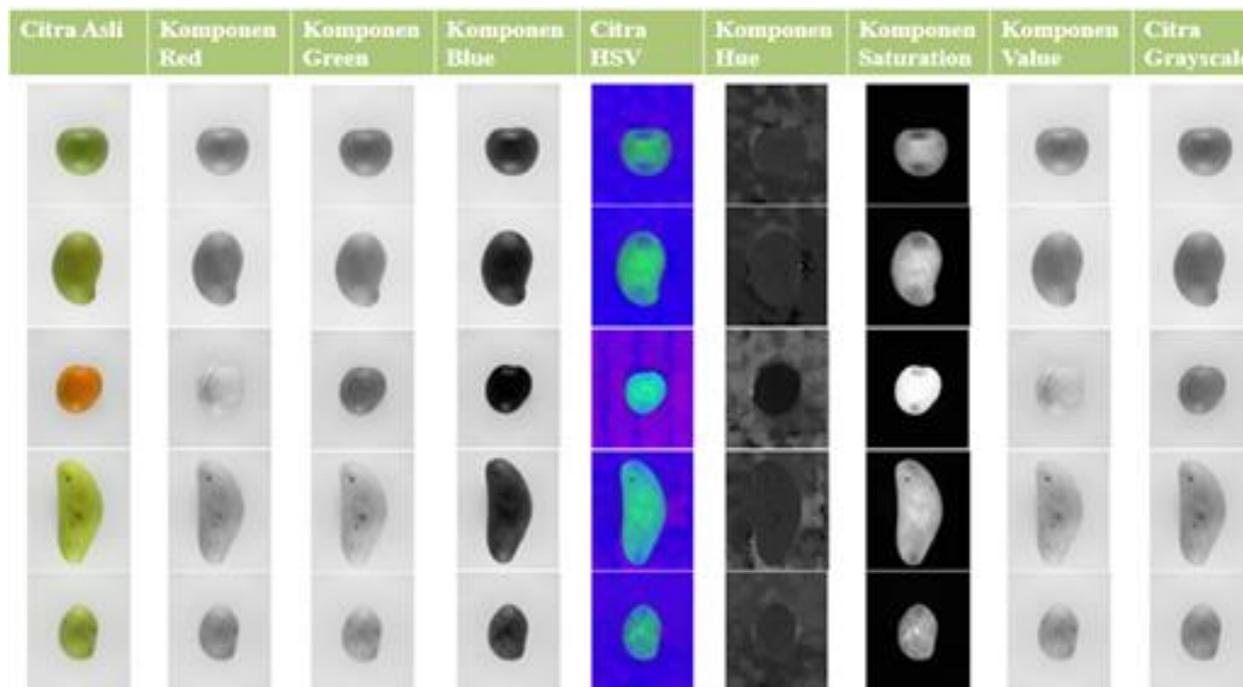


Gambar 2. Proses pengambilan citra mangga

Citra varietas mangga yang digunakan yaitu citra (a) apel, (b) gedong gincu, (c) gadung, (d) golek dan (e) manalagi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

B. Proses Pengolahan Citra

Pada tahapan ini terdapat beberapa teknik pengolahan citra yang digunakan yang meliputi (1) tahapan pre-processing citra, (2) tahapan segmentasi citra dan (3) ekstraksi fitur berdasarkan bentuk jenis buah mangga. Pada pre-processing citra dilakukannya proses resize pada citra buah mangga.



Gambar 4. Hasil citra pemecahan komponen ruang warna RGB, HSV dan grayscale

Sedangkan untuk mencari major axis length dan diameter dilakukan dengan menentukan *centroid* terlebih dahulu menggunakan *moment* (m) dengan persamaan rumus :

$$m_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j f(x, y) \quad (3)$$

Dimana x dan y adalah koordinat piksel dan $f(x,y)$ adalah tingkat keabuan piksel pada koordinat (x,y) . setelah mendapatkan *moment* maka *centroid* dari obyek didefinisikan menggunakan persamaan rumus:

$$x' = \frac{m_{10}}{m_{00}} \text{ dan } y' = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (4)$$

Dimana (x',y') adalah pusat koordinat obyek sementara m_{00} , m_{01} dan m_{10} adalah momen tingkat ke 0 dan ke 1.

C. Klasifikasi Backpropagation

Metode *Backpropagation* mempunyai nama lain Multi Layer Perceptron (MLP) yang merupakan salah satu metode jaringan syaraf tiruan dimana proses pelatihannya terawasi (*supervised learning*). *Supervised Learning* adalah pembelajaran dimana target yang diinginkan telah diketahui dan kelebihan dari metode ini yaitu apabila hasil klasifikasi tidak sesuai dengan target yang diinginkan maka akan terjadi pembaruan bobot sehingga diharapkan tingkat akurasi sistem lebih baik daripada sebelumnya [13]-[15]. Pada penelitian ini metode *backpropagation* dalam mengklasifikasikan jenis

mangga terdapat 2 tahapan yaitu tahapan pelatihan (*training*) dan tahapan pengujian (*testing*).

Tahapan Pelatihan

Langkah 1 : Masukkan data latih berupa variabel input dari data latih jenis mangga yang terdiri dari *area*, *perimeter*, *metric*, *eccentricity*, *major axis length* dan diameter, serta data target kelas/jenis buah mangga. Langkah 2 : Inisialisasi dilakukan pada parameter BPNN, yakni bobot awal, maksimal *epoch*, *learning rate* dan *hidden layer*.

Langkah 3 : Kemudian dilakukan 3 tahapan yang terdiri dari tahap perambatan maju (*feedforward propagation*), perambatan mundur (*backforward propagation*), dan perubahan bobot/bias. Dilakukan proses perhitungan pada ketiga tahap tersebut.

Langkah 4 : Pengecekan syarat henti terhadap maksimum *epoch* dan toleransi *error* apakah sudah sesuai atau belum. Jika sudah maka proses selesai dan jika belum maka diulangi prosesnya dari langkah ketiga.

Langkah 5 : Setelah proses pelatihan selesai maka akan mendapatkan bobot akhir hasil pelatihan yang akan digunakan untuk proses pengujian selanjutnya.

Tahapan Pengujian

Langkah 1 : Masukkan data uji berupa variabel input dari data uji jenis mangga yang terdiri dari *area*, *perimeter*, *metric*, *eccentricity*, *majoraxislength* dan diameter, serta data target kelas/jenis buah mangga. Langkah 2 : Bobot akhir yang telah didapat dari tahap pelatihan sebelumnya akan digunakan untuk inisialisasi bobot awal pada tahap pengujian.

Langkah 3 : Pada tahap pengujian hanya akan menggunakan 1 tahapan saja yaitu tahapan perambatan maju (*feedforward propagation*).

Langkah 4 : Kemudian hasil akhir dari klasifikasi akan didapatkan berupa identifikasi kelas atau jenis buah mangga yaitu Mangga Apel, Mangga Gedong Gincu, Mangga Golek, Mangga Manalagi dan Mangga Gadung.

C. Analisa ROC

Untuk menghitung presisi, akurasi dan *recall* menggunakan perhitungan berdasarkan tabel *confusion matrix*. Presisi (*precision*) didefinisikan sebagai rasio jumlah kelas yang diklasifikasi benar sesuai targetnya dibagi dengan jumlah total data yang diprediksi sebagai kelas target. Sedangkan *recall* didefinisikan sebagai rasio jumlah kelas yang diklasifikasi benar sesuai targetnya dibagi dengan jumlah data yang salah diklasifikasikan menjadi kelas lainnya. Terakhir akurasi adalah persentase keakuratan sistem dalam mengklasifikasikan data yang benar dibagi dengan jumlah keseluruhan data kemudian dikalikan 100%. Persamaan rumus yang digunakan :

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (5)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (6)$$

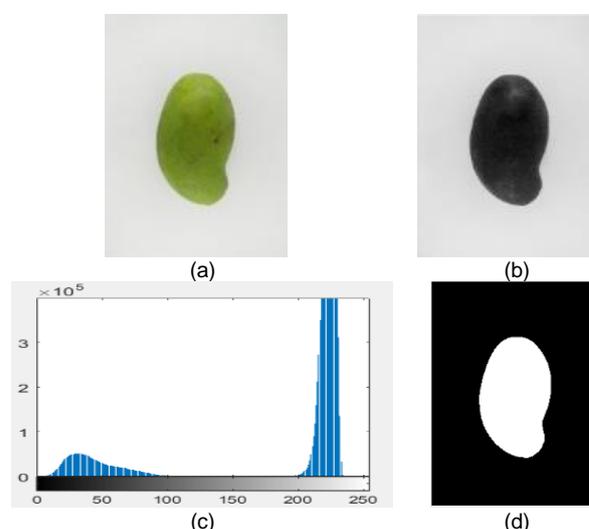
$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \times 100\% \quad (7)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4 menunjukkan bahwa citra komponen blue dapat merepresentasikan obyek buah mangga yang diteliti dengan baik dibandingkan citra komponen *red* dan citra komponen *green*. Saat citra RGB dilakukan proses konversi ke warna *grayscale*, citra hasil tidak merepresentasikan dengan baik obyek buah mangga. Hal ini dikarenakan pada kelas varietas mangga tertentu hasil citra yang dihasilkan cenderung memiliki warna yang memiliki kedekatan nilai keabuan dengan *background* sehingga apabila dilakukan proses segmentasi akan kesulitan atau mendapatkan hasil citra segmantasi yang tidak utuh. Sedangkan ketika dikonversi warna ke ruang warna HSV, hasil citra yang paling baik adalah citra komponen *saturation*. Meskipun pada citra komponen *saturation* terlihat jelas perbedaan antara obyek dan *background* namun pada kelas varietas mangga tertentu nilai piksel citra hasilnya mendekati *background* (berwarna hitam). Tentu hal tersebut juga akan berpengaruh pada citra hasil segmentasi. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diatas maka citra yang digunakan atau *input* pada proses segmentasi adalah citra komponen *blue*.

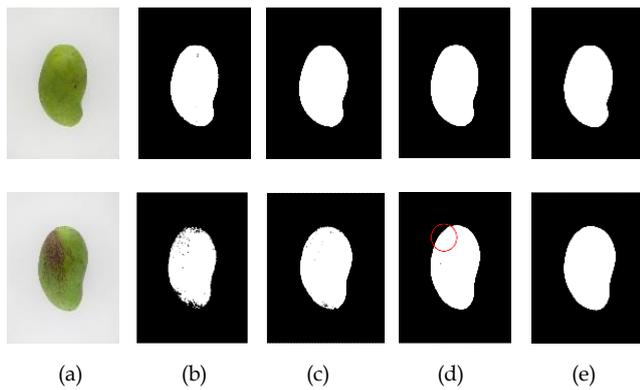
Tujuan dari proses segmentasi adalah

memisahkan obyek yang diteliti dengan *background* dengan cara mencari nilai ambang (*threshold*) pada histogram citra komponen *blue*. Kemudian citra tersebut kemudian dilakukan analisis pada histogram citra untuk melihat sebaran nilai derajat keabuan pada keseluruhan piksel citra. Selanjutnya setelah menganalisis histogram tersebut diambil nilai ambang yang memenuhi dan dilakukan proses segmentasi citra menggunakan rumus persamaan (1) sehingga dihasilkan citra biner seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Gambar tersebut menunjukkan bahwa histogram citra mempunyai peranan penting dalam proses segmentasi berdasarkan nilai *threshold*. Pada penelitian ini nilai *threshold* yang digunakan mempunyai rentang 100 – 160, namun nilai *threshold* yang paling cocok adalah 160.



Gambar 5. (a) Citra asli mangga gadung, (b) citra komponen blue, (c) histogram citra blue dan (d) citra biner

Hal ini dikarenakan tidak semua citra hasil segmentasi (biner) memiliki bentuk yang sesuai dengan citra asli, beberapa kasus terdapat bintik-bintik hitam pada citra hasil segmentasi (citra binernya). Perbedaan hasil segmentasi antara citra mangga gadung tanpa cacat kulit (atas) dengan citra mangga gadung dengan cacat kulit (bawah) dengan nilai *threshold* $T = 100$, $T = 120$, $T = 140$ dan $T = 160$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa pada citra mangga gadung dengan cacat kulit (bawah), saat dilakukan proses segmentasi pada $T = 100$, hasil citra binernya terdapat banyak bintik-bintik hitam dan bintik hitam tersebut mulai berkurang pada $T = 120$ dan $T = 140$ kemudian pada $T = 160$ didapatkan citra biner yang merepresentasikan bentuk aslinya.



Gambar 6. (a)Citra asli, citra hasil segmentasi (b) T = 100, (c) T = 120, (d) T = 140 dan (e) T =160

Hal ini berbeda dengan citra mangga gadung tanpa cacat kulit (atas), ketika dilakukan proses segmentasi dengan nilai $T = 100$, citra biner yang dihasilkan masih terdapat bintik-bintik hitam namun saat nilai $T = 120$ sampai dengan $T = 160$, citra biner yang dihasilkan sudah sesuai dengan obyek mangga yang diharapkan. Bintik-bintik hitam itu muncul dikarenakan beberapa piksel pada obyek buah mangga citra *blue* nilai keabuaannya lebih dari nilai ambang (*threshold*) sehingga saat proses segmentasi, piksel tersebut bernilai 0 (hitam) mirip dengan *background*.

Proses yang dilakukan setelah proses segmentasi adalah proses ekstraksi fitur. Tujuan dari proses ekstraksi fitur adalah pengambilan ciri-ciri yang khas dari objek yang kita diteliti. Ekstraksi fitur sendiri dikelompokkan menjadi 3 yaitu ekstraksi fitur morfologi, tekstur dan warna. Pada penelitian ini yang membedakan varietas mangga dapat dilihat dari fitur morfologinya, sehingga parameter fitur yang digunakan yaitu *area*, *perimeter*, *metric*, *eccentricity*, *major axis length* dan *diameter*. Hasil rata-rata fitur yang digunakan untuk mengklasifikasi varietas buah mangga ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Rata-Rata Fitur Morfologi Pada Tiap Kelas Varietas Mangga

Kelas	Area	Perimeter	Metric	Eccentricity	Major Axis length	Diameter
Apel	18751.74	485,46	0,99	0,35	160,19	154,60
Gadung	22979.26	566,74	0,89	0,80	222,09	177,26
Gincu	13679.17	417,04	0,98	0,54	144,27	132,67
Golek	29319.80	697,72	0,76	0,90	298,86	212,88
Manalagi	15202.20	453,85	0,92	0,77	173,81	142,5

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai parameter yang digunakan untuk mengklasifikasikan jenis buah mangga adalah *area*, *perimeter*, *eccentricity*, *majoraxislength* dan *diameter*. Sedangkan nilai *metric* tidak bisa digunakan, karena nilai fitur *metric* pada beberapa kelas tertentu memiliki nilai yang hampir mirip atau dapat dikatakan memiliki rentang nilai yang tipis dan fitur tersebut akan mempengaruhi akurasi klasifikasi sistem. Contohnya

pada kelas apel fitur *metric*nya sebesar 0,994102, gedong gincu fitur *metric*nya sebesar 0,986887 dan manalagi fitur *metric*nya sebesar 0,922742. Ketiga kelas tersebut memiliki nilai yang hampir sama, sehingga apabila digunakan, sistem mungkin akan kesulitan dalam mengklasifikasi antara kelas varietas mangga apel, mangga gedong gincu dan mangga manalagi. Berdasarkan analisa tersebut maka parameter yang digunakan hanya 5 yaitu *area*, *perimeter*, *eccentricity*, *majoraxislength* dan *diameter*. Parameter inilah yang digunakan sebagai input dari metode *backpropagation*.

Algoritma metode *backpropagation* terdiri dari 2 tahap, yaitu tahapan pelatihan dan tahapan pengujian. Pada tahap pelatihan sendiri terdiri dari fase *feedforward*, fase *backward* dan perhitungan nilai MSE. Jumlah data pelatihan (*training*) yang digunakan yaitu sebanyak 270 citra yang terdiri dari 68 mangga apel, 50 mangga gadung, 52 mangga gedong gincu, 50 mangga golek dan 50 mangga manalagi. Sedangkan data *testing* yang digunakan adalah 50 citra. Adapun nilai parameter lain yang tentukan adalah *goal* (0,0001), *maximal epoch* (100). Kemudian dilakukan proses input nilai alfa (*learning rate*) serta *hidden layer* dalam pembentukan pola jaringan *backpropagation*. Proses ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi metode klasifikasi yang paling tepat. Berikut merupakan tabel *learning rate*, *hidden layer*, dan akurasi yang didapatkan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Akurasi Pelatihan Sistem Berdasarkan Variasi Arsitektur Jaringan dan Learning Rate (α)

Arsitektur Jaringan			Learning Rate (α)				
Input Layer	Hidden Layer	Output Layer	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
5	5	5	99,6%	98,5%	99,3%	98,5%	98,5%
5	6	5	97,8%	98,9%	98,1%	99,3%	98,1%
5	7	5	99,3%	98,1%	98,1%	98,5%	97,8%
5	8	5	98,1%	97,8%	97,4%	97,4%	97,4%
5	9	5	98,1%	98,1%	98,5%	97,8%	97,4%
5	10	5	98,5%	97,8%	98,5%	97,8%	97,8%

Berdasarkan Tabel 2 tingkat akurasi metode klasifikasi berdasarkan variasi node pada *hidden layer* dan *learning rate* (α) yang digunakan dalam pelatihan jaringan *backpropagation* didapatkan hasil akurasi terendah yaitu sebesar 97,4% pada variasi nilai alfa 0,3, 0,4 dan 0,5 dengan jumlah node pada *hidden layer* yaitu 6 dan 8 node. Sedangkan akurasi tertinggi yang didapatkan pada tahapan *training* ini adalah sebesar 99,6% dengan variasi nilai alfa 0,1 dan 5 node pada *hidden layer*. selanjutnya nilai bobot dari akurasi tertinggi tahapan pelatihan disimpan dan kemudian digunakan dalam tahapan pengujian seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Akurasi Pengujian Sistem Berdasarkan Variasi Arsitektur Jaringan dan Learning Rate (α)

Arsitektur Jaringan			Learning Rate (α)				
Input Layer	Hidden Layer	Output Layer	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
5	5	5	96%	94%	94%	92%	94%
5	6	5	92%	94%	94%	94%	92%
5	7	5	96%	90%	94%	94%	92%
5	8	5	92%	92%	92%	90%	92%
5	9	5	92%	90%	94%	94%	92%
5	10	5	94%	94%	94%	92%	94%

Berdasarkan data pada Tabel 3, hasil akurasi pengujian sistem menggunakan nilai bobot dari variasi *learning rate* (α) 0.1 dan arsitektur jaringan yang terbaik yaitu 5, 5, 5 dan 5, 7, 5 tahapan pengujian didapatkan akurasi *testing* sebesar 96%.

Perhitungan *accuracy*, *precision* dan *recall* menggunakan perhitungan berdasarkan *confusion matrix* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. Presisi (*precision*) didefinisikan sebagai rasio jumlah kelas yang diklasifikasi benar sesuai targetnya dibagi dengan jumlah total data yang diprediksi sebagai kelas target. *Recall* didefinisikan sebagai rasio jumlah kelas yang diklasifikasi benar sesuai targetnya dibagi dengan jumlah data yang salah diklasifikasikan menjadi kelas lainnya. Akurasi adalah persentase keakuratan sistem dalam mengklasifikasikan data yang benar dibagi dengan jumlah keseluruhan data kemudian dikalikan 100%. Ketiga parameter tersebut dicari berdasarkan persamaan rumus (5), (6) dan (7).

Tabel 4. *Confusion matrix* pengujian sistem dengan *learning rate* 0.1

Target	Hasil Klasifikasi				
	A	B	C	D	E
A	10	0	0	0	0
B	0	10	0	0	0
C	2	0	8	0	0
D	0	0	0	10	0
E	0	0	0	0	10

Keterangan :

A = Mangga Apel ; B = Mangga Gedong Gincu ; C = Mangga Gadung ;
 D = Mangga Golek ; E = Mangga Manalagi

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{10}{12} = 0.833$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{10}{10} = 1$$

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\% \\ = \frac{48}{50} \times 100\% = 96\%$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa teknik pengolahan citra khususnya seleksi fitur sangat mempengaruhi tingkat akurasi dari *backpropagation* dalam mengklasifikasikan varietas buah mangga kedalam 5 kelas yaitu mangga apel, mangga gadung, mangga gedong gincu, mangga golek dan mangga manalagi. Tingkat akurasi sistem dapat mengklasifikasi varietas buah mangga menggunakan metode *backpropagation* didapatkan pada data uji sebesar 96% dengan akurasi *error rate* sebesar 4%.

Nilai akurasi dalam klasifikasi menggunakan *backpropagation* dalam penelitian ini tidak mencapai 100% dikarenakan adanya kemiripan nilai fitur pada kelas tertentu yang dihasilkan pada tahapan ekstraksi ciri mangga sehingga mempersulit proses klasifikasi. Berdasarkan hasil dari penelitian diatas, diperlukan metode klasifikasi yang lain sebagai pembandingan sehingga didapatkan metode yang lebih efektif dan akurat dalam menentukan jenis buah mangga (*Mangifera spp.*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. P. Melandani, E. Kriswiyanti, dan M. Ria Defiani, "Analisis Kekerabatan Beberapa Tanaman Mangga (*Mangifera Spp.*) Berdasarkan Karakteristik Morfologi dan Anatomi Daun," *Simbiosis*, no. 1, hal. 7, 2017, doi: 10.24843/jsimbiosis.2017.v05.i01.p02.
- [2] M. Hatta, E. Adelina, dan Nuraeni, "Viabilitas Benih Dan Vigor Bibit Mangga Kweni (*Mangifera Odorata Griff.*) Dari Berbagai Sumber Benih Terpilih Dari Desa Bente Kecamatan bungku Tengah Kabupaten Morowali," *J. Agrol.*, vol. 25, no. 3, hal. 229-237, 2018.
- [3] Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, *Statistik Pertanian 2019*. 2019.
- [4] Pracaya, *Bertanam Mangga*, I. Jakarta: Penebar Swadaya, 2011.
- [5] R. Polosakan, "Sebaran Jenis-Jenis *Mangifera* Di Indonesia," *ETHOS (Jurnal Penelit. dan Pengabdian)*, hal. 93, 2016, doi: 10.29313/ethos.v0i01.1664.
- [6] M. C. Ichsan dan B. Suroso, "Eksplorasi dan Karakterisasi Buah Spesies Kerabat Mangga di Situbondo," *Agritrop J. Ilmu-Ilmu Pertan.*, vol. 12, no. 1, hal. 9-13, 2014.
- [7] F. Romadhon, R. A. Asmara, dan A. R. T. H. Ririd, "Implementasi metode back-propagation untuk klasifikasi tingkat kematangan mangga podang," *Semin. Inform. Apl. Polinema*, 2016.
- [8] N. Nafiah, "Klasifikasi Kematangan Buah Mangga Berdasarkan Citra HSV dengan KNN," *J. Elektron. List. dan Teknol. Inf. Terap.*, vol. 1, no.

- 2, hal. 1-4, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <https://ojs.politeknikjambi.ac.id/elti>.
- [9] A. A. Triono, "Sistem Pengenalan Jenis Mangga Berdasarkan Daun dengan Metode K-Nearest Neighbor," Universitas Nusantara PGRI Kediri, 2017.
- [10] R. M. Hakiky, N. Hikmah, dan D. Ariyanti, "Klasifikasi Jenis Pohon Mangga Berdasarkan Bentuk dan Tekstur Daun Menggunakan Metode *Backpropagation*," *J. Inform. Upgris*, vol. 6, no. 2, 2021, doi: 10.26877/jiu.v6i2.6645.
- [11] A. R. Irnanda dan F. Candra, "Klasifikasi Jenis Mangga Berdasarkan Fitur Bentuk Dan Warna Dengan Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor," *Jom FTEKNIK*, vol. 2, hal. 1-10, 2018.
- [12] J. Jamaludin, C. Rozikin, dan A. S. Y. Irawan, "Klasifikasi Jenis Buah Mangga dengan Metode *Backpropagation*," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 20, no. 1, hal. 1-12, 2021, doi: 10.31358/techne.v20i1.231.
- [13] Z. E. Fitri, A. Baskara, M. Silvia, A. Madjid, dan A. M. N. Imron, "Application of *backpropagation* method for quality sorting classification system on white dragon fruit (*Hylocereus undatus*)," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 672, no. IT Agriculture, hal. 1-6, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/672/1/012085.
- [14] A. M. Nanda Imron dan Z. E. Fitri, "A Classification of Platelets in Peripheral Blood Smear Image as an Early Detection of Myeloproliferative Syndrome Using Gray Level Co-Occurrence Matrix," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1201, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1201/1/012049.
- [15] Z. E. Fitri dan A. M. N. Imron, "Classification of White Blood Cell Abnormalities for Early Detection of Myeloproliferative Neoplasms Syndrome Using *Backpropagation*," in *Proceedings of the 1st International Biomedical Engineering, on Electronics, Conference and Health Informatics*, 2021, vol. 746, hal. 499-507, [Daring]. Tersedia pada: <https://link.springer.com/10.1007/978-981-33-6926-9>.
- [16] Z. E. Fitri, L. N. Y. Syahputri, dan A. M. N. Imron, "Classification of White Blood Cell Abnormalities for Early Detection of Myeloproliferative Neoplasms Syndrome Based on K-Nearest Neighbor," *Sci. J. Informatics*, vol. 7, no. 1, hal. 136-142, 2020, doi: 10.15294/sji.v7i1.24372.