

Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kopi Menggunakan Algoritma *Fuzzy C – Means*

Muhammad Rioarda Irfa'i¹, Bagus Fatkhurrozi², Ika Setyowati³
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Tidar
email: rioardha123@gmail.com¹, bagusf@untidar.ac.id², ikasetyowati@untidar.ac.id³

ABSTRAK

Kopi merupakan salah satu minuman yang sangat populer di dunia dan digemari oleh banyak orang termasuk di Indonesia. Pengolahan kopi sangat berperan penting dalam menentukan cita rasa dan kualitas kopi. Pengujian mutu fisik, selama ini masih menggunakan cara-cara tradisional. Cara-cara seperti ini sangat lambat dan menyebabkan bias yang sangat tinggi. Kopi memiliki tingkat kematangan tertentu dalam kurun waktu yang singkat, sehingga menjadikan pentingnya proses pengklasifian agar kopi tidak cepat busuk. Klasifikasi secara manual dilakukan berdasarkan pengamatan visual terhadap buah kopi dan membutuhkan waktu yang relatif lama. Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis merancang sebuah sistem yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kematangan buah kopi menggunakan transformasi HSV (*Hue, Saturation, Value*) dan Histogram. Penelitian ini menggunakan citra warna RGB lalu dikonversi ke ruang warna HSV, dan menggunakan *Fuzzy C-Means* untuk membandingkan akurasi. Hasil klasifikasi menggunakan transformasi HSV dapat mengidentifikasi 30 citra buah kopi dan 10 citra buah kopi yang tidak teridentifikasi yaitu citra buah kopi campuran. Klasifikasi menggunakan *Algoritma Fuzzy C-Means* diperoleh hasil dengan rincian sebanyak 75% data yg benar dan 25% data yang salah. Hasil simulasi dari fitur histogram berdasarkan komponen HSV terdapat perbedaan penyebaran nilai piksel dari ketiga kluster kematangan buah kopi. Histogram *hue* dari kopi mentah terkonsentrasi pada sebelah kiri histogram. Histogram *hue* dari kopi setengah matang terkonsentrasi pada sebelah kanan dan kiri histogram. Histogram *hue* dari kopi matang terkonsentrasi pada sebelah kanan histogram, sedangkan untuk histogram *saturation* dan *value* cenderung memiliki konsentrasi yang sama pada semua tingkat kematangan.

Kata kunci: kematangan kopi, transformasi HSV, Histogram, *Fuzzy C-Means*

ABSTRACT

Coffee is one of the most popular drinks in the world and is favored by many people, including in Indonesia. Coffee processing plays an important role in determining the taste and quality of coffee. So far, physical quality testing is still using traditional methods. These methods are very slow and cause very high bias. Coffee has a certain level of maturity in a short period of time, thus making the classification process important so that coffee does not spoil quickly. Manual classification is done based on visual observations of coffee cherries and takes a relatively long time. Based on these problems, the authors designed a system that can be used to identify the degree of dryness of the coffee cherries using HSV (Hue, Saturation, Value) and Histogram transformations. This study uses an RGB color image and then converted it to an HSV color space, and uses Fuzzy C-Means to compare the accuracy. The classification results using HSV transformation can identify 30 images of coffee cherries and 10 images of unidentified coffee cherries, namely mixed coffee fruit images. Classification using the Fuzzy C-Means Algorithm shows that 75% of the data are correct and 25% of the data are incorrect. The simulation results of the histogram feature based on the HSV component show differences in the distribution of pixel values of the three clusters of ripeness of the coffee fruit. The hue histogram of raw coffee is concentrated on the left of the histogram. The hue histograms of undercooked coffee are concentrated on the right and left of the histogram. The hue histogram of ripe coffee is concentrated on the right of the histogram, while the saturation and value histograms tend to have the same concentration at all ripeness levels.

Keywords: ripeness of coffee, HSV transformation, Histogram, *Fuzzy C-Means*

I. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu minuman yang sangat populer di dunia dan digemari oleh banyak orang termasuk di Indonesia. Pengolahan kopi sangat berperan penting dalam menentukan cita rasa dan kualitas kopi. Saat ini peningkatan produksi kopi di Indonesia masih terhambat oleh rendahnya mutu buah kopi yang dihasilkan sehingga mempengaruhi pengembangan produksi akhir kopi.

Pengujian mutu fisik, selama ini masih menggunakan cara-cara tradisional. Cara-cara seperti ini sangat lambat dan menyebabkan bias yang sangat tinggi. Ada dua cara proses pemanenan buah kopi yang umum dilakukan secara tradisional, yaitu pemanenan selektif pilih merah dan pemanenan racutan/rampasan yaitu pemetikan terhadap semua buah kopi baik yang masih hijau maupun yang merah dan biasanya dilakukan pada pemanenan akhir.

Untuk mendapatkan kualitas kopi yang baik pemanenan selektif sangat dianjurkan. Sedangkan pemanenan racutan/rampasan ini dilakukan melalui pemilihan buah kopi berwarna hijau tua yang belum merah secara satu persatu dan memerlukan waktu yang cukup lama dalam proses pemanenan, sehingga hasil panen racutan/rampasan menyebabkan mutu kualitas buah kopi rendah. Proses pemilihan buah kopi merupakan salah satu tahapan yang penting, namun saat ini masih sedikit data tentang bagaimana proses pemilihan buah kopi yang tepat untuk menghasilkan produk kopi berkualitas .[1]

Penelitian objek kopi berbasis citra digital saat ini telah banyak menggunakan teknologi sistem komputer dalam metode pengolahan berdasarkan deteksi citra. Teknik pengolahan citra mampu menganalisis penampilan suatu objek berdasarkan ukuran, warna dan bentuk. Teknik pengolahan citra telah dicoba untuk diaplikasikan pada deteksi cacat biji kopi, mengklasifikasi warna kematangan dan mutu biji kopi dan seterusnya .

Fuzzy logic sebagai cabang dari sistem kecerdasan buatan dapat diterapkan untuk melakukan klasifikasi buah kopi. Salah satu fuzzy logic yang dapat diterapkan sebagai kecerdasan buatan ke dalam sistem klasifikasi adalah logika *Fuzzy C-Means*. Fuzzy C-Means merupakan algoritma iteratif, yang menerapkan iterasi pada proses *clustering* data. Tujuan dari Fuzzy C-Means adalah untuk mendapatkan pusat cluster yang nantinya akan digunakan untuk mengetahui data yang masuk ke dalam sebuah cluster. Fuzzy C-Means menerapkan pengelompokan fuzzy, dimana setiap data dapat menjadi anggota dari beberapa cluster dengan derajat keanggotaan yang berbeda-beda pada setiap cluster.

Penelitian ini dilakukan untuk membuat sistem klasifikasi tingkat kematangan buah kopi menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means*. Sistem identifikasi ini akan dirancang menggunakan bahasa pemrograman Matlab. Data penelitian ini menggunakan citra (gambar) dari buah kopi yang telah dikelompokkan berdasarkan warna kulitnya, kemudian di *crop* dan *resize* untuk mempercepat proses klasifikasi pada sistem. Citra tersebut kemudian akan diekstrak ciri warna dari kadar RGB, digunakan untuk menghitung nilai HSV citra. Hasil yang didapat berupa nilai HSV kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan algoritma Fuzzy C-Means untuk menentukan kematangan buah kopi. Penelitian ini bertujuan agar dapat mempercepat proses klasifikasi tingkat kematangan buah kopi, sehingga dapat memudahkan dan mempercepat dalam proses pengolahan buah kopi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Referensi terkait dapat dilihat pada penelitian dengan objek buah kopi hasil roasting.

Tingkatan roasting yang dijadikan patokan pada penelitian ini adalah *light roast*, *medium roast*, dan *dark roast*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan dan menghasilkan klasifikasi tingkat kematangan kopi dalam proses roasting dengan algoritma *Fuzzy C-Means*. Penelitian ini berhasil menerapkan metode *Fuzzy C-Means* untuk melakukan proses klasifikasi tingkat kematangan kopi. Dari hasil pengujian, didapat kesimpulan bahwa klasifikasi 3 tingkatan klasifikasi menggunakan metode *Fuzzy C-Means* mendapatkan tingkat akurasi sebesar 33% dengan menggunakan data image sebanyak 30 citra. Pada setiap tingkatan klasifikasi menggunakan 10 data image.[2]

Penelitian dengan objek buah kopi tetapi menggunakan metode yang berbeda juga pernah dilakukan. Objek yang digunakan pada penelitian ini yaitu kopi robusta dengan 7 grade mutu yang terdiri atas mutu I, II, III, Iva, IVb, V, VI dan kopi arabika dengan 6 grade mutu yang terdiri dari mutu I, II, III, IV, V, dan VI. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat rancangan sistem pengolahan citra digital untuk mendeteksi jenis dan mutu kopi dari beberapa jenis sampel kopi dan menentukan pengenalan beberapa jenis dan mutu biji kopi terbaik berdasarkan hasil akurasi sistem. Penelitian ini menggunakan pengolahan citra digital yang berektensi .jpg dengan ukuran 300x300 yang diproses berdasarkan parameter tekstur dan warna, kemudian dikombinasikan dengan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dan *algoritma Learning Vector Quantization* (LVQ) untuk mengidentifikasi jenis dan mutu kopi. [3]

Penelitian yang hampir serupa tetapi dengan objek yang berbeda juga pernah dilakukan. Penelitian ini menggunakan citra sampel yang diperoleh dari *Weizmann Segmentation Dataset*. Jumlah citra uji yang digunakan sebanyak 3 buah. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkombinasikan dan mengimplementasikan algoritma *Fuzzy C-Means* dengan *Statistical Region Merging* untuk proses segmentasi citra berbasis *clustering*, serta melakukan uji coba untuk mengetahui unjuk kerja sistem segmentasi citra yang diusulkan ini. Metode FCMSRM yang dikembangkan untuk melakukan segmentasi citra dengan menggunakan metode *Fuzzy C-Means* dengan *spatial function*, serta preprocessing menggunakan metode SRM berfungsi untuk menyederhanakan kompleksitas warna pada citra uji agar lebih mudah untuk disegmentasi..[4]

Penelitian selanjutnya mengacu pada penelitian kematangan buah kopi menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Learning Vector Quantization*. Penelitian ini memiliki beberapa tujuan, yaitu menerapkan ekstraksi ciri warna pada proses ekstraksi ciri citra buah kopi dan menerapkan metode JST-LVQ pada proses mengidentifikasi kematangan buah kopi. Penelitian ini menggunakan Jaringan syaraf tiruan metode LVQ yang dibangun menggunakan aplikasi matlab digunakan untuk

mengidentifikasi kematangan buah kopi dengan memanfaatkan warna RGB pada citra digital buah kopi dengan tingkat sakurasi sebesar 100 % pada tiap-tiap pengujian.[5]

Penelitian selanjutnya mengacu pada penelitian berjudul “Multiple Feature Fuzzy C-Means Clustering Algorithm for Segmentation of Microarray Images”. Penelitian ini menjelaskan beberapa fitur Fuzzy C-Means klustering untuk segmentasi gambar microarray. Selain menggunakan intensitas piksel, dua fitur lain seperti jarak piksel dari titik pusat dan nilai tengah piksel sekitarnya digunakan untuk segmentasi.[6]

Perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan adalah dengan mengkombinasikan antara pengolahan citra dengan perhitungan logika fuzzy untuk menentukan tingkat kematangan buah kopi. Pada penelitian ini, klasifikasi menitikberatkan pada ruang warna HSV yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan menggunakan algoritma Fuzzy C-Means untuk menentukan kluster buah kopi. Penelitian ini menggunakan buah kopi sebagai objek, buah kopi yang digunakan adalah kopi robusta yang masih segar atau belum melalui proses apapun.

III. METODE PENELITIAN

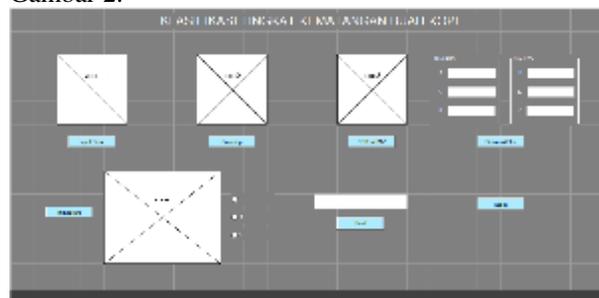
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah studi literatur, perencanaan, perancangan, pengujian, pengambilan data, dan analisis data. Diagram alir metode penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Perencanaan pada penelitian ini dimulai dengan merencanakan sebuah sistem yang digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kematangan buah kopi. Penelitian ini menggunakan citra sebagai bahan untuk dilakukan penelitian.

Setelah perencanaan dilakukan kemudian tahap perancangan sistem. Perancangan ini menggunakan *software* Matlab R2014a untuk memprogram sistem dan juga untuk merancang tampilan pada *interface* sistem. Apabila perancangan telah selesai maka akan dilakukan pengujian pada sistem tersebut untuk mensimulasikan penelitian ini, apakah sistem telah sesuai dengan yang direncanakan atau masih ada galat. Tahap selanjutnya setelah setelah pegujian dilakukan yaitu mengumpulkan data untuk bahan analisis pada laporan penelitian.



Gambar 1 Diagram alir pelaksanaan penelitian

Sistem identifikasi kematangan buah kopi ini menggunakan input berupa citra buah kopi dengan format .jpg. Proses awal yang dilakukan sebelum mengidentifikasi citra adalah mengubah ukuran data training maupun data testing citra, dengan cara mengecilkan pikselnya. Perancangan GUI sistem identifikasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. GUI Sistem Identifikasi

Tahap pertama yang dilakukan oleh sistem adalah proses membuka gambar atau data citra yang akan diidentifikasi, citra tersebut akan ditampilkan pada kotak citra masukan. Proses selanjutnya adalah *preprocessing* untuk mengubah ukuran citra atau *resizing*. *Resizing* dilakukan untuk memperkecil ukuran citra, agar pada proses identifikasi oleh sistem tidak memakan waktu lama dan untuk memperkecil memori penyimpanan.

Hasil dari *preprocessing* citra tersebut akan di konversi dari ruang warna RGB ke HSV. Kemudian menghitung nilai RGB dan HSV yang nanti akan digunakan sebagai acuan dalam hasil akhir klasifikasi. Proses selanjutnya adalah menampilkan simulasi fitur histogram dari komponen HSV. Tahap analisis data dari perhitungan HSV kemudian diklasifikasikan sesuai fase tingkat kematangannya.

Perhitungan untuk mengklasifikasikan buah kopi menggunakan metode *Fuzzy C-Means* akan dimasukkan ke dalam 3 kluster yaitu mentah, setengah masak, dan masak sesuai dengan tingkat kematangan masing-masing buah.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data testing yang digunakan pada penelitian ini menggunakan 4 macam kopi dengan warna kulit yang berbeda-beda yaitu hijau, kuning merah, merah dan campuran. Setiap tingkat kematangan digunakan sebanyak 2 buah kopi dengan nilai rata-rata minimal dan maksimal dari HSV. Nilai minimal dan maksimal ini kemudian akan dijadikan acuan tiap kluster atau tiap tingkat kematangan. Range yang digunakan pada tahap klasifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2. Berdasarkan hasil yang didapat dari perhitungan data testing diperoleh nilai tiap kluster sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Testing Buah Kopi 100 gram

No	Kategori	Nilai H		Nilai S		Nilai V	
		Minimal	Maksimal	Minimal	Maksimal	Minimal	Maksimal
1	Hijau	0,1695	0,2042	0,3387	0,5128	0,4206	0,4510
2	Kuning-Merah	0,0509	0,0828	0,3434	0,4683	0,5133	0,5479
3	Merah	0,9844	0,9932	0,1971	0,3494	0,5081	0,5672
4	Campuran	0,1024	0,1577	0,4121	0,4675	0,3734	0,4347

Tabel 4.2 Data Testing Buah Kopi 250 gram

No	Kategori	Nilai H		Nilai S		Nilai V	
		Minimal	Maksimal	Minimal	Maksimal	Minimal	Maksimal
1	Hijau	0,1926	0,2150	0,2430	0,3877	0,4288	0,4687
2	Kuning-Merah	0,0489	0,0654	0,2441	0,3859	0,5350	0,6082
3	Merah	0,9517	0,9728	0,2170	0,2396	0,5260	0,5494
4	Campuran	0,1322	0,1825	0,3923	0,3993	0,3852	0,4301

Hasil dari data testing tersebut kemudian dijadikan 3 acuan kluster yaitu mentah, setengah matang, dan matang. Kopi mentah menggunakan range dari data testing berwarna hijau. Kopi setengah matang menggunakan range dari data testing kopi berwarna kuning merah, sedangkan untuk kopi matang menggunakan range dari data testing kopi berwarna merah. Ketentuan yang digunakan untuk menentukan tingkat kematangan kopi berdasarkan range-nya yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Mentah} &= \begin{cases} 0,1695 < H < 0,2150 \\ 0,2430 < S < 0,5128 \\ 0,4206 < V < 0,4687 \end{cases} \\
 \text{Setengah Matang} &= \begin{cases} 0,0489 < H < 0,0828 \\ 0,2441 < S < 0,4683 \\ 0,5133 < V < 0,6082 \end{cases} \\
 \text{Matang} &= \begin{cases} 0,9517 < H < 0,9932 \\ 0,1971 < S < 0,3494 \\ 0,5081 < V < 0,5672 \end{cases}
 \end{aligned}$$

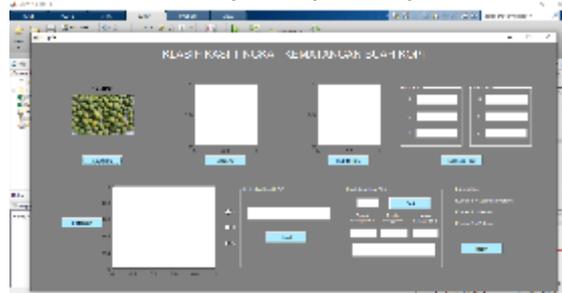
Data masukan yang digunakan pada penelitian ini berupa citra buah kopi dengan format

.jpg. Data yang digunakan sebanyak 40 citra dengan ukuran 6000x4000 piksel. Data uji yang digunakan sebagai masukan pada sistem yaitu 20 citra buah dengan berat 100gr setiap citra, dan 20 citra buah kopi dengan berat 250gr setiap citra dengan berbagai tingkat kematangan. Data uji yang digunakan sebagai masukan pada sistem dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Citra Buah Kopi

Memasukan data uji yang telah diperoleh kedalam sistem yang telah dirancang dengan menekan tombol *input citra* pada sistem. Setelah dilakukan input citra pada sistem maka akan muncul data uji yang akan dieksekusi pada sistem GUI MatLab, berikut tampilan input citra pada sistem:



Gambar 4. Input Data pada Sistem GUI MatLab

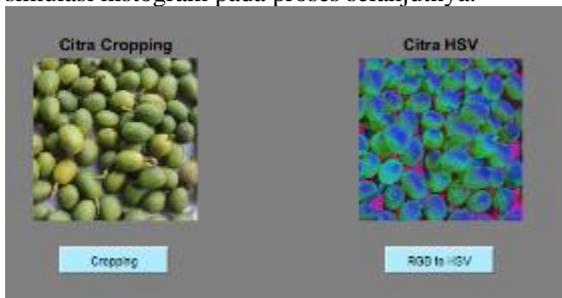
Selanjutnya data uji memasuki proses *resize* dan *cropping* dengan menekan tombol *cropping* pada sistem. Data uji akan diresize dengan perbandingan 0,1 ukuran sebenarnya menjadi 600x400 piksel. Setelah diresize kemudian citra akan di *cropping* menjadi 400x400 piksel. Berikut adalah hasil dari sistem GUI Matlab akan menampilkan tampilan seperti berikut:



Gambar 5. Cropping Citra pada Sistem

Selanjutnya data uji memasuki proses konversi dari RGB ke HSV dengan menekan tombol *RGB to HSV* pada sistem seperti yang ditunjukkan

pada Gambar 6. Konversi ruang warna RGB ke ruang warna HSV digunakan untuk melakukan simulasi histogram pada proses selanjutnya.



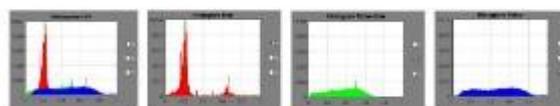
Gambar 6. Konversi Citra RGB ke HSV pada Sistem

Selanjutnya data uji memasuki proses ekstraksi dengan menekan tombol *Ekstraksi Fitur* pada sistem. Pada proses ini gambar akan diekstrak untuk mendapatkan nilai RGB-nya. Setelah diperoleh nilai RGB-nya kemudian akan dikonversi menjadi HSV. Hasil dari nilai HSV yang ditampilkan pada GUI akan diklasifikasikan sesuai dengan tingkat kematangan buah kopi sesuai dengan ketentuan range-nya. Tampilan hasil ekstraksi fitur dapat dilihat pada Gambar 7.

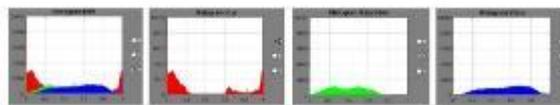


Gambar 7. Hasil Ekstraksi Fitur menggunakan GUI MatLab

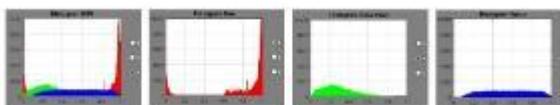
Hasil simulasi pada fitur histogram berdasarkan komponen HSV dari tiga tingkat kematangan buah kopi yaitu: kopi mentah, kopi setengah matang, dan kopi matang ditampilkan pada Gambar 8 sampai dengan 10. Terdapat perbedaan penyebaran piksel pada histogram *hue* dari ketiga kelompok buah kopi. Histogram *hue* dari kopi mentah terkonsentrasi pada sebelah kiri histogram. Histogram *hue* dari kopi setengah matang terkonsentrasi pada sebelah kanan dan kiri histogram. Histogram *hue* dari kopi matang terkonsentrasi pada sebelah kanan histogram, sedangkan untuk histogram *saturation* dan *value* cenderung memiliki konsentrasi yang sama pada semua tingkat kematangan. Dari hasil simulasi histogram didapatkan karakteristik setiap kluster buah kopi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 s.d Gambar 10.



Gambar 8. Histogram Warna HSV dari Citra Buah Kopi Mentah



Gambar 9. Histogram Warna HSV dari Citra Buah Kopi Setengah Matang



Gambar 10. Histogram Warna HSV dari Citra Buah Kopi Matang

Selanjutnya data uji memasuki proses klasifikasi, pada proses ini buah kopi diklasifikasikan berdasarkan nilai HSV dengan menekan tombol *hasil* pada sistem. Proses tersebut akan mengklasifikasikan buah kopi masuk kedalam kluster mentah, setengah matang, atau matang sesuai dengan ketentuan *range*-nya. Berikut adalah hasil dari sistem GUI Matlab akan menampilkan tampilan seperti berikut:



Gambar 11. Hasil Klasifikasi menggunakan HSV

Penelitian ini menggunakan data sebanyak 40 citra buah kopi yang terdiri dari 20 citra buah dengan berat 100gr dan 20 citra buah kopi dengan berat 250gr.

Data yang digunakan pada klasifikasi menggunakan Algoritma *Fuzzy C-Means* adalah nilai rata-rata dari nilai Red, Green, dan Blue yang diambil dari sistem. Kemudian dikonversi ke nilai Hue, Saturation, dan Value menggunakan rumus:

$$V = \max(R, G, B)$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{jika } V = 0 \\ 1 - \frac{\min(R,G,B)}{V}, & V > 1 \end{cases}$$

$$H = \begin{cases} \frac{60*(G-B)}{S*V}, & \text{jika } V = R \\ 60 * \left[2 + \frac{B-R}{S*V} \right], & \text{jika } V = G \\ 60 * \left[4 + \frac{R-G}{S*V} \right], & \text{jika } V = B \end{cases}$$

$$H = H + 360 \text{ jika } H < 0$$

Setelah nilai HSV didapatkan, dilakukan pemetaan atau clustering dengan menggunakan Algoritma Fuzzy C-Means dengan tahapan sebagai berikut:

- Menetapkan matriks partisi awal U berupa matriks berukuran n x m (n adalah jumlah sampel data, yaitu = 45, dan m adalah parameter atau atribut setiap data, yaitu = 3). Xij = data sampel ke-i (i = 1,2,...,n), atribut ke-j (j = 1,2,...,m).
- Menentukan nilai parameter awal
 - Jumlah cluster (c) : 3
 - Pangkat (w) : 2
 - Maksimum iterasi (MaxIter) : 100
 - Error terkecil yang diharapkan (ϵ) : 10^{-5}
 - Fungsi objektif awal (P₀) : 0
 - Iterasi awal (t) : 1
- Membangkitkan bilangan random μ_{ik} , i = 1,2,...,n; k = 1,2,...,c sebagai elemen – elemen matriks partisi awal (U).
- Menentukan pusat cluster (V)
 Pada iterasi pertama dengan menggunakan persamaan :

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^2 * X_{ij})}{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^2)}$$

- Menghitung nilai Fungsi Objektif (Pt)
 Fungsi objektif pada iterasi pertama Pt dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_1 = \sum_{i=1}^{45} \sum_{j=1}^3 \left(\left[\sum_{k=1}^3 (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^2 \right) = 2,139986874$$

- Mengecek Kondisi Berhenti

Karena $|P_1 - P_0| = |2,139986874 - 0| = 2,139986874 > \epsilon(10^{-5})$, dan iterasi = 1 < MaxIter (=100), maka proses dilanjutkan ke iterasi kedua (t=2). Pada iterasi kedua ditentukan kembali 3 pusat cluster V_{kj} (seperti langkah perhitungan pada iterasi pertama) dengan k = 1,2,3 dan j = 1,2,3 hasilnya sebagai berikut :

$$V_2 = \begin{bmatrix} 0,275056383 & 0,356544177 & 0,476415967 \\ 0,331816221 & 0,347837591 & 0,480906971 \\ 0,452624163 & 0,329854504 & 0,495420785 \end{bmatrix}$$

Fungsi objektif pada iterasi kedua (P₂) juga dihitung seperti cara perhitungan pada iterasi pertama, hasilnya adalah:

$$P_2 = \sum_{i=1}^{45} \sum_{j=1}^3 \left(\left[\sum_{k=1}^3 (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^2 \right) = 1,892126$$

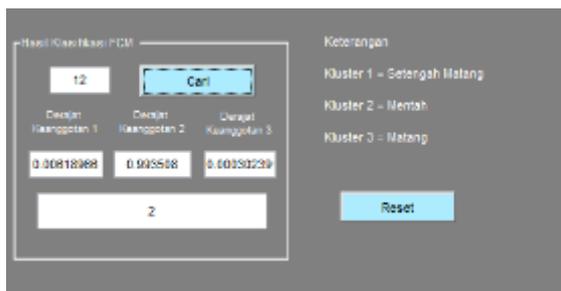
Karena $|P_2 - P_1| = |1,892126 - 2,139987| = 0,247861 > \epsilon(10^{-5})$, dan iterasi = 1 < MaxIter (=100), maka proses dilanjutkan ke iterasi ketiga (t=3).

Tabel 3. Hasil Perhitungan Menggunakan Fuzzy C-Means

Iterasi	Fungsi objektif (P)	$\epsilon = P_n - P_{n-1} $
1	2,139987	2,139987
2	1,892126164	0,24786071
3	1,415839991	0,476286173
4	0,300619352	1,115220638
5	0,185543446	0,115075906
6	0,169183922	0,016359524
7	0,151369	0,017814922
8	0,146320435	0,005048565
9	0,145688297	0,000632138
10	0,145597112	9,11847E-05
11	0,14558108	1,60321E-05
12	0,145578018	3,06229E-06

Proses berhenti pada iterasi ke-12 karena $|P_{12} - P_{11}| = |0,145578018 - 0,14558108| = 3,06229E-06 < \epsilon(10^{-5})$. Iterasi berhenti karena error terkecil telah didapatkan pada iterasi ke-12 yaitu 3,06229E-06.

Tampilan hasil klasifikasi menggunakan Fuzzy C-Means pada sistem dapat dilihat pada Gambar 4.10. Sebelum menekan tombol *Cari, edit text* pada GUI MatLab harus diisi dengan nomor data sesuai nomor data pada *input citra*. Setelah tombol *Cari* ditekan, maka sistem akan menampilkan hasil berupa Derajat Keanggotaan 1, Derajat Keanggotaan 2, Derajat Keanggotaan 3 dan hasil dari kluster buah kopi.



Gambar 12. Hasil Klasifikasi FCM pada Sistem

Berdasarkan identifikasi citra buah kopi menggunakan sistem selanjutnya dilakukan perbandingan hasil klasifikasi buah kopi menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means*. Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan GUI citra buah kopi campuran tidak dapat diidentifikasi oleh sistem, sedangkan pada hasil klasifikasi menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means* terdapat 30 citra buah kopi yang benar dan 10 citra buah kopi yang salah.

V. PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Hasil klasifikasi menggunakan transformasi HSV dapat mengidentifikasi 30 citra buah kopi dan 10 citra buah kopi yang tidak teridentifikasi yaitu citra buah kopi campuran. Sedangkan hasil klasifikasi menggunakan *Algoritma Fuzzy C-Means* diperoleh hasil dengan rincian sebanyak 75% data yg benar dan 25% data yang salah. Hasil simulasi dari fitur histogram berdasarkan komponen HSV terdapat perbedaan penyebaran nilai piksel dari ketiga kluster kematangan buah kopi. Histogram *hue* dari kopi mentah terkonsentrasi pada sebelah kiri histogram. Histogram *hue* dari kopi setengah matang terkonsentrasi pada sebelah kanan dan kiri histogram. Histogram *hue* dari kopi matang terkonsentrasi pada sebelah kanan histogram,

sedangkan untuk histogram *saturation* dan *value* cenderung memiliki konsentrasi yang sama pada semua tingkat kematangan.

REFERENSI

- [1] P. Rahardjo, Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta. Jakarta: Penebar Swadaya, 2012;
- [2] Kusuma, Hayuangga, T.P, Aplikasi Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kopi Berdasarkan Hasil *Roasting* Menggunakan Algoritma *Fuzzy C-Means*. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, 2018;
- [3] Effendi *et al*, Identifikasi Jenis dan Mutu Kopi Menggunakan Pengolahan Citra Digital dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan. Malang: Universitas Brawijaya, 2017;
- [4] Adnyana, I Made Budi, 'Segmentasi Citra Berbasis Clustering Menggunakan Algoritma *Fuzzy C-Means*' JURNAL TEKNOLOGI ELEKTRO, VOL.14, NO.1, JANUARI-JUNI. 2015;
- [5] Pulungan, Wahyu Aji, Identifikasi Kematangan Buah Kopi Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Learning Vector Quantization*. Bandar Lampung: Universitas Lampung;
- [6] Harikiran, P., P.V. Lakshmi., & R. Kiran Kumar, "Multiple Feature Fuzzy C-Means Clustering Algorithm for Segmentation of Microarray Images". India: *International Journal Of Electrical And Computer Engineering (IJECE)*. 201