



Pengenalan Pola Berbasis Segmentasi Citra Menggunakan Algoritma Fuzzy C-Means Dan K-Means

Tahta Herdian Andika¹⁾

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi dan Informatika
Universitas Aisyah Pringsewu
e-mail: tahta.herdian.a@gmail.com

Abstrak

Segmentasi merupakan salah satu bagian penting dalam analisis citra, karena pada prosedur ini gambar/citra yang diinginkan akan dianalisis untuk proses yang lebih lanjut agar lebih mudah di analisis guna ujian selanjutnya, misalnya pada pengenalan pola. Segmentasi citra yang merupakan bagian dari analisis citra digunakan untuk membagi sebuah citra menjadi beberapa bagian dan mengambil sebagian objek yang diinginkan. Salah satu teknik dalam segmentasi citra adalah dengan clustering. Clustering adalah suatu usaha untuk melakukan pengelompokan data berdasarkan kelas dan merupakan metode mengelompokkan atau mempartisi data dalam suatu dataset. Segmentasi citra berbasis clustering pada penelitian ini menggunakan metode K-Means dan metode Fuzzy C Means. K-Means merupakan metode yang simple dan cepat perhitungannya, sedangkan Fuzzy C-Means merupakan algoritma yang populer digunakan dalam teknik Fuzzy Clustering. Penelitian ini untuk mengetahui metode yang paling optimal dalam melakukan segmentasi citra. Sebelum melakukan segmentasi terlebih dahulu menentukan ruang warna menggunakan CIELab. Identifikasi data uji menggunakan dua pendekatan, yaitu analisis bentuk dan analisis tekstur. Hasil pengujian menunjukkan algoritma K-Means menghasilkan segmentasi untuk identifikasi yang lebih baik dari pada Fuzzy C Means karena menghasilkan nilai yang hampir sama atau mendekati dengan nilai ekstraksi ciri citra yang tersedia.

Kata Kunci : segmentasi, fuzzy c means, k-means, clustering

1. Pendahuluan

Segmentasi merupakan salah satu bagian penting dalam analisis citra, karena pada prosedur ini gambar/citra yang diinginkan akan dianalisis untuk proses yang lebih lanjut agar lebih mudah di analisis, misalnya pada pengenalan pola. Segmentasi citra yang merupakan bagian dari analisis citra digunakan untuk membagi sebuah citra menjadi beberapa bagian dan mengambil sebagian objek yang diinginkan. Pada bidang pengolahan citra, segmentasi citra mengacu pada proses pembagian citra digital ke dalam *multiple region* (himpunan piksel). Tujuan akhir dari segmentasi adalah menyederhanakan suatu citra agar citra tersebut dapat lebih mudah dianalisis. Salah satu teknik dalam segmentasi citra adalah dengan *clustering*. *Clustering* melakukan pengelompokan data berdasarkan kelas dan merupakan metode mengelompokkan atau mempartisi data dalam suatu *dataset*. Terdapat beberapa metode *clustering* yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tentang segmentasi citra antara lain Metode *Watershed*, metode Chan Vese, algoritma Fuzzy C-Means, PSO (Particle Swarm Optimization), DPSO (Darwinian Particle Swarm Optimization), FO-DPSO (Fractional-Order DPSO) dan K-means.

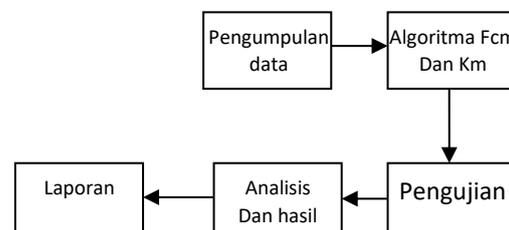
Terdapat faktor-faktor tertentu dalam segmentasi citra yang memberikan hasil yang kurang memuaskan pada suatu citra tertentu. Hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang terdapat pada citra itu sendiri seperti citra yang mengalami degradasi atau citra yang warnanya kabur, pencahayaan citra terdapat *noise*. Dan juga dapat disebabkan oleh algoritma-algoritma yang digunakan belum mampu melakukan segmentasi citra dengan baik. Salah satu metode segmentasi citra yang belum mampu atau perlu dikembangkan lagi adalah metode watershed dan metode chan & vese. Metode watershed

merupakan salah satu metode dalam segmentasi citra yang membagi citra menjadi region yang berbeda dengan menggambarkan citra sebagai relief topografi. Metode watershed menghasilkan terlalu banyak region yang menyebabkan bagian penting objek terpisah atau disebut oversegmentasi, sehingga perlu dilakukan pengembangan metode [1]. Fuzzy C-Means merupakan algoritma yang populer digunakan dalam teknik *fuzzy clustering*. Metode algoritma Fuzzy C-Means untuk segmentasi citra dilakukan dengan menggabungkan beberapa algoritma optimasi atau algoritma metaheuristik seperti *genetic algorithm (GA)* [2]. Sedangkan untuk K-Means merupakan metode yang simple dan cepat perhitungannya [3].

Berdasarkan dari semua latar belakang yang telah dibahas sebelumnya, maka penulis tertarik untuk mencoba melakukan eksperimen mengevaluasi performa dari segmentasi dengan menggunakan algoritma Fuzzy C-Means kemudian melakukan perbandingan dengan algoritma K-Means.

2. Metode Penelitian

Alur analisis penelitian dilakukan berdasarkan permasalahan yang akan ditangani oleh sistem, dimana sistematika penelitian yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 2.1 Sistematika Penelitian

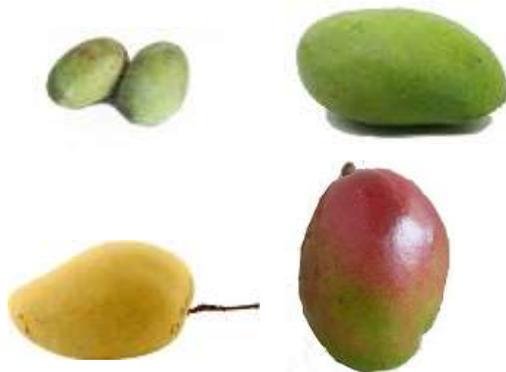
2.1 Metode Pengumpulan Data

Data penelitian dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu data primer dan data sekunder. Pemahaman terhadap kedua jenis data tersebut diperlukan sebagai landasan dalam menentukan teknik serta langkah-langkah pengumpulan data penelitian.

1. Data Primer atau data asli yang diperoleh atau dikumpulkan secara langsung dari sumber datanya. Untuk mendapatkan data primer, peneliti harus mengumpulkannya secara langsung. Teknik yang dapat digunakan peneliti untuk mengumpulkan data primer antara lain observasi, wawancara, diskusi terfokus.
2. Data Sekunder data yang diperoleh atau dikumpulkan peneliti dari berbagai sumber yang telah ada. Data sekunder dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, laporan, jurnal, skripsi dan tesis.

2.2 Data Uji

Data uji yang dapat digunakan dalam kasus ini adalah berupa citra atau *image*, baik citra berwarna maupun citra *grayscale*. Dalam penelitian ini citra yang diujikan adalah citra berwarna. Ada 6 buah citra uji yang disediakan antara lain :



Gambar 2.2 Data uji segmentasi Citra berupa buah mangga

Masing-masing dari data uji di atas dilakukan ekstraksi ciri-ciri meliputi analisis bentuk dan tekstur dengan menggunakan Metode GLCM (Gray Level Co-Occurrence Matrix). Hasil ekstraksi ciri tersebut sebagai pembandingan hasil segmentasi dengan metode K-Means dan Fuzzy C-Means.

2.3 CIELab

Warna adalah deskriptor kuat dalam segmentasi citra yang menyederhanakan identifikasi objek dan ekstraksi dari gambar [4]. Model warna memfasilitasi spesifikasi warna dengan cara yang standar. Sebuah subruang sebuah model warna memberikan satu titik untuk mewakili warna.

CIELab adalah salah satu struktur warna yang didefinisikan *CIE* (*Commision International de l'Eclairage/The International Commission on Illumination* pada tahun 1976 (*CIE 1976 L*a*b**). Pada *CIELab*, besaran *CIE_L** untuk mendeskripsikan kecerahan warna, 0 untuk hitam dan $L^* = 100$ untuk putih. Dimensi *CIE_a** mendeskripsikan jenis warna hijau – merah, dimana angka negatif a^* mengindikasikan warna hijau dan sebaliknya CIE_a^* positif mengindikasikan warna merah. Dimensi *CIE_b** untuk jenis warna biru – kuning, dimana angka negatif b^* mengindikasikan warna biru dan sebaliknya CIE_b^* positif mengindikasikan warna kuning[4].

2.4 Segmentasi Citra

Segmentasi merupakan teknik untuk membagi suatu citra menjadi beberapa daerah (*region*) dimana setiap daerah memiliki kemiripan atribut [6]. Pengolahan citra digital merupakan sebuah disiplin ilmu yang mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan perbaikan kualitas gambar (peningkatan kontras, transformasi warna, restorasi citra), transformasi gambar (rotasi, translasi, skala, transformasi geometrik), melakukan pemilihan citra ciri (*feature images*) yang optimal untuk tujuan analisis, melakukan proses penarikan informasi atau deskripsi objek atau pengenalan objek yang terkandung pada citra, melakukan kompresi atau reduksi data untuk tujuan penyimpanan data, transmisi data, dan waktu proses data. *Input* dari pengolahan citra adalah citra, sedangkan *output*-nya adalah citra hasil pengolahan.

Metode segmentasi citra dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu metode segmentasi *low level* dan *high level*. Metode segmentasi *low level* misalnya *mean shift*, *watershed*, *level set*, dan *super pixel* biasanya membagi gambar menjadi beberapa daerah kecil. Meskipun hasil segmentasinya sering over segmentation, namun metode segmentasi *low level* memberikan dasar yang bagus untuk operasi segmentasi *high level* selanjutnya. Metode segmentasi *high level* misalnya region merging, graph cut [7].

2.5 Segmentasi Citra Berbasis Clustering

Segmentasi citra berbasis *clustering* menggunakan data multi dimensi untuk mengelompokkan piksel citra ke dalam beberapa *clustering*. Data multidimensi pada citra ini maksudnya adalah banyaknya atribut atau komponen penyusun suatu citra, misalnya citra grayscale mempunyai satu buah

dimensi, citra RGB mempunyai tiga buah dimensi, dan sebagainya. Pada umumnya piksel di-*clustering* berdasarkan kedekatan jarak antar piksel. Segmentasi berbasis *clustering* ini mulai populer sejak diimplementasikan pada aplikasi OCR (*Optical Character Recognition*), pengenalan sidik jari hingga *remote sensing*. Keberhasilan dari proses segmentasi berbasis *clustering* ini ditentukan dari keberhasilan dalam mengelompokkan fitur-fitur yang berdekatan ke dalam satu *cluster* [6].

Metode-metode dalam segmentasi berbasis *clustering* di antaranya adalah metode iterasi, K-Means, Fuzzy C-means, jaringan syaraf Kohonen, dan berbagai teknik cluster lainnya. Salah satu metode yang sangat baik digunakan untuk segmentasi citra adalah Fuzzy C-Means *clustering*. Fuzzy C-Means ini merupakan algoritma K-means yang diimprovisasi dengan *Fuzzy Set Theory* dengan menerapkan derajat keanggotaan, dimana satu piksel citra dapat dimiliki oleh beberapa cluster. “*Soft*” *clustering* ini memberikan komputasi yang lebih tepat dalam menentukan keanggotaan dari cluster.

2.6 Algoritma Fuzzy C-Means

Fuzzy C-Means adalah suatu teknik *clustering* (pengelompokan) data di mana keberadaan titik-titik data dalam suatu *cluster* ditentukan oleh derajat keanggotaan. Penentuan titik *cluster* dilakukan secara berulang-ulang hingga diperoleh data yang akurat berdasarkan derajat keanggotaannya. Perulangan ini didasarkan pada minimalisasi fungsi obyektif yang meng-gambarkan jarak dari titik data ke pusat *cluster* yang terbobot oleh derajat keanggotaan. Akibat adanya derajat keanggotaan tersebut, maka suatu titik data bisa dimiliki lebih dari satu kelompok. Metode ini merupakan minimasi dari fungsi obyektif [8].

Algoritma Fuzzy C Means pertama kali diperkenalkan oleh Dunn (1974), kemudian dikembangkan oleh Bezdek (1981), kemudian direvisi oleh Rouben (1982), Trauwert (1985), Goth dan Geva (1989), Gu dan Gubuisson (1990), Xiedan Beni (1991). Namun, algoritma FCM dari Bezdek yang paling banyak digunakan. Fuzzy C-Means adalah salah satu teknik pengelompokan data yang mana keberadaan tiap titik data dalam suatu kelompok (*cluster*) ditentukan oleh derajat keanggotaan. Berbeda dengan k-means *clustering*, dimana suatu objek hanya akan menjadi anggota satu *cluster*, dalam Fuzzy C-Means setiap objek dapat menjadi anggota dari beberapa *cluster*. Batas-batas dalam k-means adalah tegas (*hard*) sedangkan dalam Fuzzy C-Means adalah *soft*. Fuzzy C-Means bersifat sederhana, mudah diimplementasikan, memiliki kemampuan untuk mengelompokkan data yang besar, lebih kokoh terhadap data *outlier*.

2.7 K-means

Algoritma K-means merupakan salah satu algoritma dengan partitional, karena K-Means didasarkan pada penentuan jumlah awal kelompok dengan mendefinisikan nilai centroid awalnya [9]. Algoritma K-means menggunakan proses secara berulang-ulang untuk mendapatkan basis data cluster. Dibutuhkan jumlah cluster awal yang diinginkan sebagai masukan dan menghasilkan titik centroid akhir sebagai output. Metode K-means akan memilih pola k sebagai titik awal centroid secara acak atau random. Jumlah iterasi untuk mencapai cluster centroid akan dipengaruhi oleh calon cluster centroid awal secara random. Sehingga didapat cara dalam pengembangan algoritma dengan menentukan centroid cluster yang dilihat dari kepadatan data awal yang tinggi agar mendapatkan kinerja yang lebih tinggi [10].

2.8 Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri merupakan salah satu tahapan dalam sistem CBIR yang berguna untuk mendapatkan karakteristik visual citra [11]. Ekstraksi ciri adalah proses mengambil ciri-ciri yang terdapat pada citra. Ciri-ciri tersebut adalah besaran komponen tertentu dari citra objek yang mewakilisifat utama citra objek, sekaligus mengurangi dimensi citra objek menjadisekumpulan bilangan yang lebih sedikit tetapi representative [12].

Tujuan utama dari proses ekstraksi ciri adalah untuk mengkarakterisasi objek yang ingin dikenali dari sebuah citra dengan menggunakan ukuran-ukuran yang memiliki nilai sangat mirip untuk objek pada kategori yang sama dan sangat berbeda untuk objek pada kategori yang tidak sama.

Tabel 2.1 Formula Ekstraksi Ciri Analisis Bentuk

No	Feature	Formula
1	Metric	$M = \frac{4\pi \times A}{C^2}$
2	Eccentricity	$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$

2.9 Metode GLCM (Gray Level Co-Occurrence Matrix)

Metode GLCM merupakan suatu metode yang melakukan analisis terhadap suatu piksel pada citra dan mengetahui tingkat keabuan yang sering terjadi [11]. Metode ini juga untuk tabulasi tentang frekuensi kombinasi nilai piksel yang muncul pada suatu citra. Untuk melakukan analisis citra berdasarkan distribusi statistik dari intensitas pikselnya, dapat dilakukan dengan mengekstrak fitur teksturnya. GLCM merupakan suatu metode untuk

melakukan ekstraksi ciri berbasis statistik, perolehan ciri diperoleh dari nilai piksel matrik, yang mempunyai nilai tertentu dan membentuk suatu sudut pola [13].

Berdasarkan kondisi tersebut terlihat bahwa untuk membedakan antar matrik gambar dapat dilihat berdasarkan ciri matrik dengan menggunakan persamaan sebagai berikut;

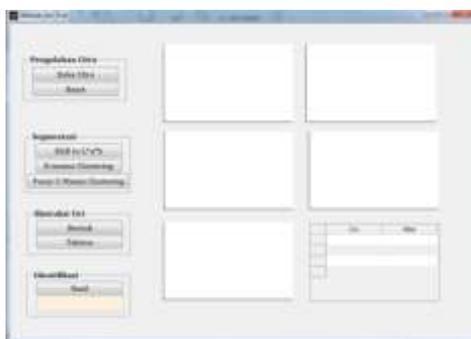
Tabel 2.2 Formula Ekstraksi Ciri Analisis Tekstur

No	Feature	Formula
1	Contras	$\frac{\sum_i \sum_j (i - j)^2 C(i, j)}{\sum_i \sum_j C(i, j)}$
2	Energy	$\frac{\sum_i \sum_j C^2(i, j)}{\sum_i \sum_j C(i, j)}$
3	Correlation	$\frac{\sum_i \sum_j C(i, j) \log(C(i, j))}{\sum_i \sum_j C(i, j)}$
4	Homogeneity	$\frac{\sum_i \sum_j \frac{C(i, j)}{1 + i + j }}{\sum_i \sum_j C(i, j)}$

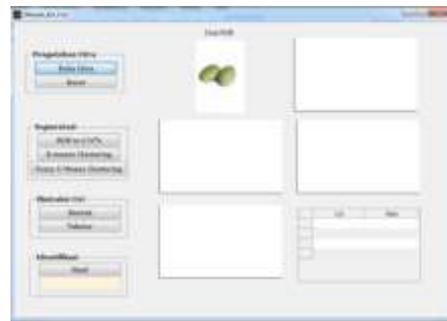
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Antarmuka Sistem

Antarmuka sistem ini berfungsi untuk mempermudah pengoperasian aplikasi segmentasi citra dengan metode K-means dan Fuzzy C-means.

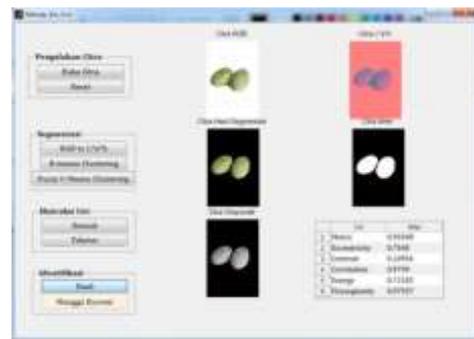


Gambar 3.1 Antarmuka Sistem Segmentasi Citra



Gambar 3.2. Antarmuka Input Sistem Segmentasi Citra

Citra uji ditampilkan pada panel utama yang selanjutnya dapat diproses menggunakan metode KM atau FCM.



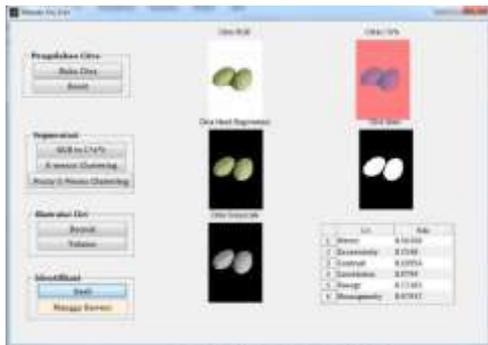
Gambar 3.3 Antarmuka Proses segmentasi citra

Pada Antarmuka gambar di atas, ditampilkan informasi analisis bentuk yaitu parameter *metric* dan *eccentricity*, analisis tekstur yaitu parameter *contras*, *correlation*, *energy* dan *homogeneity*. Setelah proses analisis bentuk dan analisis tekstur selesai proses selanjutnya adalah menentukan identifikasi hasil pengenalan pola menggunakan segmentasi KM dan FCM.

3.2 Hasil Perbandingan K-Means dan Fuzzy C-Means

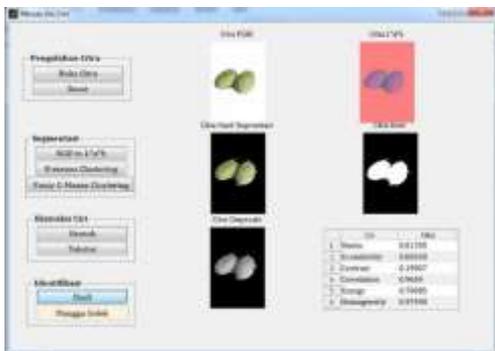
Hasil uji coba citra uji Mangga menggunakan algoritma K-Means dan Fuzzy C-Means ditampilkan pada gambar 3.4 dan gambar 3.5 di bawah ini.

3.2.1 Hasil Uji Mangga menggunakan K-Means



Gambar 3.4 Hasil uji mangga menggunakan K-Means

3.2.2 Hasil Uji Mangga menggunakan Fuzzy C-Means



Gambar 3.5 Hasil uji mangga menggunakan Fuzzy C-Means

3.3 Hasil Analisa Tekstur dan Analisa Bentuk

Perbandingan Analisis Bentuk meliputi *metric* dan *eccentricity* sedangkan Analisis Tekstur meliputi *contras*, *correlation*, *energy* dan *homogeneity*. Hasil perbandingan analisa ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.3 Perbandingan Analisis Bentuk dan Analisis Tekstur K-Means Dan Fuzzy C-Means.

Citra Uji	Metode	Metric	Eccentricity
Mangga Kuweni	KM	0.90308	0.7548
	FCM	0.51205	0.85058
	Citra	0.9031	0.7548
Mangga Arum Manis	KM	0.87694	0.83087
	FCM	0.83544	0.79919
	Citra	0.8769	0.7992
Mangga Chokana n	KM	0.88782	0.77769
	FCM	0.52817	0.79786
	Citra	0.8878	0.7777
Mangga Madu Afrika	KM	0.91135	0.69738
	FCM	0.79964	0.69916
	Citra	0.9113	0.6974
Mangga Golek	KM	0.68981	0.9295
	FCM	0.66267	0.9305
	Citra	0.6628	0.9305
Mangga Golek India	KM	0.70661	0.91061
	FCM	0.72327	0.91115
	Citra	0.7066	0.91115

Citra Uji	Metode	Contras	Correlation
Mangga Kuweni	KM	0.10954	0.9799
	FCM	0.19907	0.9654
	Citra	0.1095	0.9799
	KM	0.13746	0.97415
	FCM	0.13972	0.97347

Mangga Arum Manis	Citra	0.1375	0.9742
Mangga Chokanan	KM	0.29454	0.97311
	FCM	0.29723	0.97262
	Citra	0.2945	0.9731
Mangga Madu Afrika	KM	0.13939	0.96935
	FCM	0.14327	0.96846
	Citra	0.1394	0.9694
Mangga Golek	KM	0.21018	0.97784
	FCM	0.19896	0.97889
	Citra	0.1989	0.9778
Mangga Golek India	KM	0.08422	0.98713
	FCM	0.08065	0.98766
	Citra	0.08065	0.9871

	Citra	0.5545	0.96071
Mangga Golek India	KM	0.5545	0.9607
	FCM	0.55703	0.96702
	Citra	0.55249	0.9665
		0.5570	0.9670

3.4 Hasil Analisa Identifikasi

Perbandingan hasil identifikasi dari Mangga menggunakan algoritma K-Means dan Fuzzy C-Means ditampilkan pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 3.4 Perbandingan Hasil Identifikasi

Citra Uji	Metode	Identifikasi	Ket.
Mangga Kuweni	KM	Mangga Kuweni	√
	FCM	Mangga Golek	x
Mangga Arum Manis	KM	Mangga Arum Manis	√
	FCM	Mangga Arum Manis	√
Mangga Chokanan	KM	Mangga Chokanan	√
	FCM	Mangga Golden Water Lily	x
Mangga Madu Afrika	KM	Mangga Madu Afrika	√
	FCM	Mangga Madu Afrika	√
Mangga Golek	KM	Mangga Golek	√
	FCM	Mangga Golek	√
Mangga Golek India	KM	Mangga Golek India	√
	FCM	Mangga Golek India	√

Citra Uji	Metode	Energy	Homogeneity
Mangga Kuweni	KM	0.72183	0.97937
	FCM	0.70085	0.97598
	Citra	0.7218	0.9794
Mangga Arum Manis	KM	0.54009	0.96947
	FCM	0.52247	0.96811
	Citra	0.5401	0.9695
Mangga Chokanan	KM	0.2776	0.96468
	FCM	0.27497	0.96259
	Citra	0.2776	0.9647
Mangga Madu Afrika	KM	0.44633	0.97351
	FCM		
	Citra	0.44414	0.97291
Mangga Golek	KM	0.4463	0.9735
	FCM	0.55391	0.96057

Berdasarkan tabel hasil identifikasi dapat dilihat bahwa hasil segmentasi dengan metode K-Means menghasilkan identifikasi yang akurat. Sedangkan untuk metode Fuzzy C-Means terlihat "Mangga Kuweni" diidentifikasi dengan "Mangga Golek" dan "Mangga Chokanan" diidentifikasi dengan "Mangga Golden Water Lily". Hal ini menunjukkan bahwa metode K-means menghasilkan hasil identifikasi yang lebih akurat dari metode Fuzzy C-Means.

4. Simpulan

Berdasarkan uji coba yang telah dilakukan dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dalam segmentasi untuk identifikasi pola menggunakan analisis tekstur dan analisis bentuk, hasil segmentasi dengan metode K-Means lebih baik daripada dengan metode Fuzzy C-Means. Untuk saran penelitian selanjutnya bias digunakan lebih dari 2 metode serta objek penelitian selain buah mangga.

Daftar Pustaka

- [1] Gunawan, F Alim. &Erni W.,2011.*Perangkat Lunak Segmentasi Citra Dengan Metode Watershed*. JSIFO STMIK Mikroskil.Vol.12-No.2, Pp.79-88.
- [2] Amiya Halder, Soumajit Pramanik. 2011. *Dynamic Image Segmentation Using Fuzzy C-Means Based Genetic Algorithm*. International Journal Of Computer Application, Vol. 28-No.6,Pp.15-20
- [3] Arthur, D. dan Vassilvitskii, S. 2006. *How Slow is the k-Means Method*, Stanford University, Stanford, CA.
- [4] Rasmana. Susijanti Tri.,2013.*Peningkatan Kualitas Citra Prasasti Logam Berbasis Klasifikasi Fitur Warna Menggunakan Support Vector Machine*, Proposal Desertasi Istitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [5] Gernot Hoffmann, CIE Color Space, 2010.
- [6] Darma Putra. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta : ANDI Offset
- [7] Ning, J., Zhang, D., Wu, Chengke. 2009. *Interactive Image Segmentation by Maximal Similarity Based Region Merging*, pp. 445-456.
- [9] Madhulatha, T.S., 2012. *An Overview On Clustering Methods*. Iosr Journal Of Engineering, Ii(1), Pp.719-725.
- [10] B. Sowmya, B. Sheela Rani. 2010. *Colour image segmentation using fuzzy clustering techniques and competitive neural network*, Elsevier Applied Soft Computing ScienceDirect. Sathyabama University, Old Mamallapuram Road, Chennai 600119, India
- [11] Herdiyeni, Y dan Widyanto, M. R. 2007. *Sistem Temu Kembali Citra Dengan Ukuran Kemiripan Warna Dalam Ruang RGB Berbasis Sistem Inferensi Fuzzy*. Proceedings of National Conference on Computer Science and Information Technology. Fakultas Ilmu Komputer. Universitas Indonesia. Jakarta
- [12] Syahputra, H. 2009. *Ekstraksi Fitur Menggunakan Elliptical Fourier Descriptor untuk Pengenalan Varietas Tanaman Kedelai*. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- [13] Xie, Q., Huang, D., Zhang, S., dan Cao, J., (2010), *Analysis Of A Viral Infection Model With Delayed Immune Response*, Applied Mathematical Modelling, 34, Hal.2388-2395