

SEGMENTASI PENYAKIT PADA CITRA DAUN TEBU MENGGUNAKAN *FUZZY C MEANS – SUPPORT VECTOR MACHINE* DENGAN FITUR WARNA a*

Mustika Mentari¹⁾, R.V. Hari Ginardi²⁾, dan Chastine Fatichah³⁾

^{1,2,3)}Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, ITS Surabaya 60111

e-mail: must.mentari@gmail.com¹⁾, hari.ginardi@gmail.com²⁾, chastine.fatichah@gmail.com³⁾

ABSTRAK

Penyakit pada pertanian tebu harus segera diatasi agar diperoleh peningkatan produktivitas. Deteksi penyakit yang secara manual dilakukan oleh ahli membutuhkan waktu dan biaya yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan otomatisasi sistem untuk mendeteksi penyakit pada tanaman tebu. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem yang secara otomatis mampu melakukan segmentasi citra daun tebu berpenyakit menggunakan Fuzzy C Means (FCM)-Support Vector Machine (SVM) dengan fitur warna a*. Kombinasi FCM-SVM dapat meningkatkan akurasi pada proses segmentasi dengan karakteristik penyakit daun tebu dengan pencahayaan yang tak seimbang akibat pengambilan secara outdoor. Segmentasi citra daun tebu berpenyakit memiliki beberapa tahapan yaitu praproses, pemilihan region of interest (ROI), ekstraksi fitur, dan segmentasi. Tahap praproses melakukan pengambilan bagian tulang daun serta penghapusan bagian tulang daun, kemudian pemilihan ROI menunjukkan dominasi area penyakit pada daun menggunakan overlapping window seluas 100x100 pixel. Metode kombinasi FCM dan SVM digunakan untuk segmentasi daun tebu berpenyakit, dimana FCM digunakan untuk segmentasi daun tebu pada data training. Hasil segmentasi tersebut digunakan sebagai label data pada tahap kedua bersama dengan data testing menggunakan metode klasifikasi SVM. Metode segmentasi yang diusulkan mampu menunjukkan rata-rata akurasi yang tinggi pada 30 citra daun tebu berpenyakit, yaitu sebesar 76%. Sistem yang dibangun selanjutnya digunakan pada deteksi penyakit sebagai referensi untuk ketepatan permasalahan pertanian yang membutuhkan sistem deteksi penyakit sejak dini.

Kata Kunci: Segmentasi penyakit, daun tebu, FCM, SVM

ABSTRACT

The disease in sugarcane agriculture must be addressed quickly to ensure a high productivity. Detection of the disease manually by an expert requires substantial time and cost. Therefore an automated system for detection the disease in sugarcane is required. This research aims to develop a system which able to automatically perform image segmentation disease in sugarcane leaves image with Fuzzy C Means (FCM)-Support Vector Machine (SVM) with color feature a*. FCM-SVM combination can improve the accuracy of the segmentation process with characteristic leaf disease of sugarcane with not balance lighting due to the outdoor collection. Image segmentation in sugarcane leaf image consists of several phases, namely preprocessing, selection of region of interest (ROI), feature extraction, and the segmentation. Preprocessing stage capture the bone and removing the leaf veins, then the selection of ROI as the dominating presence of disease areas on the leaves using an overlapping window as wide as 100 x 100 pixels. The Combination of FCM and SVM used for diseased sugarcane leaf segmentation, where the FCM is used for the segmentation of sugarcane leaves on the training data. The segmentation results are used as the data labels in the second stage testing along with the data using SVM classification method. The proposed segmentation method shows a high rate accuracy of 76%. The system that has been built, further used in the process of disease detection as a reference to the precision agriculture system which requires early disease detection system.

Keywords: disease segmentation, sugarcane leaf, FCM, SVM.

I. PENDAHULUAN

Penyakit yang menyerang tebu di Indonesia dapat menurunkan produktivitas. Penyebaran penyakit tebu menyebabkan dampak penurunan ekonomi yang kuat karena berdampak pada jumlah penurunan panen. Selain masalah umum tersebut penanganan penyakit tebu perlu segera dideteksi dan diatasi untuk mengurangi biaya penggunaan pestisida dan pencemaran lingkungan akibat obat penyakit tersebut [1]. Penyakit pada tanaman tebu dapat diketahui dari bercak yang terdapat pada bagian daun. Bercak tersebut perlu dideteksi dengan menggunakan metode segmentasi.

Penelitian penyakit pada daun tebu dilakukan oleh Patil [1]. Penyakit ini menjelaskan pengaruh jamur pada tebu menjadi penyakit yang jika tidak diatasi tepat waktu dapat menyebabkan kerugian. Penggunaan pestisida terlalu banyak dapat meningkatkan biaya dan polusi lingkungan. Hal ini dapat diperoleh dengan mengetahui daerah penyakit, dengan kuantitas kesesuaian dan konsentrasi pestisida dengan mengestimasi penyakit menggunakan teknik *image processing*. Metode *thresholding* sederhana dan *triangle thresholding* digunakan untuk melakukan segmentasi daerah daun dan daerah berpenyakit secara berturut-turut. Penyakit dikategorikan dengan perhitungan hasil

bagi daerah penyakit dan area keseluruhan daun. Hasil akurasi pada penelitian ini adalah 98.60%. Penelitian ini mengindikasikan metode usulan penyakit daun dilakukan secara kuat, cepat dan akurat. Metode ini mengeliminasi cara tradisional yang subjektif dan rawan akan kesalahan manusia.

Penyakit yang dapat deteksi pada daun juga diteliti oleh Al-Trawneh dan Mokhled [2]. Penelitian ini melakukan investigasi analisis gambar dan teknik klasifikasi untuk mendeteksi tingkat keparahan daerah penyakit pada daun zaitun. *Sample* daun zaitun dikumpulkan dari lahan yang diambil secara *outdoor* di bawah pencahayaan yang tidak terkontrol. Resolusi gambar dirubah menjadi 256 x 256 piksel dan ditransformasikan dari *Red Green Blue* (RGB) menjadi $L^*a^*b^*$ *colorspace* (karena $L^*a^*b^*$ dianggap paling dekat dengan persepsi manusia). Citra hasil transformasi dipotong secara poligonal untuk kemudian disegmentasi pada bagian ROI (*Region of Interest*) dan diklasifikasi menggunakan *Fuzzy C Means* (FCM) untuk penggunaan metode statistika dalam penentuan area terdeteksi penyakit pada daun. Perbaikan citra penelitian ini menggunakan *median filter*. Hasil yang didapatkan menunjukkan susunan yang baik antara FCM dan *manual scoring* dan menggunakan analisis gambar dengan rata rata akurasi 86% dibandingkan dengan *K-mean Clustering* (KCM) 66%.

Penelitian mengenai pengembangan metode segmentasi juga dilakukan oleh Wang, dkk [3]. Penelitian ini mempresentasikan segmentasi warna menggunakan klasifikasi piksel secara otomatis menggunakan *Support Vector Machine* (SVM). Pertama, fitur warna pada piksel diekstraksi sesuai sensitivitas visualisasi manusia sesuai fitur warna dan fitur tekstur pada pixel menggunakan *steerable filter*. Kedua fitur tersebut digunakan sebagai input SVM, kemudian SVM melakukan proses *training* menggunakan FCM dengan mengekstrak fitur pada piksel. Terakhir dilakukan segmentasi citra *testing* menggunakan *training SVM*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan metode usulan sangat efektif melakukan segmentasi serta memiliki perilaku komputasi yang baik pula. Waktu komputasi dan kualitas segmentasi menjadi lebih baik dari pada metode terdahulu (*mean shift, graph and cuts, dan Edison*). Metode usulan pada penelitian ini memiliki kelemahan tidak mempunyai ketahanan terhadap derau.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diketahui bahwa metode segmentasi memiliki akurasi lebih baik apabila dilakukan dengan klasifikasi karena adanya informasi model yang didapatkan dari data *training*. Akan tetapi pada segmentasi citra menggunakan metode klasifikasi memerlukan adanya *pelabelan* data *training* yang tidak bisa dilakukan secara manual atau inisialisasi *random* seperti penelitian [3].

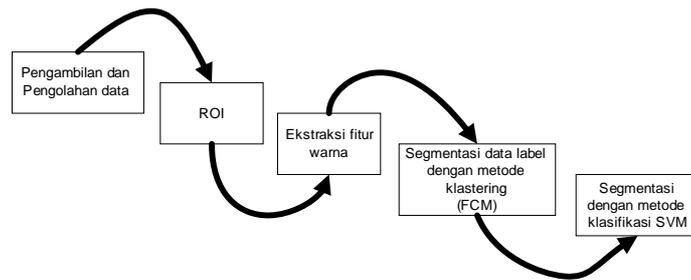
Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem yang secara otomatis mampu melakukan segmentasi citra daun tebu berpenyakit dengan metode FCM-SVM. SVM mendapatkan inputan data *training* dari metode FCM, untuk kemudian dilanjutkan dengan klasifikasi data *testing*. Pengujian kuantitatif metode segmentasi ini dilakukan dengan akurasi segmentasi. Dengan penggabungan metode FCM-SVM diharapkan daun tebu berpenyakit dapat disegmentasi dengan baik dan menunjukkan karakteristik penyakit dengan baik sehingga memudahkan proses lanjutan yaitu prediksi penyakit pada tanaman tebu.

II. SEGMENTASI CITRA MENGGUNAKAN FCM-SVM

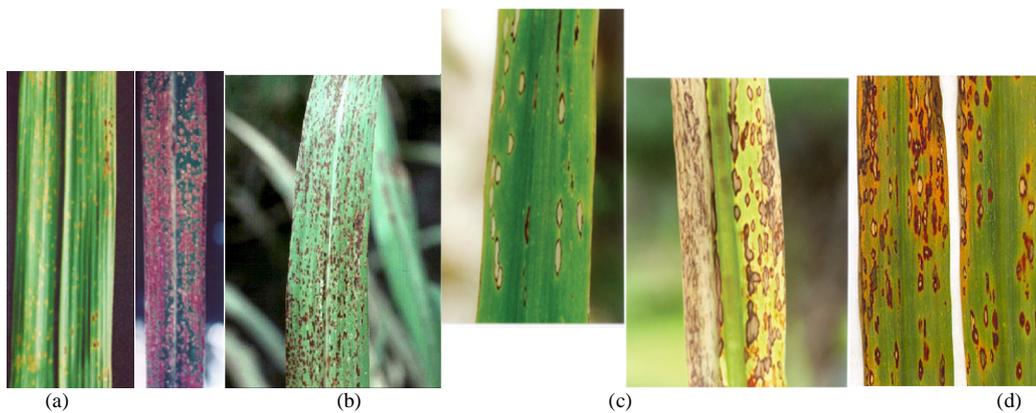
Penelitian ini melakukan proses segmentasi dengan mengkombinasikan metode klastering dengan metode klasifikasi. Segmentasi citra daun tebu berpenyakit melalui beberapa proses mulai pengolahan data sampai dengan segmentasi. Tahap pertama yang dilakukan adalah pengolahan data, pengolahan ini akan memilih bagian citra hanya pada bagian daun saja tanpa daerah sekitar yang bukan bagian dari daun. Kemudian setelah hanya bagian daun saja, citra tersebut diproses menggunakan *threshold* untuk menghilangkan daerah tulang daun. *Threshold* dalam hal ini masih ditentukan secara manual dari *channel red color space* RGB berdasarkan gelap terang dari citra yang sudah berhasil dikumpulkan menggunakan beberapa jenis alat yang berbeda. Tahap kedua adalah pemilihan ROI menggunakan *moving window* berukuran 100x100 piksel, setelah itu dari beberapa *window* akan dipilih beberapa *window* yang mempunyai nilai standar deviasi maksimal. Hasil dari ROI ini yang akan masuk pada tahap ketiga ekstraksi fitur warna menggunakan *channel a** dari *color space L*a*b**. Pemilihan jenis fitur ini dilakukan berdasarkan percobaan yang dilakukan sebelumnya. Tahap terakhir yaitu segmentasi data label menggunakan metode FCM. Segmentasi data uji coba dilakukan menggunakan metode SVM berdasarkan data label tahap sebelumnya. Gambar 1 mendeskripsikan tahap-tahap segmentasi yang sudah dijelaskan sebelumnya. Kombinasi FCM-SVM menggunakan kelebihan FCM sebagai data label sehingga SVM mampu bekerja lebih maksimal dengan adanya informasi data *training* yang sudah dilakukan terlebih dahulu.

A. Dataset

Penelitian ini menggunakan empat jenis penyakit yang ada pada daun tebu, yaitu *yellow spot, rust spot, ring spot, dan eye spot*. Penyakit *yellow spot* pada citra daun tebu disebabkan oleh salah satu jenis jamur yang disebut dengan *mycovelosiella koepki*. *Yellow spot* berakibat pada penurunan hasil panen dan kadar sukrosa tanaman tebu. Penyakit ini akan semakin menyebar dan merugikan dengan kondisi kelembapan dan curah hujan yang tinggi. Sindrom penyakit ini pada awalnya mempunyai diameter sepanjang 1-2 mm. Warna penyakit ini mulai dari kuning sampai dengan merah, selain itu pada bagian bawah daun terdapat kabur keabu-abuan. Contoh citra daun tebu yang mempunyai penyakit *yellow spot* dijelaskan pada Gambar 2 (a)[4].



Gambar 1 Alur Penelitian Segmentasi Citra Daun Tebu Berpenyakit



Gambar 2 Penyakit Tebu (a) Yellow Spot, (b) Rust Spot, (c) Ring Spot, (d) Eye Spot

Penyakit karat (*sugarcane rust diseases*) kebanyakan mewabah pada bagian daun tanaman tebu. Gejala awal yang dapat dideteksi pada penyakit ini adalah tanaman kerdil dan terdapat bercak berwarna kuning. Bercak ini akan melebar dan menjadi coklat sampai *orange*-coklat atau merah-coklat. Rata-rata bercak ini berukuran antara 2 – 10 mm tapi dalam kasus tertentu dapat mencapai 30 mm. Penyakit karat pada tanaman tebu dijelaskan pada Gambar 2(b) [5]. Selain ciri-ciri yang sudah disebutkan di atas, penyakit tebu *rust spot* menyebabkan daerah sekitar penyakit pada daun juga ikut berubah warna kekuningan atau kecoklatan. Penyakit tebu *ring spot* (Gambar 2 (c) [6]) biasanya muncul pada daun tebu yang berumur dewasa atau sudah mendekati usia panen. Oleh karena itu, penyakit ini tidak terlalu berpengaruh pada penurunan hasil panen. Penyakit ini muncul karena jamur yang disebut dengan *leptosphaeria sacchari*. Jamur tersebut membutuhkan kondisi hangat dan lembab yang biasanya terjadi pada saat musim panas untuk berkembang biak. Penyebaran jamur tersebut menggunakan media hujan atau angin. Pada usia muda terjangkit, maka penyakit ini akan berwujud bintik-bintik berwarna *bronze brown*. Kemudian semakin parah tingkat keparahannya, maka penyakit *ring spot* akan memanjang dengan tepi berwarna kuning. *Spot* tersebut berbentuk oval dengan ukuran mulai dari 1-5 mm sampai dengan 4 – 18 mm ([6]). Penyakit tebu *eye spot* (Gambar 2 (d) [7]) adalah salah satu penyakit tebu yang penting untuk dipelajari dan juga disebabkan oleh jamur. Jamur pada penyakit ini dinamakan dengan *bipolaris sacchari*. Tingkat keparahan penyakit ini tergantung dari kondisi lingkungan lahan pertanian. Kecepatan penyebaran akan semakin didukung dengan kelembapan tinggi serta adanya embun yang jernih dan deras. Tingkat keparahan penyakit ini ditandai dengan adanya *spot* berwarna kemerahan. *Spot* tersebut mempunyai lebar 0,5-0,4 mm, 0,5-2 mm berwarna kekuningan dengan daerah tepi berwarna coklat. Pada saat daun masih baru saja terjangkit penyakit ini, maka akan muncul *spot* bintik-bintik yang kemudian berbentuk memanjang menyerupai bentuk mata manusia. Penyebaran penyakit *eye spot* adalah menggunakan media angin [8]. Data citra uji coba secara keseluruhan terdapat pada Tabel 1.

TABEL I
DAFTAR JENIS PENYAKIT DATA UJI COBA

Citra	Jenis Penyakit	Citra	Jenis Penyakit
1	<i>Yellow Spot</i>	16	<i>Yellow spot</i>
2	<i>Rust Spot</i>	17	<i>Yellow spot</i>
1	<i>Yellow Spot</i>	18	<i>Yellow spot</i>
4	<i>Yellow Spot</i>	19	<i>Yellow Spot</i>
5	<i>Rust Spot</i>	20	<i>Rust spot</i>
6	<i>Yellow Spot</i>	21	<i>Yellow spot</i>
7	<i>Ring spot</i>	22	<i>Ring spot</i>
8	<i>Yellow Spot</i>	23	<i>Yellow spot</i>
9	<i>Yellow Spot</i>	24	<i>Ring spot</i>
10	<i>Eye spot</i>	25	<i>Rust Spot</i>
11	<i>Yellow Spot</i>	26	<i>Yellow Spot</i>
12	<i>Yellow Spot</i>	27	<i>Rust Spot</i>
13	<i>Eye Spot</i>	28	<i>Yellow Spot</i>
14	<i>Ring spot</i>	29	<i>Ring spot</i>
15	<i>Yellow Spot</i>	30	<i>Ring Spot</i>

B. Ekstraksi Fitur Warna

Fitur warna pada penelitian ini akan menggunakan warna dasar citra berdasarkan hasil pemotretan di lapangan yang dikonversi ke dalam *channel L*a*b**. Ruang warna tersebut adalah RGB. Selanjutnya *color space* tersebut akan dikonversi menjadi *color space* CIELAB (*L*a*b**). *Channel L** mendefinisikan *lightness*, *a** mendefinisikan nilai *red/green*, dan *b** mendefinisikan nilai *yellow/blue* [9]. Sumbu *a** digambarkan dari arah kiri ke kanan. Pergeseran ke arah positif menggambarkan pergeseran ke arah warna merah. Sedangkan sumbu *b** yang digambarkan dari bawah ke atas. Pergeseran ke arah positif merupakan pergeseran ke warna kuning. Pusat diagram tersebut merupakan *L** yang menunjukkan *L=0* untuk daerah total penyerapan (bagian bawah), dan di daerah sekitar tengah menunjukkan warna netral atau abu-abu. Perumusan untuk mendapatkan *color space L*a*b** didapatkan pada persamaan (1). Dari nilai RGB terlebih dahulu dikonversi pada XYZ. Dimana X, Y dan Z nilai referensi warna putih untuk pencahayaan yang digunakan sesuai keputusan pengamat.

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16, \quad a^* = 500[(\frac{X}{X_n})^{1/3} - (\frac{Y}{Y_n})^{1/3}], \quad b^* = 200[(\frac{Y}{Y_n})^{1/3} - (\frac{Z}{Z_n})^{1/3}] \tag{1}$$

C. Fuzzy C-Means

FCM adalah salah satu jenis metode yang digunakan untuk membagi-bagi kelas suatu data secara tidak terawasi (*unsupervised*). Metode ini memperhitungkan tiap data pada kluster untuk berada sesuai derajat keanggotaannya. Metode ini diawali dengan penentuan pusat kluster, kemudian pusat kluster dan derajat keanggotaan tersebut akan diperbaharui setiap iterasi secara berulang. Proses perulangan ditentukan dengan meminimalkan fungsi objektif yang merupakan penggambaran jarak dari posisi data yang diuji dengan pusat kluster yang sudah terboboti oleh derajat keanggotaan data uji. Fungsi objektif FCM (2) menjelaskan bahwa variabel *m* adalah suatu konstanta yang bernilai lebih dari satu. Jumlah kluster diwakili oleh variabel *e_i* yang berisi minimal lebih dari satu [2]. Derajat keanggotaan diantara *sample k* dan *cluster i* dituliskan sebagai μ_{ik} yang dijabarkan pada persamaan (3).

$$J_m(U, E) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (\mu_{ik})^m \|x_k - e_i\|^2 \tag{2}$$

$$\mu_{ik} \in \{0,1\}, \forall i, k; \sum_{i=1}^c \mu_{ik} = 1, \forall k \tag{3}$$

Update nilai *membership function* pada FCM dilakukan dengan persamaan (4), sedangkan perhitungan pusat kluster ditentukan dengan persamaan (5). Secara keseluruhan mulai dari awal proses FCM dimulai dengan menentukan jumlah kluster *c*, variabel *m*, inisialisasi matriks untuk derajat keanggotaan, dan penentuan jumlah maksimal iterasi. Tahap kedua adalah melakukan perhitungan pusat kluster (derajat keanggotaan *matrix*). Pada tahap tiga dilakukan perhitungan matriks keanggotaan berdasarkan beberapa pusat kluster. Tahap terakhir pada proses FCM adalah pengulangan tahap dua dan tiga sampai jumlah maksimum iterasi atau kondisi yang sudah konvergen, yaitu

kondisi pusat kluster yang tidak berubah dan nilai *error* yang kurang dari *threshold*. Setelah iterasi berhenti, kluster untuk setiap data ditentukan dengan derajat keanggotaan terbesar dari suatu data.

$$\mu_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left(\frac{\|x_k - e_i\|}{\|x_k - e_j\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (4)$$

$$e_i = \frac{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^m x_k}{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^m}, \quad 1 \leq i \leq c \quad (5)$$

D. Support Vector Machine

SVM merupakan sebuah teknik klasifikasi yang muncul pada tahun 1995. Banyak bidang yang telah mengimplementasikan metode ini seperti bidang ekonomi, cuaca, kedokteran, dll. SVM menemukan solusi secara global optimal dan solusi *training* yang sama jika dibandingkan dengan metode klasifikasi lain. Untuk melakukan proses klasifikasi menggunakan SVM, dibutuhkan suatu pemisah yang dapat dibagi menjadi dua macam. Pemisah tersebut dapat berupa fungsi *linear* ataupun *non linear*. Fungsi *linear* didefinisikan pada persamaan (6). Pada fungsi *linier* ditentukan pemisah (*hyperplane*) yang memisahkan dua macam objek saja. *Hyperplane* yang memisahkan dua objek tersebut mengalami solusi yang terbaik di saat posisi berada di tengah kedua objek [10].

$$g(x) := \text{sgn}(f(x)), \quad f(x) = w^T x + b, \quad (6)$$

Beberapa fungsi kernel yang dapat digunakan adalah *Linear*, *Polynomial*, *Radial basis function (RBF)*, *Tangent hyperbolic (sigmoid)*. Pilihan kernel ini dapat menangani pemisahan kasus yang tidak dapat diselesaikan dengan metode linear biasa. Ketepatan pemisahan bergantung pada jenis data yang digunakan dalam penelitian.

III. HASIL AND DISKUSI

A. Hasil Percobaan

Segmentasi citra dengan metode klustering dan klasifikasi dilakukan sesuai dengan penelitian [11] yang menyatakan bahwa penggabungan metode *unsupervised* FCM dan *supervised* SVM akan menghasilkan solusi yang cukup baik dalam pemisahan data dalam kasus ini yaitu segmentasi yang memisahkan daerah penyakit dan daerah daun sehat. Pelabelan data pada uji coba ini dilakukan menggunakan metode klustering FCM, yang kemudian dikombinasikan dengan metode SVM untuk melakukan segmentasi data *testing*. Metode FCM-SVM menggunakan parameter $c=2$, $m=2$, rata-rata iterasi sebanyak 20 kali, *error rate* sebesar 0,001, dan kernel *polynomial*. Pengujian segmentasi dengan metode FCM-SVM dilakukan pada 30 data berupa citra daun tebu berpenyakit yang mempunyai 10 model. Seluruh model yang digunakan ini didasarkan pada pembagian data training yang digunakan dari ke-10 data. Masing-masing model memiliki 3 citra yang digunakan sebagai pembelajaran pada metode klasifikasi. Masing-masing model berisi citra yang berbeda-beda antara satu dengan lainnya.

Hasil uji coba pada skenario ini dapat dilihat pada Tabel 2. Setiap baris pada tabel tersebut yang tidak mempunyai nilai dan mempunyai sel yang berwarna sama dengan judul model nya diartikan bahwa sel tersebut tidak dilatih dengan data *training* pada model tersebut. Hal tersebut karena pengenalan suatu data terhadap dirinya sendiri tidak ikut diperhitungkan dalam analisis validitas metode klasifikasi pada penelitian ini. Rata-rata akurasi untuk seluruh data pada kesepuluh model yang sudah diuji pada skenario ini adalah 76%.

TABEL 2
HASIL UJI COBA SEGMENTASI DENGAN METODE FCM

Citra	Akurasi Model (Data Training) (%)										Rata-rata (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1		81	46	46	87	74	92	94	80	94	77
2		90	39	39	92	89	98	99	89	96	81
3		86	38	38	92	73	88	90	84	99	76
4	88		43	43	97	68	80	82	99	91	77
5	88		42	42	94	75	83	84	99	90	77
6	94		29	29	99	79	88	89	96	96	77
7	81	67		56	72	96	87	86	66	79	77
8	63	66		84	66	60	61	61	67	64	66
9	98	95		33	96	98	99	99	95	97	90
10	94	76	19		87	98	96	96	73	93	81
11	92	95	59		94	84	89	90	95	92	88
12	94	88	19		91	98	97	96	88	93	85
13	95	86	20	20		99	96	96	84	94	76
14	95	91	22	22		99	97	96	91	94	79
15	94	97	54	41		86	91	92	97	94	83
16	99	98	22	22	98		100	100	98	99	82
17	84	63	23	23	74		93	90	61	82	66
18	75	53	31	31	61		85	82	52	71	60
19	96	83	34	34	87	84		99	82	93	77
20	69	36	28	28	43	93		83	35	61	53
21	91	83	36	36	86	95		95	83	89	77
22	95	88	30	30	91	98	98		88	94	79
23	97	89	36	36	92	90	98		89	95	80
24	92	88	27	27	89	97	94		87	91	77
25	77	85	37	37	82	67	73	74		79	68
26	93	97	30	30	100	78	87	88		95	78
27	85	97	41	41	97	63	73	76		89	74
28	96	96	54	54	98	63	83	85	95		80
29	91	87	26	26	89	97	94	93	86		77
30	89	64	58	58	72	99	93	93	63		77
Rata-rata (%)	89	82	35	37	86	85	89	89	82	89	76

B. Diskusi

Penelitian ini melakukan perhitungan rata-rata uji coba seluruh data pada seluruh model dan juga uji coba seluruh model pada setiap data dengan rata-rata akurasi total kurang dari 80%. Hal ini disebabkan nilai akurasi terendah percobaan tiap data pada seluruh model yang ditentukan mempunyai rata-rata akurasi terendah sejumlah 35% yaitu pada model 3 diikuti rata-rata akurasi terendah sejumlah 37% pada model ke-4. Hal ini dikarenakan model 3 mempunyai kombinasi 3 jenis penyakit yang mempunyai ciri minoritas di dalam data. Penyakit tersebut adalah *Ring Spot*, *Rust Spot*, dan juga *Yellow Spot*. Dalam keseluruhan 30 data yang digunakan, hanya 1 citra yang menunjukkan *ring spot*, sedikit citra yang mempunyai ciri *rust spot* dan *yellow spot* seperti gambar tersebut. Hal inilah yang menyebabkan akurasi rata-rata dari keseluruhan data yang diuji coba sangat rendah. Ciri warna yang dimiliki oleh model 3 yang terdiri dari tiga citra ini terlampaui berbeda dengan yang lain. Citra yang mempunyai ciri penyakit *ring spot* dengan daerah tengah yang berwarna coklat muda-keabuan dan daerah tidak terlalu tebal berwarna coklat tua seperti citra ke-7 hanya dimiliki oleh satu citra ini. Data *training* kedua pada model ini adalah jenis penyakit *rust spot* dengan ciri berwarna kuning muda tanpa bagian pusat spot ini berbeda dengan jenis penyakit yang sama yang ada pada data uji coba. Demikian pula dengan citra ke-9 yaitu *yellow spot* yang mempunyai proyeksi berwarna putih di sekitar pusat spot ini berbeda dengan jenis penyakit yang sama pada data uji coba penelitian ini. Hal inilah yang menyebabkan model 3 memiliki akurasi terendah daripada model lain.

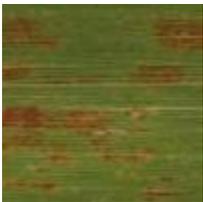


Gambar 3 Perbandingan akurasi segmentasi FCM dengan FCM-SVM

Perbandingan akurasi metode segmentasi dimana kedua metode tersebut diterapkan pada data uji coba yang sama yang digunakan dalam penelitian ini. Khusus untuk metode FCM-SVM akurasi diambil dari akurasi tertinggi dari keseluruhan model yang ada. Jika akurasi tertinggi ini dibandingkan dengan metode segmentasi FCM, maka rata-rata akurasi keseluruhannya adalah 89,37% untuk metode FCM, dan 96,33% untuk metode FCM-SVM. Dalam Gambar 3 dapat dilihat bagaimana perbandingan akurasi kedua metode tersebut. Hampir dari keseluruhan data meraih akurasi tertinggi dengan metode segmentasi kombinasi FCM-SVM. Sejumlah lima data uji coba memiliki akurasi tertinggi dalam segmentasi menggunakan metode FCM. Sisa-nya 25 data memiliki akurasi tertinggi dalam segmentasi citra menggunakan metode kombinasi FCM dan SVM. Akurasi tertinggi yang diraih oleh metode FCM disebabkan karena kombinasi data citra yang digunakan dalam tiap model. Akan tetapi kelima data ini tidak mempunyai jarak signifikan yang terlalu jauh, sehingga tetap saja metode FCM-SVM mendominasi akurasi tertinggi. Dari ke-25 akurasi tertinggi yang diraih pada segmentasi menggunakan FCM-SVM memiliki perbandingan yang cukup jauh dengan metode FCM. Misalkan saja pada citra no. 19. Metode SVM mencapai akurasi 71,25%, sedangkan metode FCM-SVM mampu mencapai akurasi 92,96%.

Visualisasi perbandingan metode FCM dan FCM-SVM dapat dilihat pada Tabel 3. *Groundtruth* penyakit pada citra daun tebu dibuat menggunakan *Adobe Photoshop* dengan *brush tool* dan *paint bucket tool*. Dalam tabel tersebut terdapat dua citra yaitu citra no.26 yang mempunyai jenis penyakit *yellow spot* dan citra no. 27 yang mempunyai jenis penyakit *rust spot*. Jenis penyakit *yellow spot* lebih baik tersegmentasi menggunakan metode FCM-SVM. Penyakit ini memiliki ciri-ciri penyakitnya menyebar dan tidak terlalu berkumpul secara jelas. Sedangkan citra yang kedua merupakan jenis penyakit *rust spot* dimana mempunyai karakteristik menyerupai garis tipis atau tebal, serta memiliki daerah proyeksi berwarna kekuningan di daerah sekitar penyakit.

TABEL 3
HASIL SEGMENTASI

No	Citra	<i>GroundTruth</i>	FCM-SVM	FCM
26				
27				

IV. KESIMPULAN

Penggunaan fitur warna *channel a* dari *colorspace L*a*b** membantu metode yang ada pada skenario penelitian ini melakukan segmentasi dengan baik dibandingkan dengan *channel RGB, B, atau I*. Penggunaan dua metode dalam segmentasi, yaitu metode klustering FCM dan metode klasifikasi SVM mampu melakukan segmentasi pada citra daun tebu berpenyakit dengan akurasi rata-rata 76%. Metode segmentasi FCM-SVM mampu mensegmentasi citra daun tebu berpenyakit dengan akurasi tertinggi pada sebagian besar data uji coba (15 citra pada total 30 citra). Segmentasi penyakit pada citra daun tebu menggunakan metode FCM-SVM mampu mengatasi terutama untuk jenis penyakit yang mempunyai proyeksi warna kekuningan atau kecoklatan di sekitar daerah penyakit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Patil, Sanjay B., and Bodhe, Shrikant K. (Oktober - November 2011). Leaf Disease Severity Measurement Using Image Processing. *International Journal of Engineering and technology*. [Online]. 3 (5), hal. 297-301. Tersedia : <http://www.enggjournals.com/ijet/docs/IJET11-03-05-017.pdf>.
- [2] Al-Trawneh, Mokhled. (2013). An empirical Investigation of Olive Leave Spot Disease Using Auto-Cropping Segementation Fuzzy C-Means Classification. *World Applied Science Journal*. [Online]. 23 (9), hal. 1207-1211. Tersedia : [http://www.idosi.org/wasj/wasj23\(9\)13/12.pdf](http://www.idosi.org/wasj/wasj23(9)13/12.pdf).
- [3] Wang, Xiang-Yang., Wang, Qin-Yang., Yang, Hong-Ying., and Bu, Juan. (November 2011). Color image segmentation using automatic pixel classification with support vector machine. *Neurocomputing*. [Online]. 74 (18), hal. 3989-3911. Tersedia : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231211004474>.
- [4] Ranghoo-Sanmukhiya, V.M., Dookhun-Saumtally, A. (February 2007) . Molecular characterisation of *Mycovellosiella koepki*, the causal agent of yellow spot disease of sugarcane. *African Journal of Biotechnology*. [Online]. 6 (3), hal. 198-203. Tersedia : https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ajol.info%2Findex.php%2Fajb%2Farticle%2Fdownload%2F56137%2F44584&ei=1mv0U8TeI8Pi8AXu0YGgBQ&usq=AFQjCNEmn98Pq5UOivqrCrS6pSfSOIU-4A&sig2=U10H_eqdsMKSIVqLqLUGA&bvm=bv.73231344,d.dGc.
- [5] Raid, RN., Comstock, JC. (2007) . Sugarcane Rust Disease 1. [Online]. University of Florida IFAS Extension. Tersedia : <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/SC/SC00700.pdf>.
- [6] *Ring Spot. Sugar Research Australia*. [Online]. Tersedia : http://www.sugarresearch.com.au/icms_docs/164894_Ring_spot_IS13117.pdf
- [7] Eye spot Disease. [Online]. Tersedia : http://www.vsisugar.com/india/agriculture_divisions/plantpathology/eyespotdisease-sugarcane.htm
- [8] *Plant Pathology Section (Agriculture Division)*. Tersedia :
- [9] X-rite. (2007). A Guide to Understanding Color Communication. [Online]. Tersedia : http://www.xrite.com/documents/literature/en/L10-001_Understand_Color_en.pdf
- [10] Santosa, Budi. "Tutorial Support Vector Machine". *Teknik Industri, ITS*. [Online]. Tersedia : http://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBkQFjAA&url=http%3A%2F%2Foc.its.ac.id%2Fambilfile.php%3Fidp%3D1223&ei=LLv0U7LmK8mgugT_kYLYBg&usq=AFQjCNHZZluNp1MK1hera6Ho9W7BCxjuHvw&sig2=GPM-bpXqAr6yWXXvICT9Tg&bvm=bv.73373277,d.c2E
- [11] Yang, Hong-Ying., Wang, Xiang-Yang., Zhang, Xian-Yin., and Bu, Juan. (December 2012). Color texture segmentation based on image pixel classification. *Engineering Application of Artificial Intelligence*. [Online]. 25 (8), hal. 1656-1669. Tersedia : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0952197612002412>