

Identifikasi Penyakit Daun Tomat Menggunakan Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) dan Support Vector Machine (SVM)

Felliks Feiters Tampinongkol
Universitas Bunda Mulia
Jakarta Utara, Indonesia
ftampinongkol@bundamulia.ac.id

Cevi Herdian
Universitas Bunda Mulia
Jakarta Utara, Indonesia
cherdian@bundamulia.ac.id

Hasan Basri
Institut Teknologi dan Bisnis BRI
Jakarta Selatan, Indonesia
basri17hasan@gmail.com

Lunardi Halim
Universitas Bunda Mulia
Jakarta Utara, Indonesia
lunardi0710@gmail.com

Abstract— Tumbuhan memiliki peranan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem karena sebagai sumber makanan dalam suatu rantai makanan. Tumbuhan Tomat (*Lycopersicon esculentum*) merupakan salah satu sumber bahan makanan yang kaya akan nutrisi, gizi dan juga dapat memberikan energi. Tomat banyak digunakan diberbagai negara termasuk Indonesia dan menjadi buruan untuk dikreasikan dalam berbagai rempah masakan, sehingga tomat memiliki peranan dalam perekonomian yang disebabkan oleh banyaknya permintaan. Dalam menjaga pasokan tomat terus tersedia perlu adanya proses budidaya, dalam proses ini tumbuhan tomat mudah diserang oleh hama dan penyakit yang menyebabkan terjadinya bercak dan hawar pada daun tomat. Identifikasi citra daun tomat yang terserang penyakit dapat tersegmentasi pada hasil pengurangan channel warna [Green – Red] dalam citra RGB. Ciri penyakit hasil segmentasi diekstrak menggunakan GLCM dengan sudut 0° dan jarak ketetanggaan nilai antar pixel citra yang digunakan adalah 1 nilai piksel citra. Berdasarkan hasil yang diperoleh nilai akurasi terbesar dari model SVM yang digunakan adalah 65% dengan kernel *radial basis function*, untuk membedakan dua jenis penyakit pada daun tomat. Nilai akurasi model SVM yang diperoleh dari hasil ekstraksi ciri GLCM diambil menggunakan persamaan *Energy* dan *Entropy*. Nilai akurasi model masih dapat ditingkatkan dengan menambahkan penciri lain yang terdapat pada GLCM.

Kata kunci — Ekstraksi Ciri, GLCM, Identifikasi Penyakit, Segmentasi, SVM

I. PENDAHULUAN

Tumbuhan memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem karena perannya sebagai sumber makanan utama atau awal dari sebuah rantai makanan [1]. Peran ini sangat penting karena semua makhluk hidup membutuhkan sumber energi yang berasal dari gizi makanan. Gizi dan nutrisi yang terdapat dalam tanaman juga diperlukan manusia untuk menjaga kesehatan dan keseimbangan gizi [2]. Selain dari sudut pandang kehidupan, tanaman juga memiliki dampak yang besar pada perekonomian. Hal ini disebabkan oleh keterikatan kehidupan manusia dengan keberadaan tanaman. Salah satu tanaman yang memiliki dampak terbesar terhadap perekonomian dunia adalah tomat.

Tomat (*Lycopersicon esculentum*) adalah salah satu spesies dari kelompok tanaman berbunga (*Angiospermae*). Tomat kaya akan vitamin dan mineral yang sangat diperlukan untuk menjaga keseimbangan gizi [3]. Meskipun kaya akan gizi, tomat sebenarnya merupakan tumbuhan beracun dengan kadar racun yang sangat rendah dan akan hilang dengan sendirinya ketika buah sudah matang. Maka dari itu, tingkat kematangan tomat sangat penting untuk diperhatikan sebelum dikonsumsi. Pemeliharaan tanaman tomat sangat dibutuhkan untuk menghasilkan buah tomat yang matang dan sehat secara berkelanjutan. Namun dalam kenyataannya terdapat banyak hambatan berupa penyakit yang disebabkan oleh *fungi* atau bakteri yang menyerang tanaman tomat [4].

Penyakit yang diabaikan dapat mengganggu pertumbuhan tanaman tomat dan menyebabkan gagal panen. Karena dampaknya yang besar dalam perekonomian dunia, gagal panen tanaman tomat perlu dicegah dan ditanggulangi secepat mungkin. Untungnya, gejala yang sering ditemui berupa bercak daun (*leaf spot*) dan hawar daun (*leaf blight*), dapat digunakan sebagai tolok ukur dalam menentukan tingkat keparahan penyakit ini. Pengukuran tingkat keparahan penyakit dapat dideteksi menggunakan sistem komputer dengan metode pengamatan tekstur pada pemrosesan citra digital. Pengamatan tekstur merupakan salah satu cara untuk melakukan identifikasi karakteristik dari suatu objek pada dalam suatu gambar [4-5]. Komputer dapat mengimplementasikan teknik *image processing* dalam melakukan pengamatan tekstur dari suatu *object*.

Digital image processing digunakan untuk mengubah suatu gambar menjadi nilai dalam bentuk suatu matriks [6]. Matriks ini akan dipecah menjadi tiga kanal warna *Red*, *Green*, dan *Blue* [R,B,G] yang merupakan komponen penyusun warna dalam suatu citra digital [7-9]. RGB dapat digunakan untuk mendeteksi tepi suatu *object* atau melakukan segmentasi pada *object* gambar yang akan diamati [10]. Teknologi pengenalan *object* menggunakan tekstur mendapatkan kemajuan besar dengan adanya *machine learning*. *Machine Learning* merupakan salah satu cabang ilmu kecerdasan buatan yang mencakup perkembangan perilaku komputer atau sistem untuk dapat mengerti dan meniru kecerdasan manusia. Dalam mengekstrak ciri tekstur pada suatu gambar *Grey Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dapat menghasilkan ekstraksi fitur dengan akurasi yang baik dengan berbagai nilai *feature* yang dapat dihasilkan [11, 12].

GLCM adalah suatu matriks yang menggambarkan nilai kemunculan pola pada piksel dalam suatu citra. Nilai yang dihasilkan oleh metode ini berupa *energy* dan *entropy* yang akan digunakan untuk diklasifikasikan [12]. Nilai *energy* merupakan salah satu fitur GLCM yang dapat mengukur konsentrasi pasangan nilai pada matriks, sementara *entropy* digunakan untuk menghitung keteracakan distribusi *energy* [13]. *Energy* dan *entropy* ini kemudian akan diklasifikasikan dengan *Support Vector Machine* (SVM). SVM adalah algoritma klasifikasi untuk data linear dan nonlinear [14]. SVM mengklasifikasikan nilai *energy* dan *entropy* hasil ekstraksi ciri penyakit hawar dan bercak daun, hasil dari klasifikasi ini digunakan untuk mengenali pola penyakit pada daun tomat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem yang dapat membedakan penyakit daun dengan data inputan berupa citra digital. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah ekstraksi fitur dengan GLCM dan klasifikasi citra hasil segmentasi menggunakan *supervised learning* metode SVM. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu cara untuk membantu petani dalam mengenali suatu pola penyakit yang terdapat pada daun tomat.

II. METODOLOGI PENELITIAN

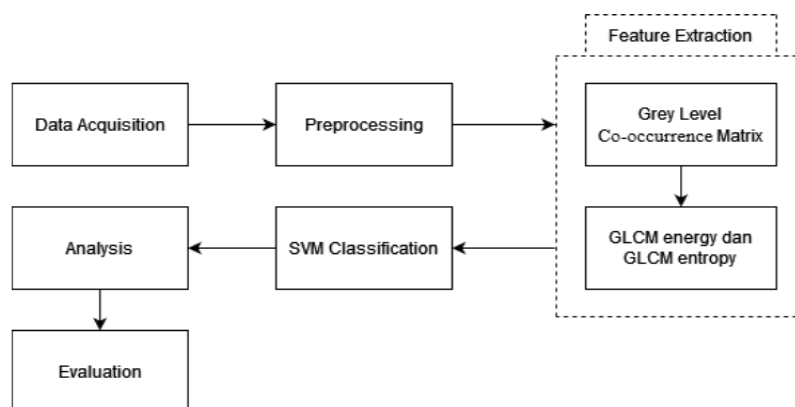
A. Penyakit Daun pada Tomat dan Tahapan Penelitian

Tomat merupakan salah satu spesies keluarga terong-terongan (*Solanaceae*) yang merupakan bagian dari kelompok tanaman berbunga [15]. Pemeliharaan tanaman tomat sering terganggu dengan adanya penyakit yang menyerang daun dari tanaman ini. Penyakit ini dapat disebabkan oleh beberapa patogen seperti *Septoria lycopersici* dan *Alternaria solani*. Gejala dari penyakit ini berupa bercak daun (*leaf spot*) dan hawar daun (*leaf blight*) [16-17].



Gambar 1. (a) Penyakit Bercak dan (b) Hawar pada Daun Tomat

Dalam penelitian ini penyakit bercak dan hawar pada daun tomat yang menjadi *object* pengamatan Gambar 1 akan dikenali menggunakan metode *digital image processing* untuk menangkap fenomena perubahan yang terjadi pada permukaan daun secara *macro*. Data yang digunakan merupakan daun tomat yang terserang penyakit, selanjutnya bagian belakang daun (*background*) dilakukan *pre-processing* terlebih dahulu untuk menseragamkan latar belakang agar menjadi warna putih, yang bertujuan agar fokus pengamatan akan tertuju pada bagian daun yang terkena penyakit. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

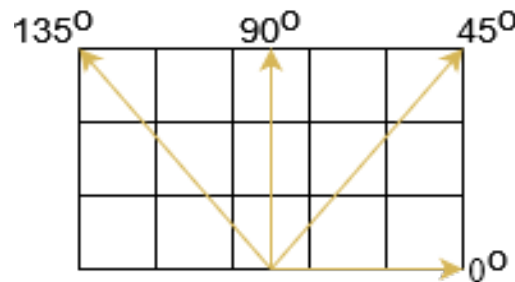


Gambar 2. Flowchart atau Tahapan Proses

Tahapan penelitian terdiri dari *data acquisition*, *pre-processing*, *feature extraction*, *classification*, *analysis* dan *evaluation*. Pada tahapan pertama data citra daun tomat yang terserang penyakit diambil dari situs website <https://www.kaggle.com/> secara *free*. Selanjutnya data dilakukan *pre-processing* untuk menghilangkan *background* dan mengubah ukuran citra (*image*) menjadi satu ukuran yang sama untuk memudahkan proses selanjutnya. Pada tahapan ini juga dilakukan pengurangan antar *channel* warna [R,G,B] untuk melihat *object* yang tersegmentasi. Nilai penciri penyakit yang tersegmentasi diekstrak menggunakan persamaan *Energy* dan *Entropy* yang diperoleh dari hasil ekstraksi ciri *gray level co-occurrence matrix* (GLCM). *Support vector machine* (SVM) akan digunakan untuk memisahkan nilai *entropy* dan *energy* yang diperoleh dari kedua jenis penyakit daun yang berbeda. Pada proses analisis dan evaluasi dilakukan untuk mengamati nilai akurasi dari model SVM yang telah dihasilkan. Model dengan nilai akurasi tertinggi yang akan digunakan untuk tahapan evaluasi.

B. Feature Extraction Gray Level Co-occurrence Matrix

Gray level co-occurrence matrix (GLCM) merupakan salah satu teknik ekstraksi ciri yang dapat digunakan dalam menangkap fenomena perubahan yang terjadi pada permukaan suatu *object*. GLCM membentuk suatu matriks baru yang nilainya merupakan nilai frekuensi pola matriks berdasarkan data citra aslinya [11]. Dalam mencari suatu pola, GLCM menggunakan empat sudut yang menentukan arah *vector* putaran 0°, 45°, 90° dan 135°. Sudut arah pengamatan GLCM ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sudut Arah *Vector* GLCM

Proses untuk menentukan ekstraksi ciri dengan GLCM dapat dilakukan dengan menentukan nilai awal matriks GLCM untuk suatu pasang nilai piksel melalui arah sudut dan jarak ketetanggaan, membuat matriks baru yang berisikan jumlah pasangan piksel, membentuk matriks GLCM yang simetris dan lakukan normalisasi terhadap matriks simetris [18]. Setelah semua proses dikerjakan maka nilai *feature* dapat dihitung menggunakan persamaan *entropy* dan *energy*. Gambar 4 (a) merupakan data pengamatan berupa matriks 3x3 dengan sudut 0° dan jarak ketetanggaan adalah 1, pada gambar (b) merupakan ilustrasi dari jumlah pasang nilai piksel.

0	1	0	(y,x)	0	1	2	3
0	0	0	0	3	1	0	0
0	0	1	1	2	0	0	0
			2	0	0	0	0
			3	0	0	0	0

(a)

(b)

Gambar 4. (a) Matriks *Input* dan (b) Matriks GLCM

Nilai penciri yang digunakan dalam penelitian ini adalah *energy* dan *entropy*. Nilai *energy* digunakan untuk menghitung keteraturan frekuensi nilai yang dihasilkan oleh matriks GLCM, nilai *entropy* digunakan untuk menghitung keteracakan distribusi nilai matriks GLCM [18]. Nilai *energy* memberikan informasi tingkat keteraturan tekstur yang tinggi dan variasi intensitas citra akan mengecil. Nilai *entropy* mengukur tingkat keteracakan derajat keabuan pada suatu citra.

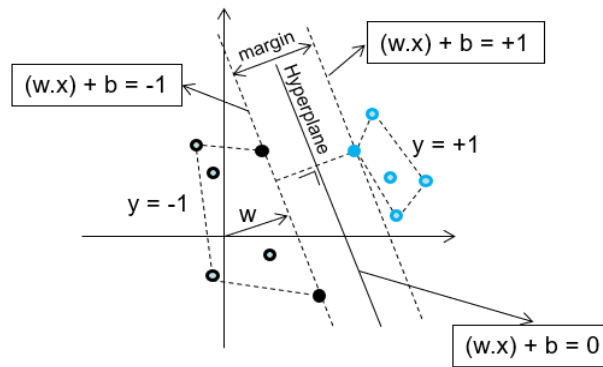
$$Energy = \sum_i^m \sum_j^n \frac{p(i,j)}{1+(i-j)^2} \quad (1)$$

$$Entropy = - \sum_i^m \sum_j^n p(i,j) \log(p(i,j)) \quad (2)$$

Informasi tekstur GLCM diperoleh berdasarkan pada perhitungan persamaan (1) dan (2) dimana p merupakan nilai matriks GLCM, i, j merupakan nilai baris dan kolom pada matriks. Nilai *features* yang diperoleh akan menjadi inputan pada proses *Machine Learning* (ML) untuk menghasilkan model prediksi dari dua jenis penyakit bercak dan hawar yang terdapat pada daun tomat.

C. Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) merupakan salah satu algoritma *supervised learning* yang sering digunakan untuk mengklasifikasikan suatu data inputan berdasarkan pada penciri data tersebut. Metode ini dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan yang terjadi pada suatu vegetasi di hutan dan juga berhasil diterapkan untuk membedakan dua jenis penyakit pada daun Jabon [13,15].



Gambar 5. Support Vector Machine

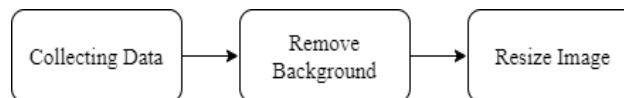
Algoritma SVM bertujuan untuk membuat suatu garis pemisah (*hyperplane*) antar kelas data, garis pemisah yang akan dibentuk melalui pada proses pemilihan suatu data yang disebut sebagai *support vector* yang nantinya akan menjadi patokan untuk membuat garis bantu dalam menentukan *hyperplane* yang paling optimal [14]. SVM juga sering digunakan dalam permasalahan non-linear dengan menerapkan beberapa fungsi kernel yang terdapat pada SVM seperti *radial basis function* (RBF), *polynomial*, dan *sigmoid*. Pada penelitian ini akan menggunakan kernel RBF persamaan (3) untuk membuat model SVM dari dua jenis penyakit daun yang terdapat pada tomat. Model yang diperoleh selanjutnya akan dianalisis dan dievaluasi menggunakan *cross-validation* dan *confusion matrix*. Parameter *C* (*cost*) bekerja sebagai pengoptimalan margin dari fungsi SVM untuk menghindari misklasifikasi dalam setiap training sample, parameter γ (*gamma*) menentukan seberapa jauh pengaruh dari suatu sample training dataset.

$$K(x, x_i) = \exp(-\gamma \|x - x_i\|^2) + c \quad (3)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Acquisition

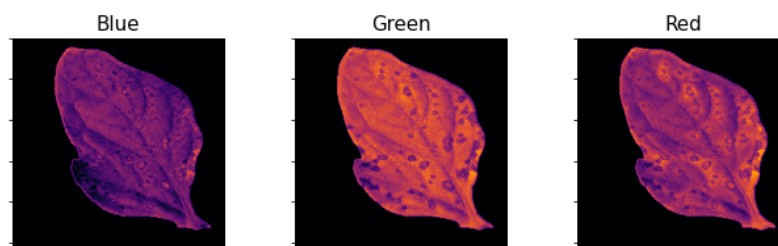
Proses akuisisi dilakukan dengan cara pengambilan data sekunder menggunakan laman situs *website* <https://www.kaggle.com/> yang dapat diakses secara *free* oleh *user*. Data yang digunakan dalam *website* tersebut merupakan data citra daun Tomat yang terserang penyakit bercak dan hawar daun. Setelah data diperoleh selanjutnya data citra dilakukan penghapusan *background* gambar yang bertujuan untuk memudahkan proses ekstraksi ciri. Pada tahapan terakhir dalam akuisisi data dilakukan *resize* ukuran gambar menjadi 100Kb untuk setiap gambar dengan resolusi piksel sebesar 256×256. Total data yang digunakan sebanyak dua ribu data citra penyakit daun tomat yang terbagi menjadi seribu citra daun yang terserang penyakit bercak dan seribu lagi terserang penyakit hawar daun. Citra yang digunakan merupakan citra warna RGB dengan data yang bervariasi dari segi bentuk, ukuran dan warna. Alur proses akuisisi data dapat dilihat pada Gambar 6.



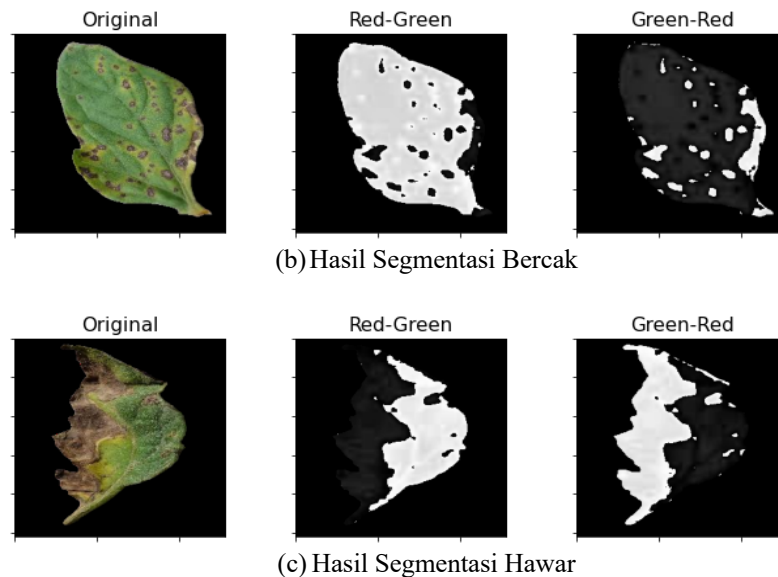
Gambar 6. Proses Akuisisi Data

B. Pre-Processing Data

Tahapan pertama yang dilakukan adalah mengamati setiap gambar yang diperoleh berdasarkan kualitas gambar, ukuran (*size*) gambar, pengambilan gambar dan pencahayaan. Gambar yang digunakan juga dilakukan penghapusan *background* agar fokus pengamatan hanya tertuju pada *object* daun dan penyakit yang terdapat pada daun. Pada tahapan ini juga dilakukan proses segmentasi untuk memperoleh *object* atau area pengamatan yaitu area daun yang terkena penyakit.



(a) Pemisahan Kanal Warna RGB

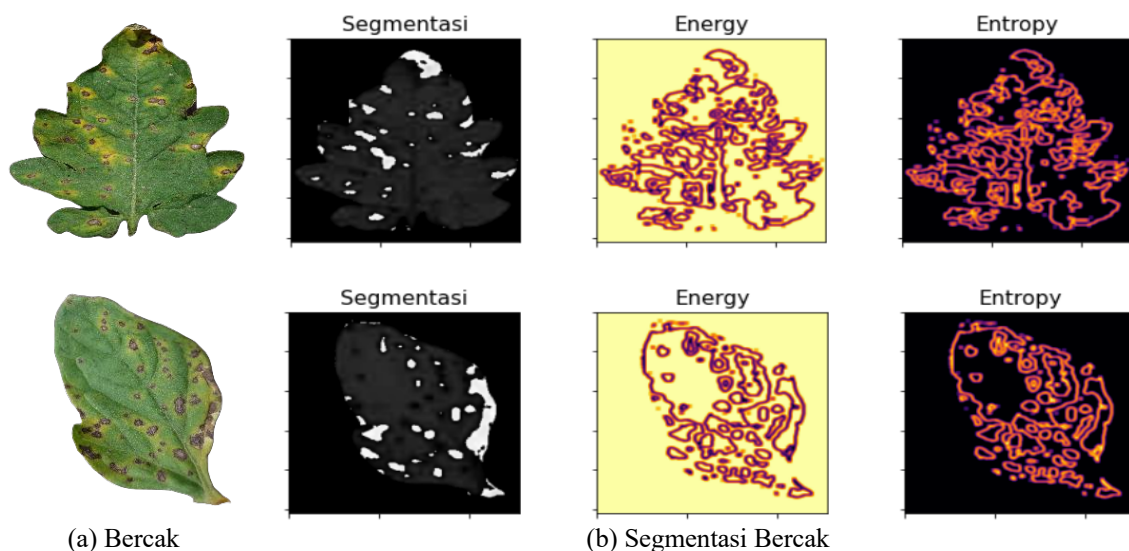


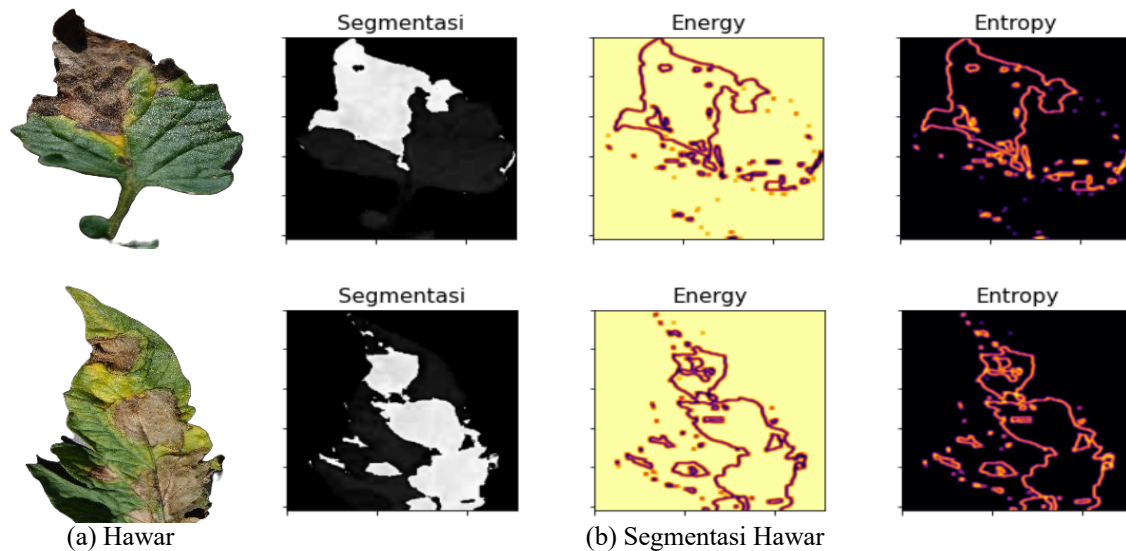
Gambar 7. (a) *Split Data Citra*, (b) dan (c) Hasil Segmentasi Citra

Area daun yang terkena penyakit biasanya akan berwarna kuning hingga kecoklatan dan lokasi penyebarannya juga berbeda antar dua jenis penyakit. Penyakit bercak memiliki penyebaran yang tidak teratur pada setiap permukaan daun, berbeda dengan hawar yang berkumpul pada suatu daerah tertentu pada permukaan daun. Dalam teknik *image processing* yang mengubah citra *input* menjadi citra *output* hasil *processing* akan diterapkan dalam penelitian ini untuk mensegmentasi area penyakit pada daun tomat. Citra input RGB dilakukan proses *split* untuk memisahkan masing-masing kanal warna *red*, *green* dan *blue*. Selanjutnya hasil pemisahan kanal warna dilakukan operasi pengurangan antar kanal warna R-G, G-R, R-B, B-R, G-B dan B-G untuk mendapatkan *object* yang tersegmentasi sebagai area penyakit. Pada gambar 7 (a) menginformasikan hasil pemisahan kanal warna untuk masing-masing jenis penyakit pada daun tomat, gambar citra RGB dapat dilihat pada gambar 7 (b) dan (c). Proses pengurangan antar kanal warna Green-Red memberikan informasi area penyakit yang terdapat pada daun, sebaliknya pada Red-Green menghasilkan informasi area daun yang sehat atau berwarna hijau. Dalam penelitian ini hanya area yang tersegmentasi sebagai penyakit daun yang akan dilakukan pengamatan.

C. Feature Extraction Gray Level Co-occurrence Matrix

Hasil segmentasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil pengurangan kanal G-R yang tersegmentasi sebagai area penyakit pada daun. Informasi data citra hasil pengurangan kanal warna, selanjutnya dilakukan identifikasi ciri menggunakan GLCM untuk mengekstrak informasi dari citra daun yang terkena penyakit. Parameter GLCM yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sudut arah yang dipakai adalah 0° , jarak ketetanggaan antar *pixel* citra = 1 dan kernel *size* atau matriks GLCM yang digunakan adalah 5×5 . Nilai penciri yang digunakan adalah *entropy* dan *energy* hasil dari proses GLCM sebelumnya.

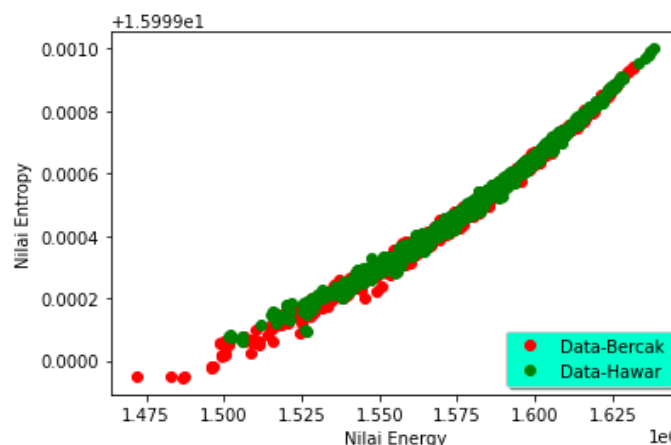




Gambar 8. (a) Original Image (b) Hasil Segmentasi dan Ekstraksi Ciri GLCM

Tahapan parameter ekstraksi ciri GLCM digunakan sama untuk setiap jenis penyakit bercak maupun hawar. Berdasarkan hasil yang diperoleh citra kanal G-R yang menyimpan informasi penyakit daun setelah dilakukan ekstraksi ciri dengan GLCM berhasil menangkap perubahan tekstur pada permukaan daun yang terjangkit penyakit, tetapi terdapat juga beberapa *noise* yang tersegmentasi dalam proses segmentasi menggunakan GLCM seperti tulang daun maupun beberapa *object* yang terbentuk pada saat hasil dari proses segmentasi pengurangan kanal warna. *Gray level co-occurrence matrix* berdasarkan pada Gambar 8 (a) dan (b) berhasil mengekstraksi ciri dari penyakit bercak dan hawar pada daun tomat. Proses selanjutnya data segmentasi dilakukan ekstraksi ciri dengan menangkap fenomena perubahan pada tekstur daun menggunakan *entropy* dan *energy* hasil pengamatan dapat dilihat juga pada Gambar 9.

Nilai *entropy* dan *energy* yang dihasilkan selanjutnya akan digunakan dalam membuat model klasifikasi dengan menggunakan SVM (*support vector machine*) untuk dapat membedakan kedua jenis penyakit daun tersebut. Hasil perhitungan nilai *entropy* dan *energy* yang diperoleh menggunakan persamaan (1) dan (2). Dalam proses segmentasi terdapat kelemahan pada proses segmentasi citra daun yang terkena penyakit bercak, sehingga membuat ekstraksi ciri GLCM kurang optimal dalam menangkap fenomena perubahan yang terjadi pada tekstur permukaan daun, sebaliknya hasil segmentasi pada penyakit hawar menggunakan metode pengurangan kanal warna berhasil mensegmentasi *object* penyakit pada daun. Hasil distribusi sebaran data dua jenis penyakit berdasarkan dengan ciri *entropy* dan *energy* sebelum dilakukan proses klasifikasi dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Distribusi Sebaran Data Penyakit Bercak dan Hawar Daun

Sebaran data pada Gambar 9 diperoleh dari Tabel 1. Data yang terdapat dalam Tabel merupakan hasil perhitungan dari ekstraksi *feature* menggunakan GLCM dengan *feature* (ciri) yang digunakan adalah *energy* dan *entropy*. Berdasarkan dengan hasil yang diperoleh data penyakit daun dapat diekstrak dengan baik oleh metode ekstraksi *feature* GLCM dengan parameter yang digunakan adalah sudut pengamatan = 0° , jarak antar piksel = 1 piksel, kernel size = 5×5 dan hasil segmentasi area penyakit G-R. Berdasarkan dengan hasil pengamatan dilakukan analisis terkait dengan distribusi data yang diperoleh untuk mengamati kemiripan nilai *energy* dan *entropy* yang dihasilkan antara kedua jenis penyakit tersebut. Berdasarkan pada nilai *energy* dan *entropy* yang diperoleh terdapat kemiripan antara kedua jenis penyakit tersebut yang dapat dilihat pada Gambar distribusi dan sebagian dari data yang digunakan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sample Data Hasil Perhitungan *Entropy* dan *Energy*

Kode <i>Sample</i>	Nilai <i>Entropy</i>	Nilai <i>Energy</i>
Hawar-EB (24)	15.99954008	1585966.033
Hawar-EB (56)	15.99936851	1559450.895
Hawar-EB (57)	15.99958331	1589414.133
Hawar-EB (67)	15.99936582	1559016.869
Bercak-SLS (55)	15.99904868	1501201.063
Bercak-SLS (238)	15.99923331	1542332.162
Bercak-SLS (280)	15.99925107	1540552.350
Bercak-SLS (409)	15.99935590	1561072.956

EB dan SLS merupakan code penamaan image yang diberikan untuk masing-masing citra daun tomat yang akan dianalisa, EB merupakan penyakit daun yang terindikasi hawar sedangkan SLS merupakan daun yang terindikasi bercak. Berdasarkan hasil pada Tabel 1 dan Gambar 9, dapat dilihat bahwa sebaran nilai dari kedua nilai yang diperoleh sangatlah mirip antara kelas penyakit bercak maupun hawar. Selanjutnya data ini akan dilakukan proses *classification* dengan menggunakan SVM (*support vector machine*) untuk memperoleh model yang dapat memisahkan data pada dua kelas penyakit yang berbeda.

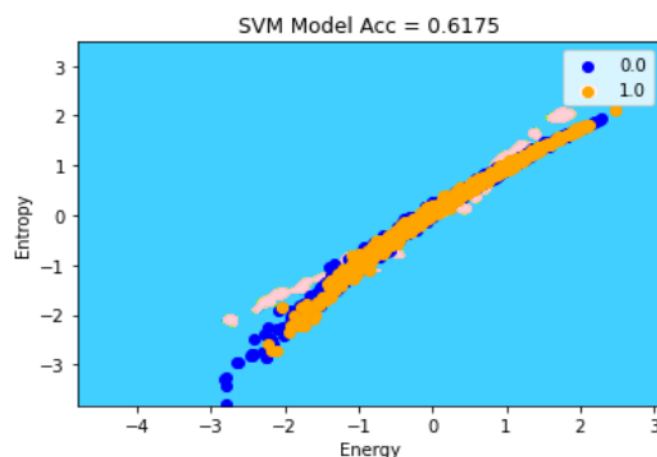
D. Support Vector Machine Model

Dalam tahapan pengklasifikasian data yang digunakan adalah keseluruhan data yang diperoleh dari hasil ekstraksi ciri sebelumnya dengan menggunakan GLCM yang sebagian datanya ditampilkan pada Tabel 1. Model SVM yang dianalisis menggunakan fungsi karnel RBF (*radial basis function*) dengan parameter $\gamma = 100$ dan $C = 1$. Berdasarkan dengan nilai *entropy* dan *energy* yang diperoleh tingkat kemiripan antar dua kelas penyakit bercak dan hawar memiliki tingkat kemiripan yang cukup tinggi juga dapat dilihat berdasarkan Gambar 8 dan Tabel 1. Hal ini akan berpengaruh terhadap tingkat akurasi model yang akan dihasilkan. Tabel 2 menunjukan nilai akurasi yang dihasilkan oleh model SVM dengan teknik *K-fold cross validation* yang digunakan untuk melihat variasi nilai akurasi yang dihasilkan dari model tersebut. Model dipilih berdasarkan pada nilai yang mendekati nilai rataan dari hasil *K-fold*.

Tabel 2. *K-fold Cross Validation*

K-fold	Akurasi Model (%)
1	64.75
2	65
3	61.75
4	61.75
5	60.5
Average	62.75

Nilai akurasi yang paling mendekati dengan nilai rataan adalah model *K-fold* = 3, dimana nilai rataan yang diperoleh adalah 62.75% dan model 3 memiliki nilai akurasi sebesar 61.75 yang lebih mendekati dengan nilai akurasi rataan. Nilai akurasi diperoleh dari 1000 data citra penyakit bercak dan 1000 data citra penyakit hawar. Gambar 10 merupakan hasil model SVM yang dipilih berdasarkan pada *K-fold*. Dalam gambar tersebut titik berwarna *blue* (0) merupakan nilai vector *entropy* dan *energy* dari penyakit bercak dan titik yang berwarna *orange* (1) merupakan nilai vector *entropy* dan *energy* dari penyakit hawar pada daun. Proses selanjutnya hasil model SVM akan dilakukan analisis menggunakan *confusion matrix*.



Gambar 10. Support Vector Machine (SVM) Model *K-fold* = 3.

E. Evaluasi Model

Model SVM yang diperoleh dilakukan evaluasi menggunakan *confusion matrix* untuk memperoleh hasil berapa banyak data yang terklasifikasi dengan benar dan berapa banyak data yang salah terklasifikasi. Dalam penelitian ini nilai akurasi model yang

dilakukan evaluasi. Nilai akurasi model SVM yang akan dievaluasi adalah 61.75% berdasarkan pada hasil *K-fold* yang telah diperoleh. Hasil evaluasi model dapat dilihat pada Gambar 11.

		Actual	
		Bercak	Hawar
Predicted	Bercak	106	76
	Hawar	77	141

Gambar 11. Model Evaluation SVM.

Gambar 11 merupakan hasil evaluasi model yang diperoleh menggunakan *testing* data sebesar 20% dari 2000 total data yang digunakan dalam penelitian ini, sehingga proporsi untuk *training* data adalah sebesar 80% untuk membuat model SVM. Total data test sebesar 400 data yang terbagi dari 200 data citra bercak dan 200 citra hawar dipilih secara acak berdasarkan dengan sistem yang telah dibuat menggunakan bahasa pemrograman python. Dari hasil yang diperoleh terdapat 76 data hawar yang salah diprediksi sebagai bercak dan 77 data bercak yang diprediksi sebagai hawar, nilai akurasi dapat dihitung dengan menjumlahkan data kelas yang diklasifikasikan dengan benar dan dibagi dengan total data. Nilai akurasi pada Gambar 11 sama dengan nilai akurasi yang ada pada Gambar 10. Nilai kesalahan klasifikasi yang cukup besar berdampak pada nilai akurasi model yang dihasilkan.

IV. KESIMPULAN

Parameter GLCM (*gray level co-occurrence matrix*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah kernel $size = 5 \times 5$, besaran sudut = 0° dan jarak ketetanggaan (*distance*) = 1. Berdasarkan dengan parameter tersebut diperoleh hasil model klasifikasi *support vector machine* dua jenis penyakit bercak dan hawar daun adalah sebesar 61.75% dengan kernel RFB (*radial basis function*) yang digunakan. Hasil akurasi SVM berdasarkan kesalahan klasifikasi model dianalisis menggunakan *confusion matrix* dengan mengambil 20% dari total data sebagai *testing*. Kesalahan klasifikasi model sebesar 76 untuk kelas penyakit hawar dan 77 untuk bercak. Ekstraksi *feature* (ciri) GLCM dan klasifikasi model menggunakan SVM telah berhasil memberikan informasi terkait dengan perbedaan dua jenis penyakit yang terdapat pada daun tomat. Segmentasi pengurangan antar kanal warna Green-Red juga berhasil memberikan informasi area penyakit pada daun, sehingga dapat dicoba juga untuk jenis daun yang lain. Dalam penelitian ini hanya menggunakan dua *feature* untuk mengklasifikasikan dua model penyakit *entropy* dan *energy*. Akurasi model dapat ditingkatkan dengan menambah jumlah *feature* GLCM dari data yang diolah dan juga dapat digunakan kombinasi dari beberapa sudut atau dapat juga dikombinasikan dengan beberapa teknik segmentasi dalam citra digital seperti menggunakan citra *grayscale*.

PENGAKUAN

Makalah ini adalah sebagian dari Penelitian Hibah Kolaboratif Nasional milik anggota team penulis dan disponsori oleh Universitas Bunda Mulia (UBM). Penulis mengucapkan terima kasih untuk semua anggota team Hasan, Cevi dan Lunardi yang terlibat aktif dalam penelitian ini dan juga untuk kampus Universitas Bunda Mulia yang mensponsori penelitian ini sehingga dapat terlaksana dan dipublikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marx, R. Wulandari, D. Tyas, Referensi Biologi Lengkap Ekologi. Jakarta: Erlangga, 2017.
- [2] E. M. Yahia, P. Garcia-Solis, M. E. M. Celis, "Contribution of Fruits and Vegetables to Human Nutrition and Health (Chapter 2)", in *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*. Queretaro: Woodhead Publishing, 2019, pp 19-45.
- [3] A. V. Rao, G. L. Young, L. G. Rao, *Lycopene and Tomatoes in Human Nutrition and Health*, 1st ed. Boca Raton: CRC Press, 2018.
- [4] V. Maeda-Gutiérrez, C. E. Galván-Tejada, L. A. Zanella-Calzada, J. M. Celaya-Padilla, J. I. Galván-Tejada, H. Gamboa-Rosales, H. Luna-García, R. Magallanes-Quintanar, C. A. G. Méndez, C. A. Olvera-Olvera, "Comparison of Convolutional Neural Network Architectures for Classification of Tomato Plant Diseases", *J. Applied Sciences*. vol.10, no.4, pp.1-15, Februari, 2020.
- [5] A. Christopher, T. M. S. Mulyana, "Klasifikasi Tumbuhan Angiospermae Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor Berdasarkan pada Bentuk Daun", *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika*. vol.7, no.4, pp.1233-1243, Desember, 2022.
- [6] W. S. Leoputra, "Aplikasi Pengganti Background Pasfoto Dengan Metode L1- Metric dan Input Channel RGB", *Jurnal Teknologi Informasi*. vol.12, no.1, pp.1-6, Juni, 2016.
- [7] I. G. N. Suryantara, F. Felix, R. Kristianto, "Uji Coba Thresholding Pada Channel RGB Untuk Binerisasi Citra Pupil", *Jurnal Teknologi Informasi*. vol.12, no.1, pp.41-47, Juni, 2016.
- [8] T. M. S. Mulyana, "Segmentasi Citra Menggunakan Hebb-Rule Dengan Input Variasi RGB", *Jurnal Teknologi Informasi*, vol.11, no.2, pp.30-39, Agustus 2015.
- [9] A. D. P. Alwy, F. Adiba, B. N. Nur Ag, A. B. Kaswar, S. Andriani, "Klasifikasi Kematangan Daun Selada Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan K-Nearest Neighbors", *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*. vol.7, no.1, pp.35-44, April, 2022.
- [10] I. G. N. Suryantara, "Implementasi Deteksi Tepi Untuk Mendeteksi Keretakan Tulang Orang Lanjut Usia (Manula) Pada Citra Rontgen Dengan Operator Sobel Dan Prewitt", *Jurnal Algoritma, Logika, dan Komputasi*. vol.1, no.2, pp.51-60, 2016.
- [11] M. Yogeshwari, G. Thailambal, "Automatic feature extraction and detection of plant leaf disease using GLCM features and convolutional neural networks", in *Materials Today: Proceedings*. Chennai. 2021.
- [12] W. I. Praseptiyana, A. W. Widodo, M. A. Rahman, "Pemanfaatan Ciri Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) Untuk Deteksi Melasma Pada Citra Wajah", *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. vol.3, no.11, pp.10402-10409, Januari 2020.

- [13] F. F. Tampinongkol, Y. Herdiyeni, E. N. Herliyana, "Feature extraction of Jabon (*Anthocephalus* sp) leaf disease using discrete wavelet transform", Jurnal. TELKOMNIKA. vol.18, no.2, pp.740-750, April, 2020.
- [14] Derek A. Pisner and David M. Schnyer, "Chapter 6 – Support Vector Machine". Academic Press, Department of Psychology, University of Texas at Austin, Austin, TX, United States, November, 2019.
- [15] F. F. Tampinongkol, Y. Setiawan, W. I. Nursalam, S. Hudjimartsu, L. B. Prasetyo, "Canopy Cover Estimation Based on LiDAR and Landsat 8 Data using Support Vector Regression", ICoDSE,. IEEE, Desember 2021.
- [16] S. Maurya, R. Regar, S. Kumar, S. Dubey, "Management Tactics for Early Blight of Tomato Caused by *Alternaria Solani*: A Review", Journal of Plant Biology and Crop Research. February, 2022.
- [17] R. Sanoubar, L. Barbanti, "Fungal diseases on tomato plant under greenhouse condition",. European Journal of Biological Research. vol. 7, no.4, pp.299-308, Oktober, 2017.
- [18] W. I. Praseptiyana, A. W. Widodo, M. A. Rahman, "Pemanfaatan Ciri Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) Untuk Deteksi Melasma Pada Citra Wajah", Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer. vol.3, no.11, pp.10402-10409, Januari., 2020.