

Perbandingan Metode GLCM dan DWT Dalam Mengekstraksi Ciri Penyakit pada Daun Tomat (*Solanum lycopersicum* syn)

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

Jusia Amanda Ginting
Universitas Bunda Mulia
Jakarta Utara, Indonesia
jginting@bundamulia.ac.id

Yunianto Purnomo
Universitas Bunda Mulia
Jakarta Utara, Indonesia
ypurnomo@bundamulia.ac.id

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

Abstract—Penyakit yang disebabkan oleh *pathogen* dapat menyebabkan terjadinya kematian pada suatu tanaman tertentu yang terjangkit oleh penyakit tersebut. Pathogen memerlukan inang untuk dapat berkembang biak agar dapat menginfeksi bagian tumbuhan yang masih sehat. Bagian daun pada tumbuhan yang menjadi tempat untuk pathogen berkembang biak, sehingga dapat mengakibatkan kematian jaringan pada daun dan membuat tumbuhan tidak dapat berkembang atau mati. *Leaf spot* dan *leaf blight* merupakan penyakit yang disebabkan oleh pathogen dan sering ditemukan pada tumbuhan seperti yang ditemukan pada tomat (*Solanum lycopersicum* syn). Identifikasi penyakit pada tanaman tomat dapat dilakukan dengan pendekatan *image processing* menggunakan gambar (*image*) dari daun tomat yang terkena penyakit berak (*spot*) dan hawar (*blight*). Gambar yang digunakan dilakukan proses segmentasi terlebih dahulu untuk memisahkan *object* penyakit dari *background* yang bukan area penyakit, area penyakit daun tomat berhasil tersegmentasi pada proses pengurangan antar channel warna Green–Red (GR). Sebaliknya invers channel warna tersebut mengsegmentasi area daun berwarna hijau atau area sehat. Setelah berhasil tersegmentasi selanjutnya *image* GR dilakukan pengenalan ciri menggunakan dua metode yang berbeda *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Kedua metode ini dapat mengenali ciri penyakit daun dengan baik berdasarkan pada nilai *Energy* dan *Entropy* yang diperoleh. Berdasarkan dengan hasil yang diperoleh nilai *entropy* dan *energy* GLCM dapat digunakan untuk mengenali *object* secara spatial, sebaliknya nilai *entropy* dan *energy* DWT dapat digunakan untuk menangkap nilai frekuensi serta posisi dari suatu *object*. GLCM dan DWT dapat menangkap ciri (*object*) penyakit bercak dan hawar pada daun Tomat. Tahapan selanjutnya yang dapat dilakukan menggunakan teknik *Machine Learning* (ML) agar hasil pengenalan ciri penyakit daun dapat diklasifikasikan dan dijadikan model untuk melatih atau mengenali penyakit daun pada varietas tumbuhan yang lain.

Kata kunci — *Computer Vision, DWT, Ekstraksi Ciri, GLCM, Penyakit Daun.*

I. PENDAHULUAN

Penyakit tanaman dapat memberikan dampak *negative* yang sangat besar pada perekonomian berupa gagal panen apabila menyerang komoditas tanaman yang potensial seperti pada tanaman tomat [1]. Tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan salah satu komoditas yang mempunyai prospek penjualan yang tinggi di Indonesia maupun diluar Indonesia [2]. Salah satu kendala yang dapat memperhambat peningkatan produksi tomat di Indonesia adalah hama dan penyakit yang menyerang tanaman pada daun tomat [3]. Berdasarkan pada hasil laporan [4] menjelaskan terkait dengan *pathogen* penyebab penyakit yang terdapat pada daun tomat sampai pada cara pengedaliannya [5]. *Pathogen* dapat menyebar dengan cepat pada daun yang sehat (hijau), proses penyebaran dapat lewat udara maupun air. *Pathogen* memerlukan inang (*host*) untuk berkembang biak, dalam kasus tertentu apabila ada satu daun yang terserang penyakit maka tidak butuh waktu yang lama lebih kurang 1 hari penyakit tersebut akan menyerang tumbuhan yang lain dan hal ini akan berdampak pada kerugian atau gagal panen.

Pengendalian penyakit pada tanaman dapat menjadi salah satu cara untuk meminimalisir kerugian besar yang akan terjadi akibat dampak dari gagal panen yang dapat dialami petani. Hasil penelitian [6] melaporkan jenis penyakit yang disebabkan oleh pathogen dan dapat menyebabkan gagal panen pada tanaman seperti *leaf spot* (bercak) dan *leaf blight* (hawar) yang menjangkit pada bagian daun dari tumbuhan. Kedua jenis penyakit ini sering ditemukan pada beberapa tumbuhan salah satunya ditemukan pada tomat [7]. Penyakit daun *spot* dan *blight* dapat dibedakan dari pola penyebarannya, *spot* dapat berupa bercak yang menyebar pada permukaan daun secara tidak teratur sedangkan hawar terjadi dari ujung daun atau bercak daun yang menyatu [8]. Pola penyebaran penyakit daun dapat diidentifikasi dengan pendekatan *image processing* [9] dengan melibatkan ciri tekstur yang terdapat pada permukaan daun yang berubah warna akibat terkena penyakit. Selain terjadi perubahan warna terdapat juga perubahan bentuk terkait dengan model penyakit bercak dan hawar. Perubahan degradasi warna pada citra digital dapat menjadi parameter untuk membedakan suatu *object* yang akan diamati.

Teknologi *image processing* [10] merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk membantu mempermudah proses identifikasi suatu *object*. Untuk dapat membuat sistem *computer* yang mampu membedakan *object* satu dan lainnya, sehingga *object* yang akan diamati dapat tersegmentasi. Terdapat beberapa teknik pengenalan *object* dengan menggunakan *image processing* seperti

penggunaan Algoritma *Freeman Chain* [11] dalam mendeteksi tulisan mandarin. Identifikasi *object* juga merupakan salah satu cara untuk dapat memisahkan *object* yang akan diamati terhadap *background* gambar yang sering dianggap sebagai noise (derau) [12,13], apabila terlalu banyak noise yang tersegmentasi, maka akan sangat berpengaruh pada tahapan pembuatan model prediksi sehingga pemilihan metode yang tepat diperlukan. Deteksi *object* dengan image processing tidak hanya dapat mengidentifikasi atau mengenali *object* tulisan, tetapi dapat juga mensegmentasi *object* pola perubahan tutupan hutan [14] dan *object* pada pola penyakit daun juga dapat terdeteksi [15]. Setelah *object* yang akan diamati telah tersegmentasi maka akan dilakukan tahapan untuk mengekstrak ciri atau informasi dari *object* tersebut. Terdapat banyak metode dalam mengekstrak ciri suatu *object* dalam sebuah gambar (*image*) diantaranya *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Pengenalan ciri menggunakan GLCM dan *Wavelet* berdasarkan laporan [16] berhasil mengenali *object* daging yang digunakan dengan tingkat akurasi dalam range nilai [80%-87,5%].

Penelitian yang telah dilakukan [15] juga menunjukkan ciri penyakit daun Jabon berhasil teridentifikasi menggunakan DWT. Hasil dari penelitian yang dilaporkan [17] juga menunjukkan bahwa ciri penyakit daun dapat diidentifikasi menggunakan GLCM, meskipun dengan tingkat akurasi yang masih rendah. Dengan pemanfaatan teknologi AI (*Artificial Intelligence*) yang semakin banyak diterapkan dalam berbagai bidang ilmu seperti lingkungan, pendidikan maupun kesehatan, maka dalam penelitian ini ciri tekstur penyakit daun tomat akan dikenali menggunakan GLCM dan DWT. Kedua metode ini akan dibandingkan untuk melihat seberapa besar nilai keakuratan metode untuk mendeteksi area penyakit daun yang tersegmentasi. Penciri atau *feature* akan diekstrak menggunakan nilai *Energy* dan *Entropy* untuk kedua metode yang digunakan. Nilai *Entropy* dan *Energy* akan dibandingkan dan dianalisa untuk melihat apabila ada kemiripan dari kedua metode ini dalam mengekstrak informasi ciri penyakit pada daun Tomat.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dua metode untuk melakukan ekstraksi ciri dalam mengenali *object* berupa penyakit Bercak dan Hawar pada daun Tomat. Dimana perbandingan antar dua metode *feature extraction* masih jarang dilakukan untuk mengenali *object* penyakit. Ciri penyakit yang akan diidentifikasi adalah bercak dan hawar pada daun Tomat, ciri penyakit akan diekstrak dengan nilai *entropy* dan *energy*. Metode yang akan dibandingkan diharapkan dapat menjadi masukan dalam pengembangan ilmu *computer vision* untuk mengenali jenis-jenis penyakit pada daun. Metode yang akan dibandingkan pada penelitian ini adalah nilai ekstraksi ciri *Energy* dan *Entropy* yang dihasilkan dari *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu cara untuk memilih metode yang tepat dalam melakukan proses *training model* dalam *machine learning* atau *deep learning*, khususnya dalam mengembangkan model *Artificial Intelligence* (AI) untuk deteksi penyakit pada suatu tumbuhan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Penyakit Daun Bercak dan Hawar

Tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan tanaman yang dapat tumbuh diberbagai macam jenis tanah dengan tingkat drainase yang rendah [18]. Tomat juga merupakan salah satu tumbuhan yang banyak ditemui di hampir semua negara termasuk di Indonesia. Tanaman yang mudah untuk tumbuh ini juga sangat rentan untuk terkena hama dan penyakit terutama pada bagian daunnya. Tingkat kelembaban yang tinggi juga dapat mendukung penyebaran penyakit daun lebih cepat berkembang biak. Terdapat dua penyakit daun yang secara umum sering menyerang tumbuhan Tomat, yaitu: Bercak dan Hawar daun.

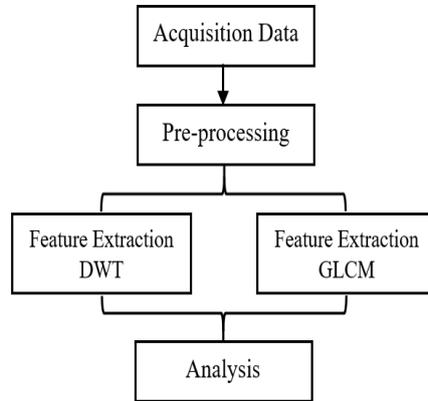


Gambar 1. (a) Penyakit Bercak dan (b) Hawar pada Daun Tomat

Bercak daun yang menyerang tomat disebabkan oleh fungi atau *pathogen* dengan jenis *Septoria lycopersici* yang mengakibatkan gejala pada daun seperti bintik-bintik kecil dan menyebar secara tidak beraturan pada permukaan bagian daun biasanya berbentuk lingkaran yang tidak beraturan dengan diameter lingkaran yang berbeda-beda [19]. Bentuk penyakit bercak daun dapat dilihat pada Gambar 1 (a). Bercak dan Hawar daun dapat diamati secara *macroscopic*, sehingga perubahannya dapat diamati menggunakan kamera digital. *Macroscopic* merupakan pengamatan dengan mata telanjang tanpa menggunakan alat bantu pembesar. Berbeda dengan jenis penyakit bercak, penyakit hawar pada daun tomat diawali dengan adanya bercak berwarna hitam pada bagian tengah daun atau ujung daun. Penyakit hawar pada daun juga dapat terjadi akibat bercak daun yang menyebar dan berkumpul menjadi satu dengan ukuran atau bentuk penyakit yang lebih besar dari bercak daun [18]. Bentuk penyakit hawar pada daun tomat dapat dilihat pada Gambar 1 (b). Penanganan secara manual akan membutuhkan waktu pengamatan yang cukup lama apabila terjadi pada tempat pembibitan yang berskala besar, sehingga penerapan dalam pendeteksian dini penyakit pada tumbuhan dapat dijadikan sebagai solusi pencegahan.

B. Tahapan Proses Penelitian

Tahapan dalam penelitian terdiri dari lima proses, yaitu: *Acquisition data*, *pre-processing*, *feature extraction* dan *analysis*. Tahapan proses penelitian dapat dilihat dalam *flowchart* diagram Gambar 2. *Acquisition data* merupakan tahapan untuk mengumpulkan data dari sumber-sumber yang diperlukan seperti mengumpulkan informasi terkait jenis-jenis penyakit yang menyerang tumbuhan tomat sampai pada proses mengumpulkan *dataset* yang akan digunakan. Dalam penelitian ini *dataset* yang digunakan merupakan data citra daun Tomat yang terkena penyakit bercak dan hawar. *Dataset* atau dapat diunduh secara gratis (*free*) dari laman *website* berikut: <https://www.kaggle.com/>. *Dataset Tomato Leaf Diseases* yang digunakan adalah *Bacterial Spot* dan *Septoria Leaf Spot* untuk penyakit bercak dan untuk hawar *Early Blight* dan *Late Blight*, Gambar 1 (a) dan (b).



Gambar 2. Flowchart Diagram

Dalam *pre-processing* data yang dilakukan adalah proses *resize*, *removing background* dan *image segmentation* untuk mendapatkan nilai image yang diduga sebagai penyakit daun. *Feature extraction* merupakan tahapan selanjutnya untuk mengekstrak informasi penyakit daun yang akan diamati, dalam penelitian ini menggunakan dua metode yang berbeda seperti pengamatan spasial menggunakan *gray level co-occurrence matrix* (GLCM) dan gelombang frekuensi menggunakan *discrete wavelet transform* (DWT). Kedua hasil ekstraksi ciri akan diamati berdasarkan nilai *energy* dan *entropy*. Selanjutnya hasil ekstraksi ciri akan dilakukan proses *analysis* untuk melihat perbandingan nilai yang diperoleh dari kedua metode tersebut.

C. Segmentasi Object pada Image

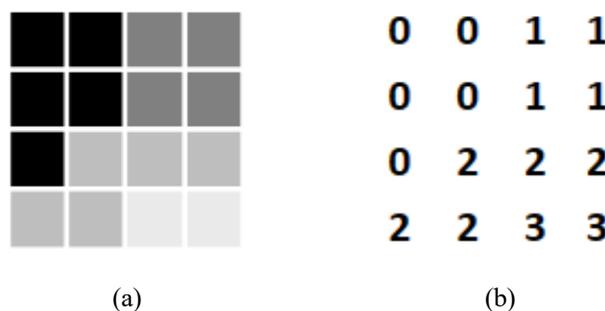
Segmentasi yang dilakukan pada citra digital merupakan suatu proses yang dilakukan untuk memperoleh informasi berupa *object* yang akan diamati [20]. Proses ini dapat digunakan untuk memisahkan *object* pengamatan terhadap *background* atau bagian yang tidak menjadi fokus dalam pengamatan. Representasi piksel dengan kombinasi warna *Red* (R), *Green* (G), dan *Blue* (B) dapat dilihat pada Tabel 1. Pemisahan *foreground* dan *background* dapat dilakukan dengan cara memisahkan masing-masing komponen warna pada citra RGB. Proses ini bertujuan untuk mensegmentasi *object* penyakit yang terdapat pada citra proses ini masuk pada tahapan *pre-processing* data.

Tabel 1. Kombinasi Warna pada Citra Digital

Warna	Red	Green	Blue
Red	255	0	0
Green	0	255	0
Blue	0	0	255
Black	0	0	0
White	255	255	255

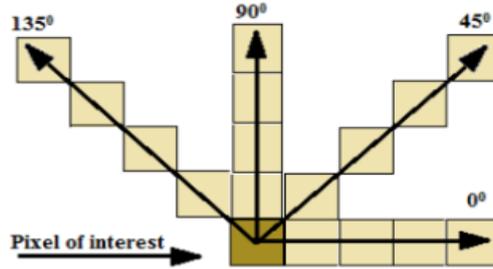
D. Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

GLCM pertama kali diperkenalkan oleh Haralick pada Tahun 1973 dengan menggunakan 28 *feature* untuk menjelaskan pola spasial yang terdapat pada cita [16] dua diantaranya terdapat *Energy* dan *Entropy*. Berdasarkan dengan definisi, GLCM digunakan untuk melihat seberapa sering kombinasi tingkat derajat keabuan suatu piksel dalam suatu citra muncul [21]. Gambar 3 menunjukkan ilustrasi citra dan nilai *gray level* (GL) dari citra tersebut.



Gambar 3. (a) Matriks *Input* dan (b) Matriks GLCM

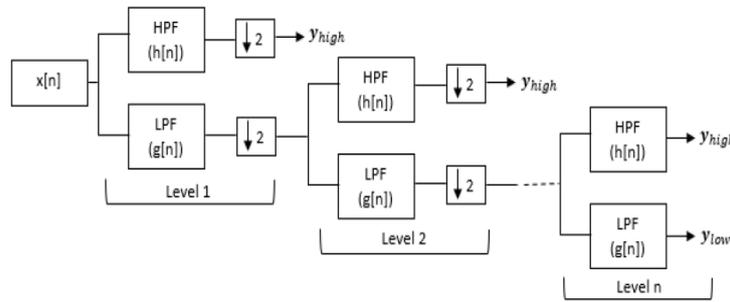
Pada gambar 3 terdapat tiga perubahan intensitas warna yang bisa dikenali sebagai suatu tekstur perubahan warna dari suatu *object*. Pengukuran tekstur yang digunakan pada GLCM menggunakan perhitungan tekstur pada orde kedua dengan melihat hubungan antar dua piksel citra. Dalam metode GLCM perbandingan antar dua nilai piksel dapat diperoleh berdasarkan pada arah Horizontal (0°), Vertical (90°), Diagonal (45°, -45°, 135°, -135°) [22]. Dalam penelitian ini arah yang digunakan adalah arah horizontal (0°) dan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Arah Perbandingan Piksel Citra

E. *Discrete Wavelet Transform (DWT)*

Joseph Fourier pada awal Tahun 1800’s memperkenalkan suatu pendekatan superposisi dengan menggunakan suatu fungsi sinus dan cosinus [23]. *Wavelet* merupakan suatu metode yang digunakan untuk merepresentasikan data atau fungsi. Data citra daun Tomat yang terjangkit penyakit juga akan dikenali menggunakan metode DWT untuk mengekstrak ciri penyakit daun. DWT menggunakan domain frekuensi yang memetakan nilai frekuensi pada satuan waktu [24]. Berbeda dengan FFT (*fast fourier transform*) yang hanya mempunyai nilai frekuensi gelombang signal, DWT dapat memberikan informasi kapan nilai frekuensi signal itu terjadi.



Gambar 5. Proses Dekomposisi Wavelet

Ekstraksi ciri *wavelet* dua dimensi (2D) terbagi menjadi empat sub-band: low-low (LL), high-low (HL), low-high (LH), high-high (HH) proses ini disebut dengan dekomposisi wavelet Gambar 4. Setiap sub-band mewakili nilai frekuensi yang berbeda seperti LL mewakili nilai frekuensi rendah dan HH mengekstrak nilai frekuensi tinggi [25]. Nilai frekuensi pada level dekomposisi yang berbeda dapat diperoleh dari persamaan (1). Dimana $d_{i,j}$ merepresentasikan ciri dari signal data $f(s)$, i merupakan skala dan j translasi wavelet. Nilai frekuensi *high-pass* $h(s)$ dan *low-pass* $l(s)$ filter.

$$P_{DWT}(s) = \begin{cases} d_{i,j} = \sum f(s) \times h * i(s - 2 \times i \times j) \\ d_{i,j} = \sum f(s) \times l * i(s - 2 \times i \times j) \end{cases} \tag{1}$$

F. *Energy dan Entropy*

Energy merupakan ukuran keteraturan (*homogeneity*) dari suatu nilai yang dimiliki oleh sebuah gambar. Persamaan (2) *energy* dan (3) merupakan persamaan untuk menghitung *entropy* [26]. Dimana $G(m, n)$ merupakan nilai spatial data citra hasil segmentasi. Sebaliknya *Entropy* merupakan salah satu ciri spatial yang dapat digunakan untuk menangkap ketidakteraturan (*randomness*) dari suatu gambar. Nilai *entropy* dan *energy* digunakan dalam menganalisis citra hasil GLCM dan DWT. Kedua nilai *features* ini juga dapat digunakan dalam membuat model *Machine Learning* (ML) untuk memprediksi model penyakit pada daun.

$$Energy = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N G^2(m, n) \tag{2}$$

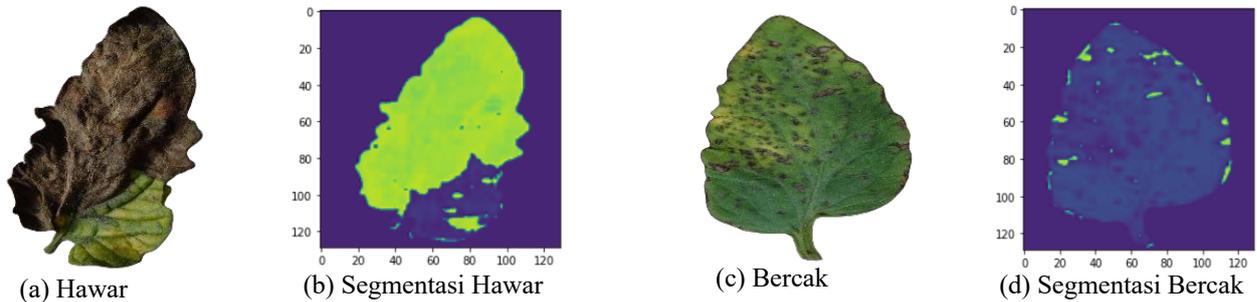
$$Entropy = - \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N G(m, n) \log_2(G(m, n)) \tag{3}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Pre-Processing Data*

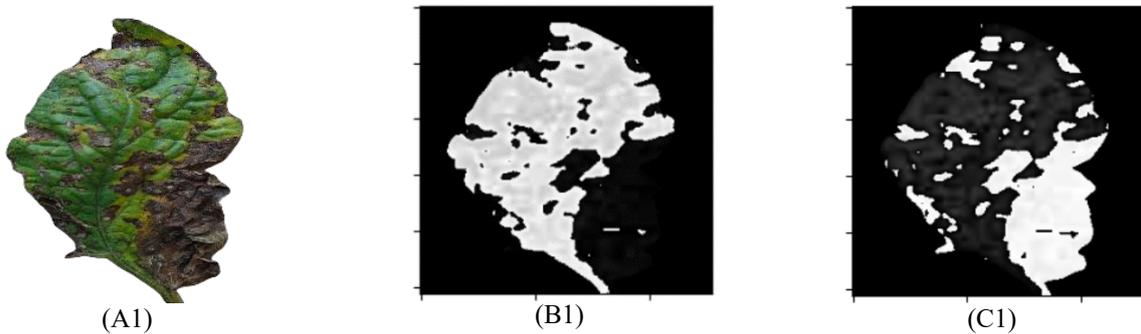
Data yang akan digunakan melewati beberapa proses seperti *removing background* bertujuan agar *image* yang akan diolah hanya terfokus pada daun dan penyakitnya, setelah *background* dihilangkan *image* dilakukan proses segmentasi dengan melakukan

pengurangan antar kanal (*channel*) warna RGB (*Red, Green, Blue*) dimana hasil pengurangan warna *Green-Red* menghasilkan area daun yang terkena penyakit Gambar 6 (b) dan (d). Ukuran gambar yang digunakan adalah 250×250 *pixel* dengan 25 data citra yang terkena penyakit bercak dan 25 data untuk penyakit hawar. Total data yang digunakan adalah 50 citra daun yang terkena penyakit, jumlah data dibatasi dan dipilih sesuai dengan kebutuhan analisis. Pada Gambar 6 merupakan hasil segmentasi citra dengan penyakit Hawar dan hasil segmentasi Bercak.

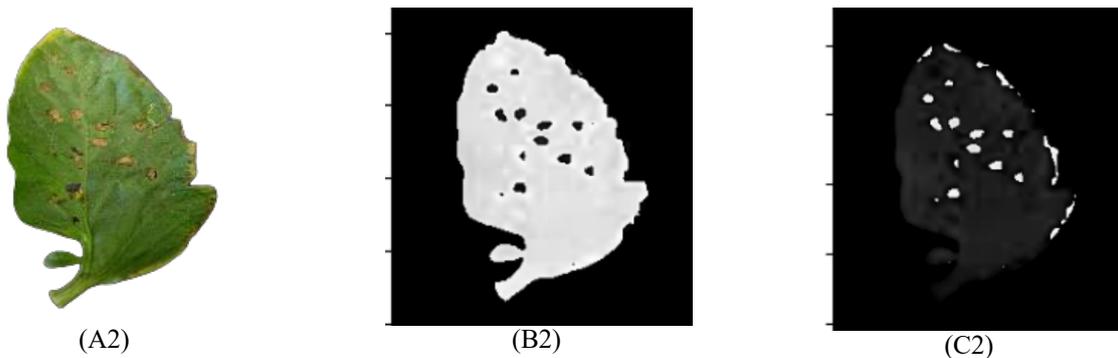


Gambar 6. Hasil Segmentasi Citra Dengan Area yang Terjangkit Penyakit

Sumbu *x* dan *y* yang terdapat pada Gambar 6 (b) dan (d) merupakan representasi dari nilai piksel citra berdasarkan pada hasil pengurangan antar kanal warna. Proses pengurangan kanal warna diawali dengan memisahkan (*split*) setiap komponen warna citra RGB menjadi kanal warna yang berbeda *red, green* dan *blue* kombinasi nilai setelah dipisahkan dapat dilihat pada Tabel 1. Selanjutnya setiap komponen warna dilakukan proses pengurangan dengan masing-masing kanal warna, karena citra merupakan representasi dari matriks dengan ukuran (*size*) merepresentasikan kolom dan baris, sehingga proses pengurangan matriks dapat dilakukan.



Gambar 7 menunjukkan hasil segmentasi dari kedua jenis penyakit (A1, B1 dan C1) merupakan hasil dari penyakit hawar daun sedangkan untuk Gambar 7 (A2, B2 dan C2) merupakan hasil segmentasi dari bercak daun. B1 dan B2 merupakan hasil pengurangan kanal warna Red-Green yang memberikan informasi area daun berwarna hijau (sehat), sedangkan untuk C1 dan C2 merupakan invers dari Red-Green yaitu: Green - Red dimana memberikan informasi area daun yang terkena penyakit. Berdasarkan dengan hasil pre-processing yang diperoleh dapat juga dikelompokkan berdasarkan dengan jumlah piksel citra yang teridentifikasi sebagai penyakit untuk dapat dikelompokkan dalam melihat tingkat keparahan dari suatu penyakit pada daun. Selanjutnya cira C1 dan C2 akan dilakukan identifikasi ciri penyakit menggunakan GLCM dan DWT.

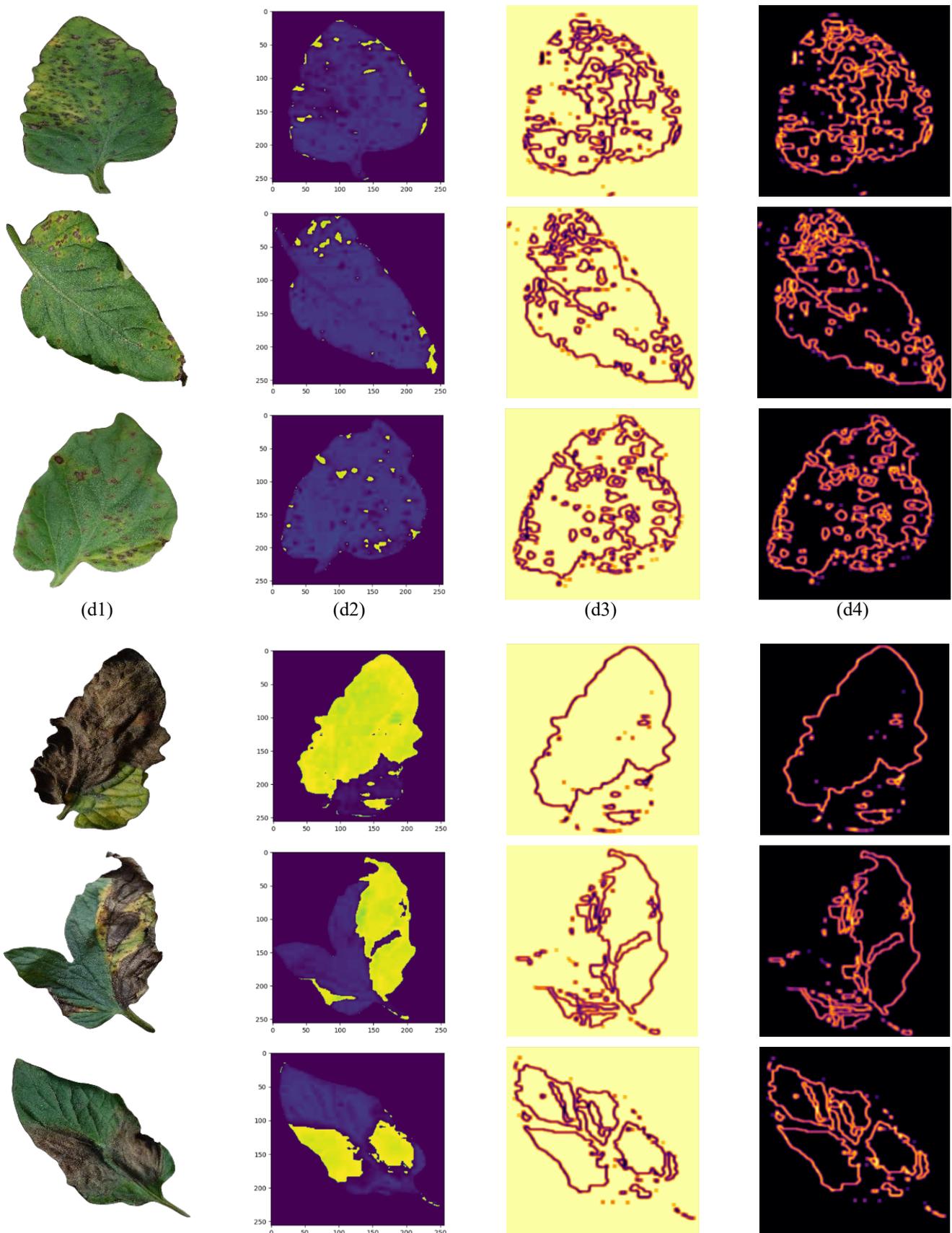


Gambar 7. (A1, A2) Original Images, (B1, B2) Segmentasi Red-Green dan (C1, C2) Segmentasi Green-Red

B. GLCM Feature Extraction

Gray level co-occurrence matrix (GLCM) digunakan untuk mengekstrak informasi secara spasial berupa kejadian yang terjadi pada suatu data citra dengan melihat hubungan dua nilai piksel yang bertetangga. Dalam penelitian ini inputan data yang digunakan dalam dua metode *feature extraction* adalah data citra hasil segmentasi pengurangan *channel* warna RGB yang

tersegmentasi sebagai area penyakit daun Gambar 7 (C1 dan C2). Data image yang menghasilkan informasi daerah penyakit daun selanjutnya digunakan untuk melihat kemiripan nilai antar piksel ketetanggaannya dengan menggunakan jarak ketetanggaan antar nilai piksel adalah 1 piksel dan arah perbandingan (sudut) yang digunakan adalah arah horizontal (0°) ilustrasi arah dapat dilihat pada Gambar 4. Proses ini dilakukan sama untuk semua image yang digunakan dalam penelitian ini. Hasil dari GLCM dapat dilihat pada Gambar 8.

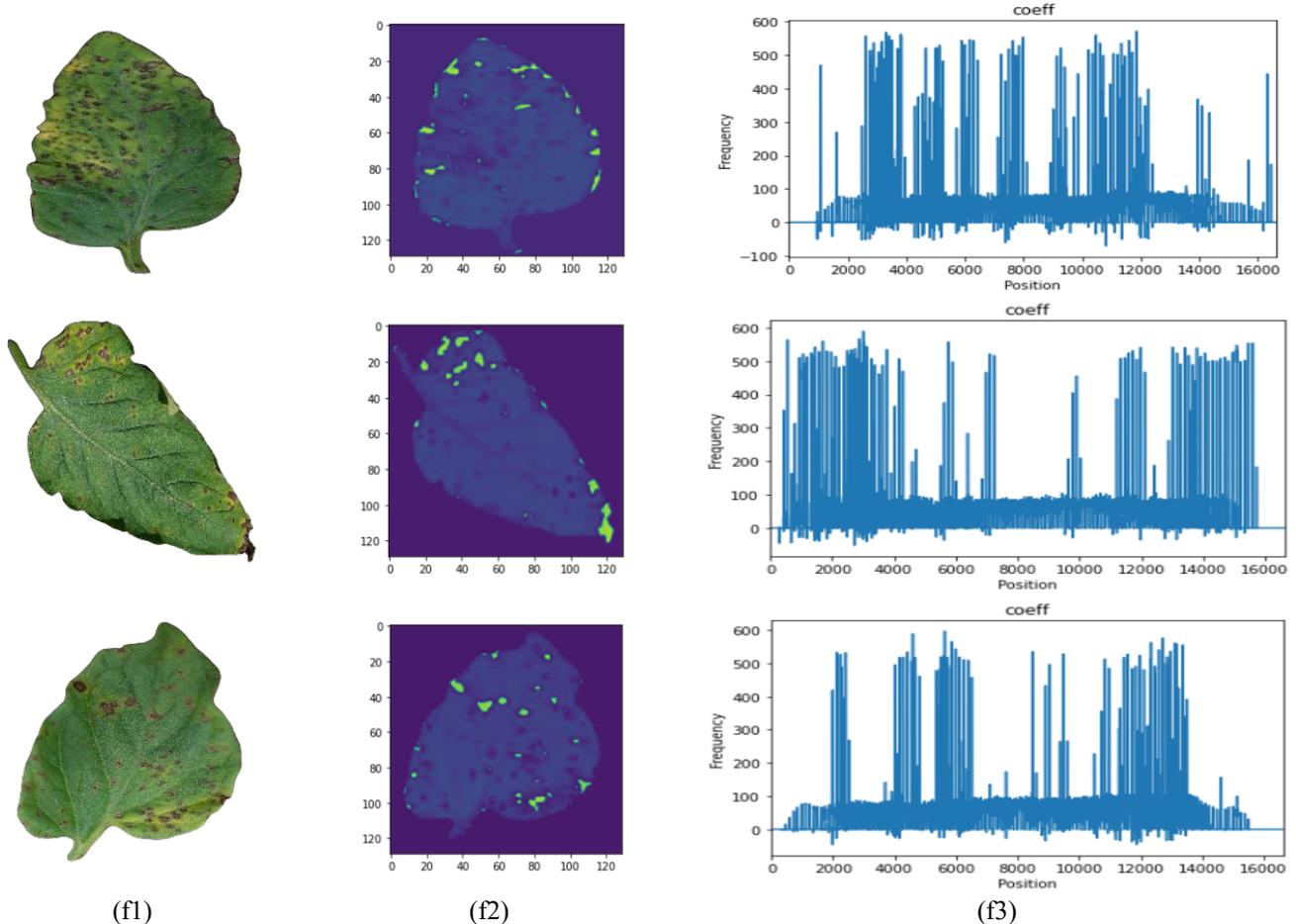


(e1) (e2) (e3) (e4)
 Gambar 8. Penyakit Bercak Daun (d) dan Penyakit Hawar Daun (e) Hasil GLCM

Gambar 8 (d1, e1) menunjukkan inputan citra RGB, (d2, e2) merupakan hasil segmentasi pengurangan channel warna Green-Red, (d3, e3) merupakan hasil feature extraction dari nilai *Energy* dan (d4, e4) merupakan hasil *feature extraction* nilai *Entropy* berdasarkan metode GLCM yang digunakan. Berdasarkan dengan hasil pada Gambar 8 (d3, d4) dan (e3, e4) yang merupakan informasi *spatial* data hasil *extract* berdasarkan hubungan antar dua nilai *pixel*, dapat dilihat pada bagian penyakit bercak daun (d3, d4) terdapat beberapa bagian pixel citra yang tersebar secara tidak beraturan (acak), dimana sebaran bukan hanya pada wilayah area yang terkena penyakit daun. Sebaliknya pada bagian penyakit hawar (e3, e4) hasil GLCM dapat dilihat lebih teratur (homogen), walaupun terdapat pula beberapa bagian yang tidak teratur. Dengan menggunakan sudut horizontal (0°), karnel size 5×5 , dan jarak ketetanggan nilai piksel = 1, informasi ciri secara *spatial* dapat diperoleh.

C. DWT Feature Extraction

Discrete Wavelet Transform (DWT) digunakan untuk mengekstrak informasi ciri citra dengan menggunakan pendekatan signal dan *frequency*. Beberapa penelitian menggunakan DWT karena memiliki kelebihan untuk menangkap informasi waktu dan frekuensi kejadian secara bersamaan. Waktu (*time*) dalam data citra digital merupakan nilai piksel citra yang dianalisis. Dalam DWT informasi signal dilakukan dekomposisi dengan fungsi *scaling* atau *resolution* yang menghasilkan *high frequency* dan *low frequency*, dimana dalam penelitian ini yang akan diamati adalah *low frequency of image*. Inputan data yang digunakan dalam DWT sama dengan inputan data yang digunakan pada GLCM yang merupakan data citra hasil segmentasi pengurangan *channel* warna RGB tersegmentasi sebagai area penyakit Gambar 7 (C1 dan C2).



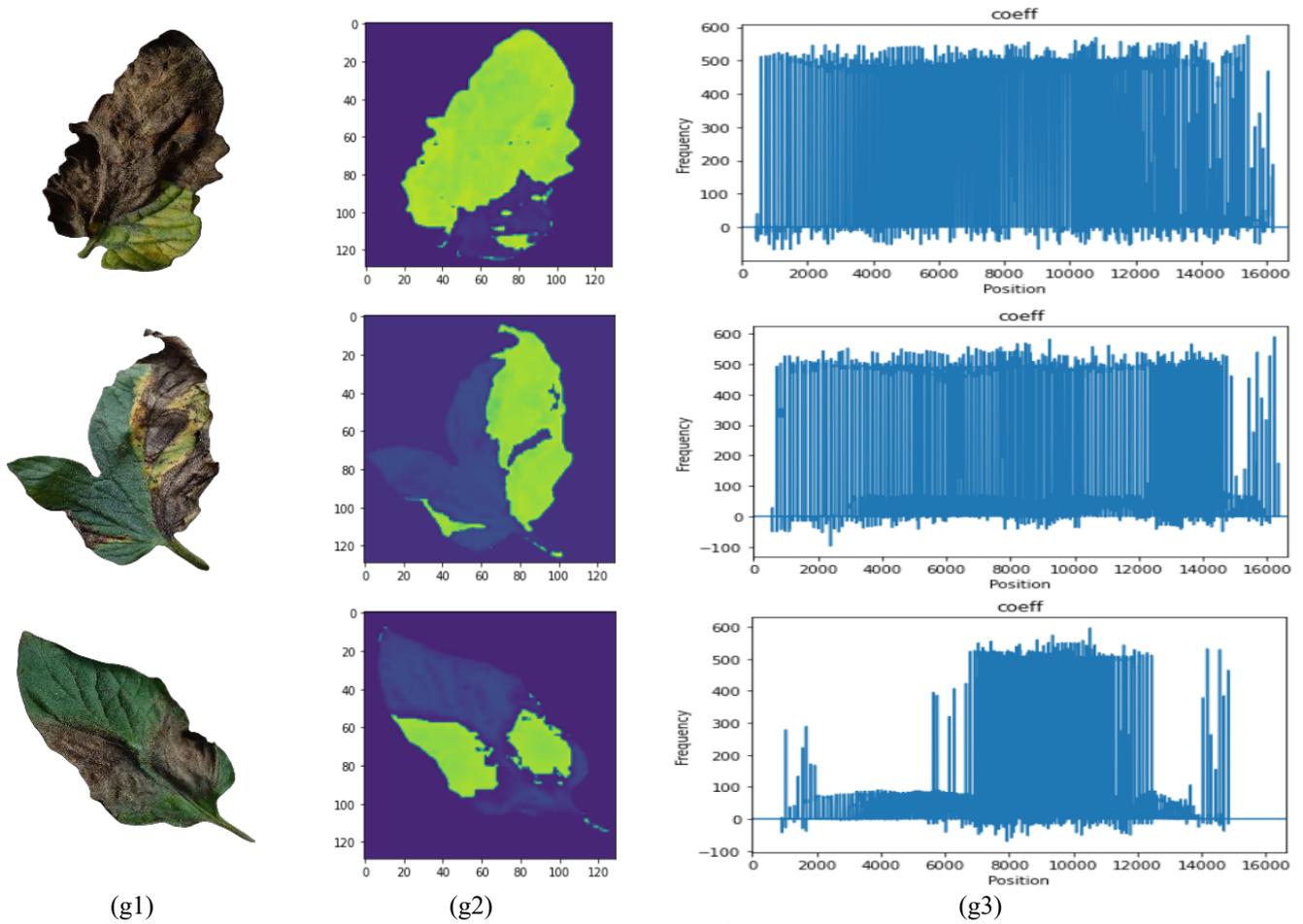
Informasi data pada Gambar 9 (f3), merupakan plotingan sebaran data hasil *feature extraction* menggunakan DWT level 1 dekomposisi dan fungsi *mother wavelet* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Daubechies. Tahapan proses yang dilakukan dalam DWT adalah memisahkan komponen frekuensi dan *spatial* sinyal berdasarkan *high-pass* dan *low-pass* filter seperti ilustrasi yang dapat dilihat pada Gambar 5. Dalam pemrosesan ini citra inputan (f2) yang merupakan hasil segmentasi citra area penyakit didekomposisi menjadi empat sub-band: (LL), (HL), (LH) dan (HH). Dimana dalam Gambar 9 (f3) merupakan plotingan hasil dari *sub-band* (LL) aproksimasi secara umum dari citra aslinya. *Low-low* (LL) digunakan karena pada tingkat dekomposisi wavelet yang lebih tinggi secara level, maka akan menggambarkan nilai aproksimasi yang lebih halus dari citra sebelumnya.

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

Metode	Kode Citra	Energy	Entropy
--------	------------	--------	---------

		Bercak	Hawar	Bercak	Hawar
GLCM	Top (d1) dan (e1)	1606576.461	1582460.051	15.99971032	15.99952247
	Mid (d1) dan (e1)	1576758.345	1570624.943	15.99948148	15.99943826
	Bot (d1) dan (e1)	1525116.793	1585966.033	15.99916439	15.99954008
DWT	Top (f1) dan (g1)	565683.528	2882204.734	12.67127058	12.6183807
	Mid (f1) dan (g1)	648466.460	1630192.484	12.64558075	12.1034517
	Bot (f1) dan (g1)	648293.003	1149427.350	12.78834821	11.8151646

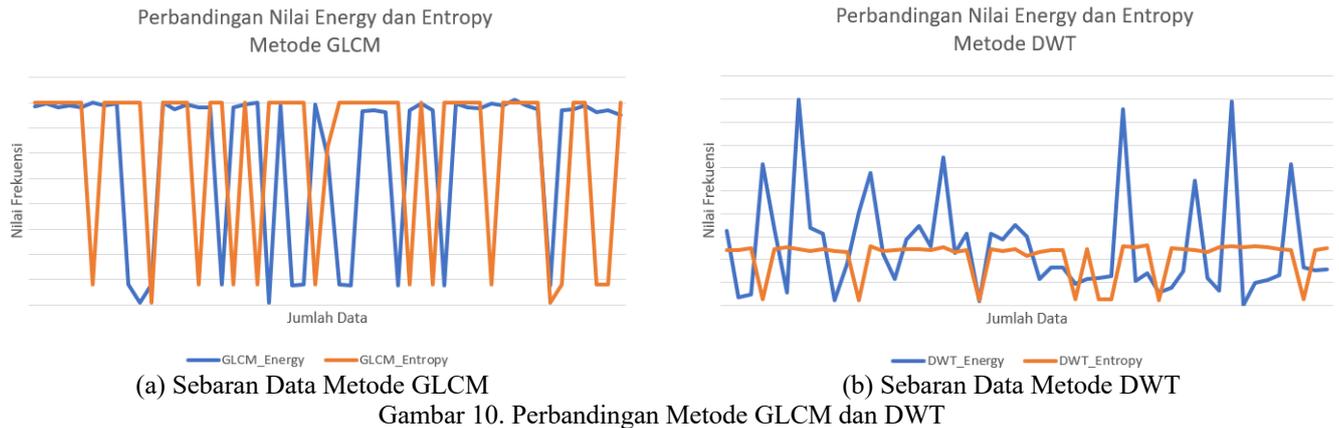
Tabel 1 merupakan *sample* hasil perhitungan nilai *entropy* dan *energy* dari Gambar 8 dan 9. Berdasarkan dengan hasil perhitungan nilai *entropy* memberikan informasi nilai ketidakpastian (*randomness*) berdasarkan pada distribusi nilai piksel dalam suatu citra. Nilai *entropy* tinggi menginformasikan citra yang tidak teratur, sebaliknya jika nilai *entropy* semakin rendah maka semakin seragam (*homogen*). Berdasarkan dengan nilai Tabel 1 data *sampling* terlihat bahwa rata-ran nilai *entropy* dari penyakit hawar lebih tinggi 0.0001 dari penyakit bercak untuk metode GLCM, sebaliknya rata-ran nilai *entropy* dari metode DWT untuk penyakit hawar lebih rendah 0.66 dari penyakit bercak.



Gambar 9. Hasil DWT Bercak (f) dan Hawar (g)

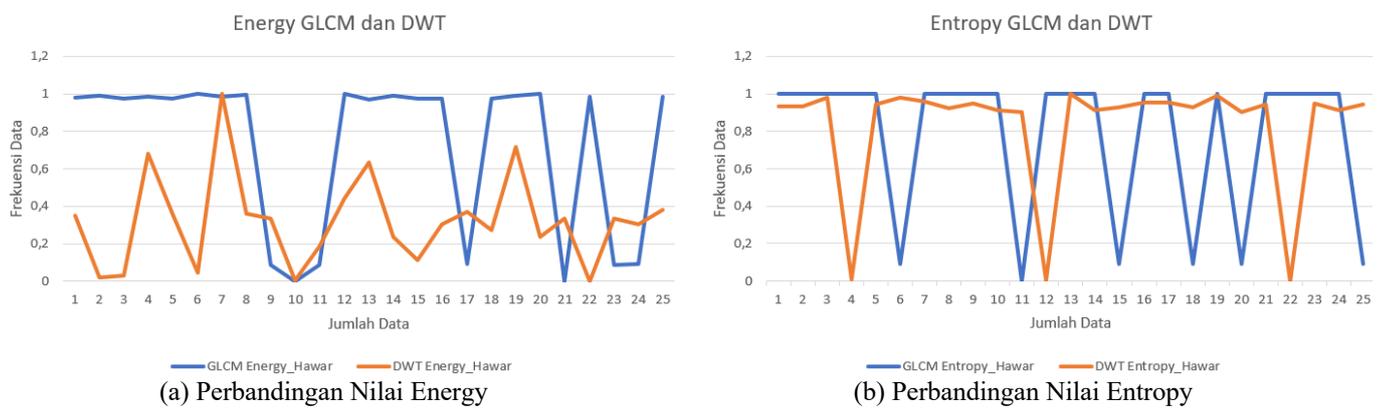
Gambar 9 (g) merupakan hasil dari *feature extraction* untuk penyakit hawar menggunakan DWT, *mother wavelet* dan *sub-band* yang digunakan sama dengan yang digunakan pada penyakit bercak. Berdasarkan dengan hasil ini dapat terlihat bahwa sebaran data penyakit hawar berdasarkan dengan Gambar 9 (g3) terlihat lebih seragam (*homogen*) untuk distribusi dari nilai frekuensi data. Sumbu *x* menginformasikan lokasi dari nilai piksel citra dan sumbu *y* memberikan informasi berupa nilai frekuensi kemunculan pada lokasi tersebut. Panjang sumbu *x* direpresentasikan berdasarkan hasil perkalian baris dan kolom dari citra inputan.

D. Analisis Perbandingan Metode



Gambar 10. Perbandingan Metode GLCM dan DWT

Hasil analisis perbandingan kedua metode dapat dilihat pada Gambar 10. Hasil analisis dilakukan hanya terkait dengan melihat perbedaan dari kedua metode GLCM dan DWT untuk menangkap informasi penciri dari suatu *object* citra daun yang terkena penyakit bercak dan hawar. *Energy* yang diperoleh dari masing-masing metode *feature extraction* bertujuan untuk melihat keberadaan suatu penciri dari *object* tersebut. *Entropy* bertujuan untuk melihat nilai keteracakan dari sebaran penciri *object*. Semakin tinggi nilai *energy* maka kontur, tekstur atau pola *object* semakin menonjol pada citra, selanjutnya untuk nilai *entropy* yang tinggi memberikan informasi penciri berupa tekstur kasar, beragam atau tidak teratur dari suatu *object* yang diamati.



Gambar 11. Perbandingan Nilai Entropy dan Energy Penyakit Hawar Daun

Berdasarkan hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11. Metode GLCM dan DWT dapat menangkap informasi yang terdapat pada citra inputan dengan baik, tetapi untuk hasil segmentasi citra masih terdapat *object* yang seharusnya tidak menjadi *object* pengamatan, seperti yang dapat dilihat pada gambar hasil segmentasi dimana tulang daun tersegmentasi juga sebagai penyakit dan terdapat perubahan warna pada daun yang juga tersegmentasi sebagai area penyakit. Sumbu *x* dan *y* pada Gambar 10 dan 11 merupakan frekuensi nilai data terhadap jumlah data keseluruhan. Pada Gambar 11 nilai pada sumbu *y* merupakan hasil normalisasi menggunakan metode *Min-Max* untuk membuat range nilai penciri *entropy* dan *energy* pada range yang sama.

IV. KESIMPULAN

Segmentasi citra yang terkena penyakit menggunakan pengurangan kanal warna Green-Red dapat memberikan informasi area daun yang terkena penyakit, walaupun masih terdapat beberapa noise yang ada dalam hasil segmentasinya. Ekstraksi ciri menggunakan GLCM (*gray level co-occurrence matrix*) dapat menangkap informasi citra yang terdampak penyakit secara spasial dan DWT (*discrete wavelet transform*) dapat menangkap informasi ciri penyakit secara nilai gelombang frekuensi. Berdasarkan dengan hasil yang diperoleh terlihat bahwa metode DWT lebih detail dalam menangkap informasi dari penciri penyakit yang tersegmentasi. Analisis yang dilakukan berdasarkan pada perhitungan statistika sederhana yaitu nilai *maximum*, *minimum* dan rata-rata. Berdasarkan dari data yang telah dilakukan analisis metode GLCM memiliki nilai sebagai berikut: *maximum* = 1602979.955, *minmum* = 15798.966 dan *rataan* = 1169479.080 data tersebut diperoleh dari nilai penciri *energy* penyakit hawar. Metode DWT memiliki nilai *maximum* = 4492665.554, *minimum* = 96653.235 dan *rataan* = 1511803.389 untuk ciri dan penyakit yang sama. Berdasarkan dengan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa kedua metode berhasil menangkap informasi penciri dari citra yang terkena penyakit daun, hanya saja untuk metode GLCM perlu dilakukan analisis tambahan untuk sudut yang dapat digunakan dikarenakan masih banyak *noise* yang terdapat dalam proses analisis penciri. Untuk hasil DWT dapat langsung digunakan dalam proses pengklasifikasian jenis penyakit, apabila ingin mendapatkan informasi ciri yang lebih detail dapat dilakukan proses dekomposisi wavelet sampai level 2 atau 3.

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 peneliti yang terlibat aktif dalam penelitian ini dan juga untuk kampus Universitas Bunda Mulia yang mensponsori penelitian ini sehingga dapat terlaksana dan dipublikasikan. Semua yang ditulis dalam makalah ini merupakan hasil pemikiran, diskusi dan analisi dari semua anggota peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hanif N Hidayah dan Illa Anggraeni, "Identification of causes of Red Leaf Spot on Red Jabon (*Anthocephalus macrophyllus* (Roxb.) Havil) Seeds in Kima Atas Permanent Nursery", Forestry Research Institute of Manado. *Jurnal WASIAN*, 2015, pp 2(2):73-78.
- [2] Lenda J, Bano M dan Pudjiastuti S, "Strategi Pemasaran Komoditi Tomat di Kota Kupang", *Buletin Excellentia Media Komunikasi Agribisnis*, 2018, 7(2):127-133.
- [3] Yasa I, Sudiarta I, Sumiartha I *et. al*, "Kajian Ketahanan Terhadap Penyakit Busuk Daun (*Phytophthora infestans*) pada Beberapa Galur Tomat", *Agroteknologi Tropika*, 2012, pp 1(2): 154-161.
- [4] Triwidodo A, Lisa Navitasari, Tri Joko, Rudi H. Murti, "Pengaruh Tomat Sambung pada Intensitas Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia Solanacearum*) Komponen Hasil Produksi dan Kualitas Buah", *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 2021.
- [5] Denih Wahyudin, "Penapisan Ketahanan Galur Tomat Terhadap Tomat Chlorosis Crinivirus", *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 2022.
- [6] Mansilla-Cordova. P, Bampi D, Rondinel-Mendoza. N *et al*, "Screening Tomato Genotypes for Resistance and Tolerance to Tomat chlorosis virus", *Plant Pathology*, 2018, pp 67(5):1231-1237.
- [7] Amer. M, Ibrahim. Y, Kheder. A *et al*, "Confirmation Incidence of Tomato Chlorosis Virus Naturally Infecting Tomato Crop I Egypt", *International Journal of Agriculture and Biology*, 2020, pp 23(5):963-969.
- [8] Elliot M, "Leaf Spots and Leaf Blights of Palm", *EDIS*, 2019, 2006(1).
- [9] Alviansyah. F, Ruslianto. I, Diponegoro, "Identifikasi Penyakit pada Tanaman Tomat Berdasarkan Warna dan Bentuk Daun dengan Metode Naïve Bayes Classifier Berbasis Web", *Jurnal Coding Sistem Komputer Untan*, 2017, pp 5(1):23-32.
- [10] Arvin. C, Teady. M. S. Mulyana, "Klasifikasi Tumbuhan Angiospermae Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor Berdasarkan pada Bentuk Daun", *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika (JIPI)*, 2022, pp (2):1233-1243.
- [11] Ericson. E, dan Teady. M. S. Mulyana, "Implementasi Algoritma Freeman Chain Code dan Algoritma K-Nearest Neighbor Dalam Pengenalan Huruf Mandarin", *Jurnal Riset Komputer (JURIKOM)*, 2022, pp 9(4):988.
- [12] Teady. M. S. Mulyana dan Herlina, "Evenly Brightening using Kurtosis Gaussian Pattern to Simplify Image Binarization", *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, 1397(1).
- [13] Teady. M. S. Mulyana, Destriana. W, Herlina. "OCR Huruf Jawa Dengan Fitur Kode Rantai dan Levenshtein Distance", *Networking Engineering Research Operation (NERO)*, 2021, pp 6(1):64-73.
- [14] F. F. Tampinongkol, Y. Setiawan, W. I. Nursalam, S. Hudjimartu, L. B. Prasetyo, "Canopy Cover Estimation Based on LiDAR and Landsat 8 Data using Support Vector Regression", *ICoDSE*, IEEE, Desember 2021.
- [15] 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.
- [16] Neneng, A. Kusworo, I. Rizal, "Support Vector Machine untuk Klasifikasi Citra Jenis Daging Berdasarkan Tekstur Menggunakan Ekstraksi Ciri Gray Level Co-Occurrence Matrices (GLCM)", *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 2016, pp 6(1):1-10.
- [17] F. F. Tampinongkol, H. Basri, C. Herdian, L. Halim, "Identifikasi Penyakit Daun Tomat Menggunakan Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) dan Support Vector Machine (SVM)", *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, Techno Xplore, April 2023.
- [18] HGIC, "Tomato Diseases & Disorders", *Journal Analytica Chimica Acta*, 2021, pp 1036:1-18.
- [19] Suganda. T dan Wulandari. D, "Culvularia sp. Jamur Patogen Baru Penyebab Penyakit Bercak Daun pada Tanaman Sawi", *Journal Agrikultura*, 2019, pp 29(3):119.
- [20] Suryantara I, "Implementasi Deteksi Tepi untuk Mendeteksi Keretakan Tulang Orang Lanjut Usia (Manula) pada Citra Rontgen dengan Operator Sobel dan Prewitt", *Jurnal Algoritma, Logika dan Komputasi*, 2018, pp 1(2).
- [21] Sukiman. T, Suwilo. S dan Zarlis. M, "Feature Extraction Method GLCM and LVQ in Digital Image-Based Face Recognition", *Journal Publications & Informatics Engineering Research, SinkrOn*, 2019, pp 4(1):1.
- [22] Alazawi. S, Shati. N dan Abbas. A, "Texture Features Extraction based on GLCM for Face Retrieval System", *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 2019, pp 7(3):1459-1467.
- [23] A. Graps, "An Introduction to Wavelets", *IEEE Computational Science and Engineering*, 1995, pp 2(2):50-61.
- [24] S. Widiyanto, Y. Sukra, S. Madenda, D. Wardani, E. Wibowo, "Texture Feature Extraction based on GLCM and DWT for Beef Tenderness Classification", *Proceedings of the 3rd International Conference on Informatics and Computing, ICIC*, 2018.
- [25] L. Xu, Q. Gao, N. Yousefi, "Brain Tumor Diagnosis based on Discrete Wavelet Transform, Gray-Level Co-occurrence Matrix, and Optimal Deep Belief Network", *Simulation*, 2020, pp 96(11):867-879.
- [26] M. Yogeshmawari dan G. Thailambal, "Automatic Feature Extraction and Detection of Plant Leaf Disease using GLCM Features and Convolutional Neural Networks", *Materials Today: Proceedings*, 2021.