

Pengenalan Spesies Gulma Berdasarkan Bentuk dan Tekstur Daun Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan

Herman*¹, Agus Harjoko²

¹Program Studi S2 Ilkom, FMIPA, UGM, Yogyakarta

²Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: *hermanxedee@gmail.com, aharjoko@ugm.ac.id

Abstrak

Gulma merupakan tanaman pengganggu yang merugikan tanaman budidaya dengan menghambat pertumbuhan tanaman budidaya. Langkah awal dalam melakukan pengendalian gulma adalah mengenali spesies gulma pada lahan tanaman budidaya. Cara tercepat dan termudah untuk mengenali tanaman, termasuk gulma adalah melalui daunnya. Dalam penelitian ini, diusulkan pengenalan spesies gulma berdasarkan citra daunnya dengan cara mengekstrak ciri bentuk dan ciri tekstur dari citra daun gulma tersebut. Untuk mendapatkan ciri bentuk, digunakan metode moment invariant, sedangkan untuk ciri tekstur digunakan metode lacunarity yang merupakan bagian dari fraktal. Untuk proses pengenalan berdasarkan ciri-ciri yang telah diekstrak, digunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan dengan algoritma pembelajaran Backpropagation. Dari hasil pengujian pada penelitian ini, didapatkan tingkat akurasi pengenalan tertinggi sebesar 97.22% sebelum noise dihilangkan pada citra hasil deteksi tepi Canny. Tingkat akurasi tertinggi didapatkan menggunakan 2 ciri moment invariant (moment ϕ_1 dan ϕ_2) dan 1 ciri lacunarity (ukuran box 4 x 4 atau 16 x 16). Penggunaan 3 neuron hidden layer pada Jaringan Syaraf Tiruan (JST) memberikan waktu pelatihan data yang lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan 1 atau 2 neuron hidden layer.

Kata kunci—3-5 gulma, daun, moment invariant, lacunarity, jaringan syaraf tiruan

Abstract

Weeds are plants that harm crops by inhibiting the growth of cultivated plants. The first step to take control of weeds is by identifying weed among the cultivating plant. The fastest and easiest way to identify plants, including weeds is by its leaves. This research proposing weed species recognition based on weeds leaf images by extracting its shape and texture features. Moment invariant method is used to get the shape and Lacunarity method for the texture. Neural Network with backpropagation learning algorithm are implements for the extracted features recognition proses. The result of this research achievement shows the highest level of recognition accuracy of 97.22% before the noise is eliminated in the image of the Canny edge detection. Highest level of accuracy is obtained using two features from moment invariant (moment ϕ_1 and ϕ_2) and 1 lacunarity's feature (size box 4 x 4 or 16 x 16). The use of 3 neurons in the hidden layer of Artificial Neural Network (ANN) provide training time data more quickly than by using 1 or 2 hidden layer neurons.

Keywords— weed, leaf, moment invariant, lacunarity, artificial neural network

1. PENDAHULUAN

Pengenalan spesies gulma dibutuhkan untuk menentukan pengendalian yang digunakan, misalnya pengendalian gulma menggunakan pestisida. Dalam lampiran Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia dengan Nomor 444/Kpts/SR.140/9/2003, dapat dilihat bahwa cara

aplikasi, jenis dan dosis pestisida yang digunakan dalam pengendalian gulma disesuaikan dengan spesies gulma pada lahan pertanian.

Penelitian mengenai gulma dalam hubungannya dengan *computer vision* telah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Dalam [1] melakukan penelitian tentang identifikasi kepadatan gulma dari citra digital dengan mengambil ciri *Region*, *Countour-based*, dan *Skeleton-based* untuk mendapatkan parameter-parameter bentuk yang sebelumnya telah tersegmentasi menggunakan kamera khusus sedangkan [2] melakukan deteksi gulma kemudian mengkalifikasikannya kedalam dua jenis gulma yaitu gulma berdaun sempit dan berdaun lebar. Proses deteksi dan klasifikasi menggunakan algoritma yang didasarkan pada *erosion* kemudian diikuti oleh algoritma segmentasi *dilation*. Dalam [3] juga telah melakukan penelitian untuk mendeteksi kepadatan gulma menggunakan metode *Fuzzy Clustering* dan Dimensi Fraktal. *Fuzzy Clustering* digunakan untuk mengidentifikasi kepadatan gulma sedangkan Dimensi Fraktal digunakan untuk membedakan antara tanaman dan gulma [4] menggunakan *local pattern operators* untuk mengklasifikasikan gulma berdaun lebar dan sempit. Tiga operator dari *local pattern operators* yang digunakan dalam penelitian tersebut, yaitu *Local Binary Pattern (LBP)*, *Local Ternary Pattern (LTP)*, dan *Local Directional Pattern (LDP)*.

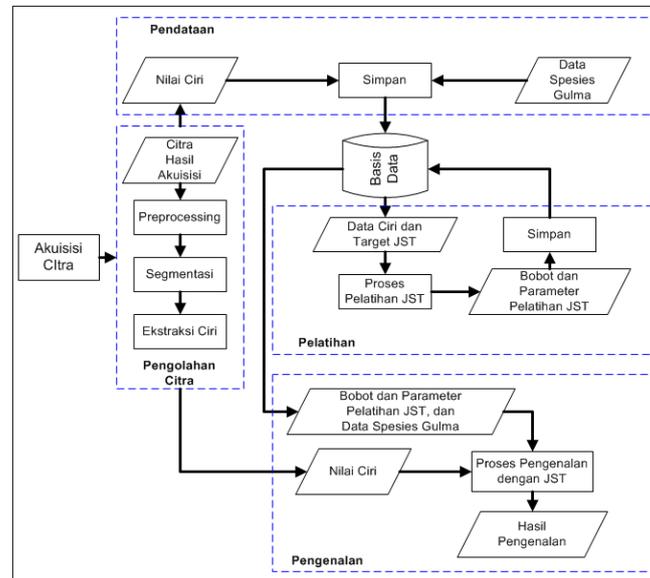
Dari beberapa penelitian mengenai gulma yang berkaitan dengan *computer vision* yang telah dibahas masih menitikberatkan pada identifikasi kepadatan gulma maupun mengidentifikasi dua jenis gulma, yaitu gulma berdaun lebar atau gulma berdaun sempit. Menurut [5], pengenalan spesies gulma merupakan langkah awal yang menentukan keberhasilan pengendalian gulma. Namun, dalam mengenali suatu spesies gulma tidaklah mudah karena biasanya ditempuh salah satu cara seperti membandingkan gulma yang ingin dikenali dengan material yang telah diidentifikasi di herbarium, konsultasi langsung dengan para ahli gulma, mencari sendiri melalui kunci identifikasi, membandingkan gulma yang ingin dikenali dengan determinasi yang ada, atau membandingkannya dengan ilustrasi yang tersedia. Hal ini tentu saja membutuhkan waktu yang relatif lama bagi orang-orang yang belum ahli dalam bidang gulma. Untuk itu peneliti melakukan penelitian pengenalan spesies gulma yang dapat dijadikan dasar dalam melakukan pengendalian gulma.

Pada penelitian ini, ciri bentuk dan ciri tekstur dari citra daun gulma digunakan untuk mengenali spesies gulma. Ciri warna tidak digunakan dalam penelitian ini karena mengingat hampir semua spesies gulma memiliki daun berwarna hijau. Ciri tekstur yang dimaksudkan disini adalah susunan tulang-tulang daun. Hal ini didasarkan pada [6] yang menyatakan bahwa diantara sifat-sifat daun yang perlu mendapat perhatian dalam melakukan pengenalan suatu spesies tumbuhan adalah bangunnya (bentuk) dan susunan tulang-tulangannya. Adapun metode yang digunakan untuk melakukan ekstraksi ciri adalah *Moment invariant* dan derajat kekosongan fraktal (*Lacunarity*). *Moment invariant* digunakan untuk mendapatkan ciri bentuk dari citra daun gulma sedangkan *Lacunarity* digunakan untuk mendapatkan ciri tekstur dari citra daun gulma. Hasil ekstraksi ciri dari citra daun gulma dilatih dan kemudian dilakukan pengenalan spesiesnya menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan dengan metode pembelajaran *Backpropagation*.

2. METODE PENELITIAN

Sistem pengenalan spesies gulma terdiri dari 5 bagian, yaitu : proses akuisisi citra, proses pengolahan citra, proses pendataan, proses pelatihan, dan proses pengenalan. Proses akuisisi citra adalah proses pengambilan citra daun gulma menggunakan kamera dan pengambilan citra dilakukan di alam terbuka. Citra daun gulma yang telah didapatkan dari proses akuisisi citra, selanjutnya melalui proses pengolahan citra, dimana pada proses ini dilakukan *preprocessing* citra sampai proses ekstraksi ciri. Ciri yang telah didapatkan, kemudian disimpan ke basis data. Pada proses pendataan, selain ciri yang disimpan ke basis data, data spesies gulma juga disimpan ke basis data. Data ciri yang telah tersimpan di basis data, selanjutnya dilatih menggunakan JST dan hasil pelatihan tersebut berupa bobot-bobot

akhir JST dan parameter pelatihan disimpan ke basis data yang selanjutnya digunakan untuk melakukan proses pengenalan. Proses pengenalan diawali dengan mengambil nilai ciri citra daun gulma yang akan dikenali dari proses pengolahan citra dan mengambil nilai bobot JST hasil pelatihan yang tersimpan di basis data, kemudian melakukan proses pengenalan menggunakan data-data tersebut dan keluarannya adalah informasi tentang spesies gulma yang berhasil dikenali. Gambar 1 menampilkan alur sistem pengenalan spesies gulma.



Gambar 1 Alur sistem pengenalan spesies gulma

2.1 Akuisisi citra

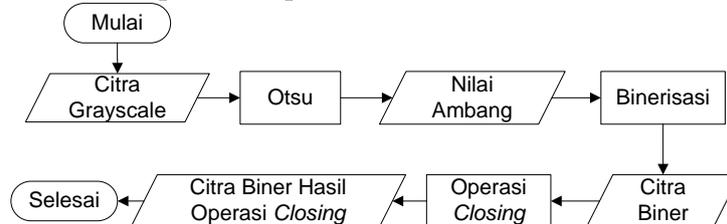
Bagian daun yang diambil menggunakan kamera adalah punggung daun. Hal ini dilakukan karena pada bagian punggung daun, teksturnya sangat jelas dan tidak mempengaruhi bentuk daun pada citra yang diambil. Pengambilan citra daun gulma dilakukan dengan menempatkan kamera di atas objek daun dan jarak kamera dengan objek tidak ditentukan dikarenakan ukuran daun dari masing-masing spesies gulma berbeda-beda dan terdapat daun gulma yang memiliki ukuran yang sangat kecil. format file citra dalam bentuk JPG seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Data citra yang diolah sebanyak 120 citra, dimana 70% (84 citra) dari 120 citra digunakan untuk data pelatihan dan sisanya 30% (36 citra) sebagai data uji. Terdapat 12 spesies gulma dari jenis daun lebar yang ingin dikenali dalam penelitian ini. Adapun 12 spesies gulma yang dimaksud adalah *Euphorbia hirta L*, *Amaranthus spinosus L*, *Portulaca oleracea L*, *Erigeron sumatrensis Retz*, *Chromolaena odorata*, *Commelina nudiflora Burm*, *Ageratum conyzoides L*, *Physalis angulata L*, *Alternanthera philoxeroides (Mart.) Griseb*, *Synedrela nodiflora L*, *Sida rhombifolia L*, dan *Boerhavia erecta L*. Masing-masing spesies diwakili oleh 10 citra.



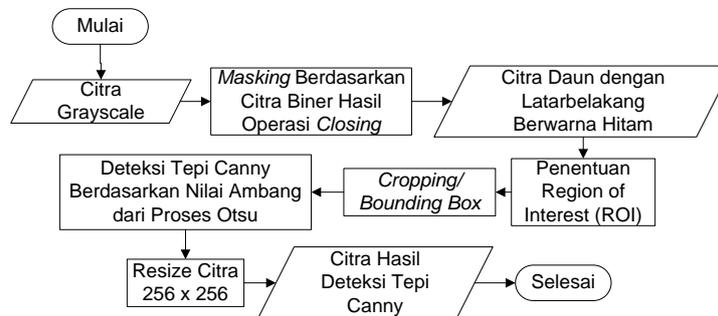
Gambar 2 Data citra daun gulma

2.2 Segmentasi citra

Proses segmentasi dilakukan dengan dua cara dan menghasilkan hasil segmentasi yang berbeda. Hal ini dilakukan karena ciri yang diekstrak adalah ciri bentuk dan ciri tekstur dengan menggunakan metode yang berbeda. Untuk mendapatkan ciri bentuk, proses segmentasi menghasilkan citra biner. Sedangkan untuk mendapatkan ciri tekstur, hasil segmentasi adalah pola garis-garis tulang daun pada objek daun gulma. Adapun langkah-langkah dari kedua segmentasi yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3 Proses segmentasi dengan hasil citra biner



Gambar 4 Proses segmentasi dengan hasil pola garis-garis tulang daun gulma

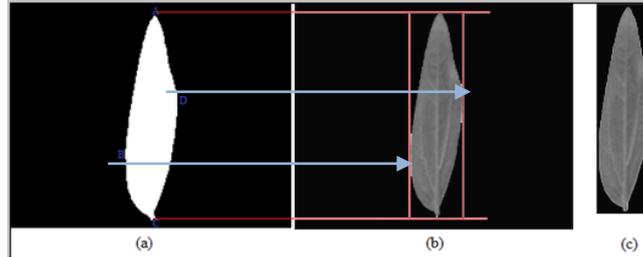
Pada Gambar 3 terdapat proses operasi *closing*, dimana proses *closing* diawali dengan proses dilasi kemudian dilanjutkan proses erosi. Proses *closing* dimaksudkan untuk menutup lubang-lubang yang mungkin terdapat pada objek daun pada citra biner yang dapat mempengaruhi bentuk dari objek daun tersebut. Lubang-lubang yang terdapat pada objek daun pada citra biner dikarenakan pada beberapa daun gulma memiliki zat lilin dan apabila proses pengambilan citra dilakukan pada saat cahaya yang sangat terang, maka bagian permukaan daun akan mengkilap dan hal ini mengakibatkan memiliki nilai piksel yang sama dengan latar belakang. Apabila hal tersebut terjadi maka citra biner yang dihasilkan sama dengan Gambar 5. Operasi *closing* berguna untuk menghilangkan lubang-lubang kecil pada objek [7].



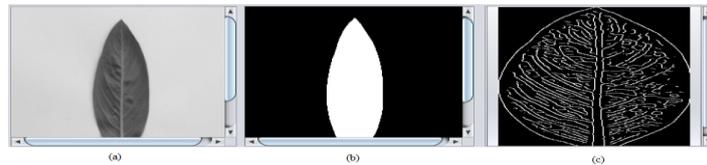
Gambar 5 Lubang-lubang yang terdapat pada citra biner

Pada Gambar 4, proses awal adalah *masking* citra *grayscale* berdasarkan citra biner hasil operasi *closing*. *Masking* dilakukan dengan menghitamkan bagian latarbelakang citra sesuai posisi piksel hitam pada citra biner hasil operasi *closing*, sedangkan bagian objek daun tetap disesuaikan dengan citra *grayscale*. Proses *masking* bertujuan untuk menghilangkan *noise* pada bagian latarbelakang yang akan berpengaruh pada hasil ekstraksi ciri tekstur daun. Hal ini dilakukan berdasarkan pada hasil pengujian, dimana *noise* pada latarbelakang citra hasil deteksi tepi Canny memberikan efek negatif terhadap pengenalan spesies gulma. Proses selanjutnya adalah penentuan ROI (*Region of Interest*) dari citra hasil *masking*. ROI yang dimaksud adalah objek daun didalam citra. Hal ini dilakukan supaya dalam melakukan ekstraksi ciri tekstur, hanya bagian daunnya yang diambil dan diolah sedangkan bagian latarbelakang dibuang karena

bagian latarbelakang tidak memberikan informasi tekstur daun. Gambar 6 menampilkan ilustrasi penentuan ROI. Adapun hasil implementasi dari proses segmentasi ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6 Ilustrasi penentuan ROI. (a) Citra biner, (b) Citra hasil *masking*, (c) Hasil pemotongan citra berdasarkan koordinat citra biner



Gambar 7 Hasil implemetasi segmentasi

2.3 Ekstraksi ciri

Ciri yang diekstrak dari citra daun gulma adalah ciri bentuk dan tektur. Ciri bentuk didapatkan menggunakan metode *Moment invariant*, sedangkan untuk ciri tekstur didapatkan menggunakan metode *lacunarity*.

2.3.1 Moment invariant

Moment invariant dapat menggambarkan suatu objek dalam hal area, posisi, dan orientasi [8]. Himpunan tujuh elemen dari *moment invariant* digunakan dalam penelitian ini. Adapun ketujuh nilai tersebut didapatkan menggunakan persamaan (1) [9].

$$\begin{aligned}
 \phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\
 \phi_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + (2\eta_{11})^2 \\
 \phi_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (\eta_{03} - 3\eta_{21})^2 \\
 \phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{03} + \eta_{21})^2 \\
 \phi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\
 &\quad (\eta_{03} - 3\eta_{21})(\eta_{03} + \eta_{21})[3(\eta_{12} + \eta_{30})^2 - (\eta_{03} + \eta_{12})^2] \\
 \phi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\
 &\quad 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{03} + \eta_{21}) \\
 \phi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{12} - \eta_{30}) \\
 &\quad (\eta_{03} + \eta_{21})(3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{03} + \eta_{21})^2)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Persamaan (1) memuat fungsi normalized central moments yang dilambangkan dengan η_{pq} . Fungsi ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{(\mu_{00})^{\gamma}} \tag{2}$$

Nilai γ pada persamaan (2) diperoleh dengan menggunakan persamaan (3).

$$\gamma = \frac{p+q}{2} + 1 \tag{3}$$

Sementara μ_{pq} sendiri adalah *central moment* yang diperoleh dengan persamaan (4).

$$\mu_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) \tag{4}$$

Persamaan (4) memuat \bar{x} dan \bar{y} dengan $\bar{x} = \frac{M_{10}}{M_{00}}$, $\bar{y} = \frac{M_{01}}{M_{00}}$ dan $f(x, y)$ adalah nilai intensitas pada citra di posisi (x, y) . Persamaan (4) juga memuat moment of order yang dilambangkan dengan m_{pq} . Moment of order atau dalam beberapa literature disebutkan sebagai moment spasial sendiri diperoleh dengan perhitungan sesuai persamaan (5).

$$M_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} x^p y^q f(x, y) \tag{5}$$

2.3.2 Lacunarity

Derajat kekosongan fraktal mengukur bagaimana fraktal mengisi ruang [10]. Derajat kekosongan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6) – (9).

Bila $P(m, L)$ menyatakan probabilitas dari titik berjumlah m pada kotak yang berukuran L , maka untuk setiap L

$$\sum_{m=1}^N P(m, L) = 1 \tag{6}$$

dengan N menyatakan banyaknya piksel pada kotak yang berukuran L .

$$M(L) = \sum_{m=1}^N mP(m, L) \tag{7}$$

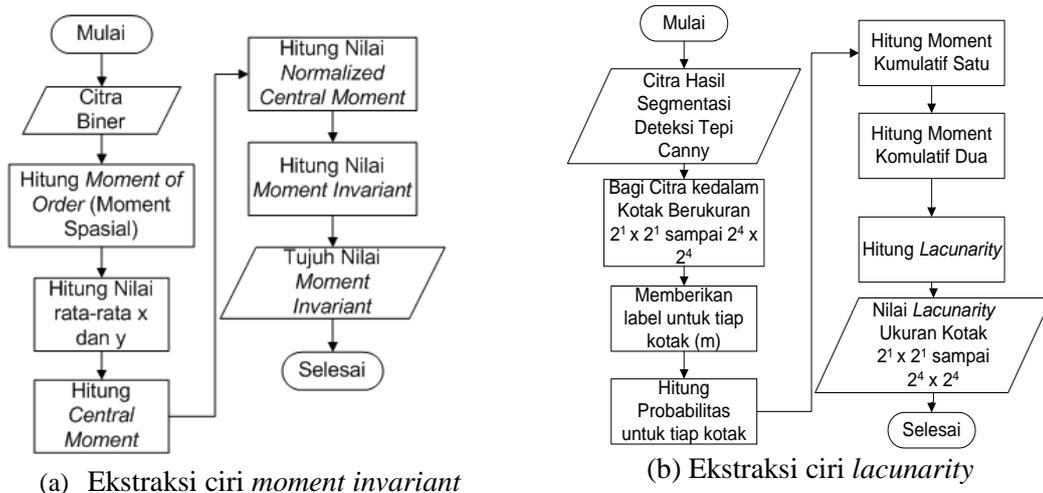
$$M^2(L) = \sum_{m=1}^N m^2P(m, L) \tag{8}$$

Derajat kekosongan dapat didefinisikan sebagai

$$\Delta(L) = \frac{M^2(L) - [M(L)]^2}{[M(L)]^2} \tag{9}$$

Menghitung *lacunarity* direpresentasikan dengan menggunakan metode *sliding box*. Pada penelitian ini ukuran *box* yang digunakan adalah $2^n \times 2^n$, dimana n adalah 1 sampai 4.

Proses ekstraksi ciri bentuk dan tekstur citra daun gulma menggunakan metode *moment invariant* dan *lacunarity*, ditunjukkan pada Gambar 8.



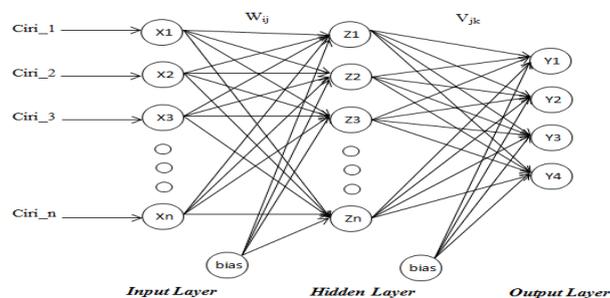
Gambar 8 Proses ekstraksi ciri bentuk dan tekstur citra daun gulma

2.4 Proses pelatihan dan pengenalan

Proses pelatihan dan pengenalan dilakukan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan (JST) dengan algoritma pembelajaran *backpropagation*. *Backpropagation* adalah metode penurunan gradient untuk meminimalkan kuadrat error keluaran [11] atau algoritma yang menggunakan pola penyesuaian bobot untuk mencapai nilai kesalahan minimum.

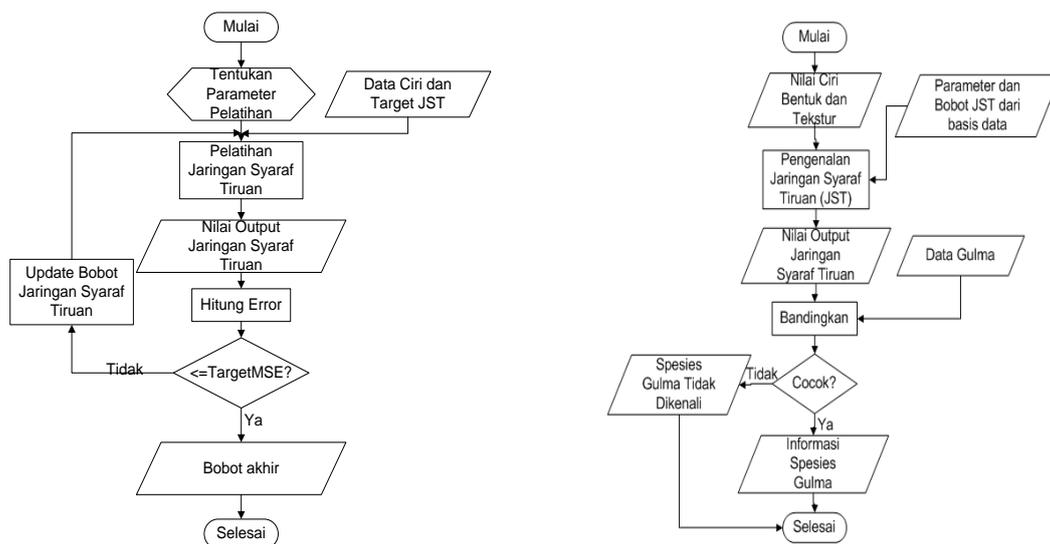
Langkah pertama yang dilakukan dalam pelatihan adalah menentukan parameter yang digunakan untuk melakukan pelatihan menggunakan JST termasuk didalamnya adalah jumlah data yang akan dilatih. Kemudian selanjutnya adalah mengambil data yang akan dilatih dari basis data berupa data ciri dan data target JST, dimana data target JST ini digunakan untuk melakukan perhitungan nilai *error* pada saat proses pelatihan berlangsung.

Parameter JST yang diinput sebelum melakukan proses pelatihan data diantaranya nilai *learning rate* adalah 0.01 dan nilai MSE adalah 0.00001. Jumlah neuron *output layer* pada JST ditetapkan 4 neuron karena disesuaikan dengan jumlah spesies gulma yang diteliti, yaitu 12 spesies. Sedangkan untuk jumlah neuron *hidden layer* dan *input layer*, selanjutnya dieksplorasi jumlah neuronnya untuk mendapatkan tingkat akurasi tertinggi. Adapun arsitektur JST yang digunakan, ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Arsitektur JST

Gambar 9 menampilkan langkah-langkah dalam melakukan proses pelatihan data dan pengenalan. Pada proses pelatihan, hasil pelatihan yang berupa nilai bobot akhir dari JST dan parameter yang digunakan dalam pelatihan disimpan ke basis data.



(a) Proses pelatihan ciri citra daun gulma

(b) Proses pengenalan citra daun gulma

Gambar 9 Proses pelatihan dan pengenalan spesies gulma

Dari proses pengenalan, dapat diketahui tingkat akurasi pengenalan dari sistem yang dibangun. Untuk mendapatkan nilai akurasi, jumlah data yang berhasil dikenali atau memiliki

kecocokan antara output JST dengan target yang sudah ditentukan dibagi dengan jumlah keseluruhan data yang diuji (36 data citra uji), seperti yang ditunjukkan pada persamaan (10).

$$\text{Akurasi} = \frac{\sum \text{data uji benar dikenali}}{\sum \text{jumlah data uji}} * 100\% \quad (10)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

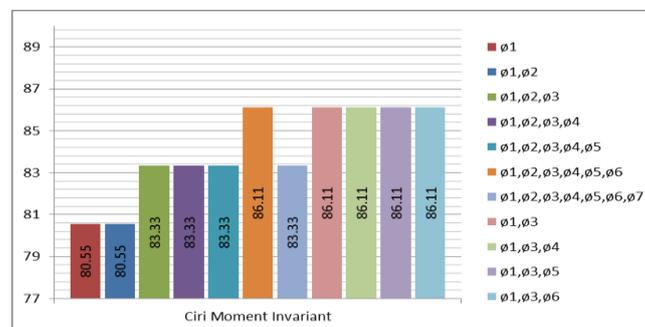
Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan dengan 3 kali eksplorasi. Eksplorasi pertama adalah pada bagian ciri *moment invariant*. Eksplorasi kedua dan ketiga adalah pada bagian ciri *lacunarity* dan bagian jumlah neuron *hidden layer* pada Jaringan Syaraf Tiruan (JST).

Mengingat jumlah ciri atau jumlah neuron *input layer* JST pada eksplorasi pengujian kedua memungkinkan adanya 2 neuron atau 2 ciri, maka pada eksplorasi pengujian pertama dan kedua, jumlah neuron *hidden layer* pada JST adalah 2. Hal ini dilakukan supaya pada eksplorasi pengujian pertama dan kedua memiliki jumlah neuron *hidden layer* yang sama dan tetap memenuhi persyaratan bahwa jumlah neuron *hidden layer* tidak lebih besar dari jumlah neuron *input layer* seperti yang ditulis oleh [12].

3.1 Eksplorasi pengujian ciri *moment invariant*

Pada eksplorasi pengujian pertama, dilakukan 11 kali pengujian. Adapun hasil pengujian pada eksplorasi pengujian pertama, disajikan dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.

Pada pengujian pertama dan kedua didapatkan tingkat akurasi yang paling rendah diantara semua pengujian yang dilakukan pada eksplorasi pengujian pertama. Hal ini disebabkan terdapat beberapa daun dari spesies gulma yang berbeda memiliki bentuk daun yang hampir sama dan pada pengujian kedua nilai moment ϕ_2 tidak memberikan pengaruh terhadap tingkat akurasi. Pada Gambar 11, dimana dari spesies gulma yang berbeda memiliki bentuk daun yang hampir sama.



Gambar 10 Grafik hasil pengujian pada eksplorasi pengujian pertama



(a) Spesies *Euphorbia hirta* L



(b) Spesies *Amaranthus spinosus* L

Gambar 11 Bentuk daun gulma yang hampir sama dari spesies yang berbeda

Bentuk daun gulma yang hampir sama dari spesies yang berbeda akan menghasilkan nilai *moment* pertama yang memiliki selisih yang kecil walaupun memiliki ukuran yang berbeda. Hasil pengujian yang dilakukan oleh [13] dalam penelitiannya, menunjukkan bahwa

nilai moment ϕ_1 cenderung stabil untuk objek yang sama walaupun dilakukan rotasi atau perubahan ukuran terhadap citra.

Hasil akuisisi citra juga memberikan pengaruh pada bentuk daun didalam citra, khususnya pada hasil segmentasi. Misalnya pada Gambar 12(a), terdapat bayangan daun pada bagian kanan citra dan hal ini sedikit banyak memberikan pengaruh pada bentuk asli daun dari hasil segmentasi biner. Hal ini tentu saja akan memberikan pengaruh terhadap nilai *moment invariant* yang berbeda dengan bentuk asli dan begitupula pada Gambar 12(b), terdapat bayangan yang muncul pada bagian kiri atas dan bagian kiri bawah yang disebabkan oleh lekukan pada tepian daun.

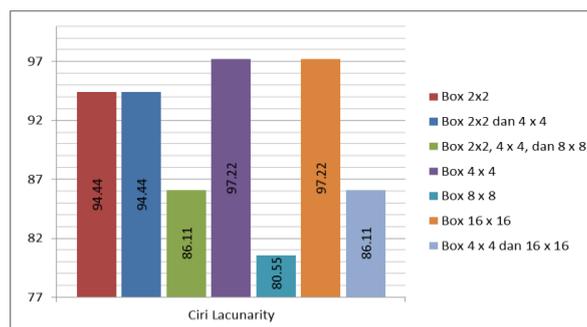


Gambar 12 Citra daun gulma yang memiliki bayangan

Proses operasi *closing* juga memberikan pengaruh terhadap bentuk daun pada citra hasil segmentasi biner. Untuk daun yang memiliki tepian yang rata, operasi *closing* memberikan hasil yang bagus, tetapi sebaliknya apabila tepian daun tidak rata maka operasi *closing* memberikan hasil yang sedikit berbeda dengan bentuk daun aslinya.

3.2 Eksplorasi pengujian ciri lacunarity

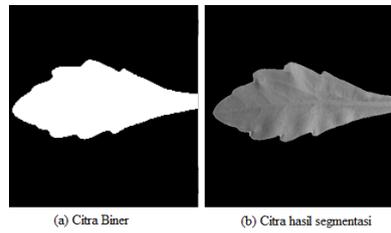
Pada eksplorasi pengujian ciri *lacunarity* ini, hanya ciri *lacunarity* yang dieksplorasi. Ciri *moment invariant* yang digunakan dalam eksplorasi pengujian ini adalah nilai *moment* ϕ_1 dan ϕ_3 . Penggunaan nilai *moment* ϕ_1 dan ϕ_3 didasarkan pada jumlah ciri *moment invariant* yang paling sedikit dan menghasilkan tingkat akurasi tertinggi pada eksplorasi pengujian pertama. Masing-masing ciri *lacunarity* digunakan dalam pengujian dan pada pengujian selanjutnya nilai-nilai *lacunarity* tersebut dikombinasikan satu sama lain. Dilakukan 7 kali pengujian pada eksplorasi pengujian kedua ini. Adapun hasil pengujian pada eksplorasi pengujian kedua ini disajikan dalam bentuk grafik seperti yang terlihat pada Gambar 12.



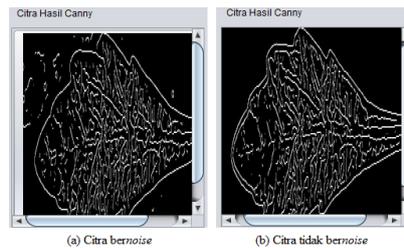
Gambar 12 Grafik hasil pengujian pada eksplorasi kedua

Adanya *noise* pada citra hasil segmentasi deteksi tepi Canny, membuat data citra uji tidak berhasil dikenali dengan benar. *Noise* yang dimaksud disini adalah garis-garis tepi yang dihasilkan dari deteksi tepi Canny, namun posisi garis-garis tepi tersebut berada pada latar belakang citra dan bukan merupakan bagian dari pola tulang daun. Untuk mengatasi permasalahan *noise* pada citra hasil deteksi tepi Canny, maka dilakukan proses *masking* terhadap citra *grayscale* berdasarkan pada citra biner hasil operasi *closing* sebelum dilakukan deteksi tepi Canny. Adapun ilustrasi proses *masking* ditunjukkan pada Gambar 13 dan hasil

deteksi tepi Canny dari citra hasil *masking* lebih baik (Gambar 14a) dan tidak memiliki *noise* bila dibandingkan dengan citra hasil deteksi tepi Canny yang tidak melalui proses *masking* (Gambar 14b).



Gambar 13 Proses *masking*



Gambar 14 Citra hasil deteksi tepi Canny

3.3 Eksplorasi pengujian *hidden layer JST*

Pada eksplorasi pengujian ketiga ini, dilakukan pengujian terhadap jumlah neuron pada *hidden layer*. Ciri yang diuji adalah ciri yang digunakan pada pengujian ke-4 dan ke-6 pada eksplorasi pengujian kedua. Jumlah neuron yang diuji adalah 1 dan 3 neuron. Nilai akurasi yang dihasilkan dari semua pengujian ini adalah sama, yaitu 97.22% sebelum dilakukan proses *masking* untuk menghilangkan *noise* pada citra hasil deteksi tepi Canny, dimana dilakukan 4 kali pengujian.

Namun, dari eksplorasi pengujian ketiga ini, didapatkan bahwa dengan menggunakan 3 neuron *hidden layer* pada JST menghasilkan waktu pelatihan data yang lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan 1 atau 2 neuron. Adapun perbandingan waktu pelatihan data berdasarkan jumlah neuro *hidden layer* pada JST, ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan waktu pelatihan data berdasarkan jumlah neuron *hidden layer*

Ciri	Jumlah neuron <i>hidden layer</i>	Lama pelatihan data
M1,M3 + <i>Lacunarity</i> ukuran <i>box</i> 4 x 4	2	1 jam 27 menit
M1,M3 + <i>Lacunarity</i> ukuran <i>box</i> 16 x 16	2	1 jam 28 menit
M1,M3 + <i>Lacunarity</i> ukuran <i>box</i> 4 x 4	1	1 jam 42 menit
M1,M3 + <i>Lacunarity</i> ukuran <i>box</i> 16 x 16	3	1 jam 05 menit
M1,M3 + <i>Lacunarity</i> ukuran <i>box</i> 4 x 4	1	1 jam 44 menit
M1,M3 + <i>Lacunarity</i> ukuran <i>box</i> 16 x 16	3	1 jam 04 menit

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini, didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Nilai *moment* ϕ_1 dari *moment invariant* dapat digunakan untuk membedakan bentuk daun gulma, namun pada bentuk daun yang hampir sama dari spesies yang berbeda akan menghasilkan selisih nilai yang kecil.
2. Bayangan daun pada citra, mempengaruhi bentuk asli daun didalam citra hasil segmentasi biner.
3. Hasil operasi *closing* pada citra biner memberikan bentuk daun yang tidak sesuai dengan bentuk aslinya apabila tepian daun tersebut tidak rata.
4. Penggabungan nilai *moment* ϕ_1 dan ϕ_3 memberikan tingkat akurasi pengenalan yang lebih baik bila dibandingkan hanya menggunakan nilai *moment* ϕ_1 .
5. *Noise* pada citra hasil segmentasi deteksi tepi Canny dapat membuat data citra tersebut tidak berhasil dikenali dengan benar.
6. Dalam penelitian ini, penggunaan ciri *lacunarity* dengan ukuran *box* 8 x 8 memberikan tingkat akurasi pengenalan yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan tidak menggunakan ciri tersebut.
7. Gabungan ciri *moment* ϕ_1 dan ϕ_3 dari *moment invariant* dan ciri *lacunarity* ukuran *box* 4 x 4 atau ukuran 16 x 16 dapat membedakan bentuk dan tekstur daun spesies gulma dengan tingkat akurasi sebesar 97.22% sebelum dilakukan proses *masking*.
8. Gabungan ciri *moment* ϕ_1 dan ϕ_3 dari *moment invariant* dan ciri *lacunarity* ukuran *box* 4 x 4 atau ukuran 16 x 16 dengan menggunakan 2 neuron *hidden layer* pada JST memberikan tingkat akurasi pengenalan sebesar 97.22% dan tingkat akurasi yang sama dihasilkan dengan menggunakan 1 dan 3 neuron *hidden layer* pada JST sebelum dilakukan proses *masking* untuk menghilangkan *noise* pada citra hasil deteksi tepi Canny.
9. Dari eksplorasi pengujian jumlah neuron *hidden layer* pada Jaringan Syaraf Tiruan (JST), didapatkan bahwa dengan menggunakan 3 neuron untuk 3 neuron pada *input layer* dapat mempercepat waktu pelatihan data bila dibandingkan menggunakan 1 atau 2 neuron pada *hidden layer*.

5. SARAN

Mengingat penelitian ini masih perlu dikembangkan demi memberikan manfaat bagi masyarakat, kalangan akademisi, dan pihak-pihak yang berkecimpung dalam dunia pertanian, maka diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Perlunya suatu metode yang dapat digunakan untuk melakukan proses segmentasi agar bayangan daun pada citra tidak mempengaruhi bentuk asli daun pada citra hasil segmentasi biner, misalnya penentuan nilai *threshold* untuk proses segmentasi biner dengan mempertimbangkan warna daun.
2. Diperlukan metode segmentasi citra yang dapat memberikan hasil segmentasi sesuai dengan bentuk daun didalam citra, khususnya untuk daun yang memiliki tepian tidak rata.
3. Mengingat banyak bentuk daun gulma yang sepiintas memiliki bentuk yang sama tetapi memiliki tepian daun yang berbeda, maka diperlukan metode yang dapat menghasilkan ciri kontur yang baik, tapi tentu saja harus disertai dengan segmentasi citra yang baik.
4. Perlunya dikembangkan sistem pengenalan spesies gulma yang bukan hanya didasarkan pada daun, tapi gabungan antara daun, bunga, dan batang agar memberikan informasi dengan tingkat kepercayaan yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Weis, M. dan Gerhard, R., 2007, Identification of Weeds from Digital Images. *Agricultural Field Trials*, Department of Weed Science, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany.
- [2] Siddiqi, M., Ahmad, I. dan Sulaiman, S., 2009, Weed Recognition Based on Erosion and Dilation Segmentation Algorithm, *Education Technology and Computer*, IEEE, Singapore.
- [3] Solahuddin, M., Astika, I.W., Seminar, K.B. dan Buono, A., 2010, Weeds and Plants Recognition using Fuzzy Clustering and Fractal Dimension Methods for Automatic Weed Control, *International Conference, The Quality Information for Competitive Agricultural Based Production System and Commerce*.
- [4] Ahmed, F., Kabir, H., Bhuyan, S., Bari, H. dan Hossain, E., 2012, Automated Weed Classification with Local Pattern-Based Texture Descriptors, *The International Arab Journal of Information Technology*, XI, 1, 87-94.
- [5] Ningsih, R., 2011, Pengaruh Umur Tanaman Karet (*Hevea Brasiliensis*) Terhadap Komposisi Jenis Gulma Pada Jenis Tanah Latosol dan Regosol di PT. Perkebunan Nusantara (PTPN) IX Banyumas, *Tesis*, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [6] Tjitrosoepomo, G., 1996, *Morfologi Tumbuhan*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [7] Kadir, A. dan Susanto, A., 2012, *Pengolahan Citra: Teori dan Aplikasinya*, Edisi Pertama, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [8] Putra, D., 2010, *Pengolahan Citra Digital*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [9] Gonzalez, R.C. dan Woods, R.E., 2008. *Digital Image Processing*, Edisi ketiga, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- [10] Hidjah, K., 2010, Sistem Biometrika Sidik Jari Dengan Ekstraksi Ciri Menggunakan Dimensi Fraktal dan Lacunarity, *Tesis*, Prodi S2 Ilmu Komputer, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- [11] Sutojo, T., Mulyanto, E. dan Suhartono, V., 2011, *Kecerdasan Buatan*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [12] Fausett, L., 1994, *Fundamental of Neural Network Architecture, Algorithms, and Application*, Prentice Hall, New Jersey.
- [13] Huang, Z. dan Leng, J., 2010, Analysis of Hu's Moment Invariant on Image Scaling and Rotation, *International Conference on Computer Engineering and Technology (ICCET)*, V7, 476-480, Chendu, China.