

IDENTIFIKASI JENIS TUMBUHAN BERDASARKAN TULANG DAUN MENGUNAKAN ALIHRAGAM WAVELET

Anang Setiaji^{*)}, Achmad Hidayatno, and Yuli Christyono

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: setiaji.anang@gmail.com

Abstrak

Dalam upaya konservasi untuk menjaga keanekaragaman hayati, dibutuhkan alat bantu untuk mengenali jenis tumbuhan. Alat bantu tersebut digunakan untuk membantu mengenali jenis tumbuhan yang terancam punah sehingga dapat dilakukan upaya konservasi. Untuk dapat mengenali jenis tumbuhan, dibutuhkan sebuah ciri yang mewakili jenis tumbuhan tersebut. Tulang daun merupakan ciri tumbuhan yang dapat digunakan sebagai dasar untuk mengenali jenis tumbuhan. Dalam penelitian ini, alihragam wavelet digunakan untuk mengekstraksi ciri citra tulang daun. Ciri yang dihasilkan oleh alihragam wavelet adalah persentase energi wavelet. Perhitungan jarak Euclidean digunakan untuk menghitung jarak antara vektor ciri citra uji dan vektor ciri pada basis data sehingga citra uji dapat dikenali. Dari pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa identifikasi jenis tumbuhan berdasarkan tulang daun menggunakan alihragam wavelet Reverse Biorthogonal menghasilkan tingkat pengenalan 88% pada kondisi normal, 32% saat dirotasi 90°, 72% saat dirotasi 180°, 0% saat diberi derau Salt and Pepper dan Gaussian, 7% saat diberi derau Poisson, dan 80% tingkat pengenalan terhadap citra luar.

Kata kunci: identifikasi, daun, citra digital, wavelet,

Abstract

In an effort to preserve biodiversity conservation, a tool is needed to identify plant species. These tools are used to help identify endangered plant species so as to conservation efforts. To be able to recognize the species, it takes a characteristic which represents the plant species. Bone leaves are characteristic of plants that can be used as a basis to identify the plant species. In this research, the wavelet transformation is used to extract the characteristics of the image of the bone leaves. These characteristics generated by wavelet transformation are the percentages of wavelet energy. Euclidean distance calculation is used to calculate the distance between the feature vector and the feature vector of test image on database so that image can be recognized. From the test results, it can be concluded that the identification of species based on bone leaves using Reverse Biorthogonal wavelet transformation produces 88% recognition rate under normal conditions, 32% when rotated 90°, 72% when rotated 180°, 0% when given noise, Salt and Pepper and Gaussian, 7% when given a Poisson noise, and a 80% recognition rate of the external image.

Keywords: identification, leaf, digital image, wavelet

1. Pendahuluan

Tumbuhan merupakan organisme yang memiliki fungsi dan manfaat yang berperan yang penting dalam kehidupan manusia. Fungsi dan manfaat tersebut antara lain sebagai sumber pangan, sumber obat-obatan, sumber bahan baku kosmetik, sumber sandang, dan sumber papan. Peningkatan populasi manusia tidak diikuti dengan ketersediaan jumlah tumbuhan untuk memenuhi kebutuhan. Banyak jenis tumbuhan yang kelangsungan hidupnya terancam punah. Menurut catatan IUCN Redlist, terdapat sebanyak 127 jenis tumbuhan berada dalam status keterancaman tinggi yaitu status *Critically*

Endangered (Kritis), 88 jenis tumbuhan masuk kategori *Endangered*, serta 256 species tumbuhan berstatus *Vulnerable* [1]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan konservasi sumber daya alam antara lain peremajaan tumbuhan yaitu dengan menanam bibit-bibit tumbuhan yang terancam punah. Selain peremajaan tumbuhan, upaya konservasi lain yang dapat dilakukan adalah mekanisme tebang pilih yaitu mekanisme untuk mendapatkan kayu dengan memilih tumbuhan yang tidak termasuk dalam daftar tumbuhan yang terancam punah. Untuk melakukan kedua upaya konservasi tersebut, dibutuhkan sebuah perangkat lunak yang dapat

mengidentifikasi jenis tumbuhan sehingga upaya konservasi dapat dilakukan dengan lebih mudah.

Tulang daun adalah bagian dari daun yang berfungsi untuk mengangkut zat pada daun. Selain itu tulang daun juga berfungsi sebagai penopang helai daun sehingga daun dapat memiliki bentuk. Tulang daun pada tumbuhan memiliki pola yang khas yang berbeda dengan pola tulang daun tumbuhan lain. Atas dasar inilah tulang daun dapat digunakan untuk dasar pengenalan biometrik tumbuhan. Metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) merupakan metode yang sudah digunakan untuk mengenali jenis tumbuhan berdasarkan tulang daun. Pada Tugas Akhir kali ini, dibuat purwarupa perangkat lunak yang dapat mengidentifikasi jenis tumbuhan berdasarkan citra tulang daun dengan menggunakan metode alihragam *wavelet* untuk mengekstraksi ciri, dan perhitungan jarak Euclidean sebagai dasar pengambilan keputusan. Alihragam *wavelet* merupakan sebuah alihragam yang dapat digunakan untuk mengekstraksi ciri citra. Alihragam *wavelet* akan mengubah citra menjadi energi yang berada pada ranah *wavelet* sehingga dapat dilakukan analisis lebih lanjut. Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Membandingkan tingkat pengenalan alihragam *wavelet* untuk mengenali jenis tumbuhan berdasarkan tulang daun.
2. Menganalisis kinerja sistem terhadap rotasi.
3. Menganalisis kinerja sistem terhadap derau.
4. Menganalisis kinerja sistem terhadap masukan citra luar.

2. Metode

2.1. Langkah Penelitian

Metode penelitian ini menjelaskan tentang proses pembuatan dan pengujian sistem identifikasi jenis tumbuhan berdasarkan tulang daun menggunakan alihragam *wavelet*. Langkah penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Langkah Penelitian

2.2. Akuisisi Data Citra

Akuisisi data citra dilakukan dengan memfoto daun tumbuhan yang berasal dari jenis tumbuhan tertentu. Pada penelitian ini, akuisisi data citra dilakukan pada 5 jenis tumbuhan yaitu jambu biji, sirsak, rambutan, sirih, dan nangka. Data citra yang diakuisisi adalah sebanyak 40 citra untuk setiap jenisnya. Sebanyak 20 citra digunakan untuk basis data, sedangkan 20 citra lainnya digunakan untuk citra uji. Selain itu juga terdapat 20 citra daun yang jenisnya tidak termasuk dalam jenis pada basis data. Keduapuluh citra ini nantinya akan digunakan untuk pengujian pengenalan terhadap citra luar. Proses akuisisi data citra dilakukan seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Akuisisi data citra

2.3. Klasifikasi

Proses klasifikasi adalah proses memasukkan data latih berupa citra daun ke dalam basis data yang akan digunakan untuk mengenali data uji pada proses identifikasi. Proses klasifikasi terdiri dari beberapa *sub*-proses yang dilakukan untuk mendapatkan ciri dari masukan sebelum dilakukan pengklasifikasian. Adapun *sub*-proses dalam proses klasifikasi antara lain:

1. Masukan citra.
2. Segmentasi citra tulang daun dari citra masukan.
3. Ekstraksi ciri menggunakan pencirian alihragam *wavelet*.
4. Klasifikasi ciri hasil ekstraksi ciri ke dalam jenis tertentu.

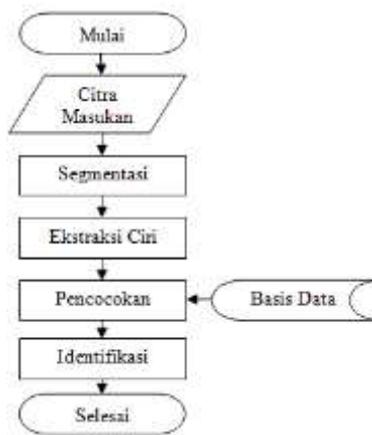


Gambar 3. Proses Klasifikasi

2.4. Identifikasi

Proses identifikasi adalah proses pengujian sistem yang telah dibuat dengan memasukkan citra daun untuk diidentifikasi oleh sistem. Proses identifikasi terdiri dari beberapa *sub*-proses yang dilakukan untuk mendapatkan ciri dari citra masukan sebelum dilakukan proses pengidentifikasian. Adapun *sub*-proses dalam proses identifikasi antara lain:

1. Masukan citra
2. Segmentasi citra tulang daun dari citra masukan.
3. Ekstraksi ciri menggunakan pencirian alihragam *wavelet*.
4. Pencocokan ciri hasil ekstraksi ciri dengan basis data ciri menggunakan jarak Euclidean.
5. Identifikasi citra uji sebagai salah satu jenis tumbuhan.



Gambar 4. Proses identifikasi

2.5. Perhitungan Tingkat Pengenalan

Tingkat pengenalan adalah jumlah keputusan pengenalan yang dianggap benar dari seluruh jumlah data uji yang dihasilkan oleh pengenalan sebuah alihragam terhadap citra uji. Perhitungan tingkat pengenalan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (1).

$$P = \frac{\text{Jumlah pengenalan benar}}{\text{Jumlah citra uji keseluruhan}} \times 100\% \quad (1)$$

3. Hasil dan Analisis

3.1. Pengujian Tingkat Pengenalan

Pengujian tingkat pengenalan dilakukan dengan mencari persentase tingkat pengenalan alihragam *wavelet* untuk mengenali 5 jenis citra daun tumbuhan yang mana terdapat 20 citra uji untuk setiap jenis tumbuhan. Alihragam *wavelet* yang digunakan untuk mengenali citra daun tumbuhan antara lain alihragam *wavelet* Haar, Daubechies, Symlet, Coiflet, Biorthogonal, Reverse Biorthogonal, dan Discrete Meyer. Aras dekomposisi yang digunakan dalam pengujian pun bervariasi untuk setiap jenis *wavelet* yang digunakan.

Berdasarkan tabel A.1, alihragam *wavelet* yang menghasilkan tingkat pengenalan tertinggi adalah alihragam *wavelet* Reverse Biorthogonal orde 3.1 aras dekomposisi 5 dengan tingkat pengenalan sebesar 88%. Alihragam *wavelet* Reverse Biorthogonal orde 3.1 aras dekomposisi 5 selanjutnya digunakan sebagai alihragam dalam pengujian pengaruh rotasi, pengaruh derau, dan pengenalan terhadap citra luar.

3.2. Pengujian Pengaruh Rotasi Terhadap Tingkat Pengenalan

Pengujian pengaruh rotasi terhadap tingkat pengenalan dilakukan dengan merotasi citra masukan dengan sudut 90° dan 180°. Alihragam *wavelet* yang digunakan adalah alihragam *wavelet* Reverse Biorthogonal Orde 3.1 aras dekomposisi 5. Tabel 1 dan 2 merupakan tabel hasil pengujian pengaruh rotasi terhadap tingkat pengenalan.

Tabel 1. Hasil pengujian pengaruh rotasi 90°

| Nama Citra | Dikenali Sebagai | Jarak Euclidean | Ket |
|------------|------------------|-----------------|-------|
| JB_01 | TD | 6,2046 | Salah |
| JB_02 | TD | 5,0082 | Salah |
| JB_03 | TD | 4,5833 | Salah |
| JB_04 | TD | 4,2558 | Salah |
| JB_05 | TD | 5,7115 | Salah |
| JB_06 | TD | 4,2052 | Salah |
| JB_07 | TD | 5,2591 | Salah |
| JB_08 | TD | 5,6001 | Salah |
| JB_09 | TD | 3,9295 | Salah |
| JB_10 | TD | 4,3145 | Salah |

Keterangan:

TD = Tidak Dikenali

Tabel 2. Hasil pengujian pengaruh rotasi 180°

| Nama Citra | Dikenali Sebagai | Jarak Euclidean | Ket |
|------------|------------------|-----------------|-------|
| JB_01 | Jambu Biji | 3,1911 | Benar |
| JB_02 | Jambu Biji | 2,0329 | Benar |
| JB_03 | Jambu Biji | 1,6678 | Benar |
| JB_04 | Jambu Biji | 0,73461 | Benar |
| JB_05 | Jambu Biji | 2,2124 | Benar |
| JB_06 | Jambu Biji | 1,3502 | Benar |
| JB_07 | Nangka | 3,3863 | Salah |
| JB_08 | TD | 4,1114 | Salah |
| JB_09 | TD | 3,524 | Salah |
| JB_10 | TD | 3,7223 | Salah |

Keterangan:

TD = Tidak Dikenali

Tabel 1 dan 2 menunjukkan hasil pengujian pengaruh rotasi terhadap tingkat pengenalan. Pada pengujian rotasi 90°, tingkat pengenalan mengalami penurunan dari 88% menjadi 32%, sedangkan pada pengujian rotasi 180° tingkat pengenalan mengalami penurunan dari 88% menjadi 72%. Turunnya tingkat pengenalan karena citra yang dirotasi menghasilkan vektor ciri yang berbeda jauh dari kondisi normal.

3.3. Pengujian Pengaruh Derau Terhadap Tingkat Pengenalan

Pengujian pengaruh derau terhadap tingkat pengenalan dilakukan dengan memberikan derau pada citra masukan. Derau yang digunakan dalam pengujian ini adalah derau Salt and Pepper, Gaussian, dan Poisson. Alihragam *wavelet* yang digunakan adalah alihragam *wavelet* Reverse Biorthogonal Orde 3.1 aras dekomposisi 5. Tabel 3, 4, dan 5 menunjukkan hasil pengujian pengaruh derau terhadap tingkat pengenalan.

Tabel 3. Hasil pengujian pengaruh derau Salt and Pepper

| Nama Citra | Dikenali Sebagai | Jarak Euclidean | Ket |
|------------|------------------|-----------------|-------|
| JB_01 | TD | 45,533 | Salah |
| JB_02 | TD | 44,3114 | Salah |
| JB_03 | TD | 41,9422 | Salah |
| JB_04 | TD | 45,9126 | Salah |
| JB_05 | TD | 42,1365 | Salah |
| JB_06 | TD | 46,5138 | Salah |
| JB_07 | TD | 56,5948 | Salah |
| JB_08 | TD | 47,3557 | Salah |
| JB_09 | TD | 29,7322 | Salah |
| JB_10 | TD | 62,7664 | Salah |

Keterangan:

TD = Tidak Dikenali

Tabel 4. Hasil pengujian pengaruh derau Gaussian

| Nama Citra | Dikenali Sebagai | Jarak Euclidean | Ket |
|------------|------------------|-----------------|-------|
| JB_01 | TD | 13,1004 | Salah |
| JB_02 | TD | 16,8369 | Salah |
| JB_03 | TD | 22,4627 | Salah |
| JB_04 | TD | 15,4042 | Salah |
| JB_05 | TD | 15,3729 | Salah |
| JB_06 | TD | 15,161 | Salah |
| JB_07 | TD | 29,9773 | Salah |
| JB_08 | TD | 34,099 | Salah |
| JB_09 | TD | 14,0941 | Salah |
| JB_10 | TD | 30,2558 | Salah |

Keterangan:

TD = Tidak Dikenali

Tabel 5. Hasil pengujian pengaruh derau Poisson

| Nama Citra | Dikenali Sebagai | Jarak Euclidean | Ket |
|------------|------------------|-----------------|-------|
| JB_01 | TD | 3,8340 | Salah |
| JB_02 | TD | 3,4521 | Salah |
| JB_03 | Jambu Biji | 3,2658 | Benar |
| JB_04 | Jambu Biji | 2,7379 | Benar |
| JB_05 | TD | 4,1614 | Salah |
| JB_06 | Jambu Biji | 2,9770 | Benar |
| JB_07 | TD | 6,3641 | Salah |
| JB_08 | TD | 10,2557 | Salah |
| JB_09 | TD | 3,7577 | Salah |
| JB_10 | TD | 5,4456 | Salah |

Keterangan:

TD = Tidak Dikenali

Tabel 3, 4, dan 5 menunjukkan menunjukkan hasil pengujian pengaruh derau terhadap tingkat pengenalan. Pada pengujian derau Salt and Pepper, tingkat pengenalan mengalami penurunan dari 88% menjadi 0%, sedangkan pada pengujian derau Gaussian tingkat pengenalan mengalami penurunan dari 88% menjadi 0%, dan pada pengujian derau Poisson tingkat pengenalan mengalami penurunan dari 88% menjadi 7%. Turunnya tingkat pengenalan karena hasil segmentasi citra pada pengujian derau tidak sebaik pada kondisi normal.

3.4. Pengujian Pengenalan Terhadap Citra Luar

Pada pengujian pengenalan citra luar, sistem diuji untuk mengenali citra yang jenisnya tidak terdapat dalam basis data. Pada pengujian pengenalan terhadap citra luar, sistem pengenalan menggunakan metode pengambangan atau *thresholding* yang telah diaktifkan. Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian pengenalan terhadap citra luar.

Tabel 6. Hasil Pengujian Pengenalan terhadap citra luar

| Nama Citra | Dikenali Sebagai | Jarak Euclidean | Keterangan |
|------------|------------------|-----------------|------------|
| EX01 | TD | 7,3949 | Benar |
| EX02 | TD | 5,2398 | Benar |
| EX03 | TD | 4,1921 | Benar |
| EX04 | Nangka | 3,0685 | Salah |
| EX05 | TD | 4,7936 | Benar |
| EX06 | TD | 6,3548 | Benar |
| EX07 | TD | 4,6438 | Benar |
| EX08 | TD | 4,6762 | Benar |
| EX09 | TD | 5,1849 | Benar |
| EX10 | TD | 6,7008 | Benar |

Keterangan:

TD = Tidak Dikenali

Berdasarkan tabel di atas, tingkat pengenalan pada pengujian pengenalan terhadap citra luar mencapai 80%. Tingkat pengenalan tidak dapat mencapai 100% karena terdapat citra luar yang memiliki nilai jarak Euclidean lebih kecil dari batas ambang sehingga citra tersebut dikenali sebagai salah satu jenis tumbuhan yang ada dalam basis data.

4. Kesimpulan

Sistem identifikasi jenis tumbuhan berdasarkan tulang daun menggunakan alihragam *wavelet* dapat diwujudkan. Pada pengujian tingkat pengenalan, alihragam *wavelet* dengan tingkat pengenalan tertinggi adalah alihragam *wavelet* Reverse Biorthogonal orde 3.1 aras dekomposisi 5 dengan tingkat pengenalan sebesar 88%. Pada pengujian pengaruh rotasi, tingkat pengenalan hanya mencapai 32% pada kondisi rotasi 90° dan 72% pada kondisi rotasi 180°. Pada pengujian pengenalan terhadap citra luar, tingkat pengenalan mencapai 80%.

Lampiran A

Tabel A.1 Tingkat pengenalan alihragam *wavelet*

| <i>Wavelet</i> | Orde | Aras Dekomposisi | | | | | | | | | |
|----------------|------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Haar | - | 45 | 69 | 74 | 82 | 78 | 82 | 84 | 82 | 78 | 81 |
| | 1 | 45 | 69 | 74 | 82 | 78 | 82 | 84 | 82 | 78 | 81 |
| | 2 | 30 | 49 | 73 | 80 | 76 | 73 | 60 | 48 | 42 | |
| | 3 | 32 | 42 | 77 | 78 | 72 | 67 | 55 | 38 | | |
| | 4 | 33 | 41 | 75 | 76 | 68 | 59 | 43 | 35 | | |
| | 5 | 35 | 42 | 76 | 72 | 67 | 57 | 39 | | | |
| | 6 | 34 | 43 | 74 | 72 | 66 | 54 | 44 | | | |
| | 7 | 33 | 44 | 74 | 74 | 67 | 51 | 41 | | | |
| | 8 | 32 | 43 | 74 | 73 | 67 | 51 | | | | |
| | 9 | 33 | 43 | 75 | 72 | 67 | 50 | | | | |
| 10 | 34 | 43 | 72 | 72 | 68 | 50 | | | | | |
| Symlet | 2 | 30 | 49 | 73 | 80 | 76 | 73 | 60 | 48 | 42 | |
| | 3 | 32 | 42 | 77 | 78 | 72 | 67 | 55 | 38 | | |
| | 4 | 33 | 44 | 77 | 80 | 67 | 60 | 50 | 37 | | |
| | 5 | 33 | 45 | 74 | 76 | 66 | 53 | 40 | | | |
| | 6 | 34 | 45 | 75 | 72 | 64 | 55 | 43 | | | |
| | 7 | 34 | 43 | 74 | 70 | 63 | 53 | 35 | | | |
| | 8 | 33 | 44 | 74 | 67 | 60 | 49 | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Coiflet | 1 | 31 | 52 | 76 | 77 | 72 | 64 | 56 | 41 | | |
| | 2 | 33 | 43 | 75 | 71 | 61 | 59 | 37 | | | |
| | 3 | 33 | 44 | 73 | 67 | 63 | 42 | | | | |
| | 4 | 33 | 46 | 73 | 67 | 61 | 36 | | | | |
| | 5 | 33 | 44 | 69 | 64 | 58 | | | | | |
| Biorthogonal | 1.1 | 45 | 69 | 74 | 82 | 78 | 82 | 84 | 82 | 78 | 81 |
| | 1.3 | 44 | 58 | 71 | 81 | 67 | 62 | 48 | 35 | | |
| | 1.5 | 45 | 60 | 72 | 77 | 66 | 55 | 38 | | | |
| | 2.2 | 34 | 43 | 71 | 78 | 74 | 67 | 55 | 37 | | |
| | 2.4 | 33 | 46 | 71 | 80 | 70 | 65 | 50 | | | |
| | 2.6 | 33 | 47 | 67 | 76 | 68 | 62 | 39 | | | |
| | 2.8 | 33 | 46 | 68 | 77 | 65 | 59 | | | | |
| | 3.1 | 31 | 42 | 64 | 72 | 41 | 15 | 14 | 20 | 24 | |
| | 3.3 | 31 | 47 | 65 | 80 | 74 | 63 | 47 | 33 | | |
| | 3.5 | 31 | 47 | 67 | 79 | 74 | 63 | 48 | | | |
| | 3.7 | 31 | 47 | 64 | 80 | 72 | 61 | | | | |
| | 3.9 | 31 | 47 | 62 | 81 | 71 | 60 | | | | |
| | 4.4 | 29 | 40 | 72 | 71 | 63 | 60 | 45 | | | |
| 5.5 | 29 | 45 | 68 | 68 | 61 | 51 | 40 | | | | |
| 6.8 | 32 | 43 | 72 | 66 | 59 | 43 | | | | | |

Tabel A.1 (Lanjutan)

| <i>Wavelet</i> | Orde | Aras Dekomposisi | | | | | | | | | |
|----------------------|------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Reverse Biorthogonal | 1.1 | 45 | 69 | 74 | 82 | 78 | 82 | 84 | 82 | 78 | 81 |
| | 1.3 | 31 | 39 | 72 | 78 | 65 | 60 | 52 | 41 | | |
| | 1.5 | 29 | 41 | 71 | 69 | 61 | 54 | 38 | | | |
| | 2.2 | 35 | 68 | 78 | 79 | 70 | 61 | 58 | 49 | | |
| | 2.4 | 32 | 64 | 74 | 69 | 65 | 57 | 46 | | | |
| | 2.6 | 30 | 52 | 73 | 66 | 60 | 48 | 32 | | | |
| | 2.8 | 31 | 45 | 71 | 62 | 55 | 42 | | | | |
| | 3.1 | 62 | 81 | 87 | 86 | 88 | 85 | 86 | 83 | 75 | |
| | 3.3 | 31 | 77 | 82 | 84 | 75 | 69 | 64 | 51 | | |
| | 3.5 | 27 | 70 | 78 | 73 | 68 | 60 | 47 | | | |
| | 3.7 | 28 | 64 | 73 | 69 | 64 | 55 | | | | |
| | 3.9 | 29 | 60 | 71 | 66 | 59 | 48 | | | | |
| | 4.4 | 37 | 50 | 77 | 75 | 65 | 58 | 42 | | | |
| 5.5 | 37 | 46 | 71 | 77 | 67 | 61 | 37 | | | | |
| 6.8 | 34 | 45 | 74 | 67 | 59 | 43 | | | | | |
| Dmeyer | - | 33 | 42 | 67 | 62 | | | | | | |

Referensi

- [1]. Wahyumianto, Arga, *Identifikasi Tumbuhan Berdasarkan Minutiae Tulang Daun Menggunakan SOM Kohonen*. Laporan Tugas Akhir, Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, 2011.
- [2]. Pahallawata, K.K., *Plant Species Biometric Using Feature Hierarchies: a plant identification system using both global and local features of plant leaves*, Tesis, Ilmu Komputer, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 2008.
- [3]. Putra, Darma., *Pengolahan Citra Digital*, ANDI, Yogyakarta, 2009.
- [4]. Saraswati, Ni Wayan Sumartini, *Transformasi Wavelet dan Thresholding pada Citra menggunakan MATLAB*. Tesis, Teknik Elektro, Universitas Udayana, Denpasar, Indonesia, 2012.
- [5]. Burrus, C. S., *Introduction to Wavelets and Wavelet Transform: A Primer*, Prentice Hall, New Jersey, 1998.
- [6]. Mallat, Stephane, *A Wavelet Tour of Signal Processing*, Academic Press, Cambridge, 1999.
- [7]. Ruch, David K., *Wavelet Theory: An Elementary approach with applications*, John Wiley & Sons, New Jersey, 2009.
- [8]. Hertanto, Antonius Dwi, *Pengenalan Citra Iris Mata menggunakan Alihragam Wavelet Daubechies Orde 4*, Laporan Tugas Akhir, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2011.
- [9]. Duda, Richard O., *Pattern Classification*, John Wiley and Sons, 2000