

Klasifikasi Jenis Daun Menggunakan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* dan *Image Processing*

Muhammad Propana Kukuh W¹, Sidik Prabowo, S.T., M.T.², Rahmat Yasirandi, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

¹propanakukuh@student.telkomuniversity.ac.id, ²pakwowo@telkomuniversity.ac.id,

³batanghitam@telkomuniversity.ac.id,

Abstrak

Indonesia merupakan negara megabiodiversity dimana Indonesia memiliki kekayaan tumbuhan yang sangat potensial untuk dikembangkan. Berdasarkan data penelitian jurnal Biocolebes, Daun merupakan organ tumbuhan yang paling banyak digunakan atau dimanfaatkan dengan total prosentase mencapai 59% dibanding bagian tumbuhan lainnya. Salah satu cara untuk mengenali jenis daun adalah melalui proses klasifikasi. Klasifikasi jenis daun biasa dilakukan oleh ahli taksonomi tanaman. Kemajuan teknologi bisa menjadi alternatif dalam hal ini. Karena karakteristik morfologi dari daun dapat diekstraksi dengan model matematika sehingga didapatkan suatu nilai yang bisa dijadikan sebagai data inputan pada sebuah program komputer. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritma ANFIS pada sistem klasifikasi jenis daun, dimana ANFIS merupakan metode perpaduan dari mekanisme *fuzzy-inference system* dalam bentuk arsitektur jaringan syaraf. *Image processing* dilakukan untuk menyiapkan daun sebelum dilakukan ekstraksi dari ciri morfologi dan ciri tekstur dari daun. Kemudian untuk mengetahui performansi dari sistem klasifikasi yang telah dibuat menggunakan *confusion matrix*. Hasil akurasi yang didapat pada penelitian ini adalah 100% untuk data latih, sedangkan akurasi untuk data uji sebesar 85.71%.

Kata kunci : ANFIS, Ekstraksi Ciri, Image Processing, Confusion Matrix.

Abstract

Indonesia is a megabiodiversity country where Indonesia has a wealth of plants which has the potential to be developed. Based on research data in the journal Biocolebes, leaves are the most widely used or utilized plant organs with a total percentage reaching 59% compared to other plant parts. One way to recognize the type of leaf is through the classification process. Classification of leaf types is usually done by plant taxonomists. Technological progress can be an alternative in this regard. Because the morphological characteristics of the leaves can be extracted with a mathematical model to obtain a value that can be used as input data on a computer program. This study aims to apply the ANFIS algorithm to the classification of leaf type systems, where ANFIS is a method of integrating the fuzzy-inference system mechanism in the form of neural network architecture. Image processing is carried out to prepare the leaves before extraction of the morphological and texture characteristics of the leaves. Then to find out the performance of the classification system that has been created using a confusion matrix. The accuracy obtained in this study is 100% for training data, while the accuracy for test data is 85.71%.

Keywords: ANFIS, Feature Extraction, Image Processing, Confusion Matrix.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara megabiodiversity dimana Indonesia memiliki kekayaan tumbuhan obat yang sangat potensial untuk dikembangkan. Indonesia memiliki lebih dari 38.000 spesies tanaman dengan lebih dari 2039 spesies merupakan jenis dari tumbuhan obat herbal [2]. Banyaknya jumlah tumbuhan obat herbal dan kurangnya pengetahuan masyarakat mengenai jenis dan tumbuhan obat herbal membuat masyarakat menjadi kesulitan dalam hal membedakan jenis tumbuhan obat herbal tersebut, sehingga banyak masyarakat yang lebih memilih untuk menggunakan obat-obatan kimia. Untuk memberikan informasi kepada masyarakat, dibutuhkan sistem pengenalan tumbuhan obat herbal yang mampu melakukan identifikasi dan pengenalan tumbuhan obat herbal. Informasi yang didapat dapat berupa citra digital yang kemudian dianalisis dan diproses oleh sistem. Sistem mengidentifikasi citra daun dari tumbuhan obat herbal dan melakukan pengenalan suatu pola atau karakteristik dari objek tersebut. Pemanfaatan tumbuhan lokal sebagai sumber obat-obatan menjadi alternatif yang dapat digunakan sebagai jamu atau herbal, dengan efek yang dihasilkan lebih rendah dari obat kimia buatan (moderen). Jenis tumbuhan dapat dikenali dari daun, karena daun memiliki pola tertentu. Pengenalan pola (*pattern recognition*) merupakan suatu ilmu untuk mengklasifikasikan atau menggambarkan sesuatu berdasarkan pengukuran kuantitatif ciri atau sifat utama dari suatu objek [1]. Dewasa ini dengan menggunakan komputer yang dipadukan dengan ilmu yang dikembangkan para ilmuwan dapat membuat komputer berfikir dan bertindak layaknya manusia, tentunya dalam cakupan tertentu. Bahkan komputer dapat melakukannya jauh lebih efektif dan lebih efisien dari manusia (salah satunya) salah satu bidang ilmu komputer yang banyak membantu kegiatan manusia adalah bidang kecerdasan buatan (*artificial inteligency*). Hingga saat ini sudah sangat banyak penerapan dari kecerdasan buatan ini, salah satunya adalah pengenalan pola dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*) [2]. Dengan JST ini, data yang sebelumnya sulit untuk dicari persamaannya dengan data lain, kini dapat dilakukan dengan cukup mudah, asalkan dapat dengan tepat menentukan ciri dari data tersebut (feature) dan arsitektur dari JST [2]. Mengapa demikian, karena data tersebut bukanlah data karakter (huruf atau angka), melainkan data tersebut berupa gambar (image), gelombang suara, suhu, dan lain lain.

Pada penelitian kali ini, peneliti ingin menerapkan Teknik neuro fuzzy dalam pengenalan jenis daun. Tentunya kombinasi feature [3] dari citra daun yang menjadi pusat perhatian, dan arsitektur yang digunakan adalah ANFIS. pada penelitian ini masalah dapat dirumuskan sebagai berikut : apakah pengenalan daun dengan teknik neuro fuzzy dapat dilakukan? Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) [2] merupakan jaringan syaraf adaptif yang berbasis pada sistem kesimpulan fuzzy (Fuzzy Inference System). Dengan menggunakan metode pembelajaran hybrid, ANFIS dapat memetakan nilai masukan menuju nilai keluaran berdasarkan pada pengetahuan yang dilatihkan dalam bentuk aturan fuzzy.

Topik dan Batasannya

Permasalahan yang dijadikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Bagaimana proses klasifikasi terhadap data citra daun?
2. Bagaimana hasil performansi yang didapatkan terhadap data citra daun?

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini sebagai berikut,

1. Sample yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 40 citra untuk empat jenis daun, 10 citra pada masing masing jenis daun,
2. Sample dibagi menjadi data training sebesar 70% dan data testing 30%.
3. jenis daun, yaitu Averrhoa carambola, Anredera cordifolia, Achyranthes Aspera dan Chromolaena odorata

Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang dimiliki, tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah mengimplementasikan algoritma ANFIS dalam mengklasifikasi data citra daun dan menganalisa hasil performansi dari proses klasifikasi citra daun menggunakan ANFIS.

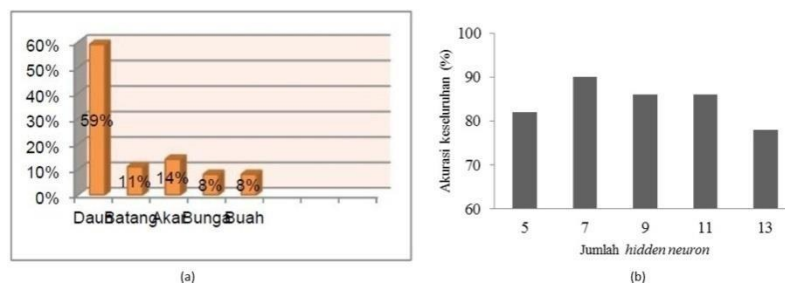
2. Studi Terkait

2.1 State Of The Art

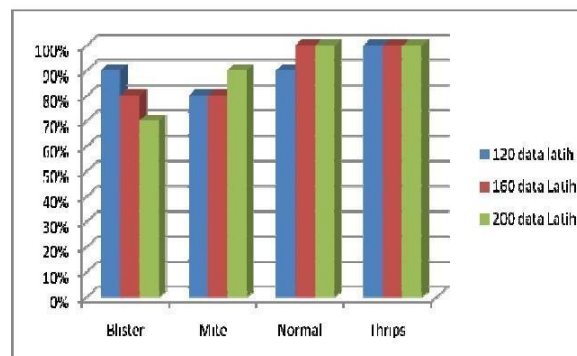
Berdasarkan hasil penelitian [[8]] pada masyarakat Suku Kulawi desa Mataue dijumpai 6 bagian tumbuhan yang digunakan sebagai obat tradisional. Pada umumnya bersumber dari bagian daun, akar, batang, bunga, dan buah. Seperti pada gambar 1(a). Berdasarkan gambar 1(a) menunjukkan bahwa organ tumbuhan yang paling banyak digunakan dalam pengobatan yaitu Daun sebesar 59%.

Sementara penelitian [6], masalah yang dijelaskan adalah klasifikasi tanaman buah berdasarkan daun dapat dilakukan berdasarkan ciri-ciri morfologi berupa tekstur yang dapat diamati atau diukur dari daun maupun berdasarkan citra daun tersebut. Penelitian ini dilakukan klasifikasi tanaman buah berdasarkan citra pola tekstur pada daun. Ekstraksi fitur gray level cooccurrence matrix (GLCM) dari tekstur citra permukaan daun buah tropika digunakan sebagai input dari pelatihan jaringan syaraf tiruan untuk proses identifikasi.

Pada hasil percobaan [[4]] dihasilkan akurasi testing yang sama besar pada setiap dataset. Dihasilkan maksimal akurasi 90% pada masing-masing dataset. grafik (2) menyatakan tingkat keberhasilan sistem dalam mengenali jenis daun. Perbedaan jumlah data training berpengaruh terhadap akurasi training, namun kurang berpengaruh terhadap akurasi testing. Semakin banyak jumlah data training maka semakin besar waktu komputasi yang dibutuhkan dalam proses pengenalan penyakit pada daun. Begitu juga sebaliknya.



Gambar 1. (a)Prosentase bagian tumbuhan yang dimanfaatkan [[8]]; (b)Akurasi Pengujian [6]



Gambar 2. Grafik Keberhasilan Pengenalan Penyakit Daun Teh

Penelitian [7] adalah mengimplementasikan algoritma ANFIS dalam mengklasifikasi data citra buah dan menganalisa performansi dari hasil klasifikasi menggunakan ANFIS. Proses pengujian dilakukan dengan menggunakan 12 data citra. Dengan pembagian tiga buah untuk klasifikasi buah Zallaca, tiga buah untuk klasifikasi buah lappaceum, tiga buah untuk klasifikasi buah americana dan tiga buah untuk klasifikasi buah Citrus. Sehingga didapatkan hasil pengujian terhadap 12 citra buah pengujian pada sistem memberikan hasil keberhasilan dalam mengklasifikasi jenis buah sebesar 83.33.

3. Metode Penelitian

3.1 Preprocessing

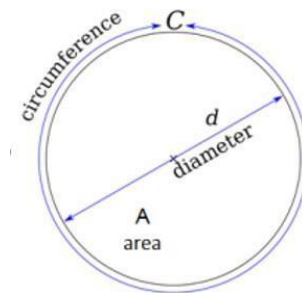
Praprocessing citra daun merupakan langkah untuk meningkatkan kualitas citra. Citra mengalami transformasi untuk menghasilkan fitur penting. Aplikasi penelitian ini menggunakan teknik perubahan aras warna citra, yaitu dari citra berwarna menjadi citra abu-abu (grayscale). Pengubahan aras warna menjadi citra abu-abu juga akan menurunkan tingkat komputasi pada tahap pengambilan fitur. citra yang diteliti berjumlah 40 citra dengan masing-masing daun sebanyak 10 untuk jenis daun.

Proses ekstraksi ciri bertujuan untuk mengambil ciri pada citra agar dapat diproses ke dalam proses klasifikasi. Metode yang digunakan untuk melakukan ekstraksi ciri pada penelitian ini adalah ciri morfologi dan ciri tekstur.

3.1.1 Ciri morfologi

Ciri morfologi merupakan karakter dari suatu objek yang merupakan konfigurasi oleh garis dan kontur. Fitur morfologi dikategorikan bergantung pada teknik yang digunakan. Pada penelitian ini fitur morfologi yang digunakan adalah metric dan eccentricity.

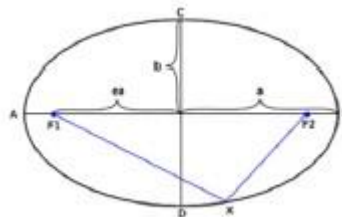
Parameter lainnya yang dapat digunakan untuk membedakan bentuk suatu objek yaitu metric. Metric merupakan nilai perbandingan antara luas dan keliling objek. Metric memiliki rentang nilai antara 0 hingga 1. Objek yang berbentuk memanjang/mendekati bentuk garis lurus, nilai metricnya mendekati angka 0, sedangkan objek yang berbentuk bulat/lingkaran, nilai metricnya mendekati angka 1. diilustrasikan pada gambar :



Gambar 3. Perhitungan Metric

$$M = \frac{4\pi XA}{C^2} \quad (1)$$

Persamaan (1) untuk menghitung nilai metric dimana M adalah metric A adalah area dan C adalah Circumference.



Gambar 4. Perhitungan Eccentricity

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \quad (2)$$

Persamaan (2) untuk menghitung nilai eccentricity dimana e adalah Eccentricity a adalah mayor axis dan b adalah minor axis.

3.1.2 Ciri Tekstur

Ciri tekstur merupakan ciri penting dalam sebuah gambar yang merupakan informasi berupa susunan struktur permukaan suatu gambar. Dalam penelitian ini menggunakan Gray Level oCcurance Matrix (GLCM) sebagai matrik pengambilan nilai keabuan dari sebuah gambar. Berikut merupakan tahapan yang digunakan dalam pengambilan ciri tekstur dari sebuah gambar.

1. Citra warna dirubah menjadi citra grayscale
2. Masing-masing nilai dari RGB citra dirubah menjadi abu- abu dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$keabuan = 0.2989 * R + 0.5870 * G + 0.1140 * B \quad (3)$$

3. Piksel baru = setPixel(255, nilai keabuan, nilai keabuan, nilai keabuan)
4. Segmentasi nilai warna ke dalam 16 bin 5) Hitung nilai-nilai co-occurance matrix dalam delapan arah masing-masing 00, 450, 900, dan 1350
5. Hitung informasi ciri tekstur yaitu yaitu contrast, correlation, energy dan homogeneity.

Contrast digunakan berfungsi mengukur perbedaan antar titik dalam suatu objek. Energy berfungsi mengukur keseragaman tekstur dari objek. Homogeneity berfungsi mengukur keseragaman suatu objek.

$$\sum_k k^2 \left[\sum_i \sum_j \rho(i, j) \right] \quad (4)$$

Correlation adalah ukuran tingkat abu-abu ketergantungan linier antara piksel pada posisi tertentu terhadap piksel lain. Rumus untuk menentukan correlation dari suatu gambar:

$$\sum_{i,j} \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j)P(i, j)}{\sigma_i \sigma_j} \quad (5)$$

Energy disebut juga angular second moment (ASM) menunjukkan nilai yang tertinggi saat piksel-piksel gambar homogen. Rumus untuk mencari energy dari suatu gambar:

$$\sum_{i,j} P(i, j)^2 \quad (6)$$

Homogeneity menunjukkan nilai distribusi antara elemen. Rumus untuk mencari homogeneity dari suatu gambar:

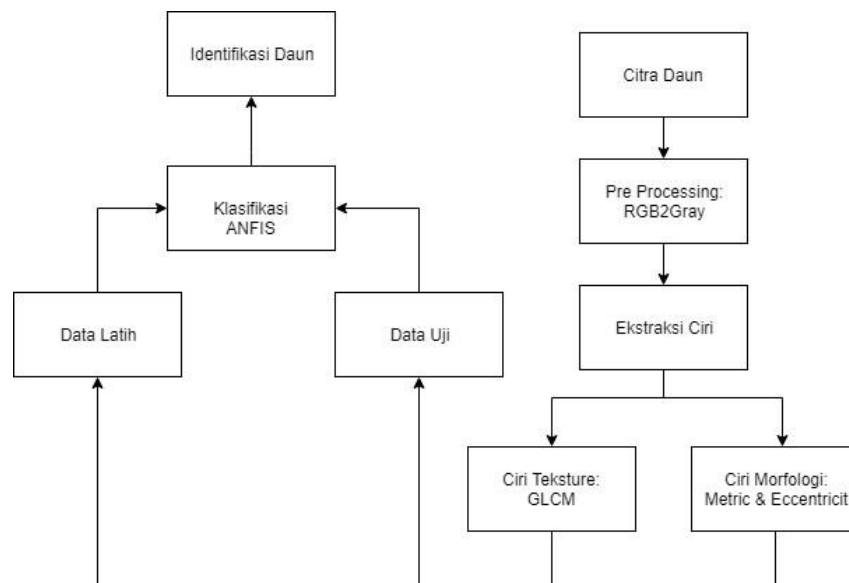
$$\sum_{i,j} \frac{P(i, j)}{1 + |i - j|} \quad (7)$$

3.2 Learning ANFIS

Tahap ini, proses learning ANFIS. Untuk gambaran proses learning dapat dilihat pada gambar 5.

(*adaptive neuro-fuzzy inference system* atau *adaptive network-based fuzzy inference system*) adalah arsitektur yang secara fungsional sama dengan fuzzy rule base model sugeno. Arsitektur ANFIS juga sama dengan jaringan saraf dengan fungsi radial dengan sedikit batasan tertentu. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan jaringan adaptif yang berbasis pada sistem kesimpulan fuzzy (fuzzy inference system). Dengan penggunaan suatu prosedur hybrid learning, ANFIS dapat membangun suatu mapping input-output yang keduanya berdasarkan pada pengetahuan manusia (pada bentuk aturan fuzzy if-then) dengan fungsi keanggotaan yang tepat[?]. Sistem kesimpulan fuzzy yang memanfaatkan aturan fuzzy if-then dapat memodelkan aspek pengetahuan manusia yang kualitatif dan memberi reasoning processes tanpa memanfaatkan analisa kuantitatif yang tepat. Ada beberapa aspek dasar dalam pendekatan ini yang membutuhkan pemahaman lebih baik, secara rinci:

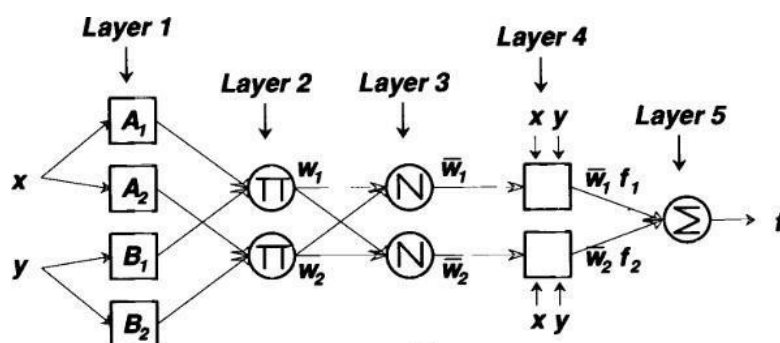
- Tidak ada metoda baku untuk men-transform pengetahuan atau pengalaman manusia ke dalam aturan dasar (rule base) dan database tentang fuzzy inference system.
- Ada suatu kebutuhan bagi metoda efektif untuk mengatur (tuning) fungsi keanggotaan (membership function/MF) untuk memperkecil ukuran kesalahan keluaran atau memaksimalkan indeks pencapaian.



Gambar 5. Diagram metodologi identifikasi Daun

ANFIS dapat bertindak sebagai suatu dasar untuk membangun satu kumpulan aturan fuzzy if-then dengan fungsi keanggotaan yang tepat, yang berfungsi untuk menghasilkan pasangan input-output yang tepat. Jenis rule yang bisa dilayani hanyalah bertipe takagi-sugeno-kang (TSK) atau dikenal dengan istilah sugeno saja.

3.4 Arsitektur ANFIS



Gambar 6. Arsitektur ANFIS [[5]]

Arsitektur ANFIS terdiri dari lima layer(lapisan) yang masing-masing layer memiliki fungsi-fungsi yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Layer 1 : Berfungsi sebagai proses fuzzyfication. Output dari node i pada layer 1 dinotasikan sebagai O_i . Setiap node pada layer i bersifat adaptif dengan output:

$$O_i^1 = \mu_{A_i}x, i = 1, 2 \quad (8)$$

Dimana x dan y adalah nilai-nilai input B_i untuk node tersebut dan A_i atau B_i adalah himpunan fuzzy. Jadi, masing-masing node pada layer 1 berfungsi membangkitkan derajat keanggotaan (bagian premis).

- Layer 2 : Dinotasikan π . Setiap node pada layer ini berfungsi untuk menghitung kekuatan aktivasi (firing strength) pada setiap rule sebagai product dari semua input yang masuk.

$$O_i^2 = W_i = \mu_{A_i}(x) + \mu_{B_i}(y), i = 1, 2 \quad (9)$$

- Layer 3 : Dilambangkan dengan N. Setiap node pada lapisan ini bersifat non- adaptif yang berfungsi hanya untuk menghitung rasio antara *firing strength* pada rule ke-I terhadap total *firing strength* dari semua rule :

$$O_i^3 = W_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, i = 1, 2 \quad (10)$$

Layer 4 : Setiap node pada lapisan ini bersifat adaptif sebagai fungsi :

$$O_i^4 = W_i \cdot f_i = w_i(p_i x + q_i y + r_i) \quad (11)$$

Dimana w_i adalah output dari layer 3 ($p_i x + q_i y + r_i$) adalah himpunan parameter pada fuzzy model sugeno orde satu

- Layer 5 : Satu node tunggal yang dilambangkan Σ pada layer ini berfungsi mengagregasikan seluruh output dari layer 4 (yang didefinisikan sebagai penjumlahan dari semua sinyal yang masuk) :

$$O_i^5 = \Sigma_i w_i \cdot f_i = \frac{\Sigma_i w_i \cdot f_i}{\Sigma_i w_i} \quad (12)$$

Dengan demikian, kelima layer tersebut akan membangun suatu adaptive network yang secara fungsional ekuivalen dengan fuzzy model sugeno orde satu. Untuk memberi nilai awal pada parameter premis (pada bagian membership function), biasanya digunakan Fuzzy Clustering Mean (FCM). Pada arsitektur ANFIS, node yang bersifat adaptif terdapat pada layer 1 dan 4. Node pada layer 1 mengandung parameter premis yang nonlinier sedangkan pada layer 4 mengandung parameter konsekuen yang linier. Untuk memperbarui parameter-parameter tersebut (dengan kata lain proses belajar dari jaringan saraf), kita memerlukan proses learning atau training. ANFIS menggunakan hybrid supervised method yang berbasis pada dua metode, yaitu least-squares dan gradient descent.

Pada arah maju (forward), parameter premis dibuat tetap. Dengan menggunakan metode Least Square Estimator (LSE), parameter konsekuen diperbaiki berdasarkan pasangan data pada training set. Metode LSE dapat diterapkan karena parameter konsekuen yang diperbaiki bersifat linier. Setelah parameter konsekuen diperoleh, data masukan dilewatkan jaringan adaptif kembali dan hasil keluaran jaringan adaptif ini dibandingkan dengan keluaran yang diharapkan (target). Pada arah mundur (backward), parameter konsekuen dibuat tetap. Kesalahan (error) antara keluaran jaringan adaptif dan target dipropagasikan balik menggunakan gradient descent untuk memperbarui parameter premis. Satu tahap pembelajaran maju-mundur ini dinamakan satu epoch[5]. Menghitung nilai akurasi dengan persamaan :

$$\text{Prosentase Keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah data Identifikasi Berhasil}}{\text{Jumlah seluruh data}} \times 100\% \quad (13)$$

3.5 Confusion Matrix

Confusion Matrix atau disebut juga matrix klasifikasi adalah suatu alat visual yang biasanya digunakan dalam Supervised Learning. Matrix klasifikasi berisi jumlah kasus-kasus yang diklasifikasikan dengan benar dan kasus-kasus yang salah diklasifikasikan. Pada kasus yang diklasifikasikan dengan benar muncul pada diagonal, karena kelompok prediksi dan kelompok actual adalah sama

$$\text{accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN} \quad (14)$$

$$\text{recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (15)$$

$$\text{precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (16)$$

4. Evaluasi

Data yang digunakan dalam proses pelatihan dan pengujian merupakan data hasil observasi, dimana peneliti mengambil gambar sendiri secara langsung menggunakan kamera Fujifilm. Jumlah data yang digunakan yaitu 40 data citra, terdiri dari 28 data latih dan 12 data uji.

4.1 Preprocessing

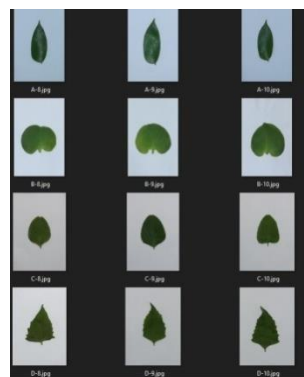
Preprocessing adalah proses yang dilakukan sebelum memasuki blok ekstraksi ciri. Tujuan preprocessing adalah untuk menyiapkan citra dalam kondisi yang tepat dan baik agar hasil ekstraksi ciri memberikan hasil yang maksimal.

4.1.1 Pemberian Label

Pemberian label berfungsi untuk memisahkan data berdasarkan label tersebut. Selain itu, label ini digunakan untuk pengelompokan. Pada penelitian ini pemberian label dilakukan dengan mengklasifikasikan kelas dari citra latih yang telah dilakukan dari hasil prapengolahan. Setelah data diperoleh dan telah melalui tahap pra-pengolahan, maka akan diberi label atau kelas. Pemberian label data dilakukan dengan angka seperti ditunjukkan Tabel 2

Tabel 2. Pemberian label dan target

Baris	Target	Nilai
citra	Daun Tumbuhan	Target
A-1 A-7	carambola	1
B-1 B-7	cordifolia	2
C-1 C-7	Aspera	3
D-1 D-7	Odorata	4



Gambar 7. label data uji

4.1.2 Ekstraksi

Proses GLCM dan morfologi dilakukan dengan cara melakukan ekstraksi fitur pada citra. Ekstraksi fitur tekstur diawali dengan membentuk matriks co-occurrence. Matriks ini dibentuk dari suatu citra dengan melihat hubungan ketetanggaan antar dua piksel pada jarak dan orientasi sudut tertentu. Matriks ini digunakan untuk mengekstraksi fitur tekstur dari sebuah citra. Jarak yang digunakan dalam penelitian ini adalah $d=1$, sedangkan sudutnya menggunakan yang dirata-ratakan pada tiap fitur di masing-masing citra. Ada enam fitur tekstur yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu metric, eccentric, kontras, korelasi, energi dan homogenitas. Proses ini dilakukan pada data latih dan data uji. Hasil ekstraksi fitur data latih disimpan pada basis data latih dan dituangkan pada Tabel 4. Proses klasifikasi dengan ANFIS dari hasil ekstraksi fitur data uji.

4.2 Hasil Akurasi

Pada penelitian ini untuk mengklasifikasi jenis daun. Pada tahap pengujian data citra daun untuk menentukan tingkat prosentase keberhasilannya dalam mengenali klasifikasi daun dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 13. Pada proses pelatihan dilakukan menggunakan data citra daun. Sehingga didapatkan hasil pengujian terhadap citra daun pengujian pada sistem memberikan hasil keberhasilan dalam mengklasifikasi jenis daun. Hasil Klasifikasi diuji dengan confusion matrix untuk melihat nilai Accuracy 0.8571, Error 0.1667, Precision 0.8750 dan F1 score 0.8310 dan hasil diperlihatkan oleh gambar 8.

Tabel 3. Data Hasil data Uji

metric	eccentricity	contrast	correlation	energy	homogeneity	Klasifikasi	Hasil Identifikasi
0,62387502	0,91047573	0,01083910	0,996146679	0,77999131	0,99509141	1	Benar
0,62751478	0,91090326	0,01290423	0,995602205	0,77010813	0,99506370	1	Benar
0,61767871	0,91656291	0,03995627	0,990498072	0,42699442	0,98191404	1	Benar
0,83202312	0,28023055	0,02170034	0,996449797	0,59866453	0,99090445	2	Benar
0,79734857	0,64539222	0,01086124	0,997797519	0,65825917	0,99584944	2	Benar
0,74348952	0,56749005	0,01177061	0,997581338	0,63407785	0,99544378	2	Benar
0,76386055	0,65200094	0,01247806	0,996104991	0,77886090	0,99628388	3	Benar
0,85351356	0,63191019	0,01569853	0,995151402	0,75819543	0,99386951	3	Benar
0,85578910	0,63189873	0,02016043	0,994983167	0,70177634	0,99161595	3	Benar
0,53438590	0,75325618	0,01721901	0,995932841	0,71869549	0,99570454	4	Benar
0,53938743	0,69285195	0,02245495	0,996228295	0,72419667	0,99289947	3	Salah
0,55675196	0,77983402	0,01351187	0,996311413	0,75529248	0,99632049	4	Benar

Data tabel 3 merupakan data hasil ekstraksi ciri/feature yang berupa nilai metric, eccentricity, contrast, correlation, energy, dan homogeneity yang akan dijadikan inputan pada proses klasifikasi daun menggunakan algoritma ANFIS yang kemudian menghasilkan *outputan* berupa nomor daun yang sudah ditetapkan pada tahap pemberian label.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian

Sampel	Klasifikasi	Keterangan	Hasil Identifikasi
A-8	Carambola	Dikenali	Benar
A-9	Carambola	Dikenali	Benar
A-10	Carambola	Dikenali	Benar
B-8	Cordifolia	Dikenali	Benar
B-9	Cordifolia	Dikenali	Benar
B-10	Cordifolia	Dikenali	Benar
C-8	Aspera	Dikenali	Benar
C-9	Aspera	Dikenali	Benar
C-10	Aspera	Dikenali	Benar
D-8	Odorata	Dikenali	Benar
D-9	Aspera	Dikenali	Salah
D-10	Odorata	Dikenali	Benar

Data tabel 4 menunjukkan hasil klasifikasi berupa jenis daun yang telah diuji serta hasil identifikasi dari daun. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa sampel uji A-8, A-9, A-10, B-8, B-9, B-10, C-8, C-9, C-10, D-8, dan D-10 berhasil diklasifikasikan dan diidentifikasi benar. Sedangkan untuk sampel uji D-9 terdapat kesalahan pada hasil identifikasi daun.

Over all values

Accuracy : 0.8571
 Error : 0.1667
 Sensitivity : 0.9500
 Precision : 0.8750
 FalsePositive: 0.0500
 F1 Score : 0.8310

Gambar 8. akurasi pengujian

Nilai akurasi yang didapat sesuai dengan perhitungan yang dari formula confusion matrix :

$$\text{Accuracy} : \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{FN} + \text{FP} + \text{TN}} = \frac{11 + 1}{11 + 0 + 1 + 1} = \frac{12}{14} = 0.8571$$

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa, sistem klasifikasi empat jenis daun yaitu Averhoa Carambola, Anredera Cordifolia, Achyranthes Aspera, dan Chromolaena Odorata dengan menggunakan algoritma ANFIS didapatkan tingkat akurasi 85.71%. Sedangkan untuk nilai performansi berdasarkan confusion matrix didapatkan tingkat Accuracy 0.8571, Precision 0.8750, Error 0.1667, dan F1 Score 0.8310.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah dilakukan peningkatan kuantitas dari jumlah data latih dan data uji yang ada, agar bisa didapatkan sistem klasifikasi dengan proses pelatihan yang lebih banyak sehingga bisa didapat hasil yang lebih akurat.

Daftar Pustaka

- [1] A. H. Bagus Aditya and A. A. Zahra. Sistem pengenalan buah menggunakan metode discrete cosine transform dan euclidean distance. Technical report, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang, 2014.
- [2] G. dan Sri Hartati. Arsitektur anfis untuk pengenalan kayu berbasis citra cross-section. Technical report, Fakultas MIPA UGM Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, -.
- [3] I. M. O. W. I Gusti Rai Agung Sugiarta¹, Made Sudarma. Ekstraksi fitur warna, tekstur dan bentuk untuk clustered-based retrieval of images (clue). *Teknologi Elektro*, Vol. 16, No1, Januari-April 2017.
- [4] W. Ika Ari, P. Bedy, and Hertog Nugroho. Klasifikasi penyakit daun teh *Camellia sinensis* menggunakan metode transformasi wavelet dan jaringan syaraf tiruan probabilistik (pnn). Technical report, Fakultas Teknik Informatika Institut Teknologi Telkom, Bandung.
- [5] J.-S. Jang, C.-T. Sun, and E. Mizutani. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing-A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. Pearson, 1997.
- [6] d. A. R. A. MUHAMMAD ASYHAR AGMALARO, AZIZ KUSTIYO. Identifikasi tanaman buah tropika berdasarkan tekstur permukaan daun menggunakan jaringan syaraf tiruan. *Jurnal Ilmu Komputer Agri-Informatika*, Vol. 2, No 2, 2013.
- [7] A. R. Randy, P. Sidik, and G. P. S. Aji. Klasifikasi jenis buah menggunakan adaptive neuro-fuzzy inference system (anfis) dan image processing. Technical report, Fakultas Teknik Informatika Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2018.
- [8] K. d. R. P. Suhendar, Arham dan Akhmad. Keanekaragaman jenis tumbuhan obat tradisional dan pemanfaatannya pada suku kulawi di desa mataue kawasan taman nasional lore lindu. *Biocелеbes*, Desember 2016, hlm. 01-16, Vol. 10, No 2, 2016.