

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

Tugas Akhir

diajukan untuk memenuhi salah satu syarat

memperoleh gelar sarjana

dari Program Studi Teknologi Informasi

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

1103130105

Randy Agustyo Raharjo



Program Studi Sarjana Teknologi Informasi

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Bandung

2019

LEMBAR PENGESAHAN

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

***Fruit's Clasification Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) and Image
Processing***

NIM: 1103130105

Randy Agustyo Raharjo

Tugas akhir ini telah diterima dan disahkan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh
gelar pada Program Studi Sarjana Teknologi Informasi

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Bandung, 29 Juli 2019

Menyetujui

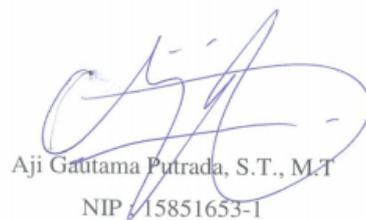
Pembimbing I



Sidik Prabowo, S.T., M.T.

NIP: 15871713-2

Pembimbing 2



Aji Gautama Putrada, S.T., M.T.

NIP: 15851653-1

Ketua Program Studi
Sarjana Teknologi Informasi,



Niken Dwi Wahyu Cahyani, S.T., M.Kom, Ph.D.

NIP: 00750052

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya, Randy Agustyo Raharjo, menyatakan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul ”**Klasifikasi Jenis Buah Menggunakan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* dan *Image Processing*** ” beserta dengan seluruh isinya adalah merupakan hasil karya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang belaku dalam masyarakat keilmuan. Saya siap menanggung resiko/sanksi yang diberikan jika dikemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam buku TA atau jika ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya.

Bandung, 29 Juli 2019

Yang Menyatakan,



Randy Agustyo Raharjo

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

Randy Agustyo Raharjo¹, Sidik Prabowo², Aji Gautama Putrada Satwiko³

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

¹randyagustyo@telkomuniversity.ac.id, ²pakwowo@telkomuniversity.ac.id,

³ajigps@telkomuniversity.ac.id,

Abstrak

Metode alternatif untuk mengklasifikasi jenis buah masih banyak dilakukan terutama pada image processing yang berdampak pada bidang industri, pengelompokan jenis buah yang dilakukan bertujuan mempermudah proses penyortiran berdasarkan bentuk dan ukuran buah. Model fuzzy merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan klasifikasi jenis buah. Model fuzzy mempunyai konsep matematis yang didasari penalaran fuzzy. Penelitian ini bertujuan mengaplikasikan model fuzzy dalam klasifikasi jenis buah dan mendeskripsikan tingkat keakuratannya dengan algoritma ANFIS. Proses yang dilakukan adalah mengubah tipe gambar buah dari tipe red green blue (RGB) ke tipe grayscale yang digunakan sebagai data penelitian. Selanjutnya dilakukan ekstraksi menggunakan bantuan MATLAB untuk memperoleh informasi dari gambar. Informasi dari gambar yaitu contrast, correlation, energy, homogeneity, metric, dan eccentric. Terdapat enam informasi yang digunakan sebagai input model fuzzy. Input model fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan segitiga untuk membangun aturan fuzzy pada 64 data training, sehingga terdapat 64 aturan fuzzy. Setelah aturan fuzzy diperoleh selanjutnya dilakukan proses inferensi dan defuzzifikasi. Hasil defuzzifikasi merupakan nilai untuk buah yang dibagi menjadi delapan kategori yaitu Salak, Rambutan, Alpukat, Jeruk, Jeruk Lemon, Jeruk Nipis, Manggis dan Pear Jambu. Model fuzzy yang telah dibangun dilakukan pengujian model dengan cara menentukan tingkat keakuratan dan error dari model tersebut. Tingkat keakuratan untuk data testing 75%.

Kata kunci : ANFIS, Ekstraksi Fitur, Fuzzy Logic, Image Processing.

Abstract

Fuzzy model is one method that can be used to determine the classification of fruit types. Fuzzy models have mathematical concepts based on fuzzy reasoning. This study aims to apply fuzzy models in the classification of fruit types and describe the level of accuracy, with ANFIS Algorithm. The process carried out is to change the type of fruit image from the red green blue (RGB) type to the grayscale type used as research data. Then extraction is done using MATLAB help to obtain information from the image. Information from images are contrast, correlation, energy, homogeneity, metric, and eccentric. There are six information that are used as input fuzzy models. Fuzzy model input uses the triangle membership function to construct fuzzy rules on 27 training data, so there are 36 fuzzy rules. After the fuzzy rule is obtained, the next process is inference and defuzzification. Defuzzification results are values for fruit which are divided into four categories, namely salak (*S. zalacca*), rambutan (*N. lappaceum*), avocado (*P. americana*), oranges (Citrus), lemon, lime, mangosteen and pear packham. The fuzzy model that has been built will be tested by determining the level of accuracy and error of the model. The accuracy level for data testing is 75 %.

Keywords: ANFIS, Feature Extraction, Fuzzy Logic, Image Processing.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini telah banyak memberi pengaruh terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, salah satunya adalah dalam hal pengenalan pola (pattern recognition). Pengenalan pola merupakan suatu ilmu untuk mengklasifikasikan atau menggambarkan sesuatu berdasarkan pengukuran kuantitatif ciri atau sifat utama dari suatu objek[2]. Ciri umum adalah ciri yang dapat diamati langsung dengan pancaindera, baik dengan penglihatan, penciuman, perabaan dan sebagainya tanpa bantuan alat-alat pembesar bayangan. Ciri umum tersebut meliputi warna, corak, tekstur, arah serat, kilap, kesan raba, bau, dan kekerasan [3].

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)[3]. 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[3]. Mengapa demikian, karena data tersebut bukanlah data karakter (huruf atau angka), melainkan data tersebut berupa gambar (image), gelombang suara, suhu, dan lain lain. Pengenalan buah menggunakan JST propgasi balik dengan data input berupa tekstur. Komponen tersebut adalah entrophy, homogenity, dan lain-lain, dan dengan arsitektur JST[4].

Dengan delapan jenis buah yang harus dikenali yaitu Salak, Rambutan, Alpukat, Jeruk, Jeruk Lemon, Jeruk Nipis, Manggis dan Pear Jambu. pada penelitian kali ini, peneliti ingin menerapkan Teknik neuro fuzzy dalam pengenalan jenis buah. Tentunya kombinasi feature[5] dari citra buah yang menjadi pusat perhatian, dan arsitektur yang digunakan adalah ANFIS. pada penelitian ini masalah dapat dirumuskan sebagai berikut : apakah pengenalan buah dengan teknik neuro fuzzy dapat dilakukan? Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)[3] 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 buah?
2. Bagaimana hasil performansi yang didapatkan terhadap data citra buah?

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini sebagai berikut,

1. Sample yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 80 citra untuk delapan jenis buah, 10 citra pada masing masing jenis buah,
2. Sample dibagi menjadi data training sebesar 80% dan data testing 20%.

Tujuan

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

2. Studi Terkait

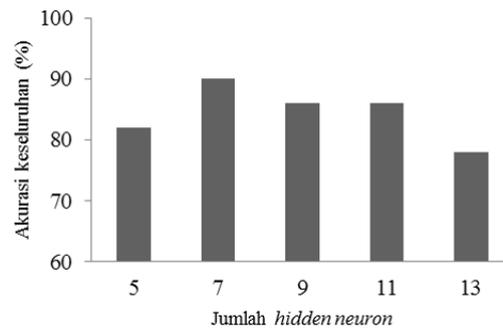
Penelitian yang merujuk pada referensi [7], masalah yang dijelaskan adalah sistem diagnosis penyakit jantung yang menggabungkan metode fuzzy dengan jaringan saraf tiruan. Data yang digunakan adalah data UCI Cleveland yang memiliki 13 atribut sebagai input. Output diagnosis sistem dibandingkan dengan data observasi sebagai evaluasi. Kinerja sistem diuji dengan perhitungan akurasi. Pengujian juga dilakukan terhadap variasi nilai learning, iterasi, eror minimum, dan penggunaan membership functions.

Penelitian yang merujuk pada referensi [1], masalah yang dijelaskan mengenai pemrosesan gambar berbasis ANFIS untuk mengkarakterisasi rasa jeruk fitur dimasukkan sebagai input ke ANFIS, dan kelas rasa buah adalah output sebagai klasifikasi rasa varietas Bam, Khooni dan Thompson.

Tabel 1. Hasil penelitian variasi rasa jeruk [1]

No	Variasi Jeruk	Hasil Akurasi
1	Khooni	93.33%
2	Bam	93.33%
3	Thompson	96.67%

Penelitian ini [8], 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.



Gambar 1. Hasil penelitian klasifikasi daun [8]

3. Sistem yang Dibangun

Penelitian ini, membangun rancangan sistem untuk mengklasifikasi jenis buah menggunakan algoritma ANFIS. Sistem yang akan dibangun, dapat dilihat pada tabel 2 .

Tabel 2. Desain Sistem

Desain Sistem
Input: Data Citra delapan jenis buah
Output: Performansi (Hasil Akurasi, confusion matrix, recall, precision, RMSE) Klasifikasi GUI
Preprocessing Data: RGB2Gray Ekstrasi Ciri Morfologi dan Teksture
Learning Algorithm: Klasifikasi ANFIS
Hasil: Hasil Akurasi, confusion matrix, recall, precision, RMSE Klasifikasi GUI

3.1 Preprocessing

Praprocessing citra buah 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. Gambar 2 merupakan dataset untuk citra pelatihan yang berjumlah 64 citra dengan masing-masing buah sebanyak delapan untuk delapan jenis buah. 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

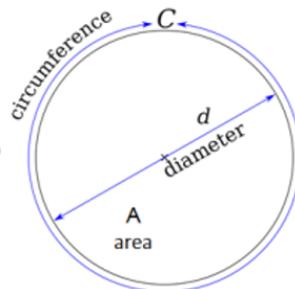
Ciri morfologi merupakan karakter dari suatu objek yang merupakan konfigurasi oleh garis dan kontur. Fitur morfologi dikategorikan bergantung pada teknik yang digunakan. Pada penelitian ini fitur morfologi yang digunakan adalah metric dan eccentricity.

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 3:

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



Gambar 2. Citra Buah data latih



Gambar 3. Penghitungan metric

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

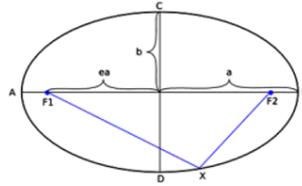
Eccentricity merupakan nilai perbandingan antara jarak foci ellips minor dengan foci ellips mayor suatu objek. Eccentricity memiliki rentang nilai antara 0 hingga 1. Objek yang berbentuk memanjang/mendekati bentuk garis lurus, nilai eccentricitynya mendekati angka 1, sedangkan objek yang berbentuk bulat/lingkaran, nilai eccentricitynya mendekati angka 0. Penghitungan eccentricity diilustrasikan pada gambar 4:

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \tag{2}$$

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.



Gambar 4. Penghitungan eccentricity

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. Pikel baru = setPixel(255, nilai keabuan, nilai keabuan, nilai keabuan)
4. Segmentasi nilai warna ke dalam 16 bin 5) Hitung nilai-nilai co-occurrence 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:

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

dengan, menyatakan rata-rata dari menyatakan standar deviasi

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:

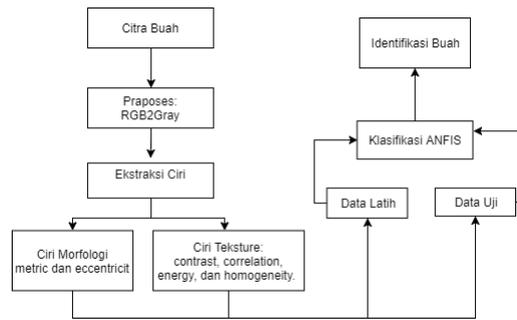
$$\sum_{i,j} \frac{P(i, j)}{1 + |i - j|} \quad (7)$$

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[9]. 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.

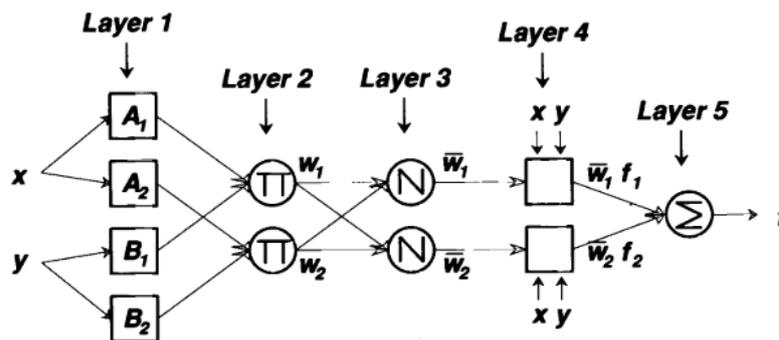


Gambar 5. Diagram metodologi identifikasi buah

- Ada suatu kebutuhan bagi metoda efektif untuk mengatur (tuning) fungsi keanggotaan (membership function/MF) untuk memperkecil ukuran kesalahan keluaran atau memaksimalkan indeks pencapaian

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.

3.3 Arsitektur ANFIS



Gambar 6. Arsitektur ANFIS

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:

$$O_i^1 = \mu_{A_i}x, i = 1, 2 \tag{8}$$

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.

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

- 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 :

$$\tag{10}$$

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

$$O_i^4 = W_1 \cdot f_1 = w_1(p_i x + q_i y + r_i) \quad (11)$$

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 memperbaiki 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 memperbaiki parameter premis. Satu tahap pembelajaran maju-mundur ini dinamakan satu epoch[6]. Menghitung nilai akurasi dengan persamaan

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

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

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

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

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

Root Means Square Error (RMSE) merupakan Variabel yang digunakan untuk mengevaluasi nilai hasil dari klasifikasi terhadap nilai sebenarnya atau nilai dianggap benar. Semakin kecil nilai RMSE, maka semakin besar tingkat keberhasilan proses pembelajaran

4. Evaluasi

4.1 Pengujian Model Fuzzy

Pada penelitian ini untuk mengklasifikasi delapan jenis buah, yaitu Salak, Rambutan, Alpukat, Jeruk, Jeruk Lemon, Jeruk Nipis, Manggis dan Pear Jambu. Pada tahap pengujian data citra buah untuk menentukan tingkat prosentase keberhasilannya dalam mengenali klasifikasi buah dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 13. Pada proses pelatihan dilakukan menggunakan 64 data citra buah.

Sehingga didapatkan hasil pengujian terhadap 12 citra buah pengujian pada sistem memberikan hasil keberhasilan dalam mengklasifikasi jenis buah sebesar 75 %.

Hasil Klasifikasi diuji dengan confusion matrix untuk melihat nilai accuracy, recall, dan precision dan hasil diperlihatkan oleh gambar [7][8][9].

Tabel 3. Data Hasil Pelatihan I

Sampel	Klasifikasi	Keterangan
A-1	Zallaca	Dikenali
A-2	Zallaca	Dikenali
A-3	Zallaca	Dikenali
A-4	Zallaca	Dikenali
A-5	Zallaca	Dikenali
A-6	Zallaca	Dikenali
A-7	Zallaca	Dikenali
A-8	Zallaca	Dikenali
B-1	lappaceum	Dikenali
B-2	lappaceum	Dikenali
B-3	lappaceum	Dikenali
B-4	lappaceum	Dikenali
B-5	lappaceum	Dikenali
B-6	lappaceum	Dikenali
B-7	lappaceum	Dikenali
B-8	lappaceum	Dikenali
C-1	americana	Dikenali
C-2	americana	Dikenali
C-3	americana	Dikenali
C-4	americana	Dikenali
C-5	americana	Dikenali
C-6	americana	Dikenali
C-7	americana	Dikenali
C-8	americana	Dikenali
D-1	Citrus	Dikenali
D-2	Citrus	Dikenali
D-3	Citrus	Dikenali
D-4	Citrus	Dikenali
D-5	Citrus	Dikenali
D-6	Citrus	Dikenali
D-7	Citrus	Dikenali
D-8	Citrus	Dikenali

`c_matrix =`

```

2   0   0   0   0   0   0   0
1   1   0   0   0   0   0   0
0   0   2   0   0   0   0   0
0   0   0   1   1   0   0   0
0   0   0   0   2   0   0   0
0   0   0   0   1   1   0   0
0   0   0   0   0   0   1   1
0   0   0   0   0   0   0   2

```

Gambar 7. Hasil Pengujian data uji oleh Confusion Matrix

4.2 Model Klasifikasi Fuzzy dengan GUI

Klasifikasi jenis buah yang dibangun dengan logika fuzzy telah dilakukan pengujian, selanjutnya dengan GUI akan dibangun tampilan model fuzzy yang lebih interaktif terhadap pengguna. Sistem ini menggunakan model fuzzy yang telah dibangun, model fuzzy tetap menjadi otak dari GUI. GUI hanya menghaluskan tampilan sehingga lebih baik dan interaktif. Sistem GUI ini tidak langsung dapat mengklasifikasi buah yang dimasukkan. Pengguna harus menginput gambar buah kemudian mengubah tipe menjadi grayscale. Setelah mengubah tipe gambar dilakukan ekstraksi, hasil dari ekstraksi yang akan digunakan sebagai aturan untuk klasifikasi buah.

Rancangan GUI ini menggunakan gambar dimasukkan kedalam sistem GUI yang telah dibuat, kemudian meng-

Tabel 4. Data Hasil Pelatihan II

Sampel	Klasifikasi	Keterangan
E-1	Lemon	Dikenali
E-2	Lemon	Dikenali
E-3	Lemon	Dikenali
E-4	Lemon	Dikenali
E-5	Lemon	Dikenali
E-6	Lemon	Dikenali
E-7	Lemon	Dikenali
E-8	Lemon	Dikenali
F-1	Lime	Dikenali
F-2	Lime	Dikenali
F-3	Lime	Dikenali
F-5	Lime	Dikenali
F-6	Lime	Dikenali
F-7	Lime	Dikenali
F-8	Lime	Dikenali
G-1	Manggis	Dikenali
G-2	Manggis	Dikenali
G-3	Manggis	Dikenali
G-4	Manggis	Dikenali
G-5	Manggis	Dikenali
G-6	Manggis	Dikenali
G-7	Manggis	Dikenali
G-8	Manggis	Dikenali
H-1	Pear	Dikenali
H-2	Pear	Dikenali
H-3	Pear	Dikenali
H-4	Pear	Dikenali
H-5	Pear	Dikenali
H-6	Pear	Dikenali
H-7	Pear	Dikenali
H-8	Pear	Dikenali

Multi-Class Confusion Matrix Output

	TruePositive	FalsePositive	FalseNegative	TrueNegative
Actual_class1	2	1	0	13
Actual_class2	1	0	1	14
Actual_class3	2	0	0	14
Actual_class4	1	0	1	14
Actual_class5	2	2	0	12
Actual_class6	1	0	1	14
Actual_class7	1	0	1	14
Actual_class8	2	1	0	13

Gambar 8. Hasil Pengujian data uji oleh Multi-Class Confusion Matrix Output

ubah tipe menjadi grayscale. Selanjutnya diekstraksi yang digunakan sebagai input dalam model fuzzy. Setelah diperoleh hasil ekstraksi gambar dilakukan klasifikasi dengan model fuzzy dan diperoleh hasil klasifikasi. Hasil rancangan sistem GUI ini telah sesuai dengan gambar awal dan menggunakan model fuzzy untuk proses klasifikasi yang telah diuji tingkat keakuratannya. Gambar 10 adalah contoh tampilan GUI pada proses klasifikasi buah yang terelah dirancang.

5. Kesimpulan

Sistem klasifikasi delapan jenis buah, yaitu Salak, Rambutan, Alpukat, Jeruk, Jeruk Lemon, Jeruk Nipis, Manggis dan Pear Jambu. Menggunakan ciri morfologi dan ciri tekstur. ANFIS merupakan jaringan adaptif yang berbasis pada sistem kesimpulan FIS (fuzzy inference system) yang dapat digunakan untuk menentukan Klasifikasi buah sementara nilai keberhasilan data yaitu mencapai 75% dari data yang diuji. Adapun nilai hasil dari data uji

Result =

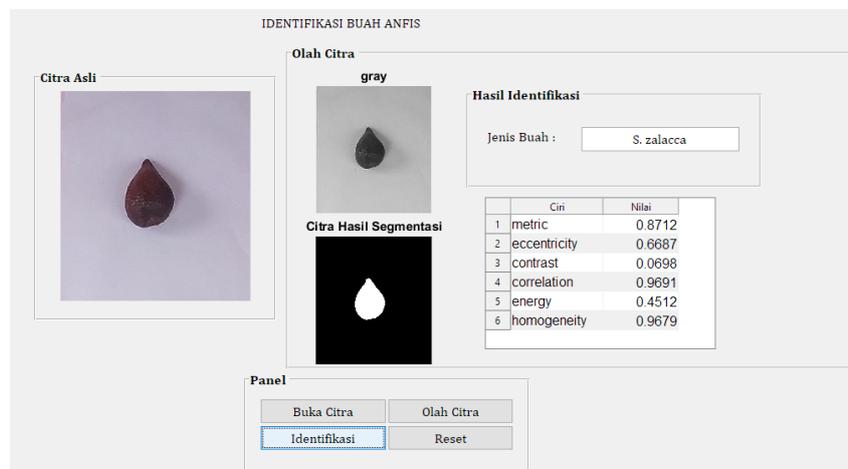
struct with fields:

```

Accuracy: 0.7500
Error: 0.2500
Sensitivity: 0.7500
Specificity: 0.9643
Precision: 0.8542
FalsePositiveRate: 0.0357
F1_score: 0.7417
MatthewsCorrelationCoefficient: 0.7451
Kappa: 0.1250

```

Gambar 9. Hasil Pengujian Data Uji dengan Confusion Matrix



Gambar 10. Hasil Rancangan GUI untuk Klasifikasi buah

dengan confusion matrix didapat nilai Accuracy 0.7500, Error 0.2500, Precision 0.8542 dan F1 score 0.7417. Selain itu penggunaan metode ANFIS berbasis GUI Matlab bisa digunakan untuk menentukan klasifikasi buah yang memiliki akurasi yang baik sesuai dengan apa yang diharapkan.

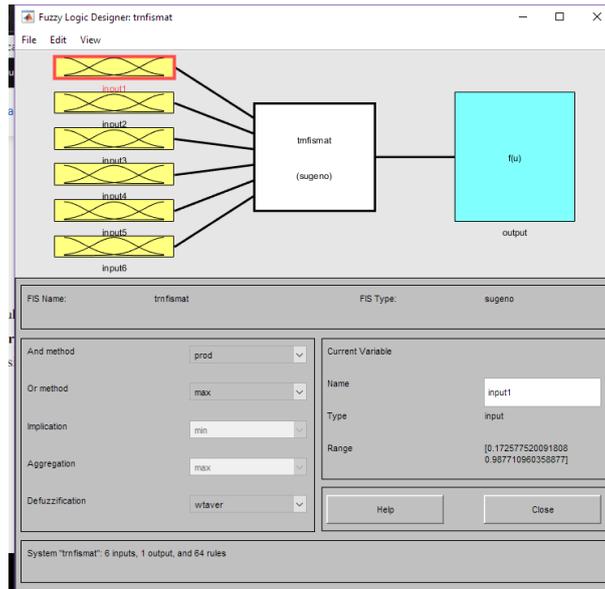
Daftar Pustaka

- [1] A. Adelhani, B. Beheshti, S. Minaei, P. Javadikia, and M. Ghasemi-Varnamkhasti. Taste characterization of orange using image processing combined with anfis. *The Journal of Measurement*, 46(9):3573–3580, 2013.
- [2] 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.
- [3] G. dan Sri Hartati. Arsitektur anfis untuk pengenalan kayu berbasis citra cross-section. Technical report, Fakultas MIPA UGM Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, -.
- [4] L. A. H. S. P. Fahmil Ikhsan Hidayat1, 2. Identifikasi kematangan buah jambu biji merah (psidium guajava) dengan teknik jaringan syaraf tiruan metode backpropagation. Technical report, Program Studi Keteknikan Pertanian Fakultas Pertanian USU Medan, 2016.
- [5] I. M. O. W. I Gusti Rai Agung Sugiarta1, Made Sudarma2. Ekstraksi fitur warna, tekstur dan bentuk untuk clustered-based retrieval of images (clue). *Teknologi Elektro*, Vol. 16, No1, Januari-April 2017.
- [6] J.-S. Jang, C.-T. Sun, and E. Mizutani. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing-A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. Pearson, 1997.
- [7] R. L. Khadijah Fahmi Hayati Holle and L. Cahyani. Diagnosis penyakit jantung menggunakan adaptive neuro-fuzzy inference system (anfis). *MATICS : Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, Vol. 8, No 2, 2016.

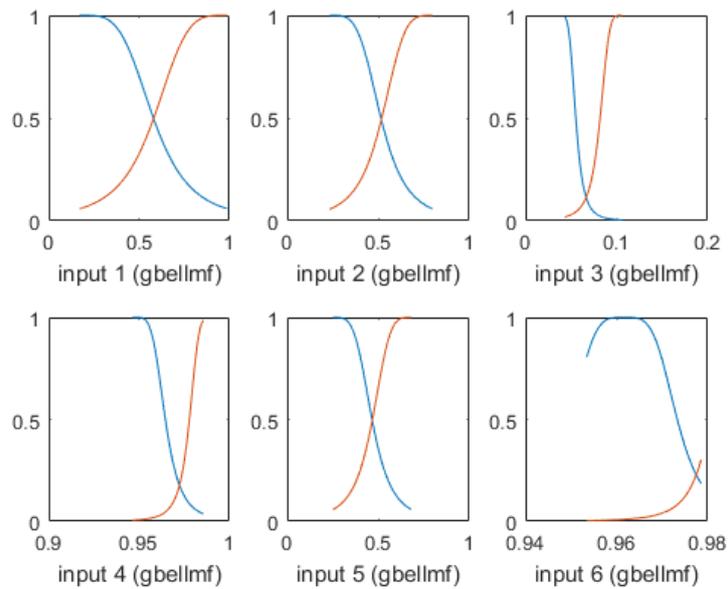
- [8] d. A. R. A. MUHAMMAD ASYHAR AGMALARO, AZIZ KUSTIYO. Identifikasi tanaman buah tropika berdasarkan tekstur permukaan daun menggunakan jaringan syaraf tiruan. *Jurnal Ilmu Komputer Agri-Informatika* , Vol. 2, No 2, 2013.
- [9] R. Nugroho Whidhiasih and S. . Identifikasi buah belimbing berdasarkan citra red-green-blue menggunakan adaptif neuro fuzzy inference system (anfis). 10 2011.

Lampiran

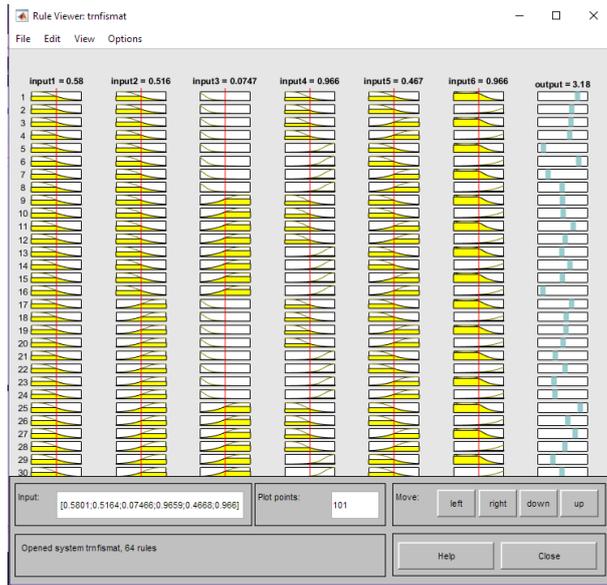
Sistem Inferensi Fuzzy TSK



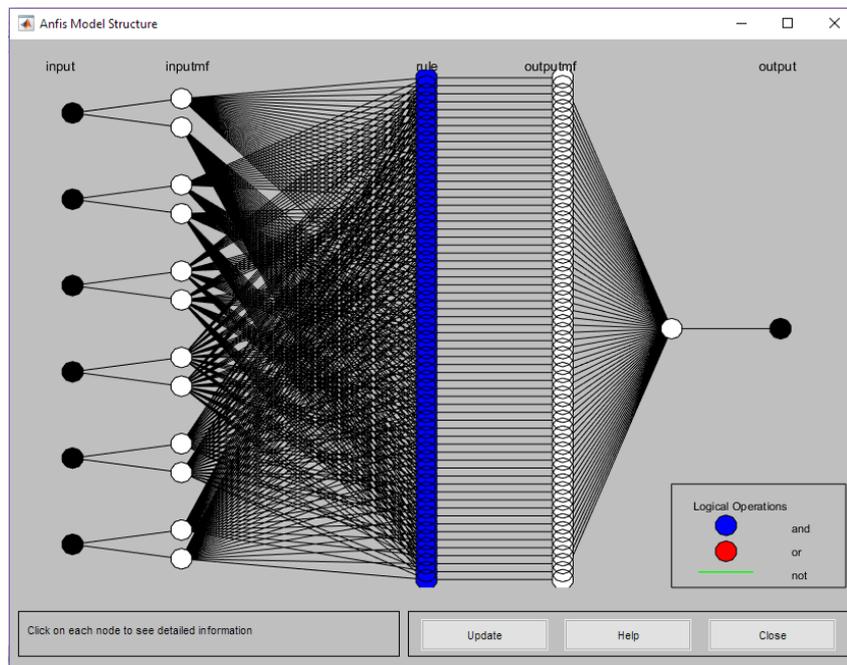
Gambar 11. Bagan fuzzy inference system



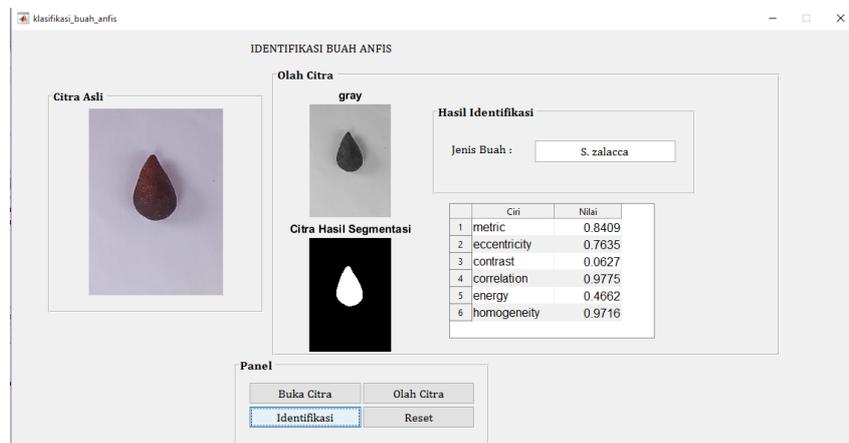
Gambar 12. Grafik fungsi keanggotaan fuzzy



Gambar 13. Fuzzy Rule Inference System



Gambar 14. Model struktur ANFIS



Gambar 15. Hasil Rancangan GUI untuk Klasifikasi buah