

**IDENTIFIKASI RETINA MATA MANUSIA
MENGUNAKAN
SISTEM INFERENSI NEURO FUZZY ADAPTIF**

TUGAS AKHIR

OLEH :

NURUL HIKMAH

06 06 04 2821



**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

**IDENTIFIKASI RETINA MATA MANUSIA
MENGUNAKAN
SISTEM INFERENSI NEURO FUZZY ADAPTIF**

TUGAS AKHIR

OLEH :

NURUL HIKMAH

06 06 04 2821



**TUGAS AKHIR INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI
SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007 / 2008**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :

**” IDENTIFIKASI RETINA MATA MANUSIA MENGGUNAKAN SISTEM
INFERENSI NEURO FUZZY ADAPTIF”**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 14 Juli 2008

Nurul Hikmah

NPM. 06 06 042 821

PENGESAHAN

Tugas Akhir dengan judul :

”IDENTIFIKASI RETINA MATA MANUSIA MENGGUNAKAN SISTEM INFERENSI NEURO FUZZY ADAPTIF “

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian tugas akhir pada tanggal 10 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat / sah sebagai tugas akhir pada Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 14 Juli 2008

Dosen Pembimbing,

Dr. Ir. Dodi Sudiana M.Eng

NIP. 131 944 413

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr.Ir. Dodi Sudiana, M.Eng

Dr. Ir. Arman Djohan Diponegoro, M.Eng

Dr. Andi A Victor, Sp.M (Departemen Mata RSCM)

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, bimbingan dan persetujuannya, sehingga tugas akhir ini dapat selesai dengan baik.

Nurul Hikmah
NPM 06 06 04 282 1
Departemen Teknik Elektro

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Dodi Sudiana M.Eng.

IDENTIFIKASI RETINA MATA MANUSIA MENGGUNAKAN SISTEM INFERENSI NEURO FUZZY

ABSTRAK

Identifikasi retina merupakan metode identifikasi biometrik dengan tingkat kesalahan rendah melalui pola-pola unik pembuluh darah di bagian belakang retina. Pola-pola ini dapat digunakan sebagai data latih logika *neuro fuzzy* untuk kemudian digunakan sebagai pembanding pada saat identifikasi dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengenali citra retina mata manusia, baik bagian kiri maupun kanan, menggunakan teknik pengolahan citra dan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Pada proses pengenalan retina ini, citra digital yang sudah diakuisisi akan dicrop dan dibagi menjadi *image block* berukuran 4×4. Kemudian blok citra dikonversi dari format *Red Green Blue (RGB)* menjadi format *Hue Saturation Value (HSV)*. Untuk mendapatkan parameter fitur warna HSV, setiap komponen warna HSV dihitung nilai rata-ratanya. Nilai rata-rata HSV dimasukkan ke dalam database dan dilatih dengan ANFIS yang terdiri atas 2 jenis *membership function*, yaitu Gaussian dan Trapesium dengan 3 input dan 1 output.

Dari hasil uji coba, hasil identifikasi memiliki tingkat akurasi hingga 65% untuk *membership function* Trapesium dan 80% untuk *membership function* Gaussian dengan 60 kali pelatihan ANFIS.

Kata Kunci : Biometrik, Retina, Fitur HSV, Logika *Neuro Fuzzy*

Nurul Hikmah NPM 06 06 04 282 1 Department Electrical Engginering	Supervisor Dr. Ir. Dodi Sudiana M.Eng.
HUMAN RETINA IDENTIFICATION USING ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM	
<p>ABSTRACT</p> <p>Retina identification is a biometric identification method which has very low error rate using a unique blood vessel pattern in the back of the retina. The identification involved an infrared scanned retina imagery which is analyzed using image processing technique to derive the color characteristics and then trained into the Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS).</p> <p>The objective of this research to identify a person's identity from his/her retina image. The identification process is started by cropping the digital retina image then transformed into an 4x4 image block. The image block is then converted from Red Green Blue (RGB) color format to the Hue Saturation Value (HSV) format. Each color component of HSV values is then averaged, saved to a database and trained using ANFIS. The Neuro fuzzy used Gaussian and Trapezoid membership function which have 3 input and 1 ouput, respectively.</p> <p>The simulation results showed the identification system has an accuracy rate up to 65% and up to 80%, for Trapezoid and Gaussian membership function, respectively. This results are achieved using 60 training data in the ANFIS.</p>	
<p>Keyword : Biometric, Retina, HSV Feature, ANFIS, Neuro Fuzzy Logic</p>	

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENULISAN	2
1.3 PEMBatasan MAKALAH	2
1.4 METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 BIOMETRIK	5
2.2 MATA DAN RETINA	13
2.3 LOGIKA FUZZY	13
2.3.1 Fuzzy Set	13
2.3.2 Fungsi Keanggotaan	15
2.3.3 <i>If-Then Rules</i>	17
2.3.4 <i>Fuzzy Inference System</i>	18
2.3.5 Proses <i>Fuzzy System</i>	20
2.3.6 <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i>	21
2.4 KONSEP DASAR CITRA DIGITAL	25
2.4.1 Pengolahan Citra Digital	25
2.4.1.1 <i>Pendekatan Pattern Recognition</i>	27

BAB III PERANCANGAN SISTEM	29
3.1 DESKRIPSI UMUM SISTEM	29
3.2 PROSES PENGENALAN CITRA	34
3.2.1 Proses crop ROI Block	35
3.2.2 Proses Image blocks	37
3.2.3 Color Feature Extraction	38
3.2.4 Proses Matching	40
3.2.5 Pembentukan Database untuk Menentukan <i>Membership Function</i>	42
3.2.6 Proses training <i>Adaptive Neural Fuzzy Inference</i> <i>System</i>	43
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	47
4.1 PENGUJIAN	47
4.2 ANALISA	41
4.2.1 Analisa Pengujian <i>Membership Function</i> Trapesium	49
4.2.2 Analisa Pengujian <i>Membership Function</i> Gaussian	51
4.2.3 Analisa Perbandingan <i>Membership Function</i> tipe Trapesium dengan Gaussian	53
4.2.4 Analisa Pengujian dengan pemilihan ROI secara tetap	54
BAB V KESIMPULAN	55
DAFTAR ACUAN	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN 1	58
LAMPIRAN 2	60

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Cahaya dari suatu titik dari objek pada jarak yang jauh dan cahaya dari suatu titik lainnya pada jarak yang dekat dibawa ke fokus pada retina	10
Gambar 2.2 Penampang mata manusia	11
Gambar 2.3 Lapisan retina manusia	12
Gambar 2.4 Perbedaan <i>Logika Fuzzy dan Logika Boolean</i>	13
Gambar 2.5 Karakteristik dari fungsi keanggotaan pada himpunan biasa	14
Gambar 2.6 Karakteristik dari fungsi keanggotaan pada fuzzy sets	14
Gambar 2.7 Fungsi keanggotaan hari hari akhir pekan	15
Gambar 2.8 Fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium	16
Gambar 2.9 Fungsi keanggotaan Gaussian	17
Gambar 2.10 Mekanisme Rule Sugeno	19
Gambar 2.11 Fuzzy Rule Based System	20
Gambar 2.12 Sistem Inferensi Fuzzy model Sugeno	22
Gambar 2.13 Arsitektur ANFIS	23
Gambar 2.14 <i>Image Element</i>	25
Gambar 2.15 Proses Pengolahan Citra Sederhana	26
Gambar 3.1 Retina dengan posisi <i>scanning</i> 0 derajat	29
Gambar 3.2 Retina dengan posisi <i>scanning</i> 25 derajat	30
Gambar 3.3 Retina dengan posisi <i>scanning</i> 30 derajat	30
Gambar 3.4 Retina dengan posisi <i>scanning</i> 45 derajat	30
Gambar 3.5 Retina dengan posisi <i>scanning</i> 60 derajat	31
Gambar 3.6 Diagram alir program utama	32
Gambar 3.7 Kamera Fundus	33
Gambar 3.8 Diagram alir proses pengenalan citra	34
Gambar 3.9 Pengambilan pertama ROI	35
Gambar 3.10 Pengambilan kedua ROI	36
Gambar 3.11 Pengambilan ketiga ROI	36
Gambar 3.12 Pengambilan keempat ROI	36

Gambar 3.13	Pengambilan ROI secara tetap	37
Gambar 3.14	Ilustrasi pembagian blok	38
Gambar 3.15	Daerah warna HSV	39
Gambar 3.16	<i>ANFIS</i> Pengujian dan Pelatihan	40
Gambar 3.17	Database <i>Membership Function</i>	42
Gambar 3.18	Pengaturan perangkat lunak analisa matematis untuk menghasilkan <i>ANFIS</i> dengan jumlah anggota input 4	43
Gambar 3.19	Hasil pelatihan <i>ANFIS membership function</i> tipe Gaussian	44
Gambar 3.20	Hasil pembentukan <i>rule base</i> dari database dengan input 3	45
Gambar 3.21	<i>Membership function</i> tipe Gaussian dengan jumlah input 3	45
Gambar 4.1	Tampilan Program	47
Gambar 4.2	Tampilan program saat dijalankan	48
Gambar 4.3	Retina Nurul-kiri; Retina Gerald-kanan; memiliki warna <i>Hue</i> yang agak serupa	50

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbandingan Teknologi Biometrik	9
Tabel 3.1 Hasil perhitungan nilai rata-rata komponen HSV	39
Tabel 4.1 Hasil Pengujian 5 Retina dengan <i>membership function</i> tipe Trapezium	50
Tabel 4.2 Perbandingan nilai rata-rata HSV dan bobot retina Nurul, Gerald dan Budi	51
Tabel 4.3 Hasil Pengujian 5 Retina dengan <i>membership function</i> tipe Gaussian	51
Tabel 4.4 Perbandingan nilai rata-rata HSV dan bobot retina Budi dan Nurul	52
Tabel 4.5 Perbandingan akurasi FIS tipe Trapezium dan Gaussian	52
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Retina dengan pengambilan ROI secara tetap	53

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Database	58
1.1 Database (dengan <i>cropping</i> manual)	58
1.2 Database (dengan <i>cropping</i> tetap)	59
Lampiran 2 Hasil Pengujian	60
2.1 Hasil Pengujian dengan <i>Membership Function</i> Trapesium (dengan <i>cropping</i> manual)	60
2.2 Hasil Pengujian dengan <i>Membership Function</i> Gaussian (dengan <i>cropping</i> manual)	62
2.3 Hasil Pengujian dengan <i>Membership Function</i> Gaussian (dengan <i>cropping</i> tetap)	64

DAFTAR SINGKATAN

ANFIS	Adaptive Neuro Fuzzy Inference System
FIS	Fuzzy Inference System
HSV	Hue Saturation Value
MF	Membership Function
RGB	Red Green Blue
ROI	Region of Interest

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Identifikasi personal merupakan bagian penting dari transaksi, dimana masyarakat sering menggunakan identifikasi personal yang membutuhkan sesuatu yang seseorang ketahui, seperti password, kartu, kunci dan sebagainya. Identifikasi retina merupakan metode otomatis yang memberikan identifikasi asli dari seseorang dengan mengambil gambaran retina. Sistem pembacaan retina telah banyak digunakan pada pengimplementasian kontrol akses keamanan tinggi seperti bidang militer, institusi keuangan, bahkan keamanan penjara. Selain itu, identifikasi retina memiliki tingkat penolakan kesalahan yang rendah, hampir nol persen, karena pola-pola aliran darah pada retina yang unik [1].

Identifikasi pembacaan retina bekerja berdasarkan pola-pola aliran darah yang berada pada bagian belakang dari retina pada satu mata. Retina dibaca dengan sinar infra merah intensitas rendah yang diproyeksikan melalui bagian belakang mata dan menuju retina. Sinar infra merah dengan pola retina kemudian direfleksikan kembali pada suatu kamera fundus. Kamera fundus lalu akan mengambil pola retina tersebut dan mengubahnya menjadi data foto digital. Sinar infra merah digunakan karena aliran-aliran darah pada retina menyerap sinar infra merah lebih cepat daripada lapisan jaringan mata lainnya.

Pola-pola dari retina ini dapat dipelajari oleh suatu metode logika, baik itu *Neural Network*, *Markov* ataupun *Fuzzy*. Metode neural network pada dasarnya akan mempelajari pola perubahan nilai dari suatu matriks masukan, oleh karena itu dikenal sebagai Sistem Pengenal Pola (*Pattern Recognition*). Neural network meniru suatu jaringan syaraf biologi mengadopsi kemampuan sebuah jaringan syaraf biologi untuk mengenali suatu objek walaupun objek tersebut mengalami perubahan bentuk selama perubahan tersebut tidak terlalu signifikan. Metode ini juga harus dilatih terlebih dahulu, pelatihan akan membuat system tersebut mengingat dan mengasosiasikan satu pola perubahan nilai dari suatu matriks masukan ke satu nilai keluaran.

Metode Markov merupakan contoh matematis dari proses stokastik, yaitu proses yang menghasilkan urutan acak dari hasil keluaran yang berdasar pada kemungkinan tertentu. Sedangkan metode logika fuzzy, mampu membahasakan variabel sistem dan memberikan rentang nilai kebenaran yang kontinu dalam interval nol sampai dengan satu, berbeda dengan sistem biner yang memberikan keputusan nilai kebenaran yang kaku (benar atau salah) nol atau satu. Logika fuzzy dapat mengenali citra dengan parameter karakteristik citra yang mirip karena kemampuannya menggambarkan parameter karakteristik citra dalam kurva fungsi keanggotaan yang fleksibel. Semakin banyak parameter karakteristik citra yang digunakan semakin besar pula kemungkinan citra dapat dikenali. Bila dibandingkan dengan metode lainnya, metode fuzzy dipilih karena lebih mudah dimengerti, fleksibel, serta toleran terhadap data yg kurang tepat [2]. Selain itu metode fuzzy juga mampu memeragakan fungsi nonlinear dari kerumitan yang berubah-ubah, dan dapat dipadukan dengan teknik control konvensional.

Logika fuzzy dapat digunakan sebagai pengatur pada alat-alat rumah tangga seperti mesin cuci (yang mengsensor beban dan konsentrasi deterjen serta mengatur perputaran pencucian) dan lemari es, Contoh lain dimana logika fuzzy digunakan yaitu pada *automobile* dan subsistem kendaraan lainnya, *air conditioner*, kamera, *digital image processing*, elevator, mesin pencuci piring, *pattern recognition* pada remote sensing, mikrokontroler, dan mikroprosesor.

1.2 TUJUAN PENULISAN

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk mengaplikasikan metode Logika *Neuro Fuzzy* pada sistem Identifikasi Citra Biometrik Retina dengan menggunakan teknik pengolahan citra dengan memanfaatkan fitur *HSV (Hue Saturation Value)*.

1.3 PEMBATAAN MASALAH

Pokok bahasan pada tugas akhir ini dibatasi pada pengidentifikasian retina pada salah satu mata manusia menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* dengan memanfaatkan teknik pengolahan citra.

1.4 METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH

Metodologi pembahasan yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Studi pustaka :

a) Pencarian referensi

Mencari referensi yang berhubungan dengan pengolahan citra digital, logika *fuzzy*, data retina dan hal-hal lain yang berkaitan dengan judul pada tugas akhir ini.

b) Pendalaman materi

Mempelajari dan memahami materi yang berhubungan dengan tugas akhir ini, seperti melakukan observasi lewat internet untuk mencari pengetahuan tambahan yang tidak terdapat pada buku-buku literatur serta melakukan konsultasi kepada Pembimbing Tugas Akhir.

2. Perancangan Perangkat Lunak.

Perancangan Perangkat Lunak dengan menggunakan konsep analisis dan desain yang terstruktur, dan dimodelkan menggunakan diagram proses.

3. Implementasi.

Implementasi secara *coding* berdasarkan analisis dan desain yang telah dibuat dan perangkat lunak itu sendiri akan dibuat dengan menggunakan suatu Perangkat Lunak Analisa Matematik.

4. Analisis fungsi hasil implementasi.

Aplikasi yang telah selesai diimplementasikan akan dievaluasi. Pengujian akan dilakukan atas sistem yang telah dibangun pada tahap implementasi kemudian menganalisa tingkat kesalahan dari proses pengenalan retina manusia yang diujikan, serta akan dilakukan koreksi dan penyempurnaan program apabila diperlukan.

5. Penyusunan laporan tugas akhir dan kesimpulan akhir.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang, tujuan penulisan, pembatasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan teori-teori pendukung yaitu pengetahuan dasar tentang biometrik, prinsip-prinsip dasar retina, prinsip-prinsip dasar logika *fuzzy* secara umum yang diaplikasikan dalam suatu Sistem Identifikasi Citra Biometrik Retina, serta teknik pengolahan citra.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab ini membahas tentang analisis dan perancangan awal Sistem Identifikasi Citra Retina.

BAB IV UJI COBA DAN ANALISA SISTEM

Bab ini membahas pengujian perangkat lunak / simulasi, hasil uji coba dan analisa kelebihan dan kekurangannya. Menerangkan penggunaan dan pengujian Sistem Identifikasi Citra Retina yang telah dibuat bersama hasil uji coba yang telah dilakukan dan analisisnya.

BAB V KESIMPULAN

Berisi kesimpulan akhir dan saran terhadap pengembangan dari penelitian tugas akhir ini selanjutnya

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 BIOMETRIK

Menghubungkan suatu identitas dengan seorang individu dapat disebut sebagai identifikasi personal. Masalah dalam menemukan identitas seseorang dapat dikategorikan menjadi dua tipe masalah dengan turunan perbedaan yang kompleks, yaitu verifikasi dan pengenalan (identifikasi). Verifikasi (otentikasi) merujuk kepada masalah dalam mengkonfirmasi atau menolak identitas seseorang. Identifikasi yang merujuk kepada masalah dari membangun identitas subyek, baik dari sejumlah identitas yang telah diketahui atau pun yang belum diketahui. Pengukuran biologis apa yang membatasi untuk suatu biometrik, yaitu psikologi manusia apapun atau karakteristik dapat menjadi sesuatu yang disediakan oleh biometrik. Biometrik memiliki beberapa ciri yaitu [3]:

- a) Universalitas, yang berarti bahwa setiap orang harus memiliki karakteristik
- b) Keunikan, yang mengindikasikan bahwa tidak ada dua orang yang memiliki kesamaan karakteristik.
- c) Permanen, yang berarti bahwa karakteristik harus konstan dengan waktu.
- d) Dapat dikumpulkan (*collectability*), yang mengindikasikan bahwa karakteristik dapat diukur secara kuantitatif.

Pada prakteknya, terdapat persyaratan penting lainnya, yaitu :

- a) Performansi, yang merujuk pada kemampuan meraih keakuratan identifikasi, persyaratan sumber untuk mendapatkan keakuratan identifikasi, kerja atau faktor lingkungan yang mempengaruhi keakuratan identifikasi.
- b) *Acceptability*, yang mengindikasikan bahwa sebagian orang ingin menerima sistem biometrik.
- c) *Circumvention*, yang merujuk bagaimana mudahnya untuk membohongi sistem dengan teknik curang.

Sejumlah biometrik telah diajukan, diteliti, dan dievaluasi untuk aplikasi identifikasi (otentikasi). Dimana masing-masing biometrik memiliki kelebihan

dan keterbatasan masing-masing. Dengan demikian, setiap biometrik dapat dipertimbangkan untuk digunakan pada aplikasi identifikasi (otentikasi) tertentu.

Biometrik terdiri dari beberapa jenis, yaitu [3] :

1. Suara

Suara merupakan karakteristik dari seorang individu. Bagaimanapun, suara tidak diharapkan menjadi cukup unik untuk memenuhi identifikasi terhadap individu dari suatu database identitas yang besar. Selain itu, sinyal suara yang digunakan untuk autentikasi juga dapat menurun kualitasnya karena mikrofon, kanal komunikasi, dan karakteristik *digitizer*.

2. Sidik Jari

Sidik jari adalah aliran grafis yang menyerupai bumbung yang ada pada jari-jari manusia. Bentuk sidik jari bergantung pada kondisi inisial dari perkembangan embrionik dan dipercaya sangatlah unik dari masing-masing orang (dan dari setiap jarinya). Biasanya, gambar sidik jari diperoleh dengan dua cara yaitu dengan *menscan* impresi jari yang diberi tinta atau dengan menggunakan *scanner* sidik jari.

3. Wajah

Wajah adalah salah satu dari biometrik lain yang paling dapat diterima karena wajah merupakan satu dari metode yang paling umum untuk identifikasi. Dimana wajah digunakan oleh manusia sebagai interaksi visualnya.

4. Iris

Tekstur visual dari iris manusia ditentukan oleh proses morfogenik yang kacau selama perkembangan embrio manusia dan diposisikan agar menjadi unik untuk masing-masing manusia dan setiap mata. Suatu gambar mata biasanya diambil menggunakan proses citra tanpa kontak menggunakan kamera CCD dengan resolusi 512 dpi.

Tingkat kesalahan identifikasi menggunakan teknologi iris lebih kecil dan kode invarian posisi panjang konstan mengijinkan adanya metode pengenalan iris yang cepat.

5. Telinga

Telah diketahui bahwa pola telinga dan struktur dari jaringan kartilagenus dari pinna adalah istimewa. Ciri-ciri dari telinga tidak diharapkan unik untuk masing-masing individu. Pendekatan pengenalan telinga berdasar pada penyesuaian vektor jarak dari bagian penting pada pinna dari suatu lokasi yang dikenal.

Tidak ada sistem komersial yang tersedia saat ini dan autentikasi identitas individu yang berdasar pada pengenalan telinga hingga kini masih menjadi topik penelitian.

6. Gaya Berjalan

Gaya berjalan adalah cara khas orang berjalan dan merupakan tingkah laku biometrik yang kompleks *spatio-temporal*. Tingkah laku tidak harus unik untuk setiap individu, tetapi cukup berkarakter untuk dapat digunakan pada autentikasi identitas. Gaya berjalan merupakan biometrik perilaku dan mungkin tidak selalu tetap terutama pada jangka waktu yang lama. Dapat berubah karena perubahan besar dari berat badan, pergeseran berat badan (selama hamil), karena adanya cedera otot atau otak (penyakit parkinson), atau karena orang tersebut mabuk.

7. *Keystroke* (Mengetik di komputer) secara Dinamis

Telah dihipotesa bahwa setiap orang mengetik pada *keyboard* komputer dengan cara yang khas. Biometrik perilaku ini tidak diharapkan unik bagi setiap individunya tetapi dapat memberikan informasi perbedaan yang cukup untuk melakukan autentikasi identitas. Ciri-ciri *keystroke* dinamis berdasar pada durasi waktu antar *keystroke*. Beberapa variasi dari autentikasi identitas menggunakan ciri yang berdasar pada *delay* pada antar *key* sebagaimana waktu diamnya (berapa lama seseorang menekan *key*).

8. DNA

DNA (Deoxyribo Nucleic Acid) merupakan kode satu dimensi asal yang unik untuk seorang individu. Kecuali untuk kondisi kembar identik yang memiliki pola DNA yang identik. DNA belakangan ini telah banyak digunakan pada aplikasi forensik untuk identifikasi.

9. Tanda Tangan dan Emisi Akustik

Cara seseorang menandai namanya diketahui sebagai karakteristik individual. Walaupun tanda tangan membutuhkan hubungan dan usaha dengan peralatan menulis, tanda tangan terlihat dapat diterima pada pemerintahan, legal, dan transaksi komersial sebagai metode autentikasi personal. Tanda tangan merupakan biometrik perilaku yang berubah seiring perubahan waktu dan dapat dipengaruhi oleh kondisi fisik dan emosional dari penandatanganan.

Teknologi lain yang berhubungan adalah autentikasi dari identitas berdasar pada karakteristik dari emisi akustik yang diemisikan selama tanda tangan *scribble* (cakar ayam). Emisi akustik ini diklaim sebagai ciri khas dari masing-masing individu.

10. Bau

Telah diketahui bahwa setiap objek mengeluarkan bau yang mencirikan komposisi kimia dan dapat digunakan untuk membedakan obyek yang berbeda-beda. Hal lainnya, teknologi deteksi bau otomatis, kini diinvestigasi untuk mencari ladang minyak. Kepulan dari udara disekeliling objek ditiupkan melalui susunan suatu sensor kimia, yang masing-masing sensitif terhadap kelompok bahan tertentu. Ciri dari vektor terdiri dari tanda yang terdiri dari pengukuran normalisasi dari masing-masing sensor. Setelah masing-masing bereaksi untuk mensensor, sensor harus diinisialisasi oleh aliran udara bersih.

11. Pembacaan Retina

Pembuluh darah pada retina strukturnya sangat kaya dan sangat khas pada setiap individu dan pada masing-masing mata. Retina dianggap sebagai biometrik yang paling aman karena retina tidak mudah untuk mengubah atau meniru pembuluh darah retina.

Pembacaan retina, banyak digunakan pada film-film dan instalasi militer, dan seringkali digunakan pada teknologi biometrik dengan teknologi tinggi dan biaya mahal. Pembuluh darah retina juga dapat memetakan kondisi medis seperti darah tinggi

12. Geometri Tangan dan Jari

Belakangan ini, geometri tangan telah menjadi cara kontrol biometrik yang paling populer yang telah mengambil hampir separuh dari pasar akses kontrol fisik. Geometri tangan tidak unik dan tidak dapat diskalakan untuk sistem yang membutuhkan identifikasi individu dari identitas populasi yang besar. Oleh karena itu, geometri tangan telah memperoleh penerimaan pada sejumlah instalasi pada aplikasi autentikasi identifikasi.

Pada tabel 2.1, ditunjukkan perbandingan teknologi biometrik yang telah disebutkan sebelumnya. Pada tabel ini suatu kualitas tinggi, *High*, dinotasikan dengan huruf H, kualitas sedang, *Medium*, dinotasikan dengan huruf M, dan kualitas rendah, *Low*, dinotasikan dengan huruf L.

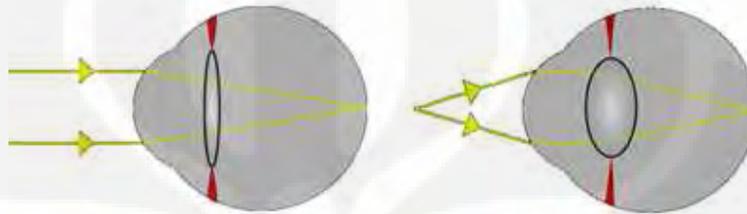
Tabel 2.1 Perbandingan Teknologi Biometrik [3]

Bio metrik	Univer salitas	Keunik an	Perma nen	Collect ability	Perfor mansi	Accept ability	Circu mventi on
Wajah	H	L	M	H	L	H	L
Sidik jari	M	H	H	M	H	M	H
Geomet ri tangan	M	M	M	H	M	M	M
<i>Key-stroke</i>	-	-	L	M	L	M	M
Iris	H	H	H	M	H	L	H
Retina	H	H	M	L	H	L	H
Tanda tangan	L	L	L	H	L	H	L
Suara	M	L	L	M	L	H	L
Bau	H	H	H	L	L	M	L
DNA	H	H	H	L	H	L	L
Cara berjalan	M	L	L	H	L	H	M
Telinga	M	M	H	M	M	H	M

2.2 MATA DAN RETINA

Mata merupakan organ yang mendeteksi cahaya. Mata secara sederhana tidak melakukan apapun kecuali mendeteksi apakah lingkungan sekitarnya gelap

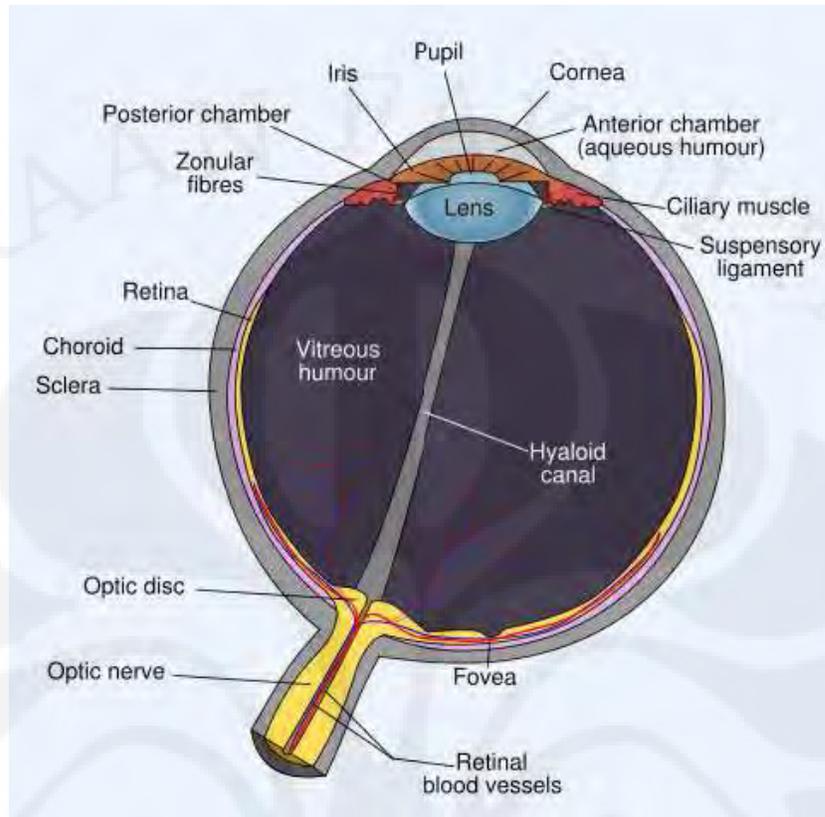
atau terang, yang cukup untuk penglihatan. Mata pada hal yang lebih kompleks dapat membedakan bentuk dan warna. Pada mata manusia, cahaya masuk melalui pupil dan difokuskan pada retina dengan bantuan lensa . Sel-sel syaraf sensitif cahaya disebut *rod* (untuk kecerahan) dan *cone* (untuk cahaya) yang beraksi terhadap cahaya. Keduanya berinteraksi satu dengan lainnya dan mengirimkan pesan ke otak yang mengindikasikan kecerahan, warna dan kontur.



Gambar 2.1 Cahaya dari suatu titik dari objek pada jarak yang jauh dan cahaya dari suatu titik lainnya pada jarak yang dekat dibawa ke fokus pada retina [4]

Fungsi optik dari mata manusia adalah untuk membawa gambar visual ke dalam retina. Karena kedalaman bidang yang terbatas dari mata manusia, suatu obyek pada satu jarak tertentu mungkin dapat memproyeksikan gambar dengan jelas, yang dapat dicapai dengan mengubah kelengkungan lensa. Untuk obyek pada jarak yang jauh , lensa harus dibuat lebih datar, sedangkan untuk obyek jarak dekat lensa harus dibuat lebih tebal dan lebih bulat seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.

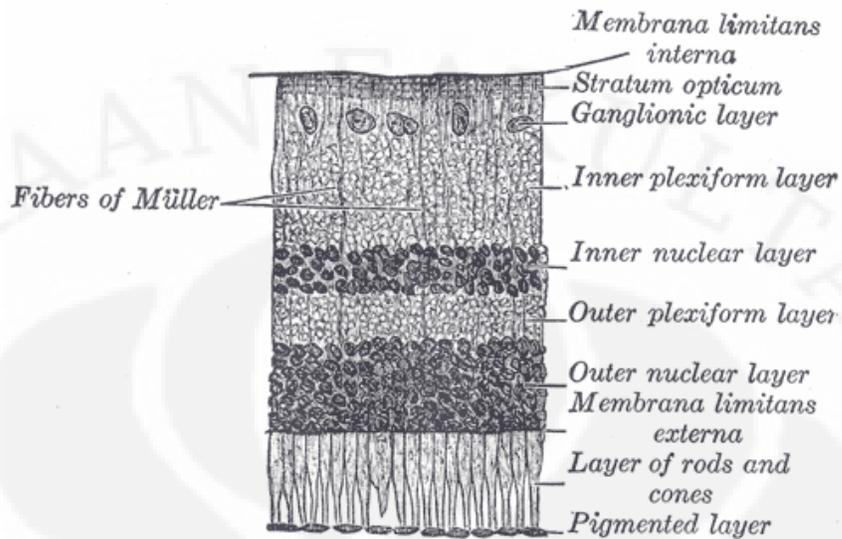
Retina adalah lapisan dalam mata yang sensitif, yang berfungsi menerima gambar yang diubah oleh lensa dan mengirimkannya melalui syaraf optik ke otak sehingga retina dapat diibaratkan sebagai sebuah film pada kamera. Gambar penampang mata manusia dimana didalamnya terdapat retina ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Penampang mata manusia [4]

Pada perkembangan embrio vertebrata, retina dan syaraf optik mula-mula merupakan perkembangan dari kemajuan otak. Oleh karena itu, retina menjadi bagian dari system syaraf utama atau disebut sebagai central nervous system (CNS). Retina merupakan bagian dari CNS yang dapat digambarkan secara langsung.

Retina vertebrata mengandung sel fotoreseptor (batang dan kerucut) yang merespon cahaya, hasil sinyal syaraf kemudian mengalami proses rumit oleh syaraf-syaraf retina. Keluaran retina membutuhkan bentuk aksi potensial pada sel ganglion retina dimana serabut syaraf membentuk jaringan syaraf.



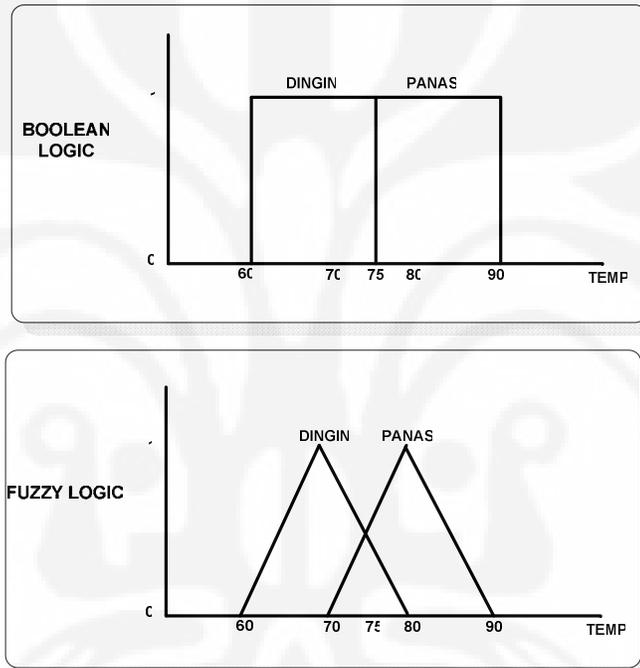
Gambar 2.3 Lapisan retina manusia [4]

Retina manusia terdiri atas sepuluh lapis seperti terlihat pada Gambar 2.3 (dari lapisan terluar-kornea sampai terdalam) yaitu :

- a) *Retinal pigment epithelium (RPE)*.
- b) Lapisan fotoreseptor (Batang / Kerucut).
- c) Membran pembatas eksternal, lapisan yang membatasi bagian dalam fotoreseptor dari inti selnya.
- d) Lapisan luar inti.
- e) Lapisan luar *plexiform* pada bagian makular, lapisan ini dikenal sebagai lapisan serabut Henle.
- f) Lapisan dalam inti.
- g) Lapisan dalam *plexiform*.
- h) Lapisan sel ganglion, lapisan yang terdiri dari inti sel ganglion dan merupakan asal dari serabut syaraf optik.
- i) Lapisan serat syaraf.
- j) Membran pembatas dalam, tempat sel-sel Muller berpijak

2.3 LOGIKA FUZZY

Sistem *Fuzzy* ditemukan pertama kali oleh Prof. Lotfi Zadeh pada pertengahan tahun 1960 di Universitas California. Sistem ini diciptakan karena logika *boolean* tidak mempunyai ketelitian yang tinggi, hanya mempunyai logika 0 dan 1 saja. Sehingga untuk membuat sistem yang mempunyai ketelitian yang tinggi maka kita tidak dapat menggunakan logika *boolean*. Perbedaan logika *fuzzy* dengan logika *boolean* dapat diilustrasikan pada Gambar 2.4.

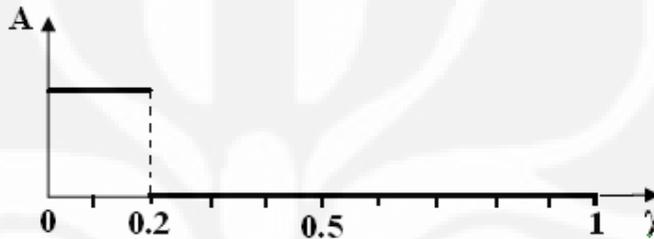


Gambar 2.4 Perbedaan Logika *Fuzzy* dan Logika *Boolean* [5]

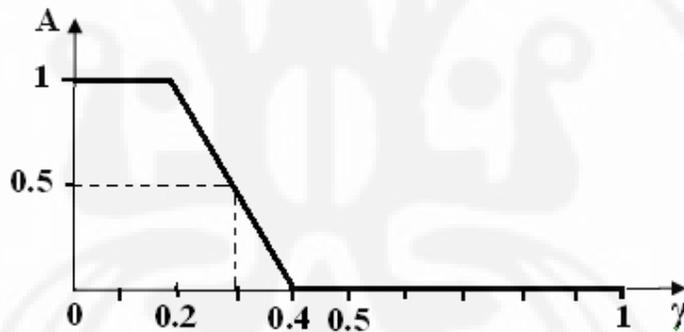
2.3.1 Fuzzy Set

Pada konsep himpunan yang biasa (klasik atau *crisp*), keanggotaan untuk setiap elemen pada semesta himpunan didefinisikan dengan jelas antara anggota himpunan atau bukan anggota himpunan. Pada himpunan *fuzzy* (fuzzy sets) transisi keanggotaan bisa bersifat gradual. Hal ini terjadi karena pada himpunan *fuzzy* batas dari himpunan-himpunan *fuzzy* samar-samar dan ambigu. Jadi keanggotaan dari elemen-elemen pada semesta himpunan diukur dengan sebuah fungsi yang mendeskripsikan kesamar-samaran dan ambiguitas .

Fuzzy sets adalah himpunan yang beranggotakan elemen-elemen yang yang memiliki derajat keanggotaan yang bervariasi. *Fuzzy set* memungkinkan kondisi keanggotaan yang tidak sepenuhnya atau parsial karena keanggotaan tidak perlu penuh untuk bisa menjadi anggota *fuzzy set* yang lain pada semesta yang sama. Perbedaan antara *fuzzy set* dengan himpunan biasa dalam hal keanggotaannya bisa dilihat pada Gambar 2.5 dan Gambar 2.6 (untuk tujuan penyederhanaan semua kurva fungsi keanggotaan digambarkan kontinyu).



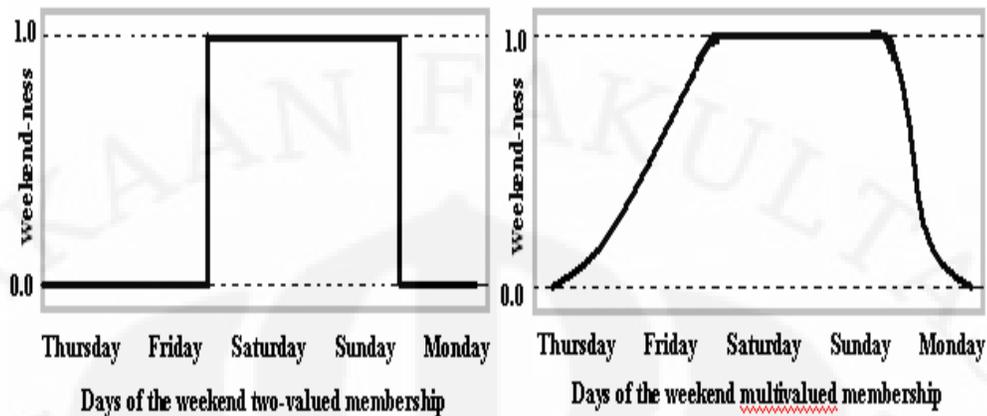
Gambar 2.5 Karakteristik dari fungsi keanggotaan pada himpunan biasa [7]



Gambar 2.6 Karakteristik dari fungsi keanggotaan pada *fuzzy sets* [7]

Dari Gambar 2.5 terlihat bahwa pada himpunan biasa (*crisp set*), elemen-elemen yang merupakan anggota dari himpunan A yaitu 0, 0,1 dan 0,2 selalu memiliki nilai keanggotaan 1. Sedangkan pada *fuzzy set* (Gambar 2.6), selain 0, 0,1 dan 0,2 yang memiliki nilai keanggotaan yang penuh (bernilai 1), himpunan A juga memiliki anggota yang nilai keanggotaannya tidak penuh yaitu 0,3.

Contoh dari *fuzzy sets* adalah hari-hari akhir pekan dan bukan akhir pekan. Gambar 2.7 adalah fungsi keanggotaan hari-hari akhir pekan untuk *crisp set* dan *fuzzy set*.



Gambar 2.7 Fungsi keanggotaan hari hari akhir pekan [8]

Pada kurva kiri hari-hari akhir pekan digambarkan dengan fungsi keanggotaan dua nilai yaitu 0 dan 1. Dari kurva terlihat pada hari Jum'at tengah malam nilai kebenaran kurva beralih secara tidak kontinu dari nol menuju satu (bukan akhir pekan menjadi akhir pekan). Hal ini kurang sesuai dengan logika manusia. Kurva kanan menggambarkan hari-hari akhir pekan menggunakan kurva yang halus. Kurva kanan memperlihatkan bahwa hari Jum'at dan hari Kamis termasuk golongan akhir pekan dengan keanggotaan yang tidak penuh. Hal ini lebih masuk akal dari penggambaran sebelumnya.

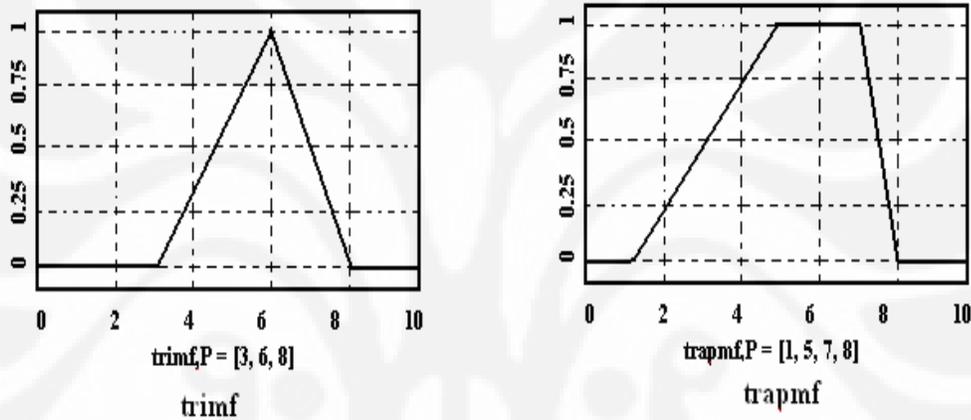
2.3.2 Fungsi Keanggotaan

Fuzzy sets selalu merupakan fungsi-fungsi yang memetakan semesta himpunan, misalnya X , menuju unit interval $[0,1]$ dimana *fuzzy set* H adalah fungsi μ_H yang memetakan X menuju $[0,1]$. Fungsi keanggotaan dalam *fuzzy sets* digambarkan dengan kurva yang mendefinisikan tiap titik pada bagian masukan yang dipetakan menjadi nilai keanggotaan atau tingkat keanggotaan antara nol dan satu.

Fungsi keanggotaan dari *fuzzy sets* memiliki tiga bagian yaitu *core*, *support*, dan *boundaries*. *Core* adalah daerah pada kurva fungsi keanggotaan yang memiliki nilai keanggotaan penuh pada *fuzzy sets*. *Support* adalah daerah pada kurva fungsi keanggotaan yang memiliki nilai keanggotaan tidak nol ($\mu(x) > 0$).

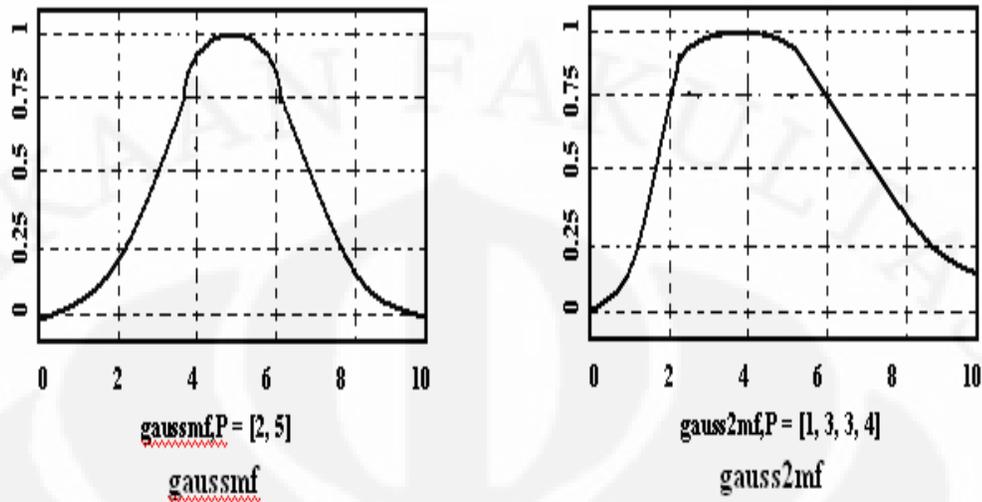
Boundaries adalah daerah pada kurva fungsi keanggotaan yang memiliki nilai keanggotaan antara nol dan satu ($0 < \mu(x) < 1$).

Ada beragam cara untuk menggambarkan fungsi keanggotaan. Cara yang paling mudah adalah dengan menggambarkan fungsi keanggotaan sebagai fungsi keanggotaan bentuk segitiga seperti pada Gambar 2.8 bagian kiri. Cara yang lain adalah dengan menggambarkannya dalam bentuk trapesium yang memiliki atap yang datar seperti pada Gambar 2. bagian kanan. Penggambaran fungsi keanggotaan dengan garis lurus ini memiliki keuntungan yaitu kesederhanaannya.



Gambar 2.8 Fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium [8]

Cara lain yang lebih sulit untuk menggambarkan fungsi keanggotaan adalah dengan menggambarkannya sebagai kurva distribusi *Gaussian* yang memiliki bentuk kurva yang halus yang terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Fungsi keanggotaan Gaussian [8]

2.3.3 *If-then Rules*

Teori *fuzzy set* menetapkan operator *fuzzy* pada *fuzzy set*. Masalah pada aplikasi ini adalah operator *fuzzy* yang tepat tidak diketahui. Karena alasan ini, logika *fuzzy* biasanya menggunakan aturan IF / THEN, atau menggunakan yang memiliki bentuk sama, seperti matriks asosiatif *fuzzy*. Aturan tersebut biasanya diekspresikan dalam bentuk :

Variabel IF adalah himpunan THEN adalah aksi

If-then rules dapat merumuskan kondisi

If x is A then y is B

Dengan A dan B merupakan bahasa nilai yang didefinisikan menggunakan *fuzzy sets* dalam rentang (semesta pembicaraan) x dan y. Bagian *if* dalam *rule* ini (x is A) merupakan *antecedant* atau *premise*, sedangkan bagian *then* (y is B) disebut *consequent* atau kesimpulan. Langkah yang dilakukan *if-then rules* terbagi menjadi beberapa bagian, pertama mengevaluasi *antecedant* termasuk di

dalamnya fuzzifikasi input dan menggunakan operator *fuzzy*, kemudian yang kedua menggunakan hasil tersebut ke dalam *consequent*.

2.3.4 Fuzzy Inference System

Fuzzy Inference System adalah proses pemetaan dari suatu masukan menjadi keluaran dengan menggunakan logika *fuzzy*. Hasil pemetaan kemudian dijadikan dasar untuk pengambilan keputusan atau untuk membedakan pola. Ada dua tipe *Fuzzy Inference System* yang bisa diimplementasikan yaitu tipe Mamdani dan tipe Sugeno. *Fuzzy Inference System* metode Sugeno pada dasarnya hampir sama dengan metode Mamdani. Dua bagian pertama dari proses *Fuzzy Inference* Sugeno yaitu Fuzzifikasi input dan penggunaan operator *fuzzy* tepat sama dengan Mamdani. Perbedaan utama antara Mamdani dengan Sugeno adalah output fungsi keanggotaan Sugeno bersifat linier atau konstan. Aturan (*rule*) yang sering dipakai pada model *Fuzzy* Sugeno berbentuk :

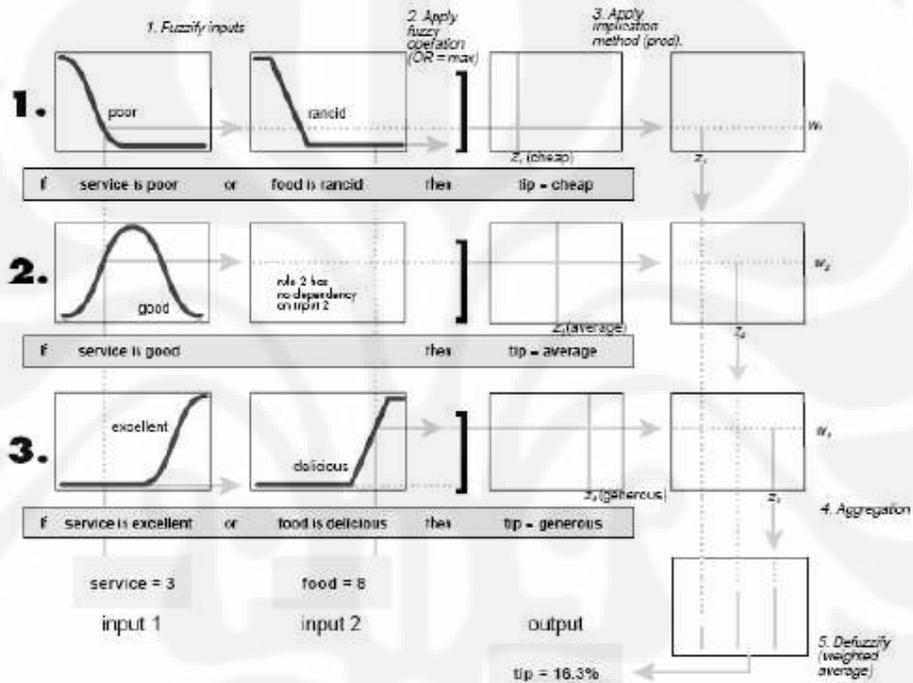
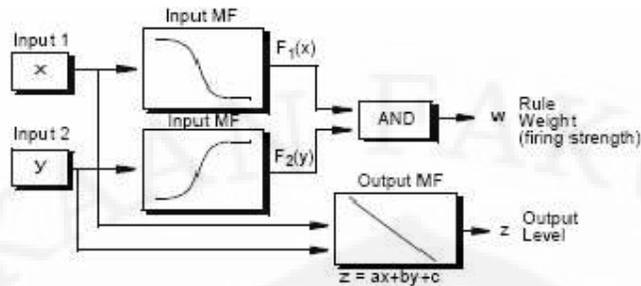
$$\text{If Input 1} = x \text{ and Input 2} = y, \text{ then Output is } z = ax + by + c$$

Untuk model Sugeno orde nol, level output z adalah konstan ($a = b = 0$). Level output z_i untuk setiap rule diboboti dengan *firing strength* w_i dari *rule*. Contohnya untuk sebuah AND *rule* dengan input 1 = x dan input 2 = y , nilai *firing strength* adalah :

$$w_i = \text{AndMethod}(F1(x), F2(y)) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana $F1$ dan $F2$ adalah fungsi keanggotaan untuk input 1 dan input 2. Output final sistem adalah rata-rata terboboti dari semua rule output yang dihitung dengan persamaan (2.1).

$$\text{Final Output} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i z_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \dots \dots \dots (2.2)$$



Gambar 2.10 Mekanisme Rule Sugeno [8]

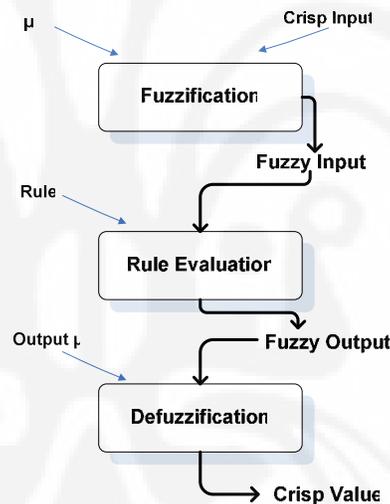
Pada gambar 2.10 ditunjukkan contoh *tipping model*, pertama-tama input yaitu *service* dan *food* dilakukan proses fuzzifikasi terlebih dahulu sehingga input digambarkan dalam fungsi keanggotaan. Kemudian menerapkan *fuzzy operator* dalam hal ini adalah operator OR. Operator OR akan memilih fungsi keanggotaan terbesar untuk setiap *rule*. Terakhir *implication method* diterapkan, sehingga didapatkan nilai *z* untuk setiap *rule*. Output final sistem adalah rata-rata terboboti dari semua *rule* output yang dihitung dengan persamaan (2.1).

2.3.5 Proses Fuzzy System

Pada *fuzzy system* terdapat tiga proses, yaitu :

1. Fuzzification.

Proses ini berfungsi untuk merubah suatu besaran analog menjadi *fuzzy input*. Secara diagram blok dapat anda lihat pada gambar 2.11. Prosesnya adalah sebagai berikut: suatu besaran analog dimasukkan sebagai input (*crisp input*), lalu input tersebut dimasukkan pada batas / domain sehingga input tersebut dapat dinyatakan dengan label (dingin, panas, cepat, dll) dari *membership function*. *Membership function* ini biasanya dinamakan *membership function input*. Dari *membership function* kita bisa mengetahui berapa *degree of membership function*-nya.



Gambar 2.11 Fuzzy Rule Based Systems [5]

2. Rule evaluation.

Proses ini berfungsi untuk mencari suatu nilai *fuzzy output* dari *fuzzy input*. Prosesnya adalah sebagai berikut : suatu nilai *fuzzy input* yang berasal dari proses *fuzzification* kemudian dimasukkan kedalam sebuah *rule* yang telah dibuat untuk dijadikan sebuah *fuzzy output*. Ini merupakan bagian utama dari *fuzzy*, karena disinilah sistem anda akan

menjadi pintar atau tidak. Jika anda tidak pintar dalam mengatur *rule* maka sistem yang akan dikontrol menjadi kacau. Format dari *rule* adalah sebagai berikut:

***If antecedent1 operator antecedent2 then consequent1 operator
consequent2***

Ada beberapa operator yang digunakan dalam fuzzy yaitu AND, OR, NOT. Jika operator yang digunakan adalah AND maka input terkecil yang diambil. Jika operator yang digunakan adalah OR maka *fuzzy* outputnya diambil dari nilai yang terbesar. Jika operator yang digunakan adalah operator NOT maka fuzzy outputnya adalah kebalikannya,

3. *Defuzification.*

Proses ini berfungsi untuk menentukan suatu nilai *crisp output*. Prosesnya adalah sebagai berikut: suatu nilai fuzzy output yang berasal dari *rule evaluation* diambil kemudian dimasukkan ke dalam suatu *membership function output*. Bentuk bangun yang digunakan dalam *membership function output* adalah bentuk *singleton* yaitu garis lurus vertikal ke atas. Besar nilai fuzzy output dinyatakan sebagai *degree of membership function output*. Nilai-nilai tersebut dimasukkan ke dalam suatu rumus yang dinamakan COG (*Center Of Gravity*) untuk mendapatkan hasil akhir yang disebut *crisp output*. *Crisp output* adalah suatu nilai analog yang akan kita butuhkan untuk mengolah data pada sistem yang telah dirancang.

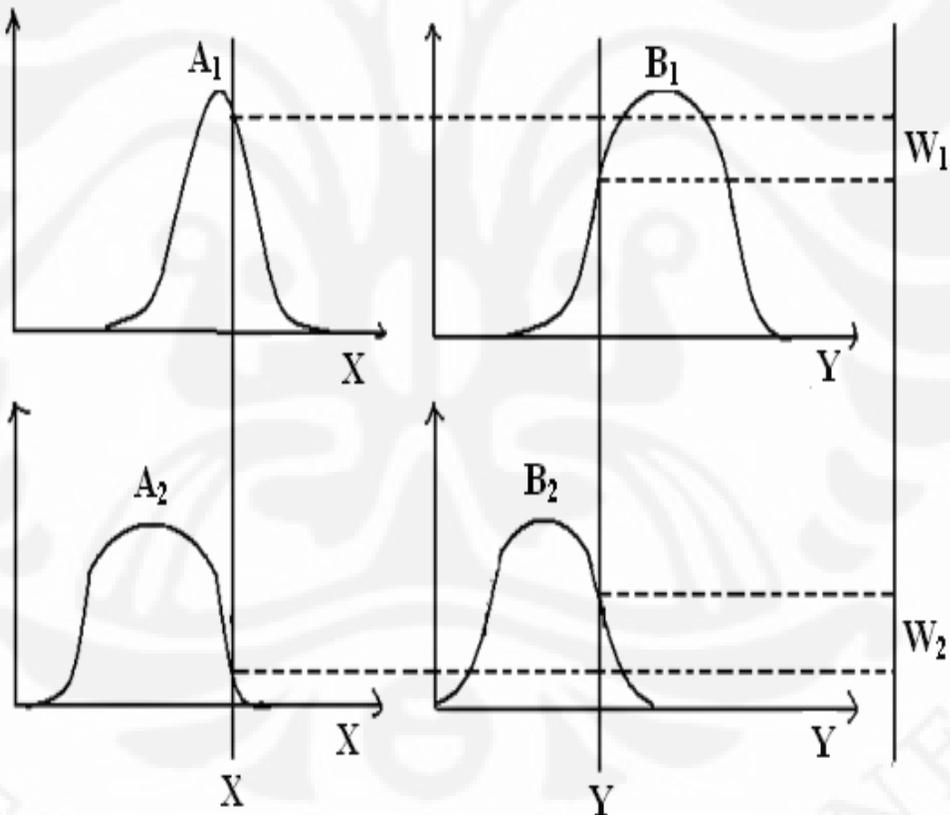
2.3.6 ***Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)***

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) adalah suatu jaringan kerja antara jaringan syaraf tiruan dengan system inferensi *fuzzy (Fuzzy Inference System)* model Sugeno. Sistem ini disebut juga suatu kelas jaringan adaptif yang secara fungsional sama dengan system inferensi *fuzzy (FIS)*, atau disebut juga dengan *Adaptive Network-based Fuzzy Inference System* [12].

Arsitektur dan prosedur pembelajaran yang ada pada jaringan adaptif adalah suatu bentuk unit jaringan yang secara keseluruhan berdasarkan paradigma jaringan syaraf tiruan dengan kemampuan pembelajaran *supervised*. Sesuai

dengan namanya jaringan adaptif adalah suatu struktur jaringan dari node-node yang berhubungan sebab akibat dalam satu jaringan membentuk suatu unit pemroses. Seluruh atau sebagian node-node tersebut dapat menyesuaikan diri (*adaptive*), yaitu node-node keluarannya bergantung pada parameter yang dimodifikasi di tiap-tiap node.

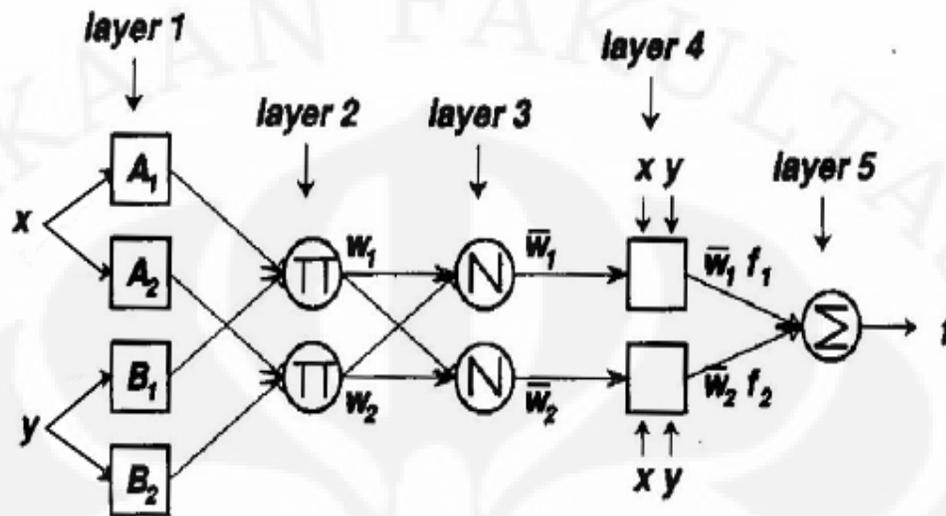
Aturan pembelajaran menunjukkan bahwa parameter- parameter tersebut dapat diperbaharui untuk meminimalkan kesalahan pengukuran, yang secara matematik berupa perbedaan antara keluaran jaringan yang aktual dan perkiraan keluaran. Adapun mekanisme system inferensi *fuzzy* model Sugeno dan arsitektur ANFIS ditunjukkan dalam gambar 2.12



Gambar 2.12 Sistem Inferensi Fuzzy model Sugeno

Dimana pada model fuzzy Sugeno pada gambar diatas fungsi keluarannya adalah :

$$f = \frac{w_1 f_1 + w_2 f_2}{w_1 + w_2} = \bar{w}_1 f_1 + \bar{w}_2 f_2 \dots \dots \dots (2.3)$$



Gambar 2.13 Arsitektur ANFIS

Secara sederhana, diasumsikan bahwa sistem inferensi *fuzzy* model Sugeno dalam Gambar 2.13, mempunyai dua masukan (input x dan y) serta satu keluaran (output) z. Untuk model *fuzzy* Sugeno orde satu tersebut mempunyai aturan-aturan sebagai berikut :

Aturan 1 : **If** x is A_1 **and** y is B_1 , **then** $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$

Aturan 2 : **If** x is A_2 **and** y is B_2 , **then** $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$

Sedangkan pada arsitektur ANFIS seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.13 node-node dari lapisan yang sama mempunyai fungsi yang sama dan keluaran dari node ke-i dalam lapisan l dinotasikan oleh $O_{l,i}$. Sedangkan dalam jaringan ANFIS tersebut mempunyai lima buah lapisan (layer), yaitu :

a) Layer 1

Setiap node i dalam lapisan ini adalah node adaptif dengan fungsi node :

$$O_{i,i} = \mu A_i(x), \text{ untuk } i = 1, 2 \text{ atau} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$O_{i,i} = \mu B_{i-2}(y), \text{ untuk } i = 3, 4 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan x (atau y) adalah input ke node i dan A_i (atau B_{i-2}) adalah label lingustik (seperti “kecil” atau “besar”) yang ada dalam node ini. Sedangkan $O_{i,i}$ adalah derajat keanggotaan dari suatu *fuzzy set* (A_i , A_2 , B_1 atau B_2) dan menentukan derajat masukan x (atau y) yang memenuhi ukuran A . Fungsi keanggotaan A berupa parameter fungsi keanggotaan yang berhubungan dengan parameter alasan (*premise parameters*).

b) Layer 2

Setiap node dalam lapisan ini adalah suatu node yg tetap yang dilabelkan dengan \square , keluarannya menghasilkan semua sinyal-sinyal masukkan :

$$O_{2,1} = w_i = \mu A_i(x) \mu B_i(y) \quad ; \quad i = 1, 2 \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan $\mu A_i(x)$ adalah derajat keanggotaan A_i dan $\mu B_i(y)$ adalah derajat keanggotaan B_i . Fungsi node dalam lapisan ini menggunakan operator AND.

c) Layer 3

Setiap node dalam lapisan ini adalah suatu node tetap dengan simbol N , dan merupakan hasil perhitungan rasio dari w predikat dari aturan ke- i terhadap jumlah dari keseluruhan w predikat :

$$O_{3,1} = \bar{w} = w_i / (w_1 + w_2) \quad ; \quad i = 1, 2 \dots \dots \dots (2.7)$$

Keluaran I dari lapisan ini disebut *normalized firing strengths*.

d) Layer 4

Setiap node i dalam lapisan ini adalah node adaptif dengan suatu fungsi node

$$O_{3,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w} (p_i x + q_i y + r_i) \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan \bar{w} adalah *normalized firing strength* dari lapisan 3 dan $\{p_i, q_i, r_i\}$ adalah kumpulan parameter dari lapisan ini. Parameter-parameter dalam lapisan ini menunjukkan parameter-parameter akibat (*consequent parameter*).

e) Layer 5

Node tunggal dalam lapisan ini adalah node tetap dengan label Σ dan merupakan penjumlahan dari semua masukan :

$$\text{Total keluaran} = O_{5,l} = \Sigma w_i f_i = (\Sigma_i w_i f_i) / (\Sigma_i w_i) \dots (2.9)$$

1.1 2.4 KONSEP DASAR CITRA DIGITAL

Istilah “citra” yang digunakan dalam pengolahan citra merupakan fungsi dua dimensi. Citra dapat dinyatakan sebagai fungsi kontinu dari intensitas cahaya dalam bidang dua dimensi , $f(x,y)$, x dan y menyatakan kordinat ruang dan nilai f pada suatu koordinat (x,y) menyatakan kecerahan dan informasi warna citra. Secara matematis persamaan untuk fungsi intensitas, $f(x,y)$ adalah :

$$0 < f(x,y) < \infty \dots \dots \dots (2.10)$$

$$\rightarrow 0 \leq x \leq M - 1$$

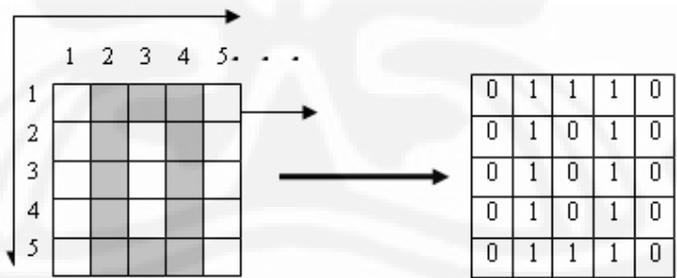
$$\rightarrow 0 \leq y \leq N - 1$$

$$\rightarrow 0 \leq f(x,y) \leq L - 1$$

Dimana :

- M = Jumlah kolom
- N = Jumlah baris
- L = Max warna intensitas

Elemen terkecil dari sebuah citra digital disebut : *Image element, picture element, pel atau pixels* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.14.

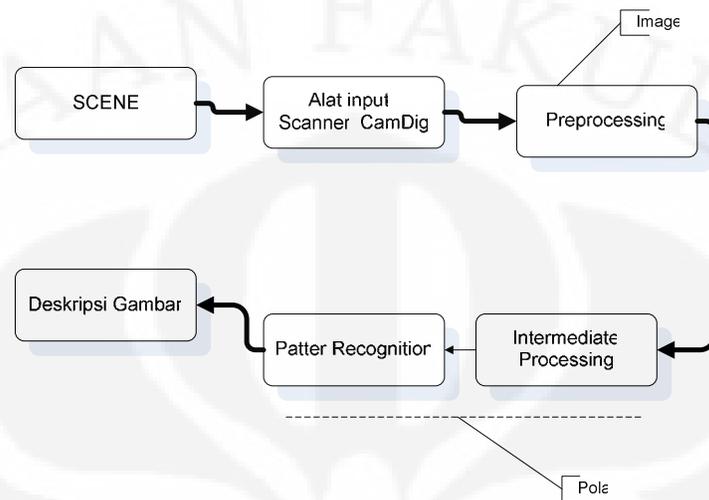


Gambar 2.14 *Image Element* [5]

1.1.1 2.4.1 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra dapat diartikan sebagai suatu proses yang dilakukan terhadap suatu gambar sehingga menghasilkan gambar lain yang lebih sesuai

dengan keinginan kita. Berikut ilustrasi dari proses pengolahan citra digital seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15



Gambar 2.15 Proses Pengolahan Citra Sederhana [5]

Pengolahan citra dan pengenalan pola menjadi bagian dari proses pengenalan citra. Kedua aplikasi ini akan saling melengkapi untuk mendapatkan ciri khas dari suatu citra yang hendak dikenali. Secara umum tahapan pengolahan citra digital meliputi :

a) Akusisi citra

Pengambilan data dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai media seperti kamera analog, kamera digital, *handycam*, *scanner*, *optical reader* dan sebagainya. Citra yang dihasilkan belum tentu data digital, sehingga perlu didigitisasi.

b) Peningkatan kualitas citra

Pada tahap ini dikenal dengan *pre-processing* dimana dalam meningkatkan kualitas citra dapat meningkatkan kemungkinan dalam keberhasilan pada tahap pengolahan citra digital berikutnya

c) Segmentasi citra

Segmentasi bertujuan untuk memilih dan mengisolasi (memisahkan) suatu objek dari keseluruhan citra. Tahap *downsampling* merupakan proses untuk menurunkan jumlah *pixel* dan menghilangkan sebagian informasi dari citra.

Dengan resolusi citra yang tetap, *downsampling* menghasilkan ukuran citra yang lebih kecil.

Tahap segmentasi selanjutnya adalah penapisan dengan *filter median*, hal ini dilakukan untuk menghilangkan derau yang biasanya muncul pada frekuensi tinggi pada spectrum citra. Pada penapisan dengan *filter median*, *gray level* citra pada setiap piksel digantikan dengan nilai median dari *gray level* pada piksel yang terdapat pada window filter.

d) Representasi dan Uraian

Representasi mengacu pada data konversi dari hasil segmentasi ke bentuk yang lebih sesuai untuk proses pengolahan pada komputer. Keputusan pertama yang harus sudah dihasilkan pada tahap ini adalah data yang akan diproses dalam batasan-batasan atau daerah yang lengkap.

Batas representasi digunakan ketika penekanannya pada karakteristik bentuk luar, dan area representasi digunakan ketika penekanannya pada karakteristik dalam, sebagai contoh tekstur. Setelah data telah direpresentasikan ke bentuk tipe yang lebih sesuai, tahap selanjutnya adalah menguraikan data.

e) Pengenalan dan Interpretasi

Pengenalan (*recognition*) pola tidak hanya bertujuan untuk mendapatkan citra dengan suatu kualitas tertentu, tetapi juga untuk mengklasifikasikan bermacam-macam citra. Dari sejumlah citra diolah sehingga citra dengan ciri yang sama akan dikelompokkan pada suatu kelompok tertentu. Interpretasi meliputi penekanan dalam mengartikan objek yang dikenali.

2.4.1.1 Pendekatan Pattern Recognition

Ada tiga pendekatan yang digunakan dalam pengenalan pola :

1. Pendekatan statistik (*Statistical Pattern Recognition Approach*).

Merupakan teknik pengenalan pola menggunakan statistik untuk algoritma klasifikasinya.

2. Pendekatan sintaktik (*Syntactic Pattern Recognition Approach*).

Merupakan teknik pengenalan pola yang mengacu pada struktural.

3. Pendekatan neural (*Neural Pattern Recognition Approach*).

Merupakan teknik pengenalan pola yang menggunakan algoritma jaringan syaraf tiruan dalam proses pengklasifikasiannya



BAB III

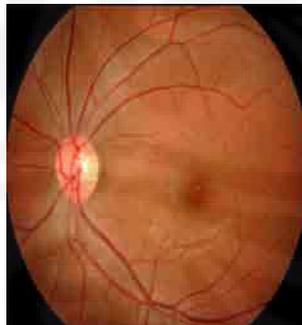
PERANCANGAN SISTEM

3.1 DESKRIPSI UMUM SISTEM

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan algoritma yang digunakan untuk identifikasi retina dengan metode logika *neuro fuzzy*. Data masukan merupakan sampel retina sehat salah satu mata manusia. Dimana untuk program pada tugas akhir ini terdiri dari 25 sampel retina yang akan digunakan sebagai sampel retina mata masukan maupun sampel retina mata untuk keperluan database.

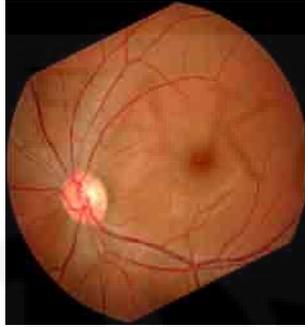
Sampel retina yang ada seluruhnya didapat dari Poliklinik Mata Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo. Sampel retina tersebut tersusun dari 5 retina sehat salah satu mata orang yang dijadikan sebagai sampel. Dimana dari kelima sampel retina tersebut, masing-masing memiliki posisi *scanning* yang berbeda-beda sebagai berikut :

- a) Menghadap ke tengah atau 0 derajat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1



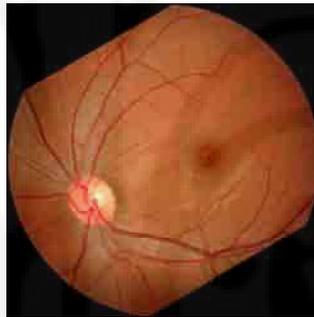
Gambar 3.1. Retina dengan posisi scanning 0 derajat

- b) Menghadap berlawanan arah jarum jam (*counter clock wise*) 25 derajat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2



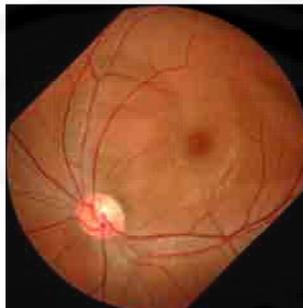
Gambar 3.2. Retina dengan posisi scanning 25 derajat

- c) Menghadap berlawanan arah jarum jam (*counter clock wise*) 30 derajat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3



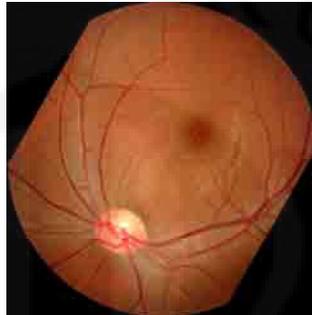
Gambar 3.3. Retina dengan posisi scanning 30 derajat

- d) Menghadap berlawanan arah jarum jam (*counter clock wise*) 45 derajat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4



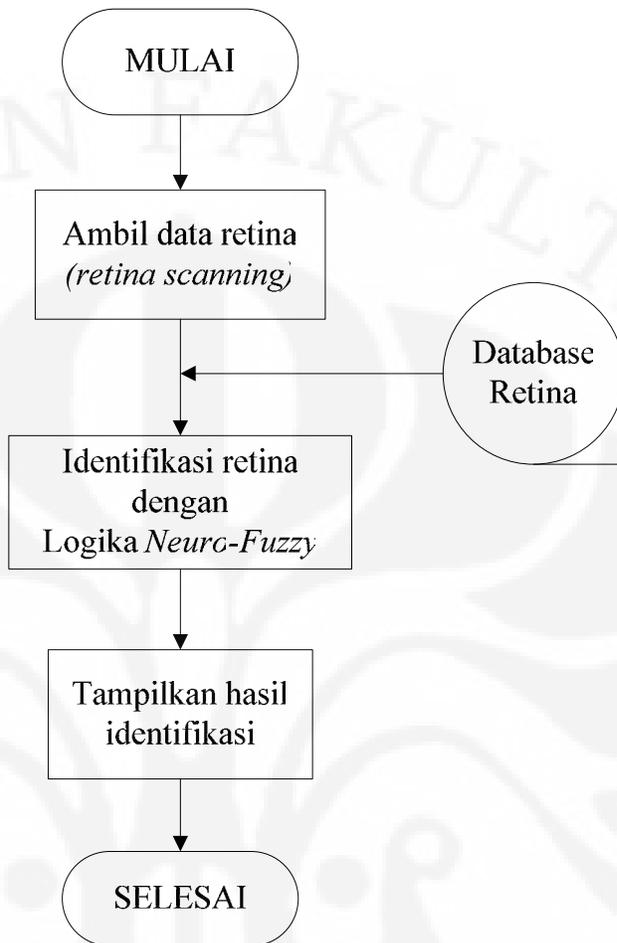
Gambar 3.4. Retina dengan posisi scanning 45 derajat

- e) Menghadap berlawanan arah jarum jam (*counter clock wise*) 60 derajat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.5



Gambar 3.5. Retina dengan posisi scanning 60 derajat

Sampel retina dengan posisi scanning 0 derajat, 25 derajat dan 60 derajat akan digunakan sebagai data latih untuk dimasukkan ke dalam database. Sedangkan sampel retina dengan posisi scanning 30 derajat dan 45 derajat akan dimanfaatkan sebagai data masukan saat program dijalankan. Dalam program ini sampel retina masukan diambil secara acak, melalui proses pengolahan *ekstraksi fitur warna (color feature extraction)*, serta algoritma logika *fuzzy*. Program akan membandingkan fitur warna citra masukan dengan fitur-fitur warna dalam database utama. Dengan demikian dapat diketahui siapa pemilik retina masukan sesuai dengan diagram alir utama program pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 Diagram alir program utama

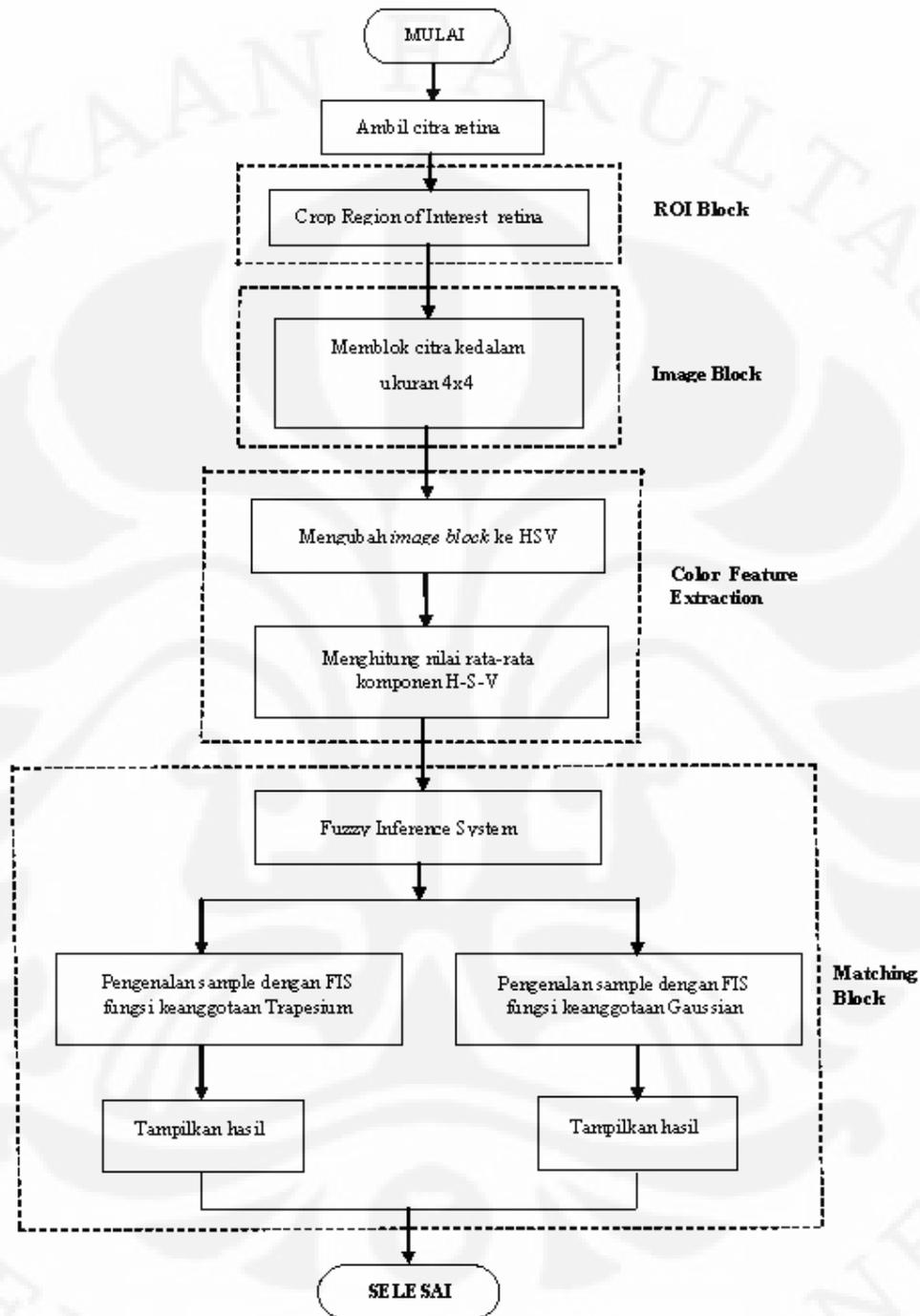
Program pada tugas akhir ini dirancang menggunakan suatu perangkat lunak analisa matematis dengan memanfaatkan fungsi-fungsi terapan pengolahan citra. Program menerima masukan berupa citra retina dalam format jpg. Pengambilan citra retina ini dilakukan dengan menggunakan kamera fundus yang terdapat di Poliklinik Mata Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo seperti ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Kamera Fundus [11]

Dengan kamera fundus, retina *discan* menggunakan sinar inframerah dengan intensitas rendah yang di proyeksikan melalui bagian belakang mata dan sampai ke retina. Sinar inframerah digunakan karena pembuluh-pembuluh darah pada retina menyerap sinar inframerah ringan lebih cepat daripada jaringan-jaringan mata sekitarnya. Sinar inframerah yang mengandung pola-pola retina direfleksikan kembali ke kamera fundus. Kamera fundus mengambil pola-pola retina dan mengubahnya menjadi data citra retina dalam bentuk file .jpg [1].

3.2 PROSES PENGENALAN CITRA



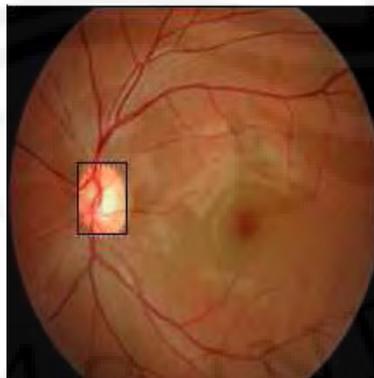
Gambar 3.8 Diagram Alir Proses Pengenalan Citra

Seperti terlihat pada Gambar 3.8, program ini diawali dengan pembacaan data retina masukan yang telah tersedia, yang kemudian di olah pada tahapan *ROI Block* untuk mendapatkan *region of interest* dari retina. Selanjutnya pada tahapan *Image Block*, citra retina hasil dari ROI, kemudian dibagi menjadi blok – blok citra berukuran 4 x 4. Kemudian dilakukan konversi warna citra retina dari RGB (*Red Green Blue*) ke HSV (*Hue Saturation Value*). Tahapan berikutnya adalah *Color Feature Extraction*, citra yang telah melewati proses pembentukan *Image Block* diproses melalui *ekstraksi fitur warna*, untuk mendapatkan ciri citra dalam suatu nilai *Hue*, *Saturation* dan *Value*. Nilai HSV ini selanjutnya digunakan sebagai parameter karakteristik bagi *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Dimana pada program ini, tipe *membership function* yang digunakan adalah fungsi keanggotaan Trapesium dan fungsi keanggotaan Gaussian.

3.2.1 Proses *crop* ROI block

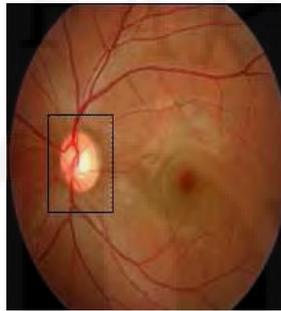
Program ini diawali dengan melakukan pemisahan ROI retina dari suatu citra retina. Pemisahan ini dilakukan untuk memisahkan bagian retina mata yang penting atau yang diinginkan untuk diuji yang hasilnya akan dimasukkan kedalam database utama retina dan dilatih dengan logika *fuzzy* . Dimana bagian dari retina tersebut terdiri dari syaraf-syaraf pusat retina.

Dari seluruh sampel retina yang ada, masing –masing sampel diperlakukan sama dengan pengambilan ROI sebanyak 4 kali. Pengambilan ROI pertama, diambil bagian paling tengah retina berupa pusat syaraf optik seperti ditunjukkan pada Gambar 3.9.



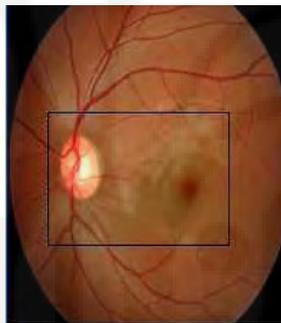
Gambar 3.9 Pengambilan pertama ROI

Pengambilan kedua, dilakukan agak sedikit melebar keluar dari pengambilan pertama seperti ditunjukkan pada Gambar 3.10.



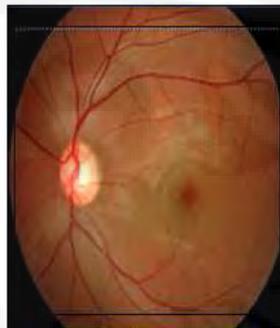
Gambar 3.10 Pengambilan kedua ROI

Pada pengambilan ketiga diambil ROI melebar kesamping seperti ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Pengambilan ketiga ROI

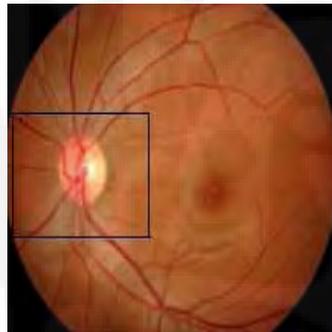
Dan pada pengambilan keempat, dilakukan pengambilan hampir seluruh bagian dari citra retina yang dianggap cukup mewakili bagian retina keseluruhan dari suatu sampel seperti ditunjukkan pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Pengambilan keempat ROI

ROI secara manual didapat dengan melakukan proses pemotongan dimana proses ini menghasilkan citra dalam bentuk kotak. Dimana user dapat menentukan kotak *crop* dengan memilihnya menggunakan mouse. Dimana *cropping* terhadap citra retina dapat dilakukan dengan posisi pengambilan yang berbeda-beda. Fungsi ini dipilih untuk mempermudah pengambilan citra retina yang ada tanpa harus memetakan lokasi *cropping* pada suatu koordinat citra retina. Ketika *cropping* dilakukan, fungsi *imcrop* membentuk kotak sepanjang area yang dipilih. Dan ketika mouse dilepas, akan tampil citra keluaran dari area yang dipilih dan hasil *cropping* kemudian akan ditampilkan pada program.

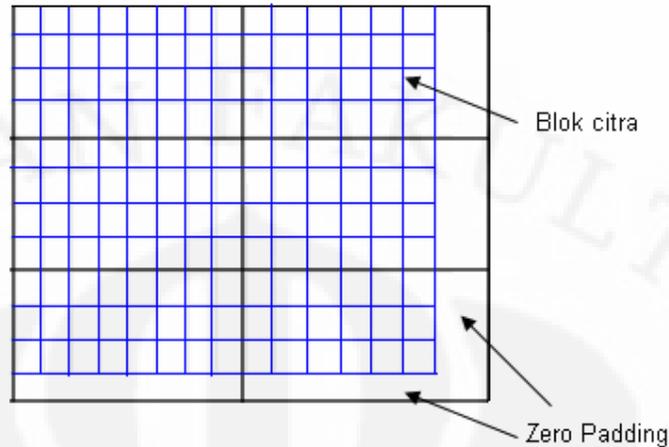
Sedangkan pemilihan ROI dengan *cropping* tetap diambil bagian retina dengan kondisi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.13 Untuk setiap citra retina ditentukan dahulu koordinat bagi masing-masing retina agar didapatkan hasil atau ROI yang diinginkan .



Gambar 3.13 Pengambilan ROI secara tetap

3.2.2 Proses *Image Block*

Tahapan berikutnya adalah membentuk citra retina hasil *cropping* untuk dijadikan blok – blok citra menggunakan operasi blok pembeda (*distinct blocks*). *Distinct blocks* merupakan partisi berbentuk kotak yang membagi sebuah matriks berukuran $m \times n$. *Distinct blocks* membagi matriks citra mulai dari kiri atas tanpa ada *overlapping* / penumpukan. Jika blok tidak dapat terbagi secara pas, maka akan ditambahkan *zero padding* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Ilustrasi Pembagian Blok

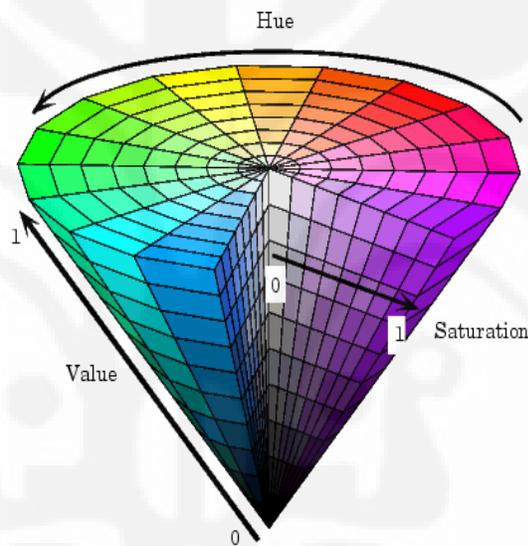
Pada program ini, matriks citra terbagi oleh blok berukuran 4×4 . Kemudian setelah citra terbagi dalam blok-blok 4×4 dibuatlah suatu fungsi f , yang memiliki persamaan untuk menghitung nilai rata-rata dari blok. Lalu mengalikan hasilnya dengan matriks satu sehingga blok keluaran berukuran sama dengan blok masukan. Hasil citra keluaran akan berukuran sama dengan citra masukan. Lalu dihitung pula nilai rata-rata dari elemen matriks citra tersebut. Selanjutnya, setiap blok-blok yang terbagi-bagi dalam ukuran 4×4 , kemudian akan dijalin kembali menjadi satu bagian.

3.2.3 Color Feature Extraction

Pada tahapan ekstraksi fitur warna dari citra retina ini, citra hasil *image block* akan diolah kembali untuk menghasilkan parameter-parameter *hue*, *saturation* dan *value*. Dimana langkah pertama citra hasil *image block* di konversi warnanya dari RGB ke HSV. Pengkonversian ini dilakukan karena daerah warna HSV sering digunakan untuk pengambilan warna dari sebuah *pallette* warna agar lebih mudah bereksperimen warna dengan HSV daripada menggunakan daerah warna RGB. Model warna HSV ini dipilih juga karena kemudahannya mentransformasi model warna RGB ke HSV atau sebaliknya. Selain itu jarak warna HSV adalah murni dan konsepnya yang hampir seragam maka

proses kuantisasi pada HSV dapat dihasilkan dari pengumpulan warna yang padat dan lengkap [12].

Nilai *hue* antara 0 sampai 1 berarti warna antara merah melewati kuning, hijau, cyan, biru dan magenta dan kembali menjadi merah. Nilai *saturation* antara 0 sampai 1 berarti dari tidak tersaturasi (keabuan) sampai tersaturasi penuh (tidak putih). Nilai *value* atau *brightness* antara 0 sampai 1 berarti warna semakin cerah seperti ditunjukkan pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Daerah warna HSV

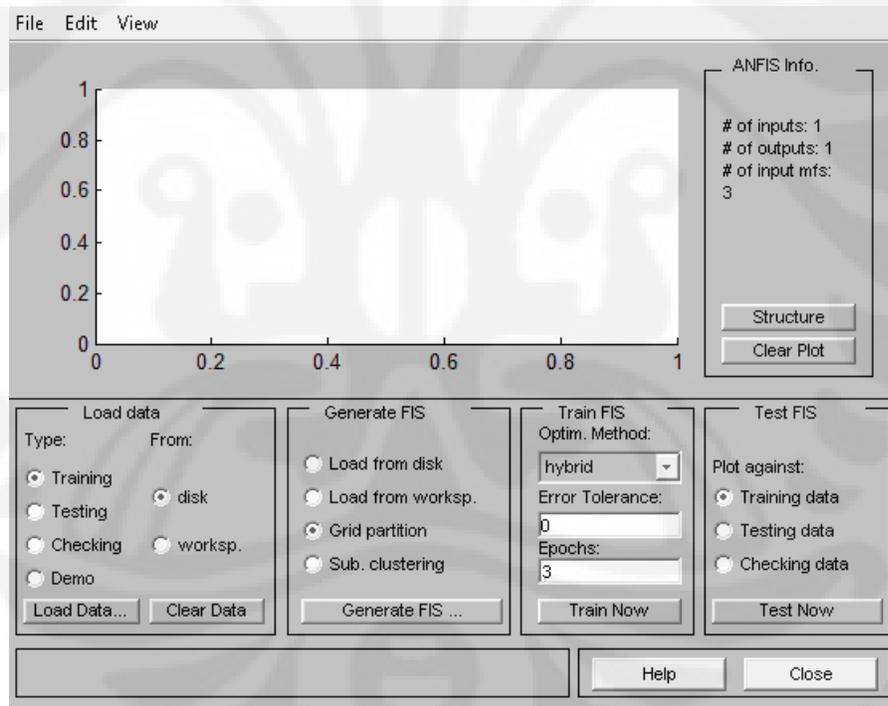
Setiap ciri pada ekstraksi fitur warna akan menghasilkan tiga komponen yaitu nilai *hue*, *saturation*, dan *value* dari citra retina yang telah diubah ke HSV, yang diwakilkan oleh notasi X_1 , Y_1 dan Z_1 . Setelah mendapatkan ketiga komponen HSV dari citra retina, masing-masing nilai dari komponen HSV tersebut dihitung nilai rata-rata dari X_1 , Y_1 dan Z_1 . Dimana nilai rata-rata X_1 , Y_1 dan Z_1 dinotasikan dengan $meanA_1$ untuk nilai rata-rata X_1 , $meanB_1$ untuk nilai rata-rata Y_1 , dan $meanC_1$ untuk nilai rata-rata Z_1 . Nilai rata-rata ini kemudian digunakan untuk masukan program, baik dalam data latih untuk database maupun masukan baru pada program.

Tabel 2.1 Hasil perhitungan nilai rata-rata komponen HSV

Nama Retina	Posisi <i>scanning</i>	meanA1	meanB1	meanC1
Nurul	Center 1	0.0563	0.5923	227.5479
	Center 2	0.0565	0.6141	214.6482
	Center 3	0.0558	0.6082	219.2197

3.2.4 Proses Matching

Tahap ini adalah tahap yang paling menentukan untuk program yang akan dibuat karena proses ini akan mengenali citra retina masukkan. Tingkat keakuratan hasil pengenalan program ini akan ditentukan oleh baik atau tidaknya proses pembentukan sistem inferensi *neuro fuzzy* adaptif yang ada pada tahapan ini. Perancangan sistem inferensi *neuro fuzzy* adaptif pada tugas akhir ini menggunakan ANFIS Pengujian dan Pelatihan yang ada pada Perangkat Lunak Analisa Matematis seperti ditunjukkan pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 ANFIS Pengujian dan Pelatihan

Pada program ini digunakan *fuzzy inference system* tipe Sugeno, dimana output sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier. *Fuzzy inference system* merupakan proses pemetaan dari suatu

input ke output dengan menggunakan logika *fuzzy* yang dapat menyediakan dasar pengambilan keputusan atau pola yang diperoleh. Dimana *fuzzy inference system* melibatkan beberapa proses yaitu *Membership function*, *Fuzzy Logic Operator* dan *If then Rules*. Adapun perancangan sistem *fuzzy* terdiri dari beberapa tahapan yaitu :

a) Identifikasi karakteristik model secara fungsional dan operasional.

Pada tahap ini memperhatikan karakteristik apa saja yang dimiliki oleh sistem yang ada serta merumuskan karakteristik operasi-operasi yang akan digunakan dalam model *fuzzy*. Pada sistem identifikasi retina ini terdapat 5 input *mf* dan 1 *mf* output, input diperoleh dari nilai rata-rata *hue*, nilai rata-rata *saturation* dan nilai rata-rata *value* sedangkan output yang didapat dari sistem *fuzzy* adalah retina mata hasil identifikasi.

b) Membentuk *membership function*.

Fuzzifikasi merupakan proses membuat suatu nilai *crisp* menjadi bersifat *fuzzy*. Hal ini dengan menganggap kuantitas yg selama ini *crisp* dan deterministik sebenarnya bersifat ambigu, impresisi dan mengandung ketidak pastian. Representasi data yang bersifat ambigu sebagai himpunan *fuzzy* dilakukan dengan menetapkan fungsi keanggotaan dapat dilakukan dengan beberapa cara. Pada penulisan ini digunakan untuk membangun nilai keanggotaan dari variabel *fuzzy* adalah *inductive reasoning*.

c) Membuat aturan *fuzzy*.

Aturan *fuzzy* menunjukkan bagaimana suatu sistem beroperasi. Sebagai contoh pembentukan aturan pada sistem inferensi *fuzzy*, akan dijelaskan cara pembentukan *rule* untuk retina mata Nurul. Mempunyai tiga buah masukan yaitu nilai rata-rata *Hue* (meanA1), nilai rata-rata *Saturation* (meanB1) dan nilai rata-rata *Value* (meanC1). Bila fungsi keanggotaan Nurul berada pada himpunan yang sama maka *rule* yang digunakan untuk membentuk daerah *fuzzy* yang berhubungan dengan variabel solusi Nurul dapat diilustrasikan seperti *If Then Rules* seperti berikut ini :

If (meanA1 is A) and (meanB1 is B) and (meanC1 is C) Then (identify is D)

Variabel A, B, C dan D pada program dinyatakan oleh suatu nilai riil. Dimana variabel A, B dan C merupakan nilai perhitungan rata-rata HSV atau yang dinyatakan sebagai nilai meanA1, meanB1, dan meanC1. Sedangkan variabel D menyatakan nilai output.

d) Menentukan metode defuzzyfikasi

Input dari defuzzyfikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yg diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yg dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah metode centroid.

3.2.5 Pembentukan Database untuk menentukan *Membership Function*

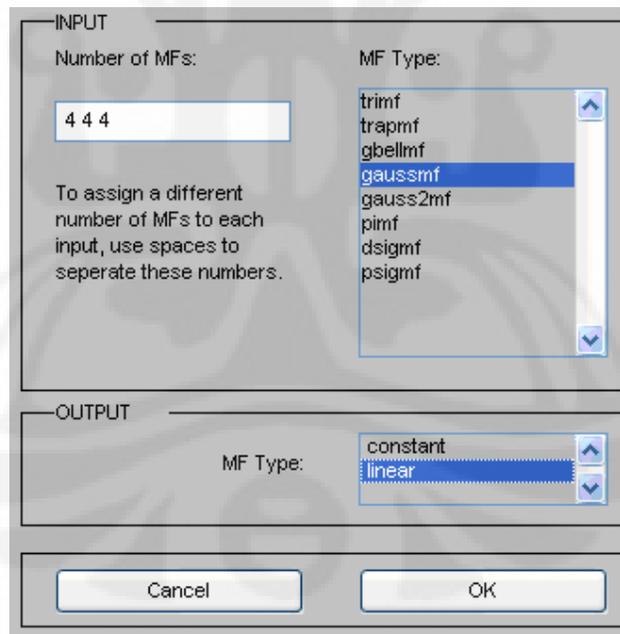
Pembentukan membership function dalam jaringan adaptif fuzzy interferen sistem adalah dengan membentuk file .dat dengan memasukkan nilai dari rata-rata *hue*, rata-rata *saturation*, dan rata-rata *value*, serta nilai dari bobot atau *weight* dari citra retina yang disimpan dalam database seperti ditunjukkan pada Gambar 3.17.

Rata-rata Hue	Rata-rata Saturation	Rata-rata Value	Bobot/Weight
0.0563	0.8523	227.5479	1
0.0565	0.6141	214.6482	1
0.0558	0.6082	219.2197	1
0.0593	0.6332	199.2645	1
0.0598	0.6332	199.2645	1
0.0525	0.5994	226.5426	1
0.0559	0.617	216.1481	1
0.0559	0.617	216.1481	1
0.0524	0.5977	228.0885	1
0.0554	0.6191	212.0045	1
0.0604	0.725	179.0631	1
0.0552	0.8157	178.5899	2
0.0625	0.8152	158.4257	2
0.0741	0.7937	138.5898	2
0.0741	0.7937	138.5898	2
0.0693	0.8593	125.3919	2
0.0536	0.793	180.7743	2
0.0605	0.7909	157.8023	2
0.0664	0.8323	126.8881	2
0.0516	0.7971	182.0972	2
0.0598	0.7982	155.164	2
0.0637	0.7603	114.2486	2
0.0614	0.5699	223.612	3
0.0643	0.5919	201.0133	3
0.0694	0.6351	160.8577	3
0.0701	0.6977	145.9211	3
0.0677	0.6494	127.0279	3
0.0619	0.5743	222.8586	3
0.065	0.6032	193.5633	3
0.07	0.7034	142.9468	3
0.0621	0.5733	229.0731	3
0.0652	0.6085	189.0343	3
0.0681	0.6406	122.6892	3
0.0705	0.5157	233.3363	4
0.0692	0.5572	210.423	4
0.0675	0.5706	185.0924	4
0.0689	0.6717	159.2986	4
0.0656	0.6542	147.5898	4
0.0707	0.509	237.297	4
0.0688	0.5562	209.4662	4
0.0616	0.6119	129.0484	4
0.07	0.5297	229.2945	4
0.0688	0.5661	203.8916	4
0.0667	0.6348	146.0901	4

Gambar 3.17 Database *Membership Function*

3.2.6 Proses Training *Adaptive Neural Fuzzy Inference System*

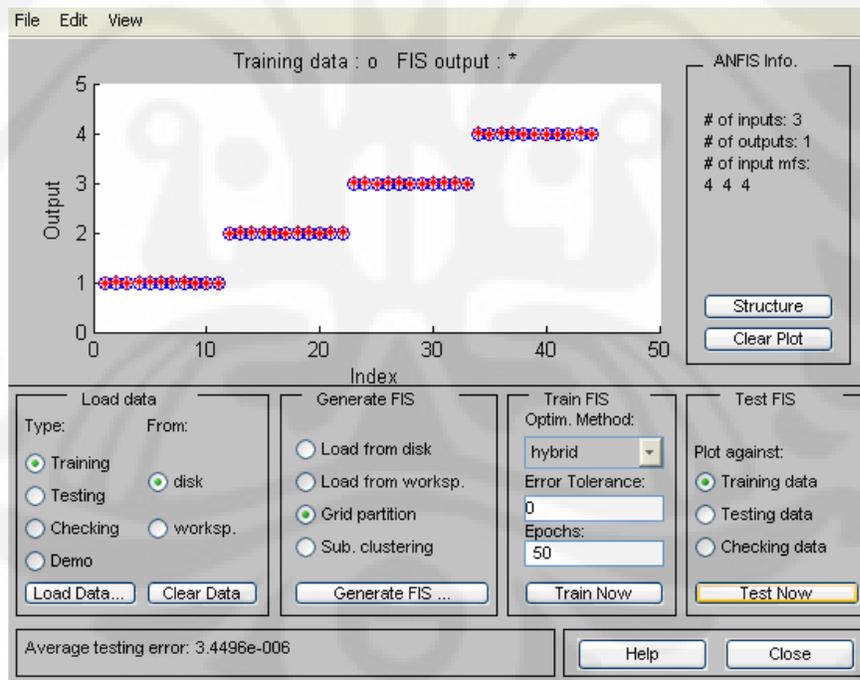
Pada program ini dipilih dua jenis tipe *membership function* yaitu Trapesium dan Gaussian. Dimana pada masing-masing dari dua *membership function* yang digunakan data masukkan ditraining sebanyak 60 kali. Pada pengaturan output yang ditraining, masing –masing *membership function* diset tipe *membership function*nya adalah *linear* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.18. Tipe *membership function* output ini dipilih untuk menghasilkan data training yang lebih baik daripada tipe *membership function* output *constant* agar menghasilkan *error* yang lebih kecil sehingga mampu mengidentifikasi masukan citra retina dengan lebih baik.



Gambar 3.18 Pengaturan perangkat lunak analisa matematis untuk menghasilkan *ANFIS* dengan jumlah anggota input 4

Proses training ini menggunakan metode *hybrid* yaitu proses pembelajaran yang terdiri atas dua bagian yaitu arah maju dan arah mundur. Pada arah maju, parameter premis dibuat tetap. Dengan menggunakan metode *Recursive Least Square Estimator* (RLSE), parameter konsekuen diperbaiki berdasarkan pasangan data masukan-keluaran. Metode RLSE dapat diterapkan karena parameter konsekuen yang diperbaiki adalah parameter linier. Metode RLSE akan mempercepat proses belajar hibrid. Kemudian setelah parameter konsekuen didapatkan, data masukan dilewatkan jaringan adaptif kembali dan hasil keluaran jaringan adaptif ini dibandingkan dengan keluaran yang sebenarnya.

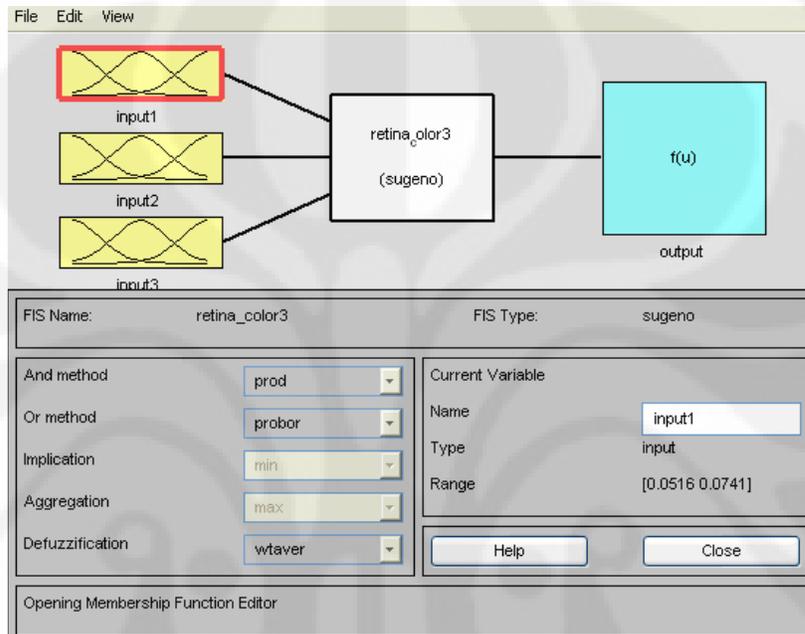
Pada arah mundur, parameter konsekuen dibuat tetap. Kesalahan yang terjadi antara keluaran jaringan adaptif dan keluaran sebenarnya dipropagasikan balik dengan menggunakan *gradient descent* untuk memperbaiki parameter premis. Pembelajaran ini dikenal sebagai Algoritma Backpropagation-error.



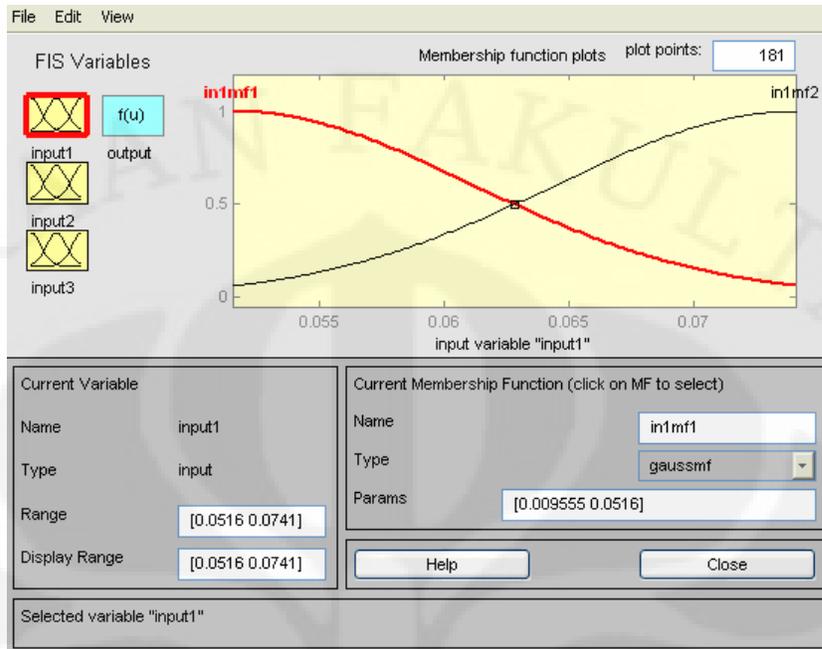
Gambar 3.19 Hasil pelatihan ANFIS *membership function* tipe Gaussian

Nilai Epochs akan mempengaruhi hasil output dari data citra retina yang di training. Pada nilai Epochs tertentu, program mampu mengenali citra retina

dengan lebih baik. Tanda o dengan warna biru adalah training data dan tanda * berwarna merah adalah hasil dari proses training yang telah dilakukan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.19. Hasil dari proses training ini ditandai dengan nilai *average testing error*, yang semakin kecil nilainya maka akan semakin baik proses pengenalannya terhadap data masukan.



Gambar 3.20 Hasil pembentukan *rule base* dari database dengan input 3



Gambar 3.21 *Membership function* tipe Gaussian dengan jumlah input 3

Data yang telah ditraining kemudian akan disimpan, yang nantinya pada program akan dibaca sebagai database. Dari database tersebut dapat dibaca pula *rule* yang dihasilkan oleh ANFIS seperti ditunjukkan pada Gambar 3.20. Sedangkan hasil pemetaan fungsi keanggotaan dari masing-masing input yang ada pada database digambarkan sesuai dengan fungsi keanggotaan yang dipilih seperti ditunjukkan pada Gambar 3.21.

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 PENGUJIAN

Pengujian dilakukan untuk menguji tingkat akurasi sistem identifikasi pengenalan retina mata manusia. Untuk melakukan simulasi pertama-tama dijalankan file dari program yang akan menampilkan gambar seperti yang terlihat pada Gambar 4.1, sedangkan tampilan saat program dijalankan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2.

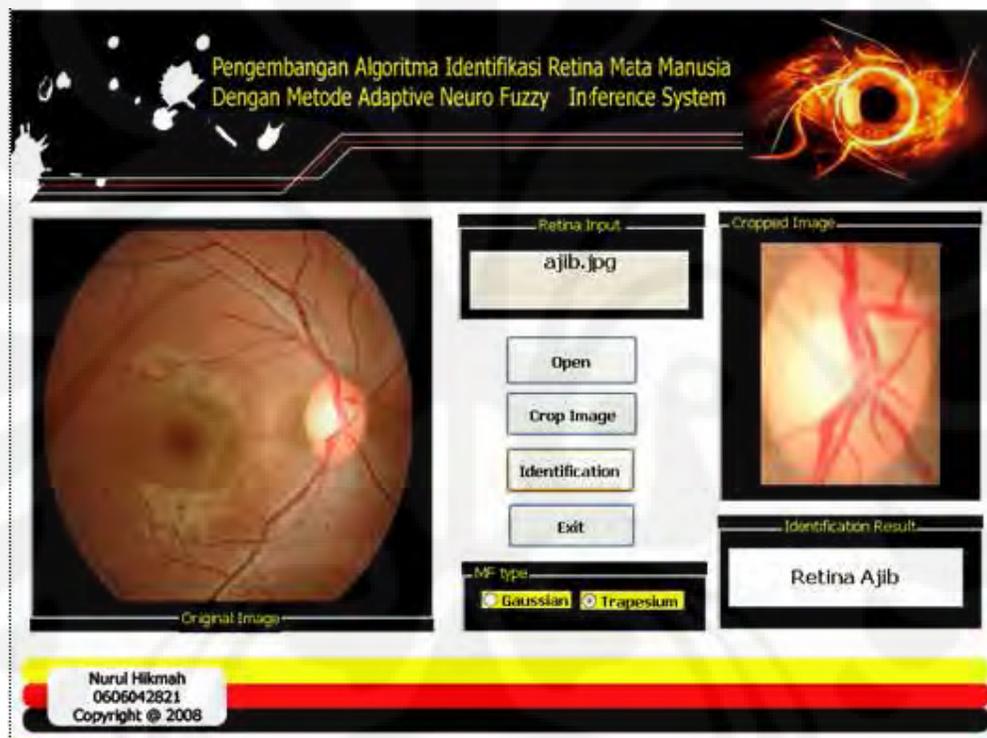


Gambar 4.1. Tampilan program

Pada tampilan program terdapat beberapa fungsi untuk menjalankan program yang ada, yaitu :

1. Tombol *Open*, untuk mengambil citra retina dan menampilkannya pada program

2. Tombol *Crop Image*, untuk melakukan proses *cropping* pada citra retina sesuai dengan bagian yang diinginkan.
3. Tombol *Identification*, untuk melakukan proses identifikasi dengan memanfaatkan fitur HSV dengan metode logika *neuro fuzzy*.
4. Tombol *Exit*, untuk keluar dari program.
5. Button pilihan tipe *membership funtion*, untuk memilih tipe *membership funtion* yang akan digunakan yang terdiri dari dua yaitu Gaussian dan Trapesium.



Gambar 4.2. Tampilan program saat dijalankan

Sesuai dengan hasil pengujian yang telah dilakukan, seluruh data retina terdiri dari retina Nurul, Kris, Ajib, Budi dan Gerald. Dimana pada masing-masing orang memiliki 5 buah sample retina yaitu retina yang menghadap ke tengah atau 0 derajat, retina menghadap ke bawah 25 derajat, retina menghadap ke bawah 30 derajat, retina menghadap ke bawah 45 derajat dan retina menghadap ke bawah 60 derajat. Data yang dimasukkan ke dalam database adalah sampel data

retina menghadap ke tengah, menghadap kebawah 25 derajat dan menghadap ke bawah 60 derajat. Sedangkan sampel retina lainnya digunakan sebagai data masukan.

Untuk data retina yang dimasukkan ke dalam database, masing-masing dari 3 posisi scanning retina masukkan tersebut di ambil bagian tengah syaraf retina, bagian sedikit keluar dari tengah syaraf, bagian tengah menyamping ke kanan, serta cropping hampir sebagian besar retina, sesuai dengan langkah yang dijelaskan pada bab sebelumnya. Kemudian data crop tersebut akan menghasilkan nilai rata-rata masing-masing komponen HSV, yang dimasukkan ke dalam database untuk digunakan sebagai data latih pada ANFIS.

Untuk input, number of MF yang digunakan adalah 5 5 5, sesuai dengan *member function* yang ada. Lalu untuk tipe MF yang digunakan dapat dipilih baik *trapmf* ataupun *gaussmf*. Sedangkan untuk output, tipe MF yang digunakan adalah *linear*. *Train FIS optim method* dipilih *hybrid*, *error tolerance* adalah 0 dan Epochs yang digunakan adalah 100.

4.2 ANALISA

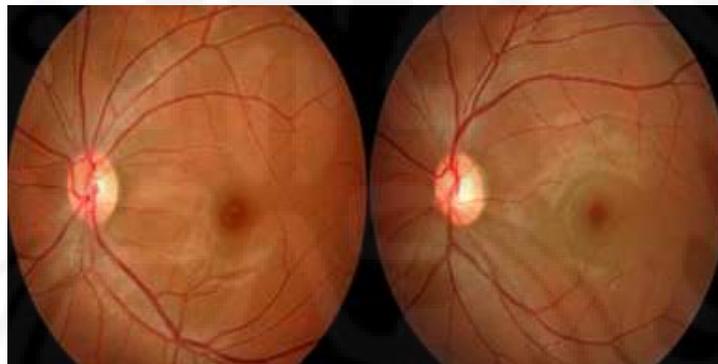
4.2.1 Analisa Pengujian *Membership Function* Trapesium

Pada pengujian program dengan melakukan pemilihan tipe *Membership Function* Trapesium, dilakukan pengujian terhadap data masukkan citra retina menghadap ke tengah yang telah ditraining pada database serta dua citra retina lainnya yaitu citra retina dengan posisi scanning menghadap ke berlawanan jarum jam 30 derajat dan 40 derajat yang belum pernah ditraining di database. Dimana pada pengujian ini dihasilkan nilai akurasi sebesar 65%, dengan data seperti pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian 5 Retina dengan *membership function* tipe Trapezium

RETINA	HASIL BENAR	HASIL SALAH
Ajib	16	4
Kris	12	8
Gerald	13	7
Nurul	10	10
Budi	16	4
TOTAL	67	33

Pada tabel di 4.1, terlihat hasil pengujian dengan tipe *membership function* Trapezium pola retina mata Budi dan Ajib, menunjukkan hasil identifikasi terbaik dibanding pendidentifikasi pola mata retina lainnya. Sedangkan pola retina mata Nurul menghasilkan pengidentifikasi yang terburuk. Dimana pada pengujian, program hanya mampu mengidentifikasi 10 dari 20 sampel pengujian yang ada, atau hanya 50% nya saja. Yang seringkali program salah mengidentifikasi pola retina mata Nurul sebagai pola retina mata Budi ataupun Gerald.



Gambar 4.3 Retina Nurul-kiri; Retina Gerald-kanan; memiliki warna *Hue* yang agak serupa

Hal ini dapat terjadi karena pada retina mata Nurul memiliki komponen warna *Hue* yang agak serupa, seperti terlihat pada Gambar 4.3. Begitupun nilai rata-rata *Hue* dan nilai rata-rata *Saturation*, yang tidak beda jauh antara satu dengan yang lainnya seperti ditunjukkan. Serta nilai bobot retina mata Nurul bernilai 4, yang nilai bobot ini berdekatan dengan nilai bobot mata Gerald yaitu 3 dan nilai bobot mata Budi yaitu 5, dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Perbandingan nilai rata-rata HSV dan bobot retina Nurul, Gerald dan Budi

Nama Retina	Posisi scanning	meanA1	meanB1	meanC1	Bobot
Gerald	center 1	0.0605	0.5945	223.0545	3
	center 2	0.0616	0.6366	195.3065	3
	center 3	0.0624	0.6954	152.0107	3
Nurul	center 1	0.0563	0.5923	227.5479	4
	center 2	0.0565	0.6141	214.6482	4
	center 3	0.0558	0.6082	219.2197	4
Budi	center 1	0.0509	0.4517	183.8229	5
	center 2	0.0541	0.493	163.784	5
	center 3	0.0514	0.6086	144.4119	5

4.2.2 Analisa Pengujian *Membership Function* Gaussian

Pada pengujian program dengan melakukan pemilihan tipe *membership function* Gaussian, dilakukan pengujian terhadap data masukkan citra retina menghadap ke tengah yang telah ditraining pada database serta dua citra retina lainnya yaitu citra retina dengan posisi scanning menghadap ke berlawanan jarum jam 30 derajat dan 40 derajat yang belum pernah ditraining di database. Dimana pada pengujian ini dihasilkan nilai akurasi sebesar 80%, dengan data seperti pada Tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3 Hasil Pengujian 5 Retina dengan *membership function* tipe Gaussian

RETINA	HASIL BENAR	HASIL SALAH
Ajib	17	3
Kris	15	5
Gerald	18	2
Nurul	16	4
Budi	14	6
TOTAL	80	20

Pada Tabel 4.3, terlihat hasil pengujian dengan *membership function* tipe Gaussian pola retina mata Budi menghasilkan pengidentifikasian yang terburuk. Dimana pada pengujian, program hanya mampu mengidentifikasi 14 dari 20 sampel pengujian yang ada. Yang seringkali program salah mengidentifikasi pola retina mata Nurul atau bahkan parameter nilai tidak terdefinisi.

Tabel 4.4 Perbandingan nilai rata-rata HSV dan bobot retina Budi dan Nurul

Nama Retina	Posisi scanning	meanA1	meanB1	meanC1	Bobot
Nurul	center 1	0.0563	0.5923	227.5479	4
	center 2	0.0565	0.6141	214.6482	4
	center 3	0.0558	0.6082	219.2197	4
Budi	center 1	0.0509	0.4517	183.8229	5
	center 2	0.0541	0.493	163.784	5
	center 3	0.0514	0.6086	144.4119	5

Hal ini dapat terjadi karena pada retina mata Budi memiliki komponen nilai rata-rata *Hue* dan nilai rata-rata *Saturation*, yang hampir serupa satu dengan nilai rata-rata yang dimiliki pola retina Nurul. Serta nilai bobot retina mata Budi bernilai 5, yang nilai bobot ini berdekatan dengan nilai bobot mata Nurul yaitu 4 seperti ditunjukkan pada tabel 4.4.

4.2.3 Analisa Perbandingan *Membership Function* tipe Trapesium dengan Gaussian

Sesuai dengan pengujian yang telah dilakukan, program dengan menggunakan *membership function* tipe Trapesium menghasilkan Average testing error sebesar 0.010279 pada training sedangkan untuk program yang menggunakan *membership function* tipe Gaussian menghasilkan Average testing error sebesar 2.25×10^{-05} . Nilai average testing error yang lebih kecil pada *membership function* tipe Gaussian menghasilkan hasil identifikasi yang lebih baik daripada *membership function* tipe Trapesium.

Tabel 4.5 Perbandingan akurasi *membership function* tipe Trapesium dan Gaussian

Nama Retina	MEMBERSHIP FUNCTION Trapesium	MEMBERSHIP FUNCTION Gaussian
Ajib	80 %	85 %
Kris	60 %	75 %
Gerald	65 %	90 %
Nurul	50%	80 %
Budi	85 %	70 %

Membership function tipe Gaussian lebih mampu mengidentifikasi pola mata retina yang ada dengan kemampuan yang merata. Terlihat dari hasil identifikasi 5 pola retina yang ada, pada *membership function* Gaussian masing-masing pola retina dapat dikenali dengan jumlah yang tinggi dan hampir seragam seperti ditunjukkan pada tabel 4.5. Hal ini dapat terjadi karena *membership function* Trapesium memiliki kurva keanggotaan garis lurus berbentuk trapesium yang lebih sederhana sedangkan *membership function* Gaussian tersusun atas kurva keanggotaan yang lebih halus sehingga setiap nilai rata-rata HSV serta bobot citra terpetakan dengan lebih sempurna. Selain itu diperlukan sampel lebih banyak lagi untuk diuji pada program, untuk meningkatkan keterbatasan logika *fuzzy* dalam melakukan identifikasi retina mata manusia pada program ini.

4.2.4 Analisa Pengujian dengan pemilihan ROI secara tetap

Untuk menguji tingkat keakurasian program dilakukan juga pengujian terhadap data yang ada dengan posisi pengambilan ROI secara tetap dengan *crop* citra retina dengan koordinat tertentu. Data yang digunakan sama seperti data retina dengan pengambilan / *cropping* ROI secara manual. Data retina yang dimasukkan kedalam database terdiri dari retina dengan posisi *scanning* 0 derajat, 25 derajat dan 60 derajat. Sedangkan retina untuk pengujian terdiri dari retina dengan posisi *scanning* 30 derajat dan 45. Dimana ROI yang diambil adalah bagian tengah syaraf retina mata yang dianggap cukup memberikan ciri yang dapat digunakan sebagai parameter untuk digunakan dalam pengenalan retina. Adapun hasil pengujian terhadap citra retina yang *dicrop* dengan posisi yang tetap adalah sesuai pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Retina dengan pengambilan ROI secara tetap

Nama Retina	Benar	Salah
Ajib	100%	0%
Kris	100%	0%
Gerald	80%	20%
Nurul	80%	20%
Budi	60%	40%

Dengan posisi pengambilan ROI secara tetap dihasilkan akurasi yang lebih baik daripada dengan posisi pengambilan ROI secara manual.



BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba dan analisa dari sistem yang telah dibuat dapat disimpulkan bahwa :

1. Pola, warna dan tingkat kecerahan retina mata manusia memiliki ciri yang berbeda-beda satu dengan yang lainnya sehingga dapat digunakan untuk media identifikasi personal.
2. Metode logika *neuro fuzzy* dapat digunakan untuk melakukan analisa pengidentifikasian pola aliran darah pada retina mata manusia.
3. Tingkat pengujian retina mata manusia menggunakan *membership function* tipe Gaussian lebih baik dari Trapesium, karena memiliki akurasi mencapai 80 % sedangkan *membership function* tipe Trapesium mencapai 65 %.
4. Identifikasi retina memanfaatkan fitur HSV sangat dipengaruhi oleh posisi pengambilan ROI, karena dengan posisi pengambilan yang berbeda akan menghasilkan informasi nilai HSV yang berbeda pula.
5. Hasil identifikasi retina dengan pemilihan ROI secara tetap memiliki akurasi yang lebih baik daripada pemilihan ROI secara manual.

DAFTAR ACUAN

- [1] Iris and Retinal Identification Diakses 25 Februari 2008 dari et.wcu.com
http://et.wcu.edu/aids/BioWebPages/Biometrics_Eye.html
- [2] Matlab help, image processing toolbox, mathworks inc.
- [3] Anil K Jain, *et al.*, *Biometrics Personal Identification in Networked Society*
(New York: Kluwer Academic Publishers, 2002)
- [4] "Eye" Diakses 19 Maret 2008 dari wikipedia.org
<http://en.wikipedia.org/wiki/Eye>
- [5] Tri Budi Nurwanto. "Pengenalan Huruf Tulisan Tangan Menggunakan Logika Fuzzy Dengan Pendekatan Neural Networks Back Propagation". Tugas Akhir Program Sarjana Fakultas Teknik, STT TELKOM, Bandung, 2007
- [6] Marvin Ch Wijaya & Agus Priyono, Agus. *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Matlab* (Bandung: Informatika, 2007)
- [7] M Hellman, "Fuzzy Logic Introduction", Diakses 20 Februari 2008 dari epsilon.nought.de
<http://epsilon.nought.de/tutorials/fuzzy/fuzzy.pdf>
- [8] Hendra Heriawan. "Pengenalan Mata Uang Kertas Rupiah Menggunakan Logika Fuzzy". Skripsi Sarjana Fakultas Teknik, UI, Depok, 2007
- [9] Anthony Fajri. "Desain dan Implementasi Sistem Komputas Terdistribusi Untuk Kompresi Citra Medis Sinar X Menggunakan JPEG 2000". Tugas Akhir Fakultas Teknik, ITB, Bandung, 2004
- [10] Diakses 25 Mei 2008 dari uia.upf.es
www.uia.upf.es/~xserra/cursos/TDP/referencies/Park-DWT.pdf
- [11] Data Retina Sehat. Diambil 18 April 2008 dari Poliklinik Mata Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo
- [12] Eka Aulia. "Hierarchical Indexing for Region Based Image Retrieval". Thesis Program Master Departemen Teknik Industri dan Sistem Manufaktur, Louisiana State University, 2005

DAFTAR PUSTAKA

Wijaya, Marvin Ch. & Agus Priyono. *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Matlab Image Processing Toolbox* : Informatika, 2007

LAMPIRAN 1

DATABASE

Tabel Lampiran 1.1 Database (dengan *cropping* manual)

Nama Retina	Posisi <i>scanning</i>	MeanA1	MeanB1	MeanC1	Bobot
Ajib	center 1	0.0563	0.5923	227.5479	1
	center 2	0.0565	0.6141	214.6482	1
	center 3	0.0558	0.6082	219.2197	1
	center full	0.0593	0.6332	199.2645	1
	ccw 25 1	0.0525	0.5994	226.5426	1
	ccw 25 2	0.0594	0.6643	185.2799	1
	ccw 25 3	0.0611	0.723	179.7356	1
	ccw 25 full	0.0559	0.617	216.1481	1
	ccw 60 1	0.0524	0.5977	228.0885	1
	ccw 60 2	0.0595	0.6738	183.738	1
	ccw 60 3	0.061	0.7123	183.7033	1
	ccw 60 full	0.0604	0.725	179.0631	1
Kris	center 1	0.0552	0.8157	178.5899	2
	center 2	0.0625	0.8152	158.4257	2
	center 3	0.0741	0.7937	138.5898	2
	center full	0.0693	0.8593	125.3919	2
	ccw 25 1	0.0536	0.793	180.7743	2
	ccw 25 2	0.0706	0.7375	130.8763	2
	ccw 25 3	0.0733	0.8085	135.0072	2
	ccw 25 full	0.0664	0.8323	126.8881	2
	ccw 60 1	0.0516	0.7971	182.0972	2
	ccw 60 2	0.0672	0.7301	126.5926	2
	ccw 60 3	0.0734	0.7878	133.3404	2
	ccw 60 full	0.0637	0.7603	114.2486	2
Gerald	center 1	0.0614	0.5699	223.612	3
	center 2	0.0643	0.5919	201.0133	3
	center 3	0.0694	0.6351	160.8577	3
	center full	0.0677	0.6494	127.0279	3
	ccw 25 1	0.0619	0.5743	222.8586	3
	ccw 25 2	0.0668	0.6311	168.7693	3
	ccw 25 3	0.0717	0.6897	152.7144	3
	ccw 25 full	0.07	0.7034	142.9468	3
	ccw 60 1	0.0621	0.5753	229.0731	3
	ccw 60 2	0.067	0.6338	167.4659	3
	ccw 60 3	0.0715	0.6841	150.9996	3
	ccw 60 full	0.0681	0.6406	122.6892	3
Nurul	center 1	0.0705	0.5157	233.3363	4
	center 2	0.0692	0.5572	210.423	4
	center 3	0.0675	0.5706	185.0924	4

	center full	0.0656	0.6542	147.5898	4
	ccw 25 1	0.0707	0.509	237.297	4
	ccw 25 2	0.068	0.5748	190.6463	4
	ccw 25 3	0.0703	0.6518	167.9777	4
	ccw 25 full	0.0616	0.6119	129.0484	4
	ccw 60 1	0.07	0.5297	229.2945	4
	ccw 60 2	0.0681	0.5755	193.9495	4
	ccw 60 3	0.0701	0.6488	168.4894	4
	ccw 60 full	0.0667	0.6348	146.0901	4
Budi	center 1	0.0605	0.5945	223.0545	5
	center 2	0.0616	0.6366	195.3065	5
	center 3	0.0624	0.6954	152.0107	5
	center full	0.0605	0.7032	134.2092	5
	ccw 25 1	0.0603	0.6005	220.7064	5
	ccw 25 2	0.0617	0.6662	172.26	5
	ccw 25 3	0.0686	0.7125	158.3334	5
	ccw 25 full	0.0559	0.6296	116.4583	5
	ccw 60 1	0.0588	0.6071	221.4346	5
	ccw 60 2	0.0593	0.6828	168.2773	5
	ccw 60 3	0.0682	0.7095	158.6777	5
	ccw 60 full	0.0553	0.6192	112.2748	5

Tabel Lampiran 1.2 Database (dengan *cropping* tetap)

Nama Retina	Posisi <i>scanning</i>	meanA1	meanB1	meanC1	Bobot
Ajib	center	0.0684	0.5776	169.0919	1
	25ccw	0.0668	0.5723	164.1397	1
	60ccw	0.0664	0.5679	165.8656	1
Kris	center	0.0712	0.6369	141.8869	2
	25ccw	0.0662	0.6049	126.9477	2
	60ccw	0.0652	0.5923	122.6011	2
Gerald	center	0.0601	0.6879	141.0842	3
	25ccw	0.0593	0.6944	143.7857	3
	60ccw	0.0573	0.6418	127.0251	3
Nurul	center	0.0619	0.6775	183.3681	4
	25ccw	0.0611	0.6815	182.1354	4
	60ccw	0.0579	0.6267	149.818	4
Budi	center	0.0526	0.6206	131.6864	5
	25ccw	0.0504	0.5939	125.0935	5
	60ccw	0.0528	0.6272	144.0633	5

LAMPIRAN 2

HASIL PENGUJIAN

Tabel Lampiran 2.1 Hasil Pengujian dengan *Membership Function* Trapezium
(dengan *cropping manual*)

Nama Retina	Posisi scanning	Hasil Benar	Hasil Salah	Hasil Identifikasi
AJIB	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4			1
25ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4			1
60ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4			1
30ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4	1		
45ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4			1
KRIS	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4			1
25ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4			1
60ccw	1		1	gerald
	2	1		
	3	1		
	4			1
30ccw	1	1		
	2		1	ajib
	3	1		
	4			1
45ccw	1		1	gerald

	2	1		
	3	1		
	4		1	ajib
GERALD	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	undefined
25ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	undefined
60ccw	1	1		
	2		1	kris
	3	1		
	4		1	undefined
30ccw	1		1	nurul
	2	1		
	3	1		
	4		1	undefined
45ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	undefined
NURUL	1		1	budi
	2		1	gerald
	3		1	undefined
	4	1		
25ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	budi
60ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	budi
30ccw	1		1	budi
	2		1	gerald
	3		1	budi
	4		1	gerald
45ccw	1	1		
	2		1	gerald
	3	1		
	4	1		
BUDI	1	1		
	2	1		
	3	1		

	4	1		
25ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	ajib
60ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	gerald
30ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	kris
45ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	gerald
	TOTAL	67	33	
	Dalam %	67%	33%	

Tabel Lampiran 2.2 Hasil Pengujian dengan *Membership Function* Gaussian (dengan *cropping manual*)

Nama Retina	Posisi scanning	Hasil Benar	Hasil Salah	Hasil Identifikasi
AJIB	1	1		
	2	1		
	3		1	kris
	4		1	kris
25ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4	1		
60ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4	1		
30ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4	1		
45ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	gerald
KRIS	1	1		

	2	1		
	3	1		
	4	1		
25ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	ajib
60ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	ajib
30ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	ajib
45ccw	1		1	gerald
	2	1		
	3	1		
	4		1	ajib
GERALD	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4	1		
25ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4	1		
60ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4	1		
30ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	nurul
45ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	budi
NURUL	1		1	budi
	2	1		
	3	1		
	4	1		
25ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		

	4		1	budi
60ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4	1		
30ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	ajib
45ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	kris
BUDI	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4	1		
25ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	nurul
60ccw	1	1		
	2	1		
	3	1		
	4		1	nurul
30ccw	1	1		
	2		1	undefined
	3	1		
	4		1	gerald
45ccw	1	1		
	2		1	gerald
	3	1		
	4		1	kris
	TOTAL	80	20	
	Dalam %	80%	20%	

Tabel Lampiran 2.3 Hasil Pengujian dengan *Membership Function* Gaussian (dengan *cropping* tetap)

Nama Retina	Posisi Scanning	Hasil Benar	Hasil Salah	Hasil Identifikasi
Ajib	center	1		
	25ccw	1		
	60ccw	1		
	30ccw	1		
	45ccw	1		

Kris	center	1		
	25ccw	1		
	60ccw	1		
	30ccw	1		
	45ccw	1		
Gerald	center	1		
	25ccw	1		
	60ccw	1		
	30ccw	1		
	45ccw		1	Ajib
Nurul	center	1		
	25ccw	1		
	60ccw	1		
	30ccw	1		
	45ccw		1	Gerald
Budi	center	1		
	25ccw	1		
	60ccw	1		
	30ccw		1	Nurul
	45ccw		1	Gerald
	TOTAL	20	2	
	Dalam %	91%	9%	