



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGENALAN PENYAKIT DARAH DENGAN CITRA
DARAH MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY**

SKRIPSI

**DWI RILI LESTARI
0404037037**

**FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

Pengenalan Penyakit Darah dengan Citra Darah Menggunakan Metode Logika Fuzzy

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik Elektro**

**DWI RILI LESTARI
0404037037**

**FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Dwi Rili Lestari

NPM : 0404037037

Tanda Tangan :

Tanggal : 12 Desember 2008

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Dwi Rili Lestari
NPM : 0404037037
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pengenalan Penyakit Darah dengan Citra Darah
Menggunakan Metode Logika Fuzzy

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Hj. Rochmah NS, M.Eng ()
Penguji : Dr. Ir. Arman D. Diponegoro ()
Penguji : Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng ()

Ditetapkan di : Kampus UI Depok
Tanggal : 23 Desember 2008

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Ir.Rochmah N Sukardi, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini ;
- (2) Dr.Ir. Arman Djohan Diponegoro, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini ;
- (3) orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral ;
- (4) Anggi, Mia, dan Gilang yang telah memberikan bantuan berupa ilmu yang bermanfaat ; dan
- (5) sahabat-sahabat lain yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 12 Desember 2008

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dwi Rili Lestari
NPM : 0404037037
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Pengenalan Penyakit Darah dengan Citra Darah Menggunakan Metode
Logika Fuzzy**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok, Indonesia
Pada tanggal : 12 Desember 2008
Yang menyatakan

(Dwi Rili Lestari)

ABSTRAK

Nama : Dwi Rili Lestari
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pengenalan Penyakit Darah dengan Citra Darah Menggunakan Metode Logika Fuzzy

Skripsi ini bertujuan untuk mengenali dan menganalisa penyakit darah Leukimia dengan citra darah menggunakan metode Logika Fuzzy. Proses pengenalan penyakit darah dilakukan dengan beberapa operasi pengolahan citra. Penentuan parameter karakteristik citranya berdasarkan warna (*hue*) dan kecerahan (*value*) yang akan digunakan dalam proses *cropping* dan pembentukan *FIS membership function*. Input citra darah akan dilakukan *cropping* pada *ROI* yang tetap, yaitu pada daerah [300 272 520 448]. Kemudian diambil nilai *pixel* koordinat pusatnya untuk dilakukan identifikasi dengan ukuran dan jenis penyakit darah yang berbeda-beda. Hasil data-data tersebut dikumpulkan menjadi suatu *database* yang digunakan dalam proses pengenalan dengan *FIS*. Pengenalan dengan *FIS* dilakukan dengan tiga metode berdasarkan *membership function*-nya, yaitu *FIS* dengan fungsi keanggotaan Gaussian, *FIS* dengan fungsi keanggotaan Trapesium, dan *FIS* dengan fungsi keanggotaan Segitiga.

Pengenalan dilakukan dengan mengidentifikasi tiga jenis penyakit darah Leukimia, yaitu *Acute Lymptotic Leukimia (ALL)*, *Acute Myelogenous Leukimia (AML)*, dan *Burkitts Lymphoma (BL)*. Dari hasil simulasi dengan ketiga metode, diperoleh tingkat akurasi pengenalan penyakit darah yang mampu dikenali yaitu 100 % dan 66.67. Dimana, akurasi tertinggi dicapai oleh metode *FIS* fungsi keanggotaan tipe Gaussian dengan nilai akurasi 100 %.

Kata Kunci :

Pengenalan Penyakit Darah, Leukimia, Pengolahan Citra, Logika Fuzzy

ABSTRACT

Name : Dwi Rili Lestari
Study Program : Electrical Engineering
Title : Recognition of Blood Disease by Blood Images Using Logic Fuzzy Methode

This paper was made for recognizing and analyzing the blood disease with blood images using Logic Fuzzy method. The identification blood disease process to use many operation emage processing. Determine the parameter chracteristic its image based on colour (hue) and brightness (value) which will using in the process cropping and formatting FIS membership function. The input blood image will conduct cropping at ROI which fixed, that is at region [300 272 520 448]. Then is taked the value pixel its coordinate center for is done identify with size and kinds blood disease which different each order from coordinate center. Result of data is collected to be a database which will used in the process of recognition by FIS. The recognition by FIS is conducted to use three methods that based on its membership function, there are FIS by Gaussian membership function, FIS by Trapesium membership function, and FIS by Signoid membership function.

The recognition is conducted by to identify of three kinds Leucimia blood disease, involve *Acute Lympotic Leukimia (ALL)*, *Acute Myelogenous Leukimia (AML)*, and *Burkitts Lympoma (BL)*. Based on the rezult simulation by 3th method, is gotten rate acuration of identification blood disease which can is recogened, that is 100 % and 66.67 %. Where, the highth acuration is reached by FIS membership function type Gaussian method with its value acuration 100 %.

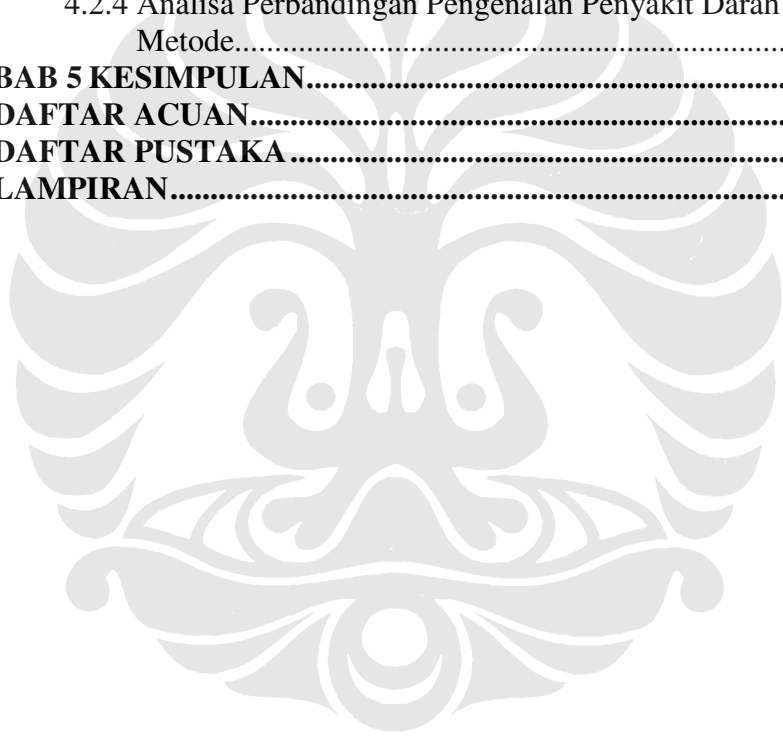
Key Words :

Blood Disease Identification, Leukimia, Image Processing, Fuzzy Logic

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI | |
| TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL | .xi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xii |
| DAFTAR SINGKATAN..... | xiii |
| DAFTAR ISTILAH | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Penelitian..... | 1 |
| 1.2 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.4 Sistematika Penulisan | 2 |
| BAB 2 LANDASAN TEORI..... | 4 |
| 2.1 Darah | 4 |
| 2.1.1 Komponen Penyusun Darah..... | 4 |
| 2.1.1.1 Sel darah merah (eritrosit)..... | 5 |
| 2.1.1.2 Sel darah putih (<i>leukosit</i>) | 6 |
| 2.1.1.3 Keping darah (<i>trombosit</i>) | 7 |
| 2.1.2 Penyakit Berdasarkan Jenis Sel Darah Merah | 8 |
| 2.1.2.1 Penyakit sel darah merah | 9 |
| 2.1.2.2 Penyakit sel darah putih | 12 |
| 2.1.2.3 Penyakit keping darah | 15 |
| 2.1.2.4 Penyakit sistem pembekuan darah | 15 |
| 2.2 Konsep Dasar Citra Digital | 16 |
| 2.2.1 Model Citra Digital | 16 |
| 2.2.2 Elemen-Elemen Dasar Citra Dijital | 17 |
| 2.2.3 Pencuplikan (<i>sampling</i>) dan Kuantisasi <i>Greylevel</i> | 18 |
| 2.2.4 Operasi Pengolahan Citra..... | 19 |
| 2.2.5 Pewarnaan dalam Citra | 22 |
| 2.3 Konsep Dasar Logika Fuzzy | 24 |
| 2.3.1 <i>Fuzzy Sets</i> | 25 |
| 2.3.2 Fuzzifikasi | 25 |
| 2.3.3 Fungsi Keanggotaan (<i>Membership Function</i>)..... | 25 |
| 2.3.4 <i>If-then Rules</i> | 27 |
| 2.3.5 Defuzzifikasi | 28 |
| BAB 3 ALGORITMA PERENCANAAN SISTEM PENGENALAN | |
| PENYAKIT DARAH..... | 29 |
| 3.1 Proses Pembentukan Parameter karakteristik Citra | 30 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2 Proses Pengenalan dengan Fuzzy Inference System..... | 35 |
| 3.2.1 <i>Fuzzy Inference System</i> dengan Fungsi Keanggotaan Tipe Gaussian.. | 38 |
| 3.2.2 <i>Fuzzy Inference System</i> dengan Fungsi Keanggotaan Tipe Trapesium | 41 |
| 3.2.3 <i>Fuzzy Inference System</i> dengan Fungsi Keanggotaan Tipe Segitiga .. | 44 |
| 3.2.4 Aturan (<i>Rule</i>)..... | 46 |
| BAB 4 HASIL SIMULASI DAN ANALISA | 48 |
| 4.1 Simulasi dan Hasil | 48 |
| 4.2 Analisa | 57 |
| 4.2.1 Analisa Pengenalan Penyakit Darah pada Metode <i>FIS</i> Fungsi Keanggotaan Tipe Gaussian..... | 57 |
| 4.2.2 Analisa Pengenalan Penyakit Darah pada Metode <i>FIS</i> Fungsi Keanggotaan Tipe Trapesium | 58 |
| 4.2.3 Analisa Pengenalan Penyakit Darah pada Metode <i>FIS</i> Fungsi Keanggotaan Tipe Segitiga | 58 |
| 4.2.4 Analisa Perbandingan Pengenalan Penyakit Darah dengan Ketiga Metode..... | 59 |
| BAB 5 KESIMPULAN..... | 61 |
| DAFTAR ACUAN..... | 62 |
| DAFTAR PUSTAKA | 63 |
| LAMPIRAN..... | 64 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Sel darah merah dalam keadaan normal hasil <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> | 6 |
| Gambar 2.2 Sel darah putih dalam keadaan normal hasil <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> | 7 |
| Gambar 2.3 Keping Darah dalam keadaan normal hasil <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> | 8 |
| Gambar 2.4 Citra darah <i>Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)</i> | 13 |
| Gambar 2.5 Citra darah <i>Acute Myelogenous Leukimia (AML)</i> | 13 |
| Gambar 2.6 Citra darah <i>Chronic Lymphocytic Leukimia (CLL)</i> | 14 |
| Gambar 2.7 Citra darah <i>Chronic Myelogenous Leukimia (CML)</i> | 14 |
| Gambar 2.8 Citra darah <i>Burkitts Lymphoma (BL)</i> | 14 |
| Gambar 2.9 Tiga bidang studi yang berkaitan dengan citra..... | 20 |
| Gambar 2.10 Ruang warna <i>HSV</i> | 24 |
| Gambar 2.11 Fungsi keanggotaan dengan semesta pembicaraan, | 26 |
| Gambar 2.12 Fungsi keanggotaan Segitiga dan Trapesium..... | 27 |
| Gambar 2.13 Fungsi keanggotaan Gaussian | 27 |
| Gambar 3.1 Deskripsi alat pengenalan penyakit darah dengan proses pengolahan citra dan Logika Fuzzy..... | 29 |
| Gambar 3.2 Diagram alir pembentukan <i>FIS</i> | 31 |
| Gambar 3.3 Hasil <i>cropping</i> dengan koordinat pusat di <i>pixel</i> (260,224)..... | 33 |
| Gambar 3.4 Koordinat pusat di <i>pixel</i> (260,224) dengan <i>length</i> = 40 dan <i>height</i> = 30..... | 34 |
| Gambar 3.5 Diagram alir Pengenalan dengan <i>Fuzzy Inference System</i> | 36 |
| Gambar 3.6 Kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Gaussian dengan <i>input</i> warna..... | 40 |
| Gambar 3.7 Kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Gaussian dengan <i>input</i> kecerahan..... | 40 |
| Gambar 3.8 Kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Trapesium dengan <i>input</i> warna..... | 43 |
| Gambar 3.9 Kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Trapesium dengan <i>input</i> kecerahan..... | 43 |
| Gambar 3.10 Kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Segitiga dengan <i>input</i> warna..... | 45 |
| Gambar 3.11 Kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Segitiga dengan <i>input</i> kecerahan..... | 46 |
| Gambar 3.12 Model Struktur <i>Fuzzy Inference System (FIS)</i> | 47 |
| Gambar 4.1 <i>Figure</i> sistem pengenalan penyakit darah dengan citra darah menggunakan metode Logika Fuzzy..... | 48 |
| Gambar 4.2 Citra darah mikroskopis digital untuk penyakit <i>Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)</i> | 51 |
| Gambar 4.3 Citra darah mikroskopis digital untuk penyakit <i>Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)</i> | 51 |
| Gambar 4.4 Citra darah mikroskopis digital untuk penyakit <i>Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)</i> | 51 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Jumlah Sel darah manusia normal..... | 5 |
| Tabel 4.1 | Hasil uji coba penyakit darah <i>Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)</i> metode <i>FIS</i> tipe Gaussian..... | 52 |
| Tabel 4.2 | Hasil uji coba penyakit darah <i>Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)</i> metode <i>FIS</i> tipe Segitiga..... | 52 |
| Tabel 4.3 | Hasil uji coba penyakit darah <i>Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)</i> metode <i>FIS</i> tipe Trapesium..... | 53 |
| Tabel 4.4 | Hasil uji coba penyakit darah <i>Acute Myelogenous Leukimia (AML)</i> metode <i>FIS</i> tipe Gaussian..... | 53 |
| Tabel 4.5 | Hasil uji coba penyakit darah <i>Acute Myelogenous Leukimia (AML)</i> metode <i>FIS</i> tipe Segitiga..... | 54 |
| Tabel 4.6 | Hasil uji coba penyakit darah <i>Acute Myelogenous Leukimia (AML)</i> metode <i>FIS</i> tipe Trapesium..... | 54 |
| Tabel 4.7 | Hasil uji coba penyakit darah <i>Burkitts Lymphoma (BL)</i> metode <i>FIS</i> tipe Gaussian..... | 55 |
| Tabel 4.8 | Hasil uji coba penyakit darah <i>Burkitts Lymphoma (BL)</i> metode <i>FIS</i> tipe Segitiga..... | 55 |
| Tabel 4.9 | Hasil uji coba penyakit darah <i>Burkitts Lymphoma (BL)</i> metode <i>FIS</i> tipe Trapesium..... | 56 |
| Tabel 4.10 | Akurasi identifikasi per metode fungsi keanggotaan..... | 56 |
| Tabel 4.11 | Nilai akurasi masing-masing penyakit darah per metode fungsi keanggotaan..... | 56 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Tabel Lampiran 1.1 <i>Database</i> | 64 |
|--|----|



DAFTAR SINGKATAN

| | |
|-----------------|--|
| AIDS | <i>Acquired Immunodeficiency Syndrome</i> |
| ALL | <i>Acute Lymptotic Leukimia</i> |
| AML | <i>Acute Myalogenous Leukimia</i> |
| ANFIS | <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> |
| BL | <i>Burkitts Lymphoma</i> |
| DFT | <i>Discrete Fourier Transform</i> |
| DNA | <i>Deoxyribonucleic Acid</i> |
| FFT | <i>Fast Fourier Transform</i> |
| FIS | <i>Fuzzy Inference System</i> |
| G6PD | <i>Glukosa 6 Fosfat Dehidrogenase</i> |
| HIV | <i>Human Immunideficiency Virus</i> |
| HSV | <i>Hue Saturation Value</i> |
| ITP | <i>Idiopathic Thrombocytopenia Purpura</i> |
| JPEG/JPG | <i>Joint Photographic Experts Group</i> |
| MPEG | <i>Moving Picture Expert Group</i> |
| NHL | <i>non-Hodgkin Lymphoma</i> |
| NMR | <i>Nuclear Magnetic Resonance</i> |
| RGB | <i>Red Green Blue</i> |
| ROI | <i>Region Of Interest</i> |
| RNA | <i>Riboxy Nucleat Acid</i> |
| SEM | <i>Scanning Electron Microscope</i> |
| USG | <i>Ultrasonografi</i> |

DAFTAR ISTILAH

| | |
|------------------------|---|
| Aneurishma | Pelebaran pembuluh darah setempat saja, karena salah perkembangan atau kemunduran dinding pembuluh. |
| Fibrin | Protein keputih-putihan yang dibentuk dari <i>fibrinogen</i> berkat keaktifan <i>trombin</i> , seperti terjadi pada proses pembekuan darah. |
| Fibrinogen | Protein dalam plasma darah yang di bawah pengaruh trombin berubah menjadi <i>fibrin</i> , sehingga menimbulkan pembekuan darah. |
| Gel | Koloid yang berkonsistensi setengah padat meskipun mengandung banyak cairan. |
| Glutation | Suatu <i>tripeptida</i> yang terdiri atas asam glutamat, sistein dan asam aminoasetat, dapat diasingkan dari jaringan hewani dan sumbu nabati, berkhasiat sebagai ko-enzim dan pembawa oksigen. |
| Hematokrit | <i>Volume</i> sel darah, terutama sel darah merah, diperoleh setelah darah dipisahkan sehingga sel-sel darah terpisah dari plasma. |
| Heme | Gugus nonprotein <i>hemoglobin</i> yang tidak larut, senyawa <i>protoporfirin</i> yang mengandung besi. |
| Heparin | <i>Mukopolisakarida</i> yang banyak dijumpai dalam hati dan paru, berguna untuk mencegah pembekuan darah. |
| Histamine | <i>Beta-imidazol-etilamin</i> terdapat dalam jaringan hewan dan tumbuh-tumbuhan berkhasiat sebagai pelebar pembuluh-pembuluh kapiler dan perangsang pengeluaran getah lambung. |
| Homeostatis | Kecenderungan untuk mengatur dan mempertahankan lingkungan dalam tubuh yang stabil. |
| Hemoglobin | Zat warna dalam sel darah merah yang berguna untuk mengangkut oksigen dan karbondioksida. |
| Hemolisis | Penguraian sel darah merah dan menjadi bebasnya <i>hemoglobin</i> . |
| Makrositik | Sel darah merah yang abnormal besar. |
| Mediterranean | Keturunan bangsa Asia. |
| Normositik | Hal yang bersangkutan dengan sel darah merah dengan ukuran, bentuk, dan warna normal. |
| Normokromik | Memiliki kandungan <i>hemoglobin</i> yang normal. |
| Organel | Partikel khusus dalam sel, misal <i>mitokondria</i> , <i>retikulum endoplasmatik</i> , dan lain-lain. |
| Plasmin | Enzim <i>proteolitik</i> dalam plasma darah, berkhasiat menguraikan gumpalan <i>fibrin</i> secara perlahan-lahan. |
| Spasme vaskuler | Kejang di daerah pembuluh darah. |
| Splenectomy | Pembedahan mengeluarkan limpa. |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Darah merupakan unsur berupa cairan dalam tubuh manusia, yang berperan penting dalam mekanisme kerja tubuh yang berfungsi sebagai medium atau transportasi massal jarak jauh berbagai bahan antara sel dan lingkungan eksternal atau antara sel-sel itu sendiri, dimana transportasi semacam itu penting untuk memelihara *homeostatis*. Darah berperan dalam *homeostatis*, berfungsi sebagai medium untuk membawa berbagai bahan ke dan dari sel, menyangga perubahan pH, mengangkut kelebihan panas ke permukaan tubuh untuk di keluarkan, berperan penting dalam sistem perubahan tubuh, dan memperkecil kehilangan darah apabila terjadi kerusakan pada pembuluh darah.

Pelayanan kesehatan kepada pasien diharuskan mempunyai kemampuan untuk mendiagnosa penyakit pasien berdasarkan data keluhan, pemeriksaan fisik, dan penunjang medis. Tetapi dokter mempunyai keterbatasan dalam mengingat penyakit dari keluhan, hasil pemeriksaan fisik dan data penunjang medis serta keterbatasan dalam mengingat terapi dan tindakan yang harus diberikan kepada pasien. Untuk membantu tugas dokter, diperlukan sistem informasi yang dapat membantu dokter menegakkan diognosa penyakit dan memberikan pengobatan yang akurat. Teknologi *image processesing* mempunyai aplikasi yang sangat luas dalam berbagai bidang kehidupan. Dalam bidang kedokteran, teknologi *image processesing* memudahkan dalam mendiagnosa suatu penyakit, mempercepat proses identifikasi sehingga menghemat waktu dan biaya. Karena tanpa harus melalui proses kimia, yang melakukan proses secara satu persatu sehingga memperlambat waktu proses identifikasi dan menggunakan biaya cukup besar.

Darah yang mengalir dalam tubuh mempunyai kemampuan dalam merepresentasikan suatu penyakit berdasarkan jenis sel darahnya, sehingga dapat dilakukan proses pengenalan penyakit darah dengan bantuan citra darah. Hal ini didukung dengan teknologi *image processing* yang mampu menangkap citra

darah, sehingga diperoleh citra yang baik. Citra darah tersebut akan dilakukan proses pengolahan citra, sehingga data yang diperoleh dapat dianalisa dalam mendeteksi suatu penyakit. Untuk membangun metode pengenalan penyakit dengan citra darah ini, diperlukan sebuah program aplikasi. Dalam penelitian ini digunakan metode pengenalan penyakit darah dengan citra darah menggunakan metode Logika Fuzzy, yang akan dilatih untuk mengenali penyaki-penyakit darah berdasarkan citra darah yang dikandung. Sebelumnya telah dilakukan pengenalan penyakit darah menggunakan metode *Hidden Marcov* dan *Neural Network*. Pengenalan penyakit darah dengan ketiga metode ini bertujuan untuk mengenali penyakit darah Leukimia dengan bantuan citra darah. Perbedaan metode Logika Fuzzy dengan kedua metode yang telah dilakukan sebelumnya, adalah memudahkan memetakan suatu ruang *input* ke dalam ruang *output* dan lebih fleksibel digunakan dalam memodelkan data-data yang kurang tepat dan sistem nonlinear.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari skripsi ini adalah menunjukkan kemampuan citra darah dalam pengenalan penyakit darah menggunakan proses pengolahan citra. Selain itu, dalam penelitian ini akan ditunjukkan penggunaan metode Logika Fuzzy dalam proses pengenalan penyakit darah.

1.3 Batasan Masalah

Proses pengenalan penyakit darah dengan citra darah ini, dibatasi hanya melakukan proses pengenalan jenis penyakit kanker sel darah putih (leukimia), yang dikandung melalui proses pengolahan citra dan metode Logika Fuzzy. Metode Logika Fuzzy yang akan digunakan dalam proses pengenalan, yaitu pengenalan *FIS* dengan *membership function* tipe Gaussian, pengenalan *FIS* dengan *membership function* tipe Trapesium, dan pengenalan *FIS* dengan *membership function* tipe Segitiga.

1.4 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini dibagi sbb:

- Bab 1 memuat Pendahuluan, yaitu Latar Belakang, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, dan Sistematika Penulisan.
- Bab 2 memuat Landasan Teori, yaitu Darah, Penyakit-Penyakit Darah, Pengolahan Citra, dan Logika Fuzzy.
- Bab 3 memuat Algoritma Perencanaan Sistem Pengenalan Penyakit Darah, yaitu Proses Pembentukan Parameter Karakteristik Citra, dan Proses Pengenalan dengan *FIS*.
- Bab 4 memuat Analisis Hasil Simulasi Sistem Pengenalan Penyakit Darah.
- Bab 5 memuat Kesimpulan hasil laporan skripsi.



BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Darah

Darah adalah kendaraan atau medium untuk transportasi massal jarak jauh berbagai bahan antara sel dan lingkungan eksternal atau antara sel-sel itu sendiri. Transportasi semacam itu penting untuk memelihara *homeostatis*. Darah berperan dalam *homeostatis* berfungsi sebagai medium untuk membawa berbagai bahan ke dan dari sel, menyangga perubahan pH, mengangkut kelebihan panas ke permukaan tubuh untuk di keluarkan, berperan penting dalam sistem perubahan tubuh, dan memperkecil kehilangan darah apabila terjadi kerusakan pada pembuluh darah.

Darah membentuk sekitar 8% berat tubuh total dan memiliki volume rata-rata 5 liter pada wanita dan 5,5 liter pada pria. Darah manusia berwarna merah, antara merah terang apabila mengandung banyak oksigen sampai merah tua, apabila kekurangan oksigen. Warna merah pada darah disebabkan oleh *hemoglobin*, protein pernapasan (*respiratory protein*) yang mengandung besi dalam bentuk *heme*, yang merupakan tempat terikatnya molekul-molekul oksigen. Karena darah sangat penting, harus terdapat mekanisme yang dapat memperkecil kehilangan darah apabila terjadi kerusakan pembuluh darah. Tanpa darah, manusia tidak dapat melawan infeksi atau kuman penyakit dan bahan-bahan sisa yang dihasilkan tubuh tidak dapat dibuang.

2.1.1 Komponen Penyusun Darah

Terdapat dua jenis pembuluh darah, yang mengalirkan darah ke seluruh tubuh, yaitu arteri dan vena. Arteri adalah pembuluh yang membawa darah, yang mengandung oksigen dari jantung dan paru-paru menuju ke seluruh tubuh. Sedangkan vena adalah pembuluh yang membawa darah mengalir kembali ke jantung dan paru-paru. Darah yang mengalir melalui kedua pembuluh tersebut terdiri atas tiga jenis sel darah, yaitu sel darah merah (*eritrosit*), sel darah putih (*leukosit*), dan keping darah (*trombosit*) yang terendam dalam cairan kompleks.

Plasma sendiri berupa cairan, 90% terdiri dari air yang berfungsi sebagai medium untuk mengangkut berbagai bahan dalam darah. Jumlah sel darah manusia normal dapat dilihat pada Tabel 2.1.

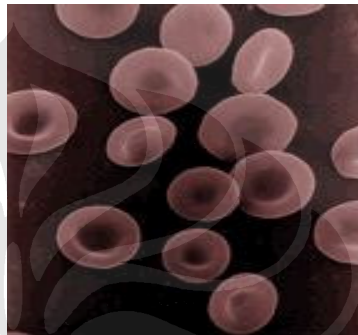
Tabel 2.1 Jumlah sel darah manusia normal

| | |
|---|--------------------------------|
| Sel darah merah total = 5.000.000.000 sel/mil darah | |
| Hitung sel darah merah = 5.000.000/mm ³ | |
| Sel darah putih total = 7.000.000 sel/mil darah | |
| Hitung sel darah putih = 7.000/mm ³ | |
| Hitung diferensial sel darah putih (distribusi persentase jenis-jenis sel darah putih) | |
| <i>Granulosit polimorfonukleus</i> | <i>Agranulosit mononukleus</i> |
| <i>Neutrofil</i> 60-70% | <i>Limfosit</i> 25-33% |
| <i>Eosinofil</i> 1-4 % | <i>Monosit</i> 2-6 % |
| <i>Basofil</i> 0,25-0,5% | |
| Keping darah total = 250.000.000/mil darah | |
| Hitung keping darah = 250.000/mm ³ | |

2.1.1.1 Sel darah merah (eritrosit)

Sel darah merah pada dasarnya adalah suatu kantung yang mengangkut O₂ dan CO₂ (dalam tingkat yang lebih rendah) di dalam darah. Sel darah merah tidak memiliki *nukleus*, *organel*, atau *ribosom*, tetapi dipenuhi oleh *hemoglobin*, yaitu molekul yang mengandung besi yang dapat berikatan dengan O₂ secara longgar dan reversibel. Karena O₂ sukar larut dalam darah, *hemoglobin* merupakan pengangkut satu-satunya O₂ dalam darah. *Hemoglobin* juga berperan dalam transportasi CO₂ dan sebagai penyangga darah dengan berikatan secara reversibel dengan CO₂ dan H⁺.

Karena tidak mampu mengganti komponen-komponennya, sel darah merah memiliki usia yang terbatas, yaitu sekitar 120 hari. Sel-sel bakal yang belum berdiferensiasi di sumsum tulang membentuk semua unsur sel darah. Produksi sel darah merah (*eritropoiesis*) oleh sumsum tulang, dalam keadaan normal seimbang dengan kecepatan lenyapnya sel darah merah, sehingga hitung sel darah merah konstan. *Eritropoiesis* di rangsang oleh *eritropoietin*, hormon yang dikeluarkan ginjal sebagai respon terhadap penurunan penyaluran O₂.



Gambar 2.1 Sel darah merah dalam keadaan normal hasil *Scanning Electron Microscope (SEM)*

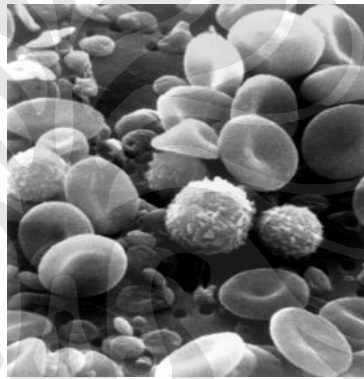
2.1.1.2 Sel darah putih (*leukosit*)

Sel darah putih (*leukosit*) adalah unit-unit pertahanan tubuh. Sel ini menyerang benda asing yang masuk, menghancurkan sel abnormal yang muncul di tubuh, dan membersihkan debris sel. Terdapat lima jenis sel darah putih, yang masing-masing memiliki tugas berbeda, yaitu :

- 1) *Neutrofil*, spesialis *fagositik* yang penting untuk memakan bakteri dan debris.
- 2) *Eosinofil*, yang mengkhususkan diri menyerang cacing parasitik dan berperan penting dalam reaksi alergi.
- 3) *Basofil*, yang mengeluarkan dua zat kimia : *histamine*, yang juga penting dalam respon alergi, dan *heparin*, yang membantu membersihkan partikel lemak dari darah.
- 4) *Monosit*, yang setelah keluar dari pembuluh, kemudian berdiam di jaringan dan membesar untuk menjadi *fagosit* jaringan yang dikenal sebagai *makrofag*.

5) *Limfosit*, yang membentuk pertahanan tubuh terhadap invasi bakteri, virus, dan sasaran lain yang telah diprogramkan untuknya. Perangkat pertahanan yang dimiliki *limfosit*, antara lain adalah antibodi dan respon imun seluler.

Sel darah putih terdapat di dalam darah, hanya sewaktu transit dari tempat produksi dan penyimpanan di sumsum tulang (dan juga organ-organ *limfoid* untuk *limfosit*) dan tempat kerjanya di jaringan. Setiap saat, sebagian besar sel darah putih berada di luar darah di jaringan untuk tugas patroli atau bertempur. Semua sel darah putih memiliki rentang usia, yang terbatas dan harus diganti melalui diferensiasi dan proliferasi sel-sel prekursor. Jumlah total dan persentase setiap jenis sel darah putih yang diproduksi, bergantung pada kebutuhan pertahanan sesaat tubuh.



Gambar 2.2 Sel darah putih dalam keadaan normal hasil *Scanning Electron Microscope (SEM)*

2.1.1.3 Keping darah (*trombosit*)

Keping darah adalah fragmen sel yang berasal dari megakariosit besar di sumsum tulang. Keping darah berperan penting dalam *hemostatis*, penghentian pendarahan dari pembuluh yang cedera. Tiga langkah utama dalam *hemostatis* adalah *spasme vaskuler*, pembentukan sumbat keping darah, dan pembentukan bekuan. *Spasme vaskuler* mengurangi aliran darah melalui pembuluh yang cedera, sementara agregasi keping darah di tempat cedera pembuluh dengan cepat menambal cacat yang terjadi. Keping darah mulai berkumpul apabila berkontak dengan kolagen di dinding pembuluh yang rusak.

Pembentukan bekuan (koagulasi darah) memperkuat sumbat keping darah dan mengubah darah di sekitar tempat cedera menjadi suatu gel yang tidak mengalir. Sebagian besar faktor yang diperlukan untuk pembekuan darah, selalu terdapat di

dalam plasma dalam bentuk prekursor inaktif. Sewaktu pembuluh mengalami cedera, kolagen yang terpapar kemudian mengawali reaksi berjenjang yang melibatkan pengaktifan suksesif faktor-faktor pembekuan tersebut, yang akhirnya mengubah *fibrinogen* menjadi *fibrin*. *Fibrin*, suatu molekul berbentuk benang yang tidak larut, ditebarkan membentuk jaring bekuan; jaring ini kemudian menangkap sel-sel darah dan menyempurnakan pembentukan bekuan. Darah yang telah keluar ke dalam jaringan juga mengalami koagulasi setelah bertemu dengan *tromboplastin* jaringan, yang juga memungkinkan terjadinya proses pembekuan. Jika tidak lagi diperlukan, bekuan darah dilarutkan oleh *plasmin*, suatu faktor *fibrinolitik* yang juga diaktifkan apabila berkontak dengan kolagen.



Gambar 2.3 Keping Darah dalam keadaan normal hasil *Scanning Electron Microscope (SEM)*

2.1.2 Penyakit Berdasarkan Jenis Sel Darah

Darah akan menunjukkan karakteristik yang berbeda-beda tergantung pada kondisi tubuh, sehingga darah dapat menjadi pendeteksi keadaan tubuh terutama saat tubuh dalam keadaan sakit. Penyakit tertentu memiliki kondisi darah tertentu pula, berdasarkan perubahan susunan kimiawi atau sel-sel darah yang merupakan sebagai petunjuk adanya penyakit darah atau dapat pula sebagai petunjuk adanya penyakit lain.

Beberapa penyakit dan kondisi yang mempengaruhi darah dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis sel darah, yaitu sel darah merah, sel darah putih, dan keping darah.

2.1.2.1 Penyakit sel darah merah

Penurunan jumlah sel darah merah memacu sumsum tulang untuk meningkatkan pelepasan sel-sel darah merah abnormal yang berukuran kecil dan kekurangan hemoglobin. Kondisi yang paling umum yang mempengaruhi sel darah merah adalah anemia. Anemia secara fungsional didefinisikan sebagai penurunan jumlah massa sel darah merah, sehingga tidak dapat memenuhi fungsinya untuk membawa oksigen dalam jumlah yang cukup ke jaringan perifer (penurunan *oxygen carrying capacity*). Secara praktis, anemia ditunjukkan oleh penurunan kadar *hemoglobin*, *hematokrit* atau hitung sel darah merah.

Penyebab-penyebab anemia dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu anemia yang disebabkan gangguan akibat berkurangnya pembentukan sel darah merah dan anemia, yang disebabkan oleh adanya peningkatan penghancuran sel darah merah.

1. Anemia disebabkan berkurangnya pembentukan sel darah merah.

Beberapa kondisi dapat menyebabkan berkurangnya pembentukan sel darah merah, di antaranya:

(a) Anemia Defisiensi Besi

Anemia defisiensi besi adalah anemia mikrositik hipokromik yang terjadi akibat kekurangan besi dalam gizi, atau hilangnya darah secara lambat dan kronik. Anemia defisiensi besi terjadi pada orang yang sedang melakukan diet dengan zat besi rendah, atau orang yang kehilangan sel darah merah (serta zat besi yang dikandungnya) dalam pendarahan, bayi prematur, bayi dengan nutrisi rendah, gadis remaja yang sedang haid, dan orang-orang yang kehilangan darah akibat penyakit, seperti radang usus besar biasanya mengalami anemia akibat penurunan zat besi.

(b) Anemia Pernisiosa

Anemia pernisiiosa adalah anemia makrositik normokromik yang terjadi akibat kekurangan vitamin B12, dimana vitamin B12 tidak dapat diserap oleh karena lambung tidak dapat menghasilkan faktor intrinsik, yang akan bergabung dengan vitamin B12 dan mengangkutnya ke dalam aliran darah. Vitamin B12 penting untuk sintesis *DNA* di dalam sel darah merah dan untuk fungsi saraf. Anemia ini kadang-kadang terjadi, karena suatu sistem

kekebalan yang berlebihan menyerang sel-sel lambung yang menghasilkan faktor intrinsik (reaksi autoimun). Bentuk lainnya dari kekurangan vitamin B12 bisa terjadi pada *vegetarian*, karena vitamin B12 hanya ditemukan dalam produk hewan dan penderita kelainan yang diturunkan, yang menghalangi pengangkutan atau aktivitas vitamin ini.

(c) Anemia Defisiensi Asam Folat

Anemia defisiensi asam folat adalah anemia makrositik-normokromik akibat kekurangan vitamin folat. Asam folat penting untuk sintesis *DNA* dan *RNA* dan untuk fungsi beberapa enzim pengkoreksi *DNA*. Kekurangan asam folat dapat terjadi pada wanita hamil, yang asupan makanannya mengandung sedikit sayur-sayuran hijau dan tanaman polong, yang banyak mengandung asam folat. Bayi dapat menderita kekurangan asam folat, bila kandungan asam folat dalam susu formulanya rendah. Kekurangan salah satu vitamin ini, menyebabkan anemia yang serius (anemia pernisiiosa), dimana sel darah merah terdapat dalam jumlah yang sedikit tetapi ukurannya lebih besar.

(d) Anemia karena penyakit kronis

HIV-AIDS dan juga pada penyakit lain seperti artritis *reumatoid*, *limfoma Hodgkin*, kanker, sering disertai anemia, dan diintroduksi sebagai anemia penyakit kronik. Alasan untuk mengatakan bahwa anemia yang ditemukan pada berbagai kelainan klinis kronis berhubungan, karena mereka mempunyai banyak macam gambaran klinis, yakni kadar Hb berkisar 7-11 g/dL, kadar Fe serum menurun disertai TIBC yang rendah, cadangan Fe jaringan tinggi, dan produksi sel darah merah berkurang.

(e) Anemia Sideroblastik

Anemia sideroblastik adalah anemia mikrositik-hipokromik yang ditandai oleh adanya sel-sel darah imatur (*sideroblas*) dalam sirkulasi dan sum-sum tulang. Anemia sideroblastik primer dapat terjadi akibat cacat genetik pada kromosom X yang jarang ditemukan (terutama dijumpai pada pria), atau dapat timbul secara spontan terutama pada orangtua. Penyebab sekunder anemia sideroblastik, adalah obat-obat tertentu, misalnya beberapa obat kemotrapi dan ingesti timah.

2. Anemia disebabkan peningkatan penghancuran sel darah merah.

Dalam keadaan normal, sel darah merah mempunyai waktu hidup 120 hari. Jika menjadi tua, sel pemakan dalam sumsum tulang, limpa dan hati dapat mengetahuinya dan merusaknya. Jika suatu penyakit menghancurkan sel darah merah sebelum waktunya (*hemolisis*), sumsum tulang berusaha menggantinya dengan mempercepat pembentukan sel darah merah yang baru, sampai 10 kali kecepatan normal. Tetapi jika sel darah merah dihancurkan jauh lebih cepat daripada penggantinya, orang tersebut akan mengidap anemia.

Beberapa penyebab dari meningkatnya penghancuran sel darah merah, diantaranya :

(a) Kekurangan *G6PD*

Kekurangan *G6PD* adalah suatu penyakit dimana enzim *G6PD* (*Glukosa 6 Fosfat Dehidrogenase*) hilang dari selaput sel darah merah. Enzim *G6PD* membantu mengolah glukosa dan membantu menghasilkan *glutation* (mencegah pecahnya sel), dan diperlukan untuk menstabilkan membran sel darah merah dengan pengaktifan komponen oksidan. Jika *G6PD* berkurang, sel-sel merah akan menjadi rusak dan pecah apabila penderita termakan kepada bahan-bahan yang mempunyai ciri-ciri pengoksida. Kekurangan *G6PD* boleh menyerang semua bangsa, paling banyak dikalangan orang Afrika, Asia atau keturunan Mediterranean.

(b) Anemia hemolitik

Anemia hemolitik adalah penurunan jumlah sel darah merah akibat destruksi, atau penghancuran berlebihan sel darah merah. Sisa sel darah merah yang ada bersifat normositik dan normokromik. Pembentukan sel darah merah di sumsum tulang akan meningkat untuk mengganti sel-sel yang mati. Bergantung pada penyebabnya, anemia hemolitik dapat timbul hanya sekali atau berulang. Beberapa penyebab anemia hemolitik, antara lain anemia sel sabit, malaria, penyakit hemolitik pada bayi yang baru lahir, dan reaksi transfusi.

(c) Pembesaran limpa

Banyak penyakit yang dapat menyebabkan pembesaran limpa. Jika membesar, limpa cenderung menangkap dan menghancurkan sel darah merah. Semakin banyak sel yang terjebak, maka limpa semakin besar dan semakin membesar limpa, maka semakin banyak sel yang terjebak. Anemia yang disebabkan oleh pembesaran limpa, biasanya berkembang secara perlahan dan gejalanya cenderung ringan. Kadang anemianya cukup berat, sehingga perlu dilakukan pengangkatan limpa (*splenectomy*). Pembesaran limpa juga seringkali menyebabkan berkurangnya jumlah keping darah dan sel darah putih.

(d) Kerusakan mekanik pada sel darah merah

Dalam keadaan normal, sel darah merah berjalan di sepanjang pembuluh darah tanpa mengalami gangguan. Tetapi secara mekanik, sel darah merah bisa mengalami kerusakan karena adanya kelainan pada pembuluh darah (misalnya suatu *aneurishma*), katup jantung buatan atau karena tekanan darah yang sangat tinggi. Kelainan tersebut bisa menghancurkan sel darah merah dan menyebabkan sel darah merah mengeluarkan isinya ke dalam darah.

(e) Reaksi autoimun terhadap sel darah merah

Kadang-kadang sistem kekebalan tubuh mengalami gangguan fungsi dan menghancurkan selnya sendiri, karena keliru mengenalinya sebagai bahan asing (reaksi autoimun). Jika suatu reaksi autoimun ditujukan kepada sel darah merah, akan terjadi anemia hemolitik autoimun. Anemia hemolitik autoimun memiliki banyak penyebab, tetapi sebagian besar penyebabnya tidak diketahui atau berasal dari dirinya (idiopatik). Anemia hemolitik autoimun dibedakan dalam dua jenis utama, yaitu anemia hemolitik antibodi hangat (bereaksi terhadap sel darah merah pada suhu tubuh) dan anemia hemolitik antibodi dingin (bereaksi terhadap sel darah merah dalam suhu yang dingin).

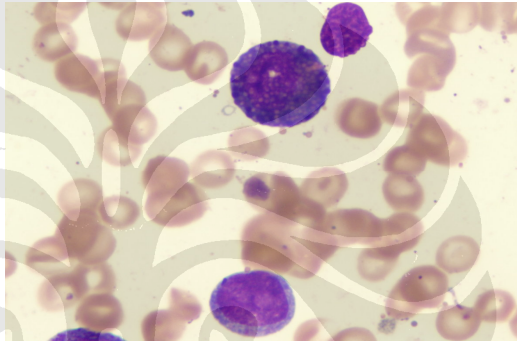
2.1.2.2 Penyakit sel darah putih

Beberapa jenis penyakit yang disebabkan adanya kelainan pada sel darah putih, antara lain:

1. Leukemia

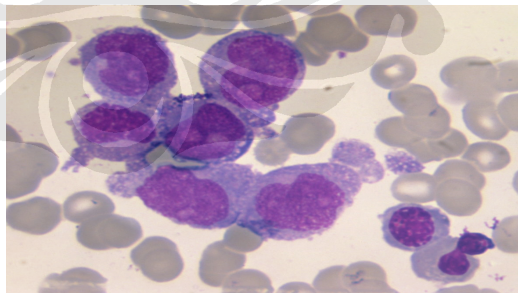
Leukimia adalah kanker salah satu jenis sel darah putih di sum-sum tulang. Leukimia terjadi pada penderita yang ditemukan banyak sel darah putih, dimana sel darah putih yang tampak banyak merupakan sel muda yang muda, misalnya promielosit. Jumlah yang semakin meninggi ini dapat mengganggu fungsi normal dari sel lainnya. Leukimia dapat diklasifikasikan berdasarkan prevalensi empat tipe utama, diantaranya :

- (a) Leukimia limfositik akut (LLA) merupakan tipe leukimia paling sering terjadi pada anak-anak. Penyakit ini juga terdapat pada dewasa yang terutama telah berumur 65 tahun atau lebih.



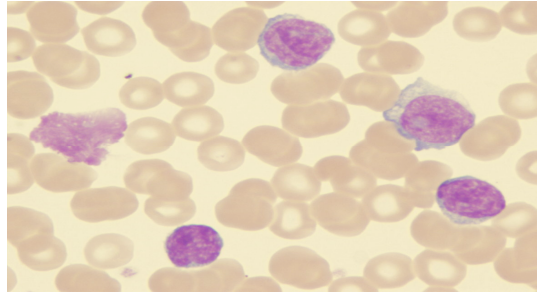
Gambar 2.4 Citra darah *Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)*

- (b) Leukimia mielositik akut (LMA) lebih sering terjadi pada orang dewasa daripada anak-anak. Tipe ini dahulunya disebut leukimia nonlimfositik akut.



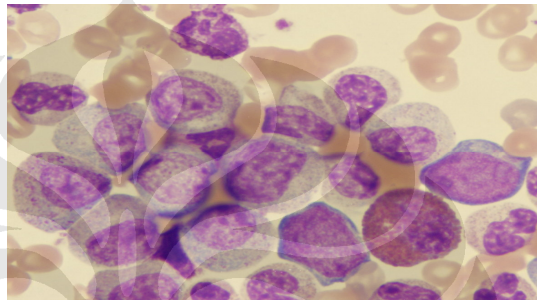
Gambar 2.5 Citra darah *Acute Myelogenous Leukimia (AML)*

- (c) Leukimia limfositik kronis (LLK) sering diderita oleh orang dewasa yang berumur lebih dari 55 tahun. Kadang-kadang juga diderita oleh dewasa muda, dan hampir tidak ada pada anak-anak.



Gambar 2.6 Citra darah *Chronic Lymphocytic Leukimia (CLL)*

(d) Leukimia mielositik kronis (LMK) sering terjadi pada orang dewasa. Dapat juga terjadi pada anak-anak, namun sangat sedikit.

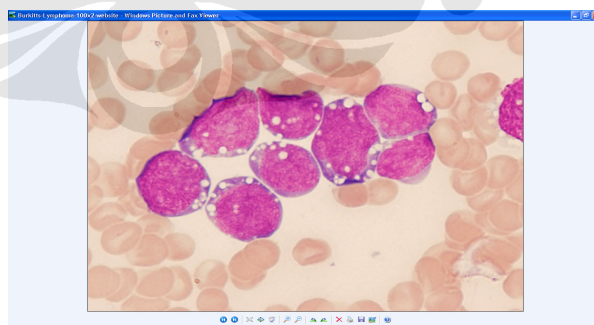


Gambar 2.7 Citra darah *Chronic Myelogenous Leukimia (CML)*

Tipe yang sering diderita orang dewasa adalah LMA dan LLK, sedangkan LLA sering terjadi pada anak-anak.

2. *Burkitts Lymphoma*

Burkitts Lymphoma adalah jenis penyakit *non-Hodgkin Lymphoma (NHL)* yang paling sering terjadi pada anak-anak muda yang berusia sekitar 12 dan 30 tahun.



Gambar 2.8 Citra darah *Burkitts Lymphoma (BL)*

3. Neutropenia

Neutropenia adalah penurunan jumlah sel darah putih neutrofil. Neutropenia terjadi saat tidak terdapat sel darah putih jenis tertentu yang cukup untuk

melindungi tubuh melawan infeksi bakteri. Orang-orang yang meminum obat-obat kemoterapi untuk membunuh kanker mungkin dapat menjangkit neutropenia.

4. *Human Immunodeficiency Virus (HIV)*

Human Immunodeficiency Virus (HIV) menyerang sel-sel darah putih jenis tertentu (limfosit), yang bekerja melawan infeksi. Infeksi karena virus dapat menyebabkan *AIDS (Acquired Immunodeficiency Syndrome)*, menyebabkan tubuh mudah terserang infeksi dan beberapa penyakit lain. Remaja dan orang dewasa dapat terjangkit penyakit ini, melalui hubungan seksual dengan orang yang terinfeksi atau dari penggunaan bersama jarum yang terkontaminasi yang digunakan untuk menyuntikkan obat, narkoba atau tinta tato.

2.1.2.3 Penyakit keping darah

Salah satu jenis penyakit yang disebabkan oleh adanya kelainan pada keping darah adalah *Thrombocytopenia* atau jumlah keping darah yang lebih rendah dari seharusnya. Biasanya didiagnosa karena seseorang mengalami pendarahan atau pembengkakan yang tidak normal. *Thrombocytopenia* dapat terjadi saat seseorang mengkonsumsi obat-obatan tertentu, terjangkit infeksi atau leukemia, atau saat tubuh menggunakan keping darah terlalu banyak. *Idiopathic Thrombocytopenia Purpura (ITP)* adalah kondisi di mana sistem kekebalan tubuh menyerang dan menghancurkan keping darah.

2.1.2.4 Penyakit sistem pembekuan darah

Sistem pembekuan darah bergantung pada keping darah dan juga seberapa banyak jumlah faktor pembeku dan komponen darah lain. Jika cacat turunan mempengaruhi salah satu komponen ini, seseorang dapat mengalami kelainan pendarahan. Kelainan pendarahan yang umum terdiri dari:

1. Hemofilia

Kondisi turunan yang khususnya hampir hanya dialami oleh pria, menyebabkan kekurangan faktor-faktor pembeku tertentu dalam darah. Orang-orang dengan hemofilia parah berada dalam resiko pendarahan berlebihan dan pembengkakan setelah pemeriksaan gigi, operasi, dan trauma. Selama

hidupnya, mereka mungkin seringkali mengalami pendarahan dalam, walaupun saat mereka sedang tidak terluka.

2. Penyakit *Von Willeberd*

Penyakit *Von Willeberd* mengalami kelainan pendarahan turunan yang paling umum, juga melibatkan penurunan faktor pembeku. Ini terjadi baik pada pria maupun wanita.

2.2 Konsep Dasar Citra Digital

Citra diskrit atau citra digital adalah gambar pada dwimatra atau dua dimensi yang merupakan informasi berbentuk visual dan dihasilkan melalui proses digitalisasi terhadap citra analog dua dimensi yang kontinu. Data digital direpresentasikan dalam komputer berbentuk kode seperti biner dan desimal.

Referensi citra digital terdiri dari 2 bagian yaitu :

1. Bitmap

Gambar Bitmap direpresentasikan dalam bentuk matrik, atau dipetakan dengan menggunakan bilangan biner atau sistem bilangan lain, memiliki kelebihan untuk memanipulasi warna namun untuk merubah objek lebih sulit.

2. Grafik

Gambar grafik data tersimpan dalam bentuk vektor posisi, dimana yang tersimpan dalam bentuk vektor posisinya dengan bentuk sebuah fungsi, lebih sulit dalam merubah warna tetapi lebih mudah membentuk objek dengan cara merubah nilai.

2.2.1 Model Citra Digital

Citra merupakan fungsi menerus (*continue*) dari intensitas cahaya pada bidang dimatra. Secara matematis, fungsi intensitas cahaya pada bidang dua dimensi disimbolkan dengan $f(x,y)$, dimana :

- (x,y) : koordinat pada bidang dimensi,
- $F(x,y)$: intensitas cahaya (*brightness*) pada titik (x,y) .

Karena cahaya merupakan bentuk energi, maka intensitas cahaya merupakan bentuk energi, maka intensitas cahaya bernilai antara 0 sampai tidak berhingga yaitu, $0 \leq f(x,y) \leq \infty$.

$$f(x,y) = i(x,y) \cdot r(x,y) \quad (2.1)$$

Dimana :

- $i(x,y)$: jumlah cahaya yang berasal dari sumbernya (*illumination*) yang nilainya $0 \leq i(x,y) \leq \infty$. Nilai $i(x,y)$ ditentukan oleh sumber cahaya.
- $r(x,y)$: derajat kemampuan obyek memantulkan cahaya (*reflection*) yang nilainya $0 \leq r(x,y) \leq 1$. Nilai $r(x,y)$ ditentukan oleh karakteristik obyek di dalam citra.
 $r(x,y) = 0$ mengindikasikan penyerapan total dan $r(x,y) = 1$ mengindikasikan pemantulan total.

Citra digital berbentuk empat persegi panjang dan dimensi ukurannya dinyatakan sebagai tinggi x lebar (lebar x panjang). Citra digital yang tingginya N , lebarnya M dan memiliki L derajat keabuan dapat dianggap sebagai fungsi :

$$f(x,y) \begin{cases} 0 \leq x \leq M \\ 0 \leq y \leq N \\ 0 \leq f \leq L \end{cases} \quad (2.2)$$

Citra digital yang berukuran $N \times M$ lazimnya dinyatakan dengan matriks berukuran N baris dan M kolom, dan masing-masing elemen pada citra digital disebut pixel (*picture element*).

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,M) \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

2.2.2 Elemen-Elemen Dasar Citra Digital

Elemen-elemen dasar dari citra digital, yaitu :

1. Kecerahan (*brightness*)

Kecerahan merupakan intensitas cahaya rata-rata dari suatu area citra yang melingkupinya.

2. Kontras (*contrast*)

Sebaran terang (*lightness*) dan gelap (*darkness*) di dalam sebuah citra. Citra dengan kontras rendah komposisi citranya sebagian besar terang atau sebagian

besar gelap. Citra dengan kontras yang baik, komposisi gelap dan terangnya tersebar merata.

3. Kontur (*contour*)

Kontur adalah keadaan yang ditimbulkan oleh perubahan intensitas pada piksel-piksel tetangga, sehingga dapat mendeteksi tepi objek di dalam citra.

4. Warna (*color*)

Warna merupakan persepsi yang dirasakan oleh sistem visual manusia terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh objek. Warna-warna yang dapat ditangkap oleh mata manusia merupakan kombinasi cahaya dengan panjang berbeda. Kombinasi yang memberikan rentang warna paling lebar adalah *red* (*R*), *green* (*G*), dan *blue* (*B*).

5. Bentuk (*shape*)

Bentuk adalah properti intrinsik dari objek tiga dimensi, dengan pengertian bahwa bentuk merupakan properti intrinsik utama untuk visual manusia. Umumnya citra yang dibentuk oleh manusia merupakan dua dimensi (2D), sedangkan objek yang dilihat adalah tiga dimensi (3D).

6. Tekstur (*texture*)

Tekstur adalah distribusi spesial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan piksel-piksel yang bertetangga.

2.2.3 Pencuplikan (*sampling*) dan Kuantisasi *Greylevel*

Pencuplikan adalah suatu metode untuk mencacah atau mencuplik suatu gambar analog yang kontinu diubah menjadi gambar diskrit dan merupakan proses untuk menentukan warna pada piksel tertentu pada citra dari sebuah gambar yang kontinu. Dengan proses *sampling* akan diperoleh hasil pembulatan warna rata-rata dari gambar analog. Proses *sampling* sering juga disebut proses digitisasi.

Dalam proses pencuplikan, warna rata-rata yang diperoleh dapat juga dihubungkan ke *level* warna tertentu. Kuantisasi merupakan proses mengasosiasikan warna rata-rata dengan tingkatan warna tertentu. Tujuan kuantisasi adalah untuk memberi nilai digital pada setiap *sampling* sehingga terjadi konversi dari data analog atau kontinu menjadi data digital.

Kuantisasi membagi skala keabuan (0,L) menjadi G level yang dinyatakan dengan suatu harga bilangan bulat (*integer*), biasanya G diambil perpangkatan dari dua.

$$G = 2^m \quad (2.4)$$

Dimana,

G : derajat keabuan (*greylevel*)

m : bilangan bulat positif

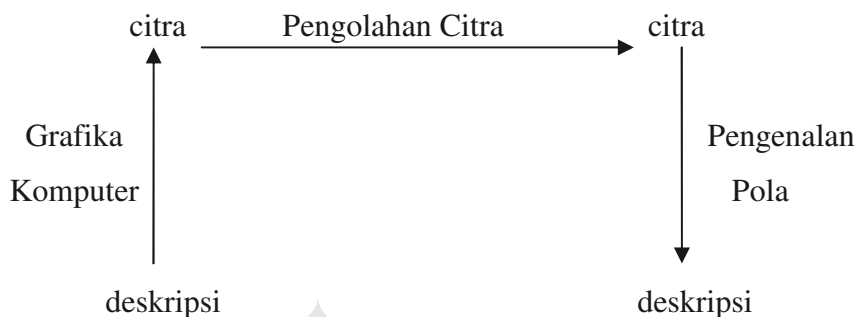
Hitam dinyatakan dengan nilai *graylevel* keabuan terendah, sedangkan putih dinyatakan dengan nilai *graylevel* keabuan tertinggi, misalnya 15 untuk 16 level. Jumlah bit yang dibutuhkan untuk merepresentasikan nilai keabuan piksel disebut *pixel depth*. Sehingga citra dengan kedalaman 8 bit sering disebut citra-8 bit. Besarnya *greylevel* yang digunakan untuk menentukan resolusi kecerahan dari citra yang diperoleh. Semakin banyak jumlah *greylevel* (jumlah bit kuantisasinya makin banyak), semakin bagus gambar yang diperoleh karena kemenerusan *greylevel*, akan semakin tinggi sehingga mendekati citra aslinya.

2.2.4 Operasi Pengolahan Citra

Di dalam bidang komputer, ada tiga bidang studi yang berkaitan dengan data citra, namun tujuan ketiganya berbeda, yaitu :

1. Grafika Komputer (*computer graphics*) bertujuan menghasilkan citra (lebih tepat disebut grafik) dengan primitif-primitif geometri seperti garis, lingkaran, dan sebagainya, yang memerlukan data deskriptif untuk melukis elemen-elemen gambar seperti koordinat titik.
2. Pengolahan citra (*image processing*) bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin (komputer). Teknik-teknik citra mentransformasikan citra menjadi citra lain (masukannya adalah citra dan keluarannya juga citra). Namun citra keluaran mempunyai kualitas lebih baik daripada citra masukan.
3. Pengenalan Pola (*pattern recognition/image interpretation*) bertujuan mengelompokkan data numerik dan simbolik (termasuk citra) secara otomatis oleh mesin (komputer). Tujuan pengelompokan adalah untuk mengenali suatu objek di dalam citra.

Hubungan antara ketiga bidang (grafika komputer, pengolahan citra, pengenalan pola) ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Tiga bidang studi yang berkaitan dengan citra

Operasi-operasi yang dilakukan di dalam pengolahan citra banyak ragamnya. Secara umum, operasi pengolahan citra dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Perbaikan kualitas citra (*image enhancement*)

Jenis operasi ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra dengan cara memanipulasi parameter-parameter citra. Dengan operasi ini, ciri-ciri khusus yang terdapat di dalam citra lebih ditonjolkan.

Contoh-contoh operasi perbaikan citra :

- a. Perbaikan gelap/terang,
- b. perbaikan tepian objek (*edge enhancement*),
- c. penajaman (*sharpening*),
- d. pemberian warna semu (*pseudocoloring*), dan
- e. penapisan derau (*noise filtering*).

2. Pemugaran citra (*image restoration*)

Operasi ini bertujuan menghilangkan atau meminimumkan cacat pada citra. Tujuan pemugaran citra hampir sama dengan operasi perbaikan citra. Bedanya, pada pemugaran citra penyebab degradasi gambar diketahui.

Contoh-contoh operasi pemugaran citra adalah penghilangan kesamaran (*deblurring*) dan penghilangan derau (*noise*).

3. Pemampatan citra (*image compression*)

Jenis operasi ini dilakukan agar citra dapat direpresentasikan dalam bentuk yang lebih kompak sehingga memerlukan memori yang lebih sedikit. Hal penting yang harus diperhatikan dalam pemampatan adalah citra yang telah dimampatkan harus tetap mempunyai kualitas gambar yang bagus. Contoh metode pemampatan citra adalah metode *JPEG*.

4. Segmentasi citra (*image segmentation*)

Jenis operasi ini bertujuan untuk memecah suatu citra ke dalam beberapa segmen dengan suatu kriteria tertentu. Jenis operasi ini berkaitan erat dengan pengenalan pola.

5. Pengorakan citra (*image analysis*)

Jenis operasi ini bertujuan menghitung besaran kuantitatif dari citra untuk menghasilkan deskripsinya. Teknik pengorakan citra mengekstraksi ciri-ciri tertentu yang membantu dalam identifikasi objek. Proses segmentasi kadangkala diperlukan untuk melokalisasi objek yang diinginkan dari sekelilingnya.

Contoh-contoh operasi pengorakan citra :

- a. Pendeteksian tepi objek (*edge detection*),
- b. ekstraksi batas (*boundary*), dan
- c. representasi daerah (*region*).

6. Rekonstruksi citra (*image reconstruction*)

Jenis operasi ini bertujuan membentuk ulang objek dari beberapa citra hasil proyeksi.

Pengolahan citra mempunyai aplikasi yang sangat luas dalam berbagai bidang kehidupan. Di bawah ini disebutkan beberapa aplikasi dalam berbagai bidang :

1. Bidang perdagangan

- (a) Pembacaan kode batang (*bar code*) yang tertera pada barang (umum digunakan di pasar swalayan/supermarket).
- (b) Mengenali huruf/angka pada suatu formulir secara otomatis.

2. Bidang militer

- (a) Mengenali sasaran peluru kendali melalui sensor visual.

- (b) Mengidentifikasi jenis pesawat musuh.
- 3. Bidang kedokteran
 - (a) Pengolahan citra sinar X untuk mammografi (deteksi kanker payudara).
 - (b) *NMR (Nuclear Magnetic Resonance)*.
 - (c) Mendeteksi kelainan tubuh dari foto sinar X.
 - (d) Rekonstruksi foto janin hasil *USG*.
- 4. Bidang biologi

Pengenalan jenis kromosom melalui gambar mikroskopik.
- 5. Komunikasi data

Pemampatan citra yang ditransmisi.
- 6. Hiburan

Pemampatan video (*MPEG*).
- 7. Robotika

Visually-guide autonomous navigation.
- 8. Pemetaan

Klasifikasi penggunaan tanah melalui foto udara/LANDSAT.
- 9. Geologi

Mengenali jenis batu-batuan melalui foto udara/LANDSAT.
- 10. Hukum
 - (a) Pengenalan sidik jari.
 - (b) Pengenalan foto narapidana.

2.2.5 Pewarnaan dalam Citra

Warna secara utuh bergantung pada sifat pantulan (*reflectance*) suatu objek. Warna yang dilihat merupakan yang dipantulkan sedangkan yang lainnya diserap. Sehingga sumber sinar perlu diperhitungkan begitu pula sifat alami sistem visual manusia ketika menangkap suatu warna.

Ada beberapa jenis citra pewarnaan, yaitu :

1. Citra monokrom (*monochrome image*)

Citra monokrom merupakan citra hitam-putih fungsi $f(x,y)$ sebagai fungsi tingkat keabuan, fungsi dua dimensi (2D) dengan x menyatakan variabel baris dan y variabel kolom.
2. Citra multispektural

Citra multispektural merupakan citra berwarna biasanya dinyatakan dalam tiga komponen *RGB* (*Red-Green-Blue*). Intesitas suatu titik pada citra berwarna merupakan kombinasi dari intesitas :

$$f(x,y) = \{f_{\text{merah}}(x,y), (f_{\text{hijau}}(x,y), (f_{\text{biru}}(x,y)))\} \quad (2.5)$$

3. Derajat keabuan (*greylevel*)

Greylevel merupakan intesitas fungsi citra hitam-putih pada titik (x,y). *Greylevel* bergerak dari hitam ke putih dan skala keabuan memiliki rentang :

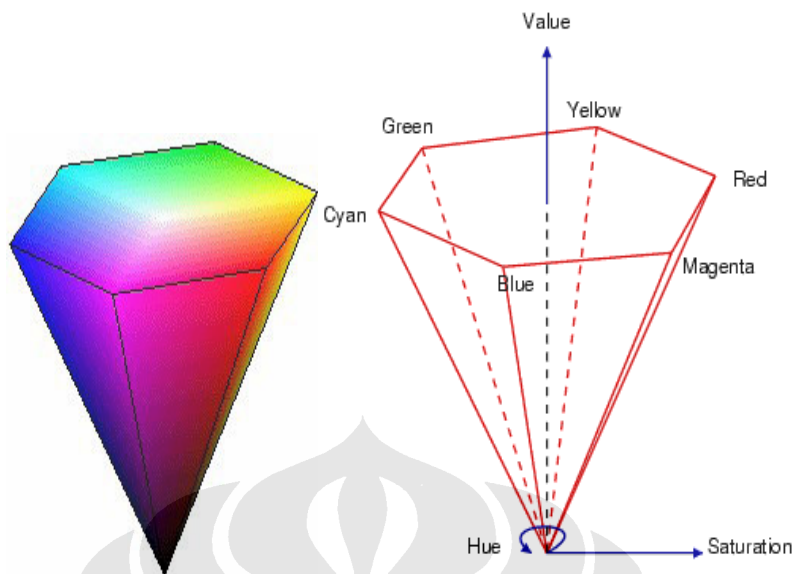
$$I_{\min} < f < I_{\max} \text{ atau } [0,L] \quad (2.6)$$

Dimana, intesitas 0 menyatakan hitam dan L menyatakan putih.

Contoh : citra hitam-putih dengan 256 level, artinya mempunyai skala abu-abu dari 0 sampai 255 atau [0,255], dalam hal ini nilai 0 menyatakan hitam dan 255 menyatakan putih, nilai antara 0 sampai 255 menyatakan warna keabuan yang terletak antara hitam dan putih.

4. *Hue Saturation Value* (*HSV*)

Alternatif lain dari *Hue Value Luminancy* (*HSL*) adalah *Hue Saturation Value* (*HSV*). Pada ruang warna *HSV*, *Luminancy* digantikan dengan *Value*. *HSV* dapat divisualisasikan dengan sebuah poligon seperti pada Gambar 2.10. *Hue* merupakan sudut warna yang melingkari poligon, jadi misalnya jika warna merah $hue = 0^\circ$ maka hue untuk warna hijau = 120° dan untuk warna biru nilai hue -nya adalah 240° . *Saturation* merupakan jarak terhadap sumbu tegak, dan *Value* merupakan sumbu tegak yang menghubungkan puncak dan dasar poligon.



Gambar 2.10 Ruang warna HSV

2.3 Konsep Dasar Logika Fuzzy

Logika fuzzy yang pertama kali diperkenalkan oleh *Lotfi A. Zaedah*, memiliki derajat keanggotaan dalam rentang nilai kebenaran yang kontinyu dalam interval 0 sampai 1, berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai yaitu 0 atau 1. Logika fuzzy digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (*linguistic*), misalkan besaran laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat dan sangat cepat.

Secara umum dalam sistem logika fuzzy terdapat empat buah elemen dasar, yaitu:

1. Basis kaidah (*rule base*), yang berisi aturan-aturan secara linguistik yang bersumber dari para pakar.
2. Suatu mekanisme pengambilan keputusan (*inference engine*), yang memperagakan bagaimana para pakar mengambil suatu keputusan dengan menerapkan pengetahuan (*knowledge*).
3. Proses fuzzifikasi (*fuzzification*), yang mengubah besaran tegas (*crisp*) ke besaran fuzzy.

4. Proses defuzzifikasi (*defuzzification*), yang mengubah besaran fuzzy hasil dari *inference engine* menjadi besaran tegas (*crisp*).

2.3.1 Fuzzy Sets

Fuzzy sets menggambarkan konsep-konsep kesamar-samaran. Dalam sistem *fuzzy*, data tidak lagi direpresentasikan dalam bentuk notasi angka seperti data *crisp*. Oleh sebab itu, data dalam *fuzzy sets* memuat kemungkinan keanggotaan yang tidak sepenuhnya atau *parsial*.

2.3.2 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses untuk menjadikan nilai masukan menjadi tingkatan keanggotaan yang bernilai antara nol dan satu. Disebutkan pula sebagai proses pembentukan fungsi keanggotaan dari masukan.

Proses fuzzifikasi dalam beberapa penjelasan memiliki beberapa cara untuk menentukan fungsi keanggotaannya, yaitu :

- (a) *Intuisi*, berdasarkan pada pengetahuan kita.
- (b) *Inferensi*, berdasarkan pengambilan keputusan.
- (c) *Rank Ordering*, mendefinisikan berdasarkan peringkat data.
- (d) *Fuzzy Angula*, berlaku sudut (*angular*) yang berlawanan.
- (e) Jaringan Syaraf Tiruan (*Artifisial Neural Network*).
- (f) Algoritma Genetika.
- (g) *Inductive reasoning*.

2.3.3 Fungsi Keanggotaan (*Membership Function*)

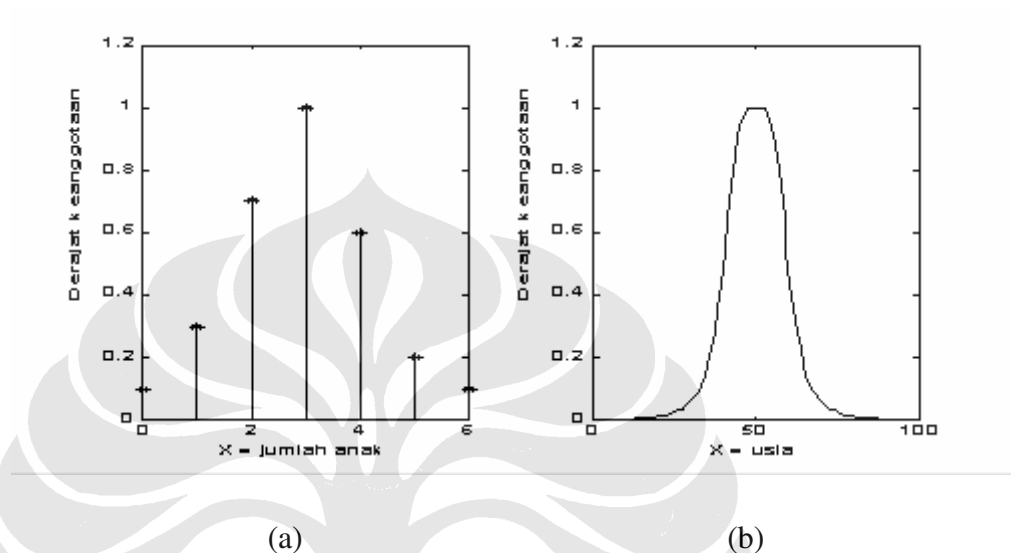
Jika X adalah suatu kumpulan obyek-obyek dan x adalah elemen dari X . Maka himpunan *fuzzy* A yang memiliki domain X didefinisikan sebagai :

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad (2.7)$$

Dimana nilai $\mu_A(x)$ berada dalam rentang 0 hingga 1.

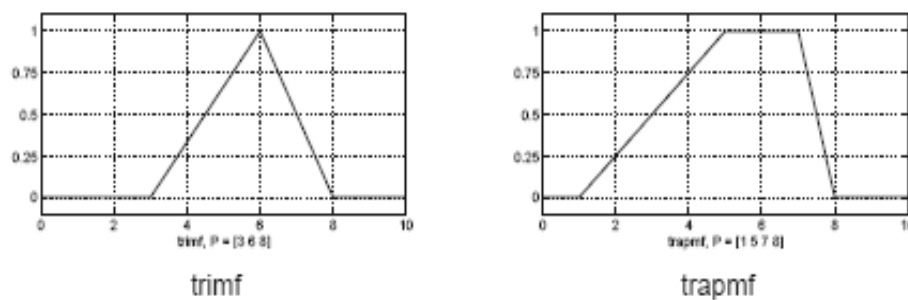
Terdapat dua cara yang lazim dalam mempresentasikan himpunan *fuzzy*, yang dapat dilihat pada Gambar 2.11, yaitu :

1. $A = \sum_{x_i \in X} \mu_A(x_i)/x_i$, jika X adalah merupakan koleksi objek diskrit
2. $A = \int_x \mu_A(x)/x$, jika X adalah merupakan koleksi objek kontinyu.



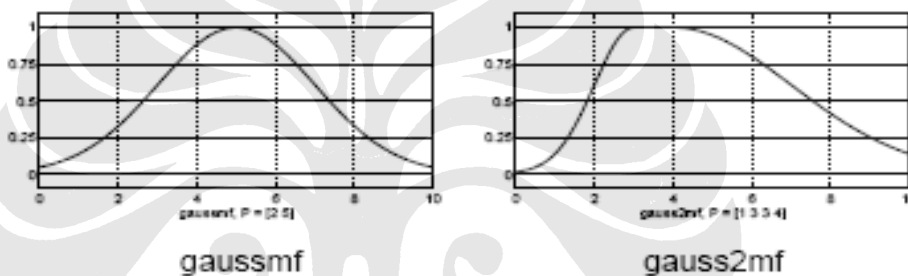
Gambar 2.11 Fungsi keanggotaan dengan semesta pembicaraan,
(a) diskrit, (b) kontinyu.

Fungsi-fungsi keanggotaan fuzzy terparameterisasi satu dimensi yang umum digunakan diantaranya adalah fungsi keanggotaan Segitiga, fungsi keanggotaan Trapesium, fungsi keanggotaan Gaussian, fungsi keanggotaan *generalized bell* dan fungsi keanggotaan Sigmoid. Cara yang paling mudah dalam menggambarkan fungsi keanggotaan adalah dengan garis lurus, dalam hal ini yang paling sederhana adalah fungsi keanggotaan bentuk Segitiga, kemudian bentuk Trapesium (*Trapezoidal*) yang memiliki atap dasar. Fungsi keanggotaan dengan garis lurus ini memiliki keuntungan yaitu kesederhanaannya.



Gambar 2.12 Fungsi keanggotaan Segitiga dan Trapesium

Bentuk fungsi keanggotaan Gaussian adalah berbentuk kurva distribusi Gaussian yang memiliki bentuk kurva yang halus. Dan ini menjadikan keunggulannya dalam beberapa aplikasi untuk menggambarkan *fuzzy sets*.



Gambar 2.13 Fungsi keanggotaan Gaussian

2.3.4 If-then Rules

Kaidah *fuzzy If-then rules* merupakan pernyataan kondisi fuzzy yang diasumsikan berbentuk

$$\text{If } x \text{ is } A \text{ then } y \text{ is } B \quad (2.8)$$

Dengan A dan B adalah nilai linguistik yang dinyatakan dengan himpunan fuzzy dalam semesta pembicaraan X dan Y. Sering kali “x adalah A” disebut sebagai *antecedent* atau *premise*, sedangkan “y adalah B” disebut *consequence* atau *conclusion*.

Kaidah *fuzzy if-then* “jika x adalah A maka y adalah B” sering kali disingkat dalam bentuk $A \circledast B$ yang merupakan suatu bentuk relasi *fuzzy biner* R pada produk ruang X,Y. Menerjemahkan *If-then rules* terbagi menjadi beberapa bagian, pertama mengevaluasi *antecedant* termasuk didalamnya fuzifikasi masukan dan

menggunakan operator fuzzy, kemudian yang kedua menggunakan hasil tersebut kedalam *consequent*.

2.3.5 Defuzzifikasi

Untuk mendapatkan kembali suatu nilai dari hasil sistem fuzzy, maka dilakukan proses defuzzifikasi terhadap kurva hasil *If-then rules*. Ada tujuh metode yang umum digunakan dalam defuzzifikasi :

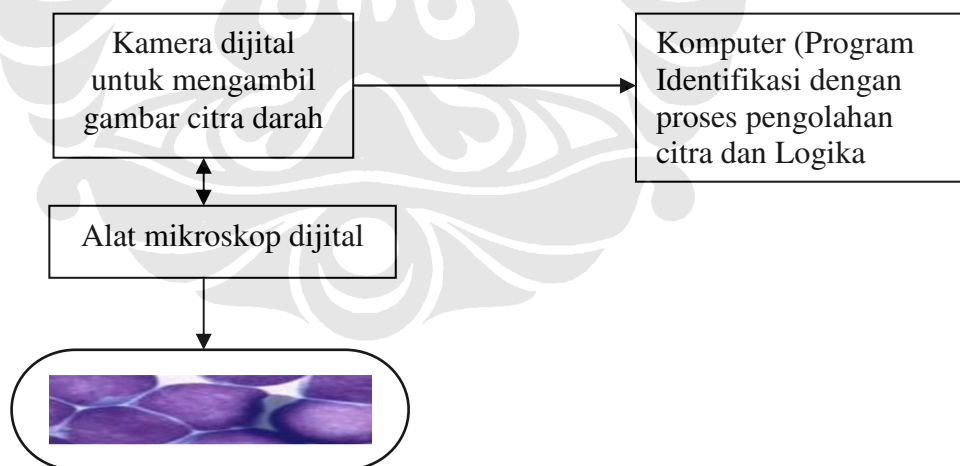
1. *Max-Membership*, atau yang biasa disebut juga *height method* yaitu titik potong diambil pada titik yang memiliki fungsi keanggotaan paling tinggi.
2. *Centroid* atau biasa disebut juga *center of area* atau *center of gravity* merupakan metode yang banyak digunakan karena berlaku secara umum.
3. *Wiegthed avarage*, metode ini hanya *valid* pada keluaran yang simetris, dengan cara merata-ratakan tiap bobot dari fungsi keanggotaan-keluaran.
4. *Mean-Max membership* atau biasa disebut *middle-of-maxima*, metode ini hampir sama dengan metode yang pertama hanya saja lokasi memiliki nilai fungsi keanggotaan terbesar tidak hanya satu. Nilai defuzzifikasi diperoleh dari harga rata-rata dari fungsi keanggotaan terbesar.
5. *Center of Sums*, metode ini memberikan proses yang lebih cepat dibandingkan dengan metode-metode lainnya.
6. *Center of Largest Area*, metode ini digunakan jika kurva hasil mempunyai setidaknya dua sub bagian yang konvek.
7. *First or Last Maxima*, metode ini mengambil nilai potong pada nilai dengan fungsi keanggotaan tertinggi pertama, dan sebagai alternatifnya dapat pula dipilih dari nilai fungsi keanggotaan tertinggi terakhir pada kurva hasil sistem fuzzy.

BAB 3

ALGORITMA PERENCANAAN SISTEM PENGENALAN PENYAKIT DARAH

Skripsi ini membahas tentang perencanaan suatu program untuk pengenalan penyakit darah dari *sampel* citra darah yang digunakan. Data yang berupa *sampel* citra darah yang akan diidentifikasi pada penelitian ini merupakan penyakit darah leukimia hasil citra darah mikroskopis digital, yaitu *Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)*, *Acute Myelogenous Leukimia (AML)*, dan *Burkitts Lymphoma (BL)* yang didapat dari Atlas Hematologi yang dikeluarkan oleh FKUI dan <http://www.healthsystem.virginia.edu/internet/hematology/HessIDB/home.cfm>.

Sample citra darah yang digunakan, akan di-*cropping* pada *Region of Interest (ROI)*, yaitu dalam berbagai kondisi penyakit darah untuk proses pengenalan penyakit darahnya.



Gambar 3.1 Deskripsi alat pengenalan penyakit darah dengan proses pengolahan citra dan Logika Fuzzy

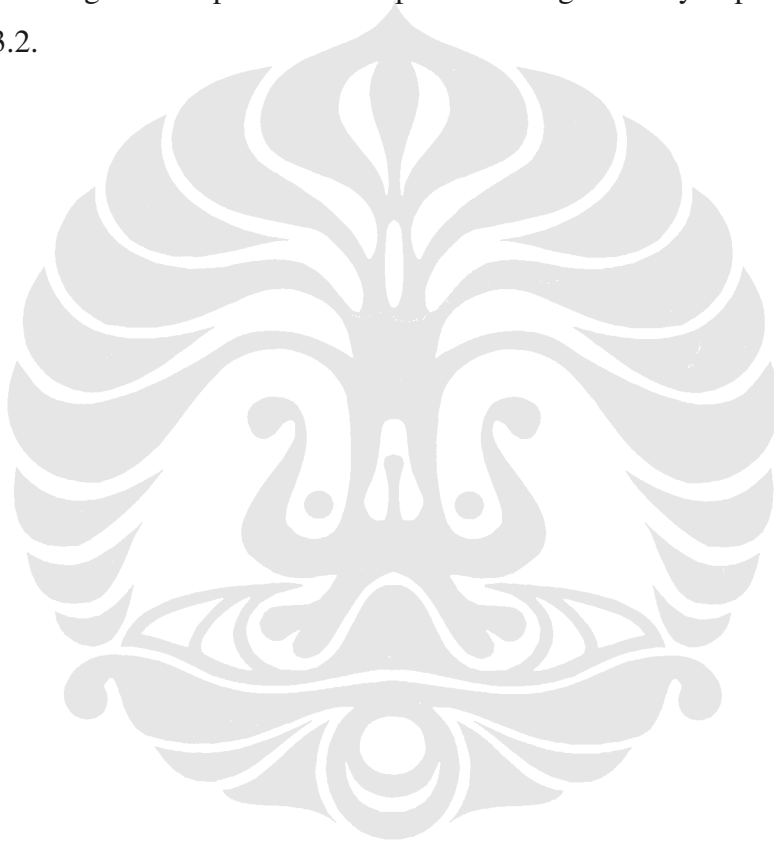
Proses pengenalan penyakit darah dengan citra darah ini, secara garis besar program ini dibagi menjadi dua tahap utama, yaitu proses pembentukan parameter karakteristik citra untuk pembentukan *FIS* dan proses pengenalan dengan *FIS*.

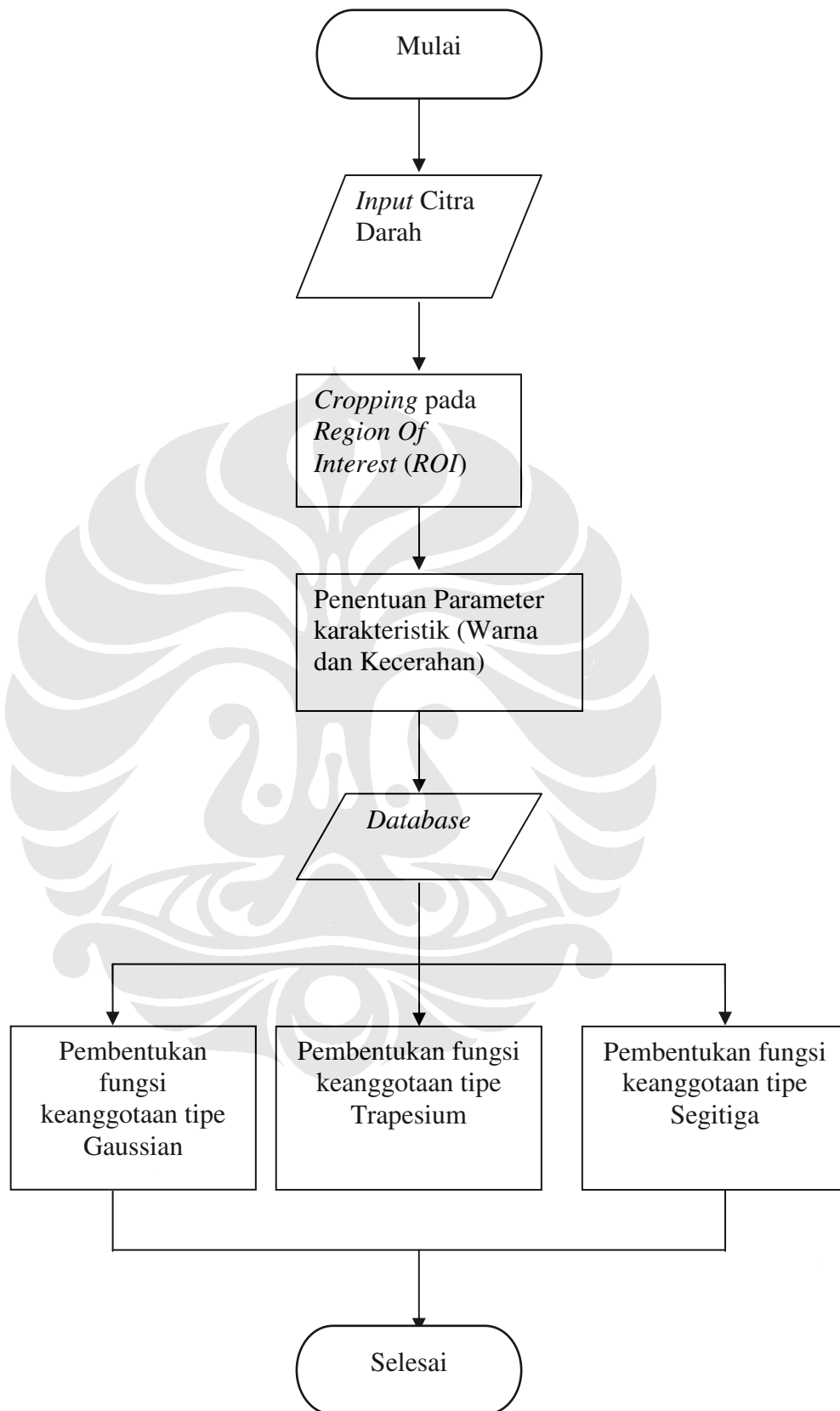
Kemudian program ini akan dianalisis dengan menggunakan metode Logika Fuzzy yang akan dirancang dengan menggunakan *software* perangkat lunak.

3.1 Proses Pembentukan Parameter karakteristik Citra

Proses pembentukan parameter karakteristik citra bertujuan untuk menentukan parameter-parameter karakteristik citra darah tersebut dan merupakan tahap yang paling penting dalam pengumpulan data untuk membentuk suatu *Fuzzy Inference System (FIS)*.

Diagram alir pembentukan parameter logika fuzzy dapat dilihat pada Gambar 3.2.





Gambar 3.2 Diagram alir pembentukan FIS

Proses pengolahan citra yang dilakukan dalam pembentukan parameter karakteristik citra adalah dengan *prosedure* sebagai berikut:

1. Masukan citra darah tersebut merupakan *sample* beberapa citra darah *RGB* (*red, green, blue*) yang disimpan dalam format *JPG*. Semula citra darah *RGB* yang digunakan berukuran dengan baris sama dengan 630 dan kolom sama dengan 850.

Algoritma perangkat lunak untuk masukan citra adalah sebagai berikut :

input citra = file citra darah ;

i = imread nama citra darah.jpg ;

tampilkan gambar (i)

2. Mengambil sebagian daerah yang diinginkan (*Region of Interest*) dengan *cropping* pada *ROI* yang tetap, yaitu pada daerah [300 272 520 448] nilai tersebut menyatakan [x_{awal} y_{awal} *length height*]. Kemudian diambil nilai *pixel* koordinat pusatnya pada *pixel* (260,224) untuk dilakukan identifikasi dengan ukuran dan jenis penyakit darah yang berbeda-beda.

Algoritma perangkat lunak *cropping* adalah sebagai berikut :

panggil input citra darah ;

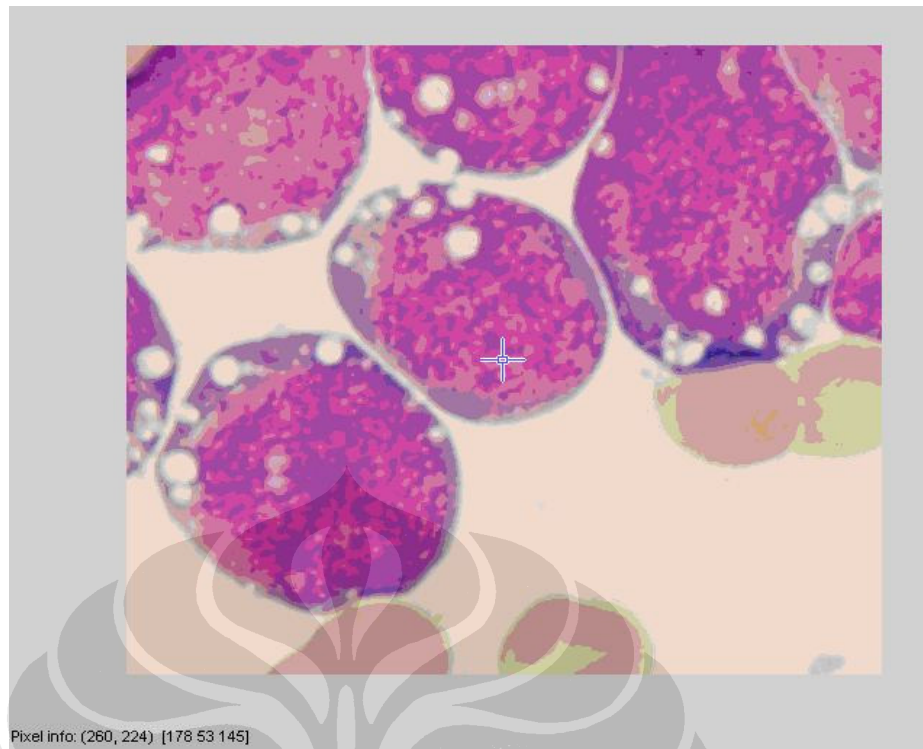
i = imread input citra darah ;

I = imcrop citra darah pada daerah [300 272 520 448] ;

h = tampilkan hasil cropping pada daerah tetap ;

tampilkan pixelinfo (h)

tampilkan pixelregion (h)



Gambar 3.3 Hasil *cropping* dengan koordinat pusat di *pixel* (260,224)

Setelah itu akan ditentukan ukuran *length* dan *hight* yang berbeda-beda dari hasil *cropping* dengan koordinat pusat *pixel* yang tetap, yaitu pada *pixel* (260,224) yang menyatakan x_{awal} sama dengan 260 dan y_{awal} sama dengan 224. Ukuran *length* dan *height* tidak boleh melebihi dari nilai *pixel* (260,224), dimana *length* harus lebih kecil dari 260 dan *height* harus lebih kecil dari 144.

Algoritma perangkat lunak-nya adalah sebagai berikut :

fungsi (g) = crop2 (I, length, height)

xb = length – 1 ;

yb = height – 1 ;

crop2 = imcrop (I) pada daerah [260 224 xb yb] ;

g = tampilkan hasil crop2

tampilkan pixelinfo(g)

% Menjalankan fungsi crop2 dengan mengubah ukuran

mulai

g = panggil fungsi crop2 (I, masukan length, masukan height);

kembali
selesai



Gambar 3.4 Koordinat pusat di pixel (260,224)
dengan $length = 40$ dan $height = 30$

3. Kemudian citra *RGB* darah diubah menjadi citra *HSV* (*Hue Saturation Value*) untuk mendapatkan parameter karakteristik citranya. Pada penelitian ini tidak digunakan *Saturation* sebagai parameter karakteristik citra. Parameter karakteristik citra yang akan digunakan, yaitu berdasarkan warna (*hue*) dan kecerahan (*value*). Dari parameter karakteristik citra tersebut, untuk setiap *cropping* penyakit darah akan ditentukan nilai *hue* dan nilai *value*. Kedua nilai tersebut akan digunakan sebagai parameter distribusi penyebaran *membership function* pada *variable input FIS*.

Algoritma perangkat lunak nilai parameter karakteristik citranya adalah sebagai berikut :

panggil input citra darah ;

$i = \text{imread}$ citra darah ;

ubah citra darah *RGB* (i) menjadi citra darah *HSV* ;

$H = \text{HSV}(:, :, 1)$;

$V = \text{HSV}(:, :, 3)$;

$n = \text{ukuran HSV}$;

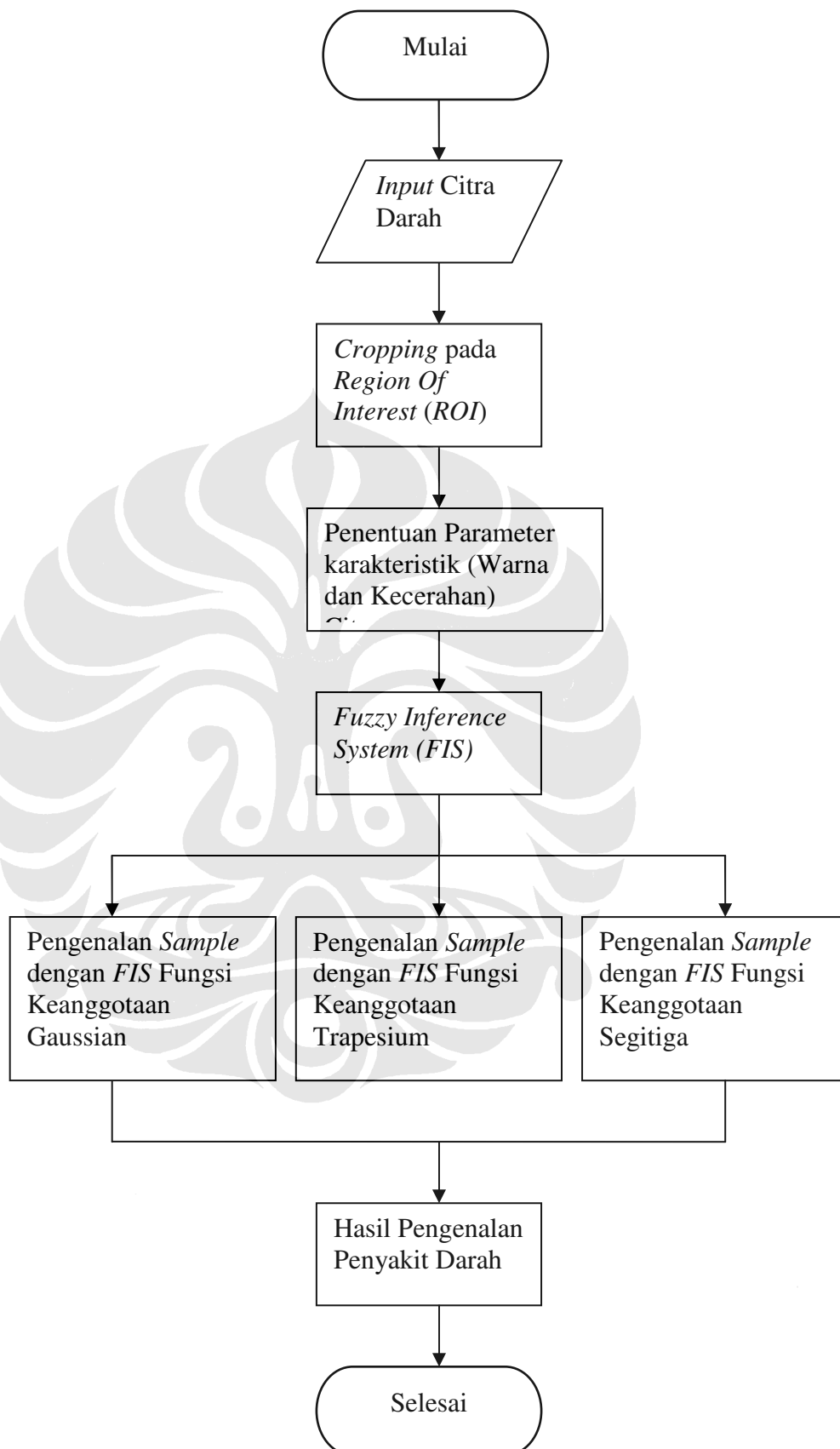
Setelah didapatkan masukan citra darah dan pembentukan karakteristik citra darah, hasil data-data tersebut dikumpulkan menjadi suatu *database* yang kemudian digunakan untuk membentuk suatu fungsi keanggotaan (*membership function*) pada *Fuzzy Inferences System* yang akan dibuat. *Database* nilai

parameter citra darah *hue* dan *value* untuk setiap jenis penyakit darah, dapat dilihat di halaman lampiran pada tabel lampiran 1.1.

3.2 Proses Pengenalan dengan *Fuzzy Inference System*

Pada proses pengenalan dengan *Fuzzy Inference System (FIS)* akan melakukan 3 tahap hasil identifikasi penyakit darah, yaitu pengenalan *sample* dengan *FIS* fungsi keanggotaan Gaussian, pengenalan *sample* dengan *FIS* fungsi keanggotaan Trapesium, dan pengenalan *sample* dengan *FIS* fungsi keanggotaan Segitiga. Ketiga tipe *FIS* tersebut, masing-masing akan dilakukan proses pembentukan *FIS* fungsi keanggotaan untuk mendapatkan parameter karakteristik *Fuzzy Inference System*-nya sehingga dapat digunakan pada sistem pengenalan dengan *FIS*. Tingkat keakuratan hasil pengenalan program ini akan ditentukan oleh proses pembentukan karakteristik *Fuzzy Inference System*-nya.

Diagram alir proses pengenalan dengan *Fuzzy Inference System (FIS)* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram alir Pengenalan dengan *Fuzzy Inference System*

Algoritma perangkat lunak pengenalan dengan *Fuzzy Inference System (FIS)* adalah sebagai berikut :

```

% input citra darah
Panggil dan pilih citra darah ;
i = imread nama citra darah.jpg ;
% crop
Tampilkan gambar (i) ;
I = imcrop citra darah pada daerah [300 272 520 448] ;
h = tampilkan gambar (I) ;
tampilkan pixelinfo (h)
% Menjalankan fungsi crop2 dengan mengubah ukuran
g = panggil fungsi crop2 (I, masukan length, masukan height);
% identifikasi
HSV= ubah citra darah RGB menjadi citra darah HSV (I) ;
H=HSV(:, :, 1) ;
V=HSV(:, :, 3) ;
A = warna (H) ;
B = kecerahan (V) ;
struktur FIS = baca FIS ('Tipe FIS') ;
output = kalkulasi FIS ([A B], struktur FIS) ;
jika output lebih besar sama dengan 0 dan output lebih kecil sama dengan 0.1660
    penyakit darah = ['Acute Lymptotic Leukemia']
selesai
jika output lebih besar dari 0.1660 dan output lebih kecil sama dengan 0.49
    penyakit darah = ['Burkitts Lymphoma']
selesai
jika output lebih besar dari 0.49 dan output lebih kecil sama dengan 1
    penyakit darah = ['Acute Myelogenous Leukemia']
selesai

```

Pada sistem pengenalan penyakit darah terdapat dua *variable* masukan dan satu *variable* keluaran. *Variable* masukan merupakan parameter karakteristik citra, yaitu warna dan kecerahan, sebagai *variable* keluaran adalah penyakit darah

Leukimia. Tiap masukan dan keluaran memiliki tiga fungsi keanggotaan (*membership function*) yang mewakili penyakit darah leukimia yang akan diidentifikasi, yaitu 1 *Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)*, 2 *Acute Myelogenous Leukimia (AML)*, dan 3 *Burkitts Lymphoma (BL)*. Dimana pada setiap masukan, akan dimasukkan nilai parameter karakteristik citra untuk tiap *membership function*-nya, yaitu nilai warna dan nilai kecerahan. Sedangkan pada keluaran, akan dimasukkan nilai parameter penyakit darah untuk setiap *membership function*-nya. Sehingga didapatkan distribusi penyebaran untuk setiap *membership function*-nya.

Fuzzy Inference System yang akan terbentuk terdiri dari tiga bagian, yaitu *membership function*, *fuzzy logic operator*, dan *if-then-rules*.

3.2.1 *Fuzzy Inference System* dengan Fungsi Keanggotaan Tipe Gaussian

Bentuk fungsi keanggotaan Gaussian adalah berbentuk kurva distribusi gaussian yang memiliki bentuk kurva yang halus. Dan ini menjadikan keunggulannya dalam beberapa aplikasi untuk menggambarkan *fuzzy sets*.

Pembentukan fungsi keanggotaan untuk membentuk *Fuzzy Inference System* dengan tipe Gaussian dilakukan dengan fungsi perangkat lunak *genfis2* untuk membentuk struktur *FIS* dari data menggunakan *subtractive clustering*, dan *anfis* untuk *men-training* struktur *FIS* tipe Sugeno. Kedua fungsi tersebut dapat dilakukan dengan *GUI* yang telah ada dalam *Fuzzy Logic Toolbox* perangkat lunak atau dapat dipanggil dengan mengetik *anfisedit* pada *command window*.

Algoritma perintah yang digunakan untuk pembentukan fungsi keanggotaan adalah sebagai berikut :

```
% Bentuk struktur FIS dari data dengan subtractive clustering;
struktur FIS = FIS subtractive clustering input dan output ;
% Training struktur FIS dengan meminimalkan error ;
struktur FIS = pengulangan training input dan output, struktur FIS dengan n-
                pengulangan training ;
% Kalkulasi FIS untuk mendapatkan output dari FIS;
output = kalkulasi data input, struktur FIS ;
```

Struktur *FIS* yang terbentuk dengan nama *trn_fisimat* disimpan dalam file berformat “.fis” dengan nama “Gaussian.fis” yang akan berisi informasi tentang *membership function*, *fuzzy logic operator*, dan *if-then-rules*, hasilnya seperti berikut ini:

```
[System]
Name='Gaussian'
Type='sugeno'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=3
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='prod'
AggMethod='sum'
DefuzzMethod='wtaver'

[Input1]
Name='Warna'
Range=[0.6 1]
NumMFs=3
MF1='ALL':'gausmf',[0.01155 0.7364]
MF2='AML':'gausmf',[0.02671 0.8596]
MF3='BL':'gausmf',[0.03249 0.891]

[Input2]
Name='Kecerahan'
Range=[0.4 1]
NumMFs=3
MF1='ALL':'gausmf',[0.03835 0.738]
MF2='AML':'gausmf',[0.03193 0.613]
MF3='BL':'gausmf',[0.04089 0.6813]

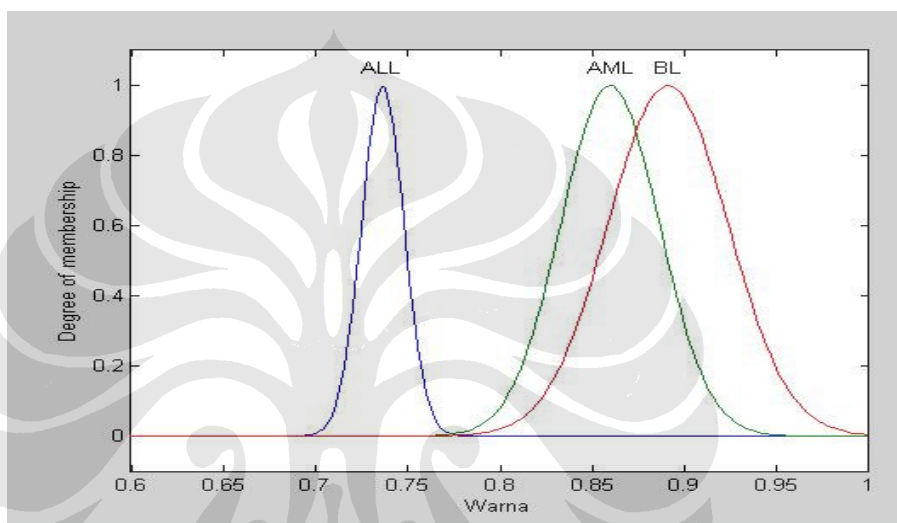
[Output1]
Name='Penyakit_darah'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='ALL':'linear',[0 0 0.165]
MF2='AML':'linear',[0 0 0.495]
MF3='BL':'linear',[0 0 0.825]

[Rules]
1 1, 1 (1) : 2
2 2, 2 (1) : 2
3 3, 3 (1) : 2
```

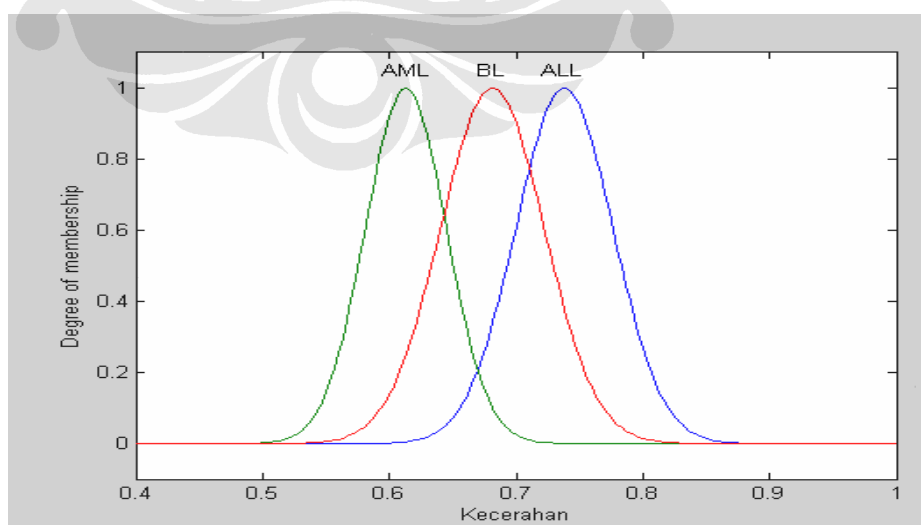
Untuk mendapatkan gambar kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Gaussian dari file “.fis” yang telah dibuat adalah dengan algoritma perintah :

```
struktur FIS = readfis ('gaussian.fis');
plotmf ( struktur FIS, 'input', nomor input );
tampilkan kurva plotmf
```

dengan nomor masukan adalah 1 dan 2, yaitu berdasarkan jumlah masukan yang digunakan. Gambar kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Gaussian yang telah terbentuk adalah sebagai berikut :



Gambar 3.6 Kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Gaussian dengan *input* warna



Gambar 3.7 Kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Gaussian dengan *input* kecerahan

Keterangan :

Warna biru : menunjukkan distribusi penyebaran *membership function* penyakit darah *Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)*

Warna hijau : menunjukkan distribusi penyebaran *membership function* penyakit darah *Acute Myelogenous Leukimia (AML)*

Warna merah : menunjukkan distribusi penyebaran *membership function* penyakit darah *Burkitts Lymphoma (BL)*

3.2.2 Fuzzy Inference System dengan Fungsi Keanggotaan Tipe Trapesium

Pembentukan fungsi keanggotaan tipe Trapesium dapat dilakukan *prosedure* dari fungsi keanggotaan tipe Gaussian yang telah terbentuk, yaitu dengan menggunakan *Membership Function Editor* dari *Fuzzy Logic Toolbox* perangkat lunak atau memanggil fasilitas ini dengan mengetik “fuzzy gaussian” pada *command window*. Dimana “gaussian” adalah nama file “.fis” dengan fungsi keanggotaan tipe Gaussian yang telah terbentuk. Cara ini mudah, karena hanya mengubah setiap fungsi keanggotaan dari setiap masukan dengan memilih tipe fungsi keanggotaan Trapesium yang disingkat dengan “trapmf” yang hasilnya disimpan dengan nama “Trapesium.fis”.

```
[System]
Name='Trapesium'
Type='sugeno'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=3
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='prod'
AggMethod='sum'
DefuzzMethod='wtaver'
```

```
[Input1]
Name='Warna'
Range=[0.6 1]
NumMFs=3
MF1='ALL': 'trapmf', [0.7145 0.7311 0.7417 0.7583]
MF2='AML': 'trapmf', [0.8089 0.8473 0.8718 0.9102]
MF3='BL': 'trapmf', [0.8294 0.8761 0.9059 0.9526]
```



```
[Input2]
Name='Kecelakaan'
Range=[0.4 1]
NumMFs=3
MF1='ALL':'trapmf',[0.6653 0.7204 0.7556 0.8107]
MF2='AML':'trapmf',[0.5525 0.5983 0.6277 0.6735]
MF3='BL':'trapmf',[0.6038 0.6625 0.7001 0.7588]
```

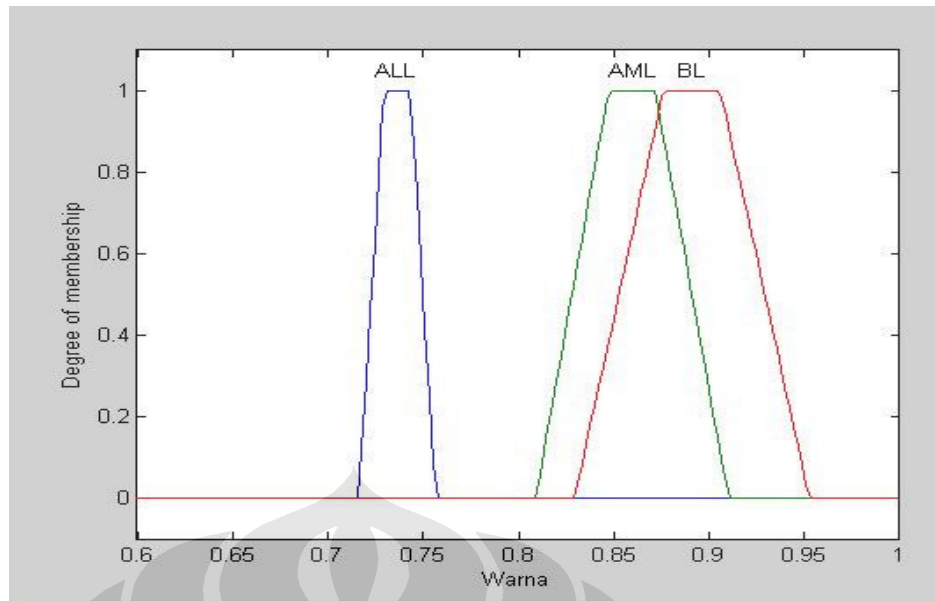
```
[Output1]
Name='Penyakit_darah'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='ALL':'linear',[0 0 0.165]
MF2='AML':'linear',[0 0 0.495]
MF3='BL':'linear',[0 0 0.825]
```

```
[Rules]
1 1, 1 (1) : 2
2 2, 2 (1) : 2
3 3, 3 (1) : 2
```

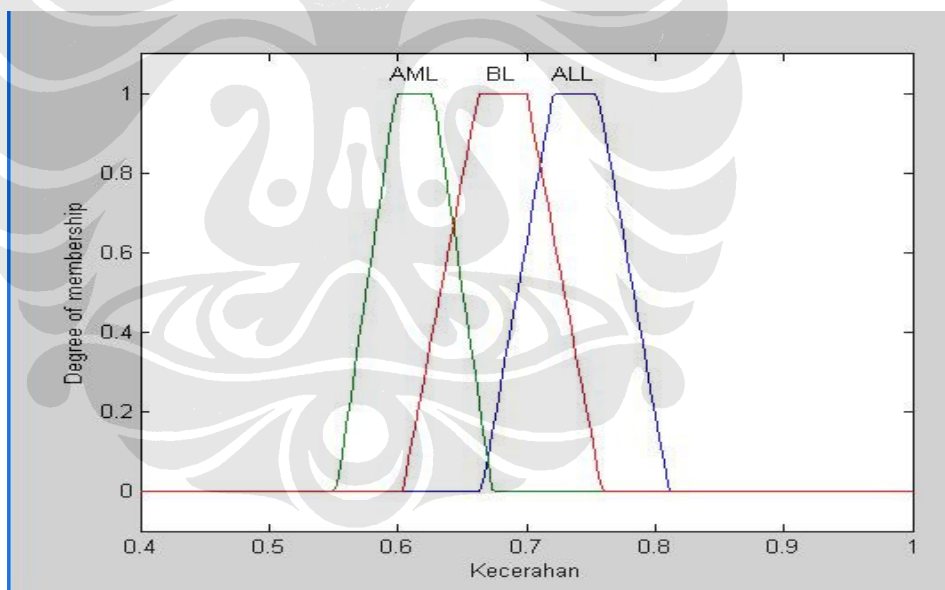
Untuk mendapatkan gambar kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Trapesium dari file “.fis” yang telah dibuat adalah dengan algoritma perintah :

```
struktur FIS = readfis ('trapesium.fis') ;
plotmf ( struktur FIS, 'input', nomor input) ;
tampilkan kurva plotmf
```

dengan nomor masukan adalah 1 dan 2, yaitu berdasarkan jumlah masukan yang digunakan. Gambar kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Trapesium yang telah terbentuk adalah sebagai berikut :



Gambar 3.8 Kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Trapesium dengan *input* warna



Gambar 3.9 Kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Trapesium dengan *input* kecerahan

Keterangan :

Warna biru : menunjukkan distribusi penyebaran *membership function* penyakit darah *Acute Lymptic Leukimia (ALL)*

Warna hijau : menunjukkan distribusi penyebaran *membership function* penyakit darah *Acute Myelogenous Leukimia (AML)*

Warna merah : menunjukkan distribusi penyebaran *membership function* penyakit darah *Burkitts Lymphoma (BL)*

3.2.3 Fuzzy Inference System dengan Fungsi Keanggotaan Tipe Segitiga

Sama seperti *prosedure* pembentukan fungsi keanggotaan tipe Trapesium, pembentukan fungsi keanggotaan tipe Segitiga dapat dilakukan dari fungsi keanggotaan tipe Gaussian yang telah terbentuk, yaitu dengan menggunakan *Membership Function Editor* dari *Fuzzy Logic Toolbox* perangkat lunak atau memanggil fasilitas ini dengan mengetik “fuzzy gaussian” pada *command window*. Selanjutnya, mengubah setiap fungsi keanggotaan dari setiap masukan dengan memilih tipe fungsi keanggotaan Segitiga yang disingkat dengan “trimf” yang hasilnya disimpan dengan nama “Segitiga.fis”.

[System]

Name='Segitiga'
 Type='sugeno'
 Version=2.0
 NumInputs=2
 NumOutputs=1
 NumRules=3
 AndMethod='min'
 OrMethod='max'
 ImpMethod='prod'
 AggMethod='sum'
 DefuzzMethod='wtaver'

[Input1]

Name='Warna'
 Range=[0.6 1]
 NumMFs=3
 MF1='ALL': 'trimf',[0.7092 0.7364 0.7636]
 MF2='AML': 'trimf',[0.7967 0.8596 0.9224]
 MF3='BL': 'trimf',[0.8145 0.891 0.9675]

[Input2]

Name='Kecerahan'
 Range=[0.4 1]
 NumMFs=3
 MF1='ALL': 'trimf',[0.6477 0.738 0.8283]
 MF2='AML': 'trimf',[0.5378 0.613 0.6882]
 MF3='BL': 'trimf',[0.585 0.6813 0.7776]

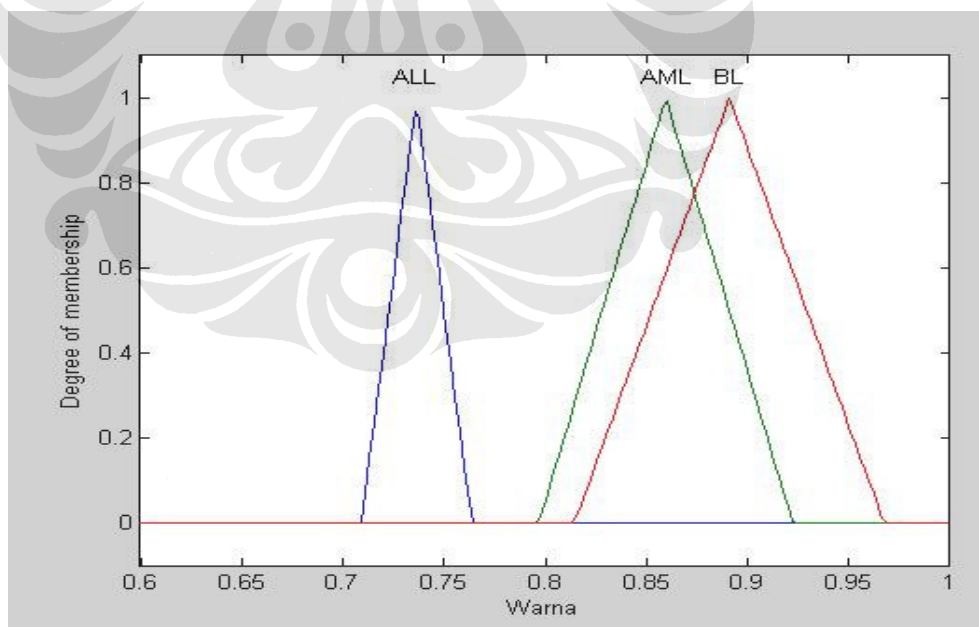
```
[Output1]
Name='Penyakit_darah'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='ALL':'linear',[0 0 0.165]
MF2='AML':'linear',[0 0 0.495]
MF3='BL':'linear',[0 0 0.825]
```

```
[Rules]
1 1, 1 (1) : 2
2 2, 2 (1) : 2
3 3, 3 (1) : 2
```

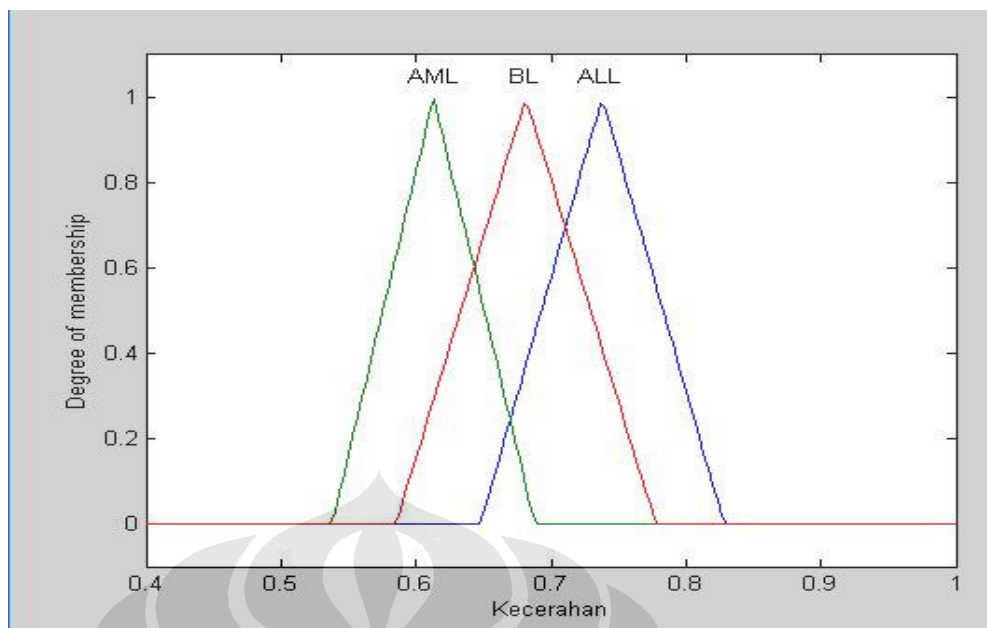
Untuk mendapatkan gambar kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Segitiga dari file “.fis” yang telah dibuat adalah dengan algoritma perintah :

```
struktur FIS = readfis ('segitiga.fis') ;
plotmf ( struktur FIS, 'input', nomor input) ;
tampilkan kurva plotmf
```

dengan nomor masukan adalah 1 dan 2, yaitu, berdasarkan jumlah masukan yang digunakan. Gambar kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Segitiga yang telah terbentuk adalah sebagai berikut :



Gambar 3.10 Kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Segitiga dengan *input* warna



Gambar 3.11 Kurva distribusi fungsi keanggotaan tipe Segitiga dengan *input* kecerahan

Keterangan :

Warna biru : menunjukkan distribusi penyebaran *membership function* penyakit darah *Acute Lymptotic Leukimia (ALL)*

Warna hijau : menunjukkan distribusi penyebaran *membership function* penyakit darah *Acute Myelogenous Leukimia (AML)*

Warna merah: menunjukkan distribusi penyebaran *membership function* penyakit darah *Burkitts Lymphoma (BL)*

3.2.4 Aturan (*Rule*)

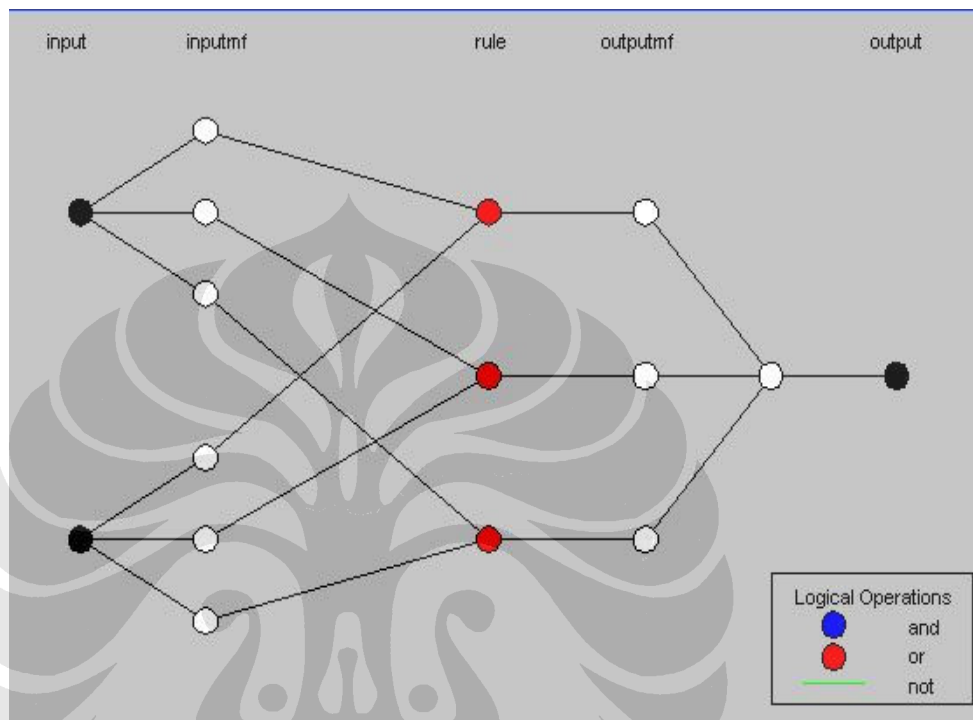
Fuzzy Inference System yang terbentuk untuk semua tipe fungsi keanggotaan mempunyai *rule* yang sama. Ini karena jumlah fungsi keanggotaan untuk setiap masukan dan keluaran adalah sama untuk ketiga tipe fungsi keanggotaan *FIS* tersebut, yang merupakan sifat dari *FIS* tipe Sugeno.

Rule yang terbentuk setelah dilakukan proses pembentukan fungsi keanggotaan (*membership function*) dan *fuzzy logic operator* adalah sebagai berikut :

1. If (warna is ALL) or (kecerahan is ALL) then (penyakit _darah is ALL) (1)
2. If (warna is AML) or (kecerahan is AML) then (penyakit _darah is AML) (1)

3. If (warna is BL) or (kecerahan is BL) then (penyakit_darah is BL) (1)

Setiap fungsi keanggotaan masukan dan keluaran dihubungkan dengan *rule* yang telah dibentuk, maka akan didapatkan model struktur dari *FIS* yang telah dibentuk. Model struktur *FIS* yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 3.12 :



Gambar 3.12 Model Struktur *Fuzzy Inference System (FIS)*

Metode operator logika yang digunakan pada pembentukan *FIS* untuk semua tipe fungsi keanggotaan adalah sama, yaitu :

1. AndMethod = 'prod' : *product* (perkalian)
2. OrMethod = 'probor' : *probabilistic or*
3. ImpMethod = 'prod' : *product* (perkalian)
4. AggMethod = 'sum' : *sum* (penjumlahan)
5. DefuzzMethod = 'wtaver' : *weighted average* (rata-rata bobot)

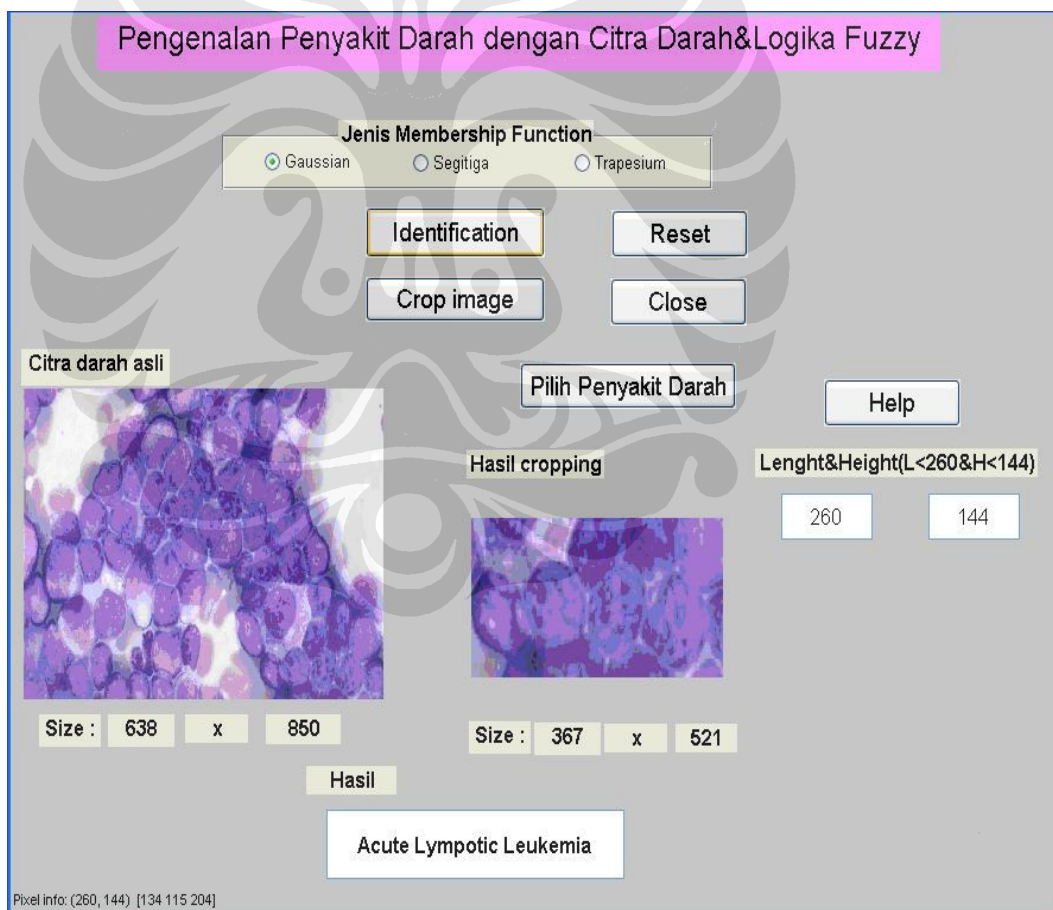
Model struktur *FIS* yang telah terbentuk terlihat bahwa masukan mempunyai fungsi keanggotaan yang masing-masing dihubungkan dengan suatu operator logika "or". Ketiga fungsi keanggotaan keluaran dihubungkan dengan "aggregate output" untuk menghasilkan keluaran.

BAB 4

HASIL SIMULASI DAN ANALISA

4.1 Simulasi dan Hasil

Simulasi dilakukan untuk menguji tingkat akurasi sistem pengenalan penyakit darah dengan citra darah menggunakan metode logika fuzzy, yang bertujuan mengidentifikasi jenis penyakit darah leukimia yang dikandung berdasarkan citra darahnya. Simulasi dilakukan dengan menjalankan *M file* dengan nama *file* Pengenalan_Penyakit_Darah.m, yang akan menghasilkan tampilan *figure* sistem pengenalan penyakit darah dengan citra darah menggunakan metode logika fuzzy. Tampilan *figure* programnya dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini :



Gambar 4.1 *Figure* sistem pengenalan penyakit darah dengan citra darah menggunakan metode Logika Fuzzy

Pada *figure* tersebut terdapat beberapa langkah *prosedure* dalam sistem pengenalan penyakit darah, yaitu:

1. Tombol pilih penyakit darah

Pada proses pengenalan ini, tiap-tiap *file* citra darah dimasukkan ke dalam *listing* program dengan menekan tombol pilih penyakit darah, yang berfungsi untuk memasukkan *file* citra darah yang akan dikenali. *File* citra darah yang dipilih akan ditampilkan hasilnya pada program, apakah *file* citra darah dapat dikenali oleh program atau tidak.

2. *Length* dan *Height*

Nilai *Length* dan *Height* digunakan dalam proses *cropping* pada ukuran berbeda-beda dari koordinat pusat *cropping*. Dimana nilai *Length* tidak lebih dari 260 dan nilai *Height* tidak lebih dari 144.

3. Tombol *Cropping*

Cropping pada daerah tetap kemudian diambil *pixel* koordinat pusatnya untuk dilakukan identifikasi dengan ukuran dan jenis penyakit darah yang berbeda-beda dari koordinat pusat *cropping*.

4. Tombol jenis *membership function*

Pilihan jenis *memberhsip function* yang digunakan pada program ini adalah Gaussian, Segitiga, dan Trapesim. Penyakit darah tersebut akan diidentifikasi berdasarkan *membership function*-nya.

5. Tombol Identifikasi

Tombol identifikasi menjalankan program dan akan bekerja mengenali penyakit darah leukimia. Hasil perhitungan dari parameter karakteristik citra, yaitu nilai warna dan nilai kecerahan, akan dibandingkan dengan data pada *membership function*-nya sehingga didapatkan hasil identifikasi.

6. Hasil

Untuk menampilkan semua hasil identifikasi penyakit darah yang dikandung.

7. Tombol *reset*

Tombol *reset* berfungsi mereset program kembali ke proses awal untuk melakukan proses identifikasi selanjutnya.

8. *Help*

Tombol *help* menginformasikan cara penggunaan atau petunjuk pemakaian program pengenalan penyakit darah.

9. Tombol *close*

Tombol *close* berfungsi untuk menutup program.

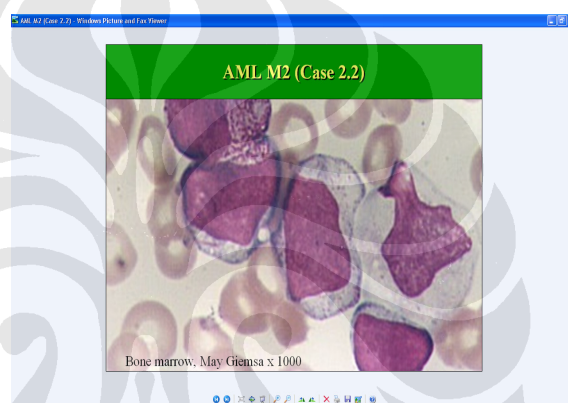
Semula citra darah *RGB* yang digunakan berukuran dengan baris sama dengan 630 dan kolom sama dengan 850. *Input* citra darah akan dilakukan *cropping* pada *ROI* yang tetap, yaitu pada daerah [300 272 520 448]. Kemudian diambil nilai *pixel* koordinat pusatnya pada *pixel* (260,224), untuk dilakukan identifikasi dengan ukuran dan jenis penyakit darah yang berbeda-beda. Jenis penyakit darah yang akan diidentifikasi, yaitu *Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)*, *Acute Myelogenous Leukimia (AML)*, dan *Burkitts Lymphoma (BL)*.

Simulasi dilakukan dengan pengambilan data sebanyak 10 kali dengan ukuran *length* dan *height* yang berbeda-beda untuk setiap jenis penyakit darah yang akan diidentifikasi, dimana nilai *length* yang digunakan harus lebih kecil dari 260 dan nilai *height* yang digunakan harus lebih kecil dari 144. Dari ukuran tersebut dicari ukuran mana yang memiliki karakteristik yang signifikan dari ketiga citra penyakit darah, sehingga penyakit darahnya dapat diidentifikasi dengan berhasil. Setelah itu masing-masing penyakit darah dengan ukuran *length* dan *height* yang berbeda-beda, akan diidentifikasi menggunakan *FIS* tipe Gaussian, *FIS* tipe Segitiga, dan *FIS* tipe Trapeium. Sehingga akan didapatkan data sebanyak 30 kali untuk setiap jenis penyakit darah yang akan diidentifikasi menggunakan ketiga metode *FIS*.

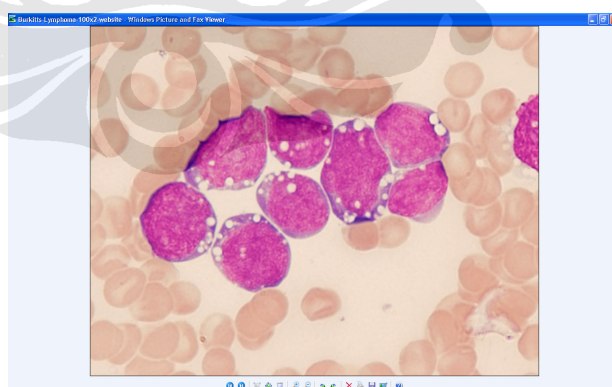
Di bawah ini merupakan *input* citra darah yang digunakan sebagai data latih simulasi pengenalan penyakit darah :



Gambar 4.2 Citra darah mikroskopis digital untuk penyakit
Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)



Gambar 4.3 Citra darah mikroskopis digital untuk penyakit
Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)



Gambar 4.4 Citra darah mikroskopis digital untuk penyakit
Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)

Di bawah ini merupakan tabel-tabel hasil simulasi yang dilakukan identifikasi menggunakan ketiga metode, dengan ukuran dan jenis penyakit darah yang berbeda-beda :

Tabel 4.1 Hasil uji coba penyakit darah *Acute Lymphotic Leukimia* (ALL) metode FIS tipe Gaussian

| No | Ukuran (<i>Length,Height</i>) | Hasil Identifikasi | |
|----|---------------------------------|---------------------------------|-------|
| 1 | (250,144) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 2 | (100,90) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 3 | (260,144) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 4 | (200,140) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 5 | (260,140) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 6 | (150,150) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 7 | (144,144) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 8 | (259,143) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 9 | (260,130) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 10 | (259,140) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |

Tabel 4.2 Hasil uji coba penyakit darah *Acute Lymphotic Leukimia* (ALL) metode FIS tipe Segitiga

| No | Ukuran <i>Length&Height</i> | Hasil Identifikasi | |
|----|---------------------------------|---------------------------------|-------|
| 1 | (250,144) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 2 | (100,90) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 3 | (260,144) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 4 | (200,140) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 5 | (260,140) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 6 | (150,150) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 7 | (144,144) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 8 | (259,143) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 9 | (260,130) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |
| 10 | (259,140) | <i>Acute Lymphotic Leukimia</i> | Benar |

Tabel 4.3 Hasil uji coba penyakit darah *Acute Lymphocytic Leukimia*
(*ALL*) metode *FIS* tipe Trapezium

| No | Ukuran <i>Length&Height</i> | Hasil Identifikasi | |
|----|---------------------------------|-----------------------------------|-------|
| 1 | (250,144) | <i>Acute Lymphocytic Leukimia</i> | Benar |
| 2 | (100,90) | <i>Acute Lymphocytic Leukimia</i> | Benar |
| 3 | (260,144) | <i>Acute Lymphocytic Leukimia</i> | Benar |
| 4 | (200,140) | <i>Acute Lymphocytic Leukimia</i> | Benar |
| 5 | (260,140) | <i>Acute Lymphocytic Leukimia</i> | Benar |
| 6 | (150,150) | <i>Acute Lymphocytic Leukimia</i> | Benar |
| 7 | (144,144) | <i>Acute Lymphocytic Leukimia</i> | Benar |
| 8 | (259,143) | <i>Acute Lymphocytic Leukimia</i> | Benar |
| 9 | (260,130) | <i>Acute Lymphocytic Leukimia</i> | Benar |
| 10 | (259,140) | <i>Acute Lymphocytic Leukimia</i> | Benar |

Tabel 4.4 Hasil uji coba penyakit darah *Acute Myelogenous Leukimia*
(*AML*) metode *FIS* tipe Gaussian

| No | Ukuran (<i>Length,Height</i>) | Hasil Identifikasi | |
|----|---------------------------------|-----------------------------------|-------|
| 1 | (250,144) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 2 | (100,90) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 3 | (260,144) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 4 | (200,140) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 5 | (260,140) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 6 | (150,150) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 7 | (144,144) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 8 | (259,143) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 9 | (260,130) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 10 | (259,140) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |

Tabel 4.5 Hasil uji coba penyakit darah *Acute Myelogenous Leukimia*
(AML) metode FIS tipe Segitiga

| No | Ukuran <i>Length&Height</i> | Hasil Identifikasi | |
|----|---------------------------------|-----------------------------------|-------|
| 1 | (250,144) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 2 | (100,90) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 3 | (260,144) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 4 | (200,140) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 5 | (260,140) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 6 | (150,150) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 7 | (144,144) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 8 | (259,143) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 9 | (260,130) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 10 | (259,140) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |

Tabel 4.6 Hasil uji coba penyakit darah *Acute Myelogenous Leukimia*
(AML) metode FIS tipe Trapesium

| No | Ukuran <i>Length&Height</i> | Hasil Identifikasi | |
|----|---------------------------------|-----------------------------------|-------|
| 1 | (250,144) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 2 | (100,90) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 3 | (260,144) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 4 | (200,140) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 5 | (260,140) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 6 | (150,150) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 7 | (144,144) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 8 | (259,143) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 9 | (260,130) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |
| 10 | (259,140) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Benar |

Tabel 4.7 Hasil uji coba penyakit darah *Burkitts Lymphoma (BL)* metode *FIS* tipe Gaussian

| No | Ukuran (<i>Length,Height</i>) | Hasil Identifikasi | |
|----|---------------------------------|--------------------------|-------|
| 1 | (250,144) | <i>Burkitts Lymphoma</i> | Benar |
| 2 | (100,90) | <i>Burkitts Lymphoma</i> | Benar |
| 3 | (260,144) | <i>Burkitts Lymphoma</i> | Benar |
| 4 | (200,140) | <i>Burkitts Lymphoma</i> | Benar |
| 5 | (260,140) | <i>Burkitts Lymphoma</i> | Benar |
| 6 | (150,150) | <i>Burkitts Lymphoma</i> | Benar |
| 7 | (144,144) | <i>Burkitts Lymphoma</i> | Benar |
| 8 | (259,143) | <i>Burkitts Lymphoma</i> | Benar |
| 9 | (260,130) | <i>Burkitts Lymphoma</i> | Benar |
| 10 | (259,140) | <i>Burkitts Lymphoma</i> | Benar |

Tabel 4.8 Hasil uji coba penyakit darah *Burkitts Lymphoma (BL)* metode *FIS* tipe Segitiga

| No | Ukuran (<i>Length,Height</i>) | Hasil Identifikasi | |
|----|---------------------------------|-----------------------------------|-------|
| 1 | (250,144) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 2 | (100,90) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 3 | (260,144) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 4 | (200,140) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 5 | (260,140) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 6 | (150,150) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 7 | (144,144) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 8 | (259,143) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 9 | (260,130) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 10 | (259,140) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |

Tabel 4.9 Hasil uji coba penyakit darah *Burkitts Lymphoma (BL)* metode *FIS* tipe Trapesium

| No | Ukuran (<i>Length,Height</i>) | Hasil Identifikasi | |
|----|---------------------------------|-----------------------------------|-------|
| 1 | (250,144) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 2 | (100,90) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 3 | (260,144) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 4 | (200,140) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 5 | (260,140) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 6 | (150,150) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 7 | (144,144) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 8 | (259,143) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 9 | (260,130) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |
| 10 | (259,140) | <i>Acute Myelogenous Leukimia</i> | Salah |

Dari tabel-tabel hasil simulasi yang dilakukan, dapat dihitung persen akurasi program pengenalan penyakit darah untuk setiap fungsi keanggotaan yang dipilih. Akurasi setiap metode fungsi keanggotan, dapat dilihat pada Tabel 4.10 di bawah ini :

Tabel 4.10 Akurasi identifikasi per metode fungsi keanggotaan

| Jenis Metode Fungsi Keanggotaan | Akurasi (%) |
|---------------------------------|-------------|
| <i>FIS</i> tipe Gaussian | 100 % |
| <i>FIS</i> tipe Trapesium | 66.67 % |
| <i>FIS</i> tipe Segitiga | 66.67 % |

Nilai akurasi yang didapatkan pada masing-masing penyakit darah untuk setiap fungsi keanggotaan, dapat dilihat pada Tabel 4.11 di bawah ini :

Tabel 4.11 Nilai akurasi masing-masing penyakit darah per metode
Fungsi keanggotaan

| Penyakit Darah | <i>FIS</i> fungsi keanggotaan Gaussian | <i>FIS</i> fungsi keanggotaan Trapeسيوم | <i>FIS</i> fungsi keanggotaan Segitiga | Akurasi (%) |
|-------------------|--|---|--|----------------|
| <i>ALL</i> | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| <i>AML</i> | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| <i>BL</i> | 100 % | 0 % | 0 % | 33.33 % |

Keterangan :

ALL = *Acute Lymptic Leukimia*

AML = *Acute Myelogenous Leukimia*

BL = *Burkitts Lymphoma*

4.2 Analisa

Analisa yang dilakukan pada skripsi ini terdiri dari dua bagian, yaitu analisa pengenalan penyakit darah tiap metode dan analisa perbandingan pengenalan penyakit darah dengan ketiga metode.

Analisa dilakukan berdasarkan hasil simulasi dan pengolahan data dari program pengenalan penyakit darah, untuk menguji keakuratan program dalam mengenali penyakit darah. Hasil simulasi pengenalan penyakit darah yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel hasil uji coba pengenalan penyakit darah Leukimia dengan ketiga metode *FIS* fungsi keanggotaan.

4.2.1 Analisa Pengenalan Penyakit Darah pada Metode *FIS* Fungsi Keanggotaan Tipe Gaussian

Hasil pengujian pengenalan penyakit darah dengan citra darah menggunakan metode *FIS* fungsi keanggotaan tipe Gaussian, didapatkan nilai akurasi 100 % untuk setiap jenis penyakit darah leukimia hasil cropping pada koordinat pusat dengan ukuran yang berbeda-beda.

Hasil akurasi 100 % pada metode ini menunjukkan bahwa data *sampling* terdistribusi mendekati distribusi norma. Selain itu *FIS* fungsi keanggotaan

Gaussian memiliki bentuk kurva distribusi yang halus, dan ini menjadikan keunggulannya dalam beberapa aplikasi untuk menggambarkan *fuzzy sets*.

4.2.2 Analisa Pengenalan Penyakit Darah pada Metode FIS Fungsi Keanggotaan Tipe Trapesium

Pada hasil pengujian pengenalan penyakit darah dengan metode FIS fungsi keanggotaan tipe Trapesium, didapatkan nilai akurasi 100 % dan 0 % untuk pengenalan setiap jenis penyakit darah leukimia pada koordinat pusat daerah cropping dengan ukuran yang berbeda-beda. Nilai akurasi 100 % dihasilkan oleh penyakit darah *Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)* dan *Acute Myelogenous Leukimia (AML)*, sedangkan nilai akurasi 0 % dihasilkan oleh penyakit darah *Burkitts Lymphoma (BL)*.

Kemungkinan *Burkitts Lymphoma (BL)* memiliki nilai akurasi 0 % pada metode ini, yaitu pada *input* warna dan kecerahan distribusi penyebaran fungsi keanggotaan saling beririsan dengan penyakit *Acute Myelogenous Leukimia (AML)*. Sehingga penyakit *Burkitts Lymphoma* cenderung teridentifikasi dengan penyakit *Acute Myelogenous Leukimia*. Selain itu citra darah hasil mikroskopis digital untuk penyakit *Burkitts Lymphoma* yang digunakan hanya satu, sehingga tidak dapat dibandingkan citra darah penyakit *Burkitts Lymphoma* yang berhasil diidentifikasi.

4.2.3 Analisa Pengenalan Penyakit Darah pada Metode FIS Fungsi Keanggotaan Tipe Segitiga

Hasil pengujian pengenalan penyakit darah dengan citra darah menggunakan metode FIS fungsi keanggotaan tipe Segitiga, didapatkan nilai akurasi 100 % dan 0 % untuk pengenalan setiap jenis penyakit darah leukimia pada koordinat pusat daerah cropping dengan ukuran yang berbeda-beda.

FIS fungsi keanggotaan tipe Segitiga memiliki bentuk kurva distribusi yang sederhana, yaitu memodelkan distribusi penyebaran data sampling dengan garis lurus. Hal ini menyebabkan fungsi keanggotaan yang dibentuk menjadi kurang mencerminkan distribusi penyebaran data *sampling*, sehingga akurasi pengenalan dengan metode ini kurang baik. Tidak seperti FIS fungsi keanggotaan Gaussian

yang memiliki bentuk kurva distribusi yang halus dan ini menjadikan keunggulannya dalam beberapa aplikasi untuk menggambarkan *fuzzy sets*.

Sama seperti metode FIS tipe Trapesium, faktor yang menyebabkan nilai akurasi 0 % pada pengenalan dengan metode ini adalah penyakit *Burkitts Lymphoma (BL)*, yang memiliki *input* warna dan kecerahan distribusi penyebaran fungsi keanggotaan saling beririsan dengan penyakit *Acute Myelogenous Leukimia (AML)*. Sehingga penyakit *Burkitts Lymphoma* cenderung teridentifikasi dengan penyakit *Acute Myelogenous Leukimia*. Selain itu citra darah hasil mikroskopis digital untuk penyakit *Burkitts Lymphoma* yang digunakan hanya satu, sehingga tidak dapat dibandingkan citra darah penyakit *Burkitts Lymphoma* yang berhasil diidentifikasi.

4.2.4 Analisa Perbandingan Pengenalan Penyakit Darah dengan Ketiga Metode

Pada skripsi ini digunakan tiga metode pengenalan penyakit darah, sebagai perbandingan metode mana yang paling baik akurasinya dalam proses pengenalan penyakit darah. Program yang digunakan dari ketiga metode adalah sama, perbedaannya hanya terletak pada FIS tipe fungsi keanggotaan yang digunakan, yaitu tipe Gaussian, Trapesium, dan Segitiga. Dari pengolahan data yang dilakukan, metode yang menghasilkan akurasi tertinggi adalah metode FIS menggunakan fungsi keanggotaan tipe Gaussian, yaitu sebesar 100 %. Sedangkan untuk metode FIS fungsi keanggotaan dengan tipe Trapesium dan tipe Segitiga menghasilkan nilai akurasi yang sama yaitu 66.67 %.

Sebagian besar penyakit darah yang dapat dikenali dengan benar oleh sistem FIS adalah pengenalan dengan fungsi keanggotaan tipe Gaussian. Hal ini terpenuhi berdasarkan kurva distribusi fungsi keanggotaan yang dibentuk dari data *sampling*, didapatkan hasil bahwa data masing-masing *input hue* dan *value* terdistribusi mendekati distribusi normal. Selain itu FIS fungsi keanggotaan Gaussian memiliki bentuk kurva distribusi yang halus dan ini menjadikan keunggulannya dalam beberapa aplikasi untuk menggambarkan *fuzzy sets*.

Pada pengenalan penyakit darah dengan fungsi keanggotaan tipe Trapesium dan tipe Segitiga, jumlah penyakit darah yang dapat dikenali lebih sedikit karena bentuk kurva fungsi keanggotaan ini kurang bisa memodelkan data *sampling* yang

terdistribusi normal, sehingga pengenalan yang dilakukan dengan metode ini cenderung kurang akurat.

Dari pengolahan data berdasarkan hasil pengenalan dengan ketiga metode, didapatkan bahwa penyakit darah *Burkitts Lymphoma (BL)* paling sukar dikenali, sedangkan penyakit darah *Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)* dan penyakit darah *Acute Myelogenous Leukimia (AML)* paling mudah dikenali. Hal ini terjadi karena, warna penyakit darah *Burkitts Lymphoma (BL)* dan *Acute Myelogenous Leukimia (AML)* cenderung sama dibanding dengan warna penyakit darah *Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)*. Sehingga *input* warna pada kurva distribusi fungsi keanggotaan *FIS* penyakit darah *Burkitts Lymphoma (BL)* dan *Acute Myelogenous Leukimia (AML)* saling beririsan karena memiliki nilai *hue* yang berdekatan. Selain itu citra darah hasil mikroskopis digital untuk penyakit *Burkitts Lymphoma* yang digunakan hanya satu, sehingga tidak dapat dibandingkan citra darah penyakit *Burkitts Lymphoma* yang berhasil diidentifikasi.

Akurasi program pengenalan penyakit darah ini, juga sangat ditentukan oleh parameter karakteristik yang digunakan. Dari program yang telah dibuat, parameter karakteristik warna dan kecerahan cukup berhasil mewakili keakuratan program penyakit darah yang dapat dikenali.

BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa dari program pengenalan penyakit darah dengan citra darah menggunakan metode Logika Fuzzy yang telah dibuat, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sistem pengenalan penyakit darah menggunakan ketiga metode, yaitu *FIS* dengan tipe Gaussian, *FIS* dengan tipe Trapesium, dan *FIS* dengan tipe Segitiga mampu mengidentifikasi penyakit darah dengan tingkat akurasi sebesar 100 % dan 66.67 %.
2. Tingkat akurasi tertinggi didapat dengan menggunakan *FIS* fungsi keanggotaan tipe Gaussian.
3. Hasil simulasi pengenalan penyakit darah yang paling mudah dikenali adalah penyakit darah *Acute Lymphocytic Leukimia (ALL)* dan penyakit darah *Acute Myelogenous Leukimia (AML)* dengan nilai akurasi 100 %.

DAFTAR ACUAN

- [1] Lauralee Sherwood, *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem Edisi 2*, (Jakarta : EGC, 2001), hal. 345-364.
- [2] Elizabeth J. Corwin, *Patofisiologi*, (Jakarta : EGC, 2000), hal. 119-141.
- [3] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing Second Edition* (New Jersey: Prentice Hall, 2002), hal. 154.
- [4] Universitas Gunadarma, Pengolahan Citra : Konsep Dasar, 2006, 1-13. Diakses 20 September 2008, dari Pengolahan Citra Dijital.
<http://Srini.staf.gunadarma.ac.id/Downloads/files/olah+citra-konsep+Dasar.pdf>
- [5] Timothy J. Ross, *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, (USA : McGraw Hill, 1997), hal. 88-142.
- [6] Matlab Version 7.4.0 (R2007a) help, Fuzzy Logic Toolbox, Mathworks inc.
- [7] Hendra Heriawan, “ Pengenalan Mata Uang Kertas Rupiah Menggunakan Logika *Fuzzy* ”, Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, UI, 2007, hal 15-17.
- [8] Atlas Hematologi FKUI,2006,
<http://www.healthsystem.virginia.edu/internet/hematology/HessIDB/leukemi.as.cf m>.

DAFTAR PUSTAKA

Sherwood, Lauralee. *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem Edisi 2*, (Jakarta : EGC, 2001).

Corwin, Elizabeth J. *Patofisiologi*, (Jakarta : EGC, 2000).

R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing Second Edition* (New Jersey: Prentice Hall, 2002).

Ross, Timothy J, *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, (USA : McGraw Hill, 1997).

Hendra Heriawan, “ Pengenalan Mata Uang Kertas Rupiah Menggunakan Logika *Fuzzy* ”, Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, UI, 2007.

LAMPIRAN

Tabel Lampiran 1.1 *Database*

| Penyakit darah | Nilai Hue | | Nilai Value | |
|-------------------|-----------|--------|-------------|--------|
| | min | Max | min | Max |
| <i>ALL</i> | 0.7188 | 0.7423 | 0.6275 | 0.8 |
| | 0.7306 | 0.7641 | 0.5804 | 1 |
| | 0.7222 | 0.745 | 0.6588 | 0.8471 |
| | 0.7216 | 0.7451 | 0.5176 | 0.7647 |
| | 0.725 | 0.7439 | 0.6039 | 0.8627 |
| | 0.8616 | 0.9148 | 0.6 | 0.8706 |
| <i>AML</i> | 0.8388 | 0.8932 | 0.5059 | 0.8196 |
| | 0.8361 | 0.8995 | 0.502 | 0.7333 |
| | 0.8163 | 0.8899 | 0.4745 | 0.6941 |
| | 0.8418 | 0.8913 | 0.4863 | 0.6941 |
| | 0.849 | 0.9583 | 0.6157 | 0.8471 |
| <i>BL</i> | 0.8482 | 0.9315 | 0.5765 | 0.8314 |
| | 0.8466 | 0.9479 | 0.5961 | 0.8471 |
| | 0.85 | 0.9561 | 0.6118 | 0.8392 |
| | 0.8495 | 0.9267 | 0.5882 | 0.8235 |

Keterangan :

ALL = Acute Lymphocytic Leukimia

AML = Acute Myelogenous Leukimia

BL = Burkitts Lymphoma