

**PENGENALAN PENYAKIT DARAH
MENGUNAKAN TEKNIK PENGOLAHAN CITRA
DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN**

TUGAS AKHIR

OLEH :

ARTHANIA RETNO PRAIDA

06 06 04 2310



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

**PENGENALAN PENYAKIT DARAH
MENGUNAKAN TEKNIK PENGOLAHAN CITRA
DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN**

TUGAS AKHIR

OLEH :

ARTHANIA RETNO PRAIDA

06 06 04 2310



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

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

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :

”PENGENALAN PENYAKIT DARAH MENGGUNAKAN TEKNIK PENGOLAHAN CITRA DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN”

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

Depok, 10 Juli 2008

Arthania Retno Praidia

NPM. 06 06 042 310

PENGESAHAN

Tugas Akhir dengan judul :

”PENGENALAN PENYAKIT DARAH MENGGUNAKAN TEKNIK PENGOLAHAN CITRA DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN”

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Tugas Akhir ini telah diujikan pada sidang ujian tugas akhir pada tanggal 03 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat / sah sebagai tugas akhir pada Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 10 Juli 2008

Dosen Pembimbing,

Dr. Ir. Dodi Sudiana M.Eng

NIP. 131 944 413

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr.Ir. Dodi Sudiana, M.Eng

Dr. Ir. Arman Djohan Diponegoro, M.Eng

DR. Dr. Aru W. Sudoyo, SpPD-KHOM (Bagian Penyakit Dalam RSCM)

Dr. Hilman Tadjoeidin, SpPD (Bagian Penyakit Dalam RSCM)

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

Arthania Retno Praidia
NPM 06 06 042 310
Departemen Teknik Elektro

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

**Pengenalan Penyakit Darah Menggunakan Teknik
Pengolahan Citra dan Jaringan Syaraf Tiruan**

ABSTRAK

Untuk mengenali penyakit kanker sel darah putih (*leukemia*) dewasa ini masih dilakukan proses konvensional yang memakan waktu cukup lama dalam proses pengenalannya.

Tugas akhir ini bertujuan untuk mengenali penyakit leukemia dari citra darah dengan menerapkan teknik pengolahan citra dan metode jaringan syaraf tiruan. Pada proses pengenalan penyakit ini, sistem yang sudah mengakuisisi citra darah akan melakukan proses *cropping*, *resizing*, dan membuat citra tersebut menjadi blok-blok matriks berukuran 4×4. Kemudian citra dalam format RGB dikonversikan ke dalam model warna HSV agar memiliki ruang warna yang lebih natural. Untuk mendapatkan fitur warna salah satu elemen warna yakni *Hue* akan diekstraksi untuk mendapatkan matriks nilai karakteristiknya. Nilai karakteristik hasil ekstraksi fitur warna tersebut kemudian akan dilatih oleh jaringan syaraf tiruan dan dimasukkan ke dalam database. Jaringan syaraf tiruan terdiri atas 3 *layer* input, 3 *layer* tersembunyi dan 1 *layer* keluaran.

Dari hasil uji coba, diperoleh tingkat akurasi rata-rata sebesar 83.33% menggunakan 3 input untuk setiap jenis penyakit leukemia dan 20 kali pelatihan jaringan syaraf tiruan.

**Kata Kunci : Pengenalan Penyakit Darah, Leukemia, Pengolahan Citra,
Jaringan Syaraf Tiruan**

Arthania Retno Praidia
NPM 06 06 042 310
Electrical Department Engineering

Supervisor
Dr.Ir. Dodi Sudiana, M.Eng

**IDENTIFICATION OF BLOOD DISEASE USING IMAGE PROCESSING
TECHNIQUE AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**

ABSTRACT

Recognize the white blood cell cancer disease (leukemia) identification today, still use conventional method and time consuming.

The Objective of this research is to identify leukemia disease from blood image using image processing technique and artificial neural network. In this identification disease process, the system which has made acquisition of the blood image will process the cropping, resizing and divide the image into 4×4 matrix blocks. Then the image in RGB format is converted to HSV color model in order to have a more natural color. In order to acquire color feature, one of the element which is Hue will be extracted to get characteristic value of the matrix. The characteristic value from the extracted color feature will then be trained by artificial neural network and inserted into the database. The artificial neural network consisted of 3 input layer, 3 hidden layer and 1 output layer.

From the test result, we acquire an average level of accuracy of 83.33% using 3 inputs for every types of leukemia and 20 times of artificial neural network training.

**Keyword : Blood Disease Identification, Leukemia, Image Processing,
Artificial Neural Network**

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
PENGESAHAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 BATASAN MASALAH	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 DARAH	5
2.1.1 Fungsi Darah	5
2.1.2 Susunan Darah	6
2.1.3 Jenis–Jenis Penyakit Darah	11
2.1.3.1 Penyakit Sel Darah Merah (Eritrosit)	12
2.1.3.2 Penyakit Sel Darah Putih (Leukosit)	12
2.1.3.3 Penyakit Keping Darah (Trombosit)	16
2.2 KONSEP DASAR CITRA DIJITAL	16
2.2.1 Model Citra Dijital	17
2.2.2 Elemen–elemen Dasar Citra	18
2.2.3 Pencuplikan dan Kuantisasi	20

2.2.4	Warna Pada Pengolahan Citra	21
2.2.4.1	Model Warna	22
2.2.4.2	Model RGB	22
2.2.4.3	Model HSL (<i>Hue Saturation Lightness</i>) dan HSV (<i>Hue Saturation Value</i>)	24
2.2.5	Operasi Pengolahan Citra	28
2.2.6	Pemotongan (<i>Cropping</i>)	30
2.2.7	Operasi Blok–Blok Pembeda (<i>Distinct Blocks</i>)	30
2.2.8	<i>Resizing</i>	31
2.2.9	Pendekatan Pengenalan Pola	32
2.3	KONSEP DASAR JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST)	32
2.3.1	Model Syaraf (<i>Neuron</i>)	33
2.3.2	Proses Belajar	34
2.3.3	JST Propagasi Balik	34
BAB III RANCANG BANGUN SISTEM		40
3.1	PROSES PRA-PENGOLAHAN DAN EKSTRAKSI FITUR WARNA	41
3.2	PROSES PELATIHAN DENGAN JST	44
3.3	PROSES PENGENALAN DENGAN JST	47
BAB IV UJI COBA DAN ANALISIS		49
4.1	CITRA DARAH PENYAKIT LEUKEMIA AKUT	50
4.2	KARATERISTIK CITRA DARAH	52
4.3	UJI COBA DAN HASIL	53
4.2	ANALISA HASIL UJI COBA	57
BAB V PENUTUP		60
5.1	KESIMPULAN	60
DAFTAR ACUAN		61
DAFTAR PUSTAKA		63
LAMPIRAN 1		64

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Bagan Susunan Darah	6
Gambar 2.2. Gambar sel-sel darah dalam keadaan normal hasil <i>scanning electron microscope</i> (SEM)	7
Gambar 2.3. Perbandingan komponen-komponen darah, plasma darah dan sel-sel darah.	7
Gambar 2.4. Perbandingan citra darah antara jumlah sel darah merah pada kondisi normal dengan jumlah sel darah merah pada kondisi anemia	12
Gambar 2.5. Citra darah yang menunjukkan sel <i>Acute Lymphotic Leukemia</i> (ALL)	13
Gambar 2.6. Citra darah yang menunjukkan sel <i>Chronic lymphocytic leukemia</i> (CLL)	14
Gambar 2.7. Citra darah yang menunjukkan sel <i>Acute myelogenous leukemia</i> (AML)	15
Gambar 2.8. Citra darah yang menunjukkan sel <i>Hairy cell leukemia</i> (HCL)	16
Gambar 2.9. Contoh citra dan representasinya dalam bentuk matriks 2-D.	18
Gambar 2.10. Matriks Citra Dijital (x,y)	21
Gambar 2.11. Koordinat warna RGB	23
Gambar 2.12. Penambahan Campuran Warna Merah Hijau dan Biru	24
Gambar 2.13. Ruang Warna HSL	25
Gambar 2.14. Ruang Warna HSV	25
Gambar 2.15. <i>Visible spectrum</i> dalam spektrum gelombang elektromagnetik	26
Gambar 2.16. Respon setiap jenis <i>cones</i> sebagai suatu fungsi panjang gelombang	27
Gambar 2.17. Proses Pengolahan Citra Sederhana	28
Gambar 2.18. Diagram blok jaringan syaraf tiruan	33
Gambar 2.19. Model <i>Single Neuron</i>	34
Gambar 2.20. Arsitektur JST Propagasi Balik	35
Gambar 3.1 Blok Diagram sistem pengenalan penyakit darah menggunakan teknik pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan.	40
Gambar 3.2 Diagram Alir sistem pengenalan penyakit darah menggunakan metode teknik pengolahan citra dan JST	41
Gambar 3.3 Diagram alir proses pra-pengolahan	42
Gambar 4.1 Tampilan sistem pengenalan penyakit darah	49

menggunakan teknik pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan.

Gambar 4.2	Citra darah mikroskopis digital untuk penyakit <i>Acute Lymptic Leukemia</i>	51
Gambar 4.3	Citra darah mikroskopis digital untuk penyakit <i>Acute Myelogenous Leukemia</i>	51
Gambar 4.4	Citra darah mikroskopis digital untuk penyakit <i>Burkitts Lymphoma</i>	52
Gambar 4.5	Tampilan sistem pengenalan penyakit darah hingga tahap ekstraksi fitur warna	54
Gambar 4.6	Tampilan sistem hingga dilakukan tahap pelatihan jaringan syaraf tiruan	55

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Contoh Database Matriks Citra 35 x 3	53
Tabel 4.2 Hasil Identifikasi Penyakit <i>Acute Lymphocytic Leukemia</i>	56
Tabel 4.3 Hasil Identifikasi Penyakit <i>Acute Myelogenous Leukemia</i>	56
Tabel 4.4 Hasil Identifikasi Penyakit <i>Burkitts Lymphoma</i>	57
Tabel 4.5 Tingkat Keakuratan Rata-Rata Hasil Uji Coba	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Database Nilai Karakteristik

Halaman

64



DAFTAR SINGKATAN

JST	Jaringan Syaraf Tiruan
ALL	<i>Acute Lymphocytic Leukemia</i>
AML	<i>Acute Myelogenous Leukemia</i>
CLL	<i>Chronic Lymphocytic Leukemia</i>
CML	<i>Chronic Myelogenous Leukemia</i>
HCL	<i>Hairy Cell Leukemia</i>
RGB	<i>Red, Green, and Blue</i>
HSV	<i>Hue, Saturation, and Value</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Darah merupakan suatu cairan yang sangat penting bagi manusia karena berfungsi sebagai alat transportasi zat seperti oksigen, bahan hasil metabolisme tubuh, pertahanan tubuh dari serangan kuman, pengatur keseimbangan asam basa, serta memiliki banyak kegunaan lainnya untuk menunjang kehidupan. Darah yang beredar dapat merupakan petunjuk keadaan tubuh sehat atau sakit. Perubahan susunan kimiawi atau sel-sel darah merupakan petunjuk adanya penyakit darah, selain sebagai petunjuk adanya penyakit lain. [8]

Dalam 20 tahun terakhir penyakit darah atau penyakit lain yang dapat mengakibatkan kelainan darah, cukup mendapat perhatian di kalangan medis di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Pada umumnya penyakit darah dibagi dalam golongan penyakit darah merah (sistem *eritropoetik*), penyakit darah putih (sistem *granulopoetik*), sistem *limfopoetik*, sistem *retikuloendothelial*, penyakit trombosit (sistem *trombopoetik*) dan penyakit pendarahan (*diathesa hemorrhagic*) yang disebabkan karena kelainan pembekuan darah, berkurangnya jumlah trombosit dan menurunnya resistensi dinding pembuluh darah. Dalam pembagian penyakit darah tersebut diatas, sudah termasuk kelainan yang disebabkan oleh hipofungsi dari salah satu sistem. Kemajuan dalam bidang hematologi sangat pesat, sehingga pengetahuan mengenai darah dapat dibagi menjadi subspecialistis, seperti pengetahuan mengenai sitologi dan kelainan-kelainannya, metabolisme inti, kelainan genetik, anemia defisiensi, metabolisme asam nukleat, leukemia, kelainan pembekuan, enzimologi, dan lain-lain. [8]

Penerapan unsur-unsur teknologi praktis dan tepat guna sangat dibutuhkan sebagai sebuah pendukung sekaligus solusi yang efektif dalam berbagai bidang, khususnya dalam ilmu kedokteran. Penelitian-penelitian dalam ilmu kedokteran untuk mempercepat proses diagnosa berbagai macam penyakit telah banyak dilakukan. Proses diagnosa penyakit yang cepat dan tepat sangat diperlukan terkait dengan akurasi data untuk menentukan kebijakan program dalam

pencegahan dan penyembuhan penyakit, menentukan pengobatan dan penatalaksanaan yang tepat dan benar, serta evaluasi pengobatan. Selain itu, semakin berkembangnya teknologi dalam ilmu pengenalan pola (*pattern recognition*), yang secara umum bertujuan mengenali suatu obyek dengan cara mengekstrasi informasi penting yang terdapat dalam suatu citra dapat membantu mendeteksi diagnosis suatu kelainan dalam tubuh manusia melalui citra yang dihasilkan oleh *scanner*.

Kelainan yang terdapat dalam darah, dapat mendiagnosis penyakit yang diderita manusia. Seiring dengan perkembangan teknologi, pengambilan citra darah dengan *scanning electron microscope* (SEM) telah dapat dilakukan. Citra darah yang dihasilkan dapat digunakan untuk proses pengenalan penyakit melalui suatu proses pengolahan citra menggunakan metode tertentu untuk mendeteksi suatu penyakit darah. Dalam penelitian ini akan digunakan metode pengenalan penyakit darah melalui citra darah sebagai input pengolahan citra, dan hasil pengolahan citra akan dianalisis menggunakan metode *Artificial Neural Network* (Jaringan Syaraf Tiruan).

Metode jaringan syaraf tiruan (JST) diterapkan tak lain karena metode ini memiliki iterasi yang cukup banyak, dan memiliki kemampuan sangat baik dalam mengeneralisasi masalah, sehingga hasil yang didapat sangat akurat [5]. Pengenalan penyakit melalui citra darah ini lebih mudah dibandingkan metode lain yang sudah ada dalam mendeteksi penyakit melalui darah yang memerlukan reaksi kimia atau lainnya dalam sampel darah. Diharapkan penelitian ini dapat membantu mempercepat proses pengenalan suatu penyakit darah karena hanya memerlukan citra darah sebagai inputannya.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian diatas, terdapat beberapa permasalahan yang ditemui dalam penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana cara mengenali jenis penyakit darah yang ada saat ini?
2. Bagaimana menentukan teknik pengolahan citra yang tepat untuk mengolah citra darah masukan?
3. Bagaimana menentukan metode JST yang tepat untuk proses pelatihan dan

identifikasi dengan JST?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh suatu cara pengenalan penyakit darah dengan memanfaatkan citra darah mikroskopis digital menggunakan teknik pengolahan citra dan metode jaringan syaraf tiruan.

1.4 BATASAN MASALAH

Permasalahan utama yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini dibatasi hanya pada pemeriksaan citra sel darah putih mikroskopis hasil pemeriksaan hapusan darah tepi dengan perbesaran 1000x dan sudah dalam format digital. Jenis penyakit darah yang akan dikenali adalah penyakit kanker sel darah putih (*Leukemia*) jenis Leukemia Akut tanpa adanya komplikasi dengan penyakit lainnya. Metode yang akan digunakan untuk sistem pengenalan penyakit darah ini adalah teknik pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan propagasi balik.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

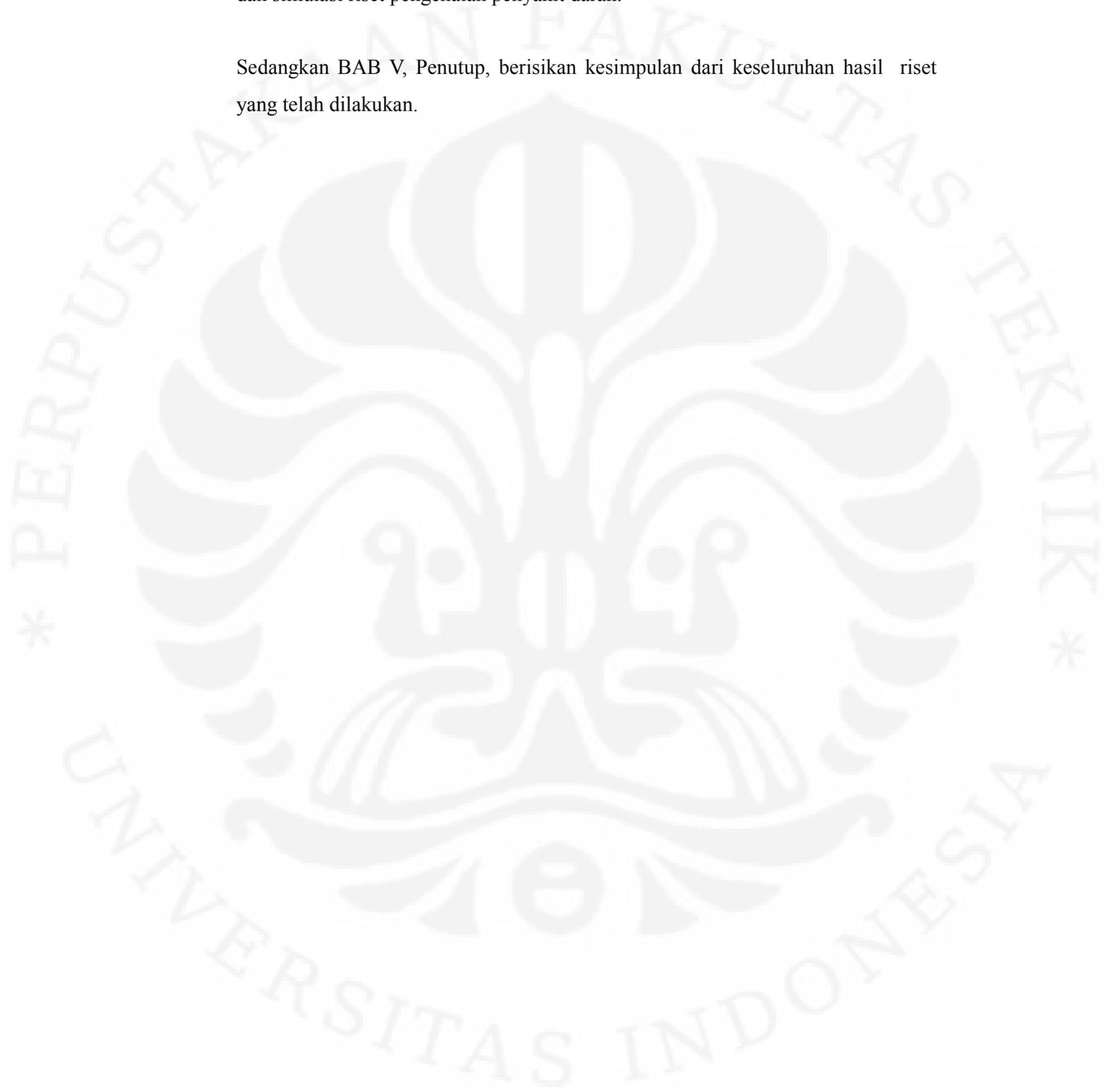
BAB I yang merupakan pendahuluan berisikan penjelasan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

Pada BAB II akan dijelaskan landasan teori mengenai darah, macam-macam penyakit darah, konsep dasar pengolahan citra digital, dan konsep dasar jaringan syaraf tiruan.

BAB III yakni rancang bangun sistem, memaparkan mengenai teknik pengolahan citra yang digunakan pada proses pra-pengolahan, penentuan parameter karakteristik, proses pelatihan dan pengenalan jaringan syaraf tiruan (*Artificial Neural Network*) pada perancangan sistem pengenalan penyakit darah menggunakan teknik pengolahan citra dan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST).

Uji coba dan analisis akan dijelaskan pada BAB IV berupa data-data hasil analisa dan simulasi riset pengenalan penyakit darah.

Sedangkan BAB V, Penutup, berisikan kesimpulan dari keseluruhan hasil riset yang telah dilakukan.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 DARAH [1]

Darah adalah cairan yang terdapat pada hewan tingkat tinggi yang berfungsi sebagai alat transportasi zat seperti oksigen, bahan hasil metabolisme tubuh, pertahanan tubuh dari serangan kuman, dan lain sebagainya. Beda halnya dengan tumbuhan, manusia dan hewan level tinggi punya sistem transportasi dengan darah.

Cairan ini berwarna merah yang terdapat di dalam pembuluh darah. Warna merah tersebut tidak selalu tetap, tetapi berubah-ubah karena pengaruh zat kandungannya, terutama kadar oksigen dan CO₂. bila kadar oksigen tinggi maka warna darah menjadi merah muda, tetapi bila kadar CO₂-nya tinggi maka warnanya menjadi merah tua.

Darah pada tubuh manusia mengandung 55% plasma darah (cairan darah) dan 45% sel-sel darah (darah padat). Volume darah pada manusia atau hewan level tinggi (mamalia) adalah 8% berat badannya. Darah pada tubuh manusia sekitar sepertigabelas beratnya atau sekitar 4 atau 5 liter pada orang dewasa.

Darah merupakan cairan yang sangat penting bagi manusia karena berfungsi sebagai alat transportasi serta memiliki banyak kegunaan lainnya untuk menunjang kehidupan. Tanpa darah yang cukup seseorang dapat mengalami gangguan kesehatan dan bahkan dapat mengakibatkan kematian.

2.1.1 Fungsi Darah

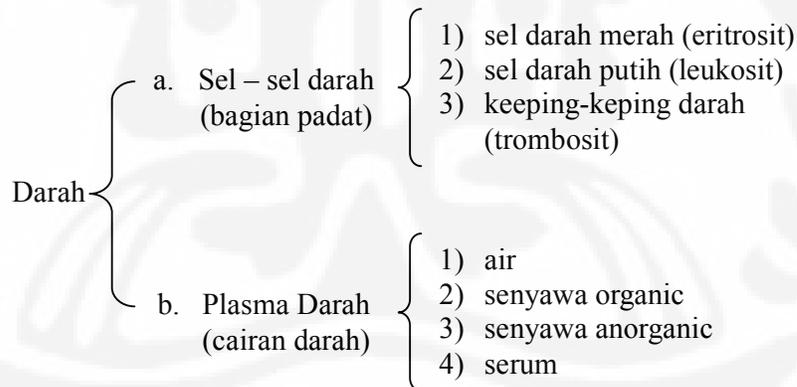
Darah merupakan jaringan penyokong istimewa yang mempunyai banyak fungsi, di antaranya adalah sebagai berikut :

1. Sebagai alat pengangkut, yaitu mengangkut :
 - a. Zat-zat makanan dari sel-sel jonjot usus ke seluruh jaringan tubuh.
 - b. Oksigen dari alat pernapasan ke seluruh jaringan tubuh yang membutuhkan oksigen, tugas ini dilaksanakan oleh hemoglobin.
 - c. Karbon dioksida (CO₂) dari seluruh jaringan tubuh ke alat pernapasan,

- yakni paru-paru.
- d. Zat-zat metabolisme dari seluruh jaringan tubuh ke alat-alat ekskresi.
 - e. Hormon dari kelenjar buntu atau endokrin ke bagian tubuh tertentu.
 - f. Air untuk diedarkan ke seluruh jaringan tubuh.
2. Sebagai benteng pertahanan tubuh dari infeksi berbagai kuman penyakit. Fungsi ini dilaksanakan oleh zat antibodi, sel-sel darah putih dan sel-sel darah pembeku.
 3. Menjaga stabilitas suhu tubuh dengan memindahkan panas yang dihasilkan alat-alat tubuh yang aktif ke alat-alat tubuh yang tidak aktif.
 4. Mengatur keseimbangan asam dan basa untuk menghindari kerusakan jaringan tubuh.

2.1.2 Susunan Darah

Darah manusia terdiri dari dua komponen utama, yaitu sel-sel darah dan plasma darah atau cairan darah. Tiap-tiap komponen darah terdiri atas berbagai komponen. Untuk lebih jelasnya, susunan darah diperlihatkan pada Gambar 2.1 :



Gambar 2.1. Bagas Susunan Darah

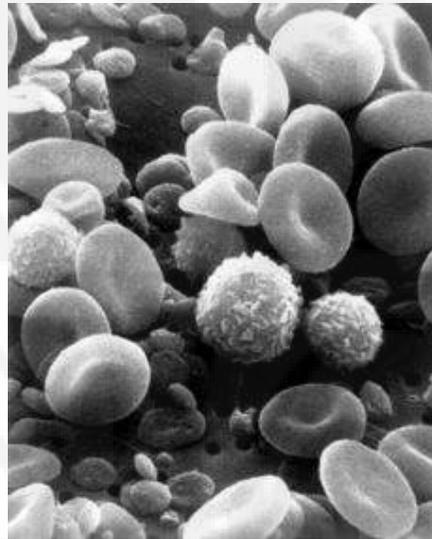
1) Sel-sel darah

Sel-sel darah merupakan bagian terbesar dari darah, yaitu sekitar 40% – 50%. Sisanya adalah plasma darah. Sel-sel darah terdiri atas tiga macam, yaitu sel darah merah atau *eritrosit*, sel darah putih atau *leukosit*, dan sel-sel darah pembeku atau *trombosit*. Contoh gambar sel-sel darah dalam keadaan normal hasil *scanning electron microscope* (SEM) dapat dilihat pada Gambar 2.2.



(a)

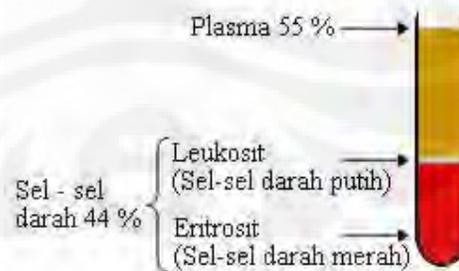
(b)



(c)

Gambar 2.2. Gambar sel-sel darah dalam keadaan normal hasil *scanning electron microscope* (SEM) (a), (b), dan (c) sel darah merah, sel darah putih termasuk limfosit, monosit, neutropil, dan trombosit [10]

Untuk memahami perbandingan komponen darah, perhatikan Gambar 2.3



Gambar 2.3. Perbandingan komponen-komponen darah, plasma darah dan sel-sel darah.

a) Sel darah merah (*eritrosit*)

Sel darah merah merupakan bagian utama dari darah. Bentuknya bikonkaf, tidak berinti, tidak dapat bergerak bebas dan tidak dapat menembus dinding kapiler. Setiap 1 mm³ darah pria mengandung 5 juta sel darah merah, sedangkan setiap 1 mm³ darah wanita mengandung 4 juta sel darah merah.

Warna sel darah merah sebenarnya kekuning–kuningan. Warna ini disebabkan oleh adanya pigmen darah yang disebut hemoglobin (Hb). Hemoglobin adalah protein rangkap yang terdiri dari hemin dan globin. Hemin adalah senyawa asam amino yang mengandung zat besi (Fe). Senyawa inilah yang menyebabkan warna darah menjadi merah. Oleh sebab itu, bila dalam darah kekurangan eritrosit, hemoglobin, maupun zat besi akan mengakibatkan warna tubuh kita menjadi pucat. Keadaan ini disebut kekurangan darah atau anemia. Jika seseorang menderita anemia maka pengangkutan oksigen oleh darah akan mengalami gangguan. Darah yang kurang mengandung oksigen akan berwarna kebiru–biruan, disebut sianosis. Sianosis ini misalnya terjadi pada orang yang tercekik dan batuk terus–menerus sehingga bibirnya menjadi kebiruan.

Hemoglobin mempunyai beberapa fungsi, yaitu sebagai berikut :

- (1) Mengangkut oksigen Hb yang mengikat oksigen (HbO₂ / oksihemoglobin). Hb mempunyai daya ikat yang tinggi terhadap oksigen.
- (2) Mengangkut karbon dioksida (CO₂).
- (3) Menjaga keseimbangan asam dan basa. Hb₂ dan HbO₂ adalah senyawa yang mudah mengikat alkali. Jika kadar senyawa asam dalam darah meningkat maka hemoglobin dan oksihemoglobin akan melepaskan alkalinya. Dengan demikian, senyawa asam tadi akan dinetralkan.

Anemia juga terjadi karena kekurangan sel–sel darah merah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh karena kekurangan gizi, infeksi suatu kuman penyakit, ataupun kecelakaan yang mengeluarkan banyak darah.

Pada embrio dan bayi, eritrosit dibentuk oleh hati dan limpa. Setelah masa bayi, eritrosit dibentuk di dalam sumsum merah tulang. Di dalam hati dan

limpa embrio atau bayi dan di dalam sumsum merah tulang terdapat banyak sel-sel pembentuk sel-sel darah merah, disebut *eritroblast*.

Di dalam tubuh kita, eritrosit mampu bertahan hidup hingga umur 115 hari. Jika eritrosit telah tua akan dirombak oleh sel-sel hati. Hemoglobin akan diubah menjadi zat warna empedu atau *bilirubin*.

b) Sel darah putih (*leukosit*)

Berbeda dengan sel darah merah, sel darah putih mempunyai bentuk yang amat bervariasi. Selnya mempunyai nukleus (inti sel), dapat bergerak bebas secara ameboid serta dapat menembus dinding kapiler, disebut *diapedesis*.

Setiap 1 mm³ darah mengandung 6000 – 9000 sel darah putih. Jika jumlahnya kurang dari 6000/mm³ disebut *leukopenia*. Tetapi bila jumlahnya lebih dari 9000/mm³ disebut *leukositosis*. Jika dalam darah jumlah *leukositosis* menjadi amat besar, misalnya 200.000/mm³ darah maka disebut *leukemia* atau kanker darah.

Leukositas dapat dibedakan menjadi dua, yakni :

- (1) *leukositas fisiologis*, bila naiknya jumlah leukosit disebabkan kegiatan jasmani terlalu berlebihan, karena nyeri yang disebabkan tekanan jiwa,
- (2) *leukositas patologis*, jika naiknya jumlah leukosit disebabkan terjadinya infeksi.

Leukosit mempunyai fungsi utama untuk melawan kuman yang masuk ke dalam tubuh yaitu dengan cara memakannya, yang disebut *fagositosis*.

Leukosit dibentuk di dalam jaringan *retikuloendotelium* dari sumsum merah tulang.

Macam-macam *Leukosit*, dibedakan menjadi dua kelompok yaitu, granulosit bila plasmanya bergranuler dan agranulosit bila plasmanya tidak bergranuler. Leukosit granulosit dapat dibedakan menjadi tiga macam, yakni :

- (1) *netrofil*, sel ini bersifat fagosit, plasmanya bersifat netral, granula merah kebiruan. Bentuk intinya bermacam-macam.
- (2) *Basofil*, plasmanya bersifat basa, berbintik-bintik kebiruan, dan

bersifat fagosit.

- (3) *Eosinofil*, bersifat fagosit, plasmanya bersifat asam, berbintik–bintik kemerahan yang jumlahnya akan meningkat bila terjadi infeksi.

Leukosit agranulosit dapat dibedakan menjadi dua, yakni :

- (1) *monosit*, selnya berinti satu besar, berbentuk bulat panjang, bisa bergerak cepat, dan bersifat fagosit.
- (2) *Limposit*, berinti satu dan selnya tidak dapat bergerak bebas. Ukurannya ada yang sebesar eritrosit. Sel ini berperan besar dalam pembentukan zat kebal atau antibodi.

c) Keping darah (*trombosit*)

Trombosit tidak berinti, berukuran lebih kecil dari eritrosit dan leukosit. Bentuknya tidak teratur dan bila tersentuh benda yang permukaannya kasar mudah pecah. Tiap 1 mm³ darah mengandung 200.000 – 300.000 trombosit. Sel ini dibentuk di dalam *megakariosit* sumsum merah tulang. Trombosit berperan besar dalam proses pembekuan darah.

2) Plasma darah

Plasma darah terdiri atas air yang didalamnya terlarut berbagai macam zat, baik zat organik maupun zat anorganik, zat yang berguna maupun zat–zat sisa yang tidak berguna, sehingga jumlahnya lebih kurang 7 – 10%. Zat yang terlarut di dalam plasma darah dapat dikelompokkan menjadi beberapa macam, yaitu sebagai berikut :

- a) Zat makanan dan mineral, seperti glukosa, asam amino, asam lemak, kolesterol, serta garam–garam mineral.
- b) Zat–zat yang diproduksi sel, seperti enzim, hormon, dan antibodi.
- c) Protein darah yang tersusun atas beberapa asam amino :
1. *Albumin*, yang sangat penting untuk menjaga tekanan osmotik darah,
 2. *Fibrinogen*, sangat penting untuk proses pembekuan darah,
 3. *Globulin*, untuk membentuk *gemaglobulin* yaitu komponen zat kebal yang amat penting.
- d) Zat–zat sisa metabolisme, seperti urea, asam urat, dan zat–zat sisa

- lainnya.
- e) Gas–gas pernapasan yang larut dalam plasma seperti O₂, CO₂, dan N₂.

2.1.3 Jenis–Jenis Penyakit Darah [2]

Membicarakan masalah penyakit yang berhubungan dengan darah, perlu diingat kembali tentang susunan darah (cairan, eritrosit, lekosit, trombosit) serta tempat pembentukannya. Keadaan darah yang beredar mempunyai kaitan yang sulit yang menyangkut banyak segi dari segi fisiologik yang normal dan patofisiologik.

Sebagaimana diketahui, darah merupakan alat pengangkut, sistem pertahanan dan pengatur keseimbangan asam basa. Darah yang beredar dapat merupakan petunjuk keadaan tubuh sehat atau sakit. Perubahan susunan kimiawi atau sel–sel darah dapat merupakan petunjuk adanya penyakit darah, dapat pula sebagai petunjuk adanya penyakit lain. Perlu diketahui pengetahuan dasar yang berkaitan dengan darah adalah sebagai berikut :

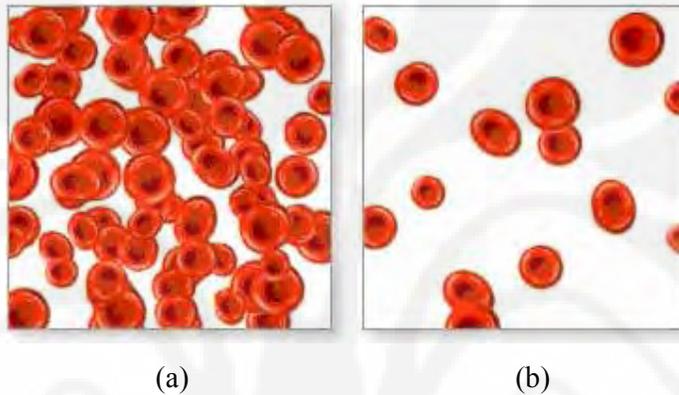
- (a) Darah yang beredar merupakan petunjuk bagi keadaan sehat atau sakit
- (b) Darah yang beredar merupakan petunjuk bagi seluruh sistem dari tubuh.
- (c) Perubahan–perubahan yang terjadi dalam darah dapat pula sebagai petunjuk masalah yang berhubungan dengan darah maupun bukan.
- (d) Darah yang beredar dapat tampak normal dalam keadaan penyakit yang gawat.
- (e) Dapat pula terjadi perubahan darah yang nyata pada penyakit ringan.
- (f) Tiap penyebutan dari “normal dan abnormal”, perlu dipertimbangkan keadaan dari jenis kelamin, usia, ras, lingkungan, dan adanya penyakit yang bukan berasal dari darah.

Dari hal–hal tersebut, maka gejala maupun keluhan penyakit darah dapat bermacam–macam dan tidak begitu spesifik, sehingga kadang–kadang tidak diduga adanya masalah yang berkaitan dengan darah.

Beberapa penyakit dan kondisi yang mempengaruhi darah dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis sel darahnya.

2.1.3.1 Penyakit Sel Darah Merah (Eritrosit) [2]

Kondisi yang paling umum yang mempengaruhi sel darah merah adalah anemia, yaitu penurunan jumlah sel darah merah dari jumlah normalnya pada darah. Perbandingan jumlah sel darah merah normal dengan sel darah merah pada anemia dapat dilihat pada Gambar 2.4. Anemia diikuti dengan penurunan jumlah hemoglobin pada darah. Gejala-gejala anemia seperti kulit pucat, lemas, dan detak jantung cepat, terjadi karena adanya penurunan kapasitas darah untuk membawa oksigen.



Gambar 2.4. Perbandingan citra darah antara jumlah sel darah merah pada kondisi normal dengan jumlah sel darah merah pada kondisi anemia, (a) Jumlah sel darah merah normal dan (b) Jumlah sel darah merah anemia [6]

2.1.3.2 Penyakit Sel Darah Putih (Leukosit)[2]

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

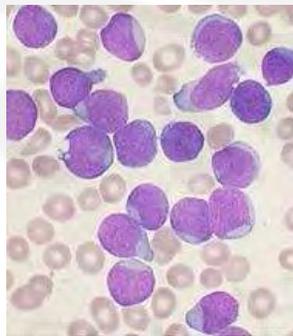
- 1) *Neutropenia* terjadi saat tidak terdapat sel darah putih jenis tertentu yang cukup untuk melindungi tubuh melawan infeksi bakteri. Orang-orang yang meminum obat-obat kemoterapi untuk membunuh kanker mungkin dapat menjangkit neutropenia.
- 2) *Leukemia* merupakan kanker yang terjadi pada sel darah manusia. Ketika terjadi leukemia, tubuh akan memproduksi sel-sel darah yang abnormal dan dalam jumlah yang besar. Pada leukemia, sel darah yang abnormal tersebut adalah kelompok sel darah putih. Sel-sel darah yang terkena leukemia akan

sangat berbeda dengan sel darah normal, dan tidak mampu berfungsi seperti layaknya sel darah normal.

Beberapa hal yang diduga menjadi penyebab leukemia misalnya tubuh sering terpapar oleh bahan kimia tertentu, sinar radiasi, serta obat-obatan (seperti pada pengobatan kanker), karena adanya kromosom yang abnormal (seperti pada *Down syndrome*), atau karena adanya “kesalahan” genetic yang terjadi secara acak dan menyebabkan sel menjadi terjangkit leukemia. Hal-hal tersebut dapat menyebabkan mutasi dan akhirnya akan mempengaruhi pertumbuhan atau proses pembelahan sel darah putih.

Gejala penyakit leukemia biasanya ditandai dengan adanya anemia. Infeksi akan mudah atau sering terjadi karena sel darah putih tidak dapat berfungsi dengan baik, rasa sakit atau nyeri pada tulang, serta pendarahan yang sering terjadi karena darah sulit membeku. Jika tidak diobati, maka akan mengakibatkan leukemia akut dan akhirnya dapat menyebabkan kematian. Pengobatan leukemia dapat berupa kemoterapi dengan obat anti kanker, terapi radiasi, tranfusi darah dan plasma, serta transplantasi sumsum tulang. Penyakit kanker *leukemia*, diklasifikasikan menjadi :

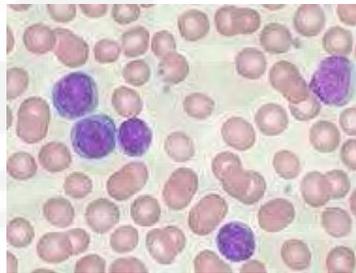
- a. *Acute Lymphotic Leukemia* (ALL) adalah salah satu jenis penyakit leukemia yang dapat berakibat fatal, dimana sel-sel yang dalam keadaan normal berkembang menjadi *limposit* berubah menjadi ganas dan dengan segera akan menggantikan sel-sel normal di dalam sumsum tulang. Contoh citra darah yang menunjukkan adanya sel ALL dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Citra darah yang menunjukkan sel *Acute Lymphotic Leukemia* (ALL) [9]

ALL merupakan jenis leukemia yang paling sering terjadi pada anak-anak. Leukemia jenis ini merupakan 25% dari semua jenis kanker yang mengenai anak-anak di bawah umur 15 tahun, paling sering terjadi pada anak usia antara 3 – 5 tahun, tetapi kadang terjadi pada usia remaja dan dewasa. Sel-sel yang belum matang yang dalam keadaan normal berkembang menjadi *limposit*, berubah menjadi ganas. Sel leukemik ini tertimbun di sumsum tulang, lalu menghancurkan dan menggantikan sel-sel yang menghasilkan sel darah yang normal. Sel kanker ini kemudian dilepaskan ke dalam aliran darah dan berpindah ke hati, limpa, kelenjar getah bening, otak, ginjal dan organ reproduksi, dimana mereka melanjutkan pertumbuhannya dan membelah diri. Sel kanker ini bisa mengiritasi otak, menyebabkan *meningitis* dan bisa menyebabkan *anemia*, gagal hati, gagal ginjal dan kerusakan organ lainnya.

- b. *Chronic lymphocytic leukemia* (CLL) merupakan jenis leukemia yang paling sering terjadi pada orang dewasa diatas umur 55 tahun. Terkadang jenis ini dapat terjadi pada remaja, tetapi hampir jarang terjadi pada anak-anak. Dua pertiga jenis leukemia ini terjadi pada pria. Contoh citra darah CLL dapat dilihat pada Gambar 2.6.

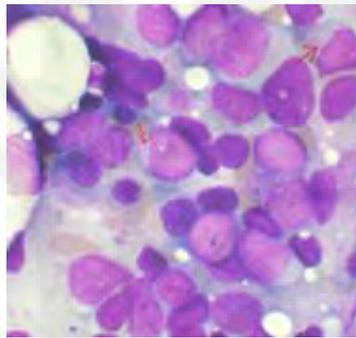


Gambar 2.6. Citra darah yang menunjukkan sel *Chronic lymphocytic leukemia* (CLL) [9]

Chronic lymphocytic leukemia (CLL) adalah jenis penyakit leukemia atau kanker sel darah putih (*limposit*). CLL mempengaruhi bagian tertentu dari *limposit* yaitu *B cell* yang dihasilkan di sumsum tulang belakang dan dibangun di dalam getah bening yang dalam keadaan normal berfungsi melawan infeksi. Dalam CLL, DNA dari *B cell* rusak

atau hancur sehingga tidak bisa berfungsi untuk melawan infeksi, perkembangbiakan *B cell* secara abnormal ini akan tumbuh secara tidak terkontrol dan menggantikan sel darah normal yang dapat melawan infeksi.

- c. *Acute myelogenous leukemia* (AML) pada umumnya sering terjadi pada orang dewasa dibandingkan anak-anak, dan kebanyakan terjadi pada pria dibandingkan wanita. Contoh citra darah yang menunjukkan sel *Acute myelogenous leukemia* (AML) dapat dilihat pada Gambar 2.7.

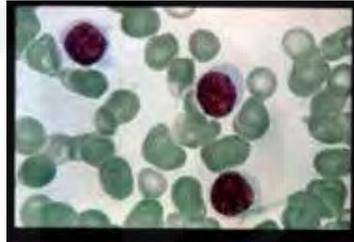


Gambar 2.7. Citra darah yang menunjukkan sel *Acute myelogenous leukemia* (AML) [9]

Acute myelogenous leukemia (AML) adalah kanker dari garis *myeloid* sel darah putih, yang ditandai dengan perkembangbiakan sel abnormal secara cepat yang diakumulasikan di dalam sumsum tulang belakang dan bercampur dengan sel darah normal yang dihasilkan. AML disebabkan oleh penggantian dari sumsum tulang normal dengan sel leukemik, yang menghasilkan penurunan dalam jumlah sel darah merah, keping darah dan jumlah sel darah putih dalam keadaan normal.

- d. *Chronic myelogenous leukemia* (CML) terutama terjadi pada orang dewasa, hanya sebagian kecil anak-anak yang dapat terkena penyakit jenis ini. CML adalah bentuk leukemia yang ditandai dengan peningkatan dan pertumbuhan yang tidak beraturan dari sel *myeloid* di dalam sumsum tulang dan akumulasi dari sel ini dalam darah.
- e. *Hairy cell leukemia* (HCL) terkadang dikategorikan ke dalam CLL, tetapi tidak terlalu sesuai dengan pola CLL. Sekitar 80% yang terkena jenis penyakit ini adalah pria dewasa. Hingga saat ini belum pernah ada

laporan kasus penyakit HCL pada anak-anak atau remaja. HCL tidak dapat disembuhkan, tetapi mudah untuk dilakukan pengobatan. Contoh citra darah yang menunjukkan sel *Hairy cell leukemia* (HCL) dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Citra darah yang menunjukkan sel *Hairy cell leukemia* (HCL) [9]

2.1.3.3 Penyakit Keping Darah (Trombosit) [1]

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 atau 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.

2.2 KONSEP DASAR CITRA DIGITAL [4]

Dalam pengolahan maupun pengenalan citra, masalah persepsi visual, yaitu apa yang dapat dilihat oleh mata manusia, mempunyai peranan penting. Penentuan apa yang dapat dilihat itu tidak dapat hanya ditentukan oleh manusia itu sendiri. Mata merupakan bagian dari sistem visual manusia. Sistem visual ini sangat sulit dipelajari, terlebih jika ingin menyingkap proses yang melatarbelakangi timbulnya suatu persepsi, seperti pada peristiwa “pengenalan” (*recognition*).

Hingga saat ini berbagai aplikasi mulai dikembangkan, yang secara umum dapat dikelompokkan ke dalam dua kegiatan :

1. Memperbaiki kualitas suatu gambar (citra) sehingga dapat lebih mudah diinterpretasikan oleh mata manusia.
2. Mengolah informasi yang terdapat pada gambar (citra) untuk keperluan pengenalan obyek secara otomatis oleh suatu mesin.

Bidang ini sangat erat hubungannya dengan ilmu pengenalan pola (*pattern recognition*), yang secara umum bertujuan mengenali suatu obyek dengan cara mengekstrasi informasi penting yang terdapat dalam suatu citra. Contoh – contoh aplikasi dalam berbagai disiplin ilmu :

- a. Dalam bidang kedokteran :
Sistem mendeteksi diagnosis suatu kelainan dalam tubuh manusia melalui citra yang dihasilkan oleh *scanner*.
- b. Dalam bidang industri :
Sistem pemeriksaan suatu produk melalui kamera video.
- c. Dalam bidang perdagangan :
Sistem untuk mengenali angka / huruf dalam suatu formulir secara otomatis oleh mesin pembaca.
- d. Dalam bidang militer :
Sistem pengenalan target peluru kendali melalui sensor visual.

2.2.1 Model Citra Digital

Sesungguhnya citra merupakan suatu fungsi intensitas dalam bidang dua dimensi. Karena intensitas yang dimaksud berasal dari sumber cahaya, dan cahaya adalah suatu bentuk energi, maka berlaku keadaan di mana fungsi intensitas terletak di antara :

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

Pada dasarnya, citra yang dilihat terdiri atas berkas – berkas cahaya yang dipantulkan oleh benda–benda di sekitarnya. Jadi secara alamiah, fungsi intensitas cahaya merupakan fungsi sumber cahaya yang menerangi obyek, serta jumlah cahaya yang dipantulkan oleh obyek, atau ditulis :

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

yaitu : $0 < i(x, y) < \infty$ (iluminasi sumber cahaya)

$0 < r(x, y) < 1$ (koefisien pantul obyek)

Fungsi intensitas f pada suatu titik (x,y) disebut derajat keabuan atau *gray level* (I), dengan I terletak diantara :

$$L_{\min} \leq I \leq L_{\max}$$

Dengan demikian :

$$L_{\min} = i_{\min} \cdot r_{\min}$$

$$L_{\max} = i_{\max} \cdot r_{\max} \quad (\text{dalam } \textit{foot-candles})$$

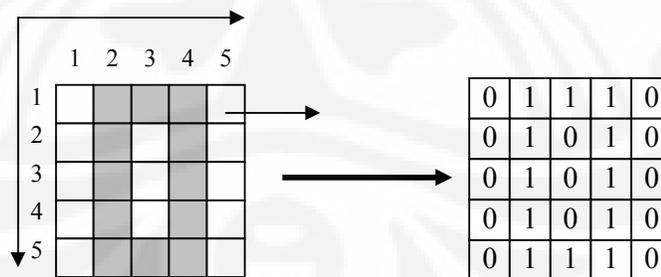
Selang (L_{\min}, L_{\max}) sering disebut sebagai skala keabuan. Pada representasi suatu citra hitam putih secara numeric, biasanya selang digeser menjadi : $(0, L)$, dengan 0 menyatakan hitam dan L menyatakan putih. Semua bilangan yang terletak diantara 0 dan L merupakan derajat keabuan.

2.2.2 Elemen–elemen Dasar Citra

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

$$0 < f(x, y) < \infty \dots\dots\dots(2.2)$$

Elemen terkecil dari sebuah citra digital disebut elemen citra, elemen gambar pel atau piksel. Gamab 2.9 menjelaskan contoh citra dan representasinya dalam bentuk matriks 2-D.



Gambar 2.9. Contoh citra dan representasinya dalam bentuk matriks 2-D.

Elemen – elemen dasar dari citra, yaitu :

a) Kecerahan dan Kontras

1. Kecerahan :

Yang dimaksud dengan kecerahan (*brightness*) adalah intensitas yang

terjadi pada satu titik citra. Umumnya pada sebuah citra, kecerahan ini merupakan kecerahan rata – rata dari suatu daerah lokal.

2. Kontras :

Untuk menentukan kepekaan kontras (*contrast sensitivity*) pada mata manusia dilakukan cara pengukuran sebagai berikut. Pada suatu bidang citra dengan intensitas sebesar B, perbesar intensitas obyek lingkaran sehingga intensitasnya menjadi $B + \Delta B$. Pertambahan intensitas (ΔB) ini dilakukan sampai mata manusia dapat mendeteksi perbedaan ini. Dengan demikian kepekaan kontras dinyatakan dalam rasio *Weber* sebagai $\Delta B / B$.

b) *Acuity*

Yang dimaksud *acuity* adalah kemampuan mata manusia untuk merinci secara detail bagian – bagian pada suatu citra (pada sumbu visual).

c) Kontur

Yang dimaksud dengan kontur (*contour*) adalah keadaan pada citra di mana terjadi perubahan intensitas dari suatu titik ke titik tetangganya. Dengan perubahan intensitas inilah mata seseorang sanggup mendeteksi pinggiran atau kontur suatu benda.

d) Warna

Warna (*color*) adalah reaksis yang dirasakan oleh sistem visual mata manusia terhadap perubahan panjang gelombang cahaya. Setiap warna mempunyai panjang gelombang yang berbeda-beda. Warna merah memiliki panjang gelombang (λ) yang paling tinggi, sedangkan warna violet mempunyai panjang gelombang (λ) yang paling rendah.

e) Bentuk

Pada umumnya citra yang dibentuk oleh mata merupakan citra 2 dimensi, sedang obyek yang diamati adalah 3 dimensi.

f) Tekstur

Pada hakekatnya sistem visual manusia tidak menerima informasi citra secara terpisah pada setiap titik, tetapi suatu citra dianggap sebagai satu kesatuan. Dua buah citra tidak dapat disamakan hanya dengan satu parameter saja. Hal ini tampak nyata dalam bentuk tekstur (*texture*). Pada daerah yang berdekatan tekstur dua buah citra mudah dibedakan, namun bila letaknya berjauhan,

tekstur kedua citra tersebut sukar dibedakan.

g) Waktu dan Pergerakan

Respon suatu sistem visual tidak hanya berlaku pada faktor ruang, tetapi juga pada faktor waktu. Sebagai contoh, bila citra-citra diam ditampilkan secara cepat, akan berkesan melihat citra yang bergerak.

h) Deteksi dan Pengenalan

Dalam mendeteksi dan mengenali suatu citra, ternyata tidak hanya sistem visual manusia saja yang bekerja, tetapi juga ikut melibatkan ingatan dan daya pikir manusia.

2.2.3 Pencuplikan dan Kuantisasi [3]

Suatu citra agar dapat direpresentasikan secara numerik, maka citra harus didijitalisasi, baik terhadap ruang (koordinat (x,y)) maupun terhadap skala keabuannya (f(x,y)). Proses digitalisasi koordinat (x,y) dikenal sebagai “pencuplikan citra” (*image sampling*), sedangkan proses digitalisasi skala keabuan (f(x,y)) disebut sebagai “kuantisasi derajat keabuan” (*gray level quantization*).

Sebuah citra kontinu (f(x,y)) akan didekati oleh cuplikan – cuplikan yang seragam jaraknya dalam bentuk matriks M x N. Nilai elemen – elemen matriks menyatakan derajat keabuan citra, sedangkan posisi elemen tersebut (dalam baris dan kolom) menyatakan koordinat titik-titik (x,y) dari citra.

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

Bentuk matriks ini dikenal sebagai citra digital. Citra digital merupakan suatu matriks dimana indeks baris dan kolomnya menyatakan suatu titik pada citra tersebut dan elemen matriksnya (yang disebut sebagai elemen gambar atau piksel) menyatakan tingkat keabuan pada titik tersebut.

Dengan alasan untuk memudahkan implementasi, dalam praktek sebagian besar diambil jumlah pencuplikan pada baris (M) dan kolom (N) sebagai bilangan pangkat dua dengan jarak cuplikan yang seragam. Jadi diambil $N = 2^n$ dimana n

adalah bilangan bulat positif

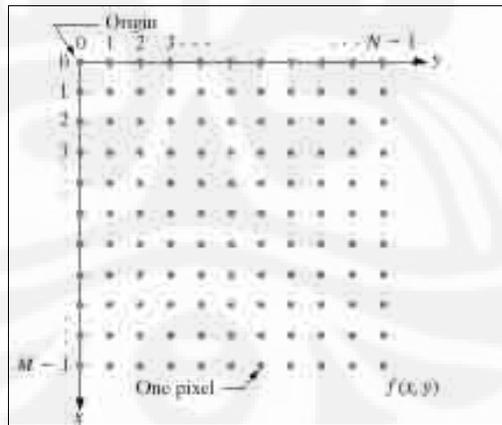
Dengan alasan serupa, maka lazimnya skala keabuan (0, L) dibagi ke dalam G selang dengan panjang selang yang sama yaitu $G = 2^m$ ($m =$ bilangan bulat positif)

Bila hal ini diterapkan, maka penyimpanan sebuah citra digital membutuhkan sejumlah b bit data :

$$B = M \times N \times m \dots\dots\dots(2.4)$$

Sebagai contoh, untuk menyimpan citra berukuran 512×512 pixel dengan 256 derajat keabuan diperlukan jumlah bit sebanyak : $512 \times 512 \times 256 \approx 2.048.000$ bit. Makin tinggi nilai N dan m , maka citra kontinu $f(x,y)$ akan makin didekati oleh citra digital yang dihasilkan.

Jika suatu citra $f(x,y)$ dicuplik dan menjadi $M \times N$ array maka setiap elemen dari *array* merupakan kuantitas diskrit. Setiap elemen dari array dapat disebut elemen citra atau elemen gambar atau piksel. Untuk sebuah citra digital, setiap piksel memiliki nilai integer yakni *graylevel* yang menunjukkan amplitudo atau intensitas dari piksel tersebut. Citra merupakan fungsi dua dimensi yang kedua variabelnya yaitu nilai amplitudo dan koordinatnya merupakan nilai integer. Gambar 2.10. menunjukkan matriks cita digital (x,y) .



Gambar 2.10. Matriks cita digital (x,y) [2]

2.2.4 Warna pada Pengolahan Citra

Warna pada dasarnya merupakan hasil persepsi dari cahaya dalam spektrum wilayah yang terlihat oleh retina mata, dan memiliki panjang gelombang

antara 400nm sampai dengan 700nm.

Sistem visual manusia dapat membedakan ratusan ribu *shade* warna dan intersitas, tetapi hanya 100 *shade* keabuan. Oleh sebab itu, dalam suatu citra, masih banyak informasi lainnya yang ada pada warna, dan informasi tersebut juga dapat digunakan untuk menyederhanakan analisis citra, misalkan identifikasi obyek dan ekstraksi warna.

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 system visual manusia ketika menangkap suatu warna. Sebagai contoh, suatu objek yang memantulkan sinar merah dan hijau akan tampak berwarna hijau apabila benda tersebut disinari oleh sinar hijau (tanpa adanya sinar merah). Demikian juga sebaliknya, objek akan tampak berwarna merah apabila tidak terdapat sinar hijau. Apabila benda tersebut disinari oleh sinar putih, maka objek tersebut berwarna kuning (merupakan gabungan warna hijau + merah).

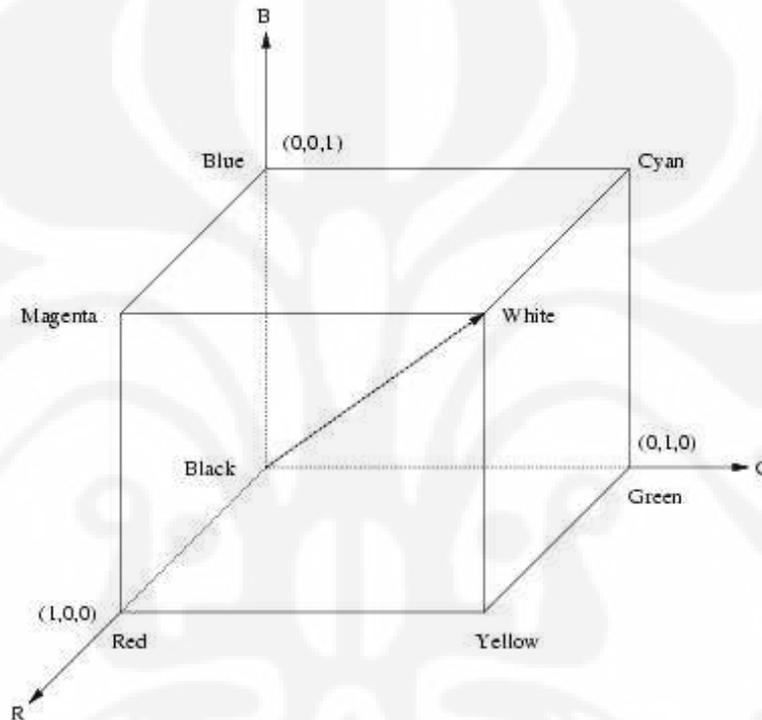
2.2.4.1 Model Warna

Model warna merupakan cara standar untuk mengatur, membuat, memvisualisasikan dan menspesifikasikan suatu warna tertentu, dengan mendefinisikan suatu sistem koordinat 3D, dan suatu ruang bagian yang mengandung semua warna yang dapat dibentuk ke dalam suatu model tertentu. Suatu warna yang dapat dispesifikasikan menggunakan suatu model akan berhubungan ke suatu titik tunggal dalam suatu ruang bagian yang didefinisikannya. Untuk aplikasi yang berbeda ruang warna yang dipakai bisa juga berbeda, hal ini dikarenakan beberapa peralatan tertentu memang membatasi secara ketat ukuran dan jenis ruang warna yang dapat digunakan.

2.2.4.2 Model RGB

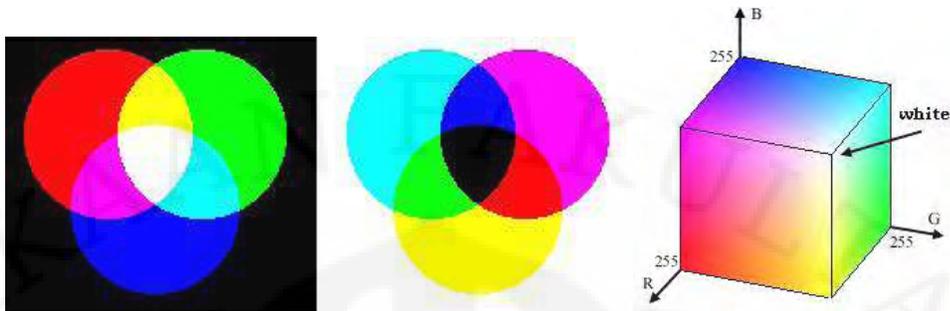
Suatu citra dalam model RGB terdiri dari tiga bidang citra yang saling lepas, masing-masing terdiri dari warna utama: merah, hijau dan biru. Puncak setiap kurva warna adalah pada 440nm (biru), 545nm (hijau), dan 580nm (merah). Standar panjang gelombang untuk tiga warna utama ditunjukkan pada Gambar

2.16. Suatu warna dispesifikasikan sebagai campuran sejumlah komponen warna utama. Gambar 2.11 menunjukkan bentuk geometri dari model warna RGB untuk menspesifikasikan warna menggunakan sistem koordinat Cartesian. Spektrum *grayscale* (tingkat keabuan) yaitu warna yang dibentuk dari gabungan tiga warna utama dengan jumlah yang sama, berada pada garis yang menghubungkan titik hitam dan putih.



Gambar 2.11. Koordinat warna RGB [11]

Warna direpresentasikan dalam suatu sinar tambahan untuk membentuk warna baru, dan berhubungan untuk membentuk sinar campuran. Citra pada Gambar 2.12 sebelah kiri menunjukkan campuran dengan menambahkan warna utama merah, hijau, dan biru untuk membentuk warna sekunder kuning (merah+hijau), cyan (biru+hijau), magenta (merah+biru) dan putih (merah+hijau+biru). Model warna RGB banyak digunakan untuk monitor komputer dan video kamera.



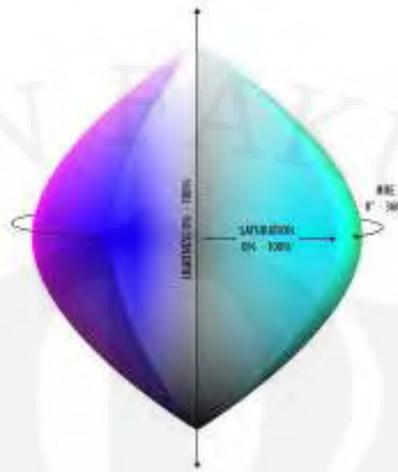
Gambar 2.12 Penambahan Campuran Warna Merah Hijau dan Biru [11,12]

2.2.4.3 Model HSL (Hue Saturation Lightness) dan HSV (Hue Saturation Value)

Untuk menyediakan representasi warna bagi antar-muka pengguna (*user interface*), biasa digunakan ruang warna HSL. HSL sendiri merupakan kependekan dari *Hue, Saturation, Lightness / Luminancy*.

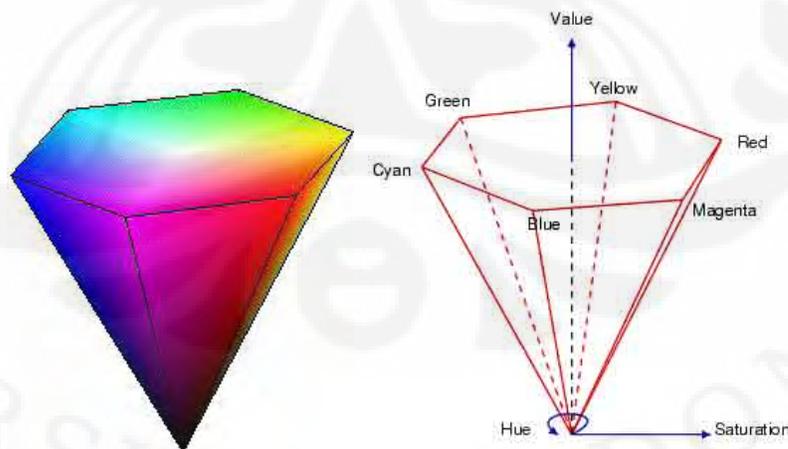
Hue atau corak warna merupakan sensasi penglihatan manusia berdasarkan pada kemiripan suatu daerah tampak seperti daerah yang lain sesuai dengan warna yang diterimanya, merah, kuning, hijau dan biru, atau kombinasi keduanya. *Saturation* adalah kekayaan warna pada suatu daerah sesuai dengan proporsi gelap-terangnya. Kita bisa menemukan warna biru langit sampai dengan biru tua dengan mengubah nilai dari komponen ini. Sedangkan *Luminancy* atau *Lightness* merupakan persepsi suatu daerah warna yang tampak ketika menerima sedikit atau banyak cahaya dengan referensi warna putih.

Gambar 2.13 melukiskan ruang warna HSL, *Hue* adalah sudut warna tertentu yang melingkar dari suatu titik awal, *Saturation* jarak suatu warna terhadap sumbu *Lightness*, *Lightness (Luminancy)* merupakan sumbu tegak yang menghubungkan warna hitam sampai dengan putih.



Gambar 2.13 Ruang Warna HSL [11]

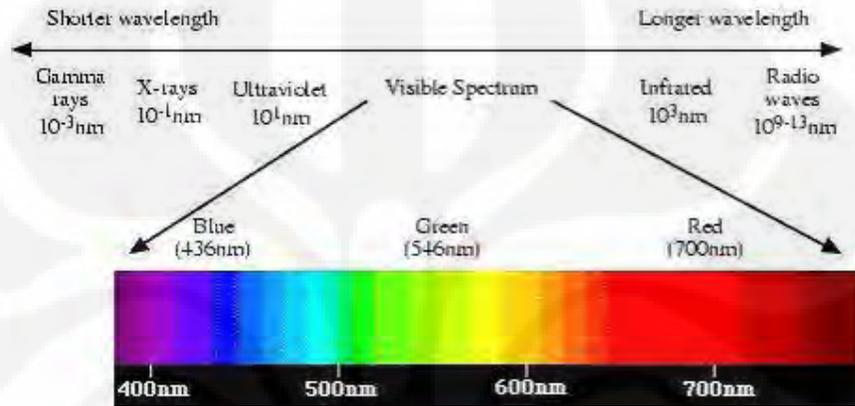
Alternatif lain dari HSL adalah HSV (*Hue*, *Saturation*, dan *Value*). Pada ruang warna HSV *Luminancy* digantikan dengan *Value*. HSV dapat divisualisasikan dengan sebuah poligon seperti pada Gambar 2.14. *Hue* seperti pada HSL merupakan sudut warna yang melingkari poligon, jadi misalnya jika untuk warna merah $hue = 0^\circ$ maka hue untuk warna hijau = 120° dan untuk warna biru nilai hue -nya 240° . *Saturation* sama sepertipada HSL, merupakan jarak terhadap sumbu tegak. Dan *value* merupakan sumbu tegak yang menghubungkan puncak dan dasar poligon.



Gambar 2.14 Ruang Warna HSV [11]

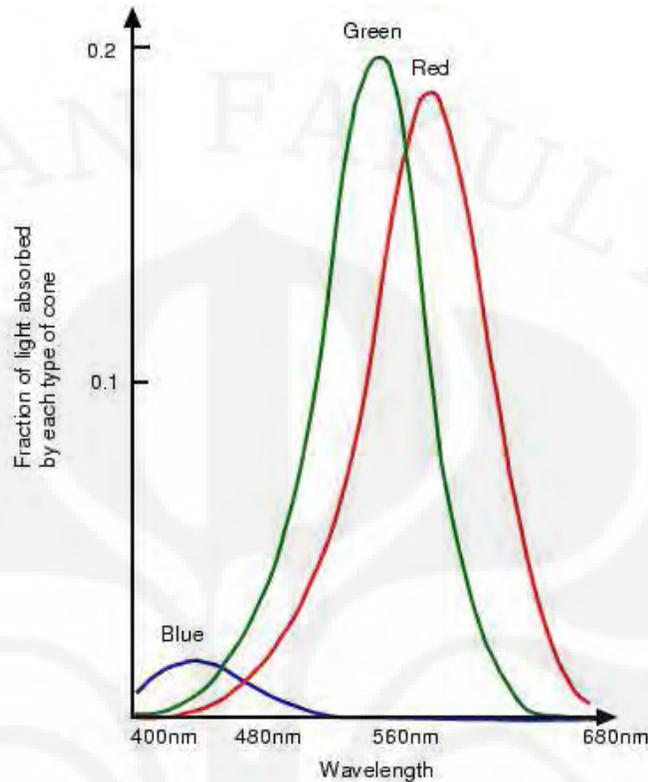
Tiga kuatisasi yang dapat digunakan untuk menggambarkan warna:

- 1) *Hue* ditentukan oleh dominan panjang gelombang. Warna yang dapat dilihat oleh mata memiliki panjang gelombang antara 400 nm (violet) - 700 nm (red) pada spektrum electromagnetic seperti pada Gambar 2.15



Gambar 2.15 *Visible spectrum* dalam spektrum gelombang elektromagnetik [10]

Retina manusia memiliki 3 jenis *cones*. Respon setiap jenis *cones* sebagai suatu fungsi panjang gelombang dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Respon setiap jenis *cones* sebagai suatu fungsi panjang gelombang [10]

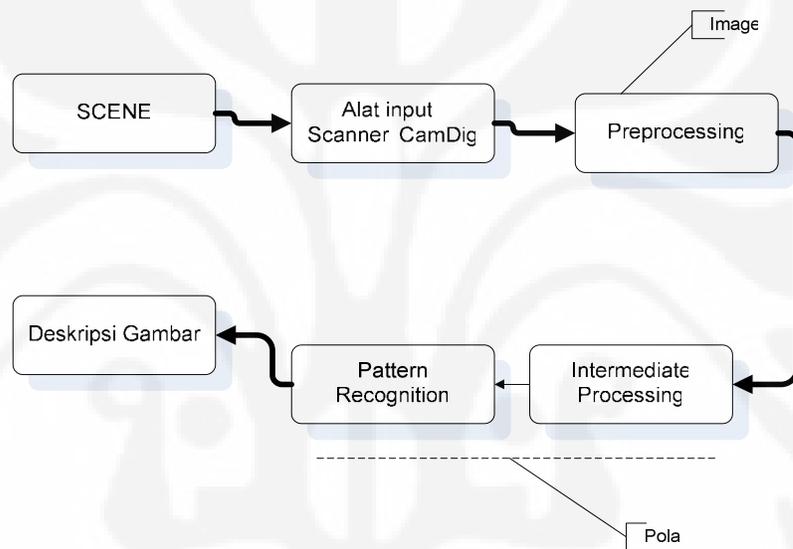
- 2) (*Saturation*) ditentukan oleh tingkat kemurnian, dan tergantung pada jumlah sinar putih yang tercampur dengan hue. Suatu warna *hue* murni adalah secara penuh tersaturasi, yaitu tidak ada sinar putih yang tercampur. *Hue* dan *saturation* digabungkan menentukan *chromaticity* suatu warna. Intensitas ditentukan oleh jumlah sinar yang diserap. Semakin banyak sinar yang diserap semakin banyak tinggi intensitas warnanya.
- 3) Sinar *Achromatic* tidak memiliki warna, tetapi hanya ditentukan oleh atribut intensitas. Tingkat keabuan (*Graylevel*) adalah ukuran intensitas yang ditentukan oleh energi, sehingga merupakan suatu kuantitas fisik. Dalam hal lain, *brightness* atau *luminance* ditentukan oleh persepsi warna (sehingga dapat merupakan efek psikologi). Apabila diberikan sinar biru dan hijau dengan intensitas yang sama, sinar biru diterima (*perceived*) lebih gelap dibandingkan sinar hijau. Sehingga dapat dikatakan bahwa persepsi intensitas manusia adalah non-linear, misalkan perubahan intensitas yang

dinormalisasi dari 0.1 ke 0.11 dan 0.5 ke 0.55 akan diterima dengan perubahan tingkat kecerahan (*brightness*) yang sama.

2.2.5 Operasi Pengolahan Citra

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

Berikut ilustrasi dari proses pengolahan citra digital dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17. Proses Pengolahan Citra Sederhana [4]

Pengolahan citra dan pengenalan pola menjadi bagian dari proses pengenalan citra. Kedua aplikasi ini akan saling melengkapi untuk mendapatkan ciri khas dari suatu citra yang hendak dikenali.

Secara umum tahapan pengolahan citra digital meliputi akuisisi citra, perbaikan citra, peningkatan kualitas citra, segmentasi citra, representasi dan uraian, pengenalan dan interpretasi.

(a) Akuisisi citra

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

didigitisasi.

(b) Perbaikan citra

Perbaikan citra (*image restoration*) diartikan sebagai proses untuk mengolah citra digital yang didapat agar lebih mendekati bentuk citra aslinya, atau sering disebut sebagai proses mendapatkan kembali (rekonstruksi) citra asli dari suatu citra yang telah mengalami proses degradasi.

(c) Peningkatan kualitas citra

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

(d) Segmentasi citra

Segmentasi bertujuan untuk memilih dan mengisolasi (memisahkan) suatu objek dari keseluruhan citra. Tahap *downsampling* merupakan proses untuk menurunkan jumlah piksel dan menghilangkan sebagian informasi dari citra. Dengan resolusi citra yang tetap, *downsampling* menghasilkan ukuran citra yang lebih kecil. Tahap segmentasi selanjutnya adalah penapisan dengan *filter median*, hal ini dilakukan untuk menghilangkan derau yang biasanya muncul pada frekuensi tinggi pada spectrum citra. Pada penapisan dengan *filter median*, *gray level* citra pada setiap piksel digantikan dengan nilai median dari *gray level* pada piksel yang terdapat pada *window filter*.

(e) Representasi dan Uraian

Representasi mengacu pada data konversi dari hasil segmentasi ke bentuk yang lebih sesuai untuk proses pengolahan pada komputer. Keputusan pertama yang harus sudah dihasilkan pada tahap ini adalah data yang akan diproses dalam batasan-batasan atau daerah yang lengkap. Batas representasi digunakan ketika penekanannya pada karakteristik bentuk luar, dan area representasi digunakan ketika penekanannya pada karakteristik dalam, sebagai contoh tekstur. Setelah data telah direpresentasikan ke bentuk tipe yang lebih sesuai, tahap selanjutnya adalah menguraikan data.

(f) Pengenalan dan Interpretasi

Pengenalan (*recognition*) pola tidak hanya bertujuan untuk mendapatkan citra dengan suatu kualitas tertentu, tetapi juga untuk mengklasifikasikan

bermacam-macam citra. Dari sejumlah citra diolah sehingga citra dengan ciri yang sama akan dikelompokkan pada suatu kelompok tertentu. Interpretasi meliputi penekanan dalam mengartikan objek yang dikenali.

Pengolahan citra digital dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas suatu citra digital, baik dalam tujuan untuk menonjolkan suatu ciri tertentu dalam citra tersebut, maupun untuk memperbaiki aspek tampilan. Proses ini biasanya didasarkan pada prosedur yang bersifat eksperimental, subjektif, dan amat bergantung pada tujuan yang hendak dicapai.

2.2.6 Pemotongan (*Cropping*) [4]

Pemotongan atau *cropping* akan menghasilkan bagian citra (dalam bentuk kotak) dari sebuah citra. Kotak "*crop*" dapat ditentukan melalui argumen masukan, atau memilihnya dengan menggunakan *mouse*.

Jika diketikkan perintah *cropping* tanpa menetapkan kotak "*crop*", maka kursor akan berubah menjadi bentuk "+" ketika dilewatkan diatas citra yang diinginkan, dan sementara menahan tombol *mouse*, "*drag*" sepanjang citra. Perintah *Cropping* membentuk kotak sepanjang area yang dipilih. Ketika tombol *mouse* dilepaskan, maka perintah *cropping* akan membuat citra keluaran dari area yang terpilih.

2.2.7 Operasi Blok–blok Pembeda (*Distinct Blocks*) [4]

Distinct Blocks adalah partisi berbentuk kotak yang membagi sebuah daerah matriks berukuran $m \times n$. *Distinct blocks* membagi matriks citra mulai dari kiri atas tanpa ada *overlapping* atau penumpukan. Jika blok tidak dapat terbagi secara pas, maka *toolbox* akan menambahkan *zero padding*.

Sebagai contoh sebuah matriks berukuran 8×8 terbagi oleh blok berukuran 3×3 *zero padding* akan ditambahkan pada baris ke sembilan dan kolom ke sembilan dari matriks citra. Setelah dilakukan *zero padding*, maka matriks akan berukuran 9×9 .

Operasi *distinct block* akan mengekstrak setiap *Distinct Blocks* dari sebuah citra dalam melewati blok ke dalam fungsi yang ditentukan. Hitung rata-rata dari blok kemudian mengalikan hasilnya dengan matriks satu, sehingga blok

keluaran berukuran sama dengan blok masukan. Sehingga hasilnya citra keluaran berukuran sama dengan citra masukan.

2.2.8 *Resizing* [4]

Ketika bekerja dengan citra digital, operasi pengubahan ukuran citra (*resizing*) mungkin merupakan operasi yang biasa dilakukan. Baik itu memperbesar maupun memperkecil ukuran citra. Teknik yang umum digunakan untuk operasi ini adalah teknik interpolasi.

Interpolasi secara sederhana dapat dikatakan sebagai sebuah cara untuk memperkirakan nilai tertentu diantara nilai-nilai yang diketahui dalam *range* yang sama. Dalam konteks citra digital, interpolasi merupakan suatu proses yang dilakukan untuk memperkirakan nilai citra pada lokasi diantara piksel-piksel citra. Interpolasi adalah proses yang dikerjakan oleh perangkat lunak untuk melakukan pembuatan ulang (*resample*) dari contoh data citra untuk menentukan nilai-nilai antara piksel-piksel yang diterapkan. Contohnya jika operasi perbesaran pada citra dilakukan maka kita akan mendapatkan lebih banyak piksel dibandingkan citra asalnya. Piksel-piksel baru ini bisa didapat dari interpolasi. Ada beberapa teknik interpolasi yang biasa dipakai untuk pengubahan ukuran (*resizing*), teknik-teknik tersebut adalah *nearest neighbor*, *bilinear* dan *bicubic*.

Pada interpolasi *nearest neighbor*, nilai piksel yang baru diisi dengan nilai piksel terdekat yang sudah ada. Sehingga ketika sebuah citra diperbesar, teknik ini menggandakan piksel, dan ketika citra ukurannya diperkecil maka ia akan menghapus piksel. Cara ini memang lebih cepat dibandingkan dua teknik interpolasi lainnya, meskipun demikian kelemahan utama teknik ini terlihat pada operasi perbesaran, tepian obyek didalam citra terlihat bergerigi. Pada operasi pengecilan, citra yang dihasilkan terlihat kurang halus.

Teknik kedua, *bilinear*, bekerja dengan menggunakan nilai dari keempat piksel-piksel disekitarnya, yaitu : atas, bawah, kiri dan kanan dari titik dimana piksel baru akan dibuat. Nilai dari piksel ini ditentukan dengan menghitung bobot rata-rata dari empat piksel (*array 2×2*) yang menurut jaraknya paling dekat. Hasil dari teknik ini memang lebih halus dibandingkan dengan teknik yang pertama.

Pada teknik terakhir, *bicubic*, nilai piksel baru ditentukan dengan

menghitung bobot rata-rata 16 piksel (*array 4×4*) yang menurut jaraknya paling dekat. Citra hasil dari teknik ini jauh lebih halus dibandingkan dengan menggunakan teknik yang pertama.

2.2.9 Pendekatan Pengenalan Pola

Ada tiga pendekatan yang digunakan dalam pengenalan pola :

1. Pendekatan statistik (*Statistical Pattern Recognition Approach*), merupakan teknik pengenalan pola menggunakan statistik untuk algoritma klasifikasinya.
2. Pendekatan sintaktik (*Syntactic Pattern Recognition Approach*), merupakan teknik pengenalan pola yang mengacu pada struktural.
3. Pendekatan neural (*Neural Pattern Recognition Approach*), merupakan teknik pengenalan pola yang menggunakan algoritma jaringan syaraf tiruan dalam proses pengklasifikasiannya.

2.3 KONSEP DASAR JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST) [3]

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau *Artificial Neural Network* adalah prosesor tersebar paralel yang sangat besar (*massively paralel distributed processor*) yang memiliki kecenderungan untuk menyimpan pengetahuan yang bersifat pengalaman dan membuatnya siap untuk digunakan.

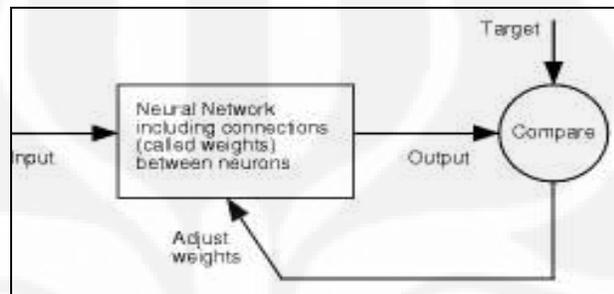
JST merupakan teknik yang digunakan untuk membangun program yang cerdas dengan permodelan yang mensimulasikan cara kerja jaringan syaraf pada otak manusia. Jadi, JST menggunakan konsep kerja dari syaraf otak manusia untuk menyelesaikan perhitungan pada komputer. JST menyerupai otak manusia dalam dua hal, yaitu:

1. Pengetahuan diperoleh jaringan melalui proses belajar.
2. Kekuatan hubungan antar sel syaraf (neuron) yang dikenal sebagai bobot-bobot sinaptik digunakan untuk menyimpan pengetahuan.

Seperti otak manusia, fungsi dari jaringan ditentukan oleh hubungan antara neuron. Hubungan antara Neuron ini disebut bobot (*weight*). Untuk mendapatkan fungsi tertentu dapat dilakukan dengan melakukan pelatihan (*training*) dengan

menyesuaikan nilai bobot dari masing-masing neuron.

Pada umumnya JST dilatih (*trained*) agar input mengarah ke output target yang spesifik. Jadi jaringan dilatih terus menerus hingga mencapai kondisi dimana input sesuai dengan target yang telah ditentukan. Pelatihan dimana setiap input diasosiasikan dengan target yang telah ditentukan disebut pelatihan terarah (*Supervised learning*) seperti tampak pada Gambar 2.18.



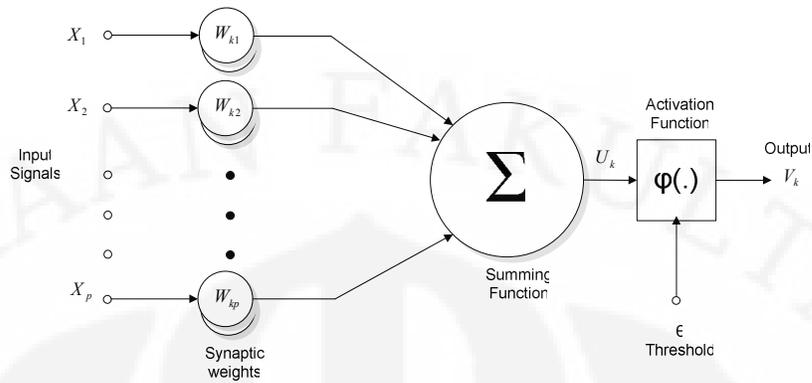
Gambar 2.18. Diagram blok jaringan syaraf tiruan [5]

JST mempunyai sifat dan kemampuan :

1. Nonlinieritas (*Nonlinearity*)
2. Pemetaan Input-Output (*Input-Output Mapping*)
3. Adaptivitas (*Adaptivity*)
4. Respon yang Jelas (*Evidential Response*)
5. Informasi yang sesuai dengan Keadaan (*Contextual Information*)
6. Toleransi Kesalahan (*Fault Tolerance*)
7. Kemampuan Implementasi Pada VLSI (*VLSI Implementability*)
8. Keseragaman Analisis dan Perancangan (*Unifomity of Analysis and Design*)
9. Analogi Sel Syaraf Biologi (*Neurobiological Analogy*)

2.3.1 Model Syaraf (*Neuron*)

Satu sel syaraf terdiri dari tiga bagian, yaitu: fungsi penjumlah (*summing function*), fungsi aktivasi (*activation function*), dan keluaran (*output*). Pada Gambar 2.19 dapat dilihat contoh model *single neuron* JST.



Gambar 2.19 Model *Single Neuron* [5]

2.3.2 Proses Belajar

Belajar merupakan suatu proses dimana parameter-parameter bebas JST diadaptasikan melalui suatu proses perangsangan berkelanjutan oleh lingkungan dimana jaringan berada.

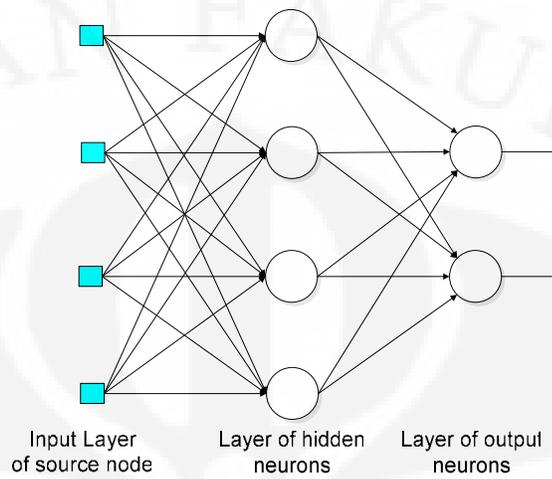
Berdasarkan algoritma pelatihannya, maka JST terbagi menjadi dua yaitu :

- 1) *Supervised Learning*. Metode belajar ini memerlukan pengawasan dari luar atau pelabelan data sampel yang digunakan dalam proses belajar. Dimana Jaringan belajar dari sekumpulan pola masukan dan keluaran. Sehingga pada saat pelatihan diperlukan pola yang terdiri dari vektor masukan dan vektor target yang diinginkan. Vektor masukan dimasukkan ke dalam jaringan yang kemudian menghasilkan vektor keluaran yang selanjutnya dibandingkan dengan vektor target. Selisih kedua vektor tersebut menghasilkan galat (*error*) yang digunakan sebagai dasar untuk mengubah matriks koneksi sedemikian rupa sehingga galat semakin mengecil pada siklus berikutnya.
- 2) *Unsupervised Learning*. Metode belajar ini menggunakan data yang tidak diberi label dan tidak memerlukan pengawasan dari luar. Daya disajikan kepada JST dan membentuk kluster internal yang mereduksi data masukan ke dalam kategori klasifikasi tertentu.

2.3.3 JST Propagasi Balik

JST Propagasi Balik merupakan salah satu teknik pembelajaran atau pelatihan *supervised learning* yang paling banyak digunakan dalam edukatif.

Gambar 2.20 akan mengilustrasikan bagaimana arsitektur dari JST propagasi balik.



Gambar 2.20. JST Propagasi Balik [5]

Kelemahan JST yang terdiri dari layar tunggal membuat perkembangan JST menjadi terhenti pada sekitar tahun 1970 an. Penemuan *backpropagation* yang terdiri dari beberapa lapisan membuka kembali cakrawala. Terlebih setelah berhasil ditemukannya berbagai aplikasi yang dapat diselesaikan dengan *backpropagation*, membuat JST semakin diminati.

JST dengan lapisan tunggal memiliki keterbatasan dalam pengenalan pola. Kelemahan ini bisa ditanggulangi dengan menambahkan satu atau beberapa lapisan tersembunyi diantara lapisan masukan dan lapisan keluaran. Meskipun penggunaan lebih dari satu lapisan tersembunyi memiliki kelebihan manfaat untuk beberapa kasus, tapi pelatihannya memerlukan waktu yang lama. Maka umumnya mulai mencoba dengan sebuah layar tersembunyi lebih dahulu. Seperti halnya model JST lain, *backpropagation* melatih jaringan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama pelatihan serta kemampuan jaringan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang serupa (tapi tidak sama) dengan pola yang dipakai selama pelatihan.

JST Propagasi Balik merupakan salah satu teknik pembelajaran atau pelatihan supervised learning yang paling banyak digunakan dalam edukatif.

Backpropagation memiliki beberapa unit yang ada dalam satu atau lebih lapisan tersembunyi.

Pelatihan Standar *Backpropagation* meliputi 3 fase. Fase pertama adalah fase maju. Pola masukan dihitung maju mulai dari lapisan masukan hingga lapisan keluaran menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Fase kedua adalah fase mundur. Selisih antara keluaran jaringan dengan target yang diinginkan merupakan kesalahan yang terjadi. Kesalahan tersebut dipropagasikan mundur, dimulai dari garis yang berhubungan langsung dengan unit-unit di lapisan keluaran. Fase ketiga adalah modifikasi bobot untuk menurunkan kesalahan yang terjadi.

Algoritma Pelatihan JST Propagasi Balik [5]:

- a. Inisialisasi bobot (ambil awal dengan nilai random yang cukup kecil)
- b. Tetapkan : Maksimum Epoch, Target error, dan *learning rate* (α)
- c. Inisialisasi : Epoch = 0, MSE = 1.
- d. Kerjakan langkah-langkah berikut selama (Epoch < Maksimum Epoch) dan (MSE > Target Error) :
 1. Epoch = Epoch + 1
 2. Untuk tiap-tiap pasangan elemen yang akan dilakukan pembelajaran, kerjakan :

Feedforward :

- a. Tiap-tiap unit input ($x_i = 1, 2, 3, \dots, n$) menerima sinyal x_i dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan yang ada di atasnya (lapisan tersembunyi).
- b. Tiap-tiap unit pada lapisan tersembunyi ($Z_j, j=1, 2, 3, \dots, p$) menjumlahkan sinyal-sinyal input berbobot :

$$z_{in_j} = b I_j + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \dots\dots\dots (2.4)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya :

$$z_j = f(z_{in_j}) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dan kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan atasnya (unit-unit output).

- c. Tiap-tiap unit output (Y_k , $k=1,2,3,\dots,m$) menjumlahkan sinyal-sinyal input terbobot.

$$y_{in_k} = b_{2_k} + \sum_{i=1}^y z_j w_{jk} \dots\dots\dots (2.6)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya :

$$y_k = f(y_{in_k}) \dots\dots\dots (2.7)$$

Dan kirimkan sinyal output tersebut ke semua unit di lapisan atasnya (unit-unit output).

Langkah (b) dilakukan sebanyak jumlah lapisan tersembunyi.

- d. Tiap-tiap unit output ($Y_k = 1,2,3,\dots,m$) menerima target pola yang berhubungan dengan pola input pembelajaran, hitung informasi errornya :

$$\delta_{2_k} = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\varphi_{2_{jk}} = \delta_{2_k} z_j \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\beta_{2_k} = \delta_{2_k} \dots\dots\dots (2.10)$$

Kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai w_{jk}):

$$\Delta w_{jk} = \alpha \varphi_{2_{jk}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai b_{2_k}):

$$\Delta b_{2_k} = \alpha \beta_{2_k} \dots\dots\dots (2.12)$$

Langkah (d) ini juga dilakukan sebanyak jumlah lapisan tersembunyi, yaitu menghitung informasi error dari suatu lapisan tersembunyi ke lapisan tersembunyi sebelumnya.

- e. Tiap-tiap unit tersembunyi (Z_j , $j=1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan delta inputnya (dan unit-unit yang berada pada lapisan yang ada di atasnya):

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_{2_k} w_{jk} \dots\dots\dots (2.13)$$

Kalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktivasinya untuk menghitung informasi error :

$$\delta l_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j}) \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\phi l_{ij} = \delta l_j x_j \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\beta l_j = \delta l_j \dots\dots\dots (2.16)$$

Kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai v_{ij}):

$$\Delta v_{ij} = \alpha \phi l_{ij} \dots\dots\dots (2.17)$$

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai b_{1j})

$$\Delta b_{1j} = \alpha \beta l_j \dots\dots\dots (2.18)$$

Tiap-tiap unit output (Y_k , $k = 1,2,3,\dots,m$) memperbaiki bias dan bobotnya ($j=0,1,2,\dots,p$):

$$w_{jk} (baru) = w_{jk} (lama) + \Delta w_{jk} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$b_{2k} (baru) = b_{2k} (lama) + \Delta b_{2k} \dots\dots\dots (2.20)$$

f. Tiap-tiap unit tersembunyi ($Z_j = j=1,2,3,\dots,p$) memperbaiki bias dan bobotnya ($i=0,1,2,\dots,n$):

$$v_{ij} (baru) = v_{ij} (lama) + \Delta v_{ij} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$b_{1j} (baru) = b_{1j} (lama) + \Delta b_{1j} \dots\dots\dots (2.22)$$

3. MSE (Mean Square Error)

Setelah dilakukan algoritma tersebut pada jaringan maka kita akan mendapatkan jaringan yang sudah dilatih. Sehingga untuk melakukan identifikasi, dapat dilakukan dengan langsung memberikan input dan jaringan akan mengklasifikasinya sesuai dengan bobot-bobot yang diperoleh dari proses pelatihan sebelumnya.

Perhitungan galat merupakan pengukuran bagaimana jaringan saraf tiruan dapat belajar dengan baik. Perhitungan galat ini merupakan pengukuran ketepatan jaringan saraf tiruan terhadap data target pembelajaran. Galat pada keluaran jaringan saraf tiruan merupakan selisih antara keluaran sebenarnya (*current output*) dengan keluaran yang diinginkan (*desired output*) dari masukan data tertentu. Pada proses pembelajaran, data yang menjadi pembanding adalah data

pembelajaran, sedangkan pada proses pengujian, data yang dipakai adalah data uji.

Jumlah galat pada jaringan saraf tiruan dapat dihitung dengan menggunakan rata-rata galat kuadrat (MSE - *mean square error*).

Berikut ini adalah cara menghitung MSE untuk kumpulan data d , pada jaringan saraf tiruan dengan kumpulan neuron keluaran $outputs$:

$$MSE = \frac{\sum_d \sum_{k \in outputs} (t_k - o_k)^2}{n_d n_{outputs}} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dengan:

t_k adalah nilai target pada neuron keluaran ke- k

o_k adalah nilai output pada neuron keluaran ke- k

n_d adalah jumlah data pembelajaran, dan

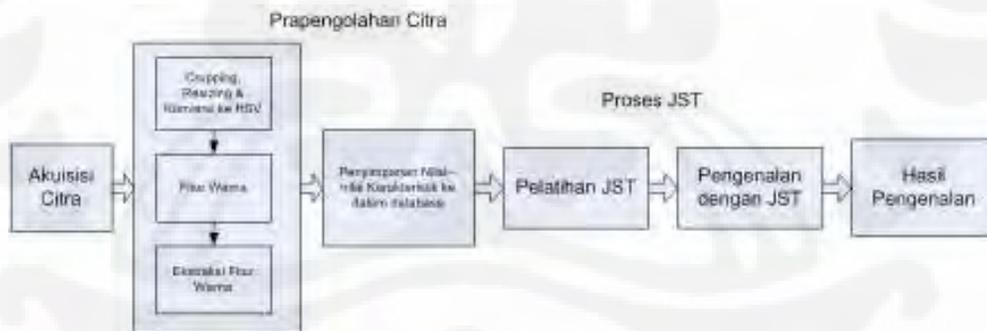
n_{output} adalah jumlah neuron keluaran

BAB III

RANCANG BANGUN SISTEM

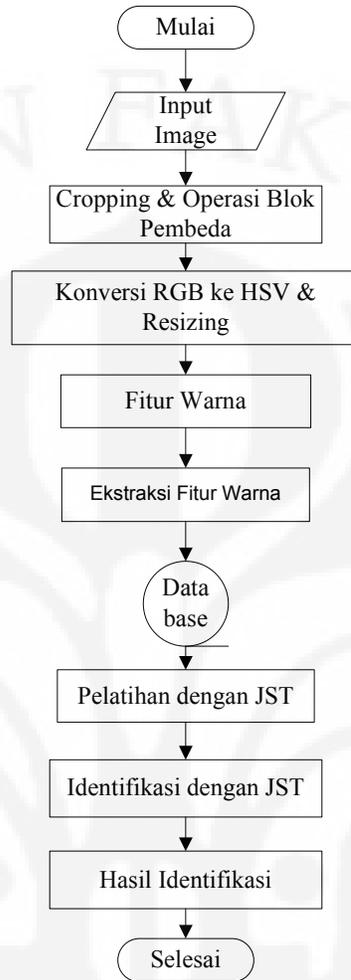
Program pengenalan penyakit darah menggunakan teknik pengolahan citra dan metode Jaringan Syaraf Tiruan ini, dibagi menjadi dua tahap utama, yaitu proses pra-pengolahan dan proses pelatihan JST serta proses pengenalan dengan JST. Data citra darah yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil citra mikroskopis digital dari hapusan darah tepi yang didapat dari <http://www.healthsystem.virginia.edu/internet/hematology/HessIDB/home.cfm> dan Atlas Hematologi yang dikeluarkan oleh FKUI.

Citra darah yang telah melalui tahap pra-pengolahan seperti proses pemotongan (*cropping*), operasi blok pembeda (*distinct blocks*), konversi warna dari RGB ke HSV, *resizing*, fitur warna (*color feature*), dan ekstraksi fitur warna akan dilatih dan diidentifikasi menggunakan metode JST. Blok diagram dari sistem pengenalan penyakit darah menggunakan teknik pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok Diagram sistem pengenalan penyakit darah menggunakan teknik pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan.

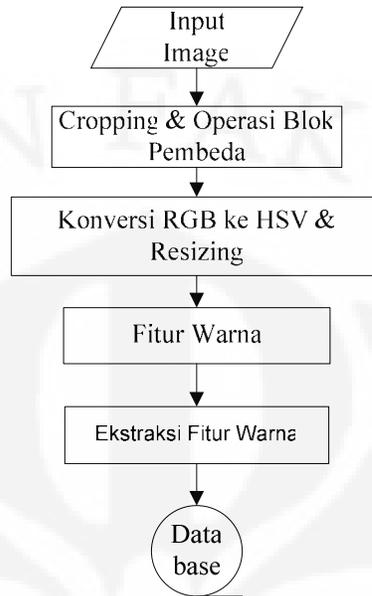
Berdasarkan blok diagram pada Gambar 3.1 diagram alir sistem pengenalan penyakit darah menggunakan metode teknik pengolahan citra dan JST dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alir sistem pengenalan penyakit darah menggunakan metode teknik pengolahan citra dan JST.

3.1 PROSES PRA-PENGOLAHAN DAN EKSTRAKSI FITUR WARNA

Pada tahap awal dari program ini adalah tahap pra-pengolahan. Proses pra-pengolahan atau lebih dikenal *pre-processing* adalah langkah memperbaiki citra untuk menonjolkan karakter citra yang ingin diekstraksi. Data masukan citra mikroskopis digital dari hapusan darah tepi yang digunakan pada penelitian ini dapat terdiri dari beberapa sel darah dan memiliki ukuran piksel yang sangat besar. Diagram alir pada proses pra-pengolahan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram alir proses pra-pengolahan.

Pertama – tama, data masukan citra mikroskopis digital dari hapusan darah tepi dilakukan pemotongan (*cropping*) pada area spesifik dari citra hapusan darah tepi yang merepresentasikan sel darah putih yang mengalami kelainan dan akan berkembang menjadi sel kanker darah putih (leukemia). *Cropping* pada tahap ini adalah untuk mendapatkan hasil citra sel darah putih yang mengalami kelainan pada citra masukan tersebut agar dapat diolah pada proses pra-pengolahan selanjutnya dan untuk mempercepat waktu komputasi dari program. Fungsi pemotongan yang digunakan adalah fungsi **imcrop**.

```

imagecrop = handles.original;
axes(handles.axes1);
crop = imcrop(imagecrop);
axes(handles.axes2);
imshow(crop);
  
```

Hasil citra dari *cropping* tersebut kemudian dibagi menjadi blok – blok citra berukuran 4×4 , dengan menggunakan operasi blok pembeda (*distinct blocks*) dengan fungsi **blkproc**. Pembagian citra dengan blok berukuran 4×4 dipilih berdasarkan pada waktu komputasi program.

```

f = inline('uint8(round(mean2(x)*ones(size(x))))');
imageblock=blkproc(image1, [4 4], f);
  
```

Fungsi **inline** digunakan untuk menghitung rata-rata dari blok kemudian mengalikan hasilnya dengan matriks satu, sehingga blok keluaran berukuran sama

dengan blok masukan. Sehingga hasilnya citra keluaran berukuran sama dengan citra masukan.

Setelah citra dibagi ke dalam blok berukuran 4×4 , dilakukan konversi warna dari RGB ke HSV. Daerah warna HSV sering digunakan untuk mengambil warna dari sebuah *pallette* warna karena lebih mudah bereksperimen warna dengan HSV daripada menggunakan daerah warna RGB. Selain itu model warna HSV ini dipilih berdasarkan kemudahan mentransformasi model warna RGB dengan HSV dan ruang warna HSV yang lebih natural dan *uniform*.

```
imageHSV = rgb2hsv (imageblock);  
handles.hsv = imageHSV;
```

Hasil citra konversi ke HSV kemudian di-*resize* karena data citra masukan yang digunakan memiliki ukuran piksel yang besar dan akan memperlambat waktu komputasi. Dengan melakukan *resize* citra hasil konversi HSV, maka waktu komputasi untuk proses selanjutnya akan menjadi lebih cepat. Setiap citra hasil konversi HSV di-*resize* dengan faktor pengecilan adalah sebesar 0.25.

```
resize = imresize(handles.hsv, .25);  
handles.resize = resize;
```

Pada proses fitur warna, hasil citra setelah di-*resize* akan dipisahkan setiap elemen – elemen warnanya sehingga didapatkan matriks untuk komponen *hue*, *saturation*, dan *value* dari citra asli setelah di-*resize*. Setelah dipisahkan masing–masing elemennya, dihasilkan elemen pertama untuk *hue*, elemen kedua untuk *saturation*, dan elemen ketiga untuk *value*. Nilai matriks pada masing–masing elemen ini akan dipilih elemen yang paling merepresentasikan citra dan kemudian diekstraksi pada proses ekstraksi fitur warna.

```
colorf = handles.resize  
X = colorf;  
mX1 = X(:, :, 1);  
handles.mX1 = mX1;  
axes(handles.axes3);  
imshow(mX1);  
mY1 = X(:, :, 2);  
handles.mY1 = mY1;  
axes(handles.axes3);  
imshow(mY1);  
mZ1 = X(:, :, 3);  
handles.mZ1 = mZ1;  
axes(handles.axes3);  
imshow(mZ1);
```

Ekstraksi fitur warna dilakukan dengan mengekstraksi karakteristik dari salah satu elemen warna pada proses fitur warna. Pada penelitian ini, karakteristik elemen warna yang akan diekstraksi dari hasil fitur warna adalah elemen *Hue*, karena paling merepresentasikan nilai-nilai brightness dari citra masukan. Pada matriks citra elemen *hue* tersebut dilakukan pemeriksaan citra perbaris untuk melihat letak citra pada kolom-kolomnya. Setelah itu, hasil pemeriksaan tersebut disusun kembali ke dalam bentuk matriks. Proses ekstraksi fitur warna dengan melihat penyebaran piksel pada citra menghasilkan matriks fitur dari matriks elemen warna *hue*. Matriks tersebut dimasukkan ke dalam database yang merupakan file berekstensi *.mat* yang kemudian akan digunakan untuk melatih JST.

```

mX1=handles.mX1;
rX1 = imresize(mX1,[70 50]);
for cnt=1:7
    for cnt2=1:5
        value=sum(rX1((cnt*3-2:cnt*3),(cnt2*3-
2:cnt2*3)));
        X1((cnt-1)*5+cnt2)=sum(value);
    end
end
X1=(X1)/10;
X1=X1';
X1=roundn(X1,-2);
vektor_X1 = X1
axes(handles.axes3);
plotchar(vektor_X1);
title('Hasil Ekstraksi Fitur');
handles.vektor_X1 = vektor_X1;
guidata(hObject, handles);

```

3.2 PROSES PELATIHAN DENGAN JST

Pada proses pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dibutuhkan suatu parameter karakteristik dari citra darah untuk dijadikan input bagi JST. Parameter karakteristik ini diambil dari 30 nilai karakteristik dari masing – masing citra darah. Jadi JST ini terdiri dari 30 input untuk 10 kali pelatihan JST dan setiap pelatihan JST terdiri dari 3 input yang pada masing–masing input terdiri dari 35 nilai karakteristik dari masing–masing citra darah. Nilai–nilai karakteristik citra darah yang dipergunakan diperoleh dari *reshaping* matriks (7x5) fitur warna yang telah diekstraksi.

Setiap 35 nilai karakteristik dari citra darah merepresentasikan citra sel

darah yang memiliki kelainan secara utuh, karena sampel data nilai karakteristik tersebut akan dijadikan acuan dalam proses pengenalan penyakit darah ini. Bagian yang diambil sebagai sampel dari masing-masing citra adalah bagian yang paling signifikan menunjukkan sel penyakit darah leukemia dari citra darah mikroskopis tersebut.

Metode JST yang digunakan pada proses pengenalan penyakit darah ini adalah metode *backpropagation* yang terdiri dari 2 buah lapisan dengan jumlah neuron pada lapisan pertama (lapisan tersembunyi) adalah sebanyak 3 buah neuron, yang menggambarkan 3 jenis penyakit darah leukemia yang akan diidentifikasi, yaitu *Acute Lymphocytic Leukemia*, *Acute Myelogenous Leukemia*, dan *Burkitts Lymphoma*.

Lapisan kedua (lapisan output) adalah sebanyak 1 buah neuron. Fungsi aktivasi yang digunakan pada proses pelatihan ini adalah fungsi aktivasi logsig pada lapisan pertama (lapisan input) dan pada lapisan kedua (lapisan output) digunakan fungsi aktivasi purelin. Fungsi aktivasi logsig digunakan karena diharapkan output berada pada jangkauan 0 dan 1. Sedangkan fungsi aktivasi purelin digunakan karena dapat memberikan nilai output sesuai dengan jumlah input yang diterimanya. Teknik pembelajaran / pelatihan yang digunakan pada proses JST *backpropagation* ini adalah teknik *supervised learning* dan menggunakan fungsi *training gradient descent* dengan momentum (*traingdm*). Algoritma yang umumnya digunakan pada *backpropagation* adalah *gradient-descent algorithms*, dimana bobot jaringan akan berubah sepanjang gradien negatif dari performance jaringan. *Backpropagation* merupakan suatu cara perhitungan gradien untuk nonlinier jaringan lapisan jamak.

Algoritma proses pelatihan JST *backpropagation* ini adalah sebagai berikut :

(a) Menentukan Input untuk *training* :

```
load datatrain1;
n1 = [35 Nilai ekstraksi karakteristik matriks fitur
      warna sampel tiap citra]
```

(b) Menentukan target set dari jaringan :

```
T = [1 2 3];
```

- (c) Membangun jaringan dan menetapkan banyaknya neuron tiap lapisan dan fungsi – fungsi aktivasi yang akan digunakan :

```
net = newff(minmax(n1), [3 1], {'logsig'  
'purelin'}, 'traingd');
```

Perintah diatas secara otomatis akan membuat jaringan yang dideskripsikan sebelumnya kemudian jaringan tersebut siap untuk dilatih. Perintah *newff* akan secara otomatis memberikan nilai bobot dan bias kepada jaringan. Perintah *minmax* digunakan untuk menggambarkan range input yang akan digunakan dalam pembuatan jaringan.

- (d) Melakukan inisialisasi untuk proses pelatihan JST.

```
net = init (net);
```

- (e) Menentukan maksimum *epoch*, *goal*, *learning rate*, dan *show step* yang akan digunakan pada proses pelatihan ini kita dapat memodifikasi beberapa nilai maksimum dari parameter default.

```
net.trainParam.epochs = 2000;  
net.trainParam.goal = 0;  
net.trainParam.lr = 0.01;  
net.trainParam.show = 20;
```

- (f) Melakukan pembelajaran (*training*) :

```
net = train(net,n1,T);
```

- (g) Melakukan simulasi setelah JST terbentuk dengan menggunakan perintah *sim* yang akan memberikan input *p* pada jaringan *net*, sehingga menghasilkan output *y* :

```
y = sim(net,n1);
```

- (h) Menampilkan grafik untuk melihat pencapaian target oleh jaringan :

```
Axes(handles.axes3);  
plot(P(2,:),T,'bo',P(2,:),y,'r*');
```

Setelah metode latihan dan bias ditentukan, maka jaringan telah siap dilatih. Latihan membutuhkan beberapa contoh dari fungsi yang akan didekatinya. Selama latihan, bobot dan bias akan berubah sehingga *performance function* dari jaringan menurun. *Default performance function* dari jaringan *feedforward* adalah *mean square error*, MSE yaitu jumlah kuadrat antara selisih output jaringan *y* dan target *t*.

3.3 PROSES IDENTIFIKASI DENGAN JST

Pada proses Pengenalan sistem akan berusaha mengenali nilai karakteristik hasil ekstraksi fitur warna dari sampel citra yang dijadikan input pada sistem. Pada proses ini sistem berfungsi sebagai alat klasifikasi dari sampel citra yang dijadikan input. Setiap input memiliki pasangan target masing-masing dan sistem akan mengarahkan input tersebut ke target yang paling sesuai.

Proses Pengenalan pada jaringan syaraf tiruan dilakukan dengan mengklasifikasikan input menuju target yang sesuai dengan proses *training*. Pengklasifikasian ini berdasarkan bobot tiap node yang diperoleh pada proses *training*. Jadi pada proses klasifikasi tidak terjadi perubahan atau penyesuaian bobot. Proses klasifikasi inilah yang dijadikan dasar dalam menentukan jenis penyakit menggunakan parameter karakteristik dari citra yaitu pola nilai karakteristik sampel sebagai input bagi sistem.

Pola nilai karakteristik sampel citra yang dimasukkan kedalam sistem akan diarahkan ke target yang sesuai. Pada sistem ini *target set* yang digunakan adalah matriks dengan ukuran 3×1 sehingga input yang dimasukkan ke dalam sistem akan diarahkan ke salah satu elemen matriks yang telah dijadikan target. Dan elemen matriks target tersebut yang menjadi dasar pengenalan jenis penyakit dari sampel yang dimasukkan.

Penyakit A = *Acute Lymptotic Leukemia* [1]

Penyakit B = *Myelogenous Leukemia* [2]

Penyakit C = *Burkitts Lymphoma* [3]

Tahapan pada proses pengenalan dengan JST adalah sebagai berikut :

1. Dilakukan tahap pra pengolahan dengan metode yang sama dengan proses pelatihan jaringan syaraf tiruan atau telah dijelaskan pada subbab 3.2
2. Memanggil fungsi inialisasi pada proses pelatihan JST dan nilai karakteristik dari hasil ekstraksi.

```
net = handles.net;  
vektor_Y1 = handles.vektor_Y1;
```

3. Mensimulasikan file tersebut kedalam jaringan yang telah *training* untuk mendapatkan output.

```
iden = sim(net,vektor_X1)
```

4. Menentukan hasil identifikasi dengan membulatkan nilai output jaringan terlebih dahulu dan menyesuaikan dengan target.

```
out = round(iden)
if out==1
    penyakit = 'Acute Lymphocytic Leukemia'
    set(handles.edit1, 'string',penyakit);

elseif out==2
    penyakit = 'Acute Mylogenous Leukemia'
    set(handles.edit1, 'string',penyakit);

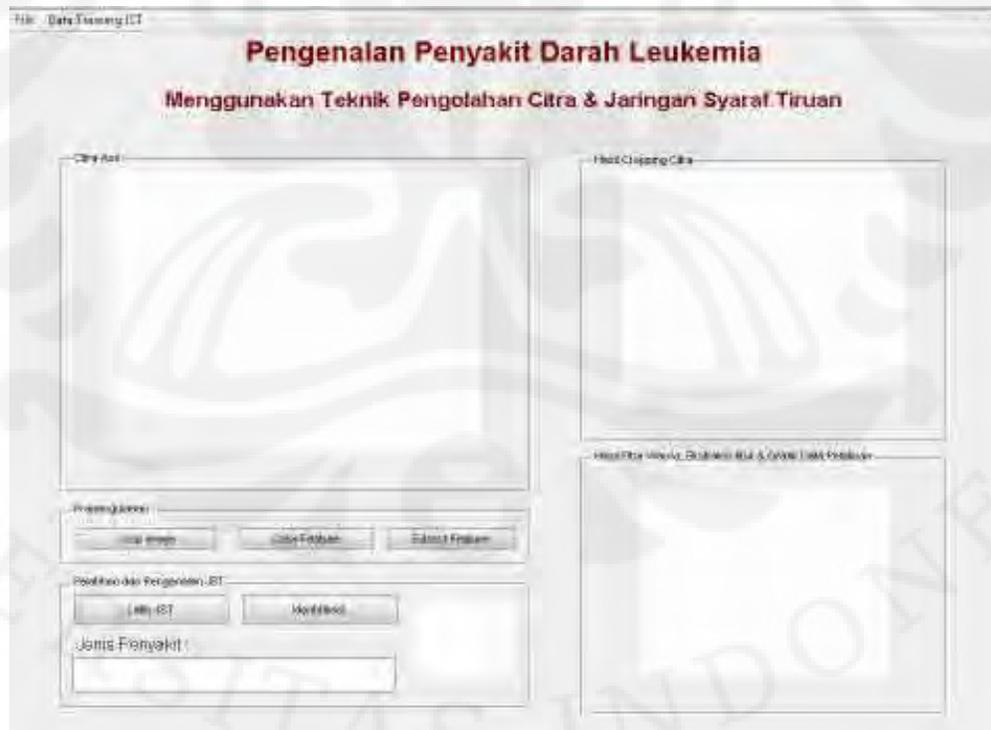
elseif out==3
    penyakit = 'Burkitts Lymphoma'
    set(handles.edit1, 'string',penyakit);
end
```

BAB IV

UJI COBA DAN ANALISIS

Untuk menguji sistem yang telah dibuat, akan digunakan 30 *file* dari masing–masing citra yang berisi 35 nilai karakteristik hasil ekstraksi fitur warna pada masing–masing citra sel darah putih berupa matriks fitur. 30 *file* dari masing–masing citra sel darah putih tersebut mewakili 3 penyakit leukemia akut yang akan diidentifikasi, yaitu *Acute Lymphocytic Leukemia*, *Acute Myelogenous Leukemia*, *Burkitts Lymphoma*.

Semua file tersebut akan digunakan untuk melatih jaringan syaraf tiruan yang akan mengenali citra penyakit kanker sel darah putih (leukemia akut) yang dimasukkan ke sistem dan untuk menguji sistem pengenalan yang dibuat. Pada Gambar 4.1 dapat dilihat tampilan sistem pengenalan penyakit darah menggunakan teknik pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan.



Gambar 4.1 Tampilan sistem pengenalan penyakit darah menggunakan teknik pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan.

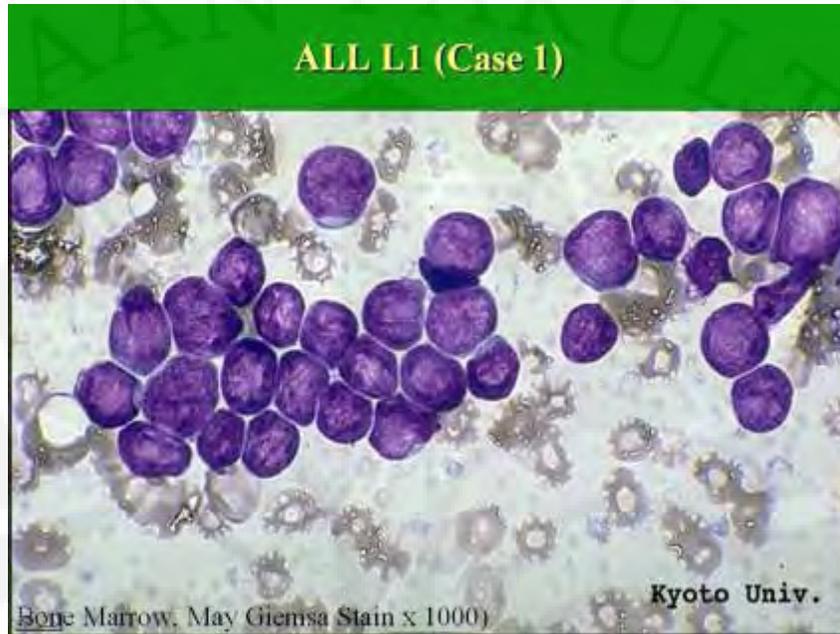
Pada tampilan sistem Gambar 4.1 terdapat menu “File” yang terbagi lagi menjadi submenu “Buka” untuk membuka *file* citra darah masukan dan “Keluar” untuk keluar dari sistem. Kemudian terdapat menu “Data Training JST” yang digunakan untuk memasukkan data nilai matriks karakteristik hasil ekstraksi fitur warna ke dalam *database*. Pada kotak “Citra Asli” digunakan untuk menampilkan data citra darah masukan yang akan dikenali. Kemudian tombol “*Crop Image*” yang terdapat pada proses “Prapengolahan” digunakan untuk memotong citra sel darah putih, dan hasil citra yang telah di-*cropping* akan ditampilkan di “Hasil *Cropping* Citra”. Tombol “*Color Feature*” digunakan untuk mendapatkan elemen warna *Hue* dari ruang warna HSV hasil *cropping* citra dan hasil fitur warna elemen *Hue* tersebut akan ditampilkan pada kotak “Hasil Fitur Warna, Ekstraksi Fitur & Grafik Data Pelatihan”. Tombol “*Extract Feature*” digunakan untuk mengekstraksi fitur warna elemen *Hue* dari hasil fitur warna dan hasilnya akan ditampilkan pada kotak “Hasil Fitur Warna, Ekstraksi Fitur & Grafik Data Pelatihan”.

Pada proses Pelatihan dan Pengenalan JST, terbagi menjadi dua tahap, yaitu tahap 1 untuk proses pelatihan JST dan tahap 2 untuk proses pengenalan. Untuk tahap 1 terdapat tombol “Latih JST” yang digunakan untuk melatih sistem dengan JST dan hasil grafik data pelatihan dengan JST tersebut akan ditampilkan pada kotak “Hasil Fitur Warna, Ekstraksi Fitur & Grafik Data Pelatihan”. Pada tahap 2 terdapat tombol “Identifikasi” yang digunakan untuk mengenali jenis penyakit leukemia akut dari citra darah masukan. Hasil pengenalan dari tahap 2 ini akan ditampilkan dalam bentuk teks pada kotak dengan *label* “Jenis Penyakit”.

4.1 CITRA DARAH PENYAKIT LEUKEMIA AKUT

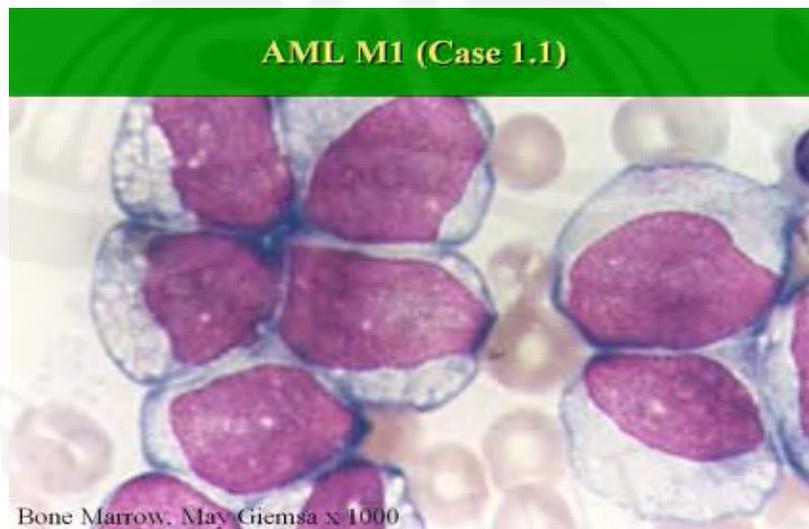
Untuk melatih dan menguji sistem digunakan 30 file dari masing-masing citra sel darah putih dari 3 jenis penyakit leukemia akut. Setiap citra darah penyakit leukemia akut dilakukan *cropping* sebanyak 10 kali dengan posisi yang berbeda-beda untuk setiap sel darah putih yang berbeda pula. Dalam setiap kali *cropping* yang kemudian akan dilakukan proses ekstraksi fitur warna akan menghasilkan masing-masing *file* yang berisi 35 nilai karakteristik hasil ekstraksi fitur warna untuk satu kali *cropping*.

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat citra darah mikroskopis digital untuk penyakit *Acute Lymphocytic Leukemia* yang digunakan sebagai data latih.



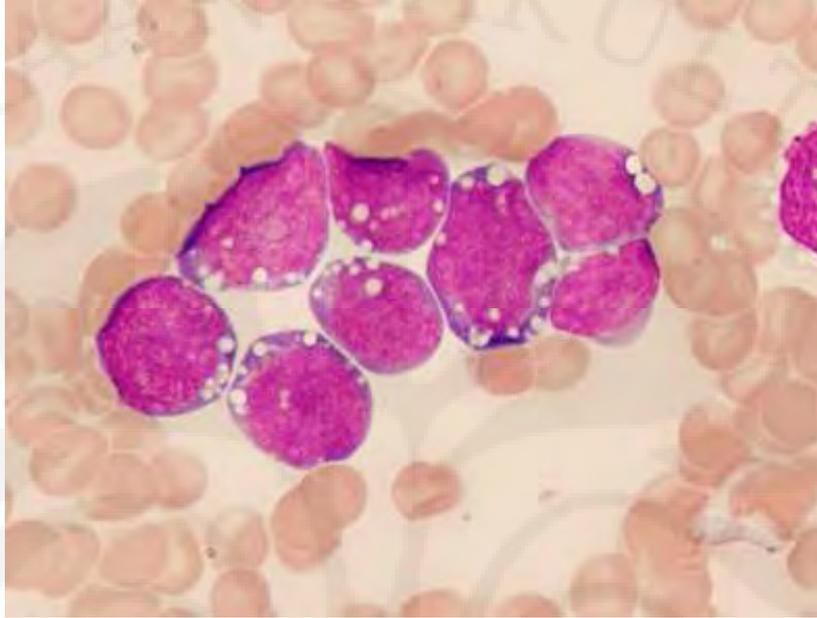
Gambar 4.2 Citra darah mikroskopis digital untuk penyakit *Acute Lymphocytic Leukemia* [14]

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat citra darah mikroskopis digital untuk penyakit *Acute Myelogenous Leukemia* yang digunakan sebagai data latih.



Gambar 4.3 Citra darah mikroskopis digital untuk penyakit *Acute Myelogenous Leukemia* [14]

Pada Gambar 4.4 dapat dilihat citra darah mikroskopis digital untuk penyakit *Burkitts Lymphoma*.



Gambar 4.4 Citra darah mikroskopis digital untuk penyakit *Burkitts Lymphoma* [9]

4.2 KARAKTERISTIK CITRA DARAH

Sistem yang telah mengakuisisi citra darah penyakit leukemia akut akan mengekstraksi fitur warna pada masing-masing citra darah untuk mendapatkan nilai karakteristik setiap *file* citra sel darah putih yang digunakan. Untuk memperoleh nilai karakteristik dari setiap *file* citra sel darah putih tersebut – seperti telah dijelaskan pada BAB III - dilakukan deteksi letak piksel dalam seluruh matriks citra dan dipetakan dalam matriks baru yaitu matriks karakteristik berukuran 70×50 dan di tampilkan dalam matriks 7×5 . Kemudian, untuk memudahkan proses penyusunan maka matriks 7×5 tersebut diubah menjadi matriks 35×1 yang kemudian disusun menjadi matriks 35×3 yang mewakili 3 penyakit jenis leukemia akut. Terdapat 10 database dengan susunan matriks 35×3 yang akan dilatih oleh JST. Matriks citra berukuran 35×1 tersebut kemudian dimasukkan kedalam sistem baik digunakan untuk database maupun untuk proses identifikasi. Salah satu database untuk matriks citra berukuran 35×3 dapat dilihat pada Tabel IV.1 dan 10 database seluruhnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel IV.1 Contoh Database Matriks Citra 35 x 3

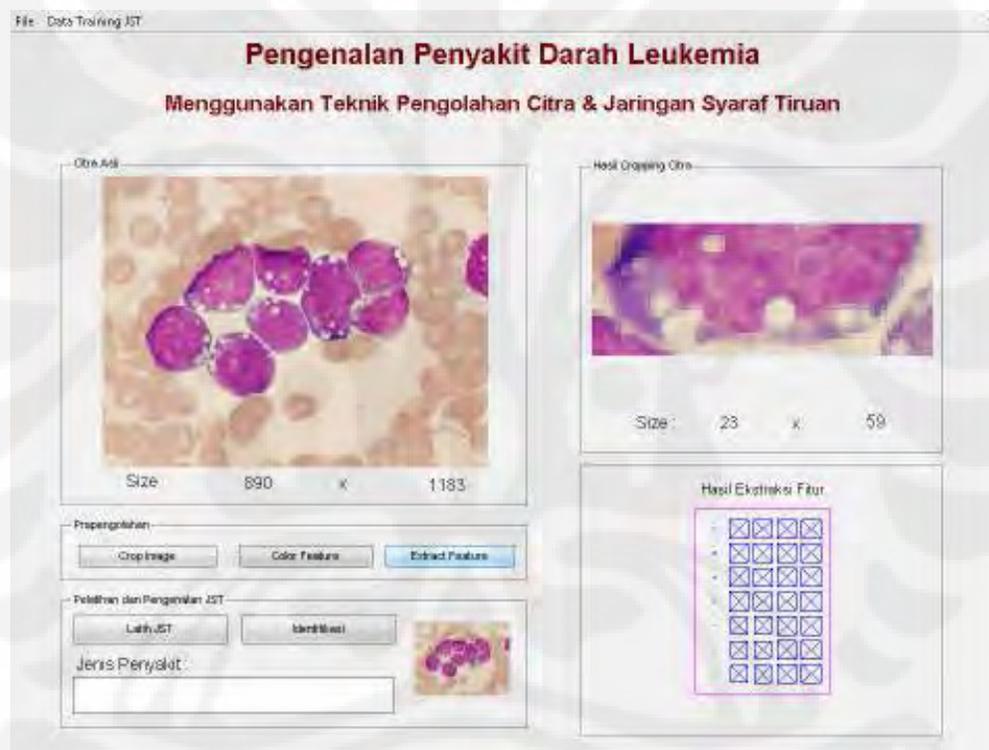
ALL	AML	Burkitts
0.63	0.79	0.82
0.63	0.79	0.81
0.63	0.79	0.8
0.66	0.79	0
0.68	0.79	0.03
0.63	0.79	0.82
0.63	0.79	0.81
0.63	0.79	0.8
0.66	0.79	0
0.68	0.79	0.03
0.63	0.79	0.81
0.63	0.79	0.79
0.63	0.79	0.79
0.66	0.79	0.51
0.68	0.79	0.51
0.63	0.78	0.8
0.63	0.78	0.79
0.63	0.78	0.78
0.66	0.79	0.76
0.68	0.79	0.75
0.66	0.78	0.8
0.66	0.78	0.79
0.66	0.78	0.78
0.68	0.79	0.76
0.69	0.79	0.76
0.68	0.78	0.8
0.68	0.78	0.79
0.68	0.78	0.79
0.69	0.79	0.77
0.69	0.79	0.77
0.68	0.77	0.8
0.68	0.77	0.79
0.68	0.78	0.79
0.69	0.78	0.77
0.69	0.78	0.77

4.3 UJI COBA DAN HASIL

Dalam pengujian kehandalan sistem, *file-file* yang digunakan untuk uji coba ini memiliki perbedaan posisi *cropping* sampel pada masing-masing sel darah putih yang mengalami kelainan dengan *cropping* sampel yang digunakan untuk proses pelatihan JST sehingga nilai karakteristiknya berbeda-beda karena dalam setiap citra darah terdapat beberapa sel darah putih yang mengalami

kelainan. Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali, dengan posisi *cropping* yang berbeda-beda untuk setiap jenis citra dari setiap penyakit kanker sel darah putih leukemia akut.

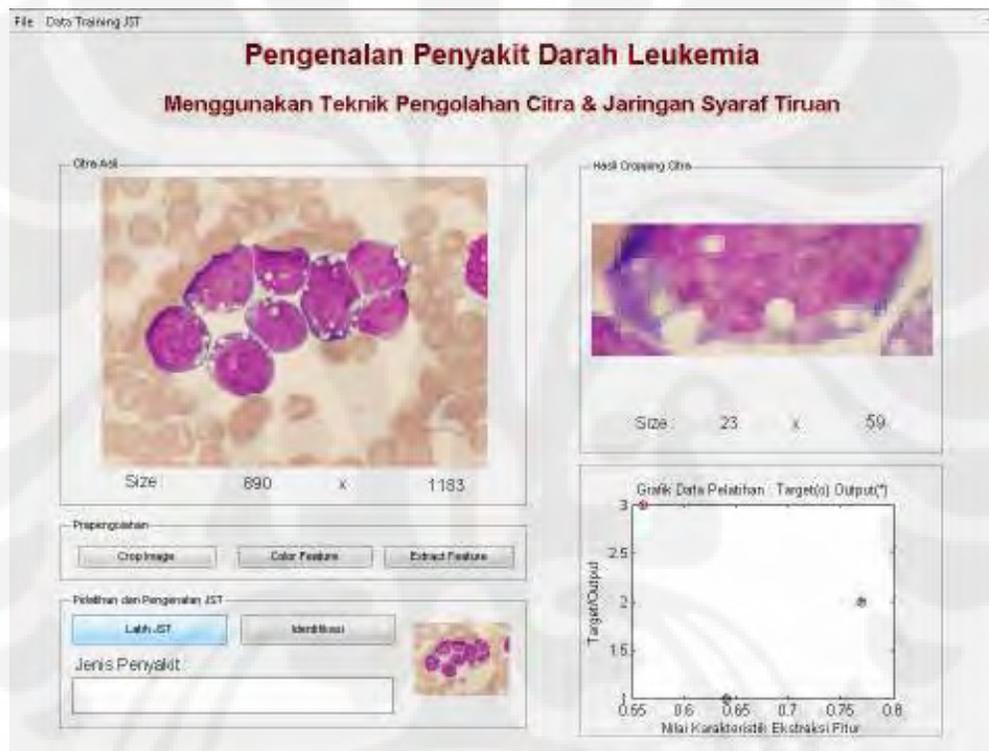
Pengenalan penyakit darah leukemia dari masing-masing citra darah pada JST diawali dengan tahap akuisisi citra sel darah putih dan proses ekstraksi fitur warna untuk mendapatkan matriks nilai karakteristik 35×1 . Tampilan sistem hingga tahap ekstraksi fitur warna dapat dilihat pada Gambar 4.5. Tampilan plot hasil dari ekstraksi fitur warna dengan susunan 7×5 akan ditampilkan pada kotak dengan label “Hasil Ekstraksi Fitur”



Gambar 4.5 Tampilan sistem pengenalan penyakit darah hingga tahap ekstraksi fitur warna.

Setelah dilakukan proses ekstraksi fitur warna hingga didapatkan nilai karakteristik untuk setiap citra hasil *cropping*, maka dilakukan klasifikasi input nilai karakteristik terhadap target yang sesuai dengan proses pelatihan. Pengklasifikasian ini berdasarkan bobot tiap *node* yang diperoleh pada proses pelatihan. Jadi pada proses klasifikasi tidak terjadi perubahan atau penyesuaian bobot. Proses klasifikasi inilah merupakan acuan untuk menentukan jenis penyakit

kanker sel darah putih leukemia akut menggunakan parameter karakteristik dari citra yaitu nilai karakteristik hasil ekstraksi fitur warna pada matriks elemen warna *Hue*. Pada Gambar 4.6 dapat dilihat tampilan sistem setelah dilakukan proses pelatihan jaringan syaraf tiruan. Setelah dilakukan proses pelatihan JST, akan dihasilkan grafik data pelatihan JST yang akan ditampilkan pada sistem dengan label “Grafik Data Pelatihan : Target (o) Output (*)” yang menunjukkan grafik perbandingan target atau *output* hasil pelatihan dengan matriks nilai karakteristik ekstraksi fitur warna.



Gambar 4.6 Tampilan sistem hingga dilakukan tahap pelatihan jaringan syaraf tiruan.

Dari setiap input berupa *mat-file* dari nilai karakteristik sampel citra yang diambil, nantinya akan diarahkan ke target yang sesuai. Pada sistem ini target yang digunakan adalah berbentuk *array* matriks 3×1 sehingga input yang dimasukkan ke dalam sistem akan diarahkan ke salah satu elemen matriks yang telah dijadikan target. *Output* yang dihasilkan nantinya akan disesuaikan bobotnya dengan target yang telah ditentukan.

Pada Tabel IV.2, Tabel IV.3, dan Tabel IV.4 berikut ini dapat dilihat secara lengkap data dari masing-masing citra darah yang telah diuji dan diidentifikasi :

Tabel IV.2 Hasil Identifikasi Penyakit *Acute Lymphocytic Leukemia*

Hasil Uji Coba Pengenalan Penyakit Acute Lymphocytic Leukemia			
Output (iden)	Output	Hasil Identifikasi	
1.14	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
1.0845	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
1.0817	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
1.1898	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
1.24	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
1.3	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
0.9687	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
1.0784	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
1.1226	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
1.1215	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
1.1115	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
1.3274	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
0.9781	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
0.9559	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
0.9879	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
0.9468	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
1.0427	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
1.0885	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
1.2545	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
1.0427	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
0.9367	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Benar
Persentase Keberhasilan		100%	

Tabel IV.3 Hasil Identifikasi Penyakit *Acute Myelogenous Leukemia*

Hasil Uji Coba Pengenalan Penyakit Acute Myelogenous Leukemia			
Output (iden)	Output	Hasil Identifikasi	
2.1495	2	Acute Myelogenous Leukemia	Salah
2.0694	2	Acute Myelogenous Leukemia	Salah
2.5772	3	Burkitts Lymphoma	Benar
2.5356	3	Burkitts Lymphoma	Benar
2.5134	3	Burkitts Lymphoma	Benar
2.0549	2	Acute Myelogenous Leukemia	Salah
0.8948	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Salah
2.3291	2	Acute Myelogenous Leukemia	Salah
3.1143	3	Burkitts Lymphoma	Benar
3.337	3	Burkitts Lymphoma	Benar
2.3127	2	Acute Myelogenous Leukemia	Salah
3.3085	3	Burkitts Lymphoma	Benar
3.3685	3	Burkitts Lymphoma	Benar
3.3321	3	Burkitts Lymphoma	Benar

Hasil Uji Coba Pengenalan Penyakit Acute Myelogenous Leukemia			
Output (iden)	Output	Hasil Identifikasi	
2.3122	2	Acute Myelogenous Leukemia	Salah
2.7996	3	Burkitts Lymphoma	Benar
2.7458	3	Burkitts Lymphoma	Benar
2.9467	3	Burkitts Lymphoma	Benar
3.3097	3	Burkitts Lymphoma	Benar
3.1273	3	Burkitts Lymphoma	Benar
Persentase Keberhasilan		65%	

Tabel IV.4 Hasil Identifikasi Penyakit *Burkitts Lymphoma*

Hasil Uji Coba Pengenalan Penyakit Acute Myelogenous Leukemia			
Output (iden)	Output	Hasil Identifikasi	
2.1495	2	Acute Myelogenous Leukemia	Salah
2.0694	2	Acute Myelogenous Leukemia	Salah
2.5772	3	Burkitts Lymphoma	Benar
2.5356	3	Burkitts Lymphoma	Benar
2.5134	3	Burkitts Lymphoma	Benar
2.0549	2	Acute Myelogenous Leukemia	Salah
0.8948	1	Acute Lymphocytic Leukemia	Salah
2.3291	2	Acute Myelogenous Leukemia	Salah
3.1143	3	Burkitts Lymphoma	Benar
3.337	3	Burkitts Lymphoma	Benar
2.3127	2	Acute Myelogenous Leukemia	Salah
3.3085	3	Burkitts Lymphoma	Benar
3.3685	3	Burkitts Lymphoma	Benar
3.3321	3	Burkitts Lymphoma	Benar
2.3122	2	Acute Myelogenous Leukemia	Salah
2.7996	3	Burkitts Lymphoma	Benar
2.7458	3	Burkitts Lymphoma	Benar
2.9467	3	Burkitts Lymphoma	Benar
3.3097	3	Burkitts Lymphoma	Benar
3.1273	3	Burkitts Lymphoma	Benar
Persentase Keberhasilan		65%	

4.4 ANALISA HASIL UJI COBA

Setelah dilakukan pengujian dan identifikasi terhadap sampel-sampel data dari 3 jenis penyakit darah sel darah putih leukemia, maka dapat diperoleh suatu hasil yang menunjukkan bahwa metode analisa dan identifikasi citra darah dengan menggunakan teknik pengolahan citra dan metode JST memiliki rata-rata akurasi sebesar 83.33% dan rangkuman hasil pengujian dari ke-3 jenis penyakit dapat dilihat pada Tabel IV.5 berikut ini :

Tabel IV.5 Tingkat Keakuratan Rata-Rata Hasil Uji Coba

Jenis Penyakit	Persentase (%)
Acute Lymphocytic Leukemia	100
Acute Myelogenous Leukemia	85
Burkitt's Lymphoma	65
Rata – rata Persentase	83.33

Ada banyak faktor yang mempengaruhi tingkat keakuratan pada saat identifikasi dilakukan. Mulai dari tahap pengambilan sampel (*sampling*), *cropping* citra darah, fitur warna dan ekstraksi fitur warna, hingga proses pelatihan JST. Pada tahap *sampling*, semakin besar resolusi dari setiap piksel citra yang diambil maka waktu komputasi sistem akan menjadi lebih lama namun tidak mempengaruhi keakuratan sistem.

Proses *cropping* pada sistem ini juga menentukan keakuratan dari hasil uji coba sistem. Penentuan posisi sampel-sampel citra darah yang akan digunakan sebagai input proses pelatihan JST sangat berpengaruh dalam menentukan kemampuan JST tersebut nantinya. Jika *cropping* yang dilakukan secara manual tersebut tidak tepat pada daerah sel darah putih yang mengalami kelainan, maka akan memberikan hasil identifikasi jenis penyakit sel darah putih leukemia yang kurang akurat atau tidak tepat. Karena itu proses *cropping* secara manual harus dilakukan dengan benar dan tepat pada sel darah putih yang mengalami kelainan dan memiliki potensi untuk berkembang menjadi sel-sel kanker darah putih atau leukemia agar mendapat area spesifik dari masing-masing sel darah putih pada setiap citra darah masukan sehingga didapatkan matriks nilai karakteristiknya.

Proses *resize* pada sistem ini akan menentukan pada waktu komputasi sistem, semakin besar ukuran citra sel darah yang akan diidentifikasi maka waktu komputasi program akan semakin lama. Proses *resize* pada sistem ini diperlukan untuk mempercepat waktu komputasi sistem, dan agar citra hasil fitur warna pada masing-masing elemen warna *Hue* dapat diolah kembali pada proses ekstraksi fitur warna untuk mendapatkan matriks fitur dari nilai karakteristik hasil ekstraksi tersebut.

Metode ekstraksi fitur warna yang digunakan juga menentukan tingkat keakuratan dari sistem, karena nilai matriks dari hasil ekstraksi fitur warna ini akan digunakan untuk proses pelatihan JST, yang kemudian hasil pelatihan JST

tersebut akan dibandingkan dengan hasil ekstraksi fitur warna pada proses pengenalan dengan JST. Fungsi pembulatan pada proses ekstraksi fitur warna akan menentukan keakuratan nilai karakteristik untuk setiap citra sel darah putih yang akan diidentifikasi. Pada sistem pengenalan penyakit darah ini dilakukan pembulatan hingga 2 angka desimal dibelakang koma untuk setiap nilai matriks hasil ekstraksi fitur warna, dan sistem memiliki akurasi rata-rata pengenalan adalah sebesar 83.33%. Jika nilai pembulatan yang digunakan dibuat terlalu umum dengan toleransi yang cukup besar akan membuat hasil identifikasi menjadi tidak tepat.

Selain itu, pengetahuan dan bantuan tenaga medis professional mengenai sel-sel darah putih yang mengalami kelainan dan memiliki potensi berkembang menjadi sel-sel kanker darah putih ini juga tetap dibutuhkan dalam proses diagnosa penyakit sel darah putih leukemia guna mendapatkan hasil diagnosa yang tepat dan akurat kemudian untuk menentukan langkah selanjutnya dalam proses perawatan dan penyembuhan penyakit kanker sel darah putih jenis leukemia akut.

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba dan analisa dari sistem yang telah dibuat maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem pengenalan penyakit darah menggunakan teknik pengolahan citra dan metode JST, merupakan alternatif yang cukup baik karena mampu mengidentifikasi 3 jenis penyakit sel darah putih Leukemia akut dengan tingkat akurasi rata-rata sistem sebesar 83.33% dari 20 kali pengujian pada tiap penyakit darah leukemia.
2. Nilai matriks karakteristik dari elemen warna *Hue* dapat merepresentasikan ciri-ciri setiap citra sel darah putih yang memiliki kelainan dan berpotensi berkembang menjadi sel-sel kanker leukemik.

DAFTAR ACUAN

- [1] Drs. Slamet Prawirohartono, Prof. Dr. Suhargono Hadisumarto, Sains Biologi-2a (Jakarta : Bumi Aksara, 2000)
- [2] Steven Dowshen, MD. Blood. Diakses 15 Mei 2008, dari Nemours Foundation Kids Health. http://www.kidshealth.org/teen/your_body/bloodteory.html
- [3] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital Image Processing Second Edition (New Jersey: Prentice Hall, 2002)
- [4] Marvin Ch. Wijaya & Agus Prijono. Pengolahan Citra Digital Menggunakan Matlab Image Processing Toolbox : Informatika, 2007
- [5] Budi Setiyawan. Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan. 2003
- [6] Alison M. Stuebe, M.D. Anemia. Diakses 15 Mei 2008, dari VeriMed Healthcare Network. http://pennhealth.com/health_info/pregnancy/000221.htm
- [7] Matlab help, image processing toolbox, mathworks inc. 2006
- [8] Majalah Cermin Dunia Kedokteran No.18 (Jakarta:Pusat Penelitian dan Pengembangan P.T. Kalbe Farma, 1980)
- [9] Charles E. Hess, M.D. and Lindsey Krstic, B.A. Rector and Visitors of the University of Virginia (Virginia, 2007). Diakses 18 Mei 2008, dari virginia health system internet hematology. <http://www.healthsystem.virginia.edu/internet/hematology/HessIDB/home.cfm>
- [10] *Blood, Blood Diseases, Hematology*. Diakses 15 Mei 2008, dari wikipedia. <http://en.wikipedia.org/>

- [11] Adang Suhendra. Catatan Kuliah Pengantar Pengolahan Citra 2007. Diakses 29 Mei 2008, dari imageg analyst multiply
<http://images.analyst71.multiply.com/attachment/0/Rz6-WgoKCiQAAF-xBe81/Catatan%20Kuliah%20PC%202007.pdf>
- [12] Desi Alex Lestari, "Implementasi Teknik Watermarking Digital Pada Domain DCT Untuk Citra Berwarna", Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada, 2003.
- [13] Atlas Hematologi FKUI, 2006, www.farmedia.or.id

DAFTAR PUSTAKA

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

Larry Waterbury, *Buku Saku Hematologi Edisi 3* (Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran, 1995)

Setiyawan, Budi. *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. 2003

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

LAMPIRAN 1

DATABASE NILAI KARAKTERISTIK

1. Database pertama untuk nilai karakteristik dengan susunan matriks 35×3 .

ALL	AML	Burkitts
0.63	0.79	0.82
0.63	0.79	0.81
0.63	0.79	0.8
0.66	0.79	0
0.68	0.79	0.03
0.63	0.79	0.82
0.63	0.79	0.81
0.63	0.79	0.8
0.66	0.79	0
0.68	0.79	0.03
0.63	0.79	0.81
0.63	0.79	0.79
0.63	0.79	0.79
0.66	0.79	0.51
0.68	0.79	0.51
0.63	0.78	0.8
0.63	0.78	0.79
0.63	0.78	0.78
0.66	0.79	0.76
0.68	0.79	0.75
0.66	0.78	0.8
0.66	0.78	0.79
0.66	0.78	0.78
0.68	0.79	0.76
0.69	0.79	0.76
0.68	0.78	0.8
0.68	0.78	0.79
0.68	0.78	0.79
0.69	0.79	0.77
0.69	0.79	0.77
0.68	0.77	0.8
0.68	0.77	0.79
0.68	0.78	0.79
0.69	0.78	0.77
0.69	0.78	0.77

2. Database kedua untuk nilai karakteristik dengan susunan matriks 35×3 .

ALL	AML	Burkitts
0.65	0.76	0.05
0.65	0.76	0.05
0.65	0.77	0.05
0.65	0.78	0.04
0.65	0.78	0.85
0.65	0.76	0.05
0.65	0.76	0.05
0.65	0.77	0.05
0.65	0.78	0.04
0.65	0.78	0.85
0.65	0.76	0.05
0.65	0.76	0.04
0.65	0.77	0.29
0.65	0.78	0.78
0.65	0.78	0.76
0.65	0.77	0.05
0.65	0.77	0.22
0.65	0.77	0.46
0.65	0.78	0.77
0.65	0.78	0.77
0.65	0.77	0.05
0.65	0.77	0.57
0.65	0.77	0.8
0.65	0.77	0.75
0.65	0.78	0.78
0.66	0.77	0.05
0.66	0.77	0.55
0.66	0.77	0.79
0.66	0.77	0.76
0.66	0.78	0.78
0.66	0.78	0.04
0.66	0.78	0.51
0.66	0.78	0.76
0.66	0.78	0.78
0.66	0.78	0.78

3. Database ketiga untuk nilai karakteristik dengan susunan matriks 35×3 .

ALL	AML	Burkitts
0.65	0.7	0.83
0.65	0.7	0.32
0.65	0.73	0.06
0.65	0.74	0.04
0.66	0.74	0.79
0.65	0.7	0.83
0.65	0.7	0.32
0.65	0.73	0.06
0.65	0.74	0.04
0.66	0.74	0.79
0.65	0.7	0.72
0.65	0.7	0.28
0.65	0.73	0.29
0.65	0.74	0.75
0.66	0.74	0.89
0.65	0.72	0.72
0.65	0.72	0.28
0.65	0.74	0.29
0.65	0.75	0.75
0.66	0.75	0.89
0.65	0.73	0.73
0.65	0.73	0.8
0.65	0.75	0.8
0.65	0.75	0.75
0.66	0.75	0.79
0.65	0.73	0.73
0.65	0.73	0.8
0.65	0.75	0.8
0.65	0.75	0.75
0.66	0.75	0.79
0.67	0.73	0.89
0.67	0.73	0.84
0.67	0.75	0.82
0.67	0.75	0.81
0.67	0.75	0.79

4. Database keempat untuk nilai karakteristik dengan susunan matriks 35×3 .

ALL	AML	Burkitts
0.65	0.79	0.04
0.65	0.79	0.04
0.65	0.79	0.04
0.65	0.79	0.04
0.65	0.79	0.04
0.65	0.79	0.04
0.65	0.79	0.04
0.65	0.79	0.04
0.65	0.79	0.04
0.65	0.79	0.04
0.65	0.79	0.78
0.65	0.79	0.78
0.65	0.79	0.75
0.65	0.79	0.73
0.65	0.79	0.73
0.65	0.79	0.78
0.65	0.79	0.78
0.65	0.79	0.75
0.65	0.79	0.73
0.65	0.79	0.73
0.65	0.78	0.74
0.65	0.78	0.74
0.65	0.78	0.77
0.65	0.79	0.78
0.65	0.79	0.78
0.66	0.78	0.76
0.66	0.78	0.76
0.66	0.78	0.77
0.66	0.78	0.78
0.66	0.78	0.78
0.66	0.78	0.79
0.66	0.78	0.79
0.66	0.78	0.78
0.66	0.78	0.78
0.66	0.78	0.79

5. Database kelima untuk nilai karakteristik dengan susunan matriks 35×3 .

ALL	AML	Burkitts
0.64	0.71	0.77
0.64	0.71	0.77
0.64	0.76	0.77
0.64	0.76	0.83
0.64	0.77	0.81
0.64	0.71	0.77
0.64	0.71	0.77
0.64	0.76	0.77
0.64	0.76	0.81
0.64	0.77	0.8
0.64	0.71	0.77
0.64	0.71	0.77
0.64	0.76	0.76
0.64	0.76	0.77
0.64	0.77	0.77
0.64	0.73	0.81
0.64	0.73	0.8
0.64	0.78	0.77
0.64	0.78	0.78
0.64	0.78	0.78
0.64	0.73	0.8
0.64	0.73	0.79
0.64	0.78	0.77
0.64	0.78	0.78
0.64	0.78	0.78
0.66	0.73	0.79
0.66	0.73	0.79
0.66	0.78	0.77
0.66	0.78	0.78
0.66	0.78	0.78
0.67	0.76	0.79
0.67	0.76	0.79
0.67	0.79	0.78
0.67	0.79	0.78
0.67	0.79	0.78

6. Database keenam untuk nilai karakteristik dengan susunan matriks 35×3 .

ALL	AML	Burkitts
0.63	0.8	0.02
0.63	0.8	0.02
0.63	0.8	0.02
0.63	0.8	0.3
0.64	0.79	0.84
0.63	0.8	0.02
0.63	0.8	0.02
0.63	0.8	0.02
0.63	0.8	0.3
0.64	0.79	0.84
0.63	0.8	0.02
0.63	0.8	0.02
0.63	0.8	0.02
0.63	0.8	0.3
0.64	0.79	0.84
0.63	0.8	0.02
0.63	0.8	0.3
0.63	0.79	0.86
0.63	0.79	0.84
0.64	0.79	0.79
0.63	0.79	0.02
0.63	0.79	0.3
0.63	0.79	0.86
0.63	0.79	0.84
0.64	0.79	0.79
0.65	0.79	0.28
0.65	0.79	0.46
0.65	0.79	0.83
0.65	0.79	0.82
0.67	0.79	0.79
0.66	0.79	0.8
0.66	0.79	0.79
0.66	0.79	0.79
0.66	0.79	0.79
0.68	0.79	0.79

7. Database ketujuh untuk nilai karakteristik dengan susunan matriks 35×3 .

ALL	AML	Burkitts
0.66	0.78	0.08
0.66	0.78	0.08
0.66	0.79	0.08
0.66	0.79	0.08
0.67	0.79	0.08
0.66	0.78	0.08
0.66	0.78	0.08
0.66	0.79	0.08
0.66	0.79	0.08
0.67	0.79	0.08
0.66	0.78	0.81
0.66	0.78	0.81
0.66	0.79	0.81
0.66	0.79	0.81
0.67	0.79	0.81
0.66	0.78	0.81
0.66	0.78	0.81
0.66	0.79	0.81
0.66	0.79	0.81
0.67	0.79	0.81
0.66	0.78	0.79
0.66	0.78	0.79
0.66	0.79	0.79
0.66	0.79	0.79
0.66	0.79	0.79
0.66	0.79	0.79
0.66	0.79	0.79
0.66	0.79	0.79
0.66	0.79	0.79
0.68	0.79	0.79
0.66	0.79	0.79
0.66	0.79	0.79
0.66	0.79	0.79
0.66	0.79	0.78
0.66	0.79	0.78
0.66	0.79	0.78
0.66	0.79	0.78
0.68	0.79	0.78

9. Database kesembilan untuk nilai karakteristik dengan susunan matriks 35×3 .

ALL	AML	Burkitts
0.64	0.77	0.04
0.64	0.77	0.04
0.64	0.77	0.29
0.64	0.77	0.8
0.65	0.77	0.79
0.64	0.77	0.04
0.64	0.77	0.04
0.64	0.77	0.29
0.64	0.77	0.8
0.65	0.77	0.79
0.64	0.77	0.01
0.64	0.77	0.36
0.64	0.77	0.62
0.64	0.77	0.78
0.65	0.77	0.79
0.64	0.77	0
0.64	0.77	0.53
0.64	0.77	0.79
0.64	0.77	0.78
0.65	0.77	0.79
0.64	0.77	0.52
0.64	0.77	0.69
0.64	0.77	0.78
0.64	0.77	0.79
0.65	0.77	0.79
0.65	0.78	0.78
0.65	0.78	0.78
0.65	0.78	0.78
0.65	0.78	0.79
0.66	0.78	0.79
0.66	0.78	0.77
0.66	0.78	0.78
0.66	0.78	0.78
0.66	0.78	0.79
0.67	0.78	0.79

10. Database kesepuluh untuk nilai karakteristik dengan susunan matriks 35×3 .

ALL	AML	Burkitts
0.64	0.77	0.81
0.64	0.77	0.29
0.64	0.78	0.03
0.64	0.79	0.84
0.64	0.79	0.84
0.64	0.77	0.81
0.64	0.77	0.29
0.64	0.78	0.03
0.64	0.79	0.84
0.64	0.79	0.84
0.64	0.77	0.28
0.64	0.77	0.47
0.64	0.78	0.57
0.64	0.79	0.81
0.64	0.79	0.81
0.64	0.77	0.02
0.64	0.77	0.57
0.64	0.78	0.84
0.64	0.79	0.8
0.64	0.79	0.8
0.64	0.79	0.54
0.64	0.79	0.72
0.64	0.79	0.81
0.64	0.79	0.8
0.64	0.79	0.79
0.64	0.79	0.8
0.64	0.79	0.8
0.64	0.79	0.8
0.64	0.79	0.8
0.64	0.79	0.79
0.66	0.79	0.8
0.66	0.79	0.8
0.66	0.79	0.81
0.66	0.79	0.8
0.66	0.79	0.79