

**SISTEM SARINGAN DAN DIAGNOSIS AUTOMATIK  
PENYAKIT LEUKEMIA AKUT BERASASKAN  
SAMPEL DARAH**

**NOR HAZLYNA BT HARUN**

**UNIVERSITI MALAYSIA PERLIS**

**2013**

© This item is protected by original copyright



**SISTEM SARINGAN DAN DIAGNOSIS AUTOMATIK  
PENYAKIT LEUKEMIA AKUT BERASASKAN  
SAMPEL DARAH**

Oleh

**NOR HAZLYNA BT HARUN  
(0841310222)**

Tesis yang diserahkan untuk memenuhi keperluan bagi  
Ijazah Doktor Falsafah

2013

## PENGHARGAAN

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang. Bersyukur saya ke hadrat ALLAH kerana dengan izin dan rahmat-Nya, akhirnya saya telah berjaya menyiapkan penyelidikan bersama penulisan tesis ini bagi memenuhi syarat penganugerahan ijazah Doktor Falsafah dalam bidang kejuruteraan Bio-Perubatan, Universiti Malaysia Perlis (UniMAP). Di sini saya ingin rakamkan jutaan terima kasih kepada penyelia utama, Prof. Dr. Mohd. Yusoff bin Mashor kerana sabar dalam menyampaikan ilmu, panduan dan sokongan padu sepanjang tempoh saya menjalankan penyelidikan dan menyiapkan penulisan tesis ini. Saya juga ingin merakamkan ucapan terima kasih saya kepada penyelia bersama, Prof. Dr. Rosline Hassan iaitu pakar darah merangkap Ketua Jabatan Hematologi HUSM Kubang Kerian Kelantan dan juga semua staff yang terlibat secara langsung dan tidak langsung membantu saya sepanjang tempoh penyelidikan ini.

Seterusnya di kesempatan ini juga saya rakamkan ucapan terima kasih kepada keluarga khasnya suami tercinta, *Mohamad Ghozali Hassan* dan anak-anak yang dikasihi iaitu *Nurul Izzah, Nurul Iffah, Nurul Alya, Muhammad Luqman Nul Hakim dan Muhammad Uwais Akhyar* yang banyak memberikan kerjasama, sokongan, dorongan dan pengorbanan masa sepanjang pengajian saya. Terima kasih juga kepada kedua ibu-bapa dan mertua yang mendoakan kejayaan saya setiap masa. Akhirnya ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada rakan seperjuangan terutamanya di makmal penyelidikan *Autonomous & Machine Vision*. Perjalanan ini mungkin tidak akan tercapai matlamatnya tanpa tunjuk ajar dan sokongan kalian semua. *Jazakallah Khairan Khatira.....*

## KANDUNGAN

	<b>MUKA SURAT</b>
<b>PENGHARGAN</b>	ii
<b>KANDUNGAN</b>	iii
<b>SENARAI JADUAL</b>	xi
<b>SENARAI RAJAH</b>	xiii
<b>TERJEMAHAN ISTILAH</b>	xviii
<b>SINGKATAN ISTILAH</b>	xxiii
<b>SENARAI SIMBOL</b>	xxv
<b>ABSTRAK</b>	xxviii
<b>ABSTRACT</b>	xxix
<b>BAB 1: PENGENALAN</b>	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Penyataan Masalah	3
1.3 Sistem Saringan dan Diagnostik Leukemia Akut	5
1.4 Objektif Penyelidikan	6
1.5 Skop	7
1.6 Garis Panduan Tesis	8
<b>BAB 2: KAJIAN ILMIAH</b>	
2.1 Pengenalan	11
2.2 Leukemia	13
2.2.1 Darah dan Sum-Sum Tulang	14

2.2.2	Jenis-Jenis Leukemia	16
	2.2.2.1 Leukemia Akut	17
	2.2.2.2 Leukemia Kronik	18
	2.2.2.3 Morfologi Sel Leukemia	19
2.2.3	Penyebab dan Tanda-Tanda Leukemia	21
2.2.4	Teknik-Teknik Mendiagnos Leukemia	23
	2.2.4.1 Ujian Darah	24
	2.2.4.2 Aspirasi dan Biopsi Sum-Sum Tulang	25
	2.2.4.3 Sitometri Aliran	26
	2.2.4.4 Sitogenetik atau Analisis Kromosom	27
	2.2.4.5 Reaksi Rantai Polimeras	27
2.2.5	Palitan Darah Periferi dan Limitasi	28
2.3	Pemrosesan Imej Digital	30
	2.3.1 Peningkatan Kontras Imej Darah	32
	2.3.2 Perluasan Imej Darah	34
	2.3.3 Pengekstrakan Ciri Sel Darah	37
2.4	Rangkaian Neural Buatan	38
	2.4.1 Struktur Rangkaian Neural Buatan	39
	2.4.2 Aplikasi Rangkaian Neural Buatan Dalam Sistem Diagnostik Perubatan	41
	2.4.3 Perseptron Berbilang Lapisan	44
	2.4.3.1 Reka bentuk Perseptron Berbilang Lapisan	44
	2.4.3.2 Algoritma Latihan Levenberg-Marquardt	46

2.4.4	Rangkaian Neural Suap-depan Lapisan Tunggal	48
2.4.4.1	Reka bentuk Rangkaian Neural Suap-depan Lapisan Tunggal	48
2.4.4.2	Algoritma Latihan Mesin Pembelajaran Ekstrem	49
2.4.5	Perseptron Berbilang Lapisan Hibrid	52
2.4.5.1	Reka bentuk Perseptron Berbilang Lapisan Hibrid	50
2.4.5.2	Algoritma Ralat Ramalan Jadi Semula Terubahsuai	53
2.5	Ujian Validasi Sistem Saringan Bagi Leukemia Akut	56
2.6	Pembangunan Sistem Diagnosis Automatik Bagi Leukemia Akut	58
2.7	Ringkasan	60
 <b>BAB 3: PROSEDUR SARINGAN AUTOMATIK BAGI LEUKEMIA AKUT BERASASKAN SAMPEL DARAH</b>		
3.1	Pengenalan	62
3.2	Prosedur Saringan Automatik	63
3.3	Perolehan Imej Bagi Pembesaran Kanta 10X	65
3.3.1	Imej Darah Normal	66
3.3.2	Imej Darah Abnormal AML dan ALL	67
3.4	Pemprosesan Imej Darah Bagi Pembesaran Kanta 10X	75
3.4.1	Teknik Perluasan Imej Darah Bagi Pembesaran Kanta 10X	75
3.4.1.1	Kaedah Ambang Menggunakan Komponen-S bagi Model Warna HSI	76
3.4.1.2	Pembuangan Hingar Menggunakan Penapis	88

	Median	
	3.4.1.3 Kaedah Pertumbuhan Kawasan Titik Benih 8 Jiran	94
	Sekeliling	
3.5	Sampel Data dan Penilaian Sistem Saringan	101
3.6	Kesimpulan	115
<b>BAB 4: PROSEDUR DIAGNOSIS AUTOMATIK BAGI LEUKEMIA AKUT BERASASKAN SAMPEL DARAH</b>		
4.1	Pengenalan	116
4.2	Prosedur Sistem Diagnosis Automatik	118
4.3	Perolehan Imej Bagi Pembesaran Kanta 40X	120
4.4	Pemprosesan Imej Bagi Pembesaran Kanta 40X	122
4.4.1	Prosedur Peruasan Semi-Automatik Bagi Imej Leukemia Akut	124
	4.4.1.1 Kaedah Melampau Kontras Gelap	126
	4.4.1.2 Kombinasi Komponen-S Bersama Kaedah Ambang Warna	130
	4.4.1.3 Perbandingan dan Penilaian Prestasi Proses Peruasan Semi-Automatik	136
	4.4.1.4 Pembuangan Hingar	138
	4.4.1.5 Perbandingan dan Penilaian Prestasi Prosedur Peruasan Semi-Automatik (Selepas Pembuangan Hingar)	145
4.4.2	Prosedur Peruasan Automatik Bagi Imej Leukemia Akut	147
	4.4.2.1 Kombinasi Komponen-S dan Algoritma	149

	Pengelompokan	
	4.4.2.2 Algoritma Purata- $k$	150
	4.4.2.3 Algoritma Purata- $c$ Kabur	151
	4.4.2.4 Algoritma Purata- $k$ Boleh Gerak	152
	4.4.2.5 Perbandingan Hasil Imej Komponen- $S$ Bersama	154
	Algoritma Pengelompokan	
	4.4.2.6 Perbandingan dan Penilaian Prestasi Proses	158
	Peruasan	
	4.4.2.7 Pembuangan Hingar Bagi Imej Leukemia Akut	160
	4.4.2.8 Perbandingan dan Penilaian Prosedur Peruasan	165
	Automatik (Selepas Pembuangan Hingar)	
4.5	Pengekstrakan Ciri Sel Leukemia Bagi Imej Darah	169
	4.5.1 Ciri-Ciri Morfologi Sel Individu Leukemia	170
	4.5.2 Metodologi Pengekstrakan Ciri Bagi Sel Individu	171
	Leukemia	
	4.5.2.1 Pengekstrakan Ciri Berdasarkan Saiz	171
	4.5.2.2 Pengekstrakan Ciri Berdasarkan Bentuk	172
	4.5.2.3 Pengekstrakan Ciri Berdasarkan Warna	176
	4.5.3 Pembahagian Data Bagi Rangkaian Neural Buatan	178
4.6	Pengklasifikasian Menggunakan Rangkaian Neural Buatan	180
	4.6.1 Metodologi Penentuan Rangkaian Neural Buatan Terbaik	181
	4.6.1.1 Perseptron Berbilang Lapisan Dilatih	182
	Menggunakan Levenberg Marquardt	

4.6.1.2	Suap-Depan Lapisan Tunggal Dilatih	184
	Menggunakan Mesin Pembelajaran Ekstrem	
4.6.1.3	Perseptron Berbilang Lapisan Hibrid Dilatih	184
	Menggunakan Ralat Ramalan Semula Jadi	
	Terubahsuai	
4.6.1.4	Perbandingan Prestasi Pengklasifikasian oleh	186
	Rangkaian Neural Buatan	
4.6.2	Pengklasifikasian Ciri-Ciri Bagi Sel Individu Leukemia	191
4.7	Kesimpulan	194
<b>BAB 5: PEMBANGUNAN SISTEM SARINGAN DAN DIAGNOSIS LEUKEMIA AKUT BERASASKAN SAMPEL DARAH</b>		
5.1	Pengenalan	197
5.2	Reka Bentuk Keseluruhan Sistem Saringan Dan Diagnosis	198
	Automatik Imej Darah Leukemia Akut	
5.3	Sistem Saringan dan Diagnosis Automatik- Perkakasan, Perisian dan	201
	Pengantara muka	
5.4	Cadangan Sistem Automatik bagi Imej Darah Leukemia Akut	201
5.4.1	Sistem Saringan Imej Darah Leukemia Akut dengan	203
	Pembesaran Kanta 10X	
5.4.2	Sistem Diagnosis Automatik Imej Darah Leukemia Akut	204
	dengan Pembesaran Kanta 40X	
5.5.	Contoh Keputusan Keseluruhan Proses Saringan dan Diagnosis Imej	206
	Leukemia	
5.6	Pengesahan dan Keputusan Ujian Akhir bagi Imej Darah Leukemia	209

5.7	Kesimpulan	214
<b>BAB 6: KESIMPULAN DAN CADANGAN MASA HADAPAN</b>		215
<b>RUJUKAN</b>		220
<b>LAMPIRAN</b>		
Lampiran A	Hasil Imej Teruas Bersama S-plot Menggunakan Nilai Ambang $\mu=0.35$	231
	Hasil Imej Daripada Prosedur Proses Saringan Automatik	235
Lampiran B	Hasil Imej Teruas dan Contoh Histogram Intensiti dengan Nilai $TH=90$ dan $NTH_g=255$	241
	Imej Teruas dan Contoh S-plot Menggunakan Nilai Ambang $\mu=0.19$	244
	Prosedur Peruasan Semi-Automatik Dan Automatik	247
Lampiran C	Perbandingan Kejiranan Bagi Penapis Median	253
Lampiran D	Prestasi Proses Peruasan Semi-Automatik Dan Automatik Bagi 100 Imej Darah Leukemia Akut	255
Lampiran E	Prestasi Proses Peruasan Semi-Automatik Dan Automatik (Selepas Pembuangan Hingar) Bagi 100 Imej Darah Leukemia Akut	268
Lampiran F	Pengklasifikasian Ciri-Ciri Sel Individu Leukemia	281
Lampiran G	Pengklasifikasian Imej Leukemia	289
Lampiran H	Perkakasan, Perisian dan Antara muka Bagi Sistem Saringan dan Diagnosis Automatik Leukemia Akut	301

<b>SENARAI PENERBITAN</b>	326
<b>SENARAI PENGHARGAAN</b>	330

© This item is protected by original copyright

## SENARAI JADUAL

NO.		MUKA SURAT
2.1	Perbezaan antara bentuk morfologi bagi sel-sel leukemia akut jenis limfoid dan mielod	58
3.1	Nilai parameter-parameter bagi imej normal dan abnormal leukemia akut	97
3.2	Prestasi sistem bagi imej darah normal	103
3.3	Prestasi sistem bagi imej darah AML	104
3.4	Prestasi sistem bagi imej darah ALL	105
3.5	Prestasi keseluruhan sistem bagi 100 imej	106
3.6	Jumlah dan saiz nukleus sel darah putih bagi imej normal	108
3.7	Jumlah dan saiz nukleus sel leukemia akut bagi imej AML	108
3.8	Jumlah dan saiz nukleus sel leukemia akut bagi imej ALL	109
4.1	Perbandingan prestasi proses peruasan semi-automatik	138
4.2	Perbandingan prestasi prosedur peruasan semi-automatik (selepas pembuangan hingar)	146
4.3	Perbandingan prestasi proses peruasan automatik	160
4.4	Perbandingan prestasi prosedur peruasan automatik (selepas pembuangan hingar)	169
4.5	(a) Set Data 1(Sel individu leukemia Kronik dan Akut)	180
	(b) Set Data 2(Sel individu leukemia AML dan ALL)	
4.6	(a) MLP (LM) - Set data 1 (sel leukemia Kronik dan Akut-16 ciri)	186

	(b) MLP (LM) - Set data 1 (sel leukemia kronik dan akut-16 ciri)	188
4.7	(a) SLFNN (ELM) - Set data 1 (sel leukemia kronik dan akut – 16 ciri)	186
	(b) SLFNN (ELM) - Set data 1 (sel leukemia kronik dan akut-16 ciri)	189
4.8	(a) HMLP (MRPE) -Set data 1 (sel leukemia kronik dan akut-16 ciri)	187
	(b) HMLP (MRPE) -Set data 1 (sel leukemia kronik dan akut-16 ciri)	189
4.9	(a) Pengklasifikasian sel individu leukemia kronik dan akut	193
	(b) Pengklasifikasian sel individu leukemia AML dan ALL	193
5.1	Persediaan data bagi proses pengujian sistem otomatis diagnosis leukemia akut	213
5.2	Prestasi klasifikasi imej leukemia akut menggunakan sistem diagnosis leukemia akut	213

## SENARAI RAJAH

NO.		MUKA SURAT
2.1	Keratan rentas tulang belakang	15
2.2	Peringkat-peringkat <i>haematopoiesis</i>	16
2.3	Imej darah normal	20
2.4	Imej leukemia akut	20
2.5	Imej leukemia kronik	21
2.6	Proses pengesahan penyakit leukemia	26
2.7	Palitan darah pada slaid kaca mengikut piawai	28
2.8	Kawasan taburan sel di dalam imej daripada slaid darah yang dipalit pewarna <i>Wright</i>	29
2.9	Tiga neuron dan komponen utama dalam otak manusia	40
2.10	Model rangkaian neural	41
2.11	Rangkaian MLP dengan 2 lapisan nod tersembunyi	45
2.12	Rangkaian neural suap depan lapisan tunggal	49
2.13	Rangkaian perseptron perbilang lapisan hibrid	53
3.1	Pembangunan sistem saringan bagi leukemia akut	64
3.2	Prosedur peruasan bagi imej darah normal dan leukemia akut	64
3.3	Perkakasan kajian yang terdiri daripada mikroskop <i>Leica</i> , kamera digital <i>Infinity2</i> dan komputer meja	66
3.4	Contoh imej Normal	68
3.5	Contoh imej abnormal jenis AML	68
3.6	Contoh imej abnormal jenis ALL	69

3.7	Histogram intensiti bagi menunjukkan taburan piksel bagi sel-sel di dalam imej asal AML	71
3.8	Imej normal bersama histogram	72
3.9	Imej abnormal jenis AML bersama histogram	73
3.10	Imej abnormal jenis ALL bersama histogram	74
3.11	Imej darah normal bersama komponen model warna HSI	79
3.12	Imej darah leukemia akut jenis AML bersama komponen model warna HSI	80
3.13	Imej darah leukemia akut jenis ALL bersama komponen model warna HSI	81
3.14	Imej darah Normal bersama S-plot	82
3.15	Imej darah AML bersama S-plot	83
3.16	Imej darah ALL bersama S-plot	84
3.17	Keputusan peruasan imej darah normal	86
3.18	Keputusan peruasan imej darah abnormal leukemia akut jenis AML	87
3.19	Keputusan peruasan imej darah abnormal leukemia akut jenis ALL	88
3.20	Topeng segi empat bagi $n \times n$ piksel dengan (a) $n=3$ (b) $n=5$	89
3.21	Keputusan perbandingan hasil imej Normal menggunakan nilai kejiranan yang berbeza ( $n= 3, n=5, n=7$ )	91
3.22	Keputusan perbandingan hasil imej AML dengan menggunakan nilai kejiranan yang berbeza ( $n= 3, n=5, n=7$ )	92

3.23	Keputusan perbandingan hasil imej ALL menggunakan nilai kejiranan yang berbeza ( $n=3, n=5, n=7$ )	93
3.24	Kawasan yang mempunyai kepentingan ( <i>ROI</i> ) untuk proses pengekstrakan luas	94
3.25	Kaedah pertumbuhan titik benih (a) 4 jiran bersebelah (b) 4 jiran pepenjuru (c) 8 jiran sekeliling	97
3.26	Hasil keputusan imej normal (a) teruas (b) ditapis (c) kawasan titik benih 8 jiran sekeliling	99
3.27	Rajah 3.27: Hasil keputusan imej AML (a) teruas (b) ditapis (c) kawasan titik benih 8 jiran sekeliling	100
3.28	Hasil keputusan imej ALL (a) teruas (b) ditapis (c) kawasan titik benih 8 jiran sekeliling	101
3.29	Keputusan kiraan oleh pakar darah dan sistem bagi Imej Normal	112
3.30	Keputusan kiraan oleh pakar darah dan sistem bagi imej leukemia akut jenis AML	113
3.31	Keputusan kiraan oleh pakar darah dan sistem bagi imej leukemia akut jenis ALL	114
4.1	Pembangunan Sistem Diagnosis Automatik bagi imej darah Leukemia	120
4.2	Imej abnormal jenis leukemia akut	122
4.3	Imej abnormal jenis kronik	122
4.4	Imej asal (40X) bersama histogram intensiti	124
4.5	Gambar rajah blok pelaksanaan prosedur semi automatik	126

	leukemia akut	
4.6	Proses Kontras Gelap	127
4.7	Hasil imej AML dan ALL daripada KMKG	129
4.8	Imej darah AML (40X) bersama komponen model warna HSI	131
4.9	Hasil imej komponen- <i>S</i> bersama histogram	132
4.10	Hasil imej daripada kombinasi komponen- <i>S</i> bersama kaedah ambang	135
4.11	Hasil imej ditapis bagi KMKG	140
4.12	Hasil imej ditapis bagi kombinasi komponen- <i>S</i> bersama kaedah ambang	141
4.13	Hasil imej bagi prosedur peruasan KMKG dan algoritma pembuangan hingar	144
4.14	Hasil imej bagi prosedur peruasan kombinasi komponen- <i>S</i> bersama kaedah ambang dan algoritma pembuangan hingar	145
4.15	Gambarajah blok prosedur peruasan automatik leukemia akut	148
4.16	Imej komponen- <i>S</i> bagi imej AML dan ALL	149
4.17	Hasil peruasan kombinasi komponen- <i>S</i> bersama algoritma pengelompokan bagi imej AML dan ALL	156
4.18	Sel leukemia AML individu(kotak merah) hasil kombinasi komponen- <i>S</i> bersama teknik pengelompokan	157
4.19	Sel leukemia AML individu (kotak biru) hasil kombinasi komponen- <i>S</i> bersama algoritma pengelompokan	158

4.20	Hasil imej teruas selepas ditapis dengan $n=7$	162
4.21	Sel leukemia AML individu (kotak merah) hasil kombinasi komponen- $S$ bersama algoritma pengelompokan	163
4.22	Sel leukemia AML individu (kotak biru) hasil kombinasi komponen- $S$ bersama algoritma pengelompokan	164
4.23	Hasil imej selepas pelaksanaan algoritma SRGAE	168
4.24	Perbandingan Prestasi ML (LM), SLFNN (ELM) dan HMLP(MRPE) - Set Data 1	188
4.25	Perbandingan Prestasi ML(LM), SLFNN (ELM) dan HMLP (MRPE) - Set Data 2	190
5.1	Gambarajah sambungan kamera digital <i>Infinity2</i> , mikroskop <i>Leica DMLA 1200</i> dan komputer meja	200
5.2	Rekabentuk sambungan sistem saringan dan diagnosis automatik leukemia akut	200
5.3	Paparan permulaan skrin ( <i>splash screen</i> ) sistem saringan dan diagnosis leukemia akut	202
5.4	Antara muka utama sistem saringan leukemia akut	204
5.5	Antara-muka sistem diagnosis leukemia akut	205
5.6	Contoh antara muka keseluruhan sistem saringan dan diagnosis imej darah leukemia akut	209
5.7	Struktur hirarki HMLP(MRPE) untuk pengklasifikasian imej leukemia akut	210

## TERJEMAHAN ISTILAH

### Bahasa Melayu

Algoritma anjakan purata

Algoritma morfologi matematik

Algoritma pengoptimuman berketentuan tempatan

Algoritma penurunan tercuram

Algoritma perambatan balik

Antara muka pengaturcaraan aplikasi

Antara muka pengaturcaraan bersatu

Antara muka pengguna grafik

Aspirasi sum-sum tulang

Bergerigi

Bertempek-tempek

Bi-modal ambang

Biopsi sum-sum tulang

Ciri-ciri bentuk

Dimensi fraktal

Gangguan dedenyut

Gelongsor tingkap

Halus dan berenda

Imej hantu

Inves

### Bahasa Inggeris

Mean-shift algorithm

Mathematical morphology

Deterministic local optimization algorithm

Steepest descent algorithm

Back propagation algorithm

Application programming interface

Unified programming interface

Graphical user interface

Bone marrow aspiration

Indented

Stacking

Thresholding bimodal

Bone marrow biopsy

Shape features

Fractal dimension

Impulse interference

Sliding window

Fine and lacy

Ghost image

Inversion

Cantuman	Fusion
Isih penuh	Full sorting
Jiran terdekat- $k$	$k$ - Nearest Neighbour
Kadar pemendapan eritrosit	Erythrocyte sedimentation rates
Kadar pengiraan	Computational effort
Kaedah ambang	Thresholding
Kaedah peringkat set	Level set method
Kawasan berkabut	Frosted area
Kawasan cembung	Convex area
Kawasan diisi	Filled area
Kelompok	Clustering
Kelompok legeh	Watershed clustering
Kepejalan	Solidity
Kesan pelicinan	Smoothing effect
Eksentrik	Eccentricity
Ketidaksinambungan	Discontinuity
Kiraan darah kebezaan	Differential blood count
Kiraan darah lengkap	Complete blood count
Komponen ketepuan	Saturation component
Komposisi kimia	Cytochemistry
Leukemia limfoid akut	Acute lymphoid leukemia
Leukemia mieloid akut	Acute myeloid leukemia
Leukemia promielositik akut	Acute promyelocytic leukemia

Menonjol	Prominent
Mesin pembelajaran ekstrem	Extreme learning machine
Mesin sokongan vektor	Support vector machine
Mutasi	Mutation
Nekleoli	Nucleoli
Orientasi	Orientation
Padat	Dense
Pakar darah	Hematologist
Pandu fokus	Focus drive
Panjang paksi utama	Major axis length
Paparan permulaan skrin	Splash screen
Pembelajaran dengan pengawasan	Supervised learning
Pemberat sinaptik	Synaptic weights
Pemodelan sel	Cell modelling
Pemulihan/Pemulangan	Restoration
Penapisan	Filtering
Penderiaan jauh	Remote sensing
Penganalisis hematologi automatik	Automated haematology analyzer
Penganggar fungsi umum	General function approximator
Pengekstrakan ciri-ciri berasaskan nukleas	Nucleas based features
Pengembangan	Dilation
Pengesanan pinggir	Edge detection
Penghapusan	Deletion

Penghapusan objek yang tidak diinginkan	Elimination of unwanted noise
Pengimejan perubatan	Medical imaging
Pengimejan resonans magnetik	Magnetic resonance imaging
Pengisian kawasan	Region filling
Pengvakuolan	Vacuolation
Perolehan	Retrieval
Perpustakaan pautan dinamik	Dynamic link library
Persamaan	Similarity
Perseptron perbilang lapisan	Multilayer perseptron
Pertumbuhan kawasan	Region growing
Pertumbuhan pesat	Overgrowth
Peta masukan – keluaran	Input-output map
Imej pratonton	Preview image
Purata- <i>c</i> kabur	Fuzzy <i>c</i> -means
Purata- <i>k</i>	<i>k</i> -Means
Purata- <i>k</i> boleh gerak	Moving <i>k</i> -means
Pusat bertindih	Centre redundancy
Pusat mati	Dead centre
Pusat terperangkap dalam minima tempatan	Trap in local minima
Ralat ramalan jadi semula	Recursive prediction error
Ralat ramalan jadi semula diubahsuai	Modified recursive prediction error
Rangkaian neural modular	Modular neural networks
Rangkaian neural suap-depan lapisan tunggal	Single layer feedforward neural network

Rangkaian selular kabur neural	Fuzzy cellular neural networks
Reaksi rantai polimerase	Polymerase chain reaction
Sempadan mengesan	Boundary tracing
Sindrom down	Down syndrom
Sindrom mielodisplastik	Myelodysplastic syndromes
Sitogenetik	Cytogenetics
Sitometri aliran	Flow cytometry
Sitoplasma	Cytoplasmic
Teknik penyonsangan imej berasaskan penyamaan	Image inversion based two level histogram
histogram dua paras	Equalization
Templat sepadan	Template matching
Topeng segi empat	Square mask
Turun cerun	Gradient descent
Ujian pembekuan	Coagulation tests
Ujian pengimejan	Imaging test
Ultrabunyi	Ultrasound
Visi robotik	Robotic vision

## SINGKATAN ISTILAH

ALL	Acute Lymphoid Leukemia
AML	Acute Myeloid Leukemia
ANN	Artificial Neural Network
API	Application Programming Interface
CBC	Complete Blood Count
CLL	Chronic Lymphoid Leukaemia
CML	Chronic Myeloid Leukaemia
DLL	Dynamic Link Library
DNA	Deoxyribo Nucleic Acid
ELM	Extreme Learning Machine
FAB	French-American-British
FN	False Negative
FP	False Positive
FCNN	Fuzzy Cellular Neural Networks
HMLP	Hybrid Multilayered Perceptron
HSI	Hue, Saturation, Intensity
HUSM	Hospital University Sains Malaysia
IIBLHE	Image Inversion Based Two Level Histogram Equalization
k-NN	k -Nearest Neighbor
KMKG	Kaedah Melampau Kontras Gelap
LM	Levenberg-Marquardt