

**SISTEM PEMROSESAN IMEJ UNTUK
PENGESANAN BARAH PAYUDARA**

SITI NORAINI SULAIMAN

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2002

SISTEM PEMROSESAN IMEJ UNTUK PENGESANAN BARAH PAYUDARA

Oleh

SITI NORAINI SULAIMAN

**Tesis yang diserahkan untuk memenuhi
keperluan bagi Ijazah Sarjana Sains**

April 2002

PENGHARGAAN

Dengan nama Allah yang maha pemurah lagi maha penyayang. Alhamdulillah...syukur ke hadrat Ilahi kerana limpah kurnia dan izinnya, dapat saya menyiapkan projek penyelidikan ini. Setelah beberapa bulan bertungkus lumus dengan bantuan penyelia, rakan-rakan serta juruteknik-juruteknik akhirnya penyelidikan ini berjaya direalisasikan.

Dikesempatan ini ingin saya merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada penyelia saya, Dr Mohd Yusoff Mashor yang telah banyak membantu dalam pelbagai aspek. Dengan sokongan, tunjuk ajar dan idea yang diberikan oleh beliau telah mendorong saya untuk meneruskan dan seterusnya menyiapkan penyelidikan ini.

Kesempatan ini juga ingin saya mengucapkan ribuan terima kasih kepada Pn Umi Kalthum Ngah selaku ketua projek Pengimejan Perubatan (*Medical Imaging*), yang telah sudi menawarkan geran IRPA kepada saya. Dengan geran ini dapat saya menggunakannya untuk menampung segala perbelanjaan sepanjang penyelidikan dilakukan. Di samping itu, ingin saya mengucapkan ribuan terima kasih kepada beliau atas segala bentuk sumbangan dan pertolongan yang berupa tunjuk ajar, idea yang bernas, dorongan dan nasihat yang diberikan.

Akhir sekali setinggi-tinggi penghargaan yang tak terhingga ditujukan kepada kedua ibubapa tersayang, suami tercinta serta abang-abang dan kakak yang telah

berdoa dan memberi semangat untuk menyempurnakan tanggung jawab ini. Untuk anak
mama, alya sumber inspirasi mama!

ISI KANDUNGAN

	Muka Surat
Muka Surat Judul	i
Penghargaan	ii
Isi Kandungan	iv
Senarai Rajah	xii
Senarai Jadual	xxxvi
Senarai Singkatan Istilah	xxxvii
Abstrak Bahasa Melayu	xxxix
Abstrak Bahasa Inggeris	xli
Bab 1: PENDAHULUAN	
1.1 Teknik Pemprosesan Imej untuk Barah Payudara	3
1.2 Objektif dan Skop Penyelidikan	5
1.3 Tinjauan Tesis	7
Bab 2: KAJIAN ILMIAH	
2.1 Pendahuluan	9
2.2 Pemprosesan Imej Digital	10
2.2.1 Unsur Pemprosesan Imej Digital	11
2.2.2 Konsep Asas Pemprosesan Imej Digital	13

2.2.2.1	Imej Digital	13
2.2.2.2	Teknik-teknik Pemprosesan Imej Digit	14
2.2.2.3	Skala Kelabu	16
2.2.2.4	Histogram	16
2.3	Barah Payudara	18
2.3.1	Jenis-jenis Tumor	19
2.3.2	Jenis-jenis Barah Payudara	20
2.3.3	Peringkat-peringkat Barah Payudara	21
2.3.4	Rawatan	23
2.3.5	Tanda-tanda Penyakit	25
2.3.5.1	Tanda-tanda Penyakit pada Imej Mammogram	26
2.3.5.2	Tanda-tanda Penyakit pada Imej Ultrabunyi	27
2.4	Kajian Terdahulu	28
2.5	Ringkasan	35

Bab 3: TEKNIK PEMROSESAN IMEJ

3.1	Pendahuluan	37
3.2	Algoritma Peningkatan Kontras	38
3.2.1	Peningkatan Kontras Melalui Penyeragaman Histogram	39
3.2.1.1	Penyeragaman Histogram Tidak Adaptif	40
3.2.1.2	Penyeragaman Histogram Adaptif	41
3.2.1.3	Penyeragaman Histogram Adaptif Berpemberat	42
3.2.1.4	Penyeragaman Histogram Adaptif Variasi	43
3.2.1.5	Penyeragaman Kejiranan Histogram Tempatan	43
3.2.1.6	Peningkatan Varians Malar AHE	44

3.2.2	Peningkatan Kontras Melalui Penyebaran Kontras	45
3.2.2.1	Kontras Linear	46
3.2.2.2	Penyebaran Kontras	46
3.2.2.3	Penyebaran Kontras Separa	47
3.2.2.4	Penyebaran Gelap	48
3.2.2.5	Penyebaran Cerah	49
3.2.3	Peningkatan Kontras Adaptif	50
3.2.3.1	Peningkatan Kontras Lee	50
3.2.3.2	Penghadan Kontras	51
3.3	Algoritma Penurasan	53
3.3.1	Penuras Laplacian-of-a-Gaussian	54
3.3.2	Penuras Gelugur	55
3.3.3	Penuras Gelugur Terubahsuai	56
3.3.4	Penuras Frekuensi Ruang	56
3.3.5	Penuras Ralat Kuasa Dua Purata Minimum	58
3.4	Teknik Pertumbuhan Kawasan	60
3.4.1	Pertumbuhan Kawasan Secara Titik Benih	61
3.4.2	Pertumbuhan Kawasan Dengan Teknik Terbenam	
	Peningkatan Imej	66
3.5	Pewarnaan Pseudo	68
3.6	Ringkasan	70

Bab 4: PEMROSESAN IMEJ MAMMOGRAM

4.1	Pendahuluan	71
4.2	Keputusan Peningkatan Kontras Melalui Penyeragaman Histogram	73

4.2.1	Keputusan Penyeragaman Histogram Tidak Adaptif	74
4.2.2	Keputusan Penyeragaman Histogram Adaptif	76
4.2.3	Keputusan Penyeragaman Histogram Adaptif Berpemberat	79
4.2.4	Keputusan Penyeragaman Histogram Adaptif Variasi	82
4.2.5	Keputusan Penyeragaman Kejiranan Histogram Tempatan	83
4.2.6	Keputusan Peningkatan Varians Malar AHE	86
4.3	Keputusan Peningkatan Kontras Melalui Kaedah Penyebaran	
	Kontras	87
4.3.1	Keputusan Kontras Linear	88
4.3.2	Keputusan Penyebaran Kontras	90
4.3.3	Keputusan Penyebaran Kontras Separa	91
4.3.4	Keputusan Penyebaran Gelap	93
4.3.5	Keputusan Penyebaran Cerah	95
4.4	Keputusan Peningkatan Kontras Adaptif	97
4.4.1	Keputusan Peningkatan Kontras Lee	97
4.4.2	Keputusan Penghadan Kontras Penyeragaman Histogram Adaptif	99
4.5	Keputusan Algoritma Penurasan	101
4.5.1	Keputusan Penuras Laplacian-of-a-Gaussian	101
4.5.2	Keputusan Penuras Gelugur	103
4.5.3	Keputusan Penuras Gelugur Terubahsuai	105
4.5.4	Keputusan Penuras Frekuensi Ruang	106
4.5.5	Keputusan Penuras Ralat Kuasa Dua Purata Minimum	110
4.6	Keputusan Pewarnaan Pseudo	112
4.7	Kesimpulan	119

Bab 5: PEMROSESAN IMEJ ULTRABUNYI

5.1	Pendahuluan	121
5.2	Keputusan dan Pemerhatian Teknik Pertumbuhan Kawasan dengan Teknik Terbenam Peningkatan Imej	121
5.2.1	Pertumbuhan Kawasan dengan Teknik AHE Terbenam	124
5.2.2	Pertumbuhan Kawasan dengan WAHE Terbenam	124
5.2.3	Pertumbuhan Kawasan dengan VAHE Terbenam	125
5.2.4	Pertumbuhan Kawasan dengan LNHE Terbenam	125
5.2.5	Pertumbuhan Kawasan dengan CVE Terbenam	127
5.2.6	Pertumbuhan Kawasan dengan Penyebaran Kontras Linear Terbenam	127
5.2.7	Pertumbuhan Kawasan dengan Penyebaran Kontras Terbenam	128
5.2.8	Pertumbuhan Kawasan dengan Penyebaran Kontras Separa Terbenam	129
5.2.9	Pertumbuhan Kawasan dengan Penyebaran Gelap Terbenam	129
5.2.10	Pertumbuhan Kawasan dengan Penyebaran Cerah Terbenam	131
5.2.11	Pertumbuhan Kawasan dengan Peningkatan Kontras Lee Terbenam	131
5.2.12	Pertumbuhan Kawasan dengan Penghadan Kontras AHE Terbenam	132
5.2.13	Pertumbuhan Kawasan dengan Penuras Laplacian of-a-Gaussian Terbenam	133

5.2.14	Pertumbuhan Kawasan dengan Penuras Gelugur Terbenam	134
5.2.15	Pertumbuhan Kawasan dengan Penuras Gelugur Terubahsuai Terbenam	135
5.2.16	Pertumbuhan Kawasan dengan Penuras Laluan Ruang Terbenam	136
5.2.17	Pertumbuhan Kawasan dengan Penuras Laluan Tinggi Terbenam	136
5.2.18	Pertumbuhan Kawasan dengan Penuras Laluan Rendah Terbenam	133
5.2.19	Pertumbuhan Kawasan dengan Penuras Ralat Kuasa Dua Purata Minimum Terbenam	138
5.3	Keputusan Pewarnaan Pseudo	139
5.4	Kesimpulan	146

Bab 6: PERUASAN IMEJ MELALUI TEKNIK PENGELOMPOKAN

6.1	Pendahuluan	149
6.2	Algoritma Pengelompokan	151
6.2.1	Algoritma Pengelompokan Purata-K	152
6.2.2	Algoritma Pengelompokan Purata-C Fuzi	153
6.2.3	Algoritma Pengelompokan Purata-C Fuzi Suai	155
6.3	Keputusan dan Pemerhatian	158
6.3.1	Keputusan dan Pemerhatian Algoritma Pengelompokan Purata-K	159
6.3.2	Keputusan dan Pemerhatian Algoritma Pengelompokan Purata-C Fuzi	167

6.3.3	Keputusan dan Pemerhatian Algoritma Pengelompokan	
	Purata-C Fuzi Suai	175
6.4	Kesimpulan	183
Bab 7: SISTEM PEMROSESAN IMEJ UNTUK PENGESANAN BARAH		
PAYUDARA		
7.1	Pendahuluan	184
7.2	Borland C++ Builder	185
7.3	Perkakasan Pemprosesan Imej	186
7.4	Sistem Pemprosesan Imej untuk Pengesanan Barah Payudara	187
7.5	Penggunaan Perisian ' <i>Image Processing Technique</i> '	190
7.6	Kemudahan Lain	192
7.7	Pemprosesan Dalam Talian	194
7.8	Ringkasan	195
Bab 8:	KESIMPULAN	196
	Cadangan kajian masa depan	202
	Rujukan	204
Lampiran A:	Carta Aliran	211
Lampiran B:	Pemprosesan Imej Mammogram	213
Lampiran C:	Pemprosesan Imej Mammogram	247

SENARAI RAJAH

Muka Surat

Rajah 2.1: Lima kelas asas bagi pemprosesan imej digital dan operasi masing-masing	12
Rajah 2.2: Komponen-komponen asas sistem pemprosesan imej digit	13
Rajah 2.3: Perwakilan matriks bagi suatu imej	14
Rajah 2.4: Contoh beberapa jenis histogram imej	18
Rajah 2.5: Struktur di dalam Payudara	19
Rajah 3.1: Geometri tatasusunan untuk penyeragaman histogram secara adaptif	41
Rajah 3.2: Tetingkap 3×3 untuk pengiraan min dan varians tempatan	45
Rajah 3.3: Fungsi pemetaan kontras yang menunjukkan histogram asal dan Histogram yang telah dipotong	52
Rajah 3.4: Topeng Gelugur-B Kiub	56
Rajah 3.5: Tiga jenis Penuras: (a) Penuras Laluan Rendah (b) Penuras Laluan Tinggi (c) Penuras Laluan jalur	57
Rajah 3.6: Kedudukan titik benih dan jiran-jirannya dalam matrik 11×11	62
Rajah 3.7: Piksel titik benih yang bertumbuh ke arah 4 jiran yang bersambung	62
Rajah 3.8: Piksel titik benih yang bertumbuh ke arah 8 jiran pepenjuru	63
Rajah 3.9: Piksel titik benih yang bertumbuh ke arah 8 jiran tersambung	63
Rajah 3.10: Kawasan yang diperolehi melalui teknik pertumbuhan kawasan secara titik benih	67

Rajah 3.11: Teknik peningkatan imej yang diaplikasikan di dalam kawasan yang dikehendaki sahaja tetapi paras kelabu latar belakang ditetapkan	67
Rajah 3.12: Gambarajah blok yang menunjukkan pewarnaan pseudo diimplementasikan	69
Rajah 4.1: Imej mammogram asal RCC017028	73
Rajah 4.2: Imej mammogram asal c07534r	73
Rajah 4.3: Imej mammogram asal Zainab2	73
Rajah 4.4: Imej-imej yang telah dicarikan sempadannya dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2	75
Rajah 4.5: Imej-imej yang telah dicarikan diseragamkan histogramnya selepas sempadan dicarikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2	77
Rajah 4.6: Imej-imej yang telah dilakukan AHE selepas sempadan dicarikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2	79
Rajah 4.7: Imej-imej yang telah dilakukan WAHE selepas sempadan dicarikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2	81
Rajah 4.8: Imej-imej yang telah dilakukan VAHE selepas sempadan dicarikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2	83
Rajah 4.9: Imej-imej yang telah dilakukan LNHE selepas sempadan dicarikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej	

c075340r (c): Imej Zainab2	85
Rajah 4.10: Imej-imej yang telah dilakukan CVE selepas sempadan dicarikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2	87
Rajah 4.11: Imej-imej yang telah dilakukan Penyebaran Kontras Linear selepas sempadan dicarikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2	89
Rajah 4.12: Imej-imej yang telah dilakukan Penyebaran Kontras selepas sempadan dicarikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2	91
Rajah 4.13: Imej-imej yang telah dilakukan Penyebaran Kontras Separa selepas sempadan dicarikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2	93
Rajah 4.14: Imej-imej yang telah dilakukan Penyebaran Gelap selepas sempadan dicarikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2	95
Rajah 4.15: Imej-imej yang telah dilakukan Penyebaran Cerah selepas sempadan dicarikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2	96
Rajah 4.16: Imej-imej yang telah dilakukan Peningkatan Kontras Lee selepas sempadan dicarikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2	98
Rajah 4.17: Imej-imej yang telah dilakukan Penghadan Kontras AHE selepas sempadan dicarikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2	100

- Rajah 4.18: Imej-imej yang telah dituras Penuras Laplacian-of-a Gaussian selepas sempadan dicirikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2 103
- Rajah 4.19: Imej-imej yang telah dituras Penuras Gelugur selepas sempadan dicirikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2 104
- Rajah 4.20: Imej-imej yang telah dituras Penuras Gelugur Terubahsuai selepas sempadan dicirikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2 106
- Rajah 4.21: Imej-imej yang telah dituras Penuras Laluan Ruang selepas sempadan dicirikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2 108
- Rajah 4.22: Imej-imej yang telah dituras Penuras Laluan Tinggi selepas sempadan dicirikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2 109
- Rajah 4.23: Imej-imej yang telah dituras Penuras Laluan Rendah selepas sempadan dicirikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2 110
- Rajah 4.24: Imej-imej yang telah dituras Penuras Ralat Kuasa Dua Purata Minimum selepas sempadan dicirikan dengan menggunakan teknik pertumbuhan kawasan (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2 112
- Rajah 4.25: Imej-imej selepas proses pewarnaan pseudo (a): Imej RCC01728 (b): Imej c075340r (c): Imej Zainab2 114
- Rajah 4.26: Imej c075340r dengan HE selepas proses pewarnaan pseudo 114

Rajah 4.27: Imej c075340r dengan AHE selepas proses pewarnaan pseudo	115
Rajah 4.28: Imej c075340r dengan WAHE selepas proses pewarnaan pseudo	115
Rajah 4.29: Imej c075340r dengan VAHE selepas proses pewarnaan pseudo	115
Rajah 4.30: Imej c075340r dengan LNHE selepas proses pewarnaan pseudo	115
Rajah 4.31: Imej c075340r dengan CVE selepas proses pewarnaan pseudo	116
Rajah 4.32: Imej c075340r dengan Penyebaran Kontras Linear selepas pewarnaan pseudo	116
Rajah 4.33: Imej c075340r dengan Penyebaran Kontras selepas pewarnaan pseudo	116
Rajah 4.34: Imej c075340r dengan Penyebaran Kontras Separa selepas pewarnaan pseudo	116
Rajah 4.35: Imej c075340r dengan Penyebaran Gelap selepas pewarnaan pseudo	117
Rajah 4.36: Imej c075340r dengan Penyebaran Cerah selepas pewarnaan pseudo	117
Rajah 4.37: Imej c075340r dengan Peningkatan Kontras Lee selepas pewarnaan pseudo	117
Rajah 4.38: Imej c075340r dengan Penghadan Kontras AHE selepas pewarnaan pseudo	117
Rajah 4.39: Imej c075340r yang dituras dengan penuras Laplacian-of-a Gaussian selepas pewarnaan pseudo	118
Rajah 4.40: Imej c075340r yang dituras dengan Penuras Laluan Ruang selepas pewarnaan pseudo	118
Rajah 4.41: Imej c075340r yang dituras dengan Penuras Laluan Tinggi selepas pewarnaan pseudo	118

Rajah 4.42: Imej c075340r yang dituras dengan Penuras Laluan Rendah selepas pewarnaan pseudo	119
Rajah 4.43: Imej c075340r yang dituras dengan Penuras Ralat Kuasa Dua Purata Minimum selepas pewarnaan pseudo	119
Rajah 5.1(a): Imej asal Basa5	122
Rajah 5.1(b): Imej asal Halimah2	122
Rajah 5.1(c): Imej asal Yoke2	122
Rajah 5.2(a): Imej asal Basa5 yang diperolehi sempadannya	123
Rajah 5.2(b): Imej asal Halimah2 yang diperolehi sempadannya	123
Rajah 5.2(c): Imej asal Yoke2 yang diperolehi sempadannya	123
Rajah 5.3(a): Imej asal Basa5 yang telah dilakukan AHE selepas diperolehi sempadannya	123
Rajah 5.3(b): Imej asal Halimah2 yang telah dilakukan AHE selepas diperolehi sempadannya	123
Rajah 5.3(c): Imej asal Yoke2 yang telah dilakukan AHE selepas diperolehi sempadannya	123
Rajah 5.4(a): Imej asal Basa5 yang telah dilakukan WAHE selepas diperolehi sempadannya	125
Rajah 5.4(b): Imej asal Halimah2 yang telah dilakukan WAHE selepas diperolehi sempadannya	125
Rajah 5.4(c): Imej asal Yoke2 yang telah dilakukan WAHE selepas diperolehi sempadannya	125
Rajah 5.5(a): Imej asal Basa5 yang telah dilakukan VAHE selepas diperolehi sempadannya	126
Rajah 5.5(b): Imej asal Halimah2 yang telah dilakukan VAHE selepas diperolehi	

sempadannya	126
Rajah 5.5(c): Imej asal Yoke2 yang telah dilakukan VAHE selepas diperolehi sempadannya	126
Rajah 5.6(a): Imej asal Basa5 yang telah dilakukan LNHE selepas diperolehi sempadannya	126
Rajah 5.6(b): Imej asal Halimah2 yang telah dilakukan LNHE selepas diperolehi sempadannya	126
Rajah 5.6(c): Imej asal Yoke2 yang telah dilakukan LNHE selepas diperolehi sempadannya	126
Rajah 5.7(a): Imej asal Basa5 yang telah dilakukan CVE selepas diperolehi sempadannya	127
Rajah 5.7(b): Imej asal Halimah2 yang telah dilakukan CVE selepas diperolehi sempadannya	127
Rajah 5.7(c): Imej asal Yoke2 yang telah dilakukan CVE selepas diperolehi sempadannya	127
Rajah 5.8(a): Imej asal Basa5 yang telah dilakukan Penyebaran Kontras Linear selepas diperolehi sempadannya	128
Rajah 5.8(b): Imej asal Halimah2 yang telah dilakukan Penyebaran Kontras Linear selepas diperolehi sempadannya	128
Rajah 5.8(c): Imej asal Yoke2 yang telah dilakukan Penyebaran Kontras Linear selepas diperolehi sempadannya	128
Rajah 5.9(a): Imej asal Basa5 yang telah dilakukan Penyebaran Kontras selepas diperolehi sempadannya	129
Rajah 5.9(b): Imej asal Halimah2 yang telah dilakukan Penyebaran Kontras selepas diperolehi sempadannya	129

Rajah 5.9(c): Imej asal Yoke2 yang telah dilakukan Penyebaran Kontras selepas diperolehi sempadannya	129
Rajah 5.10(a): Imej asal Basa5 yang telah dilakukan Penyebaran Kontras Separa selepas diperolehi sempadannya	130
Rajah 5.10(b): Imej asal Halimah2 yang telah dilakukan Penyebaran Kontras Separa selepas diperolehi sempadannya	130
Rajah 5.10(c): Imej asal Yoke2 yang telah dilakukan Penyebaran Kontras Separa selepas diperolehi sempadannya	130
Rajah 5.11(a): Imej asal Basa5 yang telah dilakukan Penyebaran Gelap selepas diperolehi sempadannya	130
Rajah 5.11(b): Imej asal Halimah2 yang telah dilakukan Penyebaran Gelap selepas diperolehi sempadannya	130
Rajah 5.11(c): Imej asal Yoke2 yang telah dilakukan Penyebaran Gelap selepas diperolehi sempadannya	130
Rajah 5.12(a): Imej asal Basa5 yang telah dilakukan Penyebaran Cerah selepas diperolehi sempadannya	131
Rajah 5.12(b): Imej asal Halimah2 yang telah dilakukan Penyebaran Cerah selepas diperolehi sempadannya	131
Rajah 5.12(c): Imej asal Yoke2 yang telah dilakukan Penyebaran Cerah selepas diperolehi sempadannya	131
Rajah 5.13(a): Imej asal Basa5 yang telah dilakukan Peningkatan Kontras Lee selepas diperolehi sempadannya	132
Rajah 5.13(b): Imej asal Halimah2 yang telah dilakukan Peningkatan Kontras Lee selepas diperolehi sempadannya	132
Rajah 5.13(c): Imej asal Yoke2 yang telah dilakukan Peningkatan Kontras Lee	

selepas diperolehi sempadannya	132
Rajah 5.14(a): Imej asal Basa5 yang telah dilakukan Penghadan Kontras AHE	
selepas diperolehi sempadannya	133
Rajah 5.14(b): Imej asal Halimah2 yang telah dilakukan Penghadan Kontras AHE	
selepas diperolehi sempadannya	133
Rajah 5.14(c): Imej asal Yoke2 yang telah dilakukan Penghadan Kontras AHE	
selepas diperolehi sempadannya	133
Rajah 5.15(a): Imej asal Basa5 yang telah dituras Penuras Laplacian-of-a Gaussian	
selepas diperolehi sempadannya	134
Rajah 5.15(b): Imej asal Halimah2 yang telah dituras Penuras Laplacian-of-a	
Gaussian selepas diperolehi sempadannya	134
Rajah 5.15(c): Imej asal Yoke2 yang telah dituras Penuras Laplacian-of-a Gaussian	
selepas diperolehi sempadannya	134
Rajah 5.16(a): Imej asal Basa5 yang telah dituras Penuras Gelugur	
selepas diperolehi sempadannya	135
Rajah 5.16(b): Imej asal Halimah2 yang telah dituras Penuras Gelugur selepas	
diperolehi sempadannya	135
Rajah 5.16(c): Imej asal Yoke2 yang telah dituras Penuras Gelugur	
selepas diperolehi sempadannya	135
Rajah 5.17(a): Imej asal Basa5 yang telah dituras Penuras Gelugur Terubahsuai	
selepas diperolehi sempadannya	136
Rajah 5.17(b): Imej asal Halimah2 yang telah dituras Penuras Gelugur Terubahsuai	
selepas diperolehi sempadannya	136
Rajah 5.17(c): Imej asal Yoke2 yang telah dituras Penuras Gelugur Terubahsuai	
selepas diperolehi sempadannya	136

Rajah 5.18(a): Imej asal Basa5 yang telah dituras Penuras Laluan Ruang selepas diperolehi sempadannya	137
Rajah 5.18(b): Imej asal Halimah2 yang telah dituras Penuras Laluan Ruang selepas diperolehi sempadannya	137
Rajah 5.18(c): Imej asal Yoke2 yang telah dituras Penuras Laluan Ruang selepas diperolehi sempadannya	137
Rajah 5.19(a): Imej asal Basa5 yang telah dituras Penuras Laluan Tinggi selepas diperolehi sempadannya	137
Rajah 5.19(b): Imej asal Halimah2 yang telah dituras Penuras Laluan Tinggi selepas diperolehi sempadannya	137
Rajah 5.19(c): Imej asal Yoke2 yang telah dituras Penuras Laluan Tinggi selepas diperolehi sempadannya	137
Rajah 5.20(a): Imej asal Basa5 yang telah dituras Penuras Laluan Rendah selepas diperolehi sempadannya	138
Rajah 5.20(b): Imej asal Halimah2 yang telah dituras Penuras Laluan Rendah selepas diperolehi sempadannya	138
Rajah 5.20(c): Imej asal Yoke2 yang telah dituras Penuras Laluan Rendah selepas diperolehi sempadannya	138
Rajah 5.21(a): Imej asal Basa5 yang telah dituras Penuras Ralat Kuasa Dua Purata Minimum selepas diperolehi sempadannya	139
Rajah 5.21(b): Imej asal Halimah2 yang telah dituras Penuras Ralat Kuasa Dua Purata Minimum selepas diperolehi sempadannya	139
Rajah 5.21(c): Imej asal Yoke2 yang telah dituras Penuras Ralat Kuasa Dua Purata Minimum selepas diperolehi sempadannya	139
Rajah 5.22: Imej-imej yang diwarna pseudokan selepas melakukan AHE	140

Rajah 5.23: Imej-imej yang diwarnakan selepas melakukan WAHE	140
Rajah 5.24: Imej-imej yang diwarnakan selepas melakukan VAHE	141
Rajah 5.25: Imej-imej yang diwarnakan selepas melakukan LNHE	141
Rajah 5.26: Imej-imej yang diwarnakan selepas melakukan CVE	141
Rajah 5.27: Imej-imej diwarnakan selepas Penyebaran Kontras Linear dilakukan	142
Rajah 5.28: Imej-imej diwarnakan selepas Penyebaran Kontras dilakukan	142
Rajah 5.29: Imej-imej diwarnakan selepas Penyebaran Kontras Separa dilakukan	142
Rajah 5.30: Imej-imej diwarnakan selepas Penyebaran Gelap dilakukan	143
Rajah 5.31: Imej-imej diwarnakan selepas Penyebaran Cerah dilakukan	143
Rajah 5.32: Imej-imej diwarnakan selepas Peningkatan Kontras Lee dilakukan	143
Rajah 5.33: Imej-imej diwarnakan selepas Penghadan Kontras AHE dilakukan	144
Rajah 5.34: Imej-imej diwarnakan selepas dituras dengan Penuras Laplacian-of- a Gaussian	144
Rajah 5.35: Imej-imej diwarnakan selepas dituras dengan Penuras Gelugur	144
Rajah 5.36: Imej-imej diwarnakan selepas dituras dengan Penuras Gelugur Terubahsuai	145
Rajah 5.37: Imej-imej diwarnakan selepas dituras dengan Penuras Laluan Ruang	145
Rajah 5.38: Imej-imej diwarnakan selepas dituras dengan Penuras Laluan Tinggi	145
Rajah 5.39: Imej-imej diwarnakan selepas dituras dengan Penuras Laluan	

Rendah	146
Rajah 5.40: Imej-imej diwarnakan pseudokan selepas dituras dengan Penuras Ralat	
Kuasa Dua Purata Minimum	146
Rajah 6.1(a): Imej asal Basa5	165
Rajah 6.1(b): Imej asal Halimah2	165
Rajah 6.1(c): Imej asal Yoke2	165
Rajah 6.2(a): Imej Basa5 yang diruaskan kepada 3 kelas	160
Rajah 6.2(b): Imej Basa5 yang diruaskan kepada 4 kelas	160
Rajah 6.2(c): Imej Basa5 yang diruaskan kepada 5 kelas	160
Rajah 6.2(d): Imej Basa5 yang diruaskan kepada 6 kelas	160
Rajah 6.2(e): Imej Basa5 yang diruaskan kepada 7 kelas	160
Rajah 6.2(f): Imej Basa5 yang diruaskan kepada 8 kelas	160
Rajah 6.3(a): Imej Basa5 yang diruaskan kepada 3 kelas	162
Rajah 6.3(b): Imej Basa5 yang diruaskan kepada 4 kelas	162
Rajah 6.3(c): Imej Basa5 yang diruaskan kepada 5 kelas	162
Rajah 6.3(d): Imej Basa5 yang diruaskan kepada 6 kelas	162
Rajah 6.3(e): Imej Basa5 yang diruaskan kepada 7 kelas	162
Rajah 6.3(f): Imej Basa5 yang diruaskan kepada 8 kelas	162
Rajah 6.4(a): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 3 kelas	163
Rajah 6.4(b): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 4 kelas	163
Rajah 6.4(c): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 5 kelas	163
Rajah 6.4(d): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 6 kelas	163
Rajah 6.5(a): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 3 kelas	164
Rajah 6.5(b): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 4 kelas	164
Rajah 6.5(c): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 5 kelas	164

Rajah 6.5(d): Imej Halimah ² yang diruaskan kepada 6 kelas	164
Rajah 6.6(a): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 3 kelas	165
Rajah 6.6(b): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 4 kelas	165
Rajah 6.6(c): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 5 kelas	165
Rajah 6.6(d): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 6 kelas	165
Rajah 6.6(e): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 7 kelas	165
Rajah 6.6(f): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 8 kelas	165
Rajah 6.7(a): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 3 kelas	166
Rajah 6.7(b): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 4 kelas	166
Rajah 6.7(c): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 5 kelas	166
Rajah 6.7(d): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 6 kelas	166
Rajah 6.7(e): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 7 kelas	166
Rajah 6.7(f): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 8 kelas	166
Rajah 6.8(a): Imej Basa ⁵ yang diruaskan kepada 3 kelas	167
Rajah 6.8(b): Imej Basa ⁵ yang diruaskan kepada 4 kelas	167
Rajah 6.8(c): Imej Basa ⁵ yang diruaskan kepada 5 kelas	167
Rajah 6.8(d): Imej Basa ⁵ yang diruaskan kepada 6 kelas	167
Rajah 6.8(e): Imej Basa ⁵ yang diruaskan kepada 7 kelas	167
Rajah 6.8(f): Imej Basa ⁵ yang diruaskan kepada 8 kelas	167
Rajah 6.9(a): Imej Basa ⁵ yang diruaskan kepada 3 kelas	168
Rajah 6.9(b): Imej Basa ⁵ yang diruaskan kepada 4 kelas	168
Rajah 6.9(c): Imej Basa ⁵ yang diruaskan kepada 5 kelas	168
Rajah 6.9(d): Imej Basa ⁵ yang diruaskan kepada 6 kelas	168
Rajah 6.9(e): Imej Basa ⁵ yang diruaskan kepada 7 kelas	168
Rajah 6.9(f): Imej Basa ⁵ yang diruaskan kepada 8 kelas	168

Rajah 6.10(a): Imej Halimah ² yang diruaskan kepada 3 kelas	170
Rajah 6.10(b): Imej Halimah ² yang diruaskan kepada 4 kelas	170
Rajah 6.10(c): Imej Halimah ² yang diruaskan kepada 5 kelas	170
Rajah 6.10(d): Imej Halimah ² yang diruaskan kepada 6 kelas	170
Rajah 6.10(e): Imej Halimah ² yang diruaskan kepada 7 kelas	170
Rajah 6.10(f): Imej Halimah ² yang diruaskan kepada 8 kelas	170
Rajah 6.11(a): Imej Halimah ² yang diruaskan kepada 3 kelas	172
Rajah 6.11(b): Imej Halimah ² yang diruaskan kepada 4 kelas	172
Rajah 6.11(c): Imej Halimah ² yang diruaskan kepada 5 kelas	172
Rajah 6.11(d): Imej Halimah ² yang diruaskan kepada 6 kelas	172
Rajah 6.11(e): Imej Halimah ² yang diruaskan kepada 7 kelas	172
Rajah 6.11(f): Imej Halimah ² yang diruaskan kepada 8 kelas	172
Rajah 6.12(a): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 3 kelas	173
Rajah 6.12(b): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 4 kelas	173
Rajah 6.12(c): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 5 kelas	173
Rajah 6.12(d): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 6 kelas	173
Rajah 6.12(e): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 7 kelas	173
Rajah 6.12(f): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 8 kelas	173
Rajah 6.13(a): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 3 kelas	174
Rajah 6.13(b): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 4 kelas	174
Rajah 6.13(c): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 5 kelas	174
Rajah 6.13(d): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 6 kelas	174
Rajah 6.13(e): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 7 kelas	174
Rajah 6.13(f): Imej Yoke ² yang diruaskan kepada 8 kelas	174
Rajah 6.14(a): Imej Basa ⁵ yang diruaskan kepada 3 kelas	176

Rajah 6.14(b):Imej Basa5 yang diruaskan kepada 5 kelas	176
Rajah 6.14(c):Imej Basa5 yang diruaskan kepada 6 kelas	176
Rajah 6.14(d):Imej Basa5 yang diruaskan kepada 7 kelas	176
Rajah 6.14(e):Imej Basa5 yang diruaskan kepada 9 kelas	176
Rajah 6.14(f):Imej Basa5 yang diruaskan kepada 15 kelas	176
Rajah 6.15(a):Imej Basa5 yang diruaskan kepada 3 kelas	177
Rajah 6.15(b):Imej Basa5 yang diruaskan kepada 5 kelas	177
Rajah 6.15(c):Imej Basa5 yang diruaskan kepada 6 kelas	177
Rajah 6.15(d):Imej Basa5 yang diruaskan kepada 7 kelas	177
Rajah 6.15(e):Imej Basa5 yang diruaskan kepada 9 kelas	177
Rajah 6.15(f):Imej Basa5 yang diruaskan kepada 15 kelas	177
Rajah 6.16(a): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 3 kelas	179
Rajah 6.16(b): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 4 kelas	179
Rajah 6.16(c): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 5 kelas	179
Rajah 6.16(d): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 6 kelas	179
Rajah 6.16(e): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 7 kelas	179
Rajah 6.16(f): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 8 kelas	179
Rajah 6.17(a): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 3 kelas	180
Rajah 6.17(b): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 4 kelas	180
Rajah 6.17(c): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 5 kelas	180
Rajah 6.17(d): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 6 kelas	180
Rajah 6.17(e): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 7 kelas	180
Rajah 6.17(f): Imej Halimah2 yang diruaskan kepada 8 kelas	180
Rajah 6.18(a): Imej Yoke2 yang diruaskan kepada 3 kelas	181
Rajah 6.18(b): Imej Yoke2 yang diruaskan kepada 4 kelas	181

Rajah 6.18(c): Imej Yoke2 yang diruaskan kepada 5 kelas	181
Rajah 6.18(d): Imej Yoke2 yang diruaskan kepada 6 kelas	181
Rajah 6.18(e): Imej Yoke2 yang diruaskan kepada 7 kelas	181
Rajah 6.18(f): Imej Yoke2 yang diruaskan kepada 8 kelas	181
Rajah 6.19(a): Imej Yoke2 yang diruaskan kepada 3 kelas	182
Rajah 6.19(b): Imej Yoke2 yang diruaskan kepada 4 kelas	182
Rajah 6.19(c): Imej Yoke2 yang diruaskan kepada 5 kelas	182
Rajah 6.19(d): Imej Yoke2 yang diruaskan kepada 6 kelas	182
Rajah 6.19(e): Imej Yoke2 yang diruaskan kepada 7 kelas	182
Rajah 6.19(f): Imej Yoke2 yang diruaskan kepada 8 kelas	182
Rajah 7.1: Antaramuka Borland C++ Builder	185
Rajah 7.2: Tetingkap utama perisian <i>Image Processing Technique Version 1.0</i>	188
Rajah 7.3: Imej dengan tetingkap yang dihasilkan	190
Rajah 7.4: Tetingkap imej asal dan tetingkap imej yang sudah diproses	191
Rajah 7.5: Pemaparan Histogram	192
Rajah 7.6: Tetingkap selepas kawasan dipilih	193
Rajah 7.7: Tetingkap dalam talian untuk kaedah Pengelompokan Purata-C Fuzi	194
Rajah A1: Carta Alir Untuk Algoritma Peningkatan Varians Pemalar AHE	211
Rajah A2: Carta Alir Untuk Algoritma Pertumbuhan Kawasan Secara Titik Benih	212
Rajah B1(a):Imej RCC01728 selepas penyeragaman Histogram Tidak Adaptif	213
Rajah B1(b):Imej c075340r selepas penyeragaman Histogram Tidak Adaptif	213
Rajah B1(c):Imej Zainab2 selepas penyeragaman Histogram Tidak Adaptif	213
Rajah B2(a): Imej RCC01728 selepas AHE dengan N=5	214
Rajah B2(b): Imej c075340r selepas AHE dengan N=5	214
Rajah B2(c): Imej Zainab2 selepas AHE dengan N=3	214

Rajah B3(a): Imej RCC01728 selepas WAHE dengan N=6	215
Rajah B3(b):Imej c075340r selepas WAHE dengan N=6	215
Rajah B3(c):Imej Zainab2 selepas WAHE dengan N=3	215
Rajah B4(a):Imej RCC01728 selepas VAHE dengan N=3	216
Rajah B4(b):Imej c075340r selepas VAHE dengan N=3	216
Rajah B4(c):Imej Zainab2 selepas VAHE dengan N=3	216
Rajah B5(a):Imej RCC01728 selepas LNHE dengan N=4;k= 0.8	217
Rajah B5(b):Imej c075340r selepas LNHE dengan N=4; k=0.8	217
Rajah B5(c):Imej Zainab2 selepas LNHE dengan N=3; k=0.7	217
Rajah B6(a):Imej RCC01728 selepas CVE dengan N=5; Gain=0.7	218
Rajah B6(b):Imej c075340r selepas CVE dengan N=5; Gain=0.7	218
Rajah B6(c):Imej Zainab2 selepas CVE dengan N=3; Gain=0.3	218
Rajah B7(a):Imej RCC01728 selepas penyebaran kontras linaer	219
Rajah B7(b): Imej c075340r selepas penyebaran kontras linear	219
Rajah B7(c): Imej Zainab2 selepas penyebaran kontras linear	219
Rajah B8(a): Imej RCC01728 selepas penyebaran kontras (Maks=150, Min=9)	220
Rajah B8(b): Imej c075340r selepas penyebaran kontras (Maks=182, Min=18)	220
Rajah B8(c):Imej Zainab2 selepas penyebaran kontras (Maks=209, Min 25)	220
Rajah B9(a):Imej RCC01728 selepas penyebaran kontras separa (Maks=201, Min=18)	221
Rajah B9(b): Imej c075340r selepas penyebaran kontras separa (Maks=190, Min=70)	221

Rajah B9 (c): Imej Zainab2 selepas penyebaran kontras separa (Maks=255, Min=101)	221
Rajah B10(a): Imej RCC01728 selepas penyebaran gelap (Maks=163, CF=2, SF=1)	222
Rajah B10(b): Imej c075340r selepas penyebaran gelap (Maks=255,CF=2, SF=1)	222
Rajah B10(c): Imej Zainab2 selepas penyebaran gelap (Maks=255,CF=2, SF=2)	222
Rajah B11(a): Imej RCC01728 selepas penyebaran cerah (Min=14, CF=1, SF=2)	223
Rajah B11(b): Imej c075340r selepas penyebaran cerah (Min=47,CF=1, SF=2)	223
Rajah B11(c): Imej Zainab2 selepas penyebaran cerah (Min=60,CF=2, SF=1)	223
Rajah B12(a): Imej RCC01728 selepas peningkatan Kontras Lee ($a=1.0, \beta =2, \eta =0.0$)	224
Rajah B12(b): Imej c075430r selepas peningkatan Kontras Lee ($a=1, \beta =1, \eta =0.0$)	224
Rajah B12(c): Imej Zainab2 selepas peningkatan Kontras Lee ($a=0.9, \beta =1, \eta =0.0$)	224
Rajah B13(a): Imej RCC01728 selepas Penghadan Kontras Penyeragaman Histogram Adaptif (N=5; Peratus Penghadan=40%)	225
Rajah B13(b): c075430r selepas Penghadan Kontras Penyeragaman Histogram Adaptif (N=5; Peratus Penghadan=50%)	225
Rajah B13(c): Imej Zainab2 selepas Penghadan Kontras Penyeragaman Histogram	

Adaptif (N=4; Peratus Penghadan=50%)	225
Rajah B14(a): Imej RCC01728 selepas Penuras Laplacian of-a-Gaussian (Sisihan Piawai=3; Faktor Paparan=1)	226
Rajah B14(b): Imej c075430r selepas Penuras Laplacian of-a-Gaussian (Sisihan Piawai=4;Faktor Paparam=2)	226
Rajah B14(c): Imej c075430r selepas Penuras Laplacian of-a-Gaussian (Sisihan Piawai=1; Faktor Paparan=1)	226
Rajah B15(a):Imej RCC01728 selepas diproses menggunakan Penuras Spline	227
Rajah B15(b):Imej c075340r selepas diproses menggunakan Penuras Spline	227
Rajah B15 (c): Imej Zainab2 selepas diproses menggunakan Penuras Spline	227
Rajah B16(a):Imej RCC01728 selepas diproses menggunakan Penuras Spline Terubahsuai	228
Rajah B16(b):Imej c075340r selepas diproses menggunakan Penuras Spline Terubahsuai	228
Rajah B16(c):Imej Zainab2 selepas diproses menggunakan Penuras Spline Terubahsuai	228
Rajah B17(a):Imej RCC01728 selepas diproses menggunakan Penuras Laluan Ruang.(AHE:4, 8-197)	229
Rajah B17(b):Imej c075340r selepas diproses menggunakan Penuras Laluan Ruang.(AHE:4, 17-190)	229
Rajah B17(c):Imej Zainab2 selepas diproses menggunakan Penuras Laluan Ruang.(AHE:4, 11-251)	229
Rajah B18(a):Imej RCC01728 selepas diproses menggunakan Penuras Laluan Tinggi (AHE:6, 126)	230
Rajah B18(b):Imej c075340r selepas diproses menggunakan Penuras Laluan	

Tinggi (AHE:4, 40)	230
Rajah B18(c):Imej Zainab2 selepas diproses menggunakan Penuras Laluan Tinggi (AHE:3, 70)	230
Rajah B19(a):Imej RCC01728 selepas diproses menggunakan Penuras Laluan Rendah (AHE:4, 250)	231
Rajah B19(b):Imej c075340r selepas diproses menggunakan Penuras Laluan Rendah (AHE:5, 230)	231
Rajah B19(c):Imej Zainab2 selepas diproses menggunakan Penuras Laluan Rendah (AHE:3, 250)	231
Rajah B20(a):Imej RCC01728 selepas diproses menggunakan Penuras Ralat Kuasa Dua Purata Minimum (AHE:4, Varians=45)	232
Rajah B20(b):Imej c075340r selepas diproses menggunakan Penuras Ralat Kuasa Dua Purata Minimum (AHE:4, Varians=5)	232
Rajah B20(c):Imej Zainab2 selepas diproses menggunakan Penuras Ralat Kuasa Dua Purata Minimum (AHE:4, Varians=5)	232
Rajah B21(a):Imej RCC01728 dengan HE selepas proses pewarnaan pseudo	233
Rajah B21(b):Imej Zainab2 dengan HE selepas proses pewarnaan pseudo	233
Rajah B22(a):Imej RCC01728 dengan AHE selepas proses pewarnaan pseudo	233
Rajah B22(b):Imej Zainab2 dengan AHE selepas proses pewarnaan pseudo	234
Rajah B23(a):Imej RCC01728 dengan WAHE selepas proses pewarnaan pseudo	234
Rajah B23(b):Imej Zainab2 dengan WAHE selepas proses pewarnaan pseudo	234
Rajah B24(a):Imej RCC01728 dengan VAHE selepas proses pewarnaan pseudo	235
Rajah B24(b):Imej Zainab2 dengan VAHE selepas proses pewarnaan pseudo	235

Rajah B25(a):Imej RCC01728 dengan LNHE selepas proses pewarnaan pseudo	235
Rajah B25(b):Imej Zainab2 dengan LNHE selepas proses pewarnaan pseudo	236
Rajah B26(a):Imej RCC01728 dengan CVE selepas proses pewarnaan pseudo	236
Rajah B26(b):Imej Zainab2 dengan CVE selepas proses pewarnaan pseudo	236
Rajah B27(a):Imej RCC01728 dengan Penyebaran Kontras Linear selepas proses pewarnaan pseudo	237
Rajah B27(b): Imej Zainab2 dengan Penyebaran Kontras Linear selepas proses pewarnaan pseudo	237
Rajah B28(a):Imej RCC01728 dengan Penyebaran Kontras selepas proses pewarnaan pseudo	237
Rajah B28(b):Imej Zainab2 dengan Penyebaran Kontras selepas proses pewarnaan pseudo	238
Rajah B29(a):Imej RCC01728 dengan Penyebaran Kontras Separa selepas proses pewarnaan pseudo	238
Rajah B29(b):Imej Zainab2 dengan Penyebaran Kontras Separa selepas proses pewarnaan pseudo	238
Rajah B30(a):Imej RCC01728 dengan Penyebaran Gelap selepas proses pewarnaan pseudo	239
Rajah B30(b):Imej Zainab2 dengan Penyebaran Gelap selepas proses pewarnaan pseudo	239
Rajah B31(a):Imej RCC01728 dengan Penyebaran Cerah selepas proses pewarnaan pseudo	239
Rajah B31(b):Imej Zainab2 dengan Penyebaran Cerah selepas proses pewarnaan pseudo	240

Rajah B32(a):Imej RCC01728 denan Peningkatan Kontras Lee selepas proses pewarnaan pseudo	240
Rajah B32(b):Imej Zainab2 dengan Peningkatan Kontras Lee selepas proses pewarnaan pseudo	240
Rajah B33(a):Imej RCC01728 dengan Penghadan Kontras AHE selepas proses pewarnaan pseudo	241
Rajah B33(b):Imej Zainab2 dengan Penghadan Kontras AHE selepas proses pewarnaan pseudo	241
Rajah B34(a):Imej RCC01728 yang dituras dengan Penuras Laplacian of-a-Gaussian selepas proses pewarnaan pseudo	241
Rajah B34(b):Imej Zainab2 yang dituras dengan Penuras Laplacian of-a-Gaussian selepas proses pewarnaan pseudo	242
Rajah B35(a):Imej RCC01728 yang dituras dengan Penuras Gelugur selepas proses pewarnaan pseudo	242
Rajah B35(b):Imej Zainab2 yang dituras dengan Penuras Gelugur selepas proses pewarnaan pseudo	242
Rajah B36(a):Imej RCC01728 yang dituras dengan Penuras Gelugur Terubahsuai selepas proses pewarnaan pseudo	243
Rajah B36(b):Imej Zainab2 yang dituras dengan Penuras Gelugur Terubahsuai selepas proses pewarnaan pseudo	243
Rajah B37(a):Imej RCC01728 yang dituras dengan Penuras Laluan Ruang selepas proses pewarnaan pseudo	243
Rajah B37(b):Imej Zainab2 yang dituras dengan Penuras Laluan Ruang selepas proses pewarnaan pseudo	244

Rajah B38(a):Imej RCC01728 yang dituras dengan Penuras Laluan Tinggi selepas proses pewarnaan pseudo	244
Rajah B38(b):Imej Zainab2 yang dituras dengan Penuras Laluan Tinggi selepas proses pewarnaan pseudo	244
Rajah B39(a):Imej RCC01728 yang dituras dengan Penuras Laluan Rendah selepas proses pewarnaan pseudo	245
Rajah B39(b):Imej Zainab2 yang dituras dengan Penuras Laluan Rendah selepas proses pewarnaan pseudo	245
Rajah B40(a):Imej RCC01728 yang dituras dengan Penuras Ralat Kuasa Dua Purata Minimum selepas proses pewarnaan pseudo	245
Rajah B40(b):Imej Zainab2 yang dituras dengan Penuras Ralat Kuasa Dua Purata Minimum selepas proses pewarnaan pseudo	246
Rajah C1: AHE dengan dimensi kawasan grid 11×11 bagi imej c075340r	247
Rajah C2: AHE dengan dimensi kawasan grid 8×8 bagi imej c075340r	247
Rajah C3: AHE dengan dimensi kawasan grid 3×3 bagi imej c075340r	247
Rajah C4: AHE dengan dimensi kawasan grid 9×9 bagi imej RCC01728	248
Rajah C5: AHE dengan dimensi kawasan grid 7×7 bagi imej RCC01728	248
Rajah C6: AHE dengan dimensi kawasan grid 4×4 bagi imej RCC01728	248
Rajah C7: AHE dengan dimensi kawasan grid 6×6 bagi imej Zainab2	249
Rajah C8: AHE dengan dimensi kawasan grid 5×5 bagi imej Zainab2	249
Rajah C9: AHE dengan dimensi kawasan grid 4×4 bagi imej Zainab2	249
Rajah C10: WAHE dengan dimensi kawasan grid 7×7 bagi imej c075340r	250
Rajah C11: WAHE dengan dimensi kawasan grid 5×5 bagi imej c075340r	250
Rajah C12: WAHE dengan dimensi kawasan grid 3×3 bagi imej c075340r	250
Rajah C13: WAHE dengan dimensi kawasan grid 9×9 bagi imej RCC01728	251

ajah C14: WAHE dengan dimensi kawasan grid 7×7 bagi imej RCC01728	251
ajah C15: WAHE dengan dimensi kawasan grid 3×3 bagi imej RCC01728	251
ajah C16: WAHE dengan dimensi kawasan grid 7×7 bagi imej Zainab2	252
ajah C17: WAHE dengan dimensi kawasan grid 6×6 bagi imej Zainab2	252
ajah C18: WAHE dengan dimensi kawasan grid 4×4 bagi imej Zainab2	252

SENARAI JADUAL

Muka surat

Jadual 2.1:Ciri-ciri Mammografik untuk Mendiagnos Penyakit Barah Payudara	29
Jadual 2.2:Ciri-ciri untuk Membezakan Sistik dengan Ketulan Pejal	30

SENARAI SINGKATAN ISTILAH

PSP – Pemeriksaan Sendiri Payudara

NASA – National Aeronautics and Space Administration

DCIS – *Ductal Carcinoma In-Situ* (Duktal Karsinoma In-Situ)

LCIS - *Lobular Carcinoma In-Situ* (Lobular Karsinoma In-Situ)

AKMC - *Adaptif K-Mean Clustering* (Pengelompokan Purata-K Adaptif)

KBMO - *Knowledge-Based Morphologi Operation* (Operasi Morfologi Pengkalan-Pengetahuan)

AFKCN - *Adaptive Fuzzy Kohanen Clustering Network* (Rangkaian Pengelompokan Fuzi Kohanen Adaptif)

AHE - *Adaptive Histogram Equalization* (Penyeragaman Histogram Adaptif)

WAHE – *Weighted Adaptive Histogram Equalization* (Penyeragaman Histogram Adaptif Berpemberat)

ECR - *Equivalent Contextual Region* (Kawasan Bersambungan Setara)

VAHE - *Variation Adaptive Histogram Equalization* (Penyeragaman Histogram Adaptif Variasi)

LNHE - *Local Neighborhood Histogram Equalization* (Penyeragaman Histogram Kejiranan Tempatan)

CVE - *Constant Variance Enhancement* (Peningkatan Varians Malar)

CLAHE - *Contrast-Limitation Adaptive Histogram Equalization* (Penghadan Kontras Penyeragaman Histogram Adaptif)

LoG - Laplacian-of-a-Gaussian

MMSE - Minimum Mean-Square Error (Penuras Ralat Kuasa Dua Purata Minimum)

IPT - Image Processing Technique

GUI - Graphic User Interfacing (Antaramuka Pengguna Grafik)

ABSTRAK

Barah payudara telah dikenalpasti sebagai satu penyakit yang boleh mengakibatkan maut. Di Amerika syarikat, ia telah dilaporkan sebagai penyebab kedua kematian di kalangan wanita selepas barah peparu. Pengesanan dari peringkat awal dapat membantu mengurangkan kadar kematian. Mammografi dan ultrabunyi adalah dua kaedah yang sering digunakan untuk mengesan barah payudara. Malangnya, seringkali masalah akan timbul di mana para doktor tidak dapat membuat keputusan dengan tepat hanya kerana imej itu kabur, tidak jelas atau bercampur hingar. Jadi di sini teknik pemprosesan imej boleh menjadi satu perantara yang berguna untuk para doktor menentukan keputusan mereka. Dengan kemajuan teknologi komputer dan pemprosesan imej digital, pembangunan sesuatu sistem berasaskan komputer menjadi sesuatu yang bermanfaat. Dalam penyelidikan ini, satu sistem pemprosesan imej secara berkomputer telah dibangunkan dengan memperkenalkan beberapa pendekatan untuk memproses imej-imej mammogram dan ultrabunyi bagi tujuan mengesan barah payudara. Pendekatan ini adalah berdasarkan teknik-teknik peningkatan kontras, penurasan, peruasan melalui teknik pengelompokan dan pewarnaan pseudo dengan tujuan untuk meningkatkan kualiti imej. Terdapat 14 teknik yang diaplikasikan dalam kategori peningkatan kontras, 5 dalam kategori penurasan dan 3 dalam kategori peruasan. Penyelidikan ini memberi penekanan kepada peningkatan imej hanya di dalam kawasan objek bagi mengelakkan pengaruh latar belakang. Teknik ini dinamakan teknik peningkatan terbenam. Kawasan

objek payudara dipisahkan terlebih dahulu dari kawasan latar belakangnya. Sempadan antara kawasan objek dengan kawasan latar belakangnya dibentuk. Kaedah pertumbuhan kawasan digunakan untuk mencari sempadan ini. Kemudian teknik-teknik peningkatan yang telah disebutkan terdahulu diaplikasikan di dalam kawasan payudara yang diperolehi tadi. Keputusan yang dihasilkan menunjukkan algoritma-algoritma yang dibincangkan dapat meningkatkan kontras imej secara efektif dan menajamkan lagi imej yang diuji. Keputusan dari teknik peningkatan terbenam ini memberikan keputusan yang lebih baik berbanding pengaplikasian teknik peningkatan secara global. Banyak kawasan yang tidak dapat dilihat di dalam imej asal menjadi lebih jelas. Teknik peningkatan terbenam ini berjaya diaplikasikan ke atas imej mammogram. Kemudian, ia cuba diaplikasikan ke atas imej ultrabunyi. Malangnya keputusan yang kurang memuaskan diperolehi. Jadi algoritma pengelompokan cuba diaplikasikan untuk mengatasi masalah ini. Didapati keputusan yang baik dihasilkan. Algoritma pengelompokan sesuai digunakan untuk memproses imej ultrabunyi. Teknik pewarnaan pseudo yang diaplikasikan juga menunjukkan keputusan yang memuaskan. Sistem ini seperti juga sistem-sistem yang lain telah dibina supaya mesra pengguna, sesuai untuk mereka yang tidak begitu mahir dengan komputer. Jadi dengan bantuan sistem pemrosesan imej yang dibangunkan ini diharap dapat membantu para doktor untuk membuat keputusan yang tepat dalam menentukan rawatan lanjutan yang perlu diberikan kepada pesakit.

ABSTRACT

IMAGE PROCESSING SYSTEM FOR BREAST CANCER DETECTION

Breast cancer is well known as a mortal disease. In United States, it is reported as the second leading cause of death in women after lung cancer. However, if the cancer can be detected at its earliest stage, the number of death can be reduced. Mammogram and ultrasound are the best two methods usually used for breast cancer detection. Unfortunately, problems normally arise where the physician could not make a good decision just because of the images are blurred, not cleared or corrupted by noise. In this case, image-processing techniques might be a useful tool for physicians to make their decision. With the advancement of computer technologies and digital image processing, computer-based image processing system is also developed. In the current study, several approaches for detection of cancerous lump in mammogram and ultrasound images are introduced. These approaches based on contrast enhancement, filtering, segmentation with clustering techniques and pseudocoloring. There are 14 techniques have been implemented under the category of contrast enhancement, 5 under filtering and 3 under segmentation. This research emphasized on enhancing the image only on the interested region i.e.; on breast area, to reduce background influences. This technique is called "Embedded Enhancement Technique". Breast area is isolated from the background. The border for breast area and background is revealed. Region growing method is used to find this border. Then other enhancement techniques stated before are applied into the breast area. It can be observed from the experimental results that most of the

implemented algorithms can effectively enhance the contrast and sharpen the tested images. Embedded techniques give better results than applying the enhancement techniques on the whole images. A lot of details that could not be seen in the original images have been clearly revealed. This embedded technique was successfully been applied on mammogram images. It was then tried for ultrasound images. Unfortunately, the results were not so good. To overcome this problem, the clustering techniques are then applied on ultrasound images. A good result is obtained. These clustering algorithms are suitable to be used on ultrasound images. Pseudocolouring technique also shows a good result. As other system, this system is designed to be user friendly, suitable for those who are not familiar with computer. Therefore physicians could make a good decision in determining direction of management treatment of the patient by using this system.

BAB 1: PENDAHULUAN

Barah payudara adalah penyebab utama kematian kepada wanita dan kejadian ini semakin meningkat dari hari ke hari. Di Amerika Syarikat, barah payudara adalah yang kedua biasa didiagnos di kalangan wanita selepas barah kulit (American Cancer Society, 1999). Barah payudara juga telah dikenal pasti di Amerika Syarikat sebagai penyebab kedua kematian yang disebabkan oleh kanser ke atas wanita selepas barah paru (American Cancer Society, 1999). Menurut statistik yang dikeluarkan oleh American Cancer Society pada tahun 1999, kira-kira 182,800 kes-kes baru barah payudara akan didiagnoskan di kalangan wanita Amerika pada tahun 2000 dan kira-kira 48,800 wanita Amerika dijangkakan akan mati akibat barah payudara pada tahun yang sama (Apantaku, 2000). Di Malaysia, barah payudara adalah salah satu pembunuh utama wanita (Najibah, 2001). Pada tahun 2000, 1,800 wanita meninggal kerana kanser ini dan 4,000 kes dikesan hampir setiap tahun (Wan Sabariah, 2001).

Memandangkan punca berlakunya barah payudara ini masih belum diketahui, pencegahan penyakit ini dilihat sebagai sesuatu yang mustahil. Pengesanan pada peringkat awal adalah kunci untuk meningkatkan prognosis barah payudara. Penyakit ini masih boleh diubati jika barah dapat dikesan ketika masih di peringkat awal. Ini dikukuhkan dengan hasil kajian National Cancer Institute di Amerika Syarikat, menunjukkan bahawa wanita yang mengambil langkah merawat barah payudara ketika masih diperingkat awal, terselamat dari maut (Bugge et. al., 1996). Satu teknik yang mudah dan murah yang boleh digunakan untuk mengesan kanser ini pada peringkat

awal ialah melalui Pemeriksaan Sendiri Payudara (PSP). Didapati bahawa PSP dapat menemui sehingga 90% barah payudara, walaupun kadangkala barah yang ditemui sudah pun di peringkat berbahaya (Bugge et. al., 1996).

Angka kematian yang ditunjukkan sungguh membimbangkan walaupun penyakit ini masih boleh diubati terutama jika ia ditemui ketika masih di peringkat awal. Kajian menunjukkan pengesanan awal barah ini melalui Penyaringan Mammografik Berkala (*Periodic Screening Mammographic*) ke atas wanita yang tidak menunjukkan sebarang gejala penyakit, dapat mengurangkan kadar kematian (Rangayyan et.al, 1997a). Mammografi pada masa ini bukan sahaja kaedah yang paling sensitif untuk mengesan barah payudara, tetapi juga merupakan satu teknik yang paling praktikal sebagai penyaring dan rawatan lanjutan (McLelland, 1990). Sungguh pun begitu, pengesanan penyakit yang malignan pada peringkat awal dengan mammografi boleh menjadi sukar kerana saiz tumor malignan yang kecil (Rangayyan et.al, 1997b). Keadaan ini akan menjadi lebih rumit dan mencabar apabila kebiasaannya, ahli radiologi perlu mentafsir imej mammogram yang begitu banyak terutama ketika proses penyaringan yang mana biasanya kebanyakan kes-kes itu adalah kes yang normal.

Di samping mammografi, teknik ultrasonografi juga amat berguna untuk penyifatan, pengurusan dan diagnosis ketidaknormalan payudara (Ooi et.al; 1999). Jika digunakan bersama-sama dengan mammografi dan pemeriksaan fizikal, ultrabunyi payudara juga dapat membantu para doktor untuk membuat keputusan sama ada biopsi diperlukan kepada lesi (*lesion*) payudara yang disyaki atau tidak. Penyaringan ultrasonografi juga amat berguna untuk membezakan kelompok tisu payudara yang pejal (*solid*) atau sistik (*cystic*) apabila kelompok itu tidak dapat dilihat dengan baik melalui kaedah mammografi (Apantaku, 2000). Namun, ultrasonografi tidak digunakan sebagai ujian penyaringan yang rutin kerana mikrokalsifikasi (tanda-tanda awal ketulan

malignan) tidak dapat dilihat dan hasil karsinoma diabaikan melalui kaedah ini (Apantaku, 2000). Walaupun begitu, teknik ini banyak juga membantu para doktor dan ahli radiologi menangani masalah barah payudara.

Namun begitu, kerja-kerja mendiagnos menggunakan kedua-dua kaedah ultrabunyi dan mammogram ini adalah sukar apabila imej-imej yang terhasil bercampur atau ditutupi hingar. Ini kerana kualiti imej-imej yang terhasil biasanya tidak konsisten kerana terlalu bergantung kepada kemahiran ahli radiologi terbabit. Tetapi untuk membuat analisis, imej yang betul-betul baik diperlukan supaya keputusan yang tepat dapat dibuat. Disebabkan kelemahan-kelemahan ini tidak dapat dielakkan, sesuatu mesti dilakukan terlebih dahulu untuk menyingkir hingar dan menjelaskan lagi kawasan yang ingin diteliti. Maka di sinilah kegunaan teknik pemrosesan imej supaya hingar yang menutupi kawasan yang diminati, disingkirkan terlebih dahulu dan kawasan berkenaan diperjelaskan bagi meningkatkan mutu imej tersebut. Hasilnya penelitian dapat dilakukan dengan lebih mudah dan para doktor serta ahli radiologi dapat membuat keputusan yang penting dengan tepat.

1.1 Teknik Pemrosesan Imej untuk Barah Payudara

Teknik pemrosesan imej digital telah pun diaplikasikan ke atas imej mammogram yang telah didigitalkan sejak 10 hingga 20 tahun yang terdahulu untuk pelbagai tujuan; memperbaiki kualiti imej, meningkatkan sifat pada imej mammogram, pengenalpastian atau analisis tanda malignan dan pemampatan imej untuk memudahkan penyimpanan sempurna dan perhubungan (teleradiologi) (Rangayyan et.al, 1997b). Aktiviti penyelidikan di dalam pemrosesan dan analisis secara berkomputer ke atas imej mammogram telah pun meningkat dari tahun ke tahun.

Ketepatan diagnosis selalunya bergantung kepada kualiti mammogram. Pengesanan objek yang kecil dan kontras rendah di dalam imej payudara sangatlah sukar. Struktur yang dipertimbangkan oleh ahli radiologi yang secara khususnya kelihatan di dalam imej mammogram, termasuklah mikrokalsifikasi, kelompok-kelompok tisu dan perubahan struktur bagi parenkima payudara (Parsons,1983). Malangnya, kontras antara tisu normal dan malignan selalunya sukar difahami. Jadi peningkatan kontras di dalam mammogram terutamanya untuk payudara yang padat mungkin amat berguna.

Seperti yang telah dinyatakan di atas, kajian tentang pemrosesan imej khususnya untuk barah payudara sedang giat dijalankan dengan mengaplikasikan pelbagai teknik. Berikut adalah contoh bidang kajian yang dilakukan oleh para pengkaji:

- i. Menggunakan statistik tempatan dan Terbitan Pertama untuk meningkatkan imej mammogram (Jong et. al., 1997).
- ii. Menggunakan model pemecahan (*Fractal Modelling*) dan peruasan untuk meningkatkan mikrokalsifikasi pada mammogram (Li et. al., 1997).
- iii. Menggunakan teknik Peningkatan Kontras Kejiranan Adaptif ke atas imej mammogram untuk memperbaiki kepekaan diagnosis barah payudara (Rangayyan et. al., 1997a).
- iv. Menggunakan klasifikasi Rangkaian Neural dan sifat penerusan gelombang untuk mengesan kelompok-kelompok mikrokalsifikasi dalam imej mammogram secara automatik (Yu & Brown, 1998).
- v. Mengaplikasikan teknik logik fuzi untuk mengesan mikrokalsifikasi (Cheng et. al.,1998).
- vi. Teknik pertumbuhan kawasan yang diaplikasikan ke atas imej ultrabunyi barah payudara (Ooi et. al., 1999a).

vii. Teknik pertumbuhan kawasan untuk mengesan kelompok mikrokalsifikasi pada imej mammogram (Ooi et. al., 1999b).

viii. Pertumbuhan kawasan dengan teknik terbenam peningkatan imej yang diaplikasikan ke atas imej mammogram (Umi Kalthum et. al., 2000).

Dari kajian mereka ini teknik pemprosesan imej ini telah terbukti membantu para ahli radiologi untuk mengesan ketidaknormalan pada imej mammogram, meningkatkan mutu imej mammogram dan seterusnya keputusan yang mereka perolehi ini mempengaruhi para doktor dalam menentukan rawatan seterusnya yang perlu diberikan kepada pesakit.

Para penyelidik giat mencipta teknik baru dan mencari alternatif lain untuk menghasilkan keputusan yang terbaik. Senarai di atas adalah sebahagian dari penyelidikan dalam bidang pemprosesan imej. Banyak lagi kajian yang telah dan sedang dilakukan oleh para penyelidik yang tidak dinyatakan di sini. Namun, secara dasarnya kesemua penyelidikan yang dilakukan ini menjurus kepada satu objektif iaitu untuk meningkatkan mutu imej perubatan dan seterusnya membantu dan memudahkan kerja para doktor mendiagnos penyakit.

1.2 Objektif dan Skop Penyelidikan

Objektif utama penyelidikan ini ialah untuk membangunkan satu sistem pemprosesan imej untuk memproses imej mammogram dan ultrabunyi payudara secara berkomputer. Objektif utama ini boleh dipecahkan kepada beberapa objektif sokongan seperti berikut:

- i. Menyelidik pelbagai kaedah peningkatan kontras untuk memperbaiki kualiti kontras imej. Antara kaedah-kaedah peningkatan kontras yang diimplementasikan ialah kaedah peningkatan kontras melalui penyeragaman histogram, kaedah

peningkatan kontras melalui penyebaran kontras dan kaedah peningkatan kontras menggunakan algoritma peningkatan kontras adaptif. Terdapat 12 teknik-teknik pemrosesan imej meliputi ketiga-tiga kaedah-kaedah peningkatan kontras ini yang diimplementasikan.

- ii. Menyelidik keberkesanan pelbagai teknik penurasan untuk meningkatkan imej. Untuk ini terdapat 5 jenis penuras yang berbeza telah diimplementasikan dalam sistem ini
- iii. Menyelidik pelbagai teknik peruasan untuk mengetahui keberkesanannya dalam meningkatkan imej. Algoritma pengelompokan telah dipilih untuk meruaskan imej dan terdapat 3 jenis algoritma pengelompokan yang diimplementasikan dalam sistem ini.
- iv. Menyelidik teknik pewarnaan pseudo untuk melihat kesesuaian penggunaan warna sebagai salah satu cara alternatif untuk meningkatkan imej dan
- v. Menyelidik teknik pemrosesan imej secara terbenam untuk meningkatkan dan memperbaiki kualiti imej secara lebih berkesan. Untuk implementasi teknik terbenam ini, teknik pertumbuhan kawasan secara titik benih telah digunakan untuk memilih pinggir bagi membolehkan pemrosesan imej secara terbenam dapat dilakukan.

Seperti yang telah dinyatakan, tujuan utama penyelidikan ini ialah untuk membina satu sistem yang berupaya memproses imej perubatan barah payudara. Terdapat pelbagai jenis imej perubatan payudara. Ini termasuklah imej imbasan CT yang diperolehi dengan kaedah imbasan CT (*CT scan*), imej tomografi yang diperolehi dari kaedah tomografi, imej mammogram yang diperolehi dari kaedah mammografi dan imej ultrabunyi yang diperolehi dari kaedah ultrasonografi. Namun penyelidikan ini terhad kepada penyelidikan ke atas imej mammogram dan imej ultrabunyi payudara.

Oleh itu sistem yang dibina ini hanya mampu memproses imej mammogram dan ultrabunyi payudara dengan menggunakan teknik-teknik pemprosesan imej yang dinyatakan di atas sahaja.

1.3 Tinjauan Tesis

Tesis ini mengandungi 8 bab termasuk bab pengenalan. Setiap bab akan dimulakan dengan pendahuluan yang akan menerangkan secara ringkas objektif setiap bab. Ringkasan atau kesimpulan akan dibuat untuk menyimpulkan keseluruhan yang diceritakan di dalam bab tersebut dan diletakkan di akhir setiap bab. Penyusunan bab-bab ini adalah mengikut langkah pelaksanaan penyelidikan ini.

Tesis ini bermula dengan Bab 1 iaitu pengenalan yang menerangkan secara ringkas tentang penyelidikan ini. Bab ini akan membantu pembaca supaya mendapat idea kasar atau gambaran awal mengenai penyelidikan ini. Seterusnya pada Bab 2 iaitu kajian ilmiah menerangkan tentang kriteria penyakit dan simptom-simptomnya. Di sini juga diterangkan teknik-teknik pemprosesan imej yang asas. Juga turut dimasukkan kajian-kajian terdahulu di mana teknik-teknik pemprosesan imej yang pernah digunakan oleh para penyelidik dalam kajian mereka. Ini diharap dapat membantu pembaca mengetahui sedikit-sebanyak tentang kajian yang akan dilakukan.

Bab 3 pula beralih kepada teori mengenai teknik-teknik dan algoritma-algoritma pemprosesan imej yang digunakan. Dalam bab ini, algoritma peningkatan kontras, penurasan, teknik pertumbuhan kawasan dan teknik pewarnaan pseudo. Setiap algoritma yang dibincangkan, diletak di dalam sub-sub bahagian yang diwakili olehnya. Persamaan matematik dan carta alir yang menyokong algoritma tersebut akan diselitkan di mana perlu.

Setelah itu, Bab 4 dan Bab 5 adalah merupakan bab-bab untuk keputusan. Bab 4 akan membentangkan keputusan bagi imej mammogram yang diproses menggunakan teknik-teknik pemprosesan imej seperti yang telah dibincangkan dalam Bab 3. Manakala Bab 5 pula akan membentangkan keputusan bagi imej ultrabunyi yang telah diproses menggunakan teknik-teknik yang telah dibincangkan dalam Bab 3.

Bab 6 pula menerangkan tentang teori mengenai algoritma-algoritma pemprosesan imej secara peruasan. Bab ini akan menghuraikan secara teori teknik-teknik peruasan yang akan diimplementasi dalam penyelidikan ini iaitu peruasan imej melalui teknik pengelompokan. Algoritma pengelompokan yang akan dibincangkan dalam bab ini ialah algoritma Pengelompokan Purata-K; algoritma Pengelompokan Purata-C Fuzi dan algoritma Pengelompokan Purata-C Fuzi Suai. Namun pada Bab 6 keputusan bagi teknik-teknik pengelompokan akan terus dibentangkan.

Bab 7 pula menceritakan cara penggunaan sistem pemprosesan imej yang dibangunkan. Di sini juga diterangkan beberapa konsep yang diimplementasikan dalam sistem yang dibina. Tesis ini diakhiri dengan Bab 8 yang merupakan penutup untuk tesis penyelidikan ini. Ia meliputi kesimpulan yang dapat dibuat daripada penyelidikan yang telah dijalankan, perkara-perkara yang perlu ditangani sepanjang pelaksanaan penyelidikan dan juga cadangan untuk penyelidikan yang seterusnya untuk masa akan datang.

Dalam tesis ini juga terdapat lampiran disertakan iaitu Lampiran A memaparkan carta aliran untuk algoritma-algoritma yang berkenaan. Manakala Lampiran B dan C memaparkan pemerhatian dan keputusan penyelidikan.

BAB 2: KAJIAN ILMIAH

2.1 Pendahuluan

Sejak dari awal perkembangan bidang sains, kajian dalam bidang visual memainkan peranan yang amat besar. Pada masa itu, hanya satu cara yang digunakan untuk mendokumenkan keputusan eksperimen iaitu dengan huraian secara lisan atau pun lukisan secara manual. Kemudian penciptaan seni fotografi telah memudahkan kerja mendokumen. Tambahan, teknik ini telah membolehkan segala keputusan eksperimen tersebut dapat direkodkan secara lebih tepat (Jahne, 1991).

Pada hari ini, dengan perkembangan pesat dalam bidang teknologi video dan komputer, komputer peribadi dan 'workstation' telah menjadi satu alat yang amat berguna dan berkuasa untuk memproses data imej. Ia juga telah menjadi satu peralatan yang mudah dan murah untuk digunakan. Sehubungan dengan itulah pemprosesan imej telah menjadi satu peralatan saintifik yang piawai untuk bidang astronomi, kejuruteraan elektrik, kawalan dan sains komputer.

Salah satu aplikasi terawal pemprosesan imej adalah dari kajian di '*National Aeronautics and space Administration*' (NASA) di Amerika Syarikat di sekitar tahun 1960-an. Ketika ini imej dari misi '*Ranger 7*' yang telah dihantar ke Makmal Propulsi Jet di Amerika Syarikat mengandungi masalah seperti pengaburan, herotan geometrik dan hingar (Baxes, 1994). Komputer digital telah berjaya memproses imej-imej tersebut dan bermula dari sinilah titik permulaan pemprosesan imej digital dan ia telah dikembangkan ke bidang sains yang lain termasuk bidang perubatan.

Sejajar dengan itu, bab ini akan membincang secara umum tentang teknik dan konsep asas pemprosesan imej serta kajian ke atas teknik pemprosesan imej yang pernah dilakukan oleh para penyelidik. Selain itu, bab ini juga akan turut merangkumi secara kasar tentang penyakit barah payudara. Dalam penyelidikan ini, teknik pemprosesan imej akan diaplikasikan ke atas imej perubatan barah payudara.

2.2 Pemprosesan Imej Digital

Secara amnya, pemprosesan imej ialah analisis dan manipulasi maklumat bergambar lazimnya imej visual dua dimensi (Baxes, 1994). Pemprosesan imej digital pula ditakrifkan sebagai perwakilan berangka bagi sesuatu objek kepada suatu siri operasi untuk mendapatkan keputusan akhir. Dalam kes ini objek tersebut adalah dalam bentuk imej (Baxes, 1994). Fungsi utama pemprosesan imej ialah untuk menghasilkan satu imej yang baru dengan mengolah data supaya kawasan yang diminati dapat ditingkatkan dan kesan hingar dapat dikurangkan ataupun dihapuskan (Galbiati, 1990).

Pemprosesan imej digital dibahagikan kepada lima kelas asas iaitu peningkatan imej, pemulihan imej, analisis imej, pemampatan imej dan sintesis imej. Setiap kelas mengandungi operasi tertentu seperti ditunjukkan dalam Rajah 2.1. Pemprosesan imej bagi setiap kelas dilakukan bagi tujuan berikut (Baxes, 1994):

i). Peningkatan imej

Peningkatan imej (*Image Enhancement*) bertujuan untuk memperbaiki kualiti imej supaya lebih jelas dan menarik. Imej ini dapat dibaiki dengan meningkatkan kontras imej dan mengurangkan kesan hingar.

ii). Pemulihan imej

Seperti juga peningkatan imej, pemulihan imej (*Image Restoration*) juga bertujuan untuk memperbaiki kualiti imej. Pemulihan imej ini digunakan untuk memulihkan

semula imej yang telah rosak akibat herotan geometrik, hingar yang berulang, pergerakan kamera atau pemfokusan yang tidak tepat.

iii). Analisis imej

Operasi analisis (*Image Analysis*) imej ini biasanya tidak menghasilkan keputusan bergambar tetapi keputusan yang dihasilkan adalah dalam bentuk nombor atau grafik berdasarkan ciri-ciri dari imej asal. Kaedah ini biasanya digunakan pada penggunaan penglihatan mesin.

iv). Pemampatan imej

Pemampatan imej (*Image Compression*) ini bertujuan untuk mengurangkan saiz data bagi memperbaiki kadar penghantaran data dan mengurangkan saiz penyimpanan data. Ini kerana banyak data yang terlibat apabila imej dihantar ketika pemrosesan imej, maka pemampatan imej diperlukan ketika ini.

v). Sintesis Imej

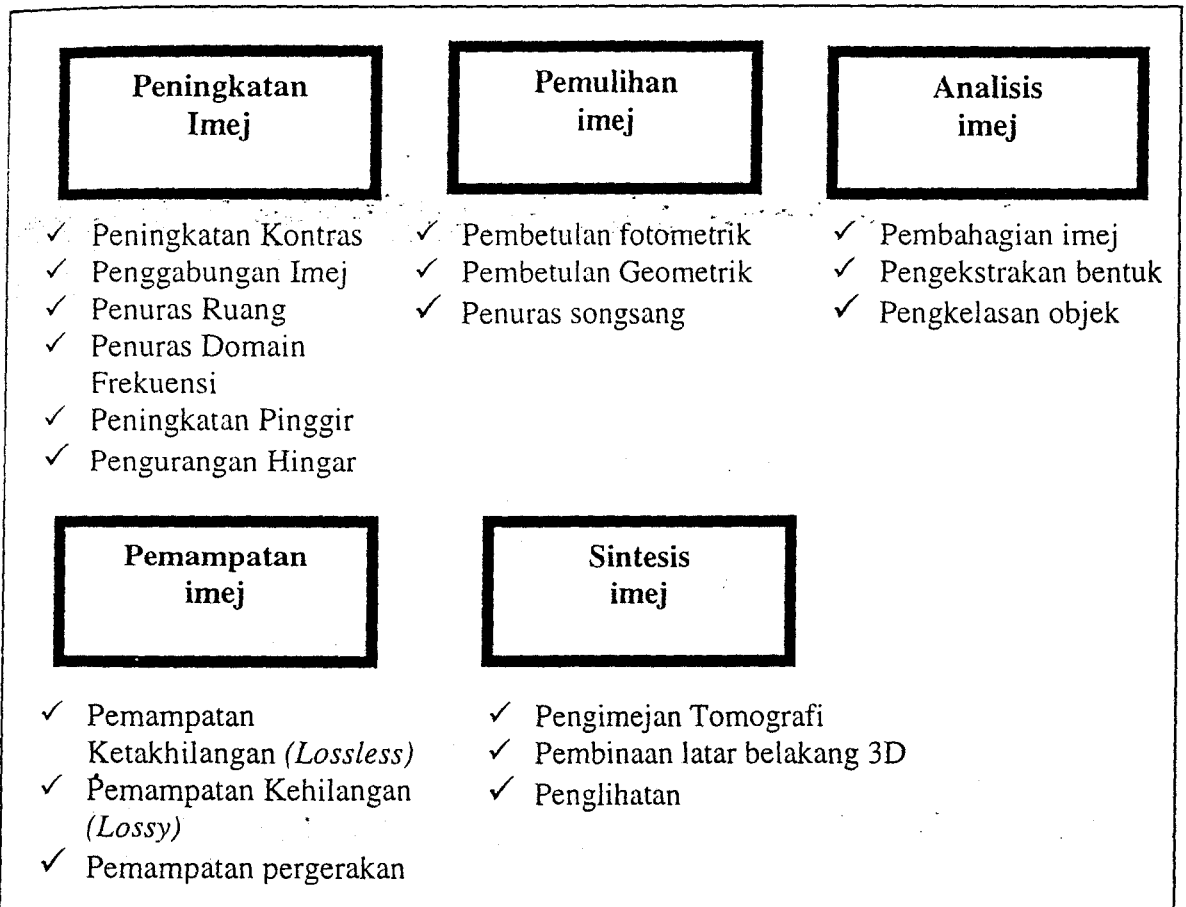
Sintesis imej (*Image Synthesis*) membina imej dari imej lain atau dari data bukan imej. Ia digunakan apabila imej yang dikehendaki tidak boleh diperolehi secara fizikal atau ia tidak praktikal untuk diperolehi atau ia langsung tidak wujud secara fizikal contohnya teknik tomografi komputer.

2.2.1 Unsur Pemrosesan Imej Digital

Pada asasnya, pemrosesan imej digital memerlukan sebuah komputer untuk memproses imej-imej. Sebagai tambahan, sistem ini memerlukan dua peralatan masukan dan keluaran iaitu pendigit imej dan peranti pemapar imej (Castleman, 1979).

Pemrosesan imej bermula dengan penangkapan imej yang sesuai. Kemudian imej ini perlulah ditukar dari bentuk fizikal (imej sinar-X, imej ultrabunyi atau foto) ke bentuk yang boleh difahami oleh komputer digital iaitu nombor. Terdapat pelbagai cara

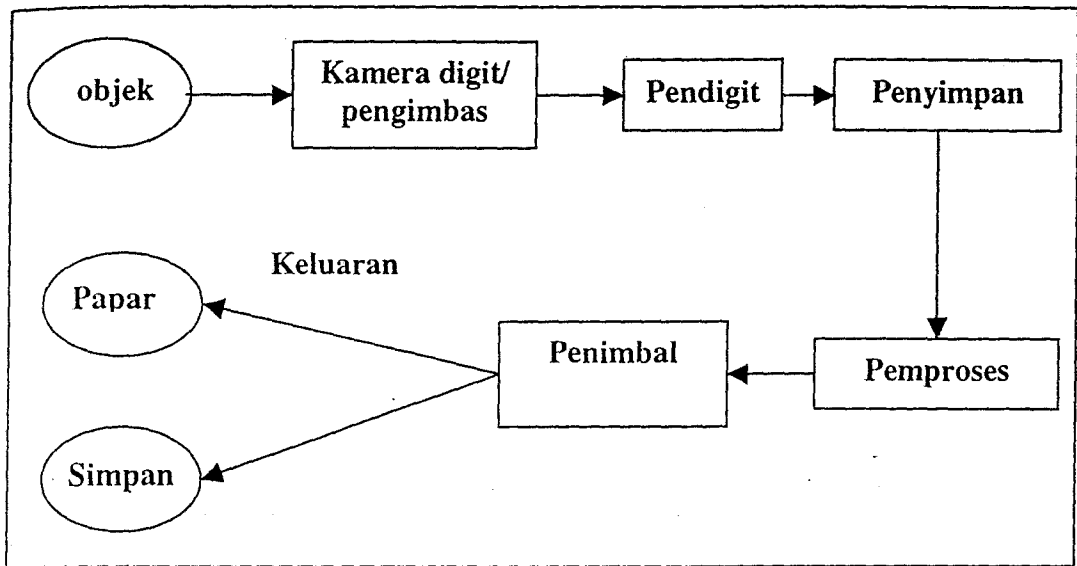
untuk melaksanakan tujuan ini contohnya dengan menangkap gambar menggunakan kamera digit atau mengimbas dengan menggunakan pengimbas. Proses penukaran ini dikenali sebagai pendigitan. Semasa proses ini, imej dibahagikan kepada bahagian yang kecil dikenali sebagai piksel. Pada setiap piksel, kecerahan imej dikuanta dan disampel untuk mendapatkan nilai integer yang mewakili kecerahan dan kegelapan imej pada titik tersebut. Nilai integer ini dikenali sebagai paras kelabu.



Rajah 2.1 Lima kelas asas bagi pemprosesan imej digital dan operasi masing-masing.

Langkah seterusnya ialah memanipulasian gambar atau imej digit ini. Teknik pemprosesan imej yang telah dibincangkan sebelum ini boleh digunakan mengikut kesesuaian. Secara amnya, tujuan pengubahsuaian ini dilakukan ialah untuk meningkat dan memperbaiki mutu imej bagi mendapatkan maklumat daripadanya.

Setelah imej telah siap dimanipulasikan ia akan dipaparkan semula atau disimpan. Komponen-komponen asas bagi satu sistem pemprosesan imej diringkaskan dalam Rajah 2.2.



Rajah 2.2 Komponen-komponen asas sistem pemprosesan imej digit.

2.2.2 Konsep Asas Pemprosesan Imej Digital

Bahagian yang sebelumnya telah menceritakan tentang pemprosesan imej digital dan elemen-elemen asas serta perkakasan yang digunakan dalam pemprosesan imej digital. Bahagian ini pula akan menghuraikan secara ringkas konsep asas pemprosesan imej digital. Antara konsep-konsep yang penting dalam bidang pemprosesan imej digital ini ialah pengetahuan asas mengenai imej digit, algoritma pemprosesan imej digit, paras kelabu dan histogram.

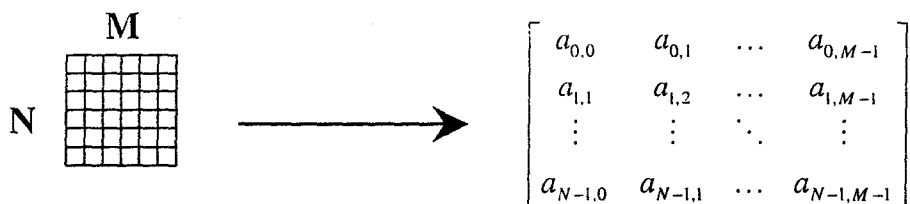
2.2.2.1 Imej Digital

Imej digital ialah imej yang boleh difahami oleh komputer. Imej ini diperolehi hasil dari proses penkuantaan dan pensampelan. Proses penkuantaan ialah proses memberikan julat nilai yang bermakna kepada setiap piksel mengikut kekuatan isyarat

yang dibawa. Manakala pensampelan ialah proses memecahkan isyarat analog dua dimensi kepada set piksel (Myler & Weeks, 1993).

Elemen asas bagi imej digital ini ialah elemen gambar atau dikenali sebagai piksel. Setiap piksel ini ditempatkan dalam tatasusun dua dimensi. Setiap satu piksel akan membawa ciri tertentu pada kedudukannya di dalam imej tersebut dan ciri ini biasanya diwakili oleh nilai integer. Nilai yang dibawa adalah kekuatan isyarat yang mewakili kecerahan (Myler & Weeks, 1993).

Rajah 2.3 menunjukkan perwakilan matriks bagi piksel-piksel imej digit. Gambar disebelah kiri diwakili oleh grid yang mempunyai N baris dan M lajur. Gambar disebelah kanan pula ialah matriks pembolehubah yang mewakili imej tersebut. Setiap piksel akan diwakili oleh pembolehubah yang ditunjukkan. Setiap subskrip baris akan bermula dari 0 hingga N-1 manakala subskrip lajur pula bermula dari 0 hingga M-1 (Myler & Weeks, 1993).



Rajah 2.3 Perwakilan matriks bagi suatu imej.

2.2.2.2 Teknik-teknik Pemprosesan Imej Digit

Secara keseluruhan terdapat empat jenis teknik-teknik pemprosesan imej yang berlainan iaitu (Lindley, 1991):-

i) Pemprosesan titik

Pemprosesan titik mengubah nilai piksel di dalam imej dengan hanya berdasarkan nilai asal pikselnya dalam menempatkan diri di antara imej.

ii) Pemprosesan ruang

Pemprosesan ruang pula ialah proses yang mengubah nilai piksel, berdasarkan nilai piksel sebenar dan nilai bagi piksel di persekitarannya.

iii) Pemprosesan bingkai

Pemprosesan bingkai ini mengubah nilai sesuatu piksel imej berasaskan kepada nilai piksel yang wujud di dalam satu atau lebih imej yang lain.

iv) Pemprosesan geometri

Pemprosesan geometri ialah proses yang mengubah susunan atau kedudukan piksel pada sesuatu imej berdasarkan kepada transformasi geometri.

Algoritma (i) dan (ii) digunakan untuk penyelidikan ini. Pemprosesan titik merupakan asas kepada operasi di dalam pemprosesan imej digit. Ia merupakan algoritma yang mengubah nilai piksel di dalam imej dan bergantung sepenuhnya kepada nilai piksel itu sendiri. Nilai baru piksel ini adalah berdasarkan kepada nilai asal piksel tersebut. Pemprosesan ini tidak mengubah hubungan ruang (*spatial relationship*) pada imej tersebut. Jadi ia tidak akan mengubah maklumat yang terdapat di dalam imej dan ini akan menyelamatkan maklumat yang terdapat di dalam imej. Teknik histogram yang diaplikasikan di dalam projek ini menggunakan teknik ini.

Pemprosesan ruang pula, menggunakan sekumpulan piksel untuk mendapatkan maklumat mengenai imej tersebut. Kumpulan imej tersebut dikenali sebagai jiran. Jiran biasanya merujuk kepada piksel-piksel yang bersentuhan dengan piksel yang dikehendaki, dengan syarat piksel yang dikehendaki itu berada ditengah-tengah kesemua jirannya. Proses pengiraan yang biasanya digunakan untuk pemprosesan ruang ialah min, varians dan konvolusi. Pemprosesan ruang juga boleh berfungsi sebagai penuras ruang dan pengesan pinggir melalui proses konvolusinya. Contoh penuras

ruang yang digunakan ialah penuras laluan rendah dan penuras laluan tinggi, manakala contoh pengesan pinggir ialah sobel, Frei-Chen dan Prewitt.

2.2.2.3 Skala Kelabu

Julat nilai kuantan bagi imej hitam putih atau imej monokrom dipanggil skala kelabu. Julat ini bermula dengan hitam dibawa oleh nilai integer 0 dan bertambah ke 255, putih. Setiap nilai kuantan ini dikenali sebagai paras kelabu (Myler & Weeks, 1993). Nilai-nilai paras kelabu yang lain akan mempunyai tahap kecerahan dan keamatan yang berada di antara dua nilai paras kelabu 0 hingga 255.

Piksel atau elemen gambar ialah unit terkecil yang mewakili imej digit. Setiap piksel akan membawa nilai integer tertentu yang merupakan paras kelabu imej tersebut pada kedudukan tertentu. Kombinasi piksel-piksel ini membentuk imej digit. Manakala nilai integer yang dibawa oleh piksel-piksel ini memberikan kecerahan dan keamatan imej digit tersebut.

2.2.2.4 Histogram

Histogram bagi sesuatu imej ialah satu set nombor yang menghuraikan peratusan piksel di dalam imej yang mempunyai sesuatu nilai paras kelabu. Biasanya histogram didefinisikan sebagai satu set M nombor yang diberikan oleh persamaan berikut (Myler & Weeks, 1993):

$$h_i = \frac{n_i}{n_t}, \quad \text{untuk } i=0 \text{ hingga } (M-1). \quad (2.1)$$

Di mana

M : jumlah paras kelabu dalam suatu imej

i : penunjuk yang menunjukkan paras kelabu ke- i

n_i : bilangan piksel dalam imej yang mempunyai paras kelabu ke- i

n_i : jumlah piksel dalam imej

Terdapat beberapa ciri yang penting bagi histogram (Myler & Weeks, 1993).

Pertama, h_i memberikan kebarangkalian bagi suatu piksel dalam suatu imej. Kedua, jumlah kesemua komponen histogram sama dengan satu.

$$\sum_{i=0}^{M-1} h_i = 1 \quad (2.2)$$

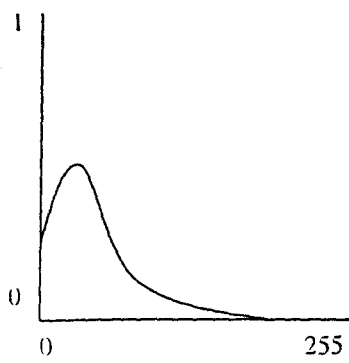
Seterusnya maklumat sesuatu imej boleh diperolehi secara terus daripada histogram.

Lokasi puncaknya memberikan kecerahan relatif imej tersebut, manakala kelebaran puncak memberikan maklumat tentang kontras imej tersebut.

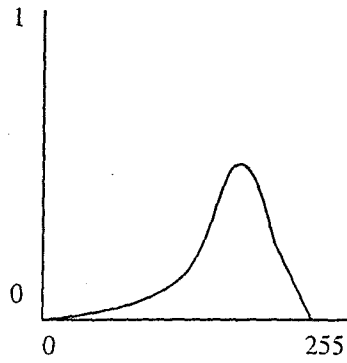
Rajah 2.4 menunjukkan empat jenis histogram yang sering diperolehi dari sesuatu imej. Histogram yang ditunjukkan oleh Rajah 2.4a mempunyai kebanyakan pikselnya dengan nilai paras kelabu yang gelap yang memberikan imej gelap. Rajah 2.4b pula mempunyai kebanyakan pikselnya dengan nilai paras kelabu yang hampir kepada 255, menunjukkan imej ini cerah. Dalam Rajah 2.4c, kebanyakan piksel imejnya terletak berhampiran dengan nilai paras kelabu 128, yang menunjukkan kecerahan imej adalah normal. Ketiga-tiga rajah ini menunjukkan bahawa kebanyakan piksel tersebar di dalam kawasan paras kelabu yang kecil. Ini adalah ciri yang biasa terdapat pada imej yang berkontras rendah. Rajah 2.4d menunjukkan histogram bagi imej yang mempunyai kecerahan normal dan peringkat kontras yang tinggi. Tambahan pula, piksel dalam imej ini tertabur secara seragam (Myler & Weeks, 1993).

Bentuk histogram ini amat membantu dalam pemprosesan imej kerana ia mencerminkan kebarangkalian meningkatkan kontras sesuatu imej. Misalnya, histogram boleh memberitahu sesuatu julat dinamik sesuatu imej, di mana jika julat kecil menunjukkan kontras imej adalah rendah, sementara jika julat dinamik yang besar pula menunjukkan imej mempunyai kontras yang tinggi. Selain itu, histogram juga berguna dalam menentukan nilai ambangan untuk teknik peruasan imej (*imej segmentation*).

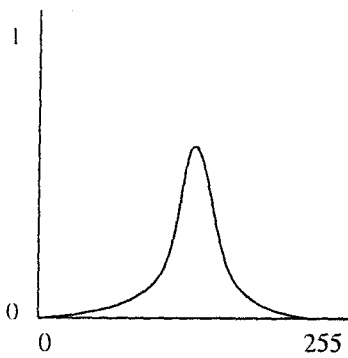
Nilai ambangan biasanya terletak antara dua puncak histogram. Pemilihan nilai ambang yang tepat dapat membezakan dua objek dengan jelas.



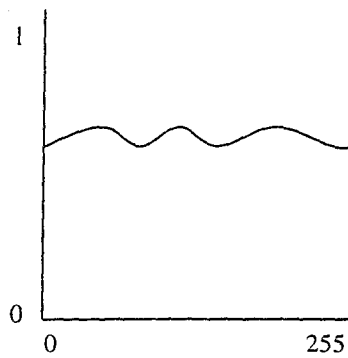
(a)



(b)



(c)



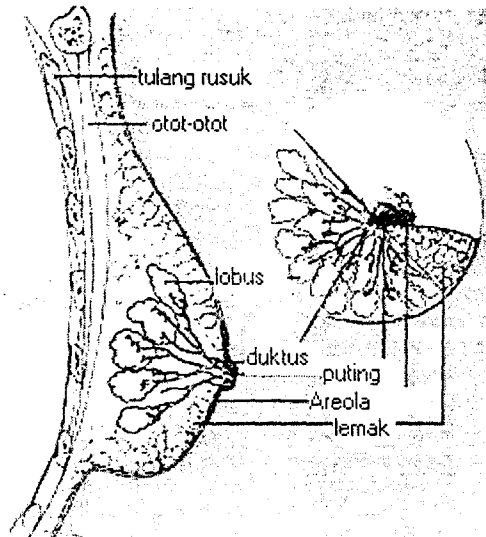
(d)

Rajah 2.4 Contoh beberapa jenis histogram imej.

2.3 Barah Payudara

Barah payudara ialah satu penyakit kanser yang sering dihidapi oleh kaum wanita. Barah payudara merupakan penyakit di mana sel kanser ditemui di dalam tisu payudara. Setiap payudara mempunyai sehingga 15 hingga 20 bahagian dipanggil lobus-lobus (*lobes*). Di dalam setiap lobus-lobus terdapat banyak lobul-lobul (*lobules*). Lobus-lobus dan lobul-lobul ini dihubungkan dengan tiub-tiub halus yang dipanggil duktus-duktus (*ducts*). Lemak memenuhi setiap ruang di sekeliling lobul-lobul dan

duktus-duktus. Tiada otot di dalam payudara, sebaliknya otot-otot payudara terletak di bawah setiap payudara dan menutupi tulang rusuk. Setiap payudara mempunyai salur darah dan salur yang membawa cecair limpa. Di hujung salur limpa ini adalah nodus limpa. Nodus limpa ini terletak di bawah lengan (Metz et. al.,2000). Rajah 2.5 menunjukkan struktur di dalam payudara.



Rajah 2.5 Struktur di dalam payudara

2.3.1 Jenis-jenis tumor

Kanser ialah penyakit yang disebabkan oleh sel-sel tidak normal yang membahagi secara tidak terkawal dan tidak mengikut tertib. Setiap organ di dalam badan dibina daripada pelbagai jenis sel-sel yang berbeza. Sel normal membahagi mengikut tertib untuk menghasilkan lebih banyak sel dan ia membahagi hanya ketika diperlukan. Proses ini penting untuk mengekalkan kesihatan tubuh. Jika sel membahagi ketika sel baru tidak diperlukan, ia akan menghasilkan begitu banyak tisu. Tisu yang terlebih inilah dipanggil tumor beningna (*benign*) atau malignan (*malignant*).

Tumor yang beningna ialah bukan kanser. Ia biasanya boleh dibuang dan biasanya tidak akan kembali semula dan paling penting ia tidak merebak ke bahagian tubuh yang lain. Manakala tumor yang malignan pula adalah kanser. Sel kanser ini

tumbuh dan membahagi tanpa kawal dan ia mencero boh dan memusnahkan tisu dan organ yang berdekatan. Sel kanser ini juga boleh memisahkan dirinya dari kelompok tumor dan memasuki sistem peredaran darah atau sistem limpa. Ini menyebabkan barah payudara ini merebak dan membentuk tumor sekunder di bahagian lain dalam tubuh. Perebakan kanser ini dikenali sebagai metastasis.

2.3.2 Jenis-jenis barah payudara

Terdapat beberapa jenis barah payudara. Barah payudara yang paling biasa, bermula di lapisan duktus dan ia dikenali sebagai karsinoma duktal (*ductal carcinoma*). Satu lagi barah payudara ialah karsinoma lobular (*lobular carcinoma*). Ia berlaku di dalam lobul-lobul. Dua kriteria utama yang digunakan dalam kebanyakan klasifikasi penyakit barah payudara karsinoma ialah (Parsons, 1983):

- i) kehadiran atau ketidakhadiran pencerobohan
- ii) punca tumor tersebut sama ada dari duktus atau lobul-lobul.

Penyakit kanser karsinoma terbahagi kepada dua iaitu karsinoma in-situ (*in-situ carcinoma*) atau karsinoma penyusupan (*infiltrating carcinoma*). Bagi karsinoma jenis in-situ, perubahan sel kanser hanya pada permukaan epitelial (*epithelial*). Manakala bagi karsinoma penyusupan, sel-sel kansernya adalah berbeza bentuk dan saiz serta tersusun dalam kelompok.

Selain dari itu, berikut adalah antara jenis-jenis penyakit payudara yang benigna atau tidak berbahaya (Parsons, 1983):

- i) Sista

Bentuk fizikal sista (*cyst*) selalunya ketulan berbentuk bulat dengan permukaan licin. Ia mungkin wujud secara tunggal atau berbilang-bilang.

ii) Adenosis sklerosis

Ciri-ciri adenosis sklerosis (*sclerosing adenosis*) sukar dipastikan tetapi biasanya sifat-sifat adenosis sklerosis ditunjukkan sebagai ketulan yang pejal dan sedikit tidak rata.

iii) Nekrosis lemak

Nekrosis lemak (*Fat necrosis*) dilihat sebagai ketulan yang pejal dan tidak rata (*irregular*) di dalam payudara.

iv) Papiloma duktus

Ketulan papiloma duktus (*Duct papilloma*) tumbuh di satu duktus utama yang berhampiran dengan puting. Selalunya hadir dengan serus (*serous*) (kotoran yang keluar dari duktus pada permukaan puting) atau darah.

v) Fibroadenoma

Fibroadenoma (*Fibroadenoma*) merupakan tumor yang bergerak (tidak statik) yang biasanya bersalut dan mengandungi hiperplastik epitelium (*hyperplastic epithelium*) serta tisu hiperplastik fibros (*hyperplastic fibrous*).

2.3.3 Peringkat-peringkat barah payudara

Sekali barah payudara ditemui, pelbagai ujian akan dilakukan untuk mengetahui sama ada kanser sudah merebak ke bahagian tubuh yang lain. Untuk merancang rawatan, seorang doktor itu perlu tahu peringkat penyakit itu. Berikut adalah peringkat-peringkat penyakit barah payudara (Metz et. al., 2000).

i) Peringkat 0

Kira-kira 15% hingga 20% daripada barah payudara adalah kanser yang sangat awal. Mereka dikenali sebagai karsinoma in-situ. Terdapat dua jenis barah payudara in-situ. Pertama, duktal karsinoma in-situ (*ductal carcinoma in-situ (DCIS)*) dan

kedua, lobular karsinoma in-situ (*lobular carcinoma in-situ (LCIS)*). LCIS bukanlah kanker tetapi untuk tujuan pengkelasan, penyakit ini juga dikenali sebagai barah payudara in-situ. Kekadang LCIS dijumpai apabila biopsi dilakukan untuk ketulan yang dijumpai pada mammogram. Pesakit pada peringkat ini mempunyai kebarangkalian 25% untuk mendapat barah payudara pada mana-mana payudara dalam masa 25 tahun akan datang.

ii) Peringkat I

Kanser itu tidak lebih dari 2 cm dan tidak merebak keluar dari payudara.

iii) Peringkat II

Peringkat II ini dibahagikan kepada dua bahagian. Peringkat IIA dan peringkat IIB.

- a). Peringkat IIA ialah kanser yang tidak lebih daripada 2 cm tetapi sudah merebak ke nodus limpa di bawah lengan.
- b). Peringkat IIB ialah kanser di antara 2-5 cm dan sudah merebak ke nodus limpa di bawah lengan atau kanser sudah besar daripada 5 cm tetapi belum merebak ke nodus limpa dibawah lengan.

iv) Peringkat III

Peringkat III juga dibahagikan kepada dua bahagian iaitu peringkat IIIA dan peringkat IIIB. Peringkat IIIA didefinisikan seperti berikut:

- a) Kanser kecil daripada 5 cm dan sudah merebak ke nodus limpa di bawah lengan dan nodus limpa itu berhubung sesama sendiri atau dengan struktur lain atau
- b) Kanser besar daripada 5 cm dan sudah merebak ke nodus limpa di bawah lengan.

Peringkat IIIB pula didefinisikan seperti berikut:

- a) Kanser sudah merebak ke tisu berdekatan payudara atau

b) Kanser sudah merebak ke nodus limpa di dalam dada di sepanjang tulang payudara.

v) Peringkat IV

Kanser sudah merebak kepada organ badan yang lain, biasanya tulang, paru-paru, hati atau otak. Atau tumor merebak kepada kulit dan nodus limpa di dalam leher secara setempat.

2.3.4 Rawatan

Terdapat rawatan untuk semua pesakit barah payudara. Tetapi antara seorang pesakit dengan pesakit yang lain, rawatannya adalah berbeza-beza. Empat komponen utama yang sering digunakan sebagai rawatan ke atas barah payudara ialah (Metz et. al., 2000):

i) Pembedahan

Rawatan secara operasi ialah proses mengeluarkan kanser melalui pembedahan.

ii) Radioterapi

Rawatan radioterapi menggunakan dos sinar-X yang tinggi untuk membunuh sel kanser.

iii) Kemoterapi

Rawatan secara kimoterapi pula ialah menggunakan dadah untuk membunuh sel kanser.

iv) Terapi hormon

Di dalam terapi hormon dadah digunakan untuk mengubah cara hormon bekerja. Selain dari menggunakan dadah, rawatan secara terapi hormon juga melibatkan pengeluaran organ yang menghasilkan hormon contohnya ovari.

Setiap kaedah rawatan ini boleh digunakan pada keadaan yang berbeza. Biasanya, rawatan yang asal melibatkan pembedahan dengan atau tanpa radioterapi. Kebanyakan pesakit barah payudara harus menjalani surgeri untuk membuang kanser daripada payudaranya. Selalunya, sebahagian nodus limpa di bawah lengannya turut dibuang. Berikut adalah jenis-jenis surgeri (Metz et. al., 2000):

i) Lumpektomi

Lumpektomi (*Lumpectomy*) kadang-kala dikenali sebagai biopsi pemotongan (*excisional biopsy*). Pembedahan secara lumpektomi ialah pembuangan ketulan pada payudara dan sedikit tisu di sekelilingnya. Ia biasanya diikuti dengan terapi radiasi. Kebanyakan doktor akan turut membuang sebahagian daripada nodus limpa di bawah lengan.

ii) Mastektomi sebahagian atau separa

Mastektomi sebahagian atau separa (*partial or segmental mastectomy*) ialah pembuangan kanser dan juga sebahagian tisu buah dada di sekeliling tumor dan lapisan di atas otot dada di bawah tumor. Biasanya sedikit nodus limpa di bawah lengan juga turut dibuang. Pada kebanyakan kes, ia diikuti oleh terapi radiasi.

iii) Mastektomi mudah atau keseluruhan

Mastektomi mudah atau keseluruhan (*Total or simple mastectomy*) ialah pembuangan kesemua payudara. Kadang-kala nodus limpa di bawah lengan juga akan turut dikeluarkan.

iv) Mastektomi radikal terubahsuai

Mastektomi radikal terubahsuai (*Modified radical mastectomy*) ialah pembuangan payudara, nodus limpa di bawah lengan dan lapisan otot dada dan kadang-kala otot dinding dada.