

**PENGESANAN SEMPADAN OBJEK PADA IMEJ  
SINAR-X MENGGUNAKAN INTEGRASI  
TEKNIK ENTROPI – CANNY**

**JAMIL BIN LAHANI**



PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**TESIS INI DIKEMUKAKAN UNTUK  
MEMENUHI KEPERLUAN PENGIJAZAHAN  
IJAZAH DOKTOR FALSAFAH**

**FAKULTI SAINS DAN SUMBER ALAM  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH  
2019**

**UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS**

JUDUL: **PENGESANAN SEMPADAN OBJEK PADA IMEJ SINAR-X MENGGUNAKAN INTEGRASI TEKNIK ENTROPI - CANNY**

IJAZAH: **DOKTOR FALSAFAH (MATEMATIK)**

Saya **JAMIL BIN LAHANI**, Sesi **2014-2019**, mengaku membenarkan tesis Doktor ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis ini adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.

4. Sila tandakan ( / ):

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA 1972)

TERHAD

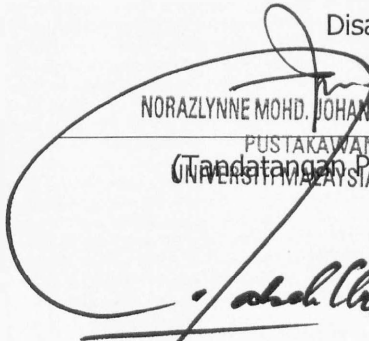
(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD



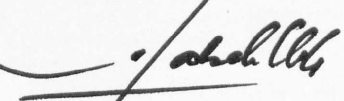
**JAMIL BIN LAHANI**  
**MS1411013T**


Disahkan Oleh,

  
NORAZLYNNE MOHD. JOHAN @ JACKLYNE

PUSTAKAWAN  
(Tandatangan Pustakawan)  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Tarikh : 13 September 2019

  
(Prof. Madya Dr. Abdullah Bade)  
Penyelia Utama

  
(Prof. Madya Dr. Rajesh Kumar A/L Muniandy)  
Penyelia Bersama

## PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

13 SEPTEMBER 2019



JAMIL BIN LAHANI  
MS1411013T



UMS  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGESAHAN

**NAMA** : JAMIL BIN LAHANI  
**NO. MATRIK** : MS1411013T  
**TAJUK** : PENGESANAN SEMPADAN OBJEK PADA IMEJ  
SINAR-X MENGGUNAKAN INTEGRASI TEKNIK  
ENTROPI – CANNY  
**IJAZAH** : DOKTOR FALSAFAH MATEMATIK  
**TARIKH VIVA** : 22 MAC 2019



**DISAHKAN OLEH**

**PENYELIA**

Prof. Madya Dr. Abdullah Bade

Tandatangan

**PENYELIA BERSAMA**

Prof. Madya Dr. Rajesh Kumar A/L Muniandy

## PENGHARGAAN



Dengan Nama Allah S.W.T Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang

Segala puji bagi Allah S.W.T, tuhan semesta alam. Selawat dan salam ke atas junjungan besar Nabi Muhammad S.A.W. Salam sejahtera kepada keluarga, sahabat-sahabat serta isteri-isteri baginda. Syukur kehadiran Allah S.W.T dengan izin dan pertolongan dariNya maka saya dapat menyempurnakan tesis ini.

Jutaan terima kasih dan penghargaan ditujukan khas kepada penyelia Prof. Madya Dr. Abdullah Bade kerana banyak memberi saranan, mencurahkan ilmu, memberi tunjuk ajar serta nasihat dari awal hingga ke peringkat akhir tesis ini. Saya berdoa semoga segala kebaikan yang telah dicurahkan kepada saya ini akan diberikan ganjaran kebaikan baik di dunia mahupun di akhirat.

Buat bapa dan emak, En. Lahani Mada dan Pn. Sitti Aisah Bacho terima kasih di atas doa kalian yang tidak putus-putus buat anakanda tercinta. Kata-kata semangat dan dorongan dari bapa dan mak menjadi kekuatan buat anakanda. Buat isteri tersayang, Asmawati Binti Arifin dan adik-beradik yang dikasihi diucapkan terima kasih di atas sokongan dan dorongan kalian. Tidak lupa juga kepada sahabat-sahabat perjuangan dari kumpulan penyelidikan Mathematics – Graphics and Visualization (M-GraVS), Fakulti Sains dan Sumber Alam Universiti Malaysia Sabah yang sama-sama berkongsi pengalaman penyelidikan.

Akhir bicara, saya mengucapkan ribuan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Malaysia kerana menyalurkan bantuan pengajian MyPhD sebagai penaja biasiswa saya dari mula hingga akhir pengajian

JAMIL LAHANI

13 SEPTEMBER 2019

## ABSTRAK

Pengesanan sempadan dalam sub bidang pemprosesan imej digital merupakan salah satu bidang segmentasi yang sangat mencabar dan berkembang seiring kemajuan teknologi moden. Kajian ini memfokuskan kepada permasalahan dalam bidang segmentasi perubatan sinar-x bagi menentukan sempadan di antara objek (tulang manusia) dengan latar belakang imej. Perbezaan intensiti piksel yang membentuk kawasan-kawasan yang berlainan perlu diekstrak agar ketidaknormalan terhadap struktur tulang manusia dapat dikesan pada peringkat awal diagnosis. Tesis ini membincangkan pengesanan sempadan pada imej sinar-x berskala kelabu menggunakan integrasi teknik Entropi – Canny (InTEC). Imej digital berskala kelabu diekstrak melalui konsep Entropi yang membahagikan nilai intensiti piksel kepada dua kawasan yang berbeza iaitu objek dan latar belakang imej. Teknik Entropi ditambahbaik bagi mengesan objek dan latar belakang imej melalui pendaraban nilai intensiti-Entropi dengan sisihan piawai kernel piksel yang dapat mengurangkan masalah kekaburan untuk membentuk kawasan objek dan latar belakang imej. Teknik Canny ditambahbaik bagi mengesan sempadan objek dengan meningkatkan intensiti piksel sempadan melalui operasi konvolusi penapis *High-pass Gaussian* untuk menghubungkan rangkaian piksel yang menghasilkan garisan sempadan yang lebih jelas dan tepat. Ujian PSNR dan SSIM dijalankan melihat keberkesanan sempadan yang dibentuk untuk mengurangkan masalah ketidaksinambungan garis sempadan yang dihasilkan. Nilai PSNR teknik InTEC merekodkan bacaan lebih tinggi dalam julat 1.10 – 7.50 dB iaitu peningkatan purata sebanyak 15.63% berbanding teknik Entropi dan Canny. Manakala nilai MSE teknik InTEC mencatatkan bacaan lebih rendah berbanding teknik Canny dan Entropi iaitu dalam julat 544.33-6556.44. Seterusnya peningkatan purata peratusan nilai SSIM yang dicatatkan teknik InTEC adalah 16.16% lebih tinggi berbanding teknik Entropi dan teknik Canny. Peningkatan ini menunjukkan kemampuan teknik InTEC mengesan garisan sempadan objek secara jelas dan tepat.

## **ABSTRACT**

### **OBJECT EDGE DETECTION ON X-RAY IMAGES USING AN INTEGRATION OF ENTROPY – CANNY TECHNIQUE**

*Edge detection technique in the sub-field of digital image processing is one of the most challenging and growing segmentation method in line with the advancement of modern technology. This study focuses on issues in the field of medical x-ray segmentation to determine the boundaries between objects (human bones) and image backgrounds. The difference in pixel intensity that forms different regions needs to be extracted so that abnormalities on the human bone structure can be detected in the early stages of the diagnosis. This thesis discusses the edge detection technique on gray-scale images that is enhanced based on combination of Entropy and Canny's techniques known as an integration of Entropy–Canny technique (InTEC). Grey-scale images extracted through an Entropy technique that divides the pixel intensity value into two different areas of object and image background. Entropy techniques are improved for detecting image objects and backgrounds through multiplication of Entropy-intensity values with a pixel standard deviation that reduces the blurring problem to form object and image backgrounds. Canny's technique is improved to detect object boundaries by increasing the boundary pixel intensity through the Gaussian High-pass filter convolution operation to connect a pixel network that produces a clearer and precise edge line. The PSNR and SSIM tests are carried out to see the effectiveness of the boundary formed to minimize the problem of discontinuities of the resulting boundary line. The PSNR value for InTEC technique records higher readings is in the range 1.10 - 7.50 dB, which is an average increase of 15.63%, compared to Entropy and Canny technique. Meanwhile, the MSE value for InTEC technique recorded lower readings compared to Canny and Entropy Technique which is in the range of 544.33-6556.44. Subsequently the average increase in the percentage of SSIM value recorded by InTEC technique was 16.16% higher than existing techniques. This increase shown the ability of InTEC technique to detect the boundary lines of the object more clearly and accurately compared to existing techniques.*

# KANDUNGAN

	<b>Halaman</b>
<b>TAJUK</b>	i
<b>PENGAKUAN</b>	ii
<b>PENGESAHAN</b>	iii
<b>PENGHARGAAN</b>	iv
<b>ABSTRAK</b>	v
<b><i>ABSTRACT</i></b>	vi
<b>SENARAI KANDUNGAN</b>	vii
<b>SENARAI JADUAL</b>	xi
<b>SENARAI RAJAH</b>	xii
<b>SENARAI SIMBOL</b>	xv
<b>SENARAI SINGKATAN</b>	xvi
<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xvii
<b>BAB 1: PENGENALAN</b>	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Latar Belakang Masalah	3
1.3 Penyataan Masalah	12
1.4 Persoalan Kajian	12
1.5 Matlamat Kajian	13
1.6 Objektif Kajian	13
1.7 Skop Kajian	13
1.8 Struktur Organisasi Tesis	14
<b>BAB 2: TINJAUAN KESUSASTERAAN</b>	16
2.1 Pengenalan	16
2.2 Grafik Berkomputer	16
2.3 Pemprosesan Imej Digital	21
2.4 Imej Digital : Dari Pikel ke Bentuk Objek	28
2.5 Aplikasi Pemprosesan Imej Digital	31



2.6	Teknik Segmentasi Imej	36
	2.6.1 Teknik Segmentasi Berdasarkan Sempadan	39
	2.6.2 Teknik Segmentasi Berdasarkan Pengambangan	44
	2.6.3 Teknik Segmentasi Berdasarkan Rantau	55
	2.6.4 Teknik Segmentasi Berdasarkan Kelompok	59
2.7	Penanda Aras Pengukuran dan Pengujian	61
	2.7.1 Pengujian <i>Mean Square Error</i> (MSE)	63
	2.7.2 Pengujian <i>Peak Signal to Noise Ratio</i> (PSNR)	63
	2.7.3 Pengujian <i>Structural Similarity Index Measure</i> (SSIM)	63
	2.7.4 Pengujian Ketepatan Pengesanan Sempadan	64
2.8	Ringkasan Bab	65
<b>BAB 3: METODOLOGI KAJIAN</b>		66
3.1	Pengenalan	66
3.2	Kerangka Kajian	66
	3.2.1 Fasa Siasatan	68
	3.2.2 Fasa Rekabentuk dan Pengimplementasian	68
	3.2.3 Fasa Pengujian dan Penilaian	70
3.3	Seni Bina Teknik Aliran Kawalan	71
	3.3.1 Input-Proses-Output	72
	3.3.2 Perolehan Imej	76
	3.3.3 Penambahbaikann Teknik Entropi	77
	3.3.4 Penambahbaikan Teknik Canny	80
3.4	Pengujian dan Laporan	84
3.5	Eksperimen	85
3.6	Ringkasan Bab	86
<b>BAB 4: PENAMBAHBAIKAN TEKNIK ENTROPI</b>		88
4.1	Pengenalan	88
4.2	Pembinaan Asas Teknik Entropi	89
4.3	Pra-Pemprosesan Teknik Entropi	90
4.4	Penambahbaikan Teknik Entropi	94

4.5	Penanda Aras Pengujian Teknik Entropi	98
	4.5.1 Penyediaan Eksperimen	98
	4.5.2 Ujikaji Perbandingan Imej Output	99
	4.5.3 <i>Ujian Peak Signal to Noise Ratio</i>	105
	4.5.4 <i>Ujian Structural Similarity Index Measure (SSIM)</i>	109
4.6	Ringkasan Bab	111
<b>BAB 5: PENAMBAHBAIKAN TEKNIK CANNY</b>		112
5.1	Pengenalan	112
5.2	Penambahbaikan Teknik Pengesanan Sempadan Canny	113
	5.2.1 Proses Penapisan Gaussian	113
	5.2.2 Pengiraan Magnitud dan Arah Melalui Proses Konvolusi	114
	5.2.3 Penentuan Proses <i>Non Maxima Suppression</i>	115
	5.2.4 Pengambangan Berganda	116
	5.2.5 Proses Penapisan <i>High Pass</i>	117
5.3	Eksperimen	121
	5.3.1 Ujikaji Perbandingan Imej Output	121
	5.3.2 Ujian PSNR	127
	5.3.3 Ujian SSIM	130
5.4	Ringkasan Bab	132
<b>BAB 6: InTEC: INTEGRASI TEKNIK ENTROPI - CANNY</b>		133
6.1	Pengenalan	133
6.2	Integrasi Teknik Entropi – Canny	133
6.3	Eksperimen	137
	6.3.1 Penyediaan Eksperimen	137
	6.3.2 Ujian Perbandingan Imej Output	138
	6.3.3 Ujian PSNR	144
	6.3.4 Ujian SSIM	147
	6.3.5 Ujian Ketepatan Pengesanan Sempadan	149
6.4	Ringkasan Bab	152

<b>BAB 7: KESIMPULAN</b>	153
7.1 Pengenalan	153
7.2 Kesimpulan	153
7.3 Sumbangan Kajian	155
7.3.1 Penambahbaikan Teknik Entropi	155
7.3.2 Penambahbaikan Teknik Canny	155
7.3.3 InTEC: Integrasi Teknik Entropi – Canny	156
7.4 Perluasan Kajian	157
7.5 Penerbitan	158
<b>RUJUKAN</b>	159
<b>LAMPIRAN</b>	178



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## SENARAI JADUAL

	Halaman
Jadual 2.1: Kelebihan dan Kelemahan Pemprosesan Imej	35
Jadual 2.2: Teknik Bentuk Histogram	47
Jadual 2.3: Teknik Kelompok	48
Jadual 2.4: Teknik Entropi	50
Jadual 2.5: Teknik Atribut objek	52
Jadual 2.6: Teknik Spatial	53
Jadual 2.7: Teknik Adaptif Lokal	55
Jadual 3.1: Penggunaan Cakera Keras dan Perisian Metodologi	86
Jadual 4.1: Proses Pengiraan Histogram	92
Jadual 4.2: Perbandingan Imej Output Entropi .	100
Jadual 5.1: Perbandingan Imej Output Canny	122
Jadual 6.1: Perbandingan Imej Output Entropi – Canny	139
Jadual 6.2: Perbandingan Ujian Ketepatan Pengesanan Sempadan	150

## SENARAI RAJAH

	Halaman
Rajah 1.1: Nilai intensiti piksel	3
Rajah 1.2: Faktor perubahan nilai intensiti piksel	9
Rajah 2.1: Aplikasi grafik berkomputer dalam bidang perubatan	17
Rajah 2.2: Aplikasi grafik berkomputer dalam bidang kejuruteraan	17
Rajah 2.3: Aplikasi grafik berkomputer dalam bidang animasi	17
Rajah 2.4: Rendering watak Transformers "Megatron"	18
Rajah 2.5: Proses pembikinan filem animasi 3D "Avatar"	19
Rajah 2.6: Bidang kajian grafik berkomputer	19
Rajah 2.7: Taksonomi bidang komputeran	20
Rajah 2.8: Ilustrasi anatomi mata manusia	23
Rajah 2.9: Proses pembentukan objek pada mata manusia	23
Rajah 2.10: Komponen utama system pemprosesan imej	24
Rajah 2.11: Asas pengetahuan pemprosesan imej	24
Rajah 2.12: Perolehan imej A	25
Rajah 2.13: Ilustrasi proses pemulihan imej ultrasonik kardiovaskular	26
Rajah 2.14: Penghasilan sempadan melalui proses segmentasi	27
Rajah 2.15: Susunan aras pemprosesan imej	28
Rajah 2.16: Metrik Imej	29
Rajah 2.17: Operasi asas CRT	30
Rajah 2.18: Nilai Intensiti Piksel Imej	31
Rajah 2.19: Pergerakan manusia pada imej	32
Rajah 2.20: Imej Remote Sensing NASA, USA	33
Rajah 2.21: Contoh imej perubatan	33
Rajah 2.22: Imej cap jari manusia	34
Rajah 2.23: Imej <i>Infrared</i>	35
Rajah 2.24: Proses segmentasi pada imej dengan kehadiran kebisingan	36
Rajah 2.25: Ciri-ciri utama teknik segmentasi imej	37
Rajah 2.26: Teknik Segmentasi Imej; Ketakselajaran dan Persamaan	38
Rajah 2.27: Taksonomi Proses Segmentasi Imej	38

Rajah 2.28:	Jenis-jenis sempadan imej	39
Rajah 2.29:	Fasa utama proses pengesanan sempadan	41
Rajah 2.30:	Carta Alir Teknik Konvensional	42
Rajah 2.31:	Carta Alir Teknik Canny	43
Rajah 2.32:	Pemilihan parameter teknik pengesanan sempadan	44
Rajah 2.33:	Pembentukan proses pengambangan local	45
Rajah 2.34:	Teknik Segmentasi berdasarkan kaedah pengambangan	46
Rajah 2.35:	Nilai Entropi pada imej skala kelabu	50
Rajah 2.36:	Data Quad Tree	59
Rajah 2.37:	Teknik Klustering	60
Rajah 2.38:	Kriteria pengukuran prestasi pengesanan sempadan	62
Rajah 2.39:	Kedudukan Piksel TP, FP, FN dan TN pada Imej	64
Rajah 3.1:	Kerangka kerja kajian	68
Rajah 3.2:	Fasa pengimplementasian – rekabentuk teknik	69
Rajah 3.3:	Elemen rekabentuk proses integrasi INTEC	70
Rajah 3.4:	Senibina Teknik INTEC	72
Rajah 3.5:	Mesin pendigital sinar-x	73
Rajah 3.6:	Aliran proses teknik INTEC	75
Rajah 3.7:	Paparan imej input	76
Rajah 3.8:	Pembinaan imej input berdasarkan nilai intensiti piksel	77
Rajah 3.9:	Langkah memplot histogram imej	78
Rajah 3.10:	Imej input dan histogram (sebelum dan selepas proses penyamaan histogram)	78
Rajah 3.11:	Proses Penambahbaikan teknik Canny	80
Rajah 3.12:	Proses Penapisan Gaussian	82
Rajah 3.13:	Proses <i>Non-maxima Suppression</i> (NMS)	83
Rajah 3.14:	Pengujian dan Penilaian	82
Rajah 3.15:	Prosedur Eksperimen	85
Rajah 4.1:	Proses Penambahbaikan Teknik Entropi	88
Rajah 4.2:	Algoritma Penyamaan Histogram	91
Rajah 4.3:	Peningkatan kontras imej melalui prose HE	93
Rajah 4.4:	Tetingkap imej besaiz 3x3	94
Rajah 4.5:	Imej Input besaiz 6*6	96

Rajah 2.28:	Jenis-jenis sempadan imej	39
Rajah 2.29:	Fasa utama proses pengesanan sempadan	41
Rajah 2.30:	Carta Alir Teknik Konvensional	42
Rajah 2.31:	Carta Alir Teknik Canny	43
Rajah 2.32:	Pemilihan parameter teknik pengesanan sempadan	44
Rajah 2.33:	Pembentukan proses pengambangan local	45
Rajah 2.34:	Teknik Segmentasi berdasarkan kaedah pengambangan	46
Rajah 2.35:	Nilai Entropi pada imej skala kelabu	50
Rajah 2.36:	Data Quad Tree	59
Rajah 2.37:	Teknik Klustering	60
Rajah 2.38:	Kriteria pengukuran prestasi pengesanan sempadan	62
Rajah 2.39:	Kedudukan Piksel TP, FP, FN dan TN pada Imej	64
Rajah 3.1:	Kerangka kerja kajian	68
Rajah 3.2:	Fasa pengimplementasian – rekabentuk teknik	69
Rajah 3.3:	Elemen rekabentuk proses integrasi INTEC	70
Rajah 3.4:	Senibina Teknik INTEC	72
Rajah 3.5:	Mesin pendigital sinar-x	73
Rajah 3.6:	Aliran proses teknik INTEC	75
Rajah 3.7:	Paparan imej input	76
Rajah 3.8:	Pembinaan imej input berdasarkan nilai intensiti piksel	77
Rajah 3.9:	Langkah memplot histogram imej	78
Rajah 3.10:	Imej input dan histogram (sebelum dan selepas proses penyamaan histogram)	78
Rajah 3.11:	Proses Penambahbaikan teknik Canny	80
Rajah 3.12:	Proses Penapisan Gaussian	82
Rajah 3.13:	Proses <i>Non-maxima Suppression</i> (NMS)	83
Rajah 3.14:	Pengujian dan Penilaian	82
Rajah 3.15:	Prosedur Eksperimen	85
Rajah 4.1:	Proses Penambahbaikan Teknik Entropi	88
Rajah 4.2:	Algoritma Penyamaan Histogram	91
Rajah 4.3:	Peningkatan kontras imej melalui prose HE	93
Rajah 4.4:	Tetingkap imej besaiz 3x3	94
Rajah 4.5:	Imej Input besaiz 6*6	96

Rajah 4.6:	Pembahagian Kernel Imej	97
Rajah 4.7	Nilai PSNR (dB)	106
Rajah 4.8	Perbandingan kadar peningkatan nilai PSNR (%)	107
Rajah 4.9	Nilai MSE	108
Rajah 4.10	Nilai SSIM	110
Rajah 4.11	Perbandingan Peningkatan Nilai SSIM (%)	110
Rajah 5.1	Langkah-langkah teknik Canny yang ditambah baik	113
Rajah 5.2	Sampel Imej melalui proses penapisan Gaussian	114
Rajah 5.3	Ilustrasi Proses <i>Non-Maxima Suppression</i>	116
Rajah 5.4	Kaedah DFT Imej 2-Dimensi	118
Rajah 5.5	Penapisan <i>high pass</i> domain frekuensi	119
Rajah 5.6	Proses Konvolusi	120
Rajah 5.7	Nilai PSNR (dB)	127
Rajah 5.8	Perbandingan kadadr peningkatan nilai PSNR (%)	128
Rajah 5.9	Ujian MSE	129
Rajah 5.10	Ujian SSIM	131
Rajah 5.16	Perbandingan peningkatan nilai SSIM (%)	132
Rajah 6.1	Proses InTEC	135
Rajah 6.2	Bahagian InTEC	136
Rajah 6.3	Nilai PSNR (dB)	145
Rajah 6.4	Perbandingan peningkatan nilai PSNR (%)	146
Rajah 6.5	Nilai MSE	147
Rajah 6.6	Nilai SSIM	148
Rajah 6.7	Perbandingan peningkatan nilai SSIM (%)	149
Rajah 6.8	Kadar Pengesanan Benar (%)	150
Rajah 6.9	Kadar Pengesanan Salah (%)	151



## SENARAI SIMBOL

$(x, y)$	- Koordinat pixel pada imej
$I$	- Imej Input
$ G $	- Magnitud kecerunan
$\theta$	- Arah kecerunan
$E$	- Entropi
$N$	- Saiz imej
$V(x)$	- Varians set data
$S$	- Sisihan piawai kernel piksel
$G(x, y)$	- Penapis Gaussian
$T(x, y)$	- Pengembangan
$H(u, v)$	- Penapis <i>High Pass</i>
$b$	- Min Imej
$C$	- Konvolusi
$F(u, v)$	- Fungsi <i>Discrete Fourier Transform</i>
$dB$	- Desibel



UMS  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## SENARAI SINGKATAN

<b>MRI</b>	-	<i>Magnetic Resonance Imaging</i>
<b>CT</b>	-	<i>Computed Tomography</i>
<b>PET</b>	-	<i>Positron Emission Tomography</i>
<b>MSE</b>	-	<i>Mean Squared Error</i>
<b>PNSR</b>	-	<i>Peak Signal to Noise Ratio</i>
<b>SSIM</b>	-	<i>Structural Similarity Index</i>
<b>HMMRF</b>	-	<i>Hidden Markov Random Field</i>
<b>DWT</b>	-	<i>Discrete Wavelet Transform</i>
<b>2D</b>	-	2 Dimensi
<b>ACM</b>	-	Persatuan Pemesinan Komputeran
<b>InTEC</b>	-	Integrasi Teknik Entropi – Canny
<b>TIFF</b>	-	<i>Tagged Image File Format</i>
<b>ST</b>	-	Shannon – Tsallis
<b>PHKL</b>	-	Pusat Perubatan Kuala Lumpur



UMS  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## SENARAI LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran A	Jurnal Penerbitan 1	178
Lampiran B	Jurnal Penerbitan 2	179
Lampiran C	Jurnal Penerbitan 3	180
Lampiran D	Kertas Kerja Prosiding	181



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

# BAB 1

## PENGENALAN

### 1.1 Pengenalan

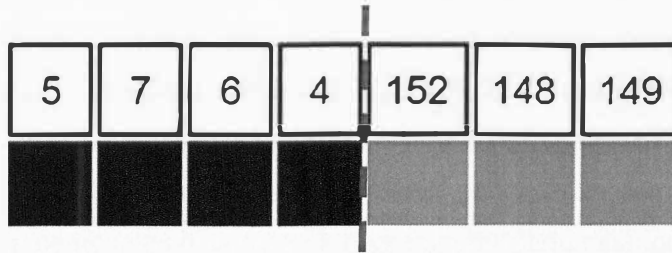
Aplikasi grafik berkomputer telah digunakan secara meluas dalam pelbagai bidang industri sama ada dalam bidang animasi, kejuruteraan, perubatan, arkitek, visualisasi saintifik, pendidikan, dan seni (Berhard dan Dirk, 2007; Ahmad *et al.*,2011; Khan, 2014; Gortler, 2011; El-Hadad dan Labib, 2015). Dalam bidang grafik berkomputer, kajian mengenai teknik segmentasi dalam bidang pemprosesan imej digital merupakan salah satu bidang yang sangat mencabar dan berkembang mengikut arus teknologi moden. Sehingga kini, pelbagai teknik segmentasi telah dibangunkan oleh para penyelidik yang mana ia menjurus kepada bidang visualisasi berkomputer untuk menambahbaik keupayaan pemprosesan imej.

Bidang pemprosesan imej digital merupakan salah satu teknologi yang menggunakan imej sebagai medium untuk diinterpretasi demi mencapai kehendak yang diinginkan dalam pemvisualan komputer. Perkembangan penyelidikan bidang pemprosesan imej sangat memberangsangkan sejak kebelakangan ini dalam menuju dunia sains dan teknologi yang sangat mencabar. Dengan mempertimbangkan suatu imej digital, ia mempunyai pelbagai informasi dari segi bentuk objek, saiz, warna, dan orientasi. Hal ini juga dapat dilihat melalui pengekstrakan bentuk objek daripada latar belakang imej yang merupakan suatu cabaran penyelidikan yang perlu dipersembahkan sebelum interpretasi terhadap imej dilakukan. Untuk mengekstrak bentuk suatu objek, kepentingan teknik segmentasi dalam bidang pemprosesan imej digital dan visi komputer perlu dipertimbangkan melalui pengesanan sempadan objek yang optimum dan cekap (Angenent *et al.*,1999; Balantaray *et al.*,2013; Kumar *et al.*, 2014).

Aplikasi pemrosesan imej digital dalam bidang perubatan sangat penting dalam peningkatan kualiti pemvisualan komputer. Penggunaan komputer dalam bidang perubatan telah berkembang dan menjadi keperluan utama (Mellor, 1995; Comport 2006; Arifin dan Asano 2006; Ashour *et al.*, 2014). Ini disebabkan oleh perkembangan pesat dalam kuasa pemrosesan komputer, teknologi paparan, serta keperluan untuk merancang operasi pembedahan yang selamat (Cramer dan Hersh, 2007; Bandyopadhyay *et al.*, 2016). Dalam bidang perubatan, teknik pengesanan sempadan terhadap imej perubatan menjadi bidang yang sangat penting kepada diagnosis klinikal dan rawatan untuk pembinaan semula visualisasi imej baik dalam bentuk 2 dimensi mahupun 3 dimensi (Chen *et al.*, 2006; Goel *et al.*, 2014; Chouvatut dan Boonchieng, 2016). Akan tetapi, imej perubatan dipengaruhi oleh faktor luaran seperti elemen kebingaran imej yang menyebabkan ketepatan sempadan struktur organ dan tulang manusia tidak jelas dan agak sukar ditentukan oleh mata kasar. Kepantasan dan kecekapan pengesanan sempadan juga akan membantu pakar perubatan untuk menganalisa sebarang penyakit yang tidak normal dengan lebih efisien.

Tujuan utama pengesanan sempadan objek yang berubah secara drastik adalah untuk mengesan perubahan ciri-ciri imej agar objek yang dibentuk dapat ditunjukkan dengan lebih teratur (Bandyopadhyay 2011; Haider *et al.*, 2012; Bature *et al.*, 2014). Perubahan drastik pada intensiti piksel imej biasanya bergantung kepada; ketakselajaran kedalaman imej, ketakselajaran pada orientasi permukaan imej, perubahan pada sifat-sifat bahan dan variasi pada faktor pencahayaan (Hou dan Wei, 2001; El-Owny dan Hassan 2013; El-Sayed 2013). Hasil daripada penggunaan teknik pengesanan sempadan pada imej membentuk garisan sempadan objek baik garisan lurus mahupun lengkung bersesuaian dengan ketakselajaran pada orientasi permukaan imej. Maka, kelebihan penggunaan teknik pengesanan sempadan dapat mengurangkan jumlah data yang akan diproses seterusnya mempercepatkan proses penghasilan imej output. Di samping itu, teknik pengesanan sempadan juga mampu menapis sebarang maklumat yang tidak diperlukan dan memelihara sifat-sifat struktur penting pada imej. Akhirnya, tafsiran kandungan imej seperti bentuk objek dapat diterjemahkan dengan mudah.

Untuk menggambarkan mengapa teknik pengesanan sempadan bukanlah suatu tugas yang mudah, pertimbangkan permasalahan nilai-nilai intensiti pada suatu imej. Apabila dilihat, ketakselajaran drastik dapat dikesan berlaku pada nilai intensiti di kedudukan antara piksel ke 4 dan ke 5 sahaja (Rujuk rajah 1.1):



**Rajah 1.1 :** Nilai intensiti piksel

Sumber : Goel et al., 2014

Jika perbezaan nilai intensiti di antara piksel ke 4 dan ke 5 lebih kecil, dan sekiranya perbezaan intensiti antara piksel bersebelahan adalah lebih besar, maka pembentukan sempadan tidak semestinya berlaku pada kedudukan tersebut (Rujuk Rajah 1.1). Oleh itu, teknik penentu untuk menggariskan beberapa kriteria mengesan sempadan yang betul dan tepat diperlukan. Jika tidak, sempadan yang diekstrak pada imej akan mengalami masalah garis yang tidak bersambung seterusnya merumitkan tugas menginterpretasi data imej secara efektif. Walaubagaimanapun, terdapat beberapa proses yang perlu dijalankan berbantuan komputer untuk menghasilkan teknik segmentasi imej melalui teknik pengesanan sempadan yang lebih tepat dan berkualiti. Tesis ini bertujuan membangunkan teknik segmentasi imej yang berkesan melalui penambahbaikan teknik pengesanan sempadan terhadap imej perubahan sinar-x berskala kelabu dalam bentuk 2 dimensi.

## 1.2 Latar Belakang Masalah

Bidang pemprosesan imej dalam grafik berkomputer telah bermula sejak awal tahun 1920-an lagi (Gonzalez dan Woods, 2002; Cheng dan Shi, 2004; Nadernejad *et al.*, 2008; Baterina dan Oppus; 2010). Kesemua komuniti dalam kumpulan grafik berkomputer terutamanya bidang pemprosesan imej telah menunjukkan minat yang mendalam bagi menambahbaik proses-proses janaan imej mahupun video untuk kegunaan pelbagai aplikasi teknologi masa kini. Elemen utama untuk mencapai penyelidikan yang mampan dalam bidang pemprosesan imej antaranya

pembentukan imej output tanpa mengganggu kualiti yang dihasilkan, penambahbaikan imej terhadap permasalahan seperti tahap kebingaran, kekaburan objek dan kontras yang lemah (Gautam dan Mahesh, 2010; Satange *et al.*,2013; Mahmood *et al.*, 2015). Kontras imej yang rendah boleh ditambahbaik dengan meningkatkan nisbah kontras di antara objek dan latar belakang imej. Pencahayaan (illuminasi) yang tidak seragam pula dapat dikawal dengan pengubahsuaian parameter pencahayaan agar ianya sesuai dengan keadaan persekitaran. Cabaran terhadap pengesanan objek yang jelas perbezaannya dari segi sifat dan ciri-ciri bahan juga menyebabkan penyelidik perlu membina teknik pengesanan sempadan yang berkualiti. Selain itu, pemodelan dalam grafik berkomputer perlu dibangunkan untuk menghasilkan model yang realistik di samping dapat mengurangkan masa komputasi (Mellor 1995; Shirley et al.,2005; Zhoo dan Xie, 2013; Shilpa dan Krishna, 2014).

Pelbagai bidang telah mengaplikasikan kaedah pemprosesan imej baik dalam industri mahupun pendidikan dan perkhidmatan. Antaranya, bidang kejuruteraan, pengimejan perubatan, forensik, ketenteraan dan animasi. Pemprosesan imej dalam bidang pengimejan perubatan telah berkembang sejak tahun 1980-an berikutan penciptaan beberapa modaliti perubatan (Chen *et al.*, 2006; Cramer dan Hersh, 2007; Harish dan Ashvini, 2010; Fu, 2014). Penggunaan peralatan seperti *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), pengimbas tomografi berkomputer (*CT scan*), *ultrasonography* dan sebagainya telah membawa kepada evolusi analisa struktur anatomi manusia secara efektif dan cekap sebelum proses diagnostik seterusnya dilakukan. Dalam penyelidikan ini, skop kajian dikecilkan dan difokuskan kepada aplikasi pemprosesan imej dalam bidang pengimejan perubatan yang telah menjalani revolusi dalam tiga dekad yang lalu. Ini telah didorong oleh keperluan untuk pembangunan perisian yang sepadan yang seterusnya telah memberikan dorongan yang utama bagi algoritma baru dalam pemprosesan imej. (Rahebi *et al.*, 2010; Hu et al.,2011; Kumar dan Singh 2013; Zhao dan Xie, 2013; Rani et al.,2014) menjelaskan terdapat empat masalah dalam pengimejan perubatan yang perlu diatasi untuk menghasilkan output yang efektif dan cekap iaitu segmentasi, visualisasi dan simulasi. Kajian ini akan memfokuskan kepada isu segmentasi yang sering menghambat para penyelidik dalam membangunkan teknik-teknik pemprosesan imej yang lebih cekap dan tepat.

Kaedah pembangunan algoritma matematik merupakan asas utama terhadap penyelidikan dalam bidang pengimejan perubatan (Pham *et al.*, 1998; Sharifi *et al.*, 2002; Comport *et al.*, 2006; Zhang dan Zhang 2009; Shubhangi *et al.*, 2012). Kaedah ini diperkuatkan dengan gabungan terhadap elemen grafik berkomputer untuk membangunkan sistem pemprosesan imej yang lebih efektif dan cekap. Namun, terdapat beberapa isu yang perlu diatasi untuk menghasilkan suatu pemprosesan imej yang baik. Dengan mengambil contoh imej perubatan sinar-x, teknik segmentasi telah menarik ramai para penyelidik untuk membangunkan teknik pemprosesan imej. Ciri-ciri terhadap imej sinar-x yang kompleks merupakan cabaran para penyelidik untuk menghasilkan teknik segmentasi yang berkualiti. Elemen kebingaran yang tinggi menyukarkan pembentukan sempadan objek yang sempurna. Garisan-garisan objek terputus menyukarkan analisa terhadap sesuatu objek dilakukan. Tambahan pula, kepelbagaian orientasi nilai intensiti piksel terhadap pertindihan struktur tulang, resolusi dan intensiti cahaya di antara sendi dan tulang pada peralatan sinar-x boleh mempengaruhi kualiti proses pengesanan sempadan yang dihasilkan (Feng, 2006; Colescu dan Lupu 2012; Fu *et al.*, 2012; Crisan dan Holban, 2013, Elaraby *et al.*, 2013; Khan dan Ravi, 2013; Bandyopadhyay dan Biswas, 2013; Jacob dan Wyawahare, 2013).

Dalam bidang pengimejan perubatan, ketidakseragaman nilai piksel biasa berlaku disebabkan oleh pelbagai faktor. Diantaranya ialah variasi ruang (*spatial variations*) dalam pencahayaan dan ketidaksempurnaan peranti perubatan merumitkan pemprosesan imej dan visual yang berkualiti dan tepat. Pendapat ini diutarakan oleh (Leonardo *et al.*, 1996; Fischer *et al.*, 2004; Chen *et al.*, 2006; Verma *et al.*, 2013; Kumar dan Pandey, 2014) menyebabkan proses segmentasi imej menjadi sukar kerana ketidakseragaman nilai-nilai setiap intensiti piksel dalam suatu imej bertindih antara julat intensiti di kawasan-kawasan segmentasi. Oleh yang demikian, teknik segmentasi telah menjadi bidang yang sukar dan mencabar kepada para pengkaji untuk menghasilkan teknik yang efektif dan cekap. Dalam bidang pengimejan perubatan, terdapat beberapa modaliti telah dibangunkan untuk menganalisa sesuatu ketidaknormalan yang terjadi kepada pesakit. Antaranya, *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), tomografi berkomputer, *Positron Emission Tomography* (PET), dan sebagainya. Sinar-x digunakan untuk menganalisa struktur anatomi organ manusia. Penemuan radiografi sinar-x oleh Wiliam H. Roentgen pada