

**PENGIRAAN ISI PADU DAN PRA SEGMENTASI RAWAN LUTUT SEPARA
AUTOMATIK MENGGUNAKAN TEKNIK COMSEG**

MARLINAWATI BINTI DJASMIR

**TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMPEROLEHI
IJAZAH DOKTOR FALSAFAH**

**FAKULTI TEKNOLOGI DAN SAINS MAKLUMAT
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
BANGI**

2019

PENGAKUAN

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

16 April 2019

MARLINAWATI BINTI DJASMIR
P67919

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah yang telah mengizinkan saya untuk menyelesaikan penyelidikan saya dengan memberikan ilham dan ilmu yang amat berguna. Semoga ilmu yang saya peroleh ini dapat digunakan untuk kebaikan bersama dan dapat membantu golongan yang memerlukan, InshaAllah. Pelbagai suka dan duka sepanjang menjalankan penyelidikan ini, namun semuanya merupakan kenangan-kenangan yang tidak dapat saya lupakan dan menjadi pendorong serta kekuatan bagi saya untuk meneruskan perjuangan seterusnya.

Ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada penyelia utama saya, Prof Dr. Riza Sulaiman kerana telah membantu saya dari segi perkongsian ilmu yang bermanfaat, sentiasa memberikan bimbingan jika saya menghadapi masalah serta teguran dan nasihat yang membina. Semoga segala ilmu yang dicurahkan kepada saya dapat saya sampaikan pula kepada mereka yang memerlukan. Tidak lupa juga ucapan terima kasih kepada penyelia bersama, Dr Sharifah Majedah dari Pusat Perubatan UKM yang juga telah banyak membantu dan tidak jemu untuk memberikan ilmu berkaitan perubatan dan juga telah memudahkan urusan saya sepanjang penyelidikan. Hanya Allah sahaja yang dapat membalias jasa kalian berdua yang berhati mulia. Semoga kalian berdua di dalam rahmat dan kasih sayang Allah selalu.

Sekalung budi dan terima kasih ditujukan buat ibu tersayang (Yusnidar bt Alwi) yang telah menjaga dan mendidik diri ini sehingga berjaya. Al-fatihah buat arwah ayah yang saya kasihi (Djasmir bin Umin). Walaupun hanya sementara menikmati kasih dari beliau dan ketiadaan beliau di sisi di saat saya memperoleh kejayaan, nasihat yang pernah diberikan dan kesungguhan beliau ingin melihat saya berjaya menjadi semangat dan dorongan buat saya sehingga ke hari ini. Semoga Allah mengampuni dosa-dosa beliau dan menempatkan beliau di syurga bersama-sama orang yang soleh.

Buat yang teristimewa, Mohd Faizul Abu Bakar, terima kasih atas sokongan yang diberikan serta bantuan yang dihulurkan. Hanya Allah yang dapat membalias segala kebaikan yang dilakukan. Semoga sentiasa dalam rahmat, perlindungan dan kasih sayang Allah selalu. Amin

Tidak lupa saya mengucapkan sekalung penghargaan kepada penaja utama saya iaitu Kementerian Pengajian Tinggi(MyPhd), individu-individu yang terlibat secara langsung atau tidak, barisan-barisan pensyarah, staf-staf akademik & sokongan dari Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat(FTSM) serta Institut Visual Informatik (IVI), rakan-rakan seperjuangan dan juga saudara mara. Semoga Allah mempermudahkan urusan kalian di dunia dan akhirat.

Akhir sekali, saya mengucapkan syukur yang tidak terhingga kerana segala penat lelah yang telah saya lalui membolehkan saya menyempurnakan penyelidikan dan penulisan tesis ini. Semoga ilmu yang saya peroleh diberkati oleh Alah hendaknya. Ameen.

ABSTRAK

Rawan lutut terletak di antara pertemuan tulang femur, tibia dan patela bertujuan melindungi tulang tersebut bergesel antara satu sama lain. Rawan lutut terdiri daripada 70% air, proteoglycans dan 2 jenis fiber kolagen. Jika rawan ini berkurangan atau nipis, maka seseorang itu akan merasa sakit dan sukar untuk bergerak. Penipisan rawan ini berpunca daripada pelbagai faktor dan pesakit yang mengalami simptom ini dikategorikan sebagai Osteoarthritis (OA). Bagi mengenal pasti tahap OA seseorang, imej lutut pesakit perlu diambil menggunakan kaedah pengimejan MRI. Selepas itu, imej tersebut akan melalui proses segmentasi bagi mendapatkan isi padu bagi tujuan analisis dan rawatan susulan. Majoriti teknik yang ada hanya dapat melakukan segmentasi terhadap imej lutut normal sahaja dan hasil segmentasi tidak mengambil kira kehadiran cecair sinovial. Selain itu, terdapat juga penyelidik yang menggunakan pengukuran ketebalan bagi menentukan tahap OA seseorang. Kaedah begini kurang tepat dan telah disahkan oleh pakar kerana kaedah ini hanya mengukur ketebalan di tempat-tempat tertentu dan dengan kaedah ini, isi padu tidak diperoleh. Isi padu sangat penting dalam menentukan tahap OA dan juga untuk tujuan rawatan susulan terhadap pesakit. Bagi mengatasi masalah yang dinyatakan, satu teknik pra-segmentasi baru hasil penambahbaikan terhadap teknik sedia ada telah dibangunkan. Teknik yang dihasilkan ini diberi nama teknik COMSeg. COMSeg merupakan singkatan bagi Contrast (CO), Measure (M) dan Segment (Seg). Objektif penyelidikan secara spesifiknya i) Mengkaji dan membangunkan satu teknik penambahbaikan pada algoritma pra-segmentasi untuk membolehkan segmentasi dilakukan terhadap rawan lutut dengan memisahkan cecair meniskus semasa proses segmentasi melalui imej lutut MR yang terdiri dari pelbagai tahap OA ii) Menghasilkan penambahbaikan pada algoritma pengiraan isiapdu yang mampu menghitung isi padu keseluruhan rawan lutut setelah proses segmentasi dan iii) Mengintegrasikan teknik pra-segmentasi dan pengiraan isi padu yang ditambah baik pada algoritma dan menguji keberkesanan penambahbaikan tersebut terhadap set data pesakit OA. Teknik baru yang ditambah baik ini membolehkan kumpulan pakar bahagian radiologi melakukan segmentasi rawan lutut dengan lebih mudah dan tepat seterusnya dapat menganalisis tahap OA pesakit serta untuk melakukan rawatan susulan yang bersesuaian. Pengujian dan perbandingan terhadap keberkesanan dan ketepatan hasil yang diperoleh melalui teknik baru dilaksanakan dengan menggunakan pengukuran keupayaan segmentasi terhadap imej lutut yang terdiri daripada 3 kategori iaitu OA normal, OA pertengahan dan OA yang teruk. Hasil pengujian dan analisis data dilakukan bersama kumpulan pakar Pusat Perubatan Universiti Kebangsaan Malaysia bahagian Radiologi seramai 3 orang. Kaedah penilaian dilakukan oleh pakar radiologi bahagian rawan lutut adalah melalui perbandingan terhadap ketepatan segmentasi dan isi padu yang diperoleh secara manual dan automatik. Metodologi penyelidikan terdiri daripada empat fasa iaitu analisis, reka bentuk, implementasi dan perbandingan dan pengujian. Hasil penyelidikan telah mencapai objektif seperti yang dinyatakan dan dapat menyelesaikan masalah yang dihadapi. Sumbangan penyelidikan adalah terhadap proses pra-segmentasi dan juga pengiraan isi padu rawan lutut untuk pelbagai tahap OA.

VOLUME CALCULATION AND SEMI AUTOMATIC PRE SEGMENTATION OF KNEE CARTILAGE USING COMSEG TECHNIQUE

ABSTRACT

Knee cartilage is located between intersection of femur, tibia and patella bones to protect them from rubbing against each other. Knee cartilage consists of 70% water, proteoglycans and 2 types of collagen fiber. If the cartilage is reduced or thin, then the person will feel pain and difficult to move. This cartilage thinning due to various factors and patients suffering from these symptoms categorized as Osteoarthritis (OA). To identify the level of OA, patient's knee images need to be taken by MRI imaging method. After that, the image will go through the segmentation process to obtain the volume for analysis and follow-up purposes. Majority of the techniques available can only segment on normal knee images and segmentation results do not take into account the presence of synovial fluids. In addition, there are also researchers who use the measurement of thickness to determine the level of OA. This method is less precise and has been verified by a specialist because this method only measure the thickness in certain places and the volume cannot be obtain. Volume is very important in determining OA level and also for follow-up treatment. To address the problem, a new pre-segmentation technique of improvements to existing techniques have been developed. This technique is called COMSeg technique. COMSeg stands for Contrast (CO), Measure (M) and Segmentation (Seg). Thus, the objectives of this research are specifically i) to study and develops an-improvement technique in pre-segmentation algorithms to allow segmentation to be performed against the knee cartilage by separating the synovial fluid during the segmentation process through MR knee images consisting of various levels of OA , ii) Results in improvements in volume calculation algorithms that are able to calculate the overall volume of the knee after the segmentation process and iii) Integrating pre-segmentation techniques and improved volume computations on algorithms and testing the effectiveness of these enhancement on OA patient data sets. This new improved technique allows expert group in radiologist division to carry out a more precise and accurate segmentation of the knee to analyze the patient's OA level as well as to perform appropriate follow-up treatment. Testing and comparing of the effectiveness and accuracy of the results obtained through new technique were performed using the measurement of segmentation capabilities on knee images consisting of 3 categories; normal, intermediate and severe OA. The test results and analysis of the data were obtained from the feedback of three experts group from the Medical Centre of Universiti Kebangsaan Malaysia in Radiology division. Evaluation was done by radiologists and knee cartilage expert by comparing the accuracy of segmentation and volumetric obtained manually and automatically. The research methodology consists of four phases: analysis, design, implementation and testing. The results of research has achieved the objectives stated and can solve the problems encountered . The contribution of this research is to the pre-segmentation process as well as calculating the volume of knee cartilage for various levels of OA.

KANDUNGAN

	Halaman	
PENGAKUAN	ii	
PENGHARGAAN	iii	
ABSTRAK	iv	
ABSTRACT	v	
KANDUNGAN	vi	
SENARAI JADUAL	ix	
SENARAI ILUSTRASI	xi	
SENARAI SINGKATAN	xiv	
BAB I	PENDAHULUAN	
1.1	Pendahuluan	1
1.2	Pernyataan Masalah	6
	1.2.1 Cabaran pakar radiologi dalam melakukan prosedur manual	7
	1.2.2 Prosedur dan proses yang terlibat dalam memproses imej lutut untuk tujuan segmentasi	9
1.3	Persoalan Kajian	12
1.4	Objektif Penyelidikan	13
1.5	Skop Penyelidikan	14
1.6	Rangkakerja Konseptual/Kaedah Penyelidikan	16
1.7	Organisasi Tesis	19
BAB II	KAJIAN KESUSASTERAAN	
2.1	Latarbelakang Kajian	22
2.2	Lutut	23
	2.2.1 Tulang rawan	24
	2.2.2 Cecair sinovial	25
	2.2.3 Penyakit berkaitan lutut	28
	2.2.4 Tanda-tanda kerosakan pada rawan lutut	31
	2.2.5 Cara mengenal pasti tahap OA	31
2.3	Kaedah Pengimejan Perubatan	36
	2.3.1 Sinar X-ray	38
	2.3.2 Pengimbas CT	39

	2.3.3 MRI	39
2.4	Segmentasi	44
	2.4.1 Maksud segmentasi	47
	2.4.2 Tujuan segmentasi	48
	2.4.3 Masalah yang dihadapi	49
	2.4.4 Teknik untuk segmentasi rawan lutut	50
2.5	Cadangan penyelidikan	63
2.6	Kesimpulan	64
BAB III	KAEDAH PENYELIDIKAN	
3.1	Pengenalan	65
3.2	Reka bentuk Kajian	66
	3.2.1 Fasa analisis	67
	3.2.2 Fasa reka bentuk	69
	3.2.3 Fasa implementasi	70
	3.2.4 Fasa pengujian	70
3.3	Sampel Populasi	70
3.4	Pengumpulan Data	73
	3.4.1 Pemilihan kaedah pengimejan lutut	74
	3.4.2 Pemilihan posisi imej lutut MR	76
3.5	Analisis Data (Hasil data)	78
	3.5.1 Kajian 1 – Nilai kontras imej	79
	3.5.2 Kajian 2- Nilai ambang bawah dan atas	86
3.6	Eksperimen Berbantukan Pakar	89
3.7	Kesimpulan	90
BAB IV	PEMPROSESAN IMEJ LUTUT MR MENGGUNAKAN TEKNIK COMSEG	
4.1	Pengenalan	91
	4.1.1 Input	93
	4.1.2 Pra-segmentasi	101
	4.1.3 Segmentasi	105
	4.1.4 Keluaran	110
4.2	Perbincangan	116
4.3	Kesimpulan	117
BAB V	PENGUJIAN DAN PERBANDINGAN	
5.1	Pengenalan	119

5.2	Pengujian teknik COMSEG	120
5.2.1	Pelarasian kontras	120
5.2.2	Penetapan selang nilai ambang bawah dan ambang atas	125
5.2.3	Pengujian terhadap titik mula	127
5.2.4	Pengujian penuh teknik COMSeg	131
5.3	Hasil Pengujian	135
BAB VI ANALISIS DATA		
6.1	Pendahuluan	160
6.2	Sisihan piawai Antara lelaki dan Perempuan di Antara OA Normal, Pertengahan Dan Teruk	161
6.3	Kesimpulan	165
BAB VII KESIMPULAN		
7.1	Pengenalan	166
7.2	Sumbangan penyelidikan	167
7.3	Kekangan Penyelidikan	169
7.4	Cadangan Penambahbaikan	170
RUJUKAN		171
Lampiran A	Pengesahan Pakar	177
Lampiran B	Pengesahan Pakar	178

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
Jadual 1.1	Persoalan kajian berkaitan dengan penyelidikan	13
Jadual 2.1	Pembahagian kategori intensiti dalam imej lutut MR	28
Jadual 2.2	Perbandingan kaedah pengimejan yang digunakan dalam perubatan	44
Jadual 2.3	Perbandingan di antara teknik segmentasi manual dan automatik	48
Jadual 2.4	Perbandingan teknik segmentasi rawan lutut kajian-kajian lepas	59
Jadual 2.5	Kajian lepas berkaitan segmentasi lutut	62
Jadual 3.1	Ciri-ciri data imej MR	74
Jadual 3.2	Pengelasan tisu gelap dan tisu terang	81
Jadual 3.3	Julat nilai intensiti untuk mendapatkan imej rawan yang jelas	82
Jadual 3.4	Julat nilai peta warna skala kelabu dengan nilai julat intensiti 91-110	83
Jadual 3.5	Selang nilai intensiti bagi ambang bawah dan ambang atas	89
Jadual 4.1	Hirisan imej lutut mengikut urutan	94
Jadual 4.2	a) Proses penentuan titik mula ,b) proses semasa pengembangan rantau dan c) hasil segmentasi bagi pesakit OA normal dari pelbagai hirisan	107
Jadual 5.1	Imej lutut MR untuk pesakit OA normal	121
Jadual 5.2	Imej lutut MR untuk pesakit OA pertengahan	122
Jadual 5.3	Imej lutut MR untuk pesakit OA teruk	123
Jadual 5.4	Pengujian nilai ambang bawah terhadap ketiga-tiga kategori OA	125
Jadual 5.5	Titik mula yang di letakkan pada rawan lutut dan hasilnya	128
Jadual 5.6	Titik mula yang di letakkan pada rawan lutut dan hasilnya untuk ketiga-tiga kategori OA	129
Jadual 5.7	Pengujian teknik COMSeg kepada imej OA normal	132

Jadual 5.8	Pengujian teknik COMSEG kepada imej OA pertengahan	133
Jadual 5.9	Pengujian teknik COMSEG kepada imej OA teruk	134
Jadual 5.10	Hasil pengujian bagi imej OA normal	136
Jadual 5.11	Hasil pengujian bagi imej OA pertengahan	142
Jadual 5.12	Hasil pengujian bagi imej OA teruk	147
Jadual 5.13	Hasil segmentasi data pesakit bagi ketiga-tiga kategori OA	159
Jadual 6.1	Min isi padu bagi lelaki berdasarkan ketiga-tiga kategori OA	161
Jadual 6.2	Min isi padu bagi perempuan berdasarkan ketiga-tiga kategori OA	162
Jadual 6.3	Perbandingan min isi padu berdasarkan jantina	162
Jadual 6.4	Jadual prosedur pengesahan Pakar	165

SENARAI ILUSTRASI

No. Rajah		Halaman
Rajah 1.1	Contoh pengelompokan piksel mengikut persamaan nilai intensiti	3
Rajah 1.2	Perbezaan nilai piksel yang terdapat dalam sebahagian imej yang telah dibesarkan	3
Rajah 1.3	Struktur organisasi kajian bab 1	6
Rajah 1.4	Kaedah yang digunakan oleh pakar bagi penandaan rantau rawan menggunakan kaedah pengesanan tepi.	8
Rajah 1.5	Mesin MRI PPUKM	16
Rajah 1.6	Rangka kerja konseptual	18
Rajah 2.1	Struktur organisasi kajian bab 2	23
Rajah 2.2	Struktur anatomi lutut manusia	24
Rajah 2.3	Kedudukan rawan lutut dan cecair synovial	27
Rajah 2.4	Keadaan lutut pesakit OA	29
Rajah 2.5	Intensiti bagi piksel rawan lutut	34
Rajah 2.6	a) Imej rawan lutut normal b) Imej rawan lutut yang mengalami OA	41
Rajah 2.7	Imej lutut X-Ray	42
Rajah 2.8	Imej lutut imbasan CT	43
Rajah 2.9	Imej lutut MRI	43
Rajah 2.10	Proses <i>thresholding</i>	52
Rajah 2.11	Perbezaan imej asal, hasil segmentasi secara manual, hasil segmentasi tanpa kontur aktif dan hasil segmentasi dengan kontur aktif	54
Rajah 2.12	Pembelajaran pokok keputusan	56
Rajah 2.13	(a) Imej sintetik yang terganggu. (b) Ventrikel kiri dari imej MR. (c) Kelenjar prostat dari imej ultrasound. (d)-(f) Pemetaan bucu yang diperoleh daripada tekstur Law's dan pengesanan bucu Canny	58

Rajah 3.1	Struktur organisasi kajian bab 3	66
Rajah 3.2	Empat fasa dalam pendekatan penyelidikan	67
Rajah 3.3	Hirisan imej sagittal DESS OA normal	71
Rajah 3.4	Hirisan imej sagittal DESS OA pertengahan	72
Rajah 3.5	Hirisan imej sagittal DESS OA teruk	72
Rajah 3.6	Langkah-langkah penentuan imej lutut	74
Rajah 3.7	Posisi <i>Sagittal</i>	77
Rajah 3.8	Posisi <i>Coronal</i>	77
Rajah 3.9	Posisi <i>Axial</i>	78
Rajah 3.10	Perbezaan nilai pelarasan antara kecerahan (a)(b) dan kontras (c)(d)	80
Rajah 3.11	Imej asal	84
Rajah 3.12	peta warna skala kelabu 0-0.1	84
Rajah 3.13	Peta warna skala kelabu 0.1-0.5	85
Rajah 3.14	Peta warna skala kelabu 0.5-1	85
Rajah 3.15	Cecair sinovial mempunyai intensiti yang lebih terang	88
Rajah 4.1	Struktur organisasi kajian bab 4	92
Rajah 4.2	Algorithm pemprosesan imej rawan lutut	93
Rajah 4.3	Penandaan titik mula (Contoh 1)	103
Rajah 4.4	Penandaan titik mula (Contoh 2)	104
Rajah 4.5	Proses pengembangan rantau yang berlaku terhadap titik mula (merah)	105
Rajah 4.6	Hasil segmentasi (kanan)	111
Rajah 4.7	Hasil segmentasi (kiri)	111
Rajah 4.8	Hasil Segmentasi (depan)	112
Rajah 4.9	Hasil segmentasi (atas)	112
Rajah 4.10	Algoritma pengiraan isi padu	114

Rajah 4.11	Carta alir bagi pemprosesan imej	118
Rajah 5.1	Struktur organisasi kajian bab 5	119
Rajah 5.2	Pengasingan cecair sinovial dan rawan lutut OA normal selepas proses segmentasi (Contoh 1)	152
Rajah 5.3	Pengasingan cecair sinovial dan rawan lutut OA normal selepas proses segmentasi (Contoh 2)	153
Rajah 5.4	Visualisasi rawan lutut pesakit OA normal	154
Rajah 5.5	Visualisasi rawan lutut pesakit OA pertengahan	155
Rajah 5.6	Visualisasi rawan lutut pesakit OA teruk	156
Rajah 5.7	Contoh kaedah pengukuran berdasarkan ketebalan	157
Rajah 5.8	Jadual penilaian tahap OA bagi pengukuran berdasarkan ketebalan	158
Rajah 6.1	Struktur organisasi kajian bab 5	160
Rajah 6.2	Perbezaan min isi padu antara tiga kumpulan OA iaitu normal, pertengahan dan teruk bagi lelaki dan perempuan	163
Rajah 6.3	Imej rawan lutut normal bagi a lelaki dan b perempuan	164
Rajah 7.1	Struktur organisasi Bab VII	166

SENARAI SINGKATAN

ANN	Artificial neural Network
CT Scan	Computed Tomography
DESS	Dual Echo at Steady State
MPRAGE	Magnetization-Prepared Rapid Gradient Echo
MRI	Magnetic Resonance Image
MTC	Magnetic Transfer Contras
OA	Osteoarthritis
PPUKM	Pusat Perubatan Universiti Kebangsaan Malaysia
ROI	Region Of Interest

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 PENDAHULUAN

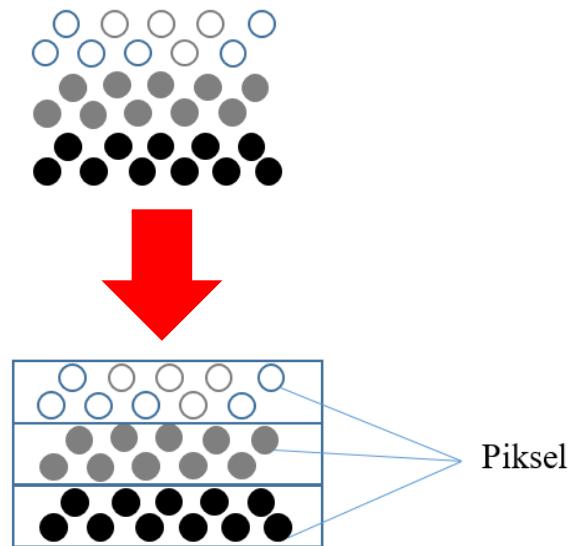
Imej merupakan bahagian yang penting di dalam bidang perubatan masa kini. Ini kerana selain dapat melihat organ dalaman manusia, imej perubatan digunakan untuk mengenal pasti sebarang perubahan yang berlaku dalam tubuh manusia yang tidak dapat dilihat dengan mata kasar. Kaedah pengimejan yang sering diguna pakai untuk memaparkan imej dalam bidang perubatan adalah *X-ray*, *Ultrasound*, *Magnetic Resonance Image* (MRI) dan *Computed Tomography* (CT) *Scan*. Imej yang terhasil daripada mesin pengimbas ini terdiri daripada imej 2 dimensi dan 3 dimensi. Imej-imej yang diambil menggunakan kaedah yang dinyatakan membolehkan para doktor melihat organ dalaman badan manusia untuk memudahkan analisis dilakukan dan kemungkinan pembedahan kecil dapat dilakukan jika diperlukan di bahagian yang mempunyai masalah . Cara ini dapat membantu para doktor merawat bahagian yang bermasalah tanpa perlu melakukan pembedahan yang lebih besar (Choudhari & Biday 2013).

Sebelum imej-imej daripada mesin imbasan tersebut dapat digunakan untuk tujuan analisis, imej-imej tersebut perlu melalui satu proses penting yang dikenali sebagai segmentasi. Proses segmentasi merupakan langkah awal (Somkantha, Theera-Umporn & Auephanwiriyakul 2011) yang perlu dilakukan terhadap imej sebelum proses seterusnya iaitu pengecaman dan pemahaman terhadap objek dapat dilakukan. Segmentasi imej merupakan satu proses pembahagian imej kepada bahagian yang bermakna yang kebiasaannya terdiri daripada latar belakang dan objek supaya hasil segmentasi tersebut dapat digunakan untuk tujuan rawatan. Tujuan segmentasi dalam bidang perubatan menurut (Tarambale & Lingayat 2013) adalah untuk mengkaji

struktur anatomi, mengenal pasti sempadan yang dikehendaki seperti tulang rawan, ketumbuhan dan kecacatan yang lain, mengira isi padu untuk mengenal pasti kekurangan tulang rawan, membantu dalam perancangan rawatan serta membantu mengenal pasti perbezaan di antara satu struktur anatomi dengan struktur anatomi yang lain.

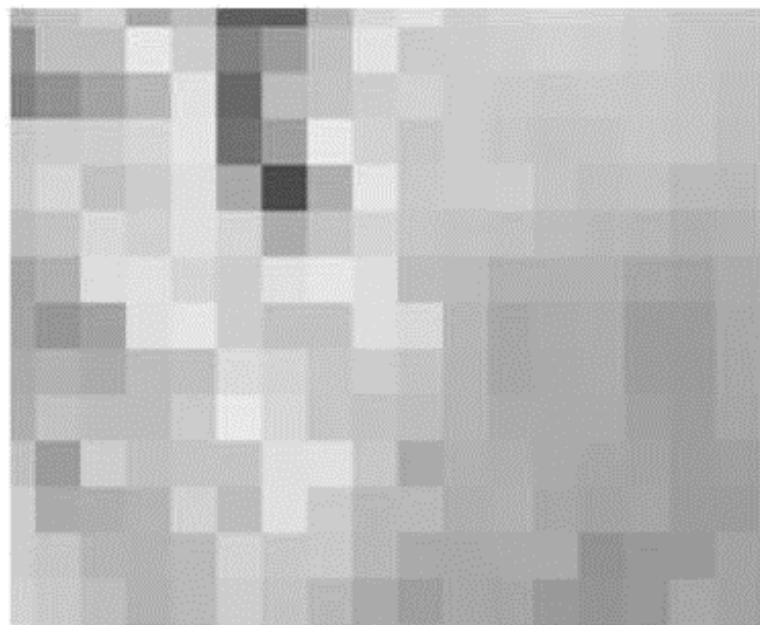
Proses segmentasi merupakan satu tugas yang agak mencabar kerana kebanyakan imej tersebut mengandungi hingar (*noise*). Hingar tersebut hendaklah dihilangkan atau dikurangkan terlebih dahulu supaya proses segmentasi lebih lancar dan hasil yang diperoleh daripada imej tersebut lebih tepat. Oleh itu, pelbagai kaedah dan pendekatan yang digunakan dan pemilihan kaedah tertentu adalah berdasarkan masalah yang hendak diselesaikan. Berdasarkan kajian lepas, tidak ada pendekatan tunggal yang dapat menyelesaikan masalah berkaitan dengan segmentasi imej perubatan terhadap pelbagai kaedah pengimejan yang diguna pakai pada hari ini.

Secara umumnya, dalam pemrosesan imej, segmentasi merupakan satu proses pembahagian objek kepada bahagian atau kumpulan tertentu dalam nilai/bentuk piksel untuk memudahkan imej tersebut diekstrak (Gaikwad, Abhang & Bedekar 2011) diukur dan juga visualisasi (Somkantha, Theera-Umpon & Auephanwiriyakul 2011). Kaedah pengelompokan (*clustering*) digunakan semasa melakukan segmentasi terhadap imej. Contoh konsep pengelompokan ditunjukkan seperti pada Rajah 1.1. Lazimnya, segmentasi imej digunakan untuk mencari objek dan sempadan dalam imej. Lebih tepat lagi, segmentasi imej merupakan proses memberikan atau menetapkan label terhadap setiap intensiti piksel pada imej. Piksel dengan label yang sama berkongsi ciri paparan tertentu. Piksel merupakan satu elemen kecil dalam imej dan setiap piksel mempunyai satu nilai tertentu. Setiap piksel hanya mempunyai satu nilai sahaja dan nilai tersebut menunjukkan kecerahan intensiti untuk titik tersebut. Dalam satu imej, kemungkinan terdapat beribu-ribu piksel yang membentuk imej tersebut.



Rajah 1.1 Contoh pengelompokan piksel mengikut persamaan nilai intensiti

Bagi imej skala kelabu 8 bit, nilai piksel adalah antara 0-255. Nilai 0 menunjukkan ketiadaan kecerahan dan ini menandakan gelap. Oleh itu, jika terdapat piksel yang mempunyai nilai 0, maka titik tersebut merupakan warna hitam. Sebaliknya jika nilai piksel adalah 255, maka titik tersebut merupakan warna putih. Rajah 1.2 berikut menunjukkan contoh sebahagian imej yang telah dibesarkan untuk menunjukkan perbezaan piksel yang wujud dalam sesuatu imej.



Rajah 1.2 Perbezaan nilai piksel yang terdapat dalam sebahagian imej yang telah dibesarkan

Oleh itu, piksel memainkan peranan yang sangat penting dalam proses segmentasi kerana piksel-piksel tersebut mempunyai nilai yang tertentu yang dapat membantu dalam proses segmentasi. Berbalik kepada segmentasi, teknik segmentasi yang biasa digunakan dalam bidang perubatan dikategorikan kepada dua bahagian iaitu kaedah berasaskan tepi dan kaedah berasaskan rantau (Choudhari & Biday 2013; Somkantha, Theera-Umpon & Auephanwiriyakul 2011). Kaedah berasaskan tepi merupakan kaedah untuk mengenal pasti sempadan objek menggunakan pengendali pengesanan tepi kemudian mengekstrak sempadan menggunakan maklumat tepi tersebut (Somkantha, Theera-Umpon & Auephanwiriyakul 2011; Islam & Ahmed 2013). Kewujudan hingar terhadap imej merupakan satu masalah kepada pengesanan tepi (Choudhari & Biday 2013). Disebabkan hingar tersebut, untuk memperoleh tepi yang sangat tepat di dalam imej yang sebenar adalah mustahil (Folkesson, Dam, Olsen, Pettersen & Christiansen 2007).

Manakala kaedah berasaskan rantau pula adalah berasaskan kepada persamaan imej data serantau/kawasan. Pendekatan yang banyak digunakan untuk kaedah berasaskan rantau ini terdiri dari nilai ambang, pengelompokan (*clustering*), pengembangan rantau (*region growing*) pemisahan dan penggabungan (*splitting and merging*) (Jain & Vailaya 1996). Walau bagaimanapun, penilaian terhadap hasil segmentasi imej menggunakan kaedah berasaskan rantau ini menunjukkan masalah yang sama seperti kaedah berasaskan tepi. Ini kerana kaedah berasaskan rantau tidak dapat mengekstrak sempadan secara tepat bagi imej yang mempunyai hingar (Choudhari & Biday 2013). Di dalam kajian ini, imej yang akan digunakan untuk proses segmentasi adalah imej lutut dari MRI.

Terdapat banyak kelebihan mengapa kaedah pengimejan MRI digunakan secara meluas dalam bidang perubatan. Melalui imej MR, masalah seperti infeksi, ketumbuhan, keretakan, kerosakan rawan lutut, struktur hati dan otak yang tidak normal dapat dikenal pasti (Gaikwad, Abhang & Bedekar 2011). Selain itu, imej MR juga boleh menggambarkan dengan jelas tulang dan persekitaran tisu lembut. Oleh itu, kaedah pengimejan ini amat sesuai untuk digunakan dalam penyelidikan ini. Resolusi yang tinggi bagi imej MR boleh digunakan untuk menghasilkan set data berbilang hirisan. Hirisan-hirisan imej yang dihasilkan dapat digabungkan untuk memaparkan

sendi lutut dalam bentuk 3 dimensi. Seterusnya pengiraan isi padu dan ketebalan rawan lutut dapat dilakukan untuk tujuan analisis dan pengesanan awal bagi menilai perkembangan tahap pesakit (Mallikarjuna Swamy & Holi 2010). Proses pengsegmenan yang dilakukan terhadap rawan lutut bertujuan untuk mengenal pasti perubahan yang terjadi pada rawan lutut agar rawatan yang sesuai dapat dilaksanakan

Di dalam struktur badan manusia, lutut merupakan sendi paling kompleks, lembut, kerap tercedera serta rosak (Mallikarjuna Swamy & Holi 2010). Rawan lutut merupakan bahagian sendi lutut yang sering mengalami masalah atau kecederaan. Penyakit yang berkaitan dengan rawan lutut ini dipanggil *Osteoarthritis* (OA). OA merupakan penipisan/kemerosotan rawan lutut yang kebiasaannya mengakibatkan ketidakupayaan individu untuk bergerak terutamanya bagi yang mengalami OA yang teruk (Mohd Khairul 2015). OA boleh berlaku kepada seseapa sahaja tanpa mengira umur, jantina dan latar belakang. Disebabkan penipisan rawan lutut terhadap pesakit OA tidak ketara dan perlahan, pengukuran kuantitatif bagi isi padu dan ketebalan tulang rawan telah banyak membantu (Mohd Khairul 2015). Isi padu dan ketebalan merupakan dua kaedah yang digunakan untuk menilai perkembangan pesakit di dalam kajian klinikal OA.

Dilaporkan bahawa 11-13% perubahan awal iaitu pengurangan isi padu rawan lutut boleh dikesan melalui MRI selagi belum berlaku penyempitan ruang sendi (Kubakaddi, Ravikumar & Harini 2013). Penyempitan ruang sendi bermaksud telah berlaku penipisan rawan lutut yang teruk. Apabila rawan lutut semakin menipis, semakin sukar untuk mendapatkan rantaunya untuk dianalisis. Oleh itu, pengukuran isi padu rawan lutut adalah lebih sensitif (perbezaan isi padu dapat diukur dengan jelas) pada peringkat awal kemerosotan rawan lutut berbanding setelah terjadinya penyempitan ruang sendi. MRI menawarkan kaedah yang lebih tepat untuk menilai kemerosotan rawan lutut dengan kelebihan ciri-ciri yang ada padanya. Menurut (Mohd Khairul 2015) visualisasi data kuantitatif banyak membantu dalam pengenalpastian penilaian tahap OA seseorang. Bagi memudahkan pengenalpastian dan penilaian tahap OA seseorang, visualisasi imej rawan lutut yang jelas amat diperlukan. Selain untuk tujuan visualisasi, imej yang jelas juga berperanan semasa pemprosesan imej iaitu segmentasi.

Bab 1 ini membincangkan berkenaan imej perubatan, tujuan imej perubatan, kaedah pengimejan dalam perubatan, teknik yang digunakan untuk memproses imej perubatan serta cabaran untuk melakukan segmentasi terhadap imej tersebut. Selain itu, perkara yang dibincangkan dalam bab ini juga terdiri daripada pernyataan masalah, persoalan kajian, objektif penyelidikan, skop penyelidikan, rangka kerja konseptual dan yang terakhir adalah organisasi tesis. Rajah 1.3 berikut merupakan struktur kajian bagi bab 1.



Rajah 1.3 Struktur organisasi kajian bab 1

1.2 PERNYATAAN MASALAH

Tahap OA seseorang dapat ditentukan melalui dua kaedah iaitu isi padu dan ketebalan. Namun, dalam menentukan tahap OA, pengukuran dari segi ketebalan adalah kurang tepat kerana nilai ketebalan diambil pada bahagian-bahagian tertentu. Melalui pengukuran ketebalan, tahap OA boleh ditentukan tetapi masalah berlaku apabila hendak melakukan rawatan susulan. Ini kerana, nilai isi padu sebenar rawan lutut yang berkurangan tidak diketahui. Maka rawatan yang dilakukan hanya berdasarkan keselesaan pesakit. Oleh itu, pengukuran berdasarkan isi padu adalah lebih tepat kerana mengambil bacaan keseluruhan rawan lutut tersebut.

Penyelidikan yang dilakukan adalah berdasarkan permasalahan yang telah dikenal pasti iaitu:

- i. Cabaran pakar radiologi dalam melalukan prosedur manual
- ii. Kaedah dan teknik yang terlibat dalam memproses imej lutut untuk tujuan segmentasi

Kedua-dua permasalahan ini akan dibincangkan seperti berikut.

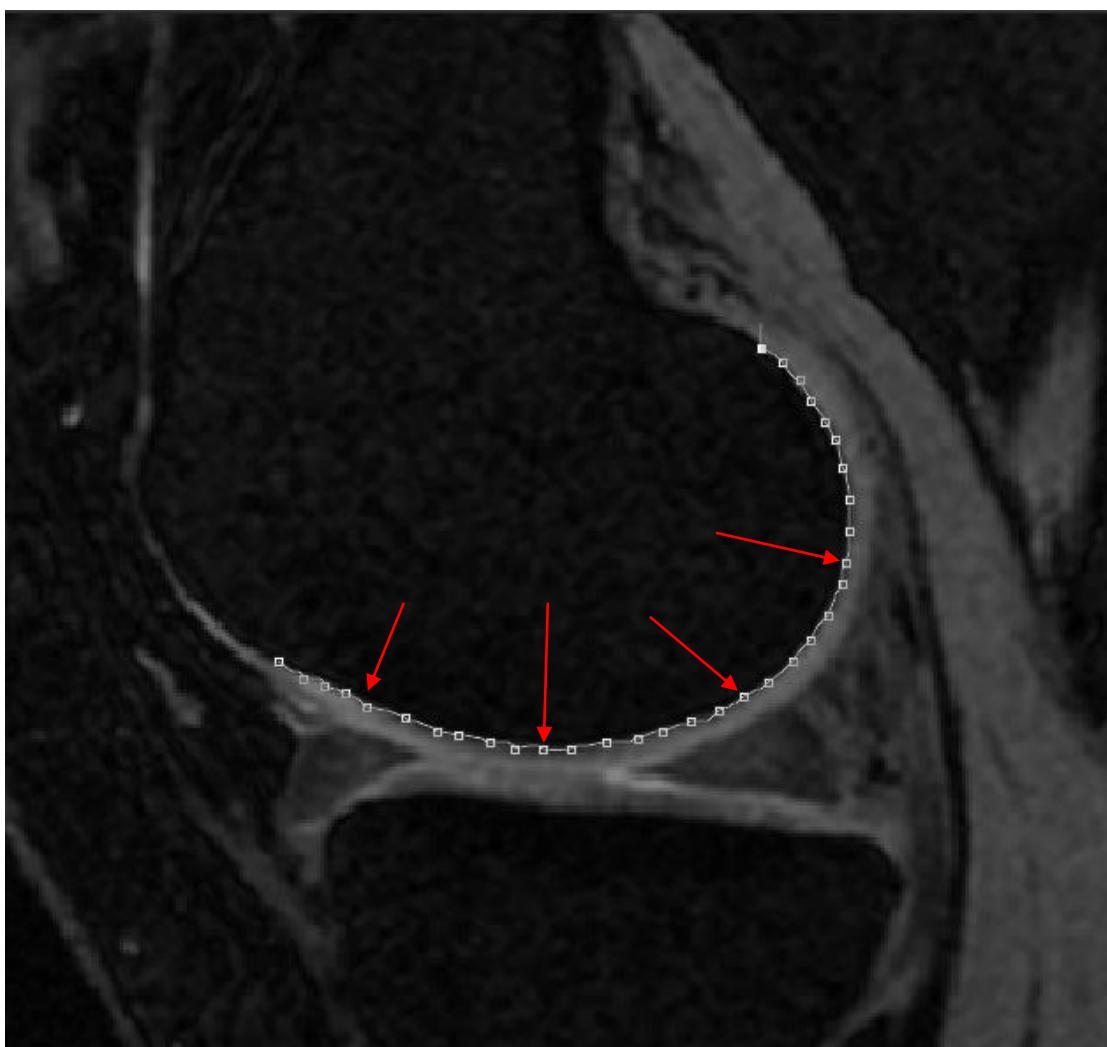
1.2.1 Cabaran pakar radiologi dalam melakukauan prosedur manual

Kaedah yang di guna pakai oleh pakar radiologi bagi memproses dan menganalisis imej lutut MR pesakit OA adalah melalui prosedur manual. Kaedah ini masih menggunakan kemudahan mesin pengimejan MRI dan juga komputer untuk melihat struktur dan keadaan lutut pesakit. Tanpa mesin MRI dan juga komputer, mustahil untuk pakar radiologi untuk menganalisis seseorang pesakit kerana pesakit OA tidak hanya dapat di kenal pasti berdasarkan simptom klinikal, tapi melalui bantuan tambahan seperti isi padu dan juga visualisasi. Visualisasi rawan amat diperlukan terutama kepada pesakit OA teruk yang memerlukan pembedahan. Pakar perlu mengetahui bagaimana keadaan rawan tersebut dan di bahagian mana yang mengalami kemerosotan rawan yang teruk dan perlukan rawatan.

Berikut merupakan prosedur manual yang dilakukan oleh pakar bagi menentukan tahap OA seseorang pesakit sebelum rawatan diberikan :

- i. Lutut pesakit akan di imbas menggunakan mesin MRI dan imej tersebut akan digunakan sebagai input. Imej yang terhasil daripada mesin MRI adalah dalam 3 Dimensi. Ia akan dipaparkan pada komputer dan pakar radiologi akan menggunakan sistem yang membolehkan mereka melakukan pemprosesan terhadap imej tersebut

- ii. Selepas imej lutut dimasukkan ke dalam sistem khas untuk memproses imej, pakar akan memulakan proses penandaan rawan yang dilakukan hirisan demi hirisan.
- iii. Penandaan yang dilakukan adalah untuk mendapatkan rantau bagi rawan dengan menggunakan kaedah pengesanan tepi. Rajah 1.4 berikut menunjukkan contoh kaedah yang digunakan oleh pakar bagi penandaan rantau rawan menggunakan kaedah pengesanan tepi. Anak panah menunjukkan cara pakar menandakan pada imej.



Rajah 1.4 Kaedah yang digunakan oleh pakar bagi penandaan rantau rawan menggunakan kaedah pengesanan tepi.

- iv. Pakar akan menandakan rantau rawan seperti dalam Rajah 1.4 sehingga selesai dan ini akan dilakukan untuk setiap hirisan sehingga selesai. Sekiranya

penandaan tersebut didapati salah, pakar akan mengulangi proses penandaan itu sehingga mereka berpuas hati. Disebabkan imej mempunyai intensiti yang hampir sama, maka menyukarkan pakar bagi melakukan penandaan rawan dengan cepat. Penandaan tersebut memerlukan penelitian dan perlu dilakukan dengan berhati-hati.

- v. Selesai proses penandaan rantau untuk kesemua hirisan yang mengandungi maklumat rawan, imej tersebut akan dicantum bagi menghasilkan imej 3 Dimensi.

Berdasarkan prosedur manual yang dilakukan oleh pakar, kaedah yang digunakan sangat memenatkan dan mengambil masa yang lama bagi mendapatkan maklumat rawan untuk menganalisis tahap OA pesakit. Ini diakui sendiri oleh pakar tersebut. Penandaan terhadap rawan pada imej MR tersebut mengambil masa yang lama kerana jika pakar radiologi tersalah melakukan penandaan pada titik tertentu, maka proses tersebut akan diulang semula. Proses ini memakan masa sehingga berhari-hari untuk setiap pesakit kerana setiap pesakit mempunyai imej sebanyak 160 hirisan. Selain mengambil masa yang lama, proses yang dilakukan oleh pakar ini amat memenatkan.

1.2.2 Prosedur dan proses yang terlibat dalam memproses imej lutut untuk tujuan segmentasi

Bagi mendapatkan bacaan isi padu rawan lutut, proses segmentasi perlu dilakukan terhadap imej rawan lutut. Bagaimanapun, segmentasi bagi rawan lutut bukan perkara yang mudah kerana struktur rawan lutut amat tipis. Pelbagai teknik dihasilkan sehingga kini bagi mendapatkan hasil segmentasi yang tepat. Namun teknik-teknik tersebut masih tidak dapat melakukan segmentasi yang baik terhadap rawan lutut terutamanya bagi OA pertengahan dan OA yang teruk. Malah terdapat teknik yang dihasilkan hanya dapat melakukan segmentasi terhadap rawan lutut yang normal sahaja. Bacaan isi padu yang jauh tersasar akan memberi kesan kepada rawatan yang akan dilakukan terhadap pesakit.

Hasil segmentasi bergantung pada proses yang dipanggil pra-segmentasi. Pra-segmentasi memainkan peranan penting supaya proses segmentasi dapat dilakukan dengan baik. Pemilihan teknik dan langkah yang kurang tepat membuatkan proses segmentasi menjadi sukar. Proses pra-segmentasi ini melibatkan pemilihan imej yang akan digunakan sebagai input, teknik yang sesuai bagi mendapatkan imej rawan lutut yang lebih jelas dan kaedah yang sesuai bagi membolehkan rawan lutut sahaja akan disegmen. Maka, satu teknik pra-segmentasi yang sesuai perlu dihasilkan bagi membolehkan segmentasi rawan lutut dilaksanakan untuk pelbagai tahap OA. Pada hari ini, segmentasi yang dilaksanakan dinilai dari aspek masa dan juga ketepatan hasil segmentasi.

Apakah yang menyebabkan segmentasi terhadap rawan lutut yang nipis itu sukar untuk dilakukan? Faktor penyebab yang dikenal pasti melalui kajian lepas antaranya:

- i. Pemilihan imej yang kurang sesuai
- ii. Pemilihan teknik yang kurang tepat bagi mendapatkan imej yang jelas
- iii. Pemilihan teknik dan kaedah pemprosesan yang tidak sesuai

Faktor-faktor ini akan dibincangkan satu persatu seperti berikut.

i. Pemilihan imej yang kurang sesuai

Dalam bidang perubatan, kaedah pengimejan yang sering diguna pakai seperti X-Ray, CT scan, Ultrasound dan juga MRI. Kesemua kaedah pengimejan ini mempunyai kebaikan dan kekurangan yang tersendiri dan penggunaan kaedah pengimejan ini bergantung pada masalah yang hendak diselesaikan. Tidak semua kaedah pengimejan sesuai dan boleh digunakan untuk kesemua keadaan. Ada keadaan yang hanya memerlukan kaedah pengimejan yang biasa seperti x-ray yang memerlukan kos yang rendah untuk mengenal pasti perubahan yang berlaku di dalam struktur badan. Terdapat pula keadaan yang memerlukan kaedah pengimejan yang lebih canggih untuk mengesan perubahan serta untuk mengetahui dengan lebih terperinci keganjilan

yang berlaku di dalam badan manusia. Jika kaedah pengimejan biasa seperti x-ray digunakan, maka imej bagi bahagian yang hendak dianalisis tidak jelas dan sukar untuk diproses. Oleh itu, imej MR didapati lebih sesuai untuk memvisualkan rawan lutut dan proses segmentasi lebih mudah untuk dilakukan. Kaedah pengimejan MRI dipilih kerana kelebihannya dapat memvisualkan dan membezakan intensiti rawan lutut dan otot di sekitarnya dengan jelas (Dodon, Pelletier, Martel-Pelletier & Abram 2010).

ii. Pemilihan teknik yang kurang tepat bagi mendapatkan imej yang jelas

Faktor kedua yang akan dibincangkan adalah berkaitan pelarasan kontras bagi imej. Kontras yang sesuai diperlukan untuk mendapatkan paparan imej yang jelas. Kontras dan kecerahan merupakan dua perkara yang berbeza. Kecerahan (*brightness*) merujuk kepada terang (*lightness*) atau gelap (*darkness*) terhadap keseluruhan imej. Dengan meningkatkan kecerahan imej, menjadikan setiap piksel dalam imej semakin terang dan mengurangkan kecerahan imej menjadikan setiap piksel dalam imej semakin gelap. Sebaliknya kontras pula merupakan perbezaan terhadap kecerahan di antara objek dan rantau. Ini bermaksud, dengan melaraskan kontras, kawasan yang terang akan bertambah terang dan kawasan yang gelap akan bertambah gelap.

Oleh itu, untuk membolehkan rawan lutut di segmen, pelarasan kontras dengan nilai yang sesuai perlu dilakukan untuk membezakan di antara rawan lutut yang mempunyai intensiti piksel yang cerah dengan objek di sekitarnya yang mempunyai intensiti piksel yang lebih gelap. Melalui pelarasan kontras ini juga akan meningkatkan kecerahan rawan lutut dan menggelapkan objek lain di sekitarnya.

iii. Pemilihan teknik dan kaedah pemprosesan yang tidak sesuai

Segmentasi secara manual boleh dilakukan tetapi menghadapi masalah dari segikekangan masa dan juga ketepatan maklumat. Ini disebabkan oleh imej lutut MRI yang hendak diproses terdiri dari lebih 100 hirisan imej. Pelbagai teknik dan kaedah pemprosesan telah digunakan dan digabungkan bagi mendapatkan hasil segmentasi rawan lutut yang tepat. Teknik dan kaedah yang digunakan selalunya dipilih kerana kelebihan yang terdapat padanya serta kesesuaian sesuatu teknik dan kaedah itu

terhadap data imej yang diperoleh. Oleh itu, pemilihan teknik dan kaedah pemprosesan ini mempunyai kaitan dengan data imej yang dijadikan sebagai input untuk diproses. Sebelum imej dapat di segmen, pra pemprosesan perlu dilakukan kerana imej yang diperoleh kemungkinan besar mempunyai hingar bergantung pada sumber imej yang diperoleh.

Pra pemprosesan bertujuan untuk menjadikan imej yang hendak diproses lebih jelas dan lebih mudah untuk diproses. Semakin kurang hingar pada satu imej, maka teknik pemprosesan yang dihasilkan akan menjadi lebih mudah. Penapisan (*filtering*) merupakan salah satu pra pemprosesan selain pelarasaran kontras yang sering digunakan untuk menjadikan imej lebih jelas. Penapis ini terdiri dari pelbagai jenis dan pemilihan penapis ini juga bergantung kesesuaianya dengan imej. Teknik dan kaedah yang sering digunakan dalam segmentasi rawan lutut akan dibincangkan secara terperinci dalam Bab II penyelidikan ini. Seperti yang dijelaskan sebelum ini, segmentasi imej terbahagi kepada kaedah *edge based* dan *region based*. Teknik pemprosesan ini bergantung pada kaedah yang digunakan. Terdapat teknik yang boleh digunakan untuk kedua-dua kaedah dan ada juga tidak.

Oleh itu, dengan pemilihan teknik dan kaedah yang betul dalam pemprosesan imej rawan lutut yang diperoleh melalui kaedah pengimejan MRI membantu proses segmentasi berjalan dengan lancar dan hasil segementasi adalah tepat.

1.3 PERSOALAN KAJIAN

Jadual 1.1 merupakan persoalan kajian yang berkaitan dengan penyelidikan yang dijalankan. Setiap persoalan kajian akan menjawab dan mencapai objektif kajian.

Jadual 1.1 Persoalan kajian berkaitan dengan penyelidikan

PERSOALAN KAJIAN	TUJUAN	TUGASAN
1. Bagaimakah imej lutut MR diproses untuk mendapatkan rantaui bagi rawan lutut?	Proses yang terlibat dalam mendapatkan rantaui bagi rawan lutut dikenali sebagai segmentasi. Segmentasi merupakan satu proses penting dalam pemprosesan imej kerana dengan segmentasi, rantaui yang di perlukan untuk diproses dapat diperoleh. Hasil penyelidikan dan juga temu bual bersama pakar , teknik pra-segmentasi yang dihasilkan membolehkan segmentasi dilakukan terhadap rawan lutut untuk membolehkan analisis dijalankan bagi menentukan tahap OA seseorang dan seterusnya rawatan susulan yang bersesuaian dapat diberikan berdasarkan isi padu rawan lutut yang diperoleh . Teknik ini dikenali sebagai COMSeg (COntrast, Measure and Segment).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menganalisis teknik segmentasi yang sering digunakan pada imej lutut MR terhadap kajian-kajian lepas. ▪ Mengadakan temu bual dan perbincangan bersama pakar berkaitan dengan kaedah pengimejan yang sesuai untuk mendapatkan maklumat berkaitan rawan lutut dan maklumat berkaitan tahap-tahap OA
2. Teknik apakah yang digunakan untuk melakukan segmentasi terhadap imej lutut MR tersebut?		
3. Bagaimakah teknik tersebut dihasilkan?		
4.Bagaimakah teknik yang dibangunkan dapat digunakan untuk melakukan segmentasi terhadap imej lutut MR?	Menghasilkan dan menguji keberkesanannya algoritma menggunakan teknik yang dibangunkan.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menghasilkan algoritma pemprosesan imej lutut MR ▪ Menggunakan teknik yang dibangunkan terhadap algoritma yang dihasilkan.
5.Bagaimana teknik yang dibangunkan diuji keberkesanannya.	Melalui pengujian terhadap imej lutut MR bagi semua tahap OA dengan melihat ketepatan teknik yang dihasilkan dalam melakukan segmentasi terhadap rawan lutut dan isi padu diperoleh dapat digunakan untuk menentukan tahap OA seseorang dan juga untuk tujuan rawatan. Ketepatan segementasi diuji berdasarkan analisis bersama pakar.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Melakukan pengujian terhadap nilai kontras ▪ Melakukan pengujian terhadap titik mula yang ditandakan dalam hirisan imej ▪ Melakukan pengujian terhadap nilai ambang bawah dan ambang atas

1.4 OBJEKTIF PENYELIDIKAN

Penyelidikan yang dijalankan bertujuan bagi menghasilkan satu teknik pada pra-segmentasi untuk membolehkan segmentasi terhadap rawan lutut dilakukan bagi kesemua tahap OA dan menghasilkan algoritma pengiraan luas permukaan iaitu isi padu keseluruhan rawan lutut yang telah di segmen. Hasil segmentasi rawan lutut tersebut digunakan untuk tujuan analisis tahap OA pesakit dan rawatan susulan yang

akan diberikan. Secara spesifiknya, objektif yang perlu dicapai dalam penyelidikan ini adalah seperti berikut:

1. Mengkaji dan membangunkan satu teknik pra-segmentasi yang dinamakan COMSeg untuk membolehkan segmentasi dilakukan terhadap rawan lutut dengan memisahkan cecair sinovial semasa proses segmentasi melalui imej lutut MR yang terdiri dari pelbagai tahap OA.
2. Menghasilkan algoritma pengiraan isi padu yang mampu menghitung keseluruhan rawan lutut selepas proses segmentasi .
3. Mengintegrasikan teknik COMSeg bersama algoritma pengiraan isipadu dan membuat pengujian terhadap set data pesakit OA.

1.5 SKOP PENYELIDIKAN

Penyelidikan yang dicadangkan memfokuskan kepada membangunkan teknik pra-segmentasi supaya segmentasi dapat dilakukan terhadap rawan lutut dengan memisahkan rawan lutut dengan cecair sinovial. Teknik ini akan diaplikasikan dan diuji terhadap ketiga-tiga tahap OA. Seterusnya menghitung isi padu rawan lutut yang disegmen untuk analisis tahap OA dan juga rawatan susulan. Teknik yang dihasilkan adalah semi-automatik kerana masih memerlukan campur tangan pakar untuk meletakkan titik mula pada hirisan imej supaya teknik pengembangan rantau dapat dilaksanakan.

Data imej lutut MR diambil dari Pusat Perubatan Universiti Kebangsaan Malaysia(PPUKM) adalah dalam format DICOM. DICOM merupakan format fail bagi imej lutut MR yang digunakan untuk tujuan pengujian(*input* dan *output*). Sampel data yang diperoleh adalah sebanyak 86 sampel yang terdiri daripada 30 OA normal, 30 OA pertengahan dan 24 OA teruk. Mesin MRI yang digunakan untuk mengambil imej lutut pesakit adalah model MRI 3T Verion Siemens yang dikeluarkan pada tahun 2010. Teknik COMSeg yang dibangunkan adalah untuk kesesuaian data yang diambil menggunakan model mesin yang dinyatakan sebelumnya dan juga untuk populasi rakyat Malaysia sahaja. Ini kerana rakyat Malaysia mempunyai struktur badan yang

lebih kecil berbanding negara lain. Perkara ini perlu diambil kira kerana ia mempengaruhi dalam menentukan tahap pesakit berdasarkan analisis data yang telah dibuat.

Bagi sampel yang diperoleh, setiap pesakit, tanpa mengira jantina sama ada lelaki dan perempuan mempunyai bilangan hirisan data yang sama iaitu sebanyak 160 hirisan. Daripada 160 tersebut, bilangan hirisan yang mempunyai maklumat rawan adalah berbeza bagi setiap pesakit. Sebagai contoh, jika pesakit A mempunyai maklumat rawan yang bermula dari hirisan ke-30, pesakit B pula mungkin mempunyai maklumat rawan bermula dari hirisan yang ke -25. Oleh itu, penetapan titik mula adalah berbeza bagi setiap pesakit bergantung pada pakar itu sendiri dan penetapan titik mula yang berlainan ini tidak menjadi masalah kerana dilakukan oleh pakar. Pemilihan hirisan boleh dipilih secara rawak oleh pakar asalkan hirisan tersebut masih mengandungi maklumat rawan. Analisis data dilakukan dengan membahagikan pesakit lelaki dan perempuan, namun faktor umur tidak diambil kira.

Kajian yang dilakukan adalah semi-automatik. Ini kerana campur tangan pakar diperlukan semasa proses pra-segmentasi, iaitu semasa meletakkan titik mula bagi membolehkan proses segmentasi dilakukan. Teknik segmentasi yang dipilih dalam kajian ini adalah teknik pengembangan rantau. Teknik ini digunakan setelah mengambil kira beberapa faktor agar bersesuaian dengan imej yang diperoleh melalui kaedah pengimejan MRI. Teknik pengembangan rantau ini memerlukan pakar untuk meletakkan titik mula sebagai penanda aras permulaan proses segmentasi akan bermula.

Berikut merupakan mesin MRI yang digunakan oleh pakar PPUKM bagi tujuan kegunaan penyelidikan ini.



Rajah 1.5 Mesin MRI PPUKM

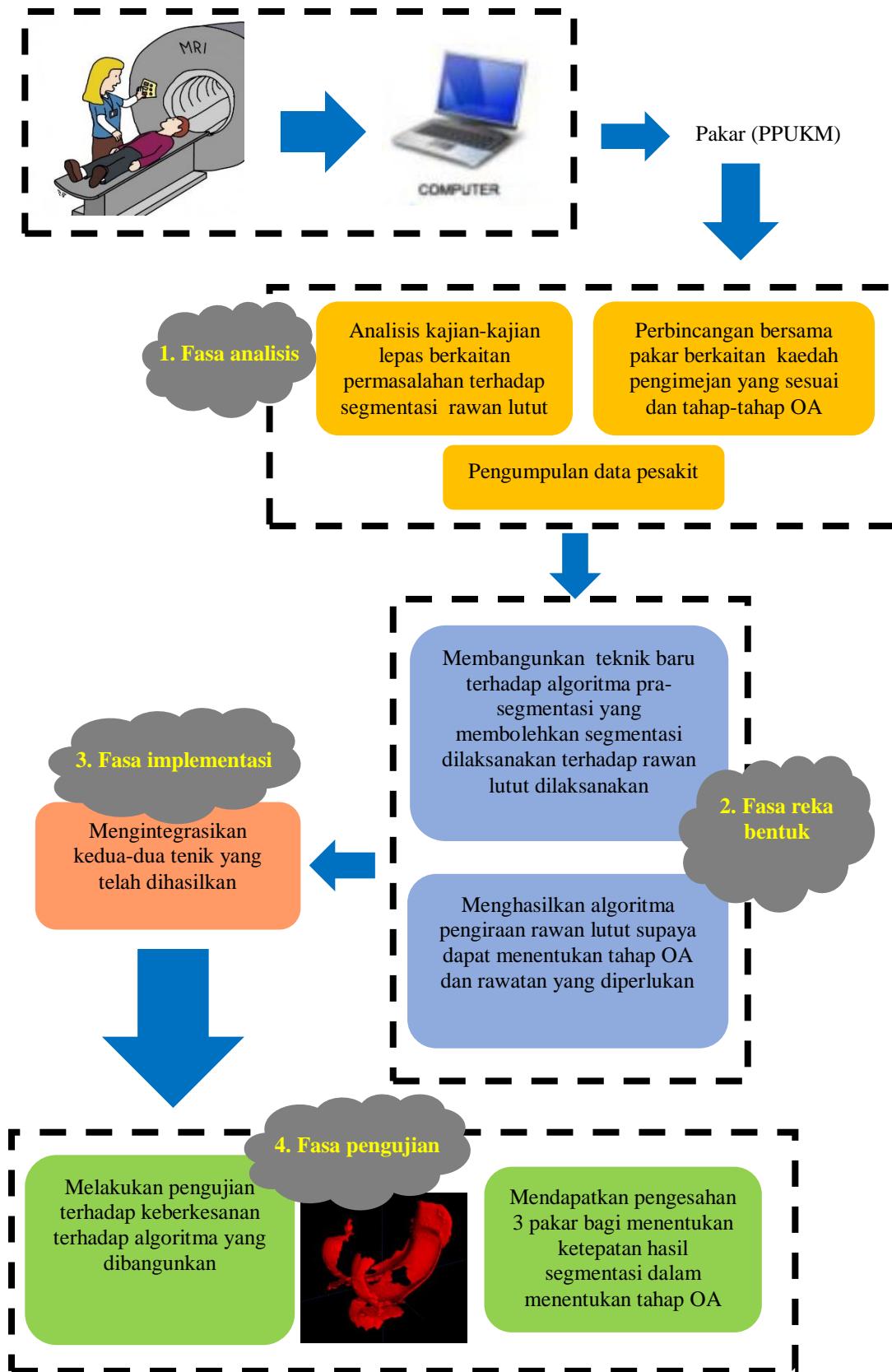
1.6 RANGKAKERJA KONSEPTUAL/KAEDAH PENYELIDIKAN

Proses yang berlaku semasa penyelidikan dijalankan bagi membangunkan teknik yang dicadangkan ditunjukkan dalam Rajah 1.6. Permasalahan kajian dikenal pasti melalui kajian-kajian lepas serta melalui perbincangan yang diadakan bersama pakar untuk mengenal pasti masalah dengan lebih terperinci. Antara perkara yang dibincangkan bersama pakar adalah isu berkaitan kaedah pengimejan yang bersesuaian dengan penyelidikan yang dijalankan serta isu berkaitan tahap-tahap OA yang mana

dikelaskan mengikut 3 tahap iaitu OA normal, OA pertengahan dan OA yang teruk. Setelah teknik, kaedah pengimejan serta maklumat berkaitan pesakit OA dikenal pasti, maka proses seterusnya adalah mengumpul data pesakit untuk diuji menggunakan algoritma yang dihasilkan menggunakan teknik yang dibangunkan.

Data imej MRI bagi lutut yang diperoleh daripada PPUKM adalah dalam bentuk 3 dimensi. Setiap seorang pesakit OA mempunyai imej lutut MR sebanyak 160 hirisan. Tidak kesemua hirisan tersebut mengandungi maklumat rawan lutut yang hendak diproses. Ini kerana, beberapa hirisan awal dan akhir selalunya tidak mengandungi maklumat berkaitan rawan lutut. Hirisan yang tidak mengandungi maklumat rawan lutut ini berbeza antara satu pesakit dengan pesakit yang lain. Maka tidak ada penentuan hirisan yang keberapa akan bermulanya proses segmentasi dan ini tidak menjadi masalah semasa pra-segmentasi dan juga segmentasi. Setelah maklumat yang diperlukan serta data untuk pengujian diperoleh, teknik untuk segmentasi rawan lutut dibangunkan dengan mengambil kira kekangan masa dan ketepatan hasil segmentasi. Semasa teknik baru ini dibangunkan, algoritma pemprosesan imej lutut ini juga dihasilkan dengan menggunakan teknik yang dibangunkan.

Apabila selesai menghasilkan algoritma tersebut, maka pengujian dijalankan dengan mengimplementasikan terhadap data imej MR yang telah dikumpulkan iaitu sebanyak 90 data. Data-data tersebut terdiri daripada 30 OA normal, 30 OA pertengahan dan 30 OA yang teruk. Penggunaan data yang telah dikelaskan ini bertujuan untuk menguji sama ada algoritma yang dihasilkan menggunakan teknik yang dibangunkan dapat melakukan segmentasi terhadap setiap tahap OA ataupun tidak. Setelah pengujian segmentasi dilakukan, nilai isi padu yang diperoleh pula akan dinilai berdasarkan standard isi padu bagi ketiga-tiga tahap yang telah dikelaskan oleh pakar dari PPUKM. Ini bagi memastikan segmentasi yang dilakukan adalah tepat dan memperoleh hasil yang hampir sama atau lebih baik dibandingkan dengan kaedah manual yang dilakukan oleh pakar.



Rajah 1.6 Rangka kerja konseptual

1.7 ORGANISASI TESIS

Tesis ini secara keseluruhannya terbahagi kepada 7 bahagian iaitu:

- i. **BAB I** - Pendahuluan
- ii. **BAB II** - Kajian Kesusasteraan
- iii. **BAB III** - Kaedah Penyelidikan
- iv. **BAB IV** - Pemprosesan Imej Lutut Mr Menggunakan Teknik Comseg
- v. **BAB V** - Pengujian dan Perbandingan
- vi. **BAB VI** - Analisis Data
- vii. **BAB VII** - Kesimpulan

Penerangan untuk setiap bab adalah seperti berikut.

a. **BAB I – Pendahuluan**

Bab I membincangkan tentang lutut dan penyakit yang berkaitan dengan lutut, langkah-langkah yang diambil untuk membantu menganalisis dan memberikan rawatan kepada pesakit, pernyataan masalah iaitu berdasarkan kajian-kajian lepas dan melalui perbincangan bersama pakar, persoalan kajian, objektif kajian, skop kajian dan kaedah penyelidikan.

b. **BAB II – Kajian Kesusasteraan**

Bab II pula membincangkan kajian literatur berdasarkan kajian lepas. Perkara yang dibincangkan secara terperinci di dalam bab ini ialah berkaitan dengan rawan lutut (struktur lutut, penyakit yang berkaitan, dan langkah yang diambil bagi menganalisis tahap OA), kaedah pengimejan dalam bidang perubatan dan yang sesuai digunakan untuk penyelidikan rawan lutut, proses segmentasi yang terlibat dalam memproses imej MR, masalah yang dihadapi semasa proses segmentasi, teknik yang biasa digunakan, cadangan penyelidikan dan kesimpulan Bab II. Kaedah pengimejan yang dibincangkan memfokuskan kepada kelebihan yang ada pada kaedah pengimejan

dalam menjalankan penyelidikan rawan lutut dan isu keselamatan terhadap pesakit. Setelah pemilihan kaedah pengimejan yang sesuai iaitu MRI, proses yang terlibat di dalam memproses imej MR pula dibincangkan. Proses utama yang terlibat dalam mengekstrak maklumat dari imej MR iaitu proses segmentasi diterangkan secara terperinci, ini termasuk teknik yang sering digunakan dalam segmentasi rawan lutut, kelebihan dan kekurangan teknik yang digunakan dalam melakukan segmentasi

c. BAB III – Kaedah Penyelidikan

Manakala BAB III pula membincangkan kaedah penyelidikan yang digunakan dalam mereka bentuk teknik pra-segmentasi terhadap imej lutut MR. Perkara yang dibincangkan dalam bab ini adalah reka bentuk kajian yang terdiri daripada empat fasa utama iaitu fasa analisis, fasa reka bentuk, fasa implementasi dan fasa pengujian. Selain itu, bab ini juga membincangkan sampel populasi yang digunakan dalam penyelidikan untuk menguji teknik yang dibangunkan, pengumpulan data dan analisis data.

d. BAB IV – Pemprosesan Imej Lutut Mr Menggunakan Teknik Comseg

BAB IV membincangkan teknik pra-segmentasi yang telah yang dihasilkan iaitu teknik COMSeg. COMSeg merupakan singkatan bagi *Contrast(CO)t, Measure(M) and Segmentation(Seg)*. Pemprosesan imej bermula dari *input* imej, pra-segmentasi, segmentasi dan *output*. Semasa proses pra-segmentasi, beberapa proses terlibat. Antaranya pemilihan *ROI (Region of Interest)*. Melalui pemilihan ROI, bahagian yang hendak diproses sahaja akan dipilih dan ini dapat mengecilkan saiz imej yang hendak diproses dan menjimatkan masa pemprosesan. Setelah itu, pelarasan kontras, penetapan ambang bawah dan ambang atas serta penentuan titik mula dilakukan. Akhir sekali kaedah pengembangan rantau diaplikasikan terhadap imej untuk melakukan segmentasi. Algoritma pengembangan rantau akan melaksanakan segmentasi bermula dari titik mula yang ditentukan berdasarkan nilai ambang bawah dan ambang atas yang telah ditetapkan.

e. BAB V – Pengujian dan Perbandingan

Setiap pengujian dan perbandingan akan dilakukan terhadap 3 kategori pesakit OA iaitu normal, pertengahan dan teruk. Ini bagi memastikan kebolehcapaian teknik COMSeg yang dihasilkan bagi melakukan segmentasi terhadap ketiga-tiga kategori pesakit Pengujian dan perbandingan dilakukan terhadap nilai kontras, selang nilai ambang bawah dan ambang atas serta penentuan titik mula. Ini bagi menunjukkan setiap proses yang terlibat dalam teknik COMSeg dan penggunaan julat nilai bagi kontras serta selang nilai bagi ambang bawah dan ambang atas yang sesuai untuk rawan lutut terhadap imej lutut MR. Akhir sekali pengujian penuh dilakukan untuk menunjukkan perubahan yang berlaku terhadap imej asal selepas pelarasaran kontras dan juga hasil segmentasi setelah mengaplikasikan nilai ambang bawah dan atas terhadap algoritma pengembangan rantau.

f. BAB VI - Analisis Data

Analisis dilakukan berdasarkan pemerhatian daripada tiga orang pakar. Pada bab ini membincangkan analisis data bagi ketiga-tiga kategori OA. Hasil analisis akan digunakan untuk menilai tahap OA serta digunakan bagi rawatan selanjutnya.

g. BAB VII - Kesimpulan

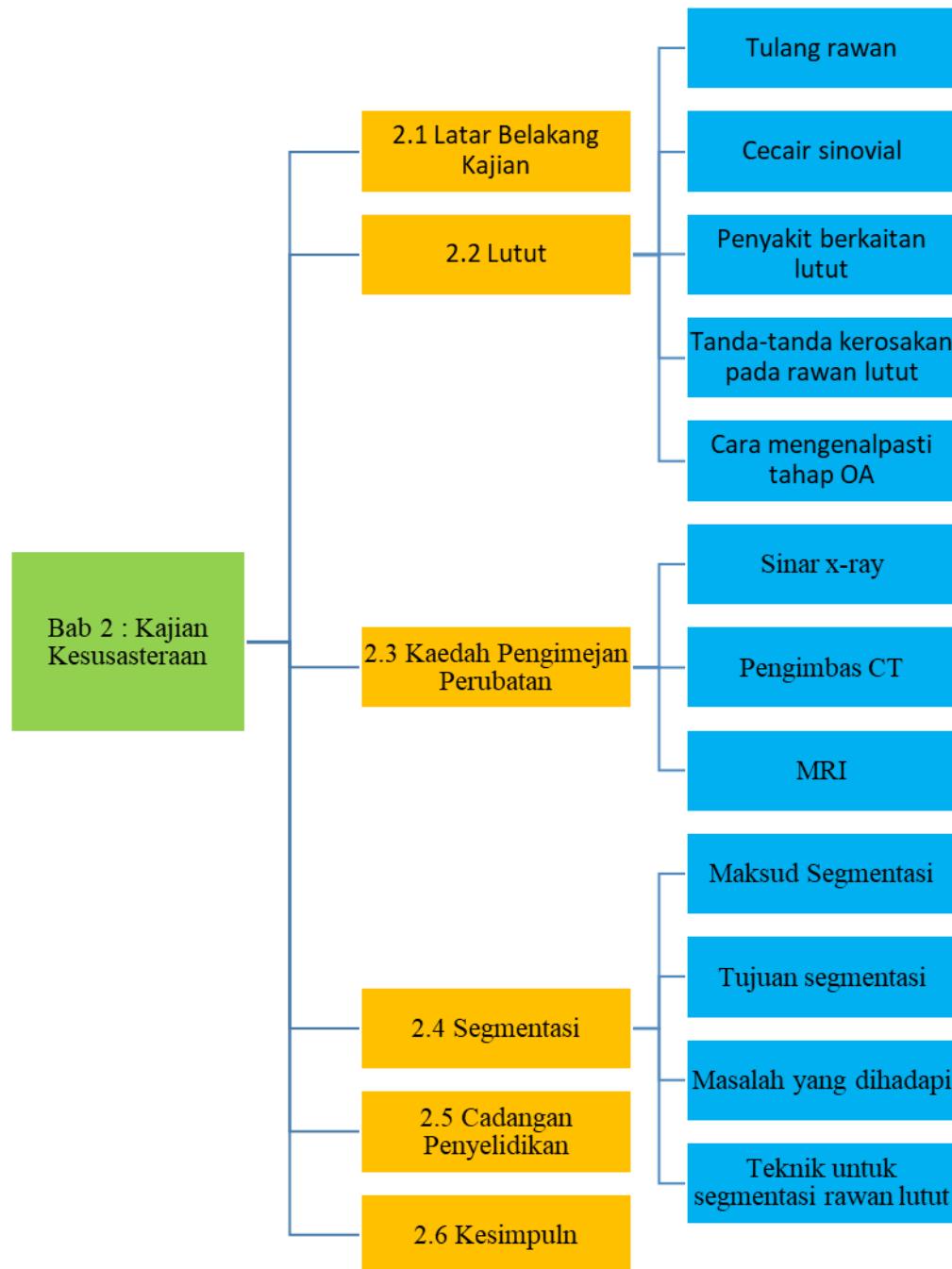
Bab akhir ini membincangkan sumbangan penyelidikan, kekangan yang dihadapi semasa melakukan penyelidikan serta cadangan penambahbaikan terhadap teknik yang telah dibangunkan.

BAB II

KAJIAN KESUSASTERAAN

2.1 LATARBELAKANG KAJIAN

Bagi melaksanakan penyelidikan ini, beberapa aspek perlu dikaji antaranya struktur lutut, penyakit berkaitan dengan lutut, kaedah pengimejan dan teknik yang digunakan dalam pengimejan bagi menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan lutut tersebut. Oleh itu, pelbagai teknik akan dikaji dan dibincangkan dengan lebih terperinci bagi mengenal pasti masalah yang timbul dan teknik yang sesuai bagi mencapai objektif penyelidikan akan dipilih dan digunakan. Kajian lepas yang dilakukan ini dapat membantu mengenal pasti teknik-teknik sedia ada yang sering digunakan bagi mendapatkan rantaum rawan lutut serta kelebihan dan kekurangan masing-masing. Ini dapat membantu penyelidikan yang dijalankan ini untuk menghasilkan satu teknik yang lebih baik hasil penambahbaikan teknik sedia ada. Sebelum meneruskan perbincangan untuk Bab II ini, gambaran keseluruhan Bab II ini ditunjukkan dalam Rajah 2.1 berikut.

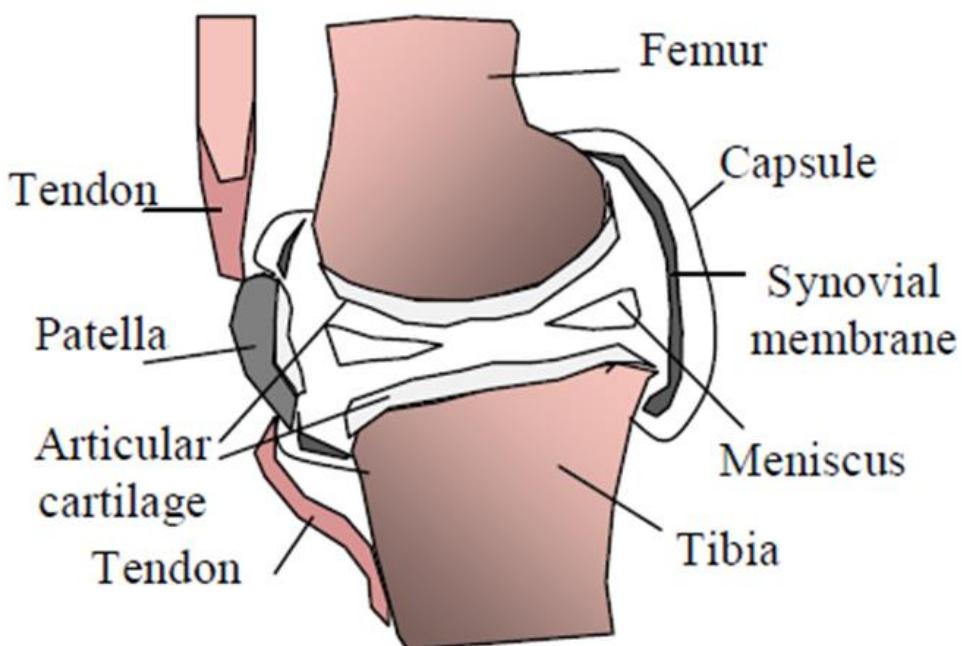


Rajah 2.1 Struktur organisasi kajian bab 2

2.2 LUTUT

Sebelum imej rawan lutut diproses, adalah penting untuk mengetahui struktur lutut bagi membolehkan kaedah pengimejan yang sesuai dilakukan dan seterusnya teknik yang membolehkan rawan lutut di segmen dikenal pasti. Ini kerana kaedah pengimejan dan ciri-ciri tertentu sahaja yang dapat memvisualkan rawan lutut dengan jelas. Lutut merupakan sendi yang paling besar dan sangat kompleks dalam struktur

tubuh manusia dan terdiri daripada engsel sendi (*hinge joint*). Manakala rawan lutut melindungi hujung tulang lutut di antara femur dan tibia agar tidak berlaku pergeseran antara tulang semasa berlaku pergerakan (Li, Cui, Yu, Kim & Kwack 2012). Rajah 2.2 memaparkan keratan rentas struktur lutut.



Rajah 2.2 Struktur anatomi lutut manusia

Sumber : Swamy 2012

Beberapa bahagian penting dari struktur lutut yang mempunyai kaitan dengan OA akan dibincangkan. Bahagian-bahagian tersebut adalah seperti berikut.

2.2.1 Tulang rawan

Menurut (Marstal, Gudbergsen, Boesen, Kubassova, Bouert & Bliddal 2011), rawan lutut terletak di antara pertemuan tulang femur, tibia dan patella. Rawan lutut terdiri daripada 3 lapisan komponen kimia iaitu kolagen jenis II (15-20% berat tisu), proteoglycans (PG, 3-10%) dan air (65-80%). Rawan merupakan bahan span hialin lembut di antara tulang femur, tibia dan patela yang terdiri daripada lapisan nipis bahan hialin yang sangat licin (Mallikarjuna Swamy, 2012). Rawan lutut ini membantu melancarkan geseran yang berlaku di antara tulang femur dan tibia semasa berlaku pergerakan (Sophia et al. 2009). Kajian yang telah dijalankan oleh Mohd

Khairul (2015) menunjukkan bahawa ketebalan rawan lutut berbeza antara lelaki dan perempuan. Perbezaan ketebalan ini melibatkan daerah femur, tibia dan patela.

Fungsi utama rawan lutut adalah melindungi permukaan hujung terutamanya tulang femur dan tibia yang bertemu dan juga patela. Rawan lutut berbentuk sfera dan tahap kekelabuannya lebih tinggi berbanding tisu lain (Li et al. 2012). Penipisan atau kehilangan rawan ini boleh menyebabkan penyakit yang dikenali sebagai *Osteoarthritis* (OA) (Shan et al. 2014). Melalui visualisasi imej lutut, penyakit yang berkaitan lutut iaitu OA dapat dikesan (Li et al. 2012). Perubahan morfologi rawan lutut ini merupakan penanda dan elemen penting bagi mengukur tahap perkembangan OA (Long, Jiang & Ding 2010; Swamy 2012).

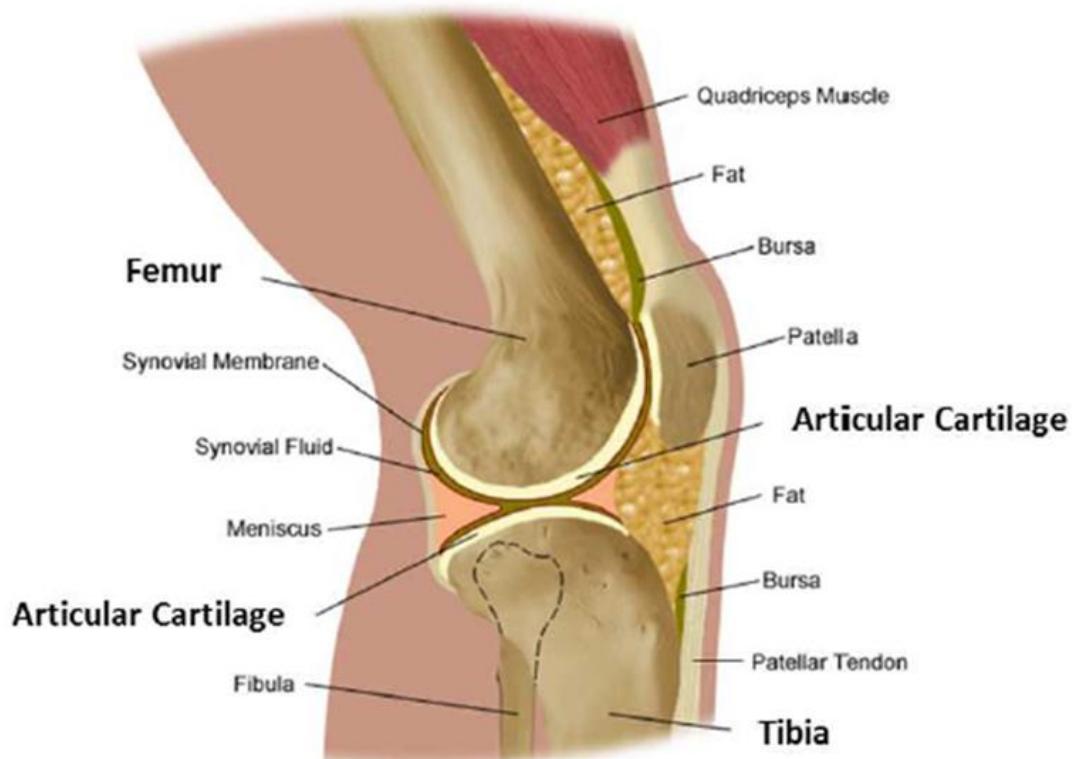
Walaupun punca utama OA adalah pergeseran antara rawan lutut femur dan tibia yang bertemu, pengurangan cecair sinovial juga akan mempengaruhi struktur lutut dengan perubahan berperingkat-peringkat (Ishijima et al. 2011). Pengurangan cecair sinovial mengakibatkan rawan femur dan rawan tibia khususnya akan semakin hampir dan boleh menyebabkan pergeseran rawan. Pergeseran yang berlaku secara berterusan menyebabkan rawan menjadi nipis. Kedudukan cecair sinovial dan fungsinya akan dibincangkan seperti berikut.

2.2.2 Cecair sinovial

Cecair sinovial merupakan cecair yang memenuhi ruang di antara rawan lutut tibia dan patela selain rawan lutut. Cecair sinovial ini juga penting dalam melindungi pergeseran antara tulang selain rawan. Rawan lutut dan cecair sinovial agak sukar untuk dipisahkan kerana intensiti kedua-duanya begitu hampir. Ini disebabkan oleh rawan lutut terdiri dari tisu lembut dan cecair sinovial pula merupakan terdiri daripada cecair. Cecair sinovial mempunyai intensiti yang lebih tinggi daripada rawan lutut (Dodon 2010). Oleh itu, kontras terhadap MR imej perlu di laras dan ditentukan dengan sebaik-baiknya bagi membolehkan rawan lutut dan cecair sinovial dapat dibezakan seterusnya dapat dipisahkan semasa proses segmentasi. Ini amat penting agar semasa segmentasi, hanya rawan lutut sahaja yang disegmen bagi mendapatkan bacaan isi padu yang tepat untuk penilaian tahap OA seseorang pesakit.

Rajah 2.3 menunjukkan pembahagian struktur lutut. Melalui imej tersebut, rawan dan cecair sinovial terletak di antara pertemuan tulang femur dan juga tulang tibia. Cecair sinovial terletak di dalam lingkungan sinovial dan berada di sekeliling rawan. Tujuan cecair sinovial ini bagi melindungi rawan dari bertemu secara langsung dan mengelakkan pergeseran antara rawan femur dan rawan tibia yang boleh mengakibatkan penipisan berlaku. Oleh itu, kehadiran cecair sinovial ini adalah perlu dalam struktur lutut manusia. Walaupun cecair sinovial juga bertindak melindungi rawan femur dan rawan tibia bergesel secara langsung antara satu sama lain, namun belum ada kajian yang mengesahkan bahawa kekurangan dan kehilangan cecair sinovial ini juga penyebab atau mempunyai kaitan dengan OA. Oleh itu, pengasingan cecair sinovial perlu dilakukan dalam penyelidikan ini.

Hal ini adalah berdasarkan kepada kajian yang menunjukkan punca utama berlaku OA adalah disebabkan penipisan rawan lutut (Lange-brokaar et al. 2016; Shan et al. 2014; Ababneh et al. 2011). Ini disokong oleh Mohd Khairul (2015), Schmitz et al. (2016), Vanichtantikul et al. (2015), Schmitz et al. (2016) bahawa pengukuran ketebalan lutut rawan menggunakan 3D DESS (Dual Echo Steady State) MRI adalah alat yang berguna dan berpotensi untuk memantau perkembangan penyakit dan pemantauan tindak balas rawatan pada pesakit OA. Selain itu, menurut *The American College of Rheumatology Diagnostic and Therapeutic Criteria Committee*, OA dikenal pasti sebagai keadaan yang membawa simptom dan tanda yang dikaitkan dengan kerosakan rawan lutut (Altman et al. 1986). OA disebabkan faktor kehilangan rawan dan ia berkaitan dengan kesakitan dankekangan fungsi (Larsson et al. 2012).



Rajah 2.3 Kedudukan rawan lutut dan cecair sinovial

Sumber : Hossain 2014

Bagi meningkatkan kontras imej, terdapat pelbagai teknik yang boleh dilakukan antaranya *MTC* (*Magnetic Transfer Contras*), *MPRAGE* (*magnetization-prepared rapid gradient echo*), *DESS* (*Dual Echo at Steady State*) and *fat suppression*). Dalam penyelidikan ini, imej lutut diambil menggunakan *MR Dual Echo Steady State (DESS)* yang mempunyai SNR cecair sinovial dan rawan yang tinggi yang menghasilkan isyarat/tanda yang tinggi antara rawan dan cecair sinovial (Mohd Khairul 2015). Berdasarkan jadual 2.1 di bawah, cecair sinovial dan rawan mempunyai persamaan dalam 2 kategori iaitu :

- i. Terang dan sangat homogen
- ii. Sangat terang dan homogen

Jadual 2.1 Pembahagian kategori intensiti dalam imej lutut MR

	Sangat Homogen	Homogen	Tidak homogen
Sangat terang	Air	Air Rawan	
Terang	Air Rawan	Rawan	Tisu Lembut
Gelap		Rawan gelap Kecederaan rawan	Kecederaan rawan

Sumber : Dodin, Pelletier & Martel-pelletier 2010

Walaupun imej lutut MR menggunakan DESS, masih terdapat masalah yang timbul iaitu memisahkan cecair sinovial dan rawan pada dua keadaan yang dinyatakan sebelum ini. Oleh itu , nilai kontras dan nilai ambang imej perlu diselaraskan agar kedua-duanya dapat dipisahkan seterusnya cecair dan rawan lutut dapat di segmen dengan baik. Rawatan bagi kedua-dua masalah berkaitan lutut yang dinyatakan iaitu kekurangan cecair sinovial dan penipisan rawan ini adalah berbeza. Fokus penyelidikan ini adalah segmentasi terhadap rawan lutut kerana penipisan dan kehilangan rawan lutut merupakan menyebab utama kepada masalah OA. Maka rawatan utama terhadap rawan lutut perlu dilakukan.

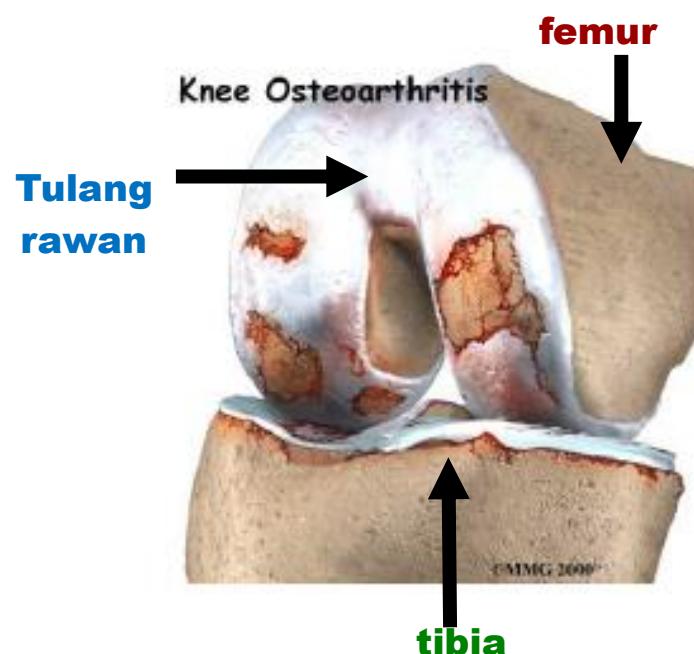
2.2.3 Penyakit berkaitan lutut

Lutut yang bermasalah mengganggu aktiviti harian seseorang kerana pergerakan seseorang akan menjadi terhad. Gejala-gejala berkaitan masalah lutut antaranya seseorang berasa sakit ketika berjalan, bengkak, pergerakan terbatas dan juga hilang keupayaan (Marstal, Gudbergsen, Boesen, Kubassova, Bouert & Bliddal 2011). Walaupun begitu, tidak kesemua gejala-gejala yang dinyatakan merupakan gejala bagi OA (Eckstein et al. 2014). Bagi mengenal pasti sama ada gejala-gejala yang dinyatakan penyebab OA, ia perlu disertakan bersama radiografi lutut bagi menilai seseorang itu mengalami OA atau tidak (Mohd Khairul 2015). Walaupun OA ini merupakan penyakit yang lazim berlaku kepada kebanyakan orang, namun ianya kurang difahami dan tidak diambil berat (Tamez-Peña, Farber, González, Schreyer, Schneider & Totterman 2012).

Osteoarthritis adalah salah satu daripada jenis penyakit artritis yang kerap berlaku pada bahagian sendi lutut. Ia boleh berlaku di sebabkan banyak perkara

antaranya adalah faktor umur, berat badan, genetik seseorang, jangkitan kuman, kecederaan lampau dan juga penyakit seperti gout atau ketumbuhan (tumor). OA juga boleh berlaku di sebabkan oleh kecederaan sukan yang teruk dan kehausan rawan lutut akibat dari penggunaan yang melampau seperti kerja fizikal yang teruk dalam sektor perkilangan dan pembinaan.

Menurut Marstal et al. (2011) lagi, OA adalah punca utama seseorang hilang upaya bergerak kerana ia merupakan sindrom gangguan sendi yang melibatkan penipisan rawan lutut dan boleh dianggap sebagai kegagalan sendi yang biasa (Li, Cui, Yu, Kim & Kwack 2012; Mallikarjuna Swamy & Holi 2010). Rajah 2.4 berikut menunjukkan keadaan lutut pesakit OA.



Rajah 2.4 Keadaan lutut pesakit OA

Terdapat banyak faktor yang menyebabkan kemerosotan atau penipisan tulang rawan (Teichtahl et al. 2015; Guermazi et al. 2015), di antaranya:

- i. aktiviti sukan yang lasak
- ii. kecederaan disebabkan kemalangan

- iii. berat badan berlebihan
- iv. peningkatan umur

Kcederaan dalam kegiatan sukan terutama pada bahagian sendi lutut yang melibatkan kerosakan ligamen dan tulang rawan kebiasaannya melibatkan sukan lasak seperti ragbi, bola sepak, seni mempertahankan diri seperti silat, taekwondo dan karate. Kcederaan ringan kepada atlet kebiasaannya boleh sembah dengan sendirinya apabila pesakit berehat dengan secukupnya tetapi tidak dapat di pastikan bahawa kecederaan tersebut tidak akan berulang semula kerana kebanyakan pesakit yang pernah mengalami kecederaan lampau akan kembali mengalami kesan kesakitan tersebut apabila meningkat usia.

Kcederaan pada tulang rawan yang berfungsi sebagai pelapik yang melicinkan pergerakan antara dua tulang femur akan mengakibatkan kesakitan atau ketidaksesuaian kepada pergerakan pesakit. Lapisan rawan akan menjadi nipis atau mungkin terkoyak yang akan mengakibatkan tulang akan saling bergeseran yang akan menimbulkan rasa ngilu dan sakit. Keradangan kepada sendi lutut akan berlaku dan ini mendatangkan masalah yang lebih serius kepada pesakit.

Kebiasaannya atlet yang mengalami kecederaan sebegini akan lebih cenderung untuk menghilangkan rasa kesakitan dengan cara mengamalkan pengambilan ubat tahan sakit yang hanya memberikan kesan kelegaan bersifat sementara sahaja namun tidak menyembuhkan. Pemeriksaan terhadap keadaan tulang rawan tersebut perlu oleh pakar bagi menentukan kaedah rawatan yang sesuai untuk penyembuhan terbaik.

Jika dibiarkan tanpa rawatan, pesakit OA akan menderita kerana kebanyakan aktiviti harian melibatkan pergerakan otot lutut. Penderita OA harus mendapatkan rawatan bagi mengurangkan kesakitan yang dialami. Sebelum sebarang rawatan diberikan, doktor pakar akan mengimbas terlebih dahulu bahagian lutut menggunakan mesin MRI bagi mendapatkan imej lutut yang mengalami masalah. Selepas itu, imej tersebut akan dianalisis bagi mengetahui tahap OA yang dialami dan seterusnya menentukan rawatan yang bersesuaian dengan keadaan. Cara mengenal pasti tahap OA pesakit akan dibincangkan lebih terperinci seperti berikut.

2.2.4 Tanda-tanda kerosakan pada rawan lutut

Kebiasaan kecederaan yang berlaku terhadap lutut sering di salah tafsir sebagai kecederaan pada bahagian lain di bahagian lutut tanpa disedari bahawa sebenarnya kecederaan yang paling terkesan atau teruk adalah pada bahagian tulang rawan lutut itu sendiri. Gejala kecederaan pada rawan lutut akan kelihatan lebih teruk berbanding dengan kecederaan pada bahagian lain antaranya adalah:

1. Bahagian rawan tidak mengandungi saraf atau pembuluh darah tetapi kesakitan akan tetap di rasai pada bahagian lutut yang mengalami kerosakan rawan terutama apabila melibatkan pergerakan lutut
2. Fenomena ‘lutut terkunci atau lutut kaku’ terjadi apabila berlaku ketidakselesaan pada bahagian lutut
3. Kesan bengkak pada bahagian lutut akan lebih ketara dan menyakitkan kerana terpaksa menampung berat badan pesakit itu sendiri.

Kaedah pengesanan kerosakan kepada tulang rawan tidak boleh di lakukan dengan menggunakan kaedah X-ray ataupun menggunakan kaedah pengimbas CT kerana 2 kaedah tersebut tidak dapat menunjukkan kerosakan yang berlaku pada tulang rawan di bahagian lutut. Namun kerosakan berkenaan hanya boleh di kesan dengan menggunakan kaedah MRI sahaja. Jika kerosakan pada tulang rawan tidak di rawat dengan berkesan, ia akan membawa kesan awal kepada penyakit OA.

2.2.5 Cara mengenal pasti tahap OA

Bagi membolehkan pakar menganalisis tahap OA serta rawatan yang akan diberikan, perkara pertama yang perlu dilakukan adalah mendapatkan radiografi imej lutut. Langkah-langkah yang terlibat dibahagikan kepada 3 bahagian iaitu:

- i. Kaedah untuk visualisasi.
- ii. Segmentasi rawan lutut

iii. Menghitung isi padu

Ketiga-tiga langkah ini akan dibincangkan secara seperti berikut.

i. **Kaedah untuk visualisasi**

Pengesanan awal dan pemantauan perkembangan tahap pesakit yang dikesan mengalami OA amat penting. Oleh kerana kemerosotan tulang rawan merupakan salah satu elemen penting untuk mengenal pasti tahap OA, visualisasi dan juga pengukuran ketebalan tulang rawan adalah sesuai (Kubakaddi, Ravikumar & Harini 2013; Long, Jiang & Ding 2010; Mallikarjuna Swamy & Holi 2010). Namun begitu, menurut pakar dan Vanichtantikul et al. (2015), pengukuran isi padu adalah lebih tepat berbanding pengukuran ketebalan. Pada masa kini, langkah yang diambil bagi membantu pesakit yang mempunyai masalah lutut ini adalah dengan mengenal pasti simptom-simptom yang menyebabkan tulang rawan mengalami perubahan kemerosotan atau kecederaan (Marstal, Gudbergsen, Boesen, Kubassova, Bouert & Bliddal 2011). Setelah simptom-simptom dikenal pasti, pesakit akan dipantau untuk mengetahui tahap OA dari semasa ke semasa melalui kaedah pengimejan dan pengiraan isi padu.

Dalam bidang perubatan, terdapat 3 kaedah pengimejan yang sering digunakan oleh doktor untuk memvisualkan struktur dalaman tubuh manusia. Kaedah pengimejan tersebut terdiri daripada:

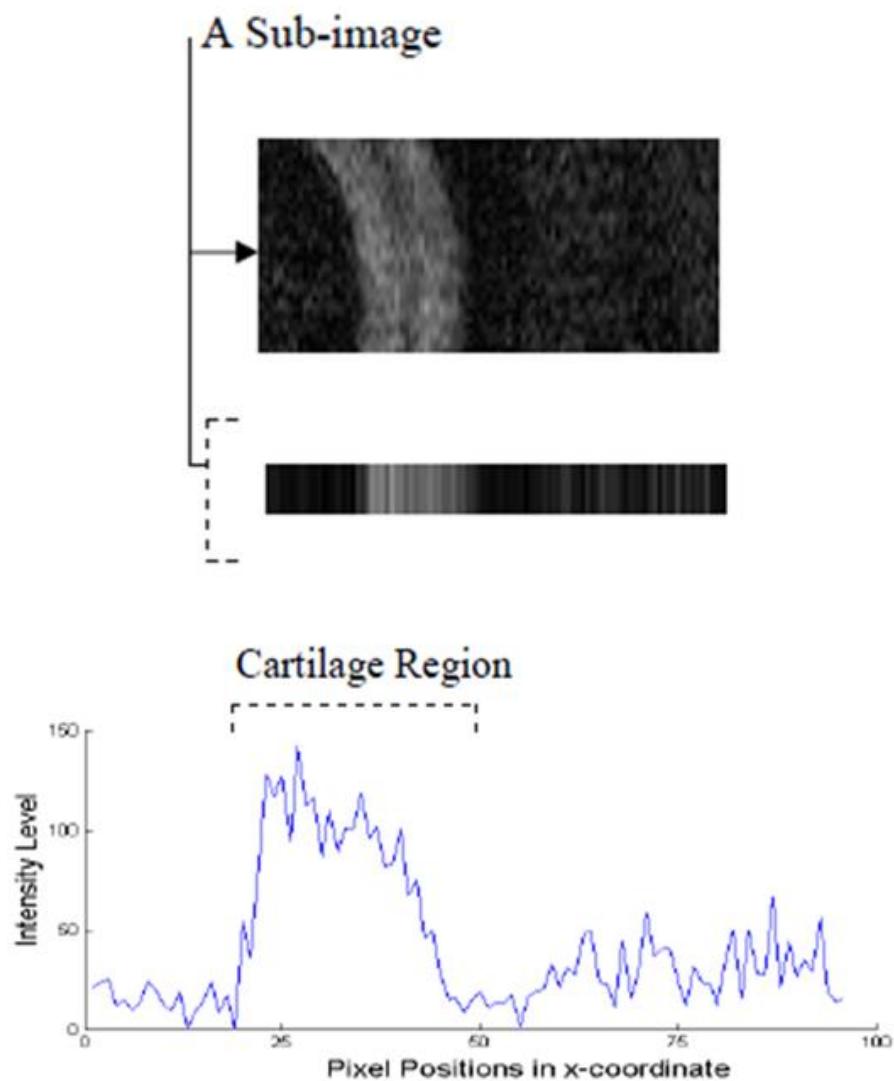
1. X-ray,
2. CT (*Computed Tomography*),
3. MRI (*Magnetic Resonance Image*).

Pengimas CT dan MRI mengambil alih pengimejan X-ray bagi membantu pakar memvisualkan struktur anggota dalaman yang sukar dilihat dalam 3 dimensi (Choudhar & Biday 2013). Antara ketiga-tiga kaedah pengimejan yang dinyatakan, MRI lebih sesuai digunakan bagi memvisualkan rawan lutut. Ini kerana, MRI dapat membezakan dengan lebih jelas antara tisu lembut, tulang dan juga cecair kerana

mempunyai resolusi perbezaan tisu lembut yang tinggi serta tidak berbahaya kepada kesihatan (Kubakaddi, Ravikumar & Harini 2013; Mallikarjuna Swamy & Holi 2010). Oleh itu ia sesuai untuk digunakan bagi visualisasi tulang rawan.

Disebabkan kaedah pengimejan MRI ini tidak mempunyai kesan sampingan, maka ia boleh digunakan untuk mengenal pasti dan seterusnya memantau perkembangan pesakit dari semasa ke semasa atau secara berulang-ulang (Mallikarjuna Swamy & Holi 2010; Tamez-Peña, Farber, González, Schreyer, Schneider & Totterman 2012). MRI juga merupakan kaedah visualisasi yang sangat sesuai sebagai penanda aras bagi mengesan perubahan awal struktur lutut yang menyebabkan OA (Kashyap et al. 2016 ; Dam 2018; Paproki et al. 2014; Chan et al. 2016; Lee et al. 2014).

Format MRI adalah dalam skala kelabu dan ia terdiri daripada piksel yang mempunyai nilai intensiti dalam julat [0-255] . Melalui MRI, tulang rawan kelihatan lebih terang berbanding tisu lain. Melalui kajian yang dilakukan oleh (Long 2011), piksel tulang rawan mempunyai intensiti yang tinggi iaitu melebih 80, manakala piksel latar belakang mempunyai intensiti yang rendah iaitu kurang dari 50. Rajah 2 menunjukkan intensiti piksel yang dinyatakan oleh (Long 2011).



Rajah 2.5 Intensiti bagi piksel rawan lutut

Sumber : Long 2011

Oleh itu, dalam kajian ini, kaedah pengimejan MRI telah dipilih untuk menganalisis imej lutut. Kelebihan dan kekurangan kaedah pengimejan yang sering digunakan dalam perubatan terutamanya dalam merawat OA ini akan dibincangkan dengan lebih terperinci di bawah tajuk pengimejan. Setelah mengenal pasti kaedah pengimejan yang sesuai, proses seterusnya adalah melakukan segmentasi rawan lutut. Segmentasi merupakan proses yang sangat penting dalam pemprosesan imej. Hasil segmentasi bergantung pada proses pra-segmentasi. Segmentasi terhadap rawan lutut dibincangkan seperti berikut.

ii. Segmentasi rawan lutut

Mengenal pasti rawan lutut merupakan langkah yang penting untuk menghitung isi padu (Ngo, 2011). Proses segmentasi rawan lutut yang bertujuan untuk mendapatkan isi padu seterusnya mengenal pasti tahap OA seseorang pesakit merupakan proses yang agak rumit kerana struktur rawan lutut tersebut sangat tipis (Marstal, Gudbergsen, Boesen, Kubassova, Bouert & Bliddal 2011). Disebabkan kerumitan ini, maka kaedah manual digunakan bagi setiap hirisan MRI bagi mendapatkan rantaui rawan lutut yang diperlukan. Walaupun kaedah manual ini amat merumitkan, namun teknik ini digunakan secara meluas dalam penyelidikan klinikal. Terdapat beberapa masalah yang dihadapi jika menggunakan kaedah manual. Faktor utama adalah kekangan masa dan juga ketepatan segmentasi.

Oleh itu, para penyelidik telah memberikan tumpuan terhadap kaedah segmentasi berasaskan komputer bagi mengatasi masalah tersebut. Sehingga kini, para penyelidik masih menjalankan kajian terhadap teknik pra-segmentasi supaya segmentasi rawan lutut dapat dilakukan dengan tepat secara automatik tanpa campur tangan manusia. Tujuannya untuk memudahkan dan mempercepatkan tugas pakar dalam menganalisis penyakit berkaitan lutut dan dapat memberikan rawatan segera. Segmentasi merupakan langkah yang perlu dilaksanakan terhadap imej lutut MR sebelum imej tersebut dapat digunakan untuk dianalisis. Teknik yang sering digunakan bagi membolehkan segmentasi dilaksanakan terhadap rawan lutut akan dibincangkan secara terperinci dalam bahagian segmentasi.

iii. Menghitung isi padu

Setelah segmentasi terhadap rawan lutut dilaksanakan, langkah seterusnya adalah menghitung isi padu rawan lutut yang telah di segmen. Seperti yang dinyatakan sebelum ini, tujuan mengira isi padu tulang rawan lutut ialah bagi mengenal pasti tahap OA pesakit. Oleh itu, teknik segmentasi yang bersesuaian perlu digunakan bagi mendapatkan ketepatan dalam menghitung isi padu (Marstal, Gudbergsen, Boesen, Kubassova, Bouert & Bliddal 2011). Menurut (Marstal et al. 2011), ukuran isi padu, ketebalan, kelengkungan dan kehomogenan rawan lutut melalui kaedah pengimejan MRI merupakan penanda-bio bagi memantau tahap OA. Bagi memastikan segmentasi

berjalan dengan lancar dan isi padu rawan lutut dapat dihitung, kaedah pengimejan yang sesuai untuk memproses imej lutut perlu sangat penting. Perkara-perkara ini akan dibincangkan dalam topik seterusnya dalam konteks kaedah pengimejan perubatan.

2.3 KAEDAH PENGIMEJAN PERUBATAN

Pengaruh dan kesan imej digital kepada masyarakat moden sangat besar (Choudhari & Biday 2013), dan pemprosesan imej digital ini merangkumi aplikasi yang luas dan pelbagai (Gonzalez, Woods, Scott & Hall 2008). Kebanyakan jabatan radiologi hari ini telah beralih dari filem tradisional kepada pendigitalan imej perubatan (Gaikwad, Abhang & Bedekar 2011). Ia memainkan peranan yang sangat penting dalam diagnosis perubatan (Long 2011). Imej digital terdiri daripada elemen-elemen yang dipanggil piksel dan setiap piksel tersebut mempunyai lokasi dan nilai tertentu (Chaudhary & Gulati 2013). Segmentasi imej, zooming, saiz semula, pengesahan tepi dan peningkatan warna merupakan antara tugas yang biasa dalam pemprosesan imej digital (Chaudhary & Gulati 2013).

Imej digital terdiri daripada beberapa elemen yang terhad di mana setiap satunya mempunyai nilai dan lokasi tertentu dan salah satu elemen tersebut adalah “piksel” (Chaudhary & Gulati 2013; Gonzalez, Woods, Scott & Hall 2008). Piksel merupakan istilah yang paling meluas digunakan untuk menunjukkan/menggambarkan elemen/unsur bagi imej digital. Di antara kelebihan imej digital ialah (Bhabhor 2013; Choudhari & Biday 2013; Gaikwad et al. 2011; Tarambale & Lingayat 2013; C.H.Bhabhor, 2013; D P Gaikwad, 2011; Manoj R. Tarambale2 2013):

- i. Pemprosesan imej digital membolehkan penambahbaikan terhadap ciri-ciri imej yang diperlukan/dikehendaki.
- ii. Pemprosesan imej digital boleh menggunakan imej sebagai input, menganalisis imej tersebut dan menghasilkan output yang bermakna.

- iii. Imej-imej dapat dihasilkan dengan cepat, tidak memerlukan filem dan pemeriksaan awal diperoleh dengan serta merta.
- iv. Bagi memudahkan pengesanan yang tepat, pemprosesan imej digital menyediakan pelbagai teknik penambahbaikan.
- v. Dalam pemprosesan imej digital, imej parameter di manipulasi untuk mendapatkan maklumat tertentu yang berguna bagi klasifikasi seterusnya.

Perkembangan teknologi telah membawa kepada kesan yang besar terhadap amalan perubatan (Jacinto et al. 2012). Imej perubatan merupakan salah satu teknologi yang diguna pakai sehingga hari ini dan peralatan yang dibangunkan adalah untuk tujuan segmentasi, pengesanan, klasifikasi dan visualisasi imej tersebut. Disebabkan itu, imej merupakan bahagian yang penting dalam bidang perubatan (Gaikwad, Abhang & Bedekar 2011; Jacinto, Razmig, #233, chichian, Desvignes, Prost & Valette 2012). Imej perubatan tersebut perlu diproses terlebih dahulu sebelum ianya dapat digunakan untuk mendiagnosis sebarang perubahan atau penyakit. Ini kerana, imej perubatan tersebut biasanya mengandungi hingar serta kompleks sehingga menyebabkan kesukaran bagi pengesanan sempadan atau rantau (Somkantha, Theera-Umporn & Auephanwiriyakul 2011).

Pemprosesan imej perubatan tersebut sangat penting bagi membantu doktor untuk mendiagnosis penyakit dan untuk membuat rawatan selanjutnya kerana ia membolehkan doktor untuk melihat bahagian dalaman tubuh manusia (Choudhari & Biday 2013). Selain itu, menurut (Choudhari & Biday 2013) lagi, pemprosesan imej perubatan juga dapat membantu doktor membuat pembedahan kecil untuk mencapai bahagian dalam tubuh manusia tanpa perlu melakukan pembedahan terlalu besar. Dalam pengimejan perubatan, tahap unjuran pancaran dikekalkan rendah untuk mengurangkan kerosakan pada tisu dan juga mengurangkan kontra isyarat imej (Hameed & Wang 2011). Imej perubatan seperti yang di bincang sebelum ini terdiri daripada x-ray , CT-scan dan juga MRI. Kecanggihan teknologi ini memberikan kesan yang amat baik dalam latihan perubatan (Jacinto, Razmig, chichian, Desvignes, Prost & Valette 2012).

Pemprosesan terhadap imej perubatan dilakukan supaya imej tersebut dapat dianalisis. Maka berlaku peningkatan terhadap keperluan untuk menghasilkan penganalisis imej dan pentafsiran secara automatik (Ali Abdo Mohammed Al-Kubati, Saif, A.Taher & A. 2012). Ini merupakan satu kepentingan dalam proses segmentasi yang mana akan menghilangkan sebahagian besar komponen yang ada dalam imej awal kepada bilangan komponen yang dikurangkan selepas segmentasi.

Sebelum ini, di bawah tajuk kaedah visualisasi rawan lutut telah diterangkan tentang MRI serba sedikit. MRI merupakan salah satu kaedah pengimejan yang semakin popular masa kini terutama bagi mengesan rawan lutut. Walaupun begitu, kaedah pengimejan lain juga akan dibincangkan bagi memberi penjelasan terhadap kekurangan dan kelebihan kaedah pengimejan yang ada. Ketiga-tiga kaedah pengimejan ini merupakan kaedah yang sering digunakan dalam bidang perubatan (Gaikwad, Abhang & Bedekar 2011). Seperti yang dinyatakan sebelum ini, 3 kaedah pengimejan yang sering digunakan untuk mengesan tulang rawan lutut adalah seperti:

- i. Sinar X-ray
- ii. Pengimbas CT
- iii. MRI

Perbincangan mengenai ketiga-tiga kaedah ini bertujuan bagi mengenal pasti kelebihan kaedah pengimejan MRI dipilih untuk penyelidikan ini sebagai kaedah untuk mengesan penyakit OA. Perbandingan di antara ketiga-tiga kaedah ini akan diterangkan seperti berikut.

2.3.1 Sinar X-ray

X-ray merupakan salah satu teknik pengimejan yang diguna pakai dalam bidang perubatan secara meluas. Pengimejan X-ray telah ditemui oleh Wilhelm Conrad Roentgen pada tahun 1895 dan beliau telah menerima anugerah Nobel fizik (Gonzalez, Woods, Scott & Hall 2008). Pusat pengimejan X-ray mudah diperoleh dan semakin popular di kalangan golongan yang berpendapat rendah dan sederhana di

negara-negara yang membangun kerana kaedah pengimejan ini tidak mahal dan memerlukan masa yang singkat untuk menghasilkan imej. Jadi tidak hairanlah ia digunakan secara meluas bagi mendiagnosis kehadiran benda asing, kecacatan atau patah di dalam badan. Walaupun kaedah X-Ray ini murah, tidak menyakitkan dan cepat, namun kaedah ini mempunyai masalah dari segi intensiti imej kerana imej yang terhasil mengandungi maklumat yang tidak relevan menyebabkan doktor sukar untuk mengesan dan menganalisis kawasan yang mencurigakan (Tarambale & Lingayat 2013).

Oleh kerana X-ray adalah bentuk sinaran ion, maka untuk mengurangkan kerosakan pada badan dan bahan genetiknya, ia perlu digunakan dengan cermat (Gonzalez, Woods, Scott & Hall 2008). Disebabkan imej dari X-ray ini kurang jelas, maka pra-pemprosesan seperti penapisan perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum proses seterusnya iaitu segmentasi boleh dilakukan. Penapisan imej dilakukan kerana imej mengandungi hingar.

2.3.2 Pengimbas CT

Tomografi paksi berkomputer (Computerized axial Tomography) juga dikenali sebagai Computed Tomography (CT) dicipta pada tahun 1970-an dan merupakan aplikasi pemprosesan imej paling penting dalam diagnosis perubatan (Gonzalez, Woods, Scott & Hall 2008). Tanpa menyebabkan kebimbangan atau kesakitan, bahagian dalaman badan boleh dilihat dengan mudah dan kawasan yang berpenyakit dapat dikesan (Choudhari & Biday 2013).

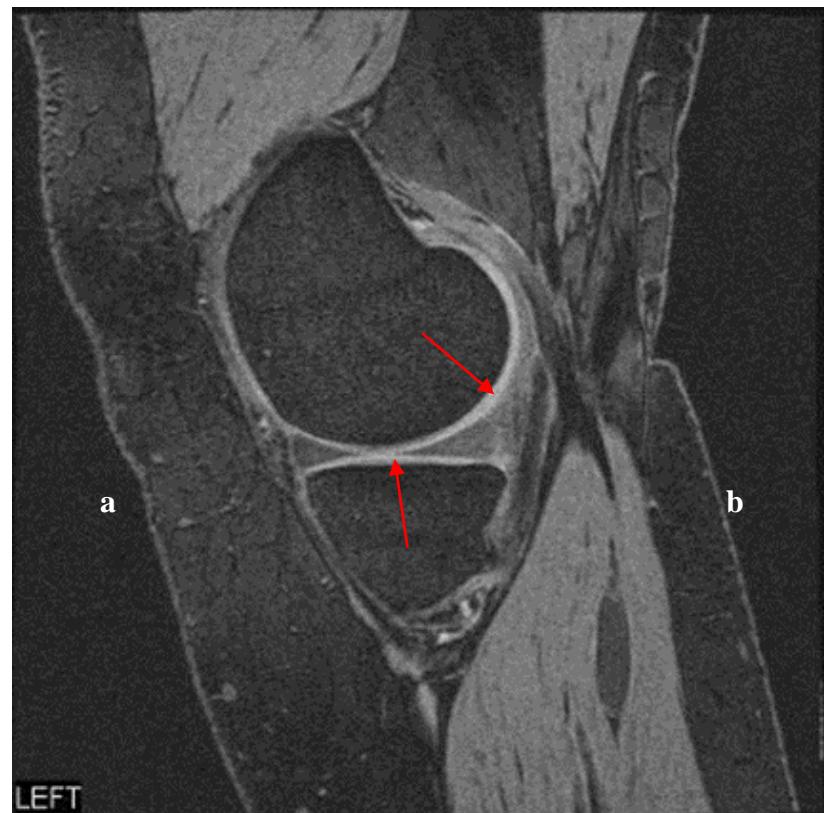
2.3.3 MRI

Kaedah yang digunakan dalam MRI ialah pengimejan diagnostik bagi menghasilkan gambar imej komputer 3 dimensi (<http://www.myhealth.gov.my/>). Bagi menghasilkan imej tersebut, medan magnet dan gelombang radio digunakan (<http://www.myhealth.gov.my/>). MRI menggunakan medan magnet yang kuat dan frekuensi radio yang tinggi untuk mendapatkan keratan imej (sectional images) dan sehingga kini terbukti ianya tidak membahayakan kesihatan (Long 2011). MRI mengambil isyarat daripada zarah magnet badan yang berputar kepada penala

magnetik dan data pengimbas ditukarkan untuk mendedahkan gambar organ dalaman dengan bantuan komputer yang canggih (Sarika Choudhari, 2013).

MRI merupakan kaedah pengimejan untuk memvisualkan struktur anatomi dalam tubuh manusia yang paling meluas digunakan (Long 2011). Seperti juga pengimbas CT, melalui kaedah pengimejan MRI, kawasan yang berpenyakit dapat dikesan dengan mudah. MRI menghasilkan imej yang mempunyai resolusi tinggi dan ini sangat bersesuaian bagi memvisualkan tisu lembut seperti rawan lutut yang mempunyai intensiti yang lebih terang dari otot yang lain (K. Zhang et al. 2013; Balafar et al. 2010; Gold et al. 2006). Walaupun MRI memvisualkan rawan lutut dengan jelas, namun teknik pemprosesan imej diperlukan untuk visualisasi yang lebih baik (Kubakaddi, Ravikumar & Harini 2013; Mallikarjuna Swamy & Holi 2010; . Selain itu, MRI menggunakan teknik non-ionizing yang menggunakan radiasi elektromagnet frekuensi radio (200MHz–2 GHz) (Gonzalez, Woods, Scott & Hall 2008).

Tambahan, teknik non-ionizing dan non-invasive yang digunakan untuk tujuan pengimejan tidak menjaskankan kesihatan pesakit (Kubakaddi, Ravikumar & Harini 2013). Antara lain, visualisasi 3D daripada kaedah pengimejan MRI memberikan maklumat yang lengkap dan gambaran yang jelas pengurangan atau kehilangan rawan lutut. Rajah 2.6 merupakan contoh imej rawan lutut normal (a) dan pesakit OA(b). Daripada kedua-dua rajah tersebut, jelas menunjukkan rawan lutut yang normal dan yang mengalami OA. Perbezaan ini ditandai dengan anak panah. Bagi imej a iaitu lutut yang normal, rawan lutut jelas kelihatan dan tiada kawasan yang berlaku penipisan rawan. Rawan masih meliputi sekeliling tulang antara tulang tibia dan tulang femur. Tiada pertemuan langsung di antara kedua-dua tulang tersebut. Manakala imej b iaitu lutut pesakit OA menunjukkan berlaku penipisan di satu-satu kawasan. Selain berlaku penipisan yang jelas kelihatan, daripada imej tersebut dapat juga dilihat berlaku pergeseran di antara tulang tibia dan tulang femur yang agak ketara. Ini dapat dilihat pada kawan yang ditandai dengan anak panah dan pertemuan di antara tulang tibia dan tulang femur. Apabila keadaan ini berlaku, maka rawan di kawasan tersebut telah mengalami penipisan dan kemungkinan juga rawan di kawasan tersebut telah tiada.



Rajah 2.6 a) Imej rawan lutut normal b) Imej rawan lutut yang mengalami OA

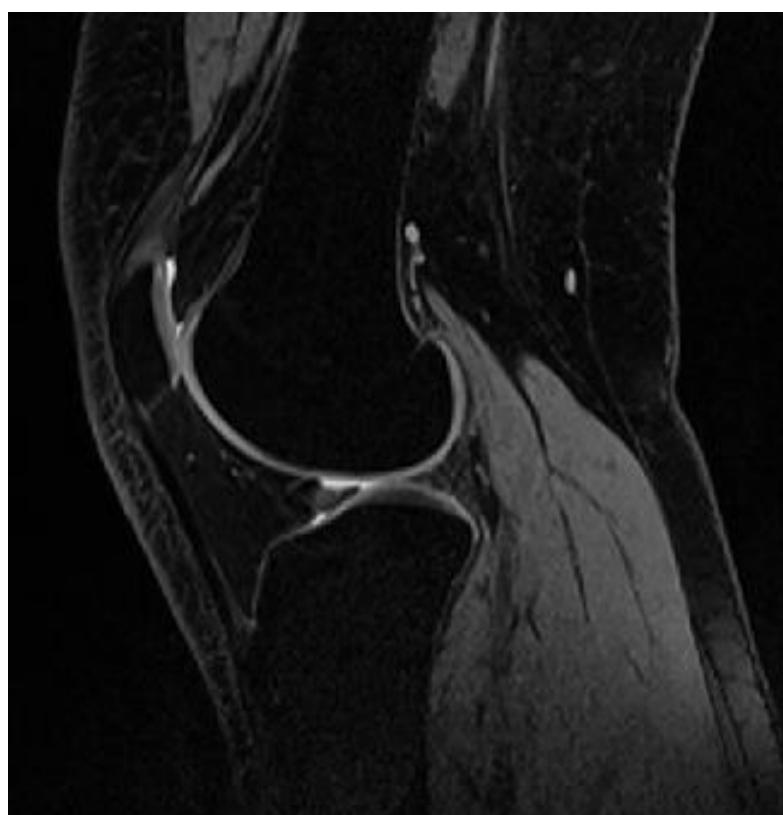
Walaupun terdapat banyak kelebihan menggunakan kaedah pengimejan MRI, tidak dinafikan ada juga beberapa kekurangannya. Antaranya kaedah pengimejan MRI memerlukan kos tinggi yang agak tinggi kerana memerlukan super konduktor magnet mahal serta mengambil masa yang agak lama berbanding dengan X-ray dan imbasan CT yang hanya mengambil masa beberapa saat (Dougherty 2009). Jika berlaku pergerakan, imej yang diambil akan mengalami masalah. Rajah 2.8, Rajah 2.7 dan Rajah 2.8 memaparkan visualisasi perbezaan ketiga-tiga kaedah pengimejan.



Rajah 2.7 Imej lutut X-Ray



Rajah 2.8 Imej lutut imbasan CT



Rajah 2.9 Imej lutut MRI

Bagi kaedah pengimejan yang diguna pakai dalam bidang perubatan bagi membantu pakar dalam menganalisis data, Jadual 2.2 berikut menunjukkan perbandingan di antara ketiga-tiga kaedah yang diterangkan. Berdasarkan ketiga-tiga perbandingan ini, dapat disimpulkan bahawa kaedah pengimejan MRI merupakan kaedah yang lebih baik dan tepat untuk memaparkan imej rawan lutut. Selain kelebihan dalam memvisualkan rawan lutut dengan jelas, perkara utama yang ditekankan adalah keselamatan terhadap pesakit.

Jadual 2.2 Perbandingan kaedah pengimejan yang digunakan dalam perubatan

Kaedah pengimejan	Kelebihan	Kekurangan
Sinar X-Ray	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Murah ▪ Tidak menyakitkan ▪ Memerlukan masa yang singkat untuk menghasilkan imej 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mempunyai masalah intensiti ▪ Mengandungi maklumat yang tidak relevan ▪ Sangat sensitif terhadap hingar ▪ Radiasi yang berbahaya untuk kesihatan (Hossain et al.2014)
Pengimbas CT	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tidak menyebabkan kebimbangan dan kesakitan kepada pesakit ▪ Mempunyai resolusi imej yang tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menghasilkan dos radiasi yang tinggi (Hossain et al. 2014) ▪ Tidak dapat menggambarkan perubahan yang berlaku kepada rawan lutut pada tahap awal
MRI	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menawarkan resolusi yang tinggi terutamanya bagi memaparkan rawan lutut dengan jelas ▪ Dapat memantau perkembangan rawan lutut walaupun pada tahap awal ▪ Tidak berbahaya terhadap kesihatan kerana tidak mendedahkan pesakit kepada radiasi 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agak mahal(Lotz et al. 2014) ▪ Memerlukan masa yang agak lama untuk mendapatkan imej dan imej akan terganggu sekiranya berlaku pergerakan

Oleh itu, sebelum segmentasi dilakukan, pemilihan kaedah pengimejan yang sesuai perlu dikenal pasti untuk memudahkan tugas yang akan dijalankan seterusnya.

2.4 SEGMENTASI

Kejayaan sesuatu pemprosesan imej bio-perubatan bergantung kepada langkah segmentasi (Tarambale & Lingayat 2013; Rastgarpour & Shanbehzadeh 2013). Segmentasi adalah satu kaedah yang penting kerana melaluinya imej boleh dianalisis (Bhabhor 2013; Choudhari & Biday 2013). Dalam imej perubatan, proses segmentasi

ini dapat membantu untuk memvisualkan struktur penting tubuh manusia (Angelina, Suresh & Veni 2012; Chi 2010). Pemilihan teknik segmentasi imej adalah bergantung kepada masalah yang hendak diselesaikan (Chaudhary & Gulati 2013; Dougherty 2009; Pham, Xu, Prince, Pham, Xu & Prince 1998). Sebagai contoh, keperluan segmentasi terhadap tisu otak berlainan dengan keperluan segmentasi hati (Pham, Xu, Prince, Pham, Xu & Prince 1998).

Antara kelebihan proses segmentasi ini dalam bidang perubatan ialah ia tidak hanya tertumpu pada mengenalpasti objek imej, tetapi memberi tumpuan juga kepada bahagian imej yang dikehendaki (Bhabhor 2013; Rastgarpour & Shanbehzadeh 2013b). Pemprosesan imej terdiri tiga tahap iaitu proses tahap rendah, proses tahap pertengahan dan proses tahap tinggi. Proses tahap rendah melibatkan operasi primitif seperti pra-pemprosesan imej untuk mengurangkan hingar, peningkatan kontras dan ketajaman imej. Manakala proses tahap pertengahan melibatkan tugas seperti segmentasi (iaitu membahagikan imej kepada rantaui tertentu atau objek. Proses yang terakhir ialah proses tahap tinggi yang melibatkan pengumpulan objek yang dikenal pasti seperti dalam analisis imej.

Menggunakan teknik-teknik pemprosesan imej, penampilan imej dapat diperbaiki, pengukuran kualitatif imej boleh dilaksanakan tanpa melakukannya secara manual dan butiran imej yang kabur dapat dikeluarkan (Mahmood, Hsieng & Daud 2013; Nirgude & Jain 2014). Segmentasi merupakan satu bidang yang luas dan aktif dalam pemprosesan imej perubatan. Pelbagai kaedah dan teknik digunakan dan ia bergantung kepada ciri-ciri masalah yang akan diselesaikan. Segmentasi ini bertujuan untuk membahagikan imej kepada bahagian yang bermakna untuk tugas tertentu (Choudhari & Biday 2013; Acharya 2013). Menurut Tarambale & Lingayat (2013), langkah segmentasi menentukan kejayaan sistem pemprosesan imej bio-perubatan kerana analisis selanjutnya akan memberikan hasil yang betul jika segmentasi dilakukan dengan betul.

Pelbagai teknik dibangunkan dalam pengimejan MRI yang berupaya memudahkan penilaian rawan lutut (Crema, Roemer, Marra, Burstein, Gold, Eckstein, Baum, Mosher, Carrino, Guermazi, W, Marra, Burstein, Gold, Eckstein, Baum,

Mosher, Carrino & Guermazi 2011). Segmentasi merupakan satu teknik yang digunakan dalam imej perubatan untuk pengekstrakan ciri, pengukuran imej, paparan imej dan juga mendapatkan sempadan bagi objek yang dicari (Somkantha, Theera-Umporn & Auephanwiriyakul 2011). Kaedah untuk melaksanakan segmentasi dipilih berdasarkan kepada pemerhatian terhadap ciri-ciri khusus masalah pemprosesan imej dan faktor-faktor tertentu (Mahmood, Hsieng & Daud 2013; Pham, Xu, Prince, Pham, Xu & Prince 1998).

Bagi imej perubatan, segmentasi adalah sangat penting kerana ciri-ciri tidak normal daripada imej MRI dapat dikenal pasti setelah imej tersebut disegmen (Gaikwad, Abhang & Bedekar 2011). Beberapa teknik pra-segmentasi rawan lutut untuk MRI telah dibangunkan oleh penyelidik. Salah satu tujuan segmentasi rawan lutut adalah mengenal pasti rantau dan isi padu rawan lutut secara automatik (Long 2011). Walaupun terdapat banyak teknik pra-segmentasi yang dibangunkan untuk melakukan sementasi terhadap rawan lutut tetapi ketepatan hasil segmentasi kurang memuaskan. Oleh itu, sehingga kini, kajian terhadap segmentasi tulang rawan lutut ini masih dijalankan. Bahagian seterusnya akan membincangkan lebih terperinci teknik-teknik yang digunakan bagi menyelesaikan masalah segmentasi tulang rawan lutut daripada imej MRI.

Buat masa ini, belum ada kaedah segmentasi tunggal yang dapat menghasilkan keputusan yang boleh diterima untuk imej perubatan (Pham, Xu, Prince, Pham, Xu & Prince 1998). Kebanyakan kaedah segmentasi yang ada adalah bersifat umum dan boleh diaplikasikan kepada pelbagai jenis data. Dalam kaedah segmentasi, terdapat dua ciri asas piksel yang berhubung dengan kejiranannya iaitu persamaan dan ketidaksambungan yang sering digunakan (Kamdi & Krishna 2011). Menurut (Ojo & Ngwira 2011), segmentasi imej akan menjadi mudah jika bukan disebabkan:

- i. hingar terhadap imej
- ii. sempadan objek yang lemah
- iii. rantau objek tidak homogen