

**MODEL ANOTASI IMEJ X-RAY DADA  
BERDASARKAN FITUR PERHUBUNGAN SPATIAL  
BAGI MENINGKATKAN DAPATAN SEMULA IMEJ**

**MOHD NIZAM BIN SAAD**

**UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA**

MODEL ANOTASI IMEJ X-RAY DADA BERDASARKAN FITUR  
PERHUBUNGAN SPATIAL BAGI MEMPERTINGKATKAN DAPATAN  
SEMULA IMEJ

MOHD NIZAM BIN SAAD

TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMPEROLEHI  
IJAZAH DOKTOR FALSAFAH

FAKULTI TEKNOLOGI DAN SAINS MAKLUMAT  
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA  
BANGI

2018

**PENGAKUAN**

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

22 Januari 2018

MOHD NIZAM BIN SAAD  
P63463

## PENGHARGAAN

Syukur Alhamdulillah kepada Allah S.W.T kerana memberikan saya kesihatan yang cukup, masa dan kematangan fikiran untuk menyiapkan kajian ini dalam bentuk sebegini rupa. Jutaan terimakasih yang tidak terhingga kepada penyelia utama Dr. Zurina binti Muda atas bantuan yang begitu besar, bimbingan, teguran dan nasihat yang begitu berguna sepanjang kajian ini. Tidak lupa juga kepada kedua-dua penyelia bersama saya iaitu Prof. Madya Dr. Noraidah binti Sahari @ Ashaari dan Prof. Dr. Hamzaini bin Abd. Hamid dengan kepakaran masing-masing yang banyak membantu menguatkan lagi semangat saya untuk menyiapkan kajian ini. Terimakasih juga saya ucapkan kepada pihak pengurusan Universiti Utara Malaysia dan Kementerian Pendidikan Tinggi Malaysia atas bantuan kewangan melalui Skim Bantuan Akademik IPTA (SLAI) di sepanjang tempoh kajian ini.

Selain daripada itu, penulis juga ingin mengucapkan ribuan terimakasih kepada pegawai-pegawai perubatan dari Pusat Kesihatan UKM terutamanya Dr. Rahimah binti Othman kerana hasil cetusan idea beliau, penulis berjaya mendapat gambaran awal mengenai proses pengurusan filem imej XRD di klinik kesihatan. Penulis juga ingin merakamkan ucapan terimakasih kepada En. Mohamad Norman bin Mohd Nordin daripada Jabatan Radiologi Pusat Kesihatan UKM atas penerangan beliau yang sangat berguna berkaitan dengan pengurusan imej CXR digital yang diuruskan melalui sistem PACS di pusat kesihatan berkenaan. Tidak lupa juga tiga orang pakar radiologi dari Hospital Sultanah Bahiyah, Alor Setar, Kedah dan tujuh orang pensyarah dari Pusat Pengajian Perkomputeran dan Pusat Pengajian Teknologi Multimedia dan Komunikasi UUM atas sumbangan mereka dalam ujian kebolegunaan sistem yang dilakukan di akhir kajian ini.

Ucapan terimakasih juga dihulurkan kepada keluarga tercinta iaitu isteri Pn. Asnani binti Bahari dan empat puteri Ainul Husna binti Mohd Nizam, Nur Jannah binti Mohd Nizam, Nur Sakinah binti Mohd Nizam dan Nur Fathonah binti Mohd Nizam atas kesabaran mereka dalam sama-sama menempuh segala kesulitan sepanjang kajian ini dilakukan. Akhir sekali, penulis ingin merakamkan ucapan terimakasih kepada rakan-rakan, saudara mara dan semua individu yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam kajian ini. Hanya Allah yang dapat membalas jasa dan budi yang telah diberikan

## ABSTRAK

Pengimejan perubatan digital telah menjadi satu keperluan kepada setiap institusi perubatan. Sehubungan itu, dapatan semula kepada imej perubatan seperti imej X-ray dada (XRD) perlu dipertingkatkan melalui proses anotasi sebelum imej disimpan dalam pangkalan data. Sehingga kini, terdapat beberapa kaedah diperkenalkan untuk menganotasi imej termasuk imej XRD menggunakan fitur perhubungan spatial. Namun, prestasi anotasi bagi setiap kaedah tidak konsisten dan kurang menunjukkan pencapaian yang baik dalam mendapatkan semula imej. Setiap kaedah anotasi yang diperkenalkan didapati masih bergelut dengan sekurang-kurangnya dua masalah besar. Pertama, model anotasi yang dicadangkan masih lemah disebabkan kaedah berkenaan tidak mengambil kira bentuk objek sebaliknya hanya menggunakan anggaran kasar objek yang diringkaskan ke dalam bentuk tertentu seperti nilai kecerunan objek bagi menentukan fitur perhubungan spatial antara objek utama dan objek rujukan. Kedua, model anotasi yang dicadangkan hanya mampu berfungsi untuk struktur objek dalam kedudukan mudah iaitu yang tidak mempunyai struktur kompleks seperti lubang. Akibatnya, berlaku kerumitan dalam proses penentuan arah perhubungan spatial bagi menganotasi imej dengan tepat. Lanjutan itu, kajian ini bermatlamat untuk mencadangkan sebuah model baharu bagi menganotasi lokasi bintil dalam zon peparu bagi imej XRD menggunakan fitur perhubungan spatial untuk mempertingkatkan dapatan semula imej. Bagi mencapai matlamat kajian, satu metodologi penyelidikan yang terdiri daripada tiga fasa iaitu pemerhatian, inovasi dan penilaian dibentuk. Dalam fasa pertama, kajian awal dijalankan di Pusat Perubatan Universiti Kebangsaan Malaysia bagi mengenal pasti fitur perhubungan spatial yang digunakan doktor bagi mendiagnosis bintil dalam peparu. Dalam fasa kedua, model anotasi imej XRD baharu secara semi-automatik menggunakan fitur perhubungan spatial dihasilkan untuk meningkatkan dapatan semula imej. Dalam fasa ini juga, sebuah sistem anotasi imej XRD yang dinamakan CHEXRIARS dibangunkan berasaskan model tersebut. Dalam fasa ketiga, CHEXRIARS diuji menggunakan dua ujian iaitu ujian prestasi dapatan semula imej dan ujian kebolehgunaan. Dalam ujian pertama, dua jenis ujian dilaksanakan iaitu ujian kepersisan dan ingat kembali (precision and recall- PNR). Dalam setiap ujian, bentuk keluk PNR dan nilai kawasan bawah keluk CHEXRIARS memperoleh skor yang terbaik. Dalam ujian kedua, pemeriksaan telesuran kognitif dilakukan bagi menilai antara muka CHEXRIARS yang melibatkan pakar radiologi dan pakar antara muka. Berdasarkan hasil ujian, ciri antara muka diperbaiki supaya sistem lebih mudah digunakan. Hasil keseluruhan daripada setiap ujian menunjukkan model anotasi imej XRD yang dicadangkan memberikan hasil yang memuaskan dan berjaya mempertingkatkan dapatan semula imej.

## **CHEST X-RAY IMAGE ANNOTATION MODEL BASED ON SPATIAL RELATIONSHIP FEATURES TO IMPROVE IMAGE RETRIEVAL**

### **ABSTRACT**

Digital imaging has become an essential element in every medical institution. Therefore, medical image retrieval such as chest X-ray (CXR) must be improved via annotation activities before they are stored into image databases. To date, many methods have been introduced to annotate medical images that includes CXR using spatial relationship features. However, the annotation performance for each method is inconsistent and does not show promising achievement to retrieve images. It is noticed that each method is still struggle with at least two big problems. Firstly, the recommended annotation model is weak because the method does not consider the object shape and rely on gross object shape estimation such as the slope value to determine the spatial relationship features between the main and reference objects. Secondly, the suggested annotation model can only be functional for simple object placement i.e. does not contains complex object structure such as holes. As a result, it is difficult to determine the spatial relationship feature to annotate image accurately. Hence, this study aims to propose a new model to annotate nodule location within lung zone for CXR image so that the image retrieval will be improved. In order to achieve the aim, a research methodology that consist of three phases namely observation, innovation and evaluation is outlined. In the first phase, a preliminary study is conducted at the Pusat Perubatan Universiti Kebangsaan Malaysia to identify the spatial relationship features used by doctors to diagnose nodule within the lung. In the second phase, a new semi-automatic annotation model that occupied spatial relationship features is produced to improve image retrieval. Similarly, an annotation system for CXR images named CHEXRIARS is developed based on the model produced. In the third phase, CHEXRIARS is tested using two types of test namely retrieval performance and usability test. In the first test, two type of retrieval test namely precision and recall (PNR) are conducted. In each test, the shape of the PNR curve and the value of area under curve revealed that CHEXRIARS attained good score. Meanwhile in the second test, cognitive walkthrough inspection is conducted to assess the CHEXRIARS's user interface involving radiologist specialists and user interface experts. Based on this test output, user interface improvements are made so that it can ease the system usage. The outcome from both tests indicated that the proposed annotation model has produced outstanding outcome and improved the image retrieval.

## KANDUNGAN

		<b>Halaman</b>
<b>PENGAKUAN</b>		<b>ii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>		<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>		<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>		<b>v</b>
<b>KANDUNGAN</b>		<b>vi</b>
<b>SENARAI JADUAL</b>		<b>xii</b>
<b>SENARAI ILUSTRASI</b>		<b>xv</b>
<b>SENARAI SINGKATAN</b>		<b>xx</b>
<b>SENARAI ISTILAH</b>		<b>xxii</b>
<b>BAB I</b>	<b>Pengenalan</b>	
1.1	Pendahuluan	1
1.2	Pelaksanaan Pengimejan Perubatan di Pusat Perubatan Universiti Kebangsaan Malaysia (PPUKM)	3
1.3	Penyataan Masalah	5
1.4	Persoalan Kajian	8
1.5	Tujuan dan Objektif Kajian	9
1.6	Batasan Kajian	10
1.7	Definisi Istilah Utama	11
1.8	Sumbangan Kajian	12
1.9	Organisasi Tesis	13
<b>BAB II</b>	<b>KAJIAN LITERASI</b>	
2.1	Pengenalan	16
2.2	Kaedah CBIR untuk Imej Perubatan	16
	2.2.1 Fail Imej DICOM	20
	2.2.2 Perbincangan	22
2.3	Anotasi Imej Secara Automatik (AIA)	22
2.4	Pensegmenan Imej	23
	2.4.1 Pensegmenan Berasaskan Grid	24
	2.4.2 Pensegmenan Berasaskan Gugusan	24

	2.4.3	Pensegmenan Berasaskan Kontur	25
	2.4.4	Pensegmenan Berasaskan Graf	25
	2.4.5	Pensegmenan Berasaskan Pengembangan Rantau	25
	2.4.6	Perbincangan	26
2.5		Fitur Perhubungan Spasial Imej	28
	2.5.1	Fitur Perhubungan Spasial Topologi	29
	2.5.2	Fitur Perhubungan Spasial Berarah	32
	2.5.3	Perbincangan	33
2.6		Dapatan Semula Berasaskan Kesamaan Perhubungan Spasial	33
	2.6.1	Dapatan Semula Imej Dengan Teknik Rentetan 2D	34
	2.6.2	Dapatan Semula Imej Dengan Teknik Rantau Kepentingan	35
	2.6.3	Dapatan Semula Imej Dengan Teknik Imej Simbolik dan Pepohon Hierarki	36
	2.6.4	Perbincangan	36
2.7		Dapatan Semula Imej Teknik Pembelajaran Mesin SVM	37
	2.7.1	Pengelas SVM	37
	2.7.2	Pengelas SVM Linear	37
	2.7.3	Limitasi Pengelas Linear SVM	39
	2.7.4	Pengelas SVM Bukan Linear	40
	2.7.5	Pengelasan Multi-Kelas SVM	42
	2.7.6	Kelebihan Pengelas SVM	43
2.8		Ujian Kebolegunaan Antara Muka Sistem	44
	2.8.1	Kepentingan Pemeriksaan Kebolegunaan Antara Muka	44
	2.8.2	Asas Ukuran Pemeriksaan Kebolegunaan Antara Muka	46
	2.8.3	Kaedah Semakan Pakar	47
	2.8.4	Pemeriksaan Telesuran Kognitif (TK)	48
	2.8.5	Garis Panduan Bagi Reka Bentuk Antara Muka Sistem	51
	2.8.6	Perbincangan	53
2.9		Kesimpulan	53
<b>BAB III</b>		<b>METODOLOGI</b>	
3.1		Pengenalan	54
3.2		Kaedah Kajian	54
3.3		Fasa Pemerhatian	62



3.3.1	Penyediaan Dokumen Kepada Jawatankuasa Etika Penyelidikan PPUKM	62
3.3.2	Penyediaan Imej XRD untuk Didiagnosis Doktor	63
3.3.3	Analisis Diagnosis Doktor Bagi Memperoleh Fitur Perhubungan Spatial	65
3.4	Fasa Inovasi	70
3.4.1	Membentuk Model Anotasi Imej XRD Baharu Berdasarkan Fitur Perhubungan Spatial Antara Lokasi Bintil dan Zon Peparu	71
3.4.2	Membangunkan Sistem Anotasi Imej XRD Berasaskan Model Baharu	73
3.4.3	Eksperimen Pensegmenan Imej	74
3.4.4	Eksperimen Anotasi Imej Menggunakan Kaedah Kecerunan Objek, Unjuran Objek dan Hubungan Sempadan Rantau	74
3.4.5	Pengubahsuaian Kaedah Anotasi Imej Mengikut Permasalahan Kajian	74
3.4.6	Pengelasan Imej Yang Dianotasi Dengan Teknik SVM Secara Multi-Kelas	75
3.5	Kaedah Anotasi Imej Menggunakan Fitur Perhubungan Spatial	75
3.5.1	Anotasi Imej Dengan Kaedah Kecerunan Objek	77
3.5.2	Anotasi Imej Dengan Kaedah Unjuran Objek	81
3.5.3	Anotasi Imej Dengan Kaedah Perbandingan Sempadan Rantau	83
3.5.4	Perbincangan	86
3.6	Fasa Penilaian	89
3.6.1	Ujian Kesamaan Hasil Pensegmenan Imej	89
3.6.2	Ujian Prestasi Dapatan Semula Imej	89
3.6.3	Ujian Kebersihan	90
3.6.4	Ujian Ingat Kembali	91
3.6.5	Keluk Kebersihan dan Ingat Kembali (keluk PNR(Precision and Recall))	91
3.7	Kerangka Kajian	92
3.8	Kesimpulan	94
<b>BAB IV</b>		
<b>ANOTASI IMEJ XRD BERDASARKAN FITUR PERHUBUNGAN SPATIAL OBJEK</b>		
4.1	Pengenalan	95
4.2	Proses Anotasi Imej XRD	98
4.2.1	Pra-Pemprosesan Imej	98
4.2.2	Menganggarkan KSM Kawasan Peparu Yang Disegmen	110

4.2.3	Membentuk Zon Semu Antara Peparu Kanan dan Kiri	111
4.2.4	Membahagikan Kawasan Peparu Kepada Zon Peparu	112
4.2.5	Mengira Titik Tengah Bagi Setiap Zon Peparu	115
4.2.6	Menentukan Perhubungan Spatial Di Antara Lokasi Bintil dan Zon Peparu Melalui Aturan Spatial	115
4.3	Eksperimen	117
4.3.1	Eksperimen Anotasi Imej Menggunakan Kaedah Kecerunan Objek, Unjuran Objek dan Hubungan Sempadan Rantau	118
4.3.2	Pengubahsuaian Kaedah Anotasi Imej Mengikut Permasalahan Kajian	126
4.3.3	Eksperimen Anotasi Imej Dengan Model Anotasi Baharu	136
4.4	Kesimpulan	139
<b>BAB V</b>	<b>PENGELASAN IMEJ SECARA MULTI-KELAS MENGGUNAKAN SVM</b>	
5.1	Pengenalan	140
5.2	Pengelasan Imej XRD Mengikut Lokasi Bintil Dalam Zon Peparu	140
5.3	Eksperimen Mengelaskan Imej Pengelas SVM Secara Multi-kelas	141
5.4	Perbincangan Hasil Eksperimen	145
5.5	Kesimpulan	149
<b>BAB VI</b>	<b>UJIAN PRESTASI DAPATAN SEMULA IMEJ</b>	
6.1	Pengenalan	150
6.2	Ujian Prestasi Dapatan Semula	150
6.2.1	Menjana Pertanyaan Bagi Mendapatkan Semula Imej Berdasarkan Kedudukan Bintil Dalam Zon Peparu	151
6.2.2	Mengelaskan Imej Mengikut Zon Peparu	152
6.2.3	Membentuk Keluk PNR Daripada Titik Keperisan dan Ingat Kembali	153
6.3	Analisis Perbandingan Prestasi dapatan semula imej	154
6.3.1	Kawasan Bawah Keluk	154
6.3.2	Keluk PNR Zon Peparu LUZ	155
6.3.3	Keluk PNR Zon Peparu LMZ	157
6.3.4	Keluk PNR Zon Peparu LLZ	159

	6.3.5	Keluk PNR Zon Peparu RUZ	161
	6.3.6	Keluk PNR Zon Peparu RMZ	163
	6.3.7	Keluk PNR Zon Peparu RLZ	164
6.4		Interpolasi Keluk PNR Untuk Semua Kaedah	166
	6.4.1	Teknik Interpolasi Keluk PNR	166
	6.4.2	Analisis Prestasi Dapatan Semula Keluk PNR Interpolasi	170
6.5		Adaptasi Pendekatan CHEXRIARS Dalam Sistem Anotasi	172
	6.5.1	Keluk PNR Zon Peparu LUZ	172
	6.5.2	Keluk PNR Zon Peparu LMZ	174
	6.5.3	Keluk PNR Zon Peparu LLZ	175
	6.5.4	Keluk PNR Zon Peparu RUZ	177
	6.5.5	Keluk PNR Zon Peparu RMZ	178
	6.5.6	Keluk PNR Zon Peparu RLZ	180
	6.5.7	Keluk Interpolasi Adaptasi dan Perbincangan	181
6.6		Kesimpulan	184
<b>BAB VII</b>	<b>PEMBANGUNAN SISTEM DAN UJIAN KEBOLEHGUNAAN</b>		
7.1		Pengenalan	185
7.2		Reka bentuk dan Pembangunan CHEXRIARS	185
	7.2.1	Reka Bentuk CHEXRIARS	185
	7.2.2	Pembangunan CHEXRIARS	187
	7.2.3	Fungsi Anotasi Imej	188
	7.2.4	Fungsi Dapatan Semula Imej	191
7.3		Pemeriksaan Pakar Kebolegunaan Antara Muka CHEXRIARS	194
	7.3.1	Hasil Pemeriksaan TK Kebolegunaan CHEXRIARS	197
	7.3.2	Saringan Masalah Kebolegunaan Berasaskan 10 Prinsip Kebolegunaan Nielsen	201
	7.3.3	Pengkategorian Maklum Balas Berdasarkan 10 Prinsip Kebolegunaan Nielsen	201
	7.3.4	Penambahbaikan Antara Muka CHEXRIARS	210
7.4		Pemeriksaan Pakar Kebolegunaan Antara Muka CHEXRIARS Pusingan Kedua	218
	7.4.1	Hasil Pemeriksaan TK Kebolegunaan CHEXRIARS	219
	7.4.2	Pengkategorian Maklum Balas Berdasarkan 10 Prinsip Kebolegunaan Nielsen	221
	7.4.3	Penambahbaikan Semula Antara Muka CHEXRIARS	224

7.5	Kesimpulan	230
<b>BAB VIII</b>	<b>KESIMPULAN</b>	
8.1	Pengenalan	232
8.2	Hasil Kajian	232
8.3	Sumbangan Kajian	235
8.4	Kajian Masa Depan	236
8.5	Penutup	236
<b>RUJUKAN</b>		<b>238</b>
Lampiran A	Maklumat fail teks dalam set data imej JSRT	257
Lampiran B	Surat pengesahan pakar terhadap sepuluh imej XRD kajian	263
Lampiran C	Senarai lokasi bintil dalam zon peparu setiap imej XRD	265
Lampiran D	Rajah Use-case dan rajah jujukan CHEXRIARS	269
Lampiran E	Senarai tugas penilaian telesuran kognitif	270

## SENARAI JADUAL

<b>No. Jadual</b>		<b>Halaman</b>
Jadual 2.1	Dimensi imej perubatan serta contoh imej	18
Jadual 2.2	Hala tuju penyelidikan CBIR dalam era baharu	20
Jadual 2.3	Contoh logik penerangan untuk menunjukkan perhubungan objek	31
Jadual 2.4	10 Prinsip kebolegunaan Nielsen	52
Jadual 3.1	Perincian tugas dalam Fasa Pemerhatian	58
Jadual 3.2	Perincian tugas dalam Fasa Inovasi	59
Jadual 3.3	Perincian tugas dalam Fasa Penilaian	61
Jadual 3.4	Senarai dokumen untuk permohonan penyelidikan di PPUKM	63
Jadual 3.5	Keterangan mengenai bintil dalam sepuluh imej XRD yang dipilih	68
Jadual 3.6	Kelebihan dan limitasi kaedah anotasi imej menggunakan fitur perhubungan spatial	87
Jadual 4.1	Nilai pekali kesamaan Jaccard, purata ketepatan dan sisihan piawai ujian kesamaan penselenggaraan	109
Jadual 4.2	Senarai nama baharu zon peparu	115
Jadual 4.3	Pemboleh ubah dan perwakilannya	117
Jadual 5.1	Pengiraan ketepatan pengelasan untuk semua pengelas SVM	146
Jadual 5.2	Matriks kekalutan untuk pengelas linear	146
Jadual 5.3	Matriks kekalutan untuk pengelas polinomial	146
Jadual 5.4	Matriks kekalutan untuk pengelas RBF	147
Jadual 5.5	Matriks kekalutan untuk pengelas sigmoid	147
Jadual 6.1	Jumlah fail imej yang didapatkan semula untuk setiap sistem berdasarkan enam pertanyaan bagi zon peparu	152
Jadual 6.2	Tafsiran prestasi sesuatu kaedah berdasarkan nilai KBK	155

Jadual 6.3	Warna keluk PNR untuk setiap kaedah	155
Jadual 6.4	Nilai KBK dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu LUZ	156
Jadual 6.5	Nilai KBK dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu LMZ	158
Jadual 6.6	Nilai KBK dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu LLZ	160
Jadual 6.7	Nilai KBK dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu RUZ	162
Jadual 6.8	Nilai KBK dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu RMZ	164
Jadual 6.9	Nilai KBK dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu RLZ	165
Jadual 6.10	Kaedah pengiraan nilai purata kepersisan untuk dua pertanyaan	169
Jadual 6.11	Nilai KBK keluk PNR yang diinterpolasi bagi setiap kaedah anotasi imej	171
Jadual 6.12	Nilai KBK dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu LUZ	173
Jadual 6.13	Nilai KBK dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu LMZ	175
Jadual 6.14	Nilai KBK dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu LLZ	176
Jadual 6.15	Nilai KBK dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu RUZ	178
Jadual 6.16	Nilai KBK dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu RMZ	179
Jadual 6.17	Nilai KBK dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu RLZ	181
Jadual 6.18	Nilai KBK keluk interpolasi lama dan baharu	182
Jadual 7.1	Senarai aktiviti untuk pemeriksaan pakar bagi CHEXRIARS	195
Jadual 7.2	Senarai penilai untuk pemeriksaan TK bagi CHEXRIARS	195

Jadual 7.3	Ringkasan hasil temu bual pemeriksaan TK bagi CHEXRIARS	198
Jadual 7.4	Kategori maklum balas bagi aktiviti anotasi imej	202
Jadual 7.5	Kategori maklum balas bagi aktiviti sejarah anotasi	206
Jadual 7.6	Kategori maklum balas bagi aktiviti dapatan semula imej berasaskan teks	207
Jadual 7.7	Kategori maklum balas bagi aktiviti dapatan semula imej berasaskan lokasi bintil	208
Jadual 7.8	Senarai penilai untuk pemeriksaan TK pusingan kedua	219
Jadual 7.9	Ringkasan hasil temu bual penilaian TK pusingan kedua bagi CHEXRIARS	220
Jadual 7.10	Kategori maklum balas bagi pemeriksaan TK pusingan kedua	222

## SENARAI ILUSTRASI

<b>No. Rajah</b>		<b>Halaman</b>
Rajah 2.1	Contoh imej perubatan yang digunakan	19
Rajah 2.2	Dua imej daripada proses pensegmenan imej teknik ASM	27
Rajah 2.3	Lapan fitur perhubungan spatial	30
Rajah 2.4	Model bentuk kon dan model unjuran	32
Rajah 2.5	Contoh perhubungan objek menggunakan teknik rentetan 2D	35
Rajah 2.6	Pengelasan dua fitur menggunakan SVM	38
Rajah 2.7	Contoh permasalahan data fitur bukan linear dan penyelesaian	40
Rajah 2.8	Lima langkah untuk pemeriksaan TK	50
Rajah 3.1	Metodologi Kajian	57
Rajah 3.2	Antara muka aplikasi Image J	64
Rajah 3.3	Imej XRD yang terdapat dalam set data JSRT dari Shiraishi et al.(2000)	65
Rajah 3.4	Kedudukan hilar kiri	69
Rajah 3.5	Pembahagian zon peparu	70
Rajah 3.6	Cadangan model anotasi imej XRD berdasarkan perhubungan spatial antara lokasi bintil dan zon peparu	72
Rajah 3.7	Kaedah SIFT dan kaedah MBR	76
Rajah 3.8	Cara bagi mengira cerun menggunakan trigonometri	78
Rajah 3.9	Contoh untuk memperoleh kecerunan antara objek	79
Rajah 3.10	Contoh menentukan perhubungan spatial kaedah unjuran objek	81
Rajah 3.11	Contoh menentukan perhubungan spatial bagi kaedah unjuran objek	82
Rajah 3.12	Contoh menentukan perhubungan spatial bagi kaedah perbandingan sempadan rantau	85



Rajah 3.13	Contoh keluk PNR	92
Rajah 3.14	Kerangka kajian	93
Rajah 4.1	Kedudukan setiap proses untuk membangunkan sistem anotasi imej XRD	97
Rajah 4.2	Proses untuk pra-pemprosesan imej	98
Rajah 4.3	Penampilan imej XRD asal dan imej XRD dari set data JSRT	99
Rajah 4.4	Langkah dalam proses pensemnan imej tidak diselia	101
Rajah 4.5	Pinggir setiap objek dalam imej XRD yang dicam oleh operator canny	102
Rajah 4.6	Imej binari dari aplikasi teknik nombor Euler dan garisan pinggir objek dari operator canny	103
Rajah 4.7	Objek BLOB terpisah dan hasil akhir proses pensemnan tidak diselia	104
Rajah 4.8	Imej XRD asal dari fail bernama JPCLN002.jpg, imej peparu kiri yang disegmen dan imej peparu kanan yang disegmen	106
Rajah 4.9	Contoh imej GT yang mewakili kawasan peparu yang disegmen menggunakan aplikasi Adobe Photoshop	107
Rajah 4.10	KSM bagi peparu kiri dan kanan	110
Rajah 4.11	Zon semu di antara peparu kiri dan kanan	111
Rajah 4.12	Kaedah pembahagian kawasan peparu	114
Rajah 4.13	Titik koordinat dalam set peraturan spatial	116
Rajah 4.14	Set aturan spatial bagi menentukan kedudukan bintil dalam	117
Rajah 4.15	Cara menentukan perhubungan spatial kaedah kecerunan objek	120
Rajah 4.16	Cara menghasilkan rantau unjuran bagi kaedah unjuran objek	122
Rajah 4.17	Cara menentukan perhubungan spatial kaedah hubungan sempadan rantau	124
Rajah 4.18	Enam zon peparu dalam imej XRD	127
Rajah 4.19	Pengubahsuaian bagi menentukan perhubungan spatial kaedah kecerunan objek	129

Rajah 4.20	Pengubahsuaian bagi menentukan perhubungan spatial kaedah kecerunan unjuran objek	132
Rajah 4.21	Pengubahsuaian bagi menentukan perhubungan spatial kaedah perbandingan sempadan rantau	134
Rajah 4.22	Penentuan titik minimum dan maksimum setiap rantau individu	135
Rajah 4.23	Proses anotasi imej XRD dalam kajian	137
Rajah 4.24	Imej binari yang dianotasi dan output imej XRD yang dihasilkan	139
Rajah 5.1	Enam langkah pengelasan fitur secara multi-kelas	142
Rajah 5.2	Cara memasukkan pernyataan parameter Pengelas fungsi inti SVM	144
Rajah 6.1	Contoh pengelasan imej bagi CHEXRIARS	152
Rajah 6.2	Keluk PNR dan keluk ROC	153
Rajah 6.3	Keluk PNR dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu LUZ	156
Rajah 6.4	Keluk PNR dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu LMZ	158
Rajah 6.5	Keluk PNR dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu LLZ	160
Rajah 6.6	Keluk PNR dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu RUZ	162
Rajah 6.7	Keluk PNR dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu RMZ	163
Rajah 6.8	Keluk PNR dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu RLZ	165
Rajah 6.9	Nilai koordinat ingat kembali pada paksi-X	167
Rajah 6.10	Contoh pengiraan nilai kepersisan pada setiap peringkat nilai ingat kembali sumber: Croft et al. (2010)	168
Rajah 6.11	Contoh Keluk PNR baharu menggunakan teknik interpolasi	169
Rajah 6.12	Keluk PNR yang diinterpolasi bagi setiap kaedah anotasi imej	170

Rajah 6.13	Keluk PNR dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu LUZ	173
Rajah 6.14	Keluk PNR dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu LMZ	174
Rajah 6.15	Keluk PNR dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu LLZ	176
Rajah 6.16	Keluk PNR dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu RUZ	177
Rajah 6.17	Keluk PNR dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu RMZ	179
Rajah 6.18	Keluk PNR dapatan semula untuk pertanyaan zon peparu RLZ	180
Rajah 6.19	Keluk PNR yang diinterpolasi bagi setiap kaedah selepas adaptasi	182
Rajah 7.1	Reka bentuk CHEXRIARS	186
Rajah 7.2	Menu utama CHEXRIARS	188
Rajah 7.3	Memuatkan imej ke dalam CHEXRIARS	189
Rajah 7.4	Menu anotasi imej CHEXRIARS	189
Rajah 7.5	Menu utama anotasi imej CHEXRIARS	190
Rajah 7.6	Menu sejarah anotasi CHEXRIARS	191
Rajah 7.7	Menu dapatan semula bagi kaedah carian berasaskan teks	192
Rajah 7.8	Menu dapatan semula bagi kaedah carian berasaskan lokasi bintil	193
Rajah 7.9	Menu dapatan semula bagi kaedah carian berasaskan lokasi bintil	193
Rajah 7.10	Antara muka lama dan baharu menu anotasi imej	211
Rajah 7.11	Contoh mesej ralat CHEXRIARS	212
Rajah 7.12	Antara muka anotasi imej baharu	213
Rajah 7.13	Petunjuk status sistem bagi aktiviti sejarah anotasi	214
Rajah 7.14	Paparan menu sejarah anotasi sebelum dan selepas diperbaiki	214

Rajah 7.15	Pembetulan bagi atribut mediastinum dalam menu tekan turun	215
Rajah 7.16	Operasi aktiviti dapatan semula berasaskan lokasi bintil	216
Rajah 7.17	Antara muka baharu menu dapatan semula imej berasaskan lokasi bintil	217
Rajah 7.18	Antara muka menu utama CHEXRIARS sebelum dan selepas dibaiki	225
Rajah 7.19	Antara muka menu dapatan semula imej sebelum dan selepas diperbaiki	227
Rajah 7.20	Antara muka menu dapatan semula berasaskan lokasi bintil sebelum dan selepas diperbaiki	228
Rajah 7.21	Kapsyen butang diperbaiki dalam antara muka baharu	229
Rajah 7.22	Saiz paparan maksimum menu Sejarah anotasi	230

**SENARAI SINGKATAN**

Singkatan	Definisi
AIA	Anotas Imej Automatik
ASM	Active Shape Model
BLOB	Binary Large Object
CBIR	Content Based Image Retrieval
CHEXRIARS	Chest X-Ray Image Annotation and Retrieval System
DICOM	Digital Imaging and Communication in Medicine
FN	False Negative
FP	False Positive
JEPUKM	Jawatankuasa Etika Universiti Kebangsaan Malaysia
JSRT	Japan Society of Radiological Technology
KBK	Kawasan Bawak Keluk
Keluk PNR	Keluk Precision dan Recall
KSM	Kotak Sempadan Minimum
LLZ	Left Lower Zone
LMZ	Left Middle Zone
LUZ	Left Upper Zone
PA	Posteroanterior
PACS	Picture Archiving And Communication System
PPUKM	Pusat Perubatan Universiti Kebangsaan Malaysia
RBF	Radial Based Function
RLZ	Right Lower Zone
RMZ	Right Middle Zone
RUZ	Right Upper Zone
SVM	Support Vector Machine

TK	Telesuran Kognitif
TP	True Positive
UML	Unified Modelling Language
XRD	X-ray data

**SENARAI ISTILAH**

Istilah (Bahasa Melayu)	Istilah (Bahasa Inggeris)
Anotasi	Annotation
Aras kelabu	Gray level
Aturan spatial	Spatial rules
Bintil	Nodule
Dapatan semula	Retrieval
Diselia	Supervised
Fitur	Feature
Fungsi inti	Kernel function
Imej binary	Binary image
Interpolasi	Interpolation
Kaedah kecerunan objek	Object slope method
Kaedah keesahan silang	Cross-validation method
Kaedah perbandingan sempadan rantau	Object region boundary method
Kaedah semakan pakar	Expert review method
Kaedah unjuran objek	Object projection method
Kawasan bawah keluk	Area under curve
Kebolegunaan	Usability
Keluk precision dan recall	Precision and recall curve
Klasifikasi	Classification
Kotak sempadan minimum	Minimum bounding box
Matriks kekalutan	Confusion matrix
Mengekod	Encode
Multi-kelas	Multi-class
Nilai ambang	Threshold value

Pembelajaran mesin	Machine learning
Pemrosesan pertanyaan	Query processing
Pengelas	Classifier
Pensegmenan imej	Image segmentation
Peparu (paru-paru)	Lung
Perhubungan berarah	Directional relation
Perhubungan spatial	Spatial relationship
Perhubungan topologi	Topology relation
Posisi spatial	Spatial position
Pra-pemrosesan imej	Image pre-processing
Rantau	Region
Rantau kepentingan	Region of interest
Teknik fikir kuat	Think aloud technique
Telesuran kognitif	Cognitive walkthrough
Tidak diselia	Unsupervised
Titik tengah	Centroid
Ujian kepersisan	Precision test
Ujian ingat kembali	Recall test
Zon paru	Lung zone
Zon semu	Dummy zone



## **BAB I**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 PENDAHULUAN**

Teknologi pengimejan perubatan telah berkembang dengan pesat sejak mula diperkenalkan sehingga telah menjadi satu keperluan dalam bidang penjagaan kesihatan dan penyelidikan pada masa kini (Martin et al. 2014). Teknologi ini merupakan suatu faktor utama dalam menyediakan rawatan yang berkualiti serta menyokong proses membuat keputusan oleh para doktor. Secara umumnya, pengimejan perubatan merupakan teknologi yang membantu proses menghasilkan imej tubuh manusia bagi kegunaan perubatan. Proses ini memerlukan dua elemen iaitu modaliti pengimejan dan sistem pengkomputeran radiologi (Rohaya Mohd Nor 2010) (World Health Organization n.d.). Elemen pertama; modaliti pengimejan, merujuk kepada peralatan radiologi yang digunakan untuk mengambil gambar bahagian dalaman tubuh manusia bagi tujuan rawatan (Zhou et al. 2008).

Pada masa kini, modaliti pengimejan untuk perubatan wujud dalam banyak bentuk; antaranya X-ray, tomografi berkomputer (computer tomography (CT)), pengimejan resonan magnet (magnetic resonance imaging (MRI)) dan ultrabunyi (ultrasound). Bagi tujuan pengurusan imej perubatan yang dihasilkan, elemen kedua iaitu sistem pengkomputeran radiologi digunakan. Sistem ini terdiri daripada gabungan dua sistem utama iaitu sistem maklumat radiologi dan sistem pengimejan digital (Liu & Kea 2007) (Sanz-Requena et al. 2015). Sistem pertama digunakan untuk mengurus rekod pesakit seperti nama, umur dan tarikh prosedur radiologi secara elektronik sementara sistem kedua mengurus arkib imej digital pesakit serta segala operasi untuk mengakses imej seperti carian dan capaian imej.

Perkembangan teknologi pengimejan membolehkan banyak imej perubatan dihasilkan setiap hari. Menurut laporan Kementerian Kesihatan Malaysia (2012), pada akhir tahun 2011, terdapat 151 buah klinik yang menawarkan perkhidmatan radiologi kepada pesakit. Pada tahun 2012 pula, jumlah klinik yang menawarkan perkhidmatan radiologi telah bertambah menjadi lebih 166 buah klinik (pertambahan sebanyak 9.9%). Sementara itu, dalam tahun 2011, sebanyak 466,583 pemeriksaan X-ray telah dijalankan ke atas pesakit namun nilai berkenaan telah meningkat sebanyak 572,532 pada tahun 2012 (pertambahan sebanyak 22.7%). Berdasarkan nilai tersebut, secara jelas perkembangan teknologi pengimejan di Malaysia berkembang dengan pesat mutakhir ini.

Keupayaan untuk menghasilkan lebih banyak imej perubatan juga harus selari dengan perkembangan teknologi pengimejan memandangkan bilangan pesakit yang perlu mendapatkan rawatan di pusat kesihatan juga meningkat. Laporan fakta kesihatan pada tahun 2015 menunjukkan bahawa di hospital kerajaan sahaja, terdapat lebih 2.4 juta pesakit telah dimasukkan ke dalam wad sementara seramai 19.9 juta orang menerima rawatan pesakit luar di hospital tersebut (Kementerian Kesihatan 2015). Sumber yang sama juga menunjukkan jumlah pesakit yang tinggi iaitu seramai 1.1 juta orang telah dimasukkan ke dalam wad di hospital swasta manakala sejumlah 4 juta orang pesakit telah menerima rawatan pesakit luar di hospital jenis yang sama. Jumlah yang ditunjukkan tidak termasuk pesakit yang menerima pelbagai rawatan lain seperti pergigian, pemulihan dan bersalin. Dalam pada itu, sebagai perancangan masa hadapan, peruntukan kewangan untuk penjagaan kesihatan di Malaysia bagi RMK-11 juga ditambah menjadi RM1.6 bilion melibatkan 425<sup>1</sup> projek kesihatan baru (Allaudin Anuar 2015). Dengan pertambahan yang semakin meningkat setiap tahun, maka kebergantungan terhadap teknologi pengimejan perubatan menjadi semakin tinggi.

---

<sup>1</sup> 20 buah hospital, 38 buah klinik bandar, 165 buah klinik 1Malaysia, 151 buah klinik luar bandar, 10 buah kuarters bandar, 9 buah kuarters luar bandar, 7 unit ICT, 22 unit penyelidikan dan pembangunan (R&D) dan 3 buah kolej perubatan

Semestinya, perkembangan dalam teknologi pengimejan memberikan impak yang sangat baik terhadap penjagaan kesihatan penduduk. Namun begitu, ia juga menampilkan satu cabaran yang besar untuk mengurus imej perubatan dengan baik. Terdapat pelbagai cara yang harus diteliti untuk melancarkan pengurusan imej dalam skala yang besar seperti kaedah carian imej yang cepat dan tepat, navigasi imej yang lancar serta kaedah simpanan imej secara sistematik. Dengan pengurusan imej yang cekap, proses simpanan dan capaian terhadap imej dapat dilakukan dengan lebih efisien.

## **1.2 PELAKSANAAN PENGIMEJAN PERUBATAN DI PUSAT PERUBATAN UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA (PPUKM)**

Dalam kajian ini, selain daripada mendapatkan maklumat berkaitan pengimejan perubatan daripada kajian kesusasteraan, penyelidik juga menemu bual dua orang pakar dari Jabatan Radiologi, Pusat Perubatan Universiti Kebangsaan Malaysia (PPUKM) dan seorang pegawai perubatan di Pusat Kesihatan UKM untuk mendapatkan gambaran awal pelaksanaan pengimejan perubatan di hospital. Dua orang pakar berkenaan terdiri daripada Ketua Jabatan Radiologi, PPUKM dan juru X-ray Kanan yang mengawal unit Sistem Komunikasi dan Arkib Gambar (Picture Archive and Communication system - PACS) PPUKM.

Temu bual pertama dibuat dengan Pegawai Pusat Kesihatan UKM pada 1 Februari 2013 di bilik pegawai berkenaan untuk mendapatkan maklumat berkaitan imej X-ray. Hasil temu bual ini boleh disimpulkan kepada tiga perkara iaitu jenis posisi prosedur X-ray, kaedah interpretasi imej X-ray dan pengurusan filem X-ray. Menurut beliau, terdapat tiga jenis posisi yang diimplementasi dalam prosedur X-ray iaitu Posteroanterior (PA), Anteroposterior (AP) dan Lateral Position (LAT). Untuk mendapat imej berdasarkan posisi PA, pesakit perlu berdiri di hadapan kaset filem X-ray dengan bahagian dadanya menghadap kaset filem dan bahagian belakangnya (posterior) menghadap juru X-ray. Sementara itu, bagi posisi AP, kaset filem diletak di belakang pesakit iaitu berlawanan daripada posisi PA. Prosedur ini dilakukan dalam keadaan pesakit sedang berbaring. Posisi LAT pula merujuk kepada posisi sisi iaitu prosedur akan dilakukan sama ada dari rusuk kiri atau kanan pesakit.

Daripada segi interpretasi sesuatu imej X-ray, seseorang doktor melihat bahagian luar imej sebelum meneliti bahagian tengah imej bagi mengesan sebarang abnormal pada setiap anatomi dalam imej. Akhir sekali, untuk tujuan pengurusan filem X-ray, setiap filem X-ray disimpan dalam tempoh kurang daripada enam bulan selepas prosedur X-ray dilakukan. Ini kerana, selepas tempoh berkenaan, maklumat yang disimpan dalam filem ini mungkin sudah tidak tepat lagi. Maklumat yang diperoleh hasil daripada temu bual pertama sangat berguna terutamanya untuk mendapatkan gambaran awal tentang imej X-ray berasaskan filem. Namun begitu, memandangkan kajian ini menumpukan kepada imej X-ray digital, maka maklumat yang lebih terperinci daripada pakar di PPUKM perlu dicari.

Proses untuk mendapatkan maklumat yang lebih lanjut mengenai pelaksanaan pengimejan perubatan telah diperoleh di PPUKM dalam sesi temu bual kedua. Menurut Pakar Radiologi dan Juru X-ray dari Jabatan Radiologi PPUKM yang ditemui, pada masa kini, kebanyakan pusat kesihatan yang menawarkan prosedur X-ray sedang giat untuk menyediakan perkhidmatan X-ray tanpa filem. Ini bermakna, mereka ini berusaha mengurangkan penggunaan filem bagi prosedur X-ray dan menggalakkan penghasilan imej X-ray dalam bentuk digital. Sebagai tambahan, kebanyakan imej perubatan digital yang dihasilkan adalah dalam format fail Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM). DICOM merupakan fail imej perubatan yang paling banyak diimplementasi di pusat perubatan kerana ia menyokong piawaian komunikasi dalam bentuk antara muka yang membolehkan pelbagai peralatan pengimejan perubatan dari pelbagai pengeluar boleh berinteraksi (Dzwonkowski et al. 2015). Kebiasaannya, fail DICOM menyimpan dua bentuk maklumat iaitu imej tubuh badan pesakit serta metadata berkaitan imej berkenaan seperti demografi pesakit (seperti umur, jantina dan kad pengenalan) dan parameter pengimejan (seperti masa dan tarikh prosedur dilakukan, saiz piksel, orientasi imej dan modaliti) (Zhou et al. 2008). Fail imej DICOM digunakan secara meluas dalam sistem pengimejan digital dan dikawal oleh unit PACS (Liu & Kea 2007). Terdapat banyak peralatan sokongan untuk fail DICOM seperti perisian paparan percuma, aplikasi pengurusan PACS dan perisian pengurusan pangkalan data imej (Medina et al. 2012). Bahagian 2.2.1 menerangkan format imej ini dengan lebih lanjut. Menurut kedua-dua staf PPUKM yang ditemui, di PPUKM, terdapat dua sistem yang menguruskan fail imej DICOM iaitu MedWeb dan OsiriX.

Walaupun capaian fail imej DICOM mudah dilakukan dengan perisian yang ada, namun proses ini hanya terhad kepada dapatan semula (retrieval) yang berasaskan kepada metadata DICOM sedia ada sahaja. Jika dengan penggunaan satu antara muka yang seragam sekalipun untuk mencapai fail berkenaan, ia masih tidak mencukupi untuk menjamin tahap saling-beroperasi (interoperability) jika tidak disusuli dengan satu mekanisme yang lengkap untuk mengurus bentuk metadata DICOM yang bersifat heterogenan (Tous et al. 2012). Maka keadaan ini membatasi pemprosesan pertanyaan (query processing) yang boleh dilakukan ke atas imej DICOM.

Di samping itu, kebergantungan kepada metadata DICOM tidak memadai kerana ia tidak berupaya untuk mengekod (encode) kawasan anatomi penting dalam imej dengan tepat (Güld et al. 2002). Dari segi praktis pula, metadata yang terhad menyukarkan doktor mendapatkan semula fail imej berdasarkan rutin rawatan yang dibuat kerana maklumat diagnosis tidak disimpan bersama dalam metadata DICOM. Menurut Ketua Jabatan Radiologi PPUKM, seseorang doktor sering kali perlu mendapatkan maklumat rawatan untuk tujuan rujukan seperti pengajaran, peperiksaan pelajar dan kes-kes khas. Namun begitu, maklumat ini tidak diperolehi memandangkan metadata DICOM hanya menunjukkan maklumat pesakit sama ada berbentuk nombor siri imej atau kajian imej (Blackledge et al. 2014; Güld et al. 2002). Menurut pakar tersebut lagi, jika seseorang doktor perlu melihat maklumat rawatan yang telah dibuat bagi sesuatu fail imej DICOM, beliau harus mengimbas kembali setiap imej berkenaan dengan berpandu kepada nama pesakit atau nombor fail pesakit. Tambahan pula, sistem PACS hanya menyimpan imej dan tidak menyediakan mekanisme untuk dapatan semula imej berdasarkan maklumat rawatan (Medina et al. 2012). Kesimpulannya, adalah sukar untuk mencapai imej DICOM berdasarkan maklumat rawatan kerana ia tidak disimpan bersama dengan imej berkenaan.

### **1.3 PENYATAAN MASALAH**

Imej X-ray dada (XRD) (chest X-ray) merupakan sejenis imej perubatan yang sangat penting dan meliputi satu per-tiga daripada semua jenis imej perubatan yang dihasilkan bagi setiap hospital terutamanya untuk rawatan pesakit luar (Tao et al. 2011). Walaupun teknik pengimejan X-ray dianggap lama, namun ia sangat penting sebagai

asas bagi rawatan awal untuk anatomi penting seperti paru-paru (peparu) (Cui et al. 2012). Di sebalik kelebihan imej XRD, fail imej berkenaan masih terdiri daripada jenis DICOM. Oleh itu, ia mewarisi setiap kekangan yang terdapat pada fail DICOM. Sungguhpun terdapat usaha untuk mengatasi kekurangan yang terdapat dalam metadata fail DICOM menggunakan kaedah CBIR iaitu satu teknologi bagi membantu dapatan semula imej dengan hanya menggunakan kandungan visual atau fitur imej berkenaan (Datta et al. 2008); namun usaha ini lebih tertumpu kepada penggunaan fitur imej tahap rendah (low level features) terutamanya menggunakan kontras aras warna kelabu untuk mengesan bintil paru (Ben Hassen & Taleb 2012). Fitur imej tahap rendah ialah kaedah yang digunakan komputer untuk mengenali imej. Bagi manusia, pengenalan kepada sesuatu imej perlu dilakukan berdasarkan bahasa yang digunakan atau dikenali sebagai fitur imej tahap tinggi (high level features). Fitur imej tahap rendah tidak dapat membantu proses dapatan semula yang baik memandangkan terdapat pengguna yang tidak mahir menggunakan fitur ini dalam bahasa pertanyaan yang dibuat (Mueen et al. 2008). Keadaan menjadi lebih kritikal jika laporan kes rawatan tidak menyamai setiap ciri analisis imej perubatan yang dibuat (Ramos et al. 2016). Dalam situasi ini, sistem dapatan semula yang dibangun menghadapi dua kekangan iaitu pertama; sistem tidak dapat mentafsirkan kandungan imej dengan tepat dan kedua; sistem kurang memahami kehendak sebenar pengguna (Hanwang Zhang et al. 2014). Lanjutan daripada itu, maklumat semantik tahap tinggi (high-level semantic information) diperlukan. Perbezaan di antara fitur imej tahap rendah dan fitur imej tahap tinggi dirujuk dengan istilah jurang semantik (semantic gap) (Tousch et al. 2012).

Usaha untuk mengurangkan jurang semantik telah lama dibincang dan antara penyelesaian yang dicadangkan ialah menggunakan anotasi imej (Mueen et al. 2008; Wang & Hua 2011). Anotasi imej merupakan satu kaedah untuk menggabungkan (juga memberikan makna, melabel, menanda atau mengindeks) kata kunci dalam bentuk teks pada imej bagi menerangkan imej, memperbaiki dapatan semula dan yang paling penting mengurangkan jurang semantik yang wujud antara fitur imej tahap rendah dan tahap tinggi (Koletsis & Petrakis 2010; Manzato & Goularte 2012; Sergieh et al. 2012).

Kepentingan anotasi imej untuk menerangkan objek dalam imej telah lama dibincangkan dalam banyak bidang seperti penderiaan jauh, pengangkutan, linguistik,

fesyen, senibina dan penerbitan terutamanya untuk mengimbas, mencari dan mendapatkan semula imej (Liu et al. 2007; Takemura et al. 2012). Dalam bidang perubatan pula, anotasi imej telah digunakan untuk pelbagai tujuan seperti pengelasan imej berdasarkan bentuk imej X-Ray bagi memudahkan pengurusan imej (Tao et al. 2011; Zare et al. 2011), memperbaiki persembahan imej dalam sistem dapatan semula menggunakan kesamaan teks laporan diagnosis (Ramos et al. 2016) dan menerangkan lokasi anomali yang dikesan dalam imej perubatan (Ben Hassen & Taleb 2012).

Walaupun anotasi imej telah lama digunakan untuk dalam penyelidikan untuk perubatan, namun masih kurang penyelidikan yang mengeksploitasi posisi spatial (spatial position) dan perhubungannya bagi menerangkan piksel, objek atau rantau dalam imej (Nguyen & Wu 2012; Rubin et al. 2008; Song et al. 2011). Keadaan ini berlaku disebabkan kesukaran untuk memberikan kata kunci yang sesuai kepada perkataan atau frasa dalam ayat sebenar bagi menggambarkan keadaan perhubungan spatial dalam bentuk semantik kepada imej (Kordjamshidi et al. 2011). Walaupun kesukaran ini sering dialami, namun perlu diingatkan bahawa penerangan imej perubatan menggunakan fitur perhubungan spatial (spatial relationship) sangat penting kerana interpretasi imej bergantung kepada cara untuk mengenali kedudukan struktur anatomi dan lokasinya relatif kepada anatomi lain (Ashnil Kumar et al. 2008).

Sehingga kini terdapat sekurang-kurangnya tiga kaedah bagi menganotasi imej menggunakan fitur perhubungan spatial dan sesuai diimplementasi untuk imej perubatan iaitu kaedah kecerunan objek (Ahmed et al. 2016; H. Wang et al. 2014), kaedah unjuran objek (Clementini 2013; Jin, Hu & Wang 2012) dan kaedah hubungan sempadan rantau (Hollink et al. 2003; Muda & Lewis Paul 2013). Namun begitu, masalah umum yang dihadapi oleh setiap kaedah ialah model bagi menentukan fitur perhubungan spatial antara objek utama dan objek rujukan masih lemah dan tidak cekap sehingga menyebabkan proses anotasi imej menggunakan fitur perhubungan spatial turut terkesan. Model yang dibentuk kadangkala tidak mengambil kira bentuk objek rujukan dan objek utama bagi menentukan arah perhubungan spatial sebaliknya ia hanya menggunakan anggaran kasar bentuk objek yang diringkaskan dalam bentuk titik atau kecerunan (Schneider et al. 2012). Akibat daripada penggunaan elemen yang dianggar dan diringkaskan ini, proses tambahan diperlukan seperti menggunakan set

aturan spatial yang berbentuk pernyataan bersyarat bagi menentukan fitur perhubungan spatial antara objek. Keadaan ini akan menyebabkan keputusan perhubungan mungkin tidak tepat kerana setiap elemen berkenaan hanya mewakili sebahagian kecil daripada keseluruhan objek. Selain itu, ada model yang dicadangkan hanya berfungsi untuk struktur kedudukan objek yang mudah iaitu hanya satu komponen objek yang dihubungkan dan tidak mempunyai struktur objek yang kompleks seperti lubang (Skiadopoulos et al. 2005). Sedangkan dalam keadaan sebenar, struktur objek dalam imej sangat kompleks seperti terpisah disebabkan lubang, berbentuk poligon dan mungkin bersilang seakan yang terdapat dalam imej perubatan. Oleh sebab demikian, arah perhubungan spatial menjadi sangat mudah berubah disebabkan polar cartesian yang cepat bertukar. Lanjutan itu juga, akan berlaku kerumitan dalam proses penentuan arah perhubungan spatial kerana jumlah kombinasi perhubungan spatial antara objek utama dan rujukan boleh menjadi terlalu banyak (Jing & Gangwu 2008). Sehubungan itu, model bagi menganotasi imej menggunakan fitur perhubungan spatial menjadi lemah dan mengambil masa yang lama bagi proses taakulan spatial (spatial reasoning) antara objek dalam imej.

Berdasarkan permasalahan kajian yang dibincangkan, kajian ini bermatlamat untuk membangunkan sebuah model baharu yang efektif untuk menganotasi lokasi bintil dalam zon peparu bagi imej XRD menggunakan fitur perhubungan spatial supaya dapatan semula imej menjadi lebih baik. Justeru itu, model berkenaan dapat memperbaiki pencarian dan capaian imej seterusnya meningkatkan kualiti dan ketepatan imej yang dicapai.

#### **1.4 PERSOALAN KAJIAN**

Berdasarkan permasalahan yang telah dikenal pasti, persoalan kajian adalah seperti berikut:

- 1) Apakah jenis fitur perhubungan spatial yang sering digunakan oleh doktor untuk menerangkan lokasi bintil dalam zon peparu bagi imej XRD?



- 2) Apakah komponen yang diperlukan untuk membangun sebuah model bagi menganotasi imej XRD berdasarkan fitur perhubungan spatial lokasi bintil dalam zon peparu bagi imej XRD bagi meningkatkan dapat semula imej?
- 3) Bagaimanakah cara untuk menilai model baharu untuk menganotasi imej XRD berdasarkan fitur perhubungan spatial?

### **1.5 TUJUAN DAN OBJEKTIF KAJIAN**

Matlamat utama kajian ialah membentuk sebuah model baharu yang efektif untuk menganotasi lokasi bintil dalam zon peparu bagi imej XRD menggunakan fitur perhubungan spatial supaya dapatan semula imej menjadi lebih baik. Bagi mencapai matlamat utama kajian, objektif khusus kajian dikenal pasti seperti berikut, iaitu untuk:

- 1) mengenal pasti jenis fitur perhubungan spatial yang sering digunakan doktor untuk menerangkan lokasi bintil dalam zon peparu bagi imej XRD melalui kajian awal di PPUKM.
- 2) mencadangkan sebuah model baharu anotasi imej XRD secara semi-automatik menggunakan fitur perhubungan spatial untuk meningkatkan dapatan semula imej melalui:
  - a) gabungan kaedah anotasi imej unjuran objek dan hubungan sempadan rantau
  - b) teknik pengelasan imej XRD yang telah dianotasi menggunakan SVM secara pengelasan multi-kelas
- 3) menilai keupayaan sistem anotasi imej XRD yang dibangunkan menggunakan dua ujian berikut:
  - a) ujian prestasi dapatan semula (retrieval performance) imej menggunakan ujian kepersisan (precision) dan ingat kembali (recall).

- b) ujian kebolegunaan sistem di kalangan pensyarah teknologi maklumat dan pakar radiologi.

## 1.6 BATASAN KAJIAN

Terdapat perbezaan untuk proses dapatan semula imej dalam bidang perubatan berbanding bidang lain kerana seseorang harus mengambil kira konteks perubatan (seperti perubahan patologi) dan perbezaan pesakit secara individu (seperti umur dan bentuk tubuh) dalam proses tersebut (Yao et al. 2008). Oleh itu, skop kajian ini dibentuk agar mencakupi sempadan kajian dalam bidang perubatan. Dengan demikian, skop kajian dihadkan kepada setiap perkara berikut:

- 1) Hasil sesi temu bual kedua yang dilakukan bersama Ketua Jabatan Radiologi PPUKM mendapati bahawa beliau mencadangkan agar kajian ini difokuskan untuk satu anatomi sahaja dalam imej XRD. Oleh itu hanya anatomi peparu dipertimbangkan. Pemilihan ini dilakukan kerana terdapat banyak anatomi dalam imej XRD di samping kaedah untuk rawatan setiap anatomi berbeza.
- 2) Memandangkan terdapat banyak jenis fitur perhubungan spatial dalam kajian terdahulu, maka fitur sebenar yang digunakan untuk menerangkan setiap zon peparu ditentukan berdasarkan maklum balas yang diperoleh melalui kajian awal yang dibuat bersama doktor radiologi.
- 3) Daripada segi bentuk imej XRD pula, kriteria imej hanya dihadkan kepada perkara berikut:
  - a) Imej XRD yang digunakan adalah jenis posisi Posteroanterior (PA). Posisi imej dihadkan kepada posisi PA sahaja kerana imej XRD daripada posisi ini sering digunakan di hospital dan mudah diperoleh. Di samping itu, dua posisi lain iaitu AP dan LAT jarang dihasilkan melainkan jika doktor ingin membuat rawatan lanjut ke atas pesakit. Jadi imej berkenaan sukar diperoleh untuk dijadikan imej kajian.

- b) Paparan imej XRD mestilah seimbang (tidak condong akibat putaran) dalam menunjukkan semua anatomi dan mempunyai tahap kecerahan yang baik. Kriteria imej ini penting kerana membantu proses pensegmenan imej yang lebih baik di samping memudahkan kawasan peparu dibahagikan kepada zon peparu.
- 4) Pengguna sistem yang dibangunkan dalam kajian hanya terdiri daripada mereka yang memahami panduan bagi mendiagnosis penyakit yang terdapat dalam peparu seperti doktor dan juru X-ray. Ini kerana istilah yang digunakan dalam sistem mungkin tidak difahami pengguna biasa melainkan mendapat panduan daripada penyelidik atau orang yang berkenaan dalam bidang radiologi.

## 1.7 DEFINISI ISTILAH UTAMA

Memahami maksud perkataan utama memudahkan pemahaman topik yang dibincangkan dalam tesis. Oleh yang demikian, bahagian ini menjelaskan definisi perkataan utama yang digunakan dalam kajian ini iaitu anotasi, fitur perhubungan spatial, imej XRD, ontologi dan sistem dapatan semula imej.

### 1) Anotasi imej

Seperti yang dinyatakan dalam bahagian 1.3 (Permasalahan Kajian), anotasi imej merujuk kepada satu kaedah untuk menggabungkan (juga memberikan makna, melabel, menandai atau mengindeks) kata kunci dalam bentuk teks pada imej bagi menerangkan imej, memperbaiki dapatan semula dan yang paling penting mengurangkan jurang semantik yang wujud antara fitur imej tahap rendah dan tahap tinggi. Dalam kajian ini, anotasi ke atas imej menggunakan kata kunci yang terdiri daripada fitur perhubungan spatial yang diperoleh dan disahkan oleh pakar radiologi serta digunakan untuk mendiagnosis imej XRD bagi anatomi peparu.

### 2) Fitur perhubungan spatial

Fitur perhubungan spatial merujuk kepada satu fitur yang digunakan untuk menerangkan kedudukan atau posisi objek dalam imej. Fitur perhubungan spatial

mengandungi fitur yang dapat menentukan lokasi objek berbanding dengan objek lain dalam imej yang ditunjukkan. Antara contoh fitur perhubungan spatial termasuklah kiri, kanan, atas, bawah, bertemu dan terpisah.

### 3) Imej XRD

Imej XRD atau imej X-ray dada merujuk kepada imej dari modaliti pengimejan X-ray yang diambil pada bahagian dada manusia. Dalam kajian ini, imej jenis ini dianotasi dengan fitur perhubungan spatial bagi mengkaji keberkesanan dapatan semula imej.

### 4) Kaedah pembelajaran mesin SVM

SVM merupakan satu teknik yang terdapat dalam kaedah pembelajaran mesin untuk pelbagai kegunaan seperti mengelas maklumat, melakukan regresi dan ejen pembelajaran bagi maklumat penting. Teknik SVM dipilih dalam kajian untuk mengelas imej XRD yang telah dianotasi mengikut fitur perhubungan spatial di antara lokasi bintil dan zon peparu.

### 5) Sistem dapatan semula imej

Sistem dapatan semula imej merupakan satu sistem untuk memperoleh semula imej yang disimpan dalam lokasi penyimpanan imej seperti pangkalan data. Untuk mendapatkan semula imej, pengguna perlu memasukkan pertanyaan ciri-ciri imej seterusnya sistem mencari dan memaparkan senarai imej dari lokasi penyimpanan imej berdasarkan carian tersebut.

## 1.8 SUMBANGAN KAJIAN

Sumbangan kajian yang diperoleh adalah diringkaskan seperti berikut:

- 1) Lima fitur perhubungan spatial (iaitu kanan, kiri, atas, tengah dan bawah) yang digunakan doktor untuk mendiagnosis lokasi bintil dalam zon peparu bagi imej XRD.

- 2) Sebuah model baharu bagi menganotasi imej XRD secara semi-automatik dengan menggunakan fitur perhubungan spatial antara lokasi bintil dalam zon peparu untuk meningkatkan dapatan semula imej.
- 3) Kaedah baharu untuk menganotasi imej XRD berdasarkan gabungan kaedah unjuran objek dan hubungan sempadan rantau menggunakan fitur perhubungan spatial antara lokasi bintil dalam peparu.
- 4) Algoritma untuk menghubungkan rantau berkepentingan (ditunjukkan dalam perhubungan di antara lokasi bintil dalam zon peparu) dengan menggunakan fitur perhubungan spatial.
- 5) Satu set data imej yang mengandungi sepuluh imej JSRT yang telah disegmen kawasan peparu bersama imej ground truth (GT) setiap imej untuk tujuan perbandingan.
- 6) Sistem anotasi dan dapatan semula imej yang dikenali sebagai CHEXRIARS.

Sebagai kesimpulan, sumbangan yang diperoleh dalam kajian ini dapat memberi satu panduan yang lebih baik terutamanya kepada penyelidik masa depan untuk melakukan kajian dalam pengimejan perubatan khususnya dan pemprosesan imej secara amnya.

## **1.9 ORGANISASI TESIS**

Tesis ini disusun dalam lapan bab termasuk bab pengenalan. Senarai keseluruhan bab yang terdapat dalam tesis ini dijelaskan seterusnya.

Bab II membincangkan kajian lepas yang berkaitan dengan anotasi imej menggunakan kaedah perhubungan spatial antara objek dalam imej. Bab ini dapat memberikan gambaran yang terperinci tentang konsep penting dalam kajian serta perhubungan antara suatu konsep dengan konsep yang lain. Sementara itu, pada akhir setiap bahagian, satu rumusan diberikan bersama-sama perbincangan yang bersesuaian mengenai kandungan bab yang ditulis dalam setiap bahagian.

Bab III membincangkan mengenai metodologi kajian yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan kajian. Dalam bab ini, satu gambaran keseluruhan tiga fasa utama kajian iaitu pemerhatian, inovasi dan penilaian ditunjukkan. Di samping itu, penerangan bagi setiap proses dan eksperimen yang dilalui juga dibincangkan dengan terperinci. Pada akhir Bab III, satu kerangka kajian yang mengandungi setiap komponen penting dalam kajian telah direkabentuk dan dihasilkan.

Bab IV membincangkan mengenai eksperimen yang dilakukan untuk menganotasi imej XRD berdasarkan perhubungan spatial bagi lokasi bintil dalam zon peparu. Dalam bab ini, setiap langkah yang diperlukan untuk proses anotasi imej dibincang dengan terperinci. Secara umumnya, terdapat enam proses yang perlu dilakukan untuk menganotasi imej iaitu pemprosesan imej, anggaran kotak sempadan minimum, penghasilan zon semu (dummy), pembahagian zon peparu, pengiraan titik tengah zon peparu dan penentuan perhubungan spatial. Pada akhir Bab IV, satu algoritma untuk menganotasi imej XRD berdasarkan perhubungan spatial antara bintil dengan zon peparu dihasilkan.

Bab V pula membincangkan mengenai eksperimen teknik pengelasan imej secara multi-kelas menggunakan SVM bagi mengelaskan imej XRD yang telah dianotasi. Bagi memberikan gambaran yang lebih jelas terhadap eksperimen ini, perbandingan antara kaedah pengelasan imej berdasarkan empat inti (kernel) SVM turut ditunjukkan. Di samping itu, penggunaan pakej LIBSVM juga turut ditunjukkan untuk memudahkan pengelasan imej secara multi-kelas. Di akhir bab ini, keputusan ujian ketepatan pengelasan SVM ditunjukkan.

Bab VI memerihal tentang ujian prestasi dapatan semula imej yang menggunakan ujian kepersisan dan ingat kembali ke atas sistem anotasi imej yang dibangunkan. Dalam bab ini, keupayaan dapatan semula sistem yang dikenali dengan CHEXRIARS diuji dan dibandingkan dengan tiga sistem yang dibangunkan menggunakan kaedah anotasi imej yang berasaskan kaedah kecerunan objek, unjuran objek dan perbandingan sempadan rantau. Pada bahagian akhir Bab VI, keputusan ujian prestasi dapatan semula CHEXRIARS dan tiga sistem yang dibandingkan telah dibincangkan dengan mendalam.

Bab VII membincangkan mengenai ujian kebolegunaan yang telah dijalankan ke atas antara muka sistem CHEXRIARS. Kaedah pemeriksaan telesuran kognitif diimplementasi untuk menguji tahap kebolegunaan antara muka sistem. Setiap masalah kebolegunaan yang ditemui penilai disaring pula menggunakan 10 prinsip kebolegunaan Nielsen.

Bab VIII merumuskan perbincangan setiap tugas yang dilakukan dalam kajian ini. Sebagai tambahan, perbincangan untuk menambahbaik setiap tugas yang dilakukan dalam kajian turut dinyatakan sebagai panduan kepada penyelidik lain pada masa hadapan.

## **BAB II**

### **KAJIAN LITERASI**

#### **2.1 PENGENALAN**

Bab ini membincangkan kajian lepas berkaitan dengan penyelidikan seperti teknik dapatan semula berasaskan imej (Content Based Image Retrieval - CBIR) untuk imej perubatan, teknik anotasi imej secara automatik (AIA), pensegmenan imej, fitur perhubungan spatial, anotasi imej berdasarkan fitur imej, kaedah anotasi imej menggunakan fitur perhubungan spatial, dapatan semula imej berasaskan perhubungan spatial, dapatan semula imej menggunakan teknik pembelajaran mesin, ujian kebolegunaan antara muka sistem, ujian prestasi dapatan semula imej dan model anotasi imej yang dicadangkan.

#### **2.2 KAEDAH CBIR UNTUK IMEJ PERUBATAN**

Dengan perkembangan teknologi yang pesat pada masa kini, teknik CBIR dilihat sebagai suatu teknik yang penting untuk mengurus imej sama ada dalam bidang akademik atau industri. Datta et al. (2008) menyatakan bahawa fasa awal perkembangan pembangunan dan penyelidikan dalam bidang CBIR bermula dari tahun 1994 sehingga tahun 2000. Selepas tempoh tersebut, bilangan penyelidikan yang dilakukan dalam bidang ini berkembang dengan pesat. Keupayaan CBIR untuk menjadi satu mekanisme baharu bagi mendapatkan semula imej dalam ruangan siber yang luas memudahkan permintaan terhadap imej daripada aplikasi multimedia untuk kegunaan web dan peranti mudah alih (Zhang et al. 2014).

Selain daripada menggunakan CBIR, terdapat teknik lain yang turut diperkenalkan untuk tujuan yang mendapatkan imej seperti teknik Sketch Based Image



Retrieval (SBIR). SBIR membolehkan pengguna untuk mendapatkan semula imej terutamanya dari pangkalan data imej yang besar hanya melalui lakaran sesuatu objek (Cheng et al. 2015; Eitz et al. 2011). Kaedah SBIR sangat sesuai digunakan pada masa kini memandangkan teknologi skrin sentuh telah berkembang dengan pesat (Sun et al. 2013). Walaupun SBIR merupakan antara teknik untuk mendapatkan semula imej yang terkini, ia mempunyai beberapa kelemahan jika dibandingkan dengan CBIR. Menurut Schneider, & Tuytelaars (2014), terdapat sekurang-kurangnya tiga kelemahan pada SBIR. Pertama, ia tidak berupaya untuk membezakan kategori lakaran jika melibatkan bentuk objek yang kompleks, contohnya, lakaran burung camar disamakan dengan lakaran burung yang terbang. Kedua, lakaran yang buruk oleh pengguna akan menyebabkan objek lakaran tidak dikenali seterusnya menyebabkan proses klasifikasi imej mengandungi ralat. Ketiga, pengecaman objek akan menjadi rendah oleh sebab lakaran yang dibuat pengguna tidak tepat sehingga terjadinya kecelaruan objek sebenar yang cuba dilakar. Paling penting, kelemahan SBIR ialah ia hanya menggunakan fitur bentuk objek untuk mendapatkan imej sedangkan teknik CBIR mampu untuk mendapatkan imej menggunakan lebih banyak fitur imej (Tao & Kun 2013). Oleh itu SBIR hanya sesuai untuk mendapatkan semula imej yang berbentuk tanda dagangan, lukisan teknikal, dokumen dan imej yang dihasilkan menggunakan tangan atau lukisan klip sahaja tetapi ia ini kurang sesuai untuk mendapatkan imej yang berbentuk semula jadi (Hu & Collomosse 2013) seperti imej perubatan. Oleh itu, dalam bahagian ini tumpuan perbincangan hanya difokuskan kepada teknik CBIR untuk bidang perubatan sahaja.

Dalam bidang perubatan, teknik CBIR sangat berguna untuk membantu doktor mendapatkan semula imej berdasarkan kes diagnosis yang dibuat di samping menjadi alat bantuan latihan kepada pelajar perubatan dan penyelidikan (Bergamasco & Nunes 2014). CBIR dapat mengurangkan kebergantungan staf perubatan kepada teks setiap kali mereka ingin menganotasi imej ketika mendiagnosis sesuatu penyakit atau mendapatkan semula imej dari pangkalan data radiologi (Deepak et al. 2012). Dengan keupayaannya yang ditunjangi oleh algoritma pemprosesan imej, teknik ini menjadi pilihan dalam menyaring dan mengesan sebarang kelainan dalam imej perubatan melalui sistem Computer Aided Diagnosis (CAD) (Alomari et al. 2011; Lokoč et al. 2012). Dalam sesuatu sistem CAD, CBIR digunakan untuk mengekstrak fitur visual

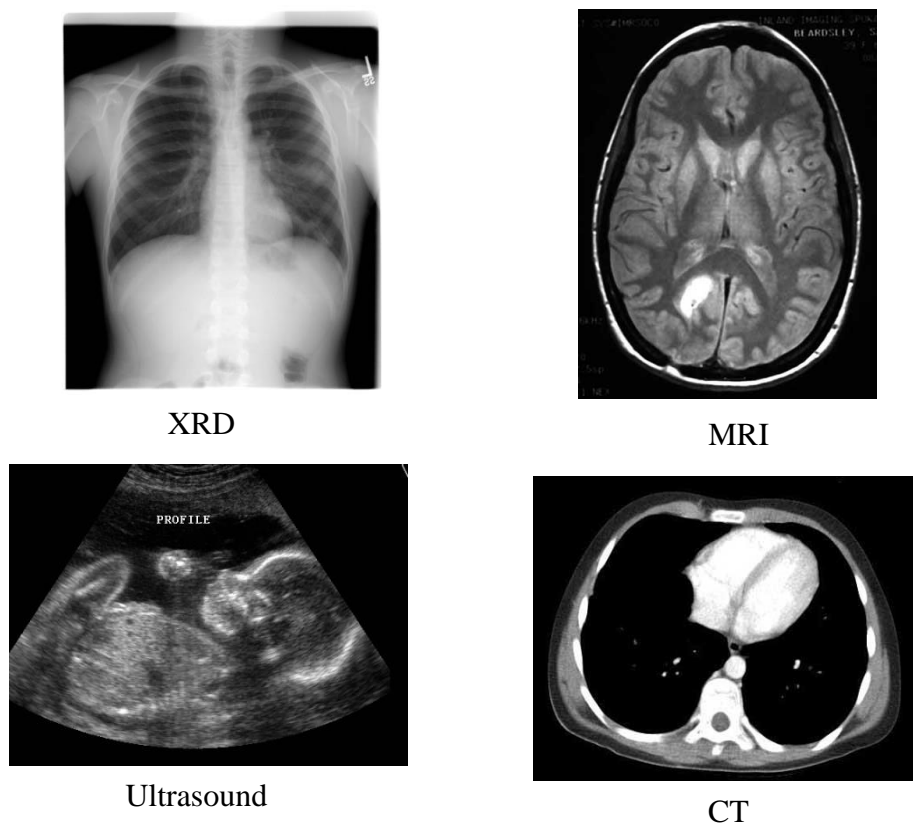
imej perubatan seperti warna, bentuk, tekstur dan perhubungan spatial objek untuk membentuk satu siri vektor bagi tujuan mengindeks dan mendapatkan semula imej dengan lebih berkesan (Chen et al. 2005; Müller et al. 2004; Zhang et al. 2012).

Imej perubatan merujuk kepada sebarang imej yang digunakan untuk memaparkan setiap bahagian tubuh badan manusia bagi tujuan klinikal dan sains (Rohaya Mohd Nor 2010; Wojnar 2012). Sebelum ini, imej perubatan wujud dalam bentuk fizikal seperti filem. Namun, dengan perkembangan teknologi yang pesat serta evolusi peralatan pengimejan perubatan yang cepat, banyak imej perubatan dalam bentuk digital boleh diperolehi dengan mudah (Dimitrovski et al. 2011). Zhou (2008) menyenaraikan beberapa dimensi imej perubatan serta beberapa contoh imej bagi setiap dimensi seperti yang diringkaskan dalam Jadual 2.1.

Jadual 2.1 Dimensi imej perubatan serta contoh imej

<b>Dimensi</b>	<b>Contoh-contoh imej</b>
2D	X-Ray Dada (XRD), Echocardiogram
3D	Magnetic Resonance Imaging (MRI) dan Computed Tomography (CT)
4D	Cardiac CT/MR/Ultrasound dan Fused Positron Emission Tomography (PET)/CT (3D-in-time or along different modalities)
5D	Respiratory-gated PET-CT study of the lung (3D-in-time and along modalities)

Dalam proses rawatan, setiap imej perubatan yang dihasilkan mempunyai fungsi yang khas bagi mendiagnosis sesuatu anatomi berdasarkan penyakit. Sebagai contoh, imej CT digunakan untuk menghasilkan resolusi dan geometri yang jelas untuk tisu yang keras seperti tulang, sementara imej MRI pula digunakan untuk memapar organ yang mempunyai tisu yang lembut seperti otak dan saluran darah (Yang & Liu 2013). Imej XRD pula merupakan imej yang paling banyak dihasilkan bagi proses rawatan awal anatomi bahagian dada dan meliputi satu per-tiga daripada semua jenis imej perubatan yang dihasilkan (Tao et al. 2011). Untuk mendapatkan gambaran kasar bagi beberapa contoh imej perubatan, Rajah 2.1 menunjukkan paparan imej sebenar untuk beberapa imej perubatan yang kerap digunakan seperti XRD, MRI, Ultrasound dan CT.



Rajah 2.1 Contoh imej perubatan yang digunakan

Perkembangan penyelidikan melibatkan imej perubatan menggunakan teknik CBIR berlaku sejak awal teknik ini diperkenalkan. Sebagai contoh, dalam fasa awal perkembangannya seperti yang dinyatakan oleh Datta et al. (2008), Korn et al. (1998) menjalankan satu kajian berkenaan kaedah pepadanan corak (pattern matching) bentuk tumor menggunakan teknik morfologi matematik. Giger et al. (2002) pula menjalankan penyelidikan menggunakan kaedah CBIR untuk mengesan ketumbuhan dalam peparu yang biasanya ditunjukkan dalam bentuk malignan (malignant) dan benigna (benign). Pada pertengahan dekat yang pertama dalam era milenium, beberapa penyelidik seperti El-Naqa et al. (2004) menggunakan kaedah pembelajaran berasaskan mesin untuk meningkatkan dapatan semula imej digital mamografi yang disimpan dalam pangkalan data imej sementara Singh & Compton (2005) menggunakan CBIR untuk menganotasi tekstur kawasan peparu bagi imej CT beresolusi tinggi (High Resolution CT). Sehingga kini, ramai penyelidik yang berminat untuk meneruskan usaha ini terutamanya dalam mengusulkan kaedah-kaedah penyelidikan baharu bagi menyelesaikan masalah yang

timbul dalam penggunaan kaedah CBIR dalam bidang perubatan. Untuk memahami paradigma yang berlaku, Datta et al. (2008) menyenaraikan tujuh hala tuju penyelidikan dalam CBIR dalam era baharu seperti yang disenaraikan dalam Jadual 2.2.

Jadual 2.2 Hala tuju penyelidikan CBIR dalam era baharu

<b>Hala tuju</b>	<b>Keterangan</b>
1. Perkataan dan gambar	Memformulasikan pemadanan antara imej dan keterangan teks secara automatik.
2. Cerita dan gambar	Menentukan cara untuk suai padankan set-set gambar berdasarkan cerita yang diberi.
3. Estetik dan gambar	Mendapatkan semula imej berdasarkan kesamaan semantik dan kualiti estetik.
4. Seni, budaya dan gambar	Memelihara material yang mempunyai nilai bersejarah dan budaya dalam bentuk digital bagi generasi masa depan
5. Web dan gambar	Mengintegrasikan teknologi web dengan CBIR bagi memudahkan aktiviti-aktiviti berkaitan web seperti carian dan gelintaran.
6. Keselamatan dan gambar	Memperkuatkan ikatan antara keselamatan maklumat dan gambar.
7. Pembelajaran Mesin dan gambar	Mengaplikasikan teknik pembelajaran mesin untuk memahami kandungan imej.

Semua hala tuju yang dipaparkan dalam Jadual 2.2, adalah sama seperti penyelidikan yang dibuat dalam bidang perubatan melibatkan penggunaan kaedah CBIR. Tambahan pula, semua hala tuju ini membantu penyelidik dan kajian pada masa kini dan akan datang untuk memahami setiap cabaran mendatang yang bakal ditempuh sekiranya melakukan penyelidikan menggunakan kaedah CBIR.

### 2.2.1 Fail Imej DICOM

Dalam sistem maklumat penjagaan kesihatan, proses pertukaran imej antara sistem merupakan satu cabaran yang besar kerana semua imej perubatan dihasilkan daripada pelbagai modaliti pengimejan yang melibatkan banyak pengeluar (Liu & Kea 2007). Oleh itu, bagi menyelesaikan masalah ketidaksamaan yang timbul satu komuniti bersama yang dikenali sebagai American College of Radiology (ACR) dan National Electrical Manufacturers Association (NEMA) membangunkan satu piawaian pengimejan yang dinamakan sebagai Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) pada tahun 1983 (Bhagat & Atique 2012). Menurut Liu & Kea (2007), versi pertama DICOM dikeluarkan pada tahun 1985 sementara versi yang kedua dikeluarkan pada tahun 1988. Pada tahun 1996, versi ketiga DICOM pula dikeluarkan dan ia digunakan sehinggalah sekarang.

Seperti yang dijelaskan dalam bahagian 1.2, fail DICOM menyimpan dua bentuk maklumat penting iaitu yang berkaitan dengan maklumat pesakit serta parameter pengimejan. Walau bagaimanapun, realitinya, terdapat empat entiti data dalam fail DICOM iaitu maklumat pesakit, bentuk kajian, siri imej, dan paparan imej (Liu & Kea 2007). Menurut Güld et al. (2002), entiti maklumat pesakit dan entiti bentuk kajian tidak bergantung pada modaliti pengimejan yang digunakan. Namun entiti ketiga dan keempat bergantung pada modaliti pengimejan. Entiti DICOM ketiga merujuk kepada maklumat modaliti yang digunakan untuk memperoleh imej manakala entiti keempat; paparan imej (dikenali juga sebagai instance) terdiri daripada imej sebenar yang diambil daripada modaliti radiologi. Imej ini biasanya merupakan imej yang disimpan dalam format JPEG.

Metadata fail DICOM boleh dicapai melalui tag pengenalan (ID) yang disimpan dalam bentuk pasangan maklumat sebanyak 16 bit dikenali sebagai kumpulan nombor dan elemen nombor dalam kumpulan (Group Number and the Element Number within that group) (Güld et al. 2002). Format fail DICOM adalah .dcm (Bhagat & Atique 2012) dan kebanyakan fail ini wujud dalam bentuk tanpa mampatan untuk memastikan ia kekal dalam resolusi tinggi, namun, menyebabkan saiz fail DICOM menjadi besar dan memerlukan saiz storan yang banyak (Graham et al. 2005). Untuk mengurangkan masalah storan, kebanyakan unit PACS memampatkan fail DICOM sama ada menggunakan kaedah pemampatan hilang atau pemampatan tanpa hilang seperti JPEG, JPEG2000, run-length encoding, atau JPEG-LS (Suapang & Dejhan 2009).

Pada masa kini, alatan untuk memanipulasi fail DICOM boleh didapati dengan mudah. Alatan yang paling kerap digunakan ialah alatan untuk melihat paparan fail DICOM. Sebagai contoh, laman web I Do Imaging (<http://www.idoimaging.com>) menyediakan pelbagai sumber untuk mencari alatan DICOM dan alatan pengurusan unit PACS sama ada secara percuma atau berbayar kepada pengguna Internet (Medina et al. 2012). Semua alatan percuma yang disediakan membolehkan pengguna melakukan operasi manipulasi mudah ke atas fail DICOM seperti melihat imej, menukarkan format fail serta mengubah atau menambah maklumat pesakit. Bagi alatan yang berbayar pula, pengguna dapat melakukan pelbagai operasi yang lebih canggih.

### 2.2.2 Perbincangan

Kajian ini menggunakan kaedah CBIR untuk menganotasi imej perubatan bagi memperkayakan keterangan semantik untuk imej tersebut. Jenis imej yang digunakan dalam kajian adalah berformat JPEG dari fail DICOM dan berkaitan dengan imej XRD dalam bentuk dua dimensi (2D). Seperti yang disebutkan Datta et al. (2008) dalam Jadual 2.2, kaedah anotasi imej yang diaplikasikan dalam kajian ini terdiri daripada cara untuk menyatukan perkataan dan gambar (imej perubatan). Kaedah tersebut meningkatkan dapatan semula imej menjadi lebih cekap dan tepat.

### 2.3 ANOTASI IMEJ SECARA AUTOMATIK (AIA)

Perkembangan pesat teknologi sejak dua dekad yang lalu berjaya meningkatkan kepentingan data visual selari dengan data teks. Situasi ini menyebabkan desakan untuk memperoleh satu bentuk alatan yang efektif dan efisien untuk memanipulasi maklumat visual menjadi semakin penting. Oleh itu, bagi memenuhi keperluan ini, para penyelidik mengusulkan satu teknik yang dikenali sebagai dapatan semula imej (image retrieval) sebagai penyelesaian. Secara umumnya, kaedah dapatan semula imej boleh dibahagikan kepada tiga pendekatan iaitu anotasi secara tradisional, CBIR dan AIA (D. Zhang et al. 2012).

Menurut Zhang et al. (2012), dalam pendekatan yang pertama, seseorang akan menganotasi imej secara manual kemudian mendapatkan semula imej dengan pencarian linear mengikut kata kunci seperti kaedah memperoleh dokumen teks. Kaedah ini sangat mudah namun, ia tidak praktikal jika melibatkan banyak imej kerana kaedah anotasi yang dibuat oleh manusia selalunya sangat subjektif dan terlalu kabur (Carpineto & Romano 2012; Chang & Hang 2008). Sementara itu, pendekatan yang kedua pula terfokus kepada CBIR dengan setiap imej diindeks dan didapatkan semula secara automatik menggunakan fitur imej peringkat rendah seperti warna (Garg et al. 2011; Nursuriati Jamil & Siti Aisyah Saadan 2009), bentuk (Ajay Kumar & Zhang 2006; Mori et al. 2005) dan tekstur (Singh & Compton 2005). Sungguhpun pendekatan yang kedua ini berkesan untuk meningkatkan peratusan ketepatan dapatan semula imej, namun para penyelidik mendapati bahawa kebergantungan kepada sifat imej peringkat rendah melebarkan jurang semantik antara manusia dan sistem komputer.

Memandangkan pendekatan kaedah yang pertama dan kedua gagal untuk menyediakan satu bentuk alatan dapatan semula imej yang baik, para penyelidik memperkenalkan pendekatan yang ketiga dikenali sebagai AIA. Daripada segi teknik, AIA atau dikenali juga sebagai anotasi automatik (auto-annotation) atau pengindeksan linguistik (linguistic indexing) (Datta et al. 2008) adalah satu tugas untuk menambahkan deskriptif berbentuk fitur teks kepada imej untuk meningkatkan nilai semantik imej (Zurina Muda et al. 2009). Matlamat utama menambahkan label deskriptif kepada kawasan atau objek dalam imej adalah untuk mempersembahkan kandungan semantiknya sebagai satu langkah singkat untuk carian dan dapatan semula imej yang lebih efektif (Horiuchi et al. 2013; Smith & Chang 1996). Selain daripada capaian berasaskan data visual, kawasan atau objek yang dianotasi juga boleh dicari berdasarkan teks. Jika proses anotasi dibuat dengan teliti, pencarian imej berasaskan teks akan menjadi lebih bermakna jika dibandingkan dengan tanpa penggunaan teks.

Secara umumnya terdapat tiga proses untuk menganotasi imej secara automatik iaitu pensegmenan imej, pemilihan fitur imej untuk anotasi imej dan anotasi imej berdasarkan fitur imej yang dipilih ( Zhang et al. 2012).

#### **2.4 PENSEGMENAN IMEJ**

Pensegmenan imej merupakan proses pra-pemprosesan imej yang dilakukan untuk memisahkan suatu objek dengan objek lain berdasarkan suatu fitur imej yang homogen. Ia merupakan suatu langkah awal yang penting untuk proses lanjutan dalam bidang pemprosesan imej seperti anotasi imej, pengecaman objek dan penjejakan objek. Pensegmenan imej yang menggunakan algoritma yang baik dapat bukan sekadar membantu imej disegmen dengan sempurna, malah ia juga dapat memudahkan objek dalam imej dikenal pasti serta menolong proses untuk menganotasi imej ( Li et al. 2016). Menurut Zhang et al. (2012), diantara teknik pensegmenan imej boleh diaplikasikan untuk membahagikan imej ialah berasaskan grid, gugusan (clustering), kontur, graf dan pengembangan rantau (region grown). Bahagian berikutnya membincangkan setiap teknik pensegmenan dengan lebih terperinci.

#### **2.4.1 Pensegmenan Berasaskan Grid**

Teknik pensegmenan berasaskan grid secara umumnya membahagikan imej kepada blok kawasan mengikut grid yang ditetapkan seterusnya fitur imej bagi setiap kawasan blok dipilih untuk kegunaan seterusnya (Baek et al. 2005). Kaedah ini mudah dan memerlukan kaedah keupayaan pengkomputeran yang rendah namun, ia tidak dapat menerangkan komponen semantik imej dengan baik (Dagli & Huang 2004). Oleh itu, teknik ini hanya boleh digunakan untuk aplikasi yang mempunyai domain yang spesifik seperti imej perubatan dengan lokasi anatomi adalah hampir statik walaupun saiznya objek mungkin berbeza ( Zhang et al. 2012).

#### **2.4.2 Pensegmenan Berasaskan Gugusan**

Teknik pensegmenan ini membahagikan imej kepada beberapa blok atau gugusan kecil imej. Kemudian setiap piksel dalam blok dianalisis menggunakan teknik seperti perlombongan data (data mining) untuk memecahkan blok tersebut kepada kumpulan yang berbeza (Perteneder et al. 2016). Antara kaedah yang paling kerap digunakan untuk membahagikan imej kepada blok atau gugusan ini ialah teknik scale invariant feature transform (SIFT) (Ibragimov et al. 2012; Shi et al. 2008). Teknik ini secara asasnya membahagikan imej mengikut n-dimensi (contohnya 10x10 piksel untuk setiap blok) seterusnya menghasilkan satu vektor fitur yang dapat menerangkan semua imej ini apabila diperlukan (Lokoč et al. 2013). Vektor fitur yang terhasil digunakan pula sebagai panduan untuk melakukan proses pensegmenan. Vektor fitur berkenaan turut digunakan untuk mendapatkan semula imej berdasarkan kaedah memadankan ciri imej yang dicari dengan kandungan vektor fitur berkenaan (Zhuozheng et al. 2008). Di antara analisis yang dilakukan ke atas piksel bagi setiap blok termasuklah analisis persamaan warna dan tekstur menggunakan kaedah pengelasan seperti k-means untuk membentuk satu gugusan blok yang mempunyai sifat visual yang sama (Taneja et al. 2015; Zhao et al. 2012)



### **2.4.3 Pensegmenan Berasaskan Kontur**

Pensegmenan berasaskan kontur menggunakan lengkungan yang terdapat pada objek dalam imej bagi menentukan sempadan objek berkenaan dengan objek lain (Lai & Ye 2009). Bagi menentukan lengkungan objek, kaedah pengesanan pinggir (edge detection) dilakukan untuk memperoleh anggaran kasar sempadan objek yang dikehendaki (Gorthi et al. 2009; Taneja et al. 2015). Pengesanan pinggir struktur sesebuah objek dapat ditentukan dengan mengira profil tahap kelabu piksel yang mengelilingi objek berkenaan dalam keadaan serenjang (perpendicular) dengan kontur objek (Ginneken et al. 2002). Berdasarkan pinggir struktur objek, sempadan antara objek boleh dianggarkan seterusnya sempadan objek boleh dikenal pasti untuk membahagikan imej kepada objek yang dikehendaki.

### **2.4.4 Pensegmenan Berasaskan Graf**

Shi, & Malik (2000) mengusulkan teknik pensegmenan yang berasaskan graf yang dikenali sebagai normalized cut (NCut). Secara amnya, pensegmenan ini memaksimumkan ketidaksamaan set piksel dalam kumpulan yang berbeza dan set piksel dalam kumpulan yang sama (Chen & Huang 2009). Ia menukarkan input imej kepada bentuk graf ( $G = V, E$ ) di mana  $V$  (bucu (vertices)) ditetapkan menjadi set nod (node) yang berkaitan dengan elemen imej (boleh terdiri dalam bentuk piksel, tompokan imej atau keterangan fitur imej).  $E$  (pinggir (edge)), adalah set pinggir yang menyambungkan semua nod (Nwogu 2009). Pensegmenan dilakukan dengan membuat pembahagian bucu setiap graf kepada set-set piksel yang tidak bersambungan (set yang bersambungan dianggap membentuk struktur objek yang sama) supaya tahap kesamaan di antara setiap set dapat diminimumkan (Zosso et al. 2015).

### **2.4.5 Pensegmenan Berasaskan Pengembangan Rantau**

Proses pensegmenan ini bermula dengan meletakkan titik benih (seed point) ke dalam rantau objek yang ingin disegmen supaya piksel bersebelahan yang mempunyai kriteria fitur yang sepadan dapat dikumpul menjadi satu gugusan set piksel bagi membentuk objek sebenar (Gaikwad et al. 2011; Melouah & Layachi 2015). Sebagai contoh, untuk melakukan pensegmenan berasaskan warna objek, setiap piksel imej dianalisis

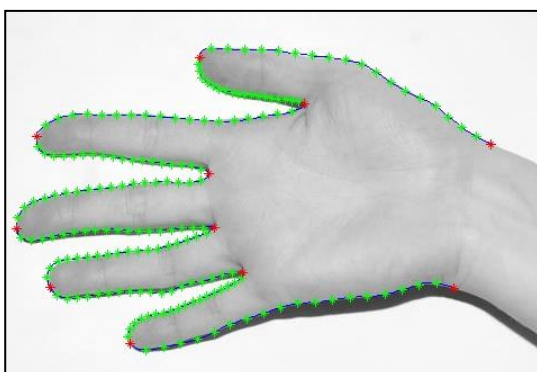
warnanya untuk menentukan kelas piksel berkenaan. Apabila analisis ini selesai, setiap kelas piksel yang berasaskan warna dilabel untuk membentuk peta kelas supaya proses pengembangan kawasan dapat dilakukan menggunakan panduan peta ini (Jun 2010). Setiap piksel yang mempunyai sifat warna yang hampir sama dengan piksel di sebelahnya dianggap sebagai piksel dalam kelas sama supaya sebuah kawasan piksel yang homogen dapat dibentuk. Piksel ini dipilih sebagai titik piksel calon (candidate seed points) dan kawasan yang ingin disegmen dikembangkan sehingga membentuk kawasan yang dikehendaki (Jun 2010).

#### **2.4.6 Perbincangan**

Dalam kajian ini, pensegmenan imej berasaskan kontur dikaji untuk mengasingkan kawasan anatomi peparu dari kawasan anatomi lain yang terdapat dalam imej XRD. Pemilihan pensegmenan kontur dibuat kerana kaedah ini sesuai digunakan untuk pelbagai imej perubatan seperti radiologi, CT, MRI dan ultrasonografi kerana ia mampu untuk menentukan garisan sempadan objek walaupun kualiti imej perubatan berkenaan rendah (Angelova & Mihaylova 2011; Li et al. 2010). Selain itu, dalam kes imej XRD, kawasan peparu perlu ditanda menggunakan tetikus untuk menentukan sempadan bagi peparu kanan dan kiri. Dengan menggunakan pensegmenan kontur, titik-titik sempadan yang terhasil dapat disambung bagi membentuk garisan sempadan yang mengelilingi objek (Ginneken et al. 2006). Garisan sempadan boleh digunakan untuk pelbagai keperluan antaranya bagi membentuk hierarki rantau objek supaya dengan itu, sesuatu objek dapat dipisahkan kewujudannya dengan objek lain (Arbelaez et al. 2011).

Secara lebih spesifiknya, teknik pensegmenan yang berasaskan kontur dikenali sebagai Active Shape Model (ASM) yang dikaji untuk mensegmen kawasan anatomi peparu dari kawasan anatomi lain. Teknik ASM pada mulanya diperkenalkan oleh Cootes et al. (1995) seterusnya sedikit demi sedikit diubahsuai dari satu versi kepada versi yang lain seperti yang dilakukan oleh Ginneken et al. (2002). Teknik pensegmenan ASM dilakukan secara diselia iaitu ia mempunyai kaedah untuk melatih pengecam bagi mengenali kontur imej sebelum pensegmenan dilakukan. Terdapat empat komponen utama dalam teknik ASM iaitu model bentuk global, model bentuk lokal, model multi-resolusi dan algoritma untuk carian (Loog & van Ginneken 2006). Bagi memulakan

proses pensegmenan imej, penandaan titik di sepanjang kawasan kontur objek yang ingin disegmen dihasilkan terlebih dahulu. Setelah titik mewakili kontur imej terhasil, model bentuk global digunakan untuk membentuk vektor imej yang terdiri daripada titik yang dihasilkan. Setelah selesai imej yang pertama, vektor untuk objek yang ingin disegmen dalam imej yang kedua dilakukan dan seterusnya imej lain yang terdapat dalam set data imej berkenaan. Purata bentuk objek yang disegmen dikira berdasarkan vektor imej yang dihasilkan sehingga terbentuk model bentuk global. Model lokal pula merujuk kepada setiap titik sepanjang kontur objek yang ingin disegmen dan dikenali sebagai petanda (landmark) unik untuk imej tersebut. Apabila petanda diperolehi, model multi-resolusi digunakan untuk mendapatkan maklumat aras kelabu pada setiap piksel pada kawasan petanda berkenaan. Aras kelabu ini mampu untuk membezakan dua buah kawasan yang mempunyai kecerahan yang berbeza. Akhir sekali, komponen algoritma carian digunakan untuk membandingkan bentuk objek yang disegmen dengan purata vektor imej yang dihasilkan dalam model global. Rajah 2.2 menunjukkan dua imej tangan yang berkaitan dengan proses pensegmenan menggunakan teknik ASM.



(a) Titik-titik kontur dijadikan penanda pada imej asal



(b) Proses pensegmenan yang selesai dilakukan pada imej asal

Rajah 2.2 Dua imej daripada proses pensegmenan imej teknik ASM

Dalam Rajah 2.2 (a), petanda dibuat di sekeliling objek terlebih dahulu untuk mendapat bentuk struktur objek. Apabila semua petanda siap, proses pensegmenan imej

dibuat untuk menghasilkan objek yang ditanda seterusnya memisahkan objek berkenaan dengan objek lain dalam imej atau memisahkan objek berkenaan dengan latar belakang imej. Hasil daripada proses pensegmenan imej menghasilkan imej binari seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.2 (b).

## **2.5 FITUR PERHUBUNGAN SPATIAL IMEJ**

Salah satu daripada objektif para penyelidik terdahulu memperkenalkan CBIR ialah untuk memudahkan dapatan semula imej yang terdapat dalam pangkalan data imej (Igwe 2011). Dalam memenuhi kemudahan ini, mereka menggunakan fitur yang terdapat pada imej yang dicari sebagai input bagi mendapatkan semula imej. Secara asasnya, terdapat dua jenis fitur imej yang biasa digunakan sebagai input dalam CBIR iaitu fitur visual (warna, tekstur dan bentuk) dan fitur spatial (Zhou et al. 2001). Fitur visual imej lama dijadikan input dalam teknologi CBIR namun demikian, tumpuan untuk menggunakan fitur spatial dalam kaedah yang sama menarik perhatian para penyelidik (Zurina Muda et al. 2009). Sementara itu, perhubungan spatial merujuk kepada kaedah untuk menentukan lokasi objek dalam imej serta perhubungannya dengan objek lain (Zhang et al. 2012). Antara kelebihan menggunakan perhubungan spatial dalam kaedah dapatan semula imej ialah ia membolehkan pertanyaan yang lebih khusus dilakukan dalam suatu sistem dapatan semula imej seperti melakukan pertanyaan “Cari imej yang mengandungi bola merah yang terletak di atas bola biru” (Nabil et al. 1996). Dalam pertanyaan berkenaan, perkataan ‘atas’ merupakan contoh fitur perhubungan spatial yang digunakan dalam menentukan kedudukan yang tepat bagi sebuah objek dalam sesuatu imej.

Perhubungan spatial merupakan satu bentuk hubungan yang berbentuk ketidaktentuan atau kabur (fuzzy) dan ia bergantung pada seseorang individu untuk menentukan secara tepat bentuk hubungan yang sebenarnya (Clementini 2013). Menurut Zhou et al. (2001), terdapat dua cara untuk mempersembahkan perhubungan spatial di antara objek iaitu melalui perhubungan topologi (topology) dan perhubungan berarah (directional). Bagi perhubungan topologi, pertalian antara objek kekal walaupun perubahan dibuat pada objek seperti memusingkan kedudukan objek, mengubah saiz asal objek dan menukar kedudukan asal objek (Guru et al. 2003).

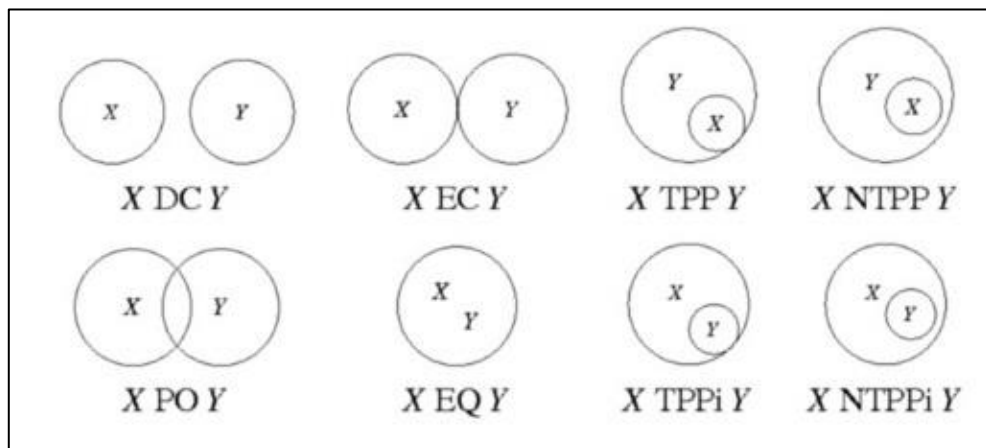
Sementara itu, bagi perhubungan berarah pula, hubungan antara sebahagian atau keseluruhan satu objek dengan objek lain ditentukan berdasarkan kedudukan objek utama dengan objek lain yang dirujuk (Zhou et al. 2001). Dalam kedua-dua jenis perhubungan yang dinyatakan, fitur perhubungan spatial perlu digunakan untuk membentuk satu hubungan yang lengkap di antara objek. Fitur perhubungan spatial boleh didefinisikan sebagai suatu ciri yang membolehkan pengguna mengenal dan mentafsirkan bagaimana struktur objek diatur dalam sesuatu ruangan (Franconeri et al. 2012; Hudelot et al. 2008). Tanpa fitur perhubungan spatial, kedudukan objek sukar untuk ditentu dan menyebabkan hubungan spatial antara objek tidak boleh diperhalusi (Skoumas et al. 2016). Untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai fitur perhubungan spatial, maka bahagian berikutnya membincangkan fitur berkenaan terutamanya penggunaan fitur tersebut dalam menentukan perhubungan spatial topologi dan berarah.

### **2.5.1 Fitur Perhubungan Spatial Topologi**

Fitur perhubungan spatial dalam kategori ini digunakan untuk menghasilkan perhubungan antara objek yang hubungannya tidak berubah walaupun berlaku transformasi topologikal antara objek rujukan dan objek utama (Clementini, Felice & Oosterom n.d.; Egenhofer, & Franzosa 1991; Egenhofer et al. 1993; Zhou, Ang & Ling 2001). Perubahan yang dimaksudkan termasuklah proses seperti mengubah kedudukan objek, penskalaan saiz objek atau perubahan kedudukan objek seperti menukarkan koordinat objek rujukan). Jika sesuatu objek memenuhi syarat perubahan yang dijelaskan maka fitur perhubungan spatial topologi sesuai digunakan untuk membentuk hubungan spatial antara objek rujukan dan objek utama.

Dalam kebanyakan kajian berkaitan fitur perhubungan spatial topologi, didapati model yang paling kerap digunakan untuk mempersembahkan perhubungan ini ialah model kalkulus perhubungan rantau (region connection calculus (RCC-8)) (Chen et al. 2013; Christodoulou, Petrakis & Batsakis 2012; Li & Cohn 2012; Shen, Sun & Zhao 2011; Sjöo, Aydemir & Jensfelt 2012). Dalam model RCC-8, terdapat lapan fitur perhubungan spatial topologi yang diketengahkan untuk menggambarkan hubungan objek dalam sesuatu ruangan iaitu tidak berhubungan (disconnected (DC)),

berhubungan luaran (externally connected (EC)), sama (equal (EQ)), bertindih sebahagian (partially overlapping (PO)), bahagian tangen lengkap (tangential proper part (TPP)), bahagian tangen lengkap songsang (tangential proper part inverse (TPPi)), tanpa bahagian tangen lengkap (non-tangential proper part (NTPP)) dan tanpa bahagian tangen lengkap songsang (non-tangential proper part inverse (NTPPi)). Rajah 2.3 menunjukkan lapan fitur perhubungan spatial topologi yang digunakan dalam model RCC-8.



Rajah 2.3 Lapan fitur perhubungan spatial

Dalam Rajah 2.3, hubungan dua objek iaitu objek X dan objek Y digunakan sebagai contoh untuk menggambarkan penggunaan fitur perhubungan spatial topologi. Dalam setiap perhubungan topologi antara dua objek, sempadan objek dijadikan sebagai satu mekanisme dalam menentukan perhubungan spatial objek (Li & Cohn 2012). Berdasarkan persamaan dan persilangan sempadan objek berkenaan, logik penerangan (description logic) untuk model RCC8 boleh dihasilkan. Randell, Cui & Cohn (1992) dalam Chen et al. (2013) menyenaraikan contoh logik penerangan yang menunjukkan perhubungan antara dua objek seperti yang disenaraikan dalam Jadual 2.3.

Jadual 2.3 Contoh logik penerangan untuk menunjukkan perhubungan objek

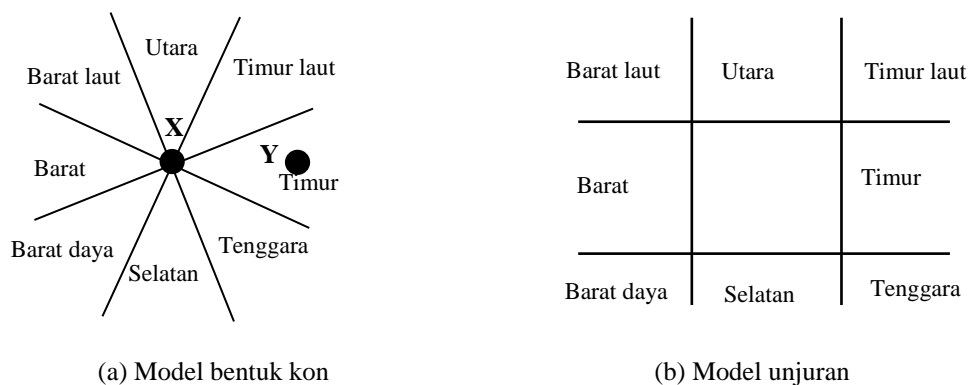
Simbol	Logik penerangan	Perhubungan
DC	$DC(x, y) \equiv \text{def } \neg C(x, y)$	x tidak berhubung y
P	$P(x, y) \equiv \text{def } \forall z(C(z, x) \rightarrow C(z, y))$	x sebahagian y
PP	$PP(x, y) \equiv \text{def } P(x, y) \wedge \neg P(y, x)$	x bahagian penuh y (proper part)
EQ	$EQ(x, y) \equiv \text{def } P(x, y) \wedge P(y, x)$	x sama y
O	$O(x, y) \equiv \text{def } \exists z(P(z, x) \wedge P(z, y))$	x bertindih y
PO	$PO(x, y) \equiv \text{def } O(x, y) \wedge \neg P(x, y) \wedge \neg P(y, x)$	x bertindih sebahagian y
DR	$DR(x, y) \equiv \text{def } \neg O(x, y)$	x diskret y
EC	$EC(x, y) \equiv \text{def } C(x, y) \wedge \neg O(x, y)$	x berhubung luaran y
TPP	$TPP(x, y) \equiv \text{def } PP(x, y) \wedge \exists z(EC(z, x) \wedge EC(z, y))$	x bahagian tangen lengkap y
NTPP	$NTPP(x, y) \equiv \text{def } PP(x, y) \wedge \neg \exists z(EC(z, x) \wedge EC(z, y))$	x tanpa bahagian tangen lengkap y
TPPi	$TPPi(x, y) \equiv \text{def } TPP(y, x)$	y bahagian tangen lengkap songsang x
NTPPi	$NTPPi(x, y) \equiv \text{def } NTPP(y, x)$	y tanpa bahagian tangen lengkap songsang x

Walaupun fitur perhubungan spatial yang digunakan dalam model RCC8 sangat berkesan untuk menunjukkan hubungan di antara objek, namun, istilah yang digunakan untuk menggambarkan fitur berkenaan menimbulkan kesukaran untuk difahami. Sebagai contoh, perhubungan melibatkan sesuatu objek berada dalam objek lain seperti fitur bahagian tangen lengkap songsang dan tanpa bahagian tangen lengkap songsang sukar difahami dan dibayangkan sehingga menyebabkan gambaran sebenar kedudukan objek kurang jelas. Oleh tu, terdapat penyelidik yang lebih gemar menggunakan bahasa percakapan mudah untuk menggambarkan setiap hubungan tersebut. Sebagai contoh, Walker, Pham & Moody (2005) dan Hernández-Gracidas & Sucar (2007) menggunakan istilah terkandung (contain) atau terkandung dalam (contained by) bagi menggambarkan suatu objek berada dalam objek lain bagi menggantikan fitur seperti bahagian tangen lengkap dan tanpa bahagian tangen lengkap. Sementara itu, Jin, Hu & Wang (2012) pula menggunakan istilah seperti rangkum (cover) dan dirangkumi oleh (covered by) untuk menggambarkan keadaan suatu objek berada dalam objek lain. Dengan menggunakan istilah yang lebih mudah difahami, proses taakulan ruangan (spatial reasoning) sesuatu perhubungan objek dapat dihasilkan dengan lebih senang. Keadaan ini dapat meningkatkan keberkesanan sistem anotasi imej serta memudahkan imej didapatkan semula apabila diperlukan.

### 2.5.2 Fitur Perhubungan Spatial Berarah

Fitur perhubungan spatial berarah dapat membentuk hubungan spatial antara objek berdasarkan posisi relatif antara suatu objek dengan objek lain berasaskan arah di antara keduanya (Hudelot et al. 2008). Perhubungan spatial berarah yang terhasil bergantung pada sebahagian atau sepenuhnya orientasi objek rujukan dan objek utama ( Matsakis et al. 2001). Ini bermakna, jika salah satu daripada objek berkenaan berubah (seperti saiz objek dikecilkan atau di pusing) maka orientasi kedua-dua objek turut berubah sehingga menyebabkan berlaku perubahan pada perhubungan di antara objek.

Jika fitur perhubungan spatial topologi dipersembahkan menggunakan model RCC-8, fitur perhubungan spatial pula boleh dipersembahkan menggunakan sekurang-kurangnya dua bentuk model iaitu model bentuk kon (cone-shaped) dan model unjuran (projection model) ( Chen et al. 2013; Christodoulou et al. 2012; Frank 1996). Dalam kedua-dua model, fitur perhubungan spatial berarah dipersembah menggunakan lapan arah kardinal yang biasanya ditunjukkan dalam arah kompas iaitu utara, timur laut, timur, tenggara, selatan, barat daya, barat, dan barat laut (Clementini 2013). Rajah 2.4 (a) menunjukkan model bentuk kon sementara Rajah 2.4 (b) menunjukkan model unjuran.



Rajah 2.4 Model bentuk kon dan model unjuran

Berdasarkan lapan fitur arah berkenaan, perhubungan spatial di antara objek boleh ditentukan mengikut arah kedudukan objek rujukan dan objek utama. Sebagai contoh, dalam Rajah 2.4 (a), terdapat dua objek iaitu objek X dan objek Y. Andaikan objek X dijadikan objek rujukan dan objek Y ialah objek utama. Berdasarkan maklumat



ini, perhubungan spatial di antara objek X dan Y boleh ditulis sebagai timur (Y,X) (Frank 1996) atau ditafsirkan sebagai objek Y ke timur objek X.

Selain daripada menggunakan lapan arah kardinal sebagai fitur perhubungan spatial berarah, terdapat penyelidik yang menggunakan arah yang lebih mudah difahami pengguna untuk menunjukkan arah kedudukan objek. Sebagai contoh, arah utara digantikan dengan istilah atas, lebih tinggi dan puncak sementara arah selatan pula digantikan dengan istilah bawah atau lebih rendah (Freeman 1975; Hernández-Gracidás & Sucar 2007; Sung & Hu 2006). Sementara itu, gabungan dua arah diguna bagi menggantikan arah perantara iaitu atas-kanan menggantikan timur laut, atas-kiri menggantikan barat daya, bawah-kanan menggantikan tenggara dan bawah-kiri menggantikan barat daya (Singh Bhattacharya & Singh 2010).

### **2.5.3 Perbincangan**

Memandangkan terdapat dua kategori fitur perhubungan spatial yang digunakan untuk menerangkan rantau peparu, maka fitur sebenar yang digunakan dalam kajian bergantung pada kajian awal yang dilakukan ke atas cara doktor mendiagnosis kedudukan bintil dalam kawasan peparu bagi imej XRD. Dalam kajian tersebut, didapati doktor radiologi menggunakan lima fitur perhubungan spatial iaitu kiri, kanan, atas, tengah dan bawah untuk menerangkan kedudukan bintil dalam kawan peparu. Semua fitur berkenaan merupakan sub-set kepada fitur perhubungan berarah. Penjelasan lanjut mengenai fitur perhubungan spatial bagi kajian dibincangkan dengan terperinci dalam Bab IV terutamanya dalam bahagian 4.4 (Kaedah untuk memperoleh ekstrak perhubungan spatial).

## **2.6 DAPATAN SEMULA BERASASKAN KESAMAAN PERHUBUNGAN SPATIAL**

Dapatan semula imej yang berasaskan hubungan spatial menjadi antara tunjang dalam teknologi CBIR dalam menghasilkan imej yang mempunyai nilai semantik yang tinggi dan tepat (Chiang & Yen-Ren 2008). Konsep dapatan semula menggunakan perhubungan spatial dapat mengembangkan julat pertanyaan pengguna dalam spektrum yang luas melibatkan penggunaan kata kunci daripada perhubungan berarah dan

topologi objek (Gudivada & Raghavan 1995). Daripada segi bentuk dapatan semula pula, penggunaan fitur perhubungan spatial membolehkan pencarian ke atas imej dibuat sama ada secara tepat iaitu yang memenuhi setiap spesifikasi perhubungan spatial yang dimasukkan atau secara umum iaitu yang memenuhi ciri am perhubungan spatial (Yu et al. 2008). Bagi setiap bentuk dapatan semula, antara kajian lepa dilaksana untuk menggunakan perhubungan spatial bagi mendapatkan semula imej termasuklah penggunaan lokasi mutlak (absolute location) seperti penggunaan paksi-X dan paksi-Y, lokasi relatif (kiri, kanan, atas dan bawah) serta jarak (Zhang et al. 2012). Bagi membincangkan lebih lanjut penggunaan perhubungan spatial dalam mendapatkan semula imej, bahagian ini menerangkan konsep ini digunakan dalam kajian lalu.

### 2.6.1 Dapatan Semula Imej Dengan Teknik Rentetan 2D

Dalam keadaan ruang berbentuk dua dimensi (2D), perhubungan spatial di antara objek ditentukan mengikut kedudukan objek pada paksi-X dan paksi-Y berbentuk jujukan simbol (Yeh & Cheng 2008). Jujukan simbol ini mengandungi dua set maklumat perhubungan spatial iaitu urutan kedudukan objek dan simbol perhubungan seperti kiri/kanan dan atas/bawah (Datta et al. 2008). Rajah 2.5 menunjukkan contoh bagaimana perhubungan spatial menggunakan teknik rentetan 2D dilakukan untuk menggambarkan kedudukan pembahagian blok dalam imej, urutan kedudukan objek serta simbol perhubungan di antara objek.

D		
	B	C
A	A	

Pembahagian blok imej

bersambung...

sambungan...

Simbol kedudukan	A, B, C, D
Simbol kedudukan objek	
<b>Simbol Perhubungan</b>	<b>Maksud</b>
<	Kiri/kanan atau atas/bawah
=	Berada pada kedudukan sama

Simbol perhubungan objek

Rajah 2.5 Contoh perhubungan objek menggunakan teknik rentetan 2D

Dalam kaedah rentetan 2D, setiap imej dipecahkan kepada beberapa bahagian atau blok. Untuk memudahkan pengecaman kedudukan blok, simbol kedudukan objek digunakan untuk menentukan lokasi setiap blok. Sementara itu, simbol perhubungan objek pula berperanan untuk menghasilkan perhubungan bagi setiap pengecam kedudukan blok (yang dinyatakan dalam simbol kedudukan blok). Dengan adanya simbol perhubungan ini, lokasi awal sesuatu blok dan blok yang menjadi rujukannya dalam perhubungan tersebut dapat ditentukan.

### 2.6.2 Dapatan Semula Imej Dengan Teknik Rantau Kepentingan

Bagi teknik ini, kesamaan perhubungan spatial dalam sesuatu ruangan ditentukan dengan menggabungkan rantau kepentingan yang ditetapkan oleh pengguna dalam sesuatu imej (Kapsalas et al. 2008). Kebaikan teknik ini ialah rantau kepentingan yang dihasilkan lebih bersifat dinamik iaitu pengguna boleh menetapkan lokasi rantau kepentingan tersebut dan ia tidak perlu mempunyai satu kawasan blok yang tetap (Allahverdi et al. 2009). Apabila sesuatu rantau kepentingan dibuat, kawasan ini boleh diwakili oleh satu sifat lokal yang dapat menggambarkan rantau kepentingan seperti titik tengah kawasan (Hoang et al. 2010), sempadan kotak kawasan (bounding box) (Beaubouef & Petry 2010) atau simbol perhubungan objek dalam kaedah rentetan 2D. Dengan menggunakan sifat lokal pada sesuatu rantau kepentingan, perhubungan spatial bagi setiap rantau kepentingan dapat dihasilkan mengikut kehendak pengguna.

### **2.6.3 Dapatan Semula Imej Dengan Teknik Imej Simbolik dan Pepohon Hierarki**

Untuk memudahkan lagi dapatan semula imej menggunakan kesamaan perhubungan spatial, teknik ini memaparkan perhubungan setiap objek dengan menggunakan keadaan sebenar objek tersebut (atau objek simbolik) serta perhubungannya dengan objek lain dalam imej (Petraglia et al. 2001). Ini bermakna tiada blok atau rantau kepentingan yang diwujudkan untuk menentukan perhubungan spatial objek. Berbeza dengan yang telah dibincangkan, kaedah ini tidak memerlukan paparan ikonik setiap blok atau kawasan menjadikan ia lebih memudahkan pengguna untuk mencari imej berdasarkan objek yang dikehendaki di samping mengurangkan entiti objek yang perlu dibuang untuk menghasilkan blok atau rantau kepentingan (Datta et al. 2008). Apabila imej simbolik terhasil, pepohon hierarki dihasilkan untuk mengindeks imej serta membantu proses carian (Rezaei-Kalantari & Eftekhari-Moghadam 2010). Antara contoh pepohon hierarki yang boleh digunakan untuk tujuan tersebut termasuklah Interval Neighbor Group (Chiang & Yen-Ren 2008), Quad tree (Kassim et al. 2009) dan B+-tree (Rezaei-Kalantari & Eftekhari-Moghadam 2010).

### **2.6.4 Perbincangan**

Terdapat banyak bentuk fitur perhubungan spatial yang diperkenalkan dalam kajian lalu. Walaupun begitu, kajian ini hanya mengambil kira fitur perhubungan spatial yang diberikan oleh doktor berdasarkan kajian awal. Oleh demikian, bagi mendapatkan semula imej berdasarkan kesamaan perhubungan spatial objek, kajian ini mengadaptasi teknik rantau kepentingan. Rantau kepentingan berkenaan dikenali sebagai zon peparu. Dengan menggunakan teknik rantau kepentingan, setiap rantau menjadi satu zon peparu dengan pengenalan yang unik. Sifat lokal iaitu titik tengah pula digunakan untuk mewakili setiap zon peparu. Dengan menggunakan sifat lokal ini, dapatan semula imej berdasarkan perhubungan antara zon peparu dan lokasi bintil dapat dibuat.

## **2.7 DAPATAN SEMULA IMEJ TEKNIK PEMBELAJARAN MESIN SVM**

Bahagian ini membincangkan mengenai teknik pembelajaran mesin yang dikenali sebagai SVM untuk tujuan pengelasan fitur imej.

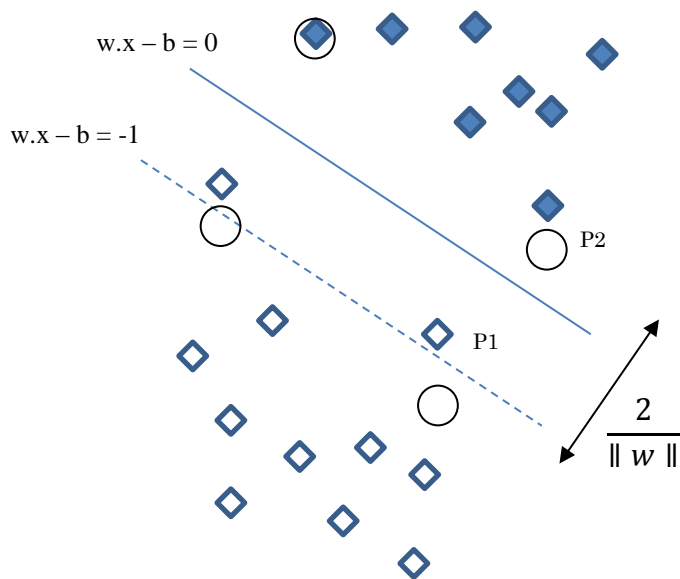
### **2.7.1 Pengelas SVM**

SVM pada mulanya merupakan satu teknik yang berasaskan teori statistik dan kemudiannya diubahsuai menjadi satu kaedah untuk pengelasan fitur maklumat (Vapnik 1998). Dalam bidang pemprosesan imej, pengelasan imej merujuk kepada satu proses untuk menghubungkan ciri-ciri imej kepada sesuatu fitur dengan menggunakan algoritma pengelas imej. Apabila imej dikelaskan mengikut fitur yang homogen, maka kategori imej yang lebih khusus boleh dibentuk. Imej yang dikelaskan mengikut kategori membolehkan saringan imej lebih mudah dibuat untuk mengurangkan skop carian (Rahman et al. 2007), mengenal pasti setiap sifat imej dari pelbagai modaliti (Kumar & Zhang 2006) dan menganotasi imej secara automatik berdasarkan sesuatu sifat imej berkenaan (Wu et al. 2010).

Dalam kaedah pembelajaran mesin, SVM dikategorikan sebagai satu kaedah pembelajaran mesin secara diselia. Ini bermakna, kaedah ini memerlukan set data latihan untuk dianalisis bagi membentuk satu fungsi pengelas supaya dengan itu, fungsi pengelas tersebut boleh digunakan untuk mengelas fitur imej baru (Kotsiantis et al. 2007). Fitur imej yang boleh dikelaskan SVM terdiri daripada bentuk linear dan bukan linear (non linear).

### **2.7.2 Pengelas SVM Linear**

Permasalahan linear merupakan sejenis permasalahan pengelasan yang paling biasa untuk memisahkan fitur kepada kelas yang berbeza. Bagi menyelesaikan masalah ini, SVM digunakan untuk membentuk fungsi pengelas yang dapat mengasingkan sampel set data linear kepada dua kelas yang berasingan. Sebagai contoh, Rajah 2.6 menunjukkan bagaimana dua kelas fitur yang berbeza dapat dipisahkan menggunakan pengelas linear SVM.



Rajah 2.6 Pengelasan dua fitur menggunakan SVM

Dalam Rajah 2.6, matlamat utama menggunakan SVM ialah untuk mengelas (memisah) dua fitur yang berbeza iaitu bentuk intan pejal dan terbuka. Katakan set data latih untuk kes pengelasan fitur di atas ialah  $N$ . Data linear dalam  $N$  diberikan sebagai  $(x_i, y_i)$   $i=1, 2, 3, \dots, l$  di mana  $x_i \in \mathbb{R}^n$ , dan kelas  $(y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)$ , di mana  $y \in \{+1, -1\}^n$ . Jika taburan data daripada set latih ini disusun, maka ia membentuk satu taburan seperti Rajah 2.6 iaitu diwakili oleh bentuk intan terbuka untuk kelas pertama ( $y_i = -1$ ) dan intan pejal untuk kelas kedua ( $y_i = +1$ ). Apabila pengelasan mula dilakukan, SVM bertindak membentuk support vector; iaitu satu set fitur yang dapat memisahkan kelas secara optimum, terlebih dahulu di antara dua kelas berkenaan. Set fitur support vector dalam Rajah 2.6 dibulatkan dan ditandakan dengan P1 dan P2. Garisan hipersatah (hyperplane) untuk P1 dan P2 boleh dihasilkan menggunakan rumus berikut:

$$w \cdot x - b = 0 \quad \dots(2.1)$$

di mana  $w$  merupakan vektor (atau pekali) bagi garisan hipersatah tersebut. Oleh itu, rumus hipersatah P1 boleh dituliskan sebagai  $w \cdot x - b = -1$  dan rumus hipersatah P2 boleh dituliskan sebagai  $w \cdot x - b = 1$  (rujuk Rajah 2.6). Berpandukan kepada kedua-dua hipersatah support vector, maka hipersatah linear optimum; H1 yang terletak di antara hipersatah P1 dan P2 boleh dibentuk di mana rumus untuk H1 boleh ditulis sebagai  $w \cdot x - b = 0$ . Sementara itu, jarak di antara hipersatah P1 dan P2 boleh dituliskan sebagai

$\frac{2}{\|w\|}$ . Untuk mendapat pengelasan yang terbaik, jarak ini perlulah dimaksimumkan supaya dua kelas berkenaan dipisahkan dengan lebih jelas. Oleh itu nilai  $\|w\|$  perlulah diminimumkan untuk mendapatkan jarak berkenaan. Menurut Chang & Lin (2011) penyelesaian ini boleh dibuat dengan menggunakan fungsi optimum berikut:

$$\min_{w,b,\xi} = \frac{1}{2} w^T w + C \sum_{i=0}^1 \xi_i \quad \dots(2.2)$$

$$\text{tertakluk kepada: } \begin{aligned} y_i &= (w^T \phi(x_i) + b) \geq 1 - \xi_i \\ \xi_i &\geq 0 \end{aligned}$$

di mana  $\xi_i > 0$  dan  $C > 0$  adalah parameter penalti untuk ralat dan parameter teratur (regular parameter). Dengan terpisahnya kedua-dua fitur ini, capaian ke atas setiap kelas dapat dibuat dengan lebih mudah.

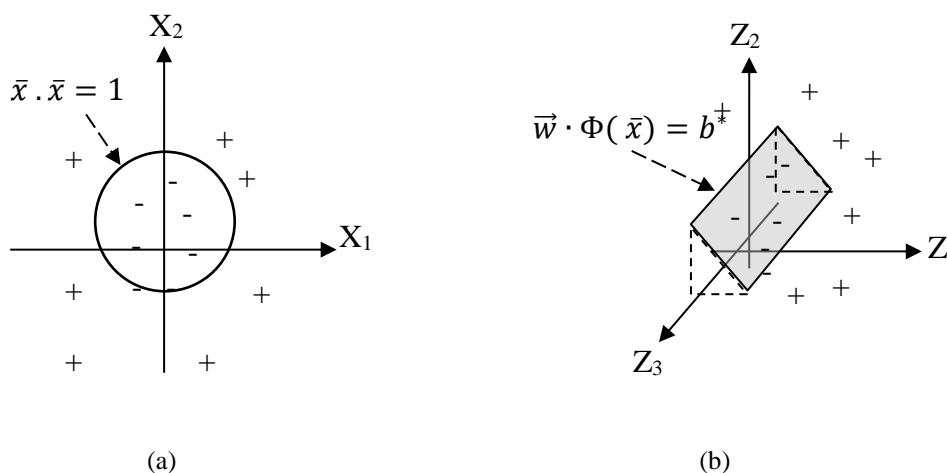
### 2.7.3 Limitasi Pengelas Linear SVM

Secara idealnya, semua fitur objek harus dikelaskan dalam kumpulan tertentu berdasarkan kelas yang homogen. Selain daripada membantu dapatan semula objek, pengelasan fitur objek mengikut kumpulan dapat memastikan objek dicari dan dicapai dengan lebih cepat. Walaupun pengelas SVM linear merupakan satu teknik yang popular bagi pengelasan imej, namun ia mempunyai limitasi untuk mengelaskan objek yang mempunyai banyak sifat. Keadaan ini berlaku kerana SVM secara amnya merupakan satu teknik pengelasan binari di mana ia dicipta hanya untuk mengelaskan sifat objek dalam dua kelas sahaja pada satu-satu masa (Hsu et al. 2010). Namun secara realitinya, sesuatu sesuatu objek mempunyai lebih daripada dua fitur sehinggakan kadangkala puluhan fitur. Sebagai contoh, katakan suatu objek mempunyai lima jenis fitur data iaitu trapezium, segi tiga, intan, empat segi dan pentagon. Dengan kepelbagaian bentuk fitur data yang diberi, adalah mustahil untuk mengelaskan setiap data fitur kepada kelas yang berbeza dengan menggunakan hanya satu pengelas SVM linear. Ini kerana pengelas SVM linear hanya mampu untuk mengelaskan dua jenis data fitur pada sesuatu masa. Oleh itu, penggunaan teknik SVM asal akan melibatkan satu proses pengelasan yang berulang-ulang dan memakan masa yang lama. Bagi

mbolehkan pengelasan imej yang mempunyai banyak sifat dapat dilakukan dengan SVM, maka teknik asal ini perlu diubahsuai dengan menggunakan pengelas SVM bukan linear.

#### 2.7.4 Pengelas SVM Bukan Linear

Pengelas SVM bukan linear dihasilkan bagi mengatasi limitasi yang terdapat dalam pengelas SVM linear. Dalam keadaan sebenar, data yang mewakili sesuatu fitur tidak semestinya berada dalam kedudukan linear. Dalam hal ini, penyelesaian linear tidak boleh digunakan untuk menyelesaikan masalah berkenaan. Data fitur yang berbentuk bukan linear (nonlinear) memerlukan pendekatan baru untuk mengelaskannya iaitu menggunakan pengelasan data secara bukan linear. Rajah 2.7 (a) menunjukkan contoh permasalahan data fitur bukan linear manakala Rajah 2.7 (b) menunjukkan cara untuk menyelesaikan masalah tersebut seperti yang ditunjukkan oleh Hamel (2009).



Rajah 2.7 Contoh permasalahan data fitur bukan linear dan penyelesaian

Berdasarkan Rajah 2.7 (a), penyelesaian untuk mengelaskan dua sumber data iaitu simbol positif (+) dan negatif (-) tidak boleh dibuat dengan menggunakan pendekatan pengelas linear terutamanya menggunakan Rumus 2.2. Ini kerana masalah yang ditunjukkan berkaitan dengan data bukan linear. Sebagai penyelesaian, kaedah penyelesaian secara bukan linear iaitu  $\bar{x} \cdot \bar{x} = 1$  perlu dibuat untuk mengelaskan dua sumber berkenaan.



Menurut Hamel (2009), selain daripada bergantung pada garisan satah input (seperti  $\bar{x} \cdot \bar{x} = 1$ ) untuk menghasilkan fungsi pengelasan, penyelesaian secara bukan linear dicapai dengan memetakan ruang penyelesaian asal kepada ruang penyelesaian baru. Sebagai contoh, dalam Rajah 2.7 (a) diberi  $x \in \mathbb{R}^2$  iaitu nilai  $x$  berada dalam dua dimensi. Dengan memetakan  $x$  kepada ruang penyelesaian baru iaitu  $x \in \mathbb{R}^3$  maka pemetaan nilai  $x$  ditransformasikan dari dua dimensi kepada tiga dimensi seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.7 (b). Ruang penyelesaian baru ini dikenali sebagai ruang fitur berdimensi tinggi (high-dimensional feature space) atau diwakili dengan simbol  $\Phi$ . Ruang baharu ini digunakan untuk mengelaskan sumber data fitur sama seperti kaedah penyelesaian linear. Oleh itu rumus penyelesaian dalam ruang penyelesaian baru ini boleh ditulis sebagai:

$$\vec{w} \cdot \Phi(\bar{x}) = b^* \quad \dots(2.3)$$

Menurut Hamel (2009) lagi, terdapat kaedah yang lebih ringkas untuk menghasilkan fungsi penyelesaian sama seperti penyelesaian masalah pengelasan bukan linear iaitu dengan menggunakan fungsi inti (kernel function). Fungsi inti diperkenalkan oleh Boser, Guyon & Vapnik (1992) untuk mengoptimumkan margin antara set data latih dan sempadan bagi membuat keputusan antara hipersatah. Sementara proses menggunakan fungsi inti untuk menyelesaikan masalah pengelasan bukan linear dikenali sebagai muslihat inti (kernel trick). Dalam teknik SVM, terdapat tiga fungsi inti yang popular iaitu penyelesaian bukan linear iaitu polinomial, RBF dan sigmoid. Rumus untuk ketiga-tiga fungsi inti ini disenaraikan di bawah.

$$\text{Polynomial: } K(x_i, x_j) = (\gamma x_i^T x_j + r)^d, \gamma > 0 \quad \dots(2.4)$$

$$\text{RBF: } K(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2), \gamma > 0 \quad \dots(2.5)$$

$$\text{Sigmoid: } K(x_i, x_j) = \tanh(\gamma x_i^T x_j + r) \quad \dots(2.6)$$

di mana:  $x_i$  = data input

$x_j$  = kelas (kategori)

$K$  = kernel

$\gamma$ ,  $r$  dan  $d$  merupakan parameter untuk fungsi inti SVM

Bahagian berikutnya membincangkan mengenai limitasi pengelas binari SVM dan kaedah yang diambil dalam kajian ini untuk mengatasi limitasi tersebut.

### 2.7.5 Pengelasan Multi-Kelas SVM

Pengelasan multi-kelas merupakan suatu teknik aplikasi pengelas SVM bukan linear yang merujuk kepada kaedah penyelesaian masalah dengan cara mengelaskan setiap pemerhatian dalam kajian kepada salah satu daripada kelas yang ditetapkan (Rahman et al. 2007). Terdapat dua strategi yang dicadangkan untuk menukar sifat pengelas SVM daripada pengelasan binari kepada pengelasan multi-kelas iaitu kaedah satu lawan semua (one-against-all) dan satu lawan satu (one-against-one approach) (Foody & Mathur 2004). Kaedah pertama merupakan strategi yang paling kerap digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pengelasan secara multi-kelas (Mueen et al. 2008). Dalam kaedah ini, setiap pengelas binari dilatih untuk mengelaskan satu kelas berbanding kelas lain pada satu-satu masa. Sebagai contoh, terdapat suatu objek yang mempunyai lima fitur bentuk iaitu trapezium, segi tiga, intan, empat segi dan pentagon. Dengan menggunakan kaedah pengelasan satu lawan semua, proses pengelasan bermula dengan membuat perbandingan antara kelas trapezium lawan dengan kelas bukan trapezium (segi tiga, intan, empat segi dan pentagon). Seterusnya kelas segi tiga lawan kelas bukan segi tiga (trapezium, intan, empat segi dan pentagon). Kemudian, kelas intan lawan kelas bukan intan (trapezium, segi tiga, empat segi dan pentagon) dan seterusnya sehinggalah semua fitur data selesai dikelaskan. Di akhir proses pengelasan, keputusan pengelasan dihimpun dan dianalisis.

Sementara itu, dalam kaedah pengelasan yang kedua iaitu satu lawan satu, penyelesaian dilakukan dengan membina satu siri pengelas SVM yang mewakili setiap pasangan proses pengelasan. Dalam kaedah ini, sebanyak  $n(n - 1)/2$  pengelas diperlukan untuk setiap pasangan pengelasan di mana  $n$  merupakan jumlah kelas yang diinginkan. Sebagai contoh, katakan masalah pengelasan multi-kelas melibatkan cara untuk mengelaskan empat fitur warna imej iaitu C,M,Y,K kepada empat kelas warna yang berbeza (cyan, magenta, yellow dan black). Dengan menggunakan rumus yang diberikan, maka kita memerlukan enam (diperoleh dari  $4(4-1)/2$ ) siri pengelas untuk menyelesaikan masalah pengelasan berkenaan. Enam pengelas berkenaan terdiri

daripada pengelas C dan M, C dan Y, C dan K, M dan Y, M dan K, dan Y dan K. Seterusnya, strategi untuk menguruskan setiap pasangan pengelasan boleh dibuat seperti menggunakan kaedah max-win.

### **2.7.6 Kelebihan Pengelas SVM**

Kelebihan utama kaedah SVM berbanding dengan pengelas jenis lain ialah keupayaannya untuk membentuk sempadan kelas yang optimum dengan menjarakkan jurang antara kelas (Zhang et al. 2012). Selain daripada kelebihan ini, Auria & Moro (2008) menyenaraikan lima lagi kelebihan SVM berbanding pengelas lain. Antara kelebihan tersebut termasuklah:

- 1) Fungsi inti SVM (sama ada linear atau bukan linear) mempunyai parameter yang anjal untuk menentukan nilai ambang bagi memisahkan data di antara kelas.
- 2) Dengan adanya fungsi inti untuk transformasi data bukan linear, maka tiada andaian perlu dibuat berkenaan dengan bentuk transformasi (yang menjadikan data dipisahkan secara linear).
- 3) Kaedah SVM mampu menyediakan output pengelasan yang baik jika parameter fungsi inti dipilih dengan tepat.
- 4) Kaedah SVM juga memberikan penyelesaian yang unik (hanya satu penyelesaian di akhir pengelasan) kerana masalah mengoptimumkan data kepada kelas dibuat dalam bentuk penyelesaian yang menjurus (convex solution).
- 5) Jika menggunakan fungsi inti, penekanan hanya perlu diberikan untuk mengelaskan data yang homogen dalam kelas yang sama tanpa memerlukan perhatian kepada bentuk input. Ini kerana semakin sama bentuk data dalam sesuatu kelas maka semakin tinggi nilai output yang dihasilkan oleh pengelas SVM.

Berdasarkan semua kelebihan yang dibincangkan, maka kajian ini mengadaptasi pengelas SVM untuk mengelas imej XRD yang dianotasi mengikut kelas zon peparu. Dengan demikian, pengelas tersebut dapat membantu meningkatkan lagi dapatan semula imej di samping menyediakan peluang untuk menganotasi imej XRD yang baru secara automatik. Perbincangan mengenai eksperimen pengelasan imej secara multi-kelas menggunakan teknik SVM dibuat dalam Bab V.

## **2.8 UJIAN KEBOLEHGUNAAN ANTARA MUKA SISTEM**

Bahagian ini membincangkan mengenai ujian kebolegunaan yang perlu dilakukan ke atas antara muka sistem.

### **2.8.1 Kepentingan Pemeriksaan Kebolegunaan Antara Muka**

Antara muka sistem merupakan sebahagian daripada elemen sistem interaktif yang berkait langsung dengan interaksi manusia (pengguna) dan komputer. Ia menyokong aliran maklumat dua hala antara pengguna dan sistem melalui:

- 1) Bahasa arahan (command language) yang mana pengguna boleh menyatakan tindakan yang ingin dilakukan ke atas maklumat yang disimpan (dalam sistem) dan
- 2) Paparan maklumat (information display) untuk menunjukkan bentuk maklumat yang disimpan (Newman 2008).

Dengan adanya antara muka, maklumat yang terkandung dalam komputer boleh saling bertukar dengan pengguna yang menggunakan sistem tersebut (Sandberg & Yan 2009). Selain daripada alat komunikasi pengguna dan sistem, antara muka pengguna juga bertindak sebagai paparan kognitif bagi pengguna untuk mengawal atur cara dan memantau perkembangannya (Preece et al. 2015). Dengan reka bentuk antara muka yang sempurna, paparan maklumat penting dapat dilihat dengan jelas tanpa mengganggu penglihatan pengguna.

Memandangkan antara muka merupakan suatu elemen yang sangat penting dalam kitaran hayat pembangunan sistem maka ia seharusnya direka bentuk dengan teliti supaya dapat menyokong interaksi antara pengguna dan sistem. Sesuatu antara muka dianggap baik sekiranya ia mempunyai tahap kebolegunaan yang tinggi. Menurut Shackel (2009), kebolegunaan merujuk kepada keupayaan fungsian manusia (human functional) dalam sistem yang boleh digunakan dengan mudah (easily) dan berkesan (effectively) oleh sejumlah pengguna yang spesifik, dengan diberikan latihan dan sokongan yang spesifik, bagi memenuhi tugas yang spesifik, dalam persekitaran (senario) yang spesifik. Secara mudahnya, ia merupakan suatu tahap keberkesanan, kecekapan dan kepuasan yang membolehkan seseorang pengguna mampu mencapai sesuatu matlamat dalam suatu persekitaran (Sandberg & Yan 2009). Bagi memastikan antara muka mempunyai tahap kebolegunaan yang tinggi maka pemeriksaan terhadap kebolegunaan elemen ini penting. Terdapat beberapa sebab lain kepentingan pemeriksaan terhadap kebolegunaan antara muka sistem antaranya:

- 1) Sebagai garis panduan untuk mereka bentuk antara muka sistem baru yang dibangunkan melibatkan teknologi baru atau kombinasi beberapa teknologi (Chapanis 2009),
- 2) Sebagai satu elemen tanda aras kepada aplikasi bagi mencari masalah reka bentuk antara muka seterusnya penyelesaian masalah tersebut (Allen & Chudley 2012) dan
- 3) Sebagai cara untuk pengguna mengesahkan isu yang menyebabkan masalah tetapi tidak dapat dikenal pasti oleh pereka bentuk antara muka (Allen & Chudley 2012).
- 4) Antara muka sistem yang diuji dengan ujian kebolegunaan mempunyai elemen interaksi manusia-komputer yang mesra pengguna seterusnya menjadikan ia mudah dipelajari, cekap, mudah diingati, mempunyai ralat yang minimum dan menyenangkan semasa menggunakannya (Madan & Dubey 2012; Nielsen & Molich 1990).

### 2.8.2 Asas Ukuran Pemeriksaan Kebolehgunaan Antara Muka

Sistem yang mempunyai antara muka dengan nilai estetik yang tinggi dapat memberi kesan positif terhadap kebolehgunaan. Bagi menguji sama ada antara muka sistem mempunyai ciri tersebut, sesuatu pemeriksaan kebolehgunaan perlu mengambil kira beberapa faktor sebagai asas pengukuran. Menurut Shackel (2009), terdapat tiga asas pengukuran bagi mengukur tahap kebolehgunaan antara muka iaitu:

#### 1) Dimensi

Ukuran berkaitan dengan saiz, bentuk dan ciri lain sesuatu sistem yang relevan dengan saiz pengguna dan keperluan yang berkaitan

#### 2) Prestasi

Ukuran berkaitan dengan pencapaian objektif tugas bertujuan untuk mengukur prestasi pengguna bagi mencapai sesuatu matlamat. Mengikut Tullis & Albert (2013), metrik yang boleh digunakan untuk mengukur prestasi boleh terdiri daripada kejayaan tugas (task success), masa menyiapkan tugas, ralat, keberkesanan (usaha untuk menyiapkan tugas seperti bilangan mengklik butang) dan kebolehan belajar (learnability).

#### 3) Sikap

Menilai pandangan pengguna untuk mendapatkan pendapat mereka tentang kesukaran yang mereka alami untuk mencapai sesuatu matlamat.

Sementara itu, Shackel (2009) menambah bahawa kaedah untuk melakukan pemeriksaan kebolehgunaan boleh terdiri daripada pelbagai bentuk namun boleh diringkaskan kepada tiga jenis iaitu semakan pakar (expert review), cubaan simulasi (simulation trails) dan ujian prestasi pengguna (user performance test). Secara ringkasnya, kaedah semakan pakar menggunakan pakar bidang bagi menyemak masalah kebolehgunaan yang dihadapi antara muka sistem. Dalam kaedah cubaan simulasi pula, ujian kebolehgunaan dijalankan menggunakan prototaip dalam situasi

olok-olok (mock-up) dengan pengguna sebenar. Bagi kaedah ketiga iaitu ujian prestasi pengguna, ujian dijalankan menggunakan perisian sebenar ke atas pengguna sebenar.

Dalam kajian ini pula, teknik untuk melakukan pengukuran bagi pemeriksaan kebolegunaan menggunakan kaedah semakan pakar. Teknik ini dipilih kerana dalam dalam bidang perubatan, sememangnya pendapat pakar perubatan diperlukan untuk mendapat gambaran yang terperinci mengenai sesuatu masalah. Maklumat seperti mengdiagnosis imej XRD dapat diperoleh daripada pegawai perubatan biasa namun dengan adanya pakar, maklumat berkenaan dapat diberikan dengan lebih tepat. Oleh itu, menggunakan teknik semakan pakar paling sesuai untuk diadaptasi dalam kajian ini.

### **2.8.3 Kaedah Semakan Pakar**

Kaedah semakan pakar merupakan antara kaedah yang sering digunakan bagi melakukan pemeriksaan kebolegunaan. Kaedah ini melibatkan pakar bidang yang menyemak dan mengesan masalah kebolegunaan yang dihadapi antara muka sistem. Menurut Shneiderman (2004) terdapat lima kaedah untuk melakukan ujian kebolegunaan dengan kaedah semakan pakar iaitu:

#### 1) Pemeriksaan heuristik

Pakar mengkritik antara muka bagi memastikan pematuhan reka bentuk antara muka berdasarkan prinsip atau garis panduan reka bentuk.

#### 2) Ulasan garis panduan (guideline review)

Antara muka disemak supaya ia memenuhi satu dokumentasi reka bentuk yang ditetapkan.

#### 3) Pemeriksaan konsistensi (consistency inspection)

Pakar mengesahkan tahap konsistensi antara muka bagi semua paparan antara muka sistem seperti terminologi, warna, susun atur, format input dan output dan sebagainya.

4) Telesuran kognitif (cognitive walkthrough)

Pemeriksaan TK mengandaikan pakar sebagai pengguna kepada aplikasi untuk menguji aplikasi berdasarkan tugas yang spesifik (Allen & Chudley 2012). Selepas aktiviti TK, pakar berbincang dengan pereka bentuk untuk memberi pandangan beliau mengenai antara muka sistem.

5) Pemeriksaan kebolegunaan formal (formal usability inspection)

Pakar (sebagai moderator) mengadakan mesyuarat dengan pereka bentuk dalam sesi muka ke muka untuk membincangkan mengenai kelebihan dan kelemahan antara muka yang dibentangkan.

Berdasarkan senarai kaedah semakan pakar yang dibincangkan, kaedah pemeriksaan TK dipilih untuk pemeriksaan kebolegunaan antara muka sistem dalam kajian ini. Menurut Allen & Chudley (2012), pemeriksaan TK perlu dilakukan dahulu untuk menentukan masalah kebolegunaan seterusnya saringan masalah berkenaan berdasarkan prinsip reka bentuk kebolegunaan boleh dibuat. Ketika melakukan kaedah pemeriksaan TK, semua elemen antara muka dapat digunakan bersama di samping penambahbaikan dapat dilakukan secara terus kepada prototaip sistem yang diuji (Barnum 2011). Hasil pemeriksaan TK biasanya terdiri daripada masalah kebolegunaan yang dapat dikenal pasti oleh pakar. Masalah yang dikesan kemudiannya dinilai dengan prinsip reka bentuk kebolegunaan seperti 10 prinsip Nielsen (Nielsen 1995a) atau lapan petua Shneiderman (Shneiderman 2004).

#### **2.8.4 Pemeriksaan Telesuran Kognitif (TK)**

Pemeriksaan TK merupakan satu aktiviti pemeriksaan ke atas tahap kebolegunaan untuk menilai reka bentuk bagi memudahkan pembelajaran dengan menggunakan kaedah eksplorasi (Wharton et al. 1994). Kaedah eksplorasi dijadikan asas pembelajaran kerana menurut Dix et al. (2004), ramai pengguna lebih berminat untuk menggunakan sesuatu sistem dengan melakukan eksplorasi ke atas sistem berkenaan berbanding dengan mengikuti latihan atau membaca manual pengguna. Ekoran daripada itu, dalam pemeriksaan TK, kebolegunaan antara muka dinilai melalui



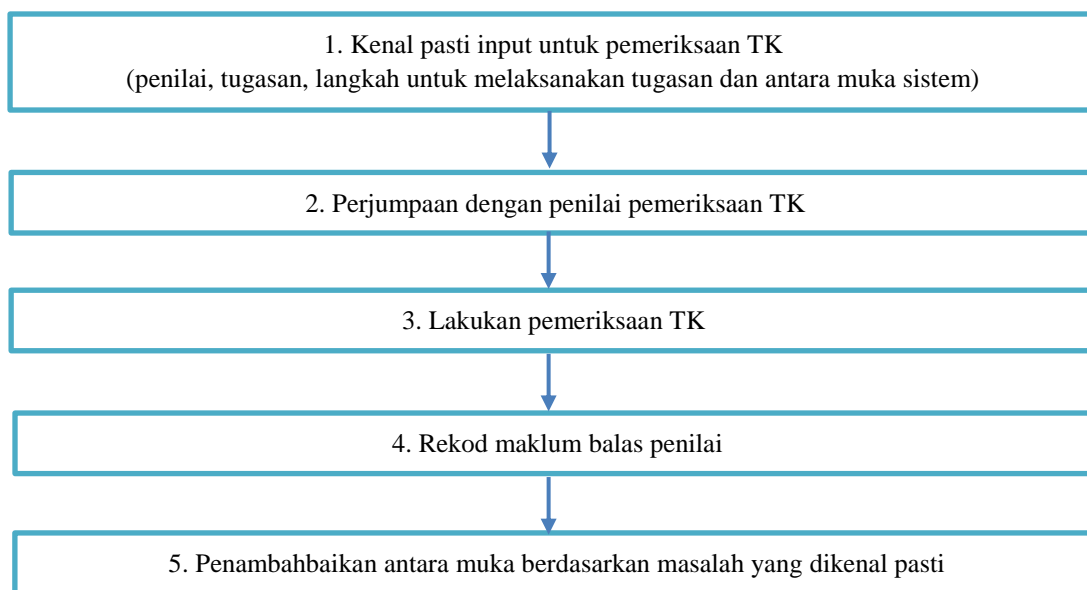
eksplorasi kognitif penilai untuk mencapai sesuatu matlamat melalui suatu tugas (Mahatody et al. 2010).

Menurut Rieman, Franzke & Redmiles (1995), pemeriksaan TK dihasilkan berdasarkan teori pembelajaran penerokaan (theory of exploratory learning). Dalam teori ini, satu model pemprosesan maklumat yang menggambar interaksi manusia-komputer dibuat melalui empat langkah iaitu:

- 1) Pengguna menetapkan matlamat yang ingin dicapai dengan sistem
- 2) Pengguna mencari pelbagai antara muka untuk tindakan tersedia pada masa itu bagi mencapai matlamatnya (seperti butang, kotak teks dan skrin total)
- 3) Pengguna memilih tindakan yang paling mungkin membantu matlamat dicapai
- 4) Pengguna melakukan tindakan yang dipilih dan menilai sistem sebagai bukti bahawa terdapat pencapaian ke arah matlamat

Empat langkah tersebut dilaksana berulang kali untuk mencapai satu siri matlamat kecil yang menentukan tugas yang lengkap. TK mengkaji setiap satu daripada tindakan yang betul yang diperlu untuk menyelesaikan sesuatu tugas, dan menilai sama ada empat langkah kognitif adalah tepat yang membawa kepada tindakan tersebut.

Daripada segi praktikal pula, pemeriksaan TK menekankan kepada tugas untuk menguji reka bentuk antara muka sistem oleh pakar kebolegunaan (Lira et al. 2014). Pemeriksaan TK boleh dilaksana dalam pelbagai peringkat iaitu sama ada pada peringkat pembangunan, pengkodan atau pada fasa pelancaran. Selain daripada itu, ia juga boleh memeriksa antara muka bentuk fideliti rendah, prototaip yang berfungsi atau sistem yang siap sepenuhnya (Hundhausen & Fairbrother 2012). Rajah 2.8 menyenaraikan lima langkah yang diperlukan untuk melakukan pemeriksaan TK (Wharton et al. 1994).



Rajah 2.8 Lima langkah untuk pemeriksaan TK

Dalam langkah pertama, semua input yang berkaitan dengan pemeriksaan TK dikumpulkan terlebih dahulu sebelum pemeriksaan sebenar dilakukan. Seterusnya langkah kedua ialah untuk mencari penilai yang menilai antara muka sistem yang dihasilkan. Langkah ketiga ialah melaksanakan pemeriksaan TK. Dalam setiap pemeriksaan pula, setiap penilai melakukan tugas yang ditetapkan secara berjajukan dan memberi maklum balas semua perkara yang berkaitan dengan isu kebolegunaan antara muka. Untuk memberi maklum balas bagi setiap tugas yang dibuat, penilai cuba menjawab empat soalan berikut (Dix et al. 2004):

- 1) Adakah langkah yang diambil mempunyai kesan yang sama seperti matlamat pengguna pada detik tersebut?
- 2) Adakah pengguna tahu bahawa langkah tersebut wujud?
- 3) Jika pengguna menjumpai langkah yang betul, adakah mereka tahu bahawa langkah itulah yang mereka perlukan?
- 4) Setelah langkah yang betul diambil, adakah pengguna memahami tindak balas yang mereka akan dapat?

Langkah keempat memerlukan penyelidikan untuk merekodkan maklum balas yang diberi penilai berkenaan dengan masalah kebolegunaan yang dikesan pada antara muka sistem. Selain daripada masalah, maklum balas mengenai kejayaan penilai melaksana setiap tugas juga perlu dicatatkan bagi mengetahui elemen yang memberi kekuatan kepada antara muka sistem berkenaan. Langkah terakhir ialah penambahbaikan kepada elemen antara muka berdasarkan masalah kebolegunaan yang dikenal pasti. Masalah reka bentuk antara muka yang dapat dikesan dalam pemeriksaan TK pula boleh dikategorikan kepada tiga bentuk (Nielsen 1995b). Masalah pertama ialah masalah kritikal iaitu majoriti penilai yang mengambil bahagian gagal menyempurna tugas. Masalah kedua ialah masalah serius yang mana masa menyempurna tugas kebanyakan subjek meningkat secara signifikan namun akhirnya mereka dapat melengkapkan tugas. Masalah ketiga pula dikenali sebagai masalah kosmetik iaitu berkaitan masa menyempurna tugas kebanyakan subjek meningkat sedikit, namun akhirnya mereka dapat melengkapkan tugas dengan mudah. Setelah langkah terakhir diambil, sesuatu antara muka sistem akan menjadi lebih baik sementara tahap kebolegunaan antara muka berkenaan juga akan menjadi lebih tinggi.

#### **2.8.5 Garis Panduan Bagi Reka Bentuk Antara Muka Sistem**

Hasil daripada pemeriksaan TK menjumpai pelbagai masalah kebolegunaan yang dihadapi antara muka sistem. Bagi memastikan setiap masalah ini dapat diperbaiki maka setiap masalah hendaklah disaring semula menggunakan satu set garis panduan kebolegunaan yang bertindak sebagai asas pengukuran bagi menilai setiap masalah kebolegunaan yang ditemui. Di antara contoh garis panduan yang sering digunakan dalam pemeriksaan heuristik ialah 10 prinsip kebolegunaan Nielsen (Nielsen 1995a). Set garis panduan ini merangkumi pelbagai elemen kebolegunaan untuk mengukur tahap kebolegunaan antara muka seterusnya menentukan masalah yang dihadapi antara muka berkenaan. Jadual 2.4 menyenaraikan 10 prinsip kebolegunaan Nielsen.

Jadual 2.4 10 Prinsip kebolegunaan Nielsen

<b>10 Prinsip Kebolegunaan</b>	<b>Penerangan</b>
1. Status aplikasi yang ditunjuk dengan jelas	Antara muka sentiasa memaklum pengguna apa yang sedang berlaku melalui maklum balas yang sesuai dalam lingkungan masa tertentu.
2. Kesepadanan aplikasi dengan dunia sebenar	Antara muka harus mengguna elemen (seperti perkataan, konsep dan bahasa) yang menjadi kebiasaan pengguna dan bukan sesuatu yang sukar difahami pengguna.
3. Kawalan dan kebebasan pengguna	Ia menekan kepada elemen bantuan yang mengawal kesalahan pengguna iaitu dengan menunjukkan jalan keluar sekiranya berlaku kesalahan. Menyokong tindakan 'undo' dan 'redo'.
4. Keseragaman dan piawaian dalam aplikasi	Pengguna dipastikan tidak keliru dengan perkataan, situasi dan tindakan yang sama dalam konteks yang berbeza.
5. Minimumkan ralat dan elak kesilapan	Sistem dipastikan untuk tidak mempunyai ralat.
6. Mengecam arahan daripada mengingatnya	Sistem mesti jelas menunjukkan objek, tindakan dan pilihan kepada pengguna. Pengguna tidak diharuskan untuk mengingat satu maklumat untuk pelbagai bahagian dalam sistem.
7. Fleksibiliti dan keberkesanan penggunaan	Navigasi aplikasi seharusnya disesuaikan dengan pengalaman pengguna. Sebagai contoh, pengguna dibenar mengawal audio serta boleh melangkau mana-mana video atau animasi. Bagi pengguna yang mahir pula jalan pintas navigasi juga disediakan.
8. Ciri estetik melalui reka bentuk yang minimum	Nilai estetik yang tinggi dapat menunjukkan keberkesanan suatu maklumat disampaikan secara ringkas dan mudah difahami. Maklumat yang tidak berkaitan atau jarang diguna tidak dipapar.
9. Bantu pengguna mengecam, mendiagnosis dan memulihkan ralat	Mesej ralat harus dipapar dalam bentuk perkataan yang difahami (bukan dalam bentuk kod pengaturcaraan), tepat dan mengandungi cadangan penyelesaian.
10. Bantuan dan dokumentasi	Aplikasi menyediakan menu bantuan yang mudah dicapai dan diguna serta mudah difahami dan diikuti.

Penggunaan set garis panduan kebolegunaan dapat memastikan antara muka sistem yang direka bentuk menepati amalan terbaik reka bentuk antara muka. Ia dapat membantu reka bentuk antara muka konsisten selain daripada mengurangkan beban kognitif pengguna dengan menyediakan terma yang difahami mereka.

### **2.8.6 Perbincangan**

Bagi memastikan antara muka sistem yang dibentuk menepati kehendak pengguna, ujian kebolegunaan dilaksanakan dalam kajian ini. Ujian berkenaan dibuat dengan menggunakan pemeriksaan TK. Dalam pemeriksaan ini, pakar kebolegunaan diminta untuk menilai antara muka sistem seterusnya memaklumkan setiap masalah kebolegunaan yang ditemui dalam antara muka sistem. Semua masalah kebolegunaan disaring mengikut 10 Prinsip kebolegunaan Nielsen dalam menentukan ralat kebolegunaan sebenar yang dialami antara muka sistem. Bab VII membincangkan ujian kebolegunaan yang dijalankan ke atas antara muka sistem.

## **2.9 KESIMPULAN**

Dalam bab ini, beberapa konsep yang penting untuk kajian dibincangkan. Berdasarkan setiap konsep yang diterangkan, perbincangan mengenai cara untuk menggunakan konsep berkenaan dalam kajian di samping cadangan ruang untuk pengembangan dikemukakan. Di akhir, cadangan model anotasi imej XRD berasaskan fitur perhubungan spatial antara lokasi bintil dan zon peparu dibuat sebagai panduan untuk menjalankan kajian. Dengan terbentuknya model anotasi ini maka, objektif kajian kedua dicapai iaitu untuk mencadangkan sebuah model baharu bagi menambah baik anotasi imej XRD yang berasaskan fitur perhubungan spatial untuk lokasi bintil dalam zon peparu.

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 PENGENALAN**

Bab ini membincangkan kaedah yang digunakan untuk mencapai matlamat kajian iaitu untuk membangunkan sebuah model baharu yang efektif untuk menganotasi imej XRD menggunakan fitur perhubungan spatial berasaskan lokasi bintil dalam zon peparu. Dalam bab ini, semua konsep yang dibincangkan dalam Bab II dilaksanakan dalam pelbagai tugas bagi setiap fasa metodologi kajian untuk mencapai objektif utama kajian. Metodologi kajian berdasarkan reka bentuk kajian eksperimental dipilih untuk diimplementasi. Reka bentuk kajian eksperimental merujuk kepada satu kaedah kajian untuk menentukan sama ada sesuatu perlakuan (treatment) yang diimplementasikan memberi kesan kepada hasil kajian (Creswell 2009). Reka bentuk kajian ini membolehkan penyelidik memanipulasi atau mengawal satu atau beberapa pemboleh ubah bebas (independent variable) untuk melihat kesannya kepada pemboleh ubah terikat (dependent variable) (Teddlie & Tashakkori 2009). Dalam kajian ini, reka bentuk kajian eksperimental dipilih kerana penyelidik ingin memanipulasi fitur perhubungan spatial antara lokasi bintil dan zon peparu dalam imej XRD dengan cara menganotasinya supaya dapatan semula imej menjadi lebih baik. Reka bentuk kajian yang dipilih melibatkan tiga fasa utama kajian dihasilkan iaitu fasa pemerhatian, inovasi dan penilaian.

#### **3.2 KAEDAH KAJIAN**

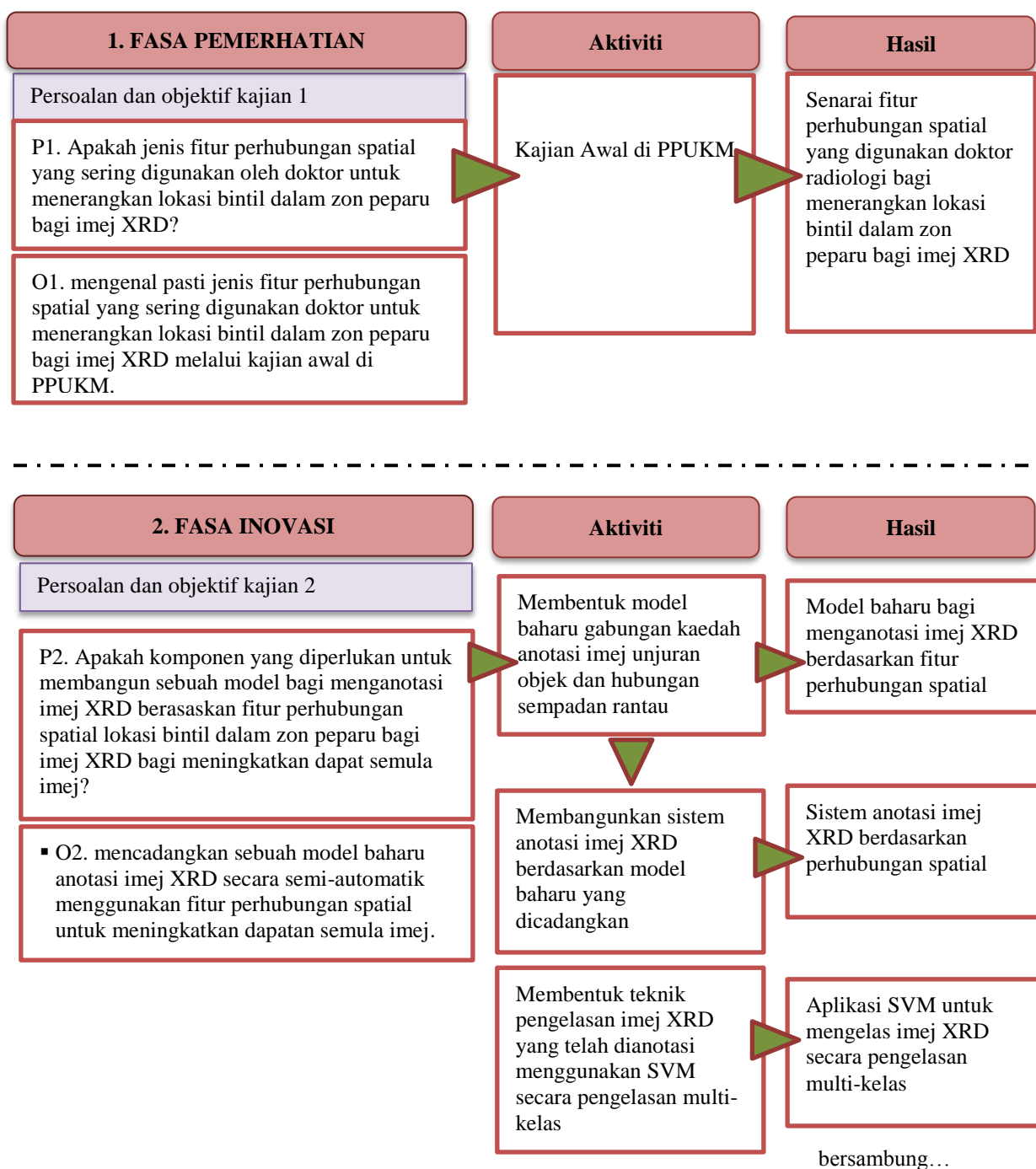
Menurut Teddlie & Tashakkori (2009), dalam kaedah penyelidikan tradisional sama ada berasaskan kuantitatif atau kualitatif, terdapat tiga fasa utama kajian iaitu pengkonsepan (conceptualization), eksperimen (metodologi dan analisis) dan penakbiran (inferential). Secara ringkasnya, pengkonsepan meliputi cara untuk menghasilkan abstrak untuk

penyelidikan seperti persoalan kajian, objektif dan skop kajian. Dalam fasa eksperimen, semua aktiviti untuk menjalankan operasi kajian seperti pemerhatian, kutipan data dan analisis data dilaksanakan. Dalam fasa terakhir; penakbiran, setiap kerja penyelidikan melibatkan proses untuk mentafsir dapatan kajian, analisis dan menghubungkan teori yang dipilih dengan dapatan kajian untuk membuat kesimpulan.

Walaupun ketiga-tiga fasa yang dinyatakan penting, namun, pendekatan reka bentuk kajian ini sedikit berbeza. Menurut Mytkowicz (2010), penyelidikan dalam bidang sistem pengkomputeran dijalankan mengikut reka bentuk penyelidikan eksperimental yang mengandungi tiga fasa iaitu pemerhatian, inovasi dan penilaian. Oleh itu, bagi menyesuaikan reka bentuk penyelidikan ini dalam kajian yang dijalankan, setiap tugas yang terlibat dipecahkan kepada tiga fasa seperti yang dinyatakan Mytkowicz (2010). Selain itu, dalam fasa inovasi, kajian ini mengadaptasi dengan sedikit pengubahsuaian kaedah yang digunakan oleh Cui et al. (2010) untuk menganotasi imej XRD. Dalam kaedah Cui et al. (2010), terdapat empat aktiviti untuk menganotasi imej XRD iaitu pra-pemprosesan imej, pembahagian rantau kepentingan, ekstrak fitur tekstur dari kawasan peparu dan pemetaan semantik dan penerangan. Adaptasi kaedah Cui et al. (2010) dipilih kerana setiap aktiviti yang dinyatakan mereka merupakan kaedah asas untuk menganotasi imej. Kedua, setiap aktiviti berkenaan digunakan untuk menganotasi imej XRD iaitu imej sama yang digunakan dalam kajian. Walaupun begitu, aktiviti ketiga dalam kaedah asal Cui et al. (2010) diubah kerana fitur imej yang digunakan mereka berlainan daripada kajian ini di mana mereka menggunakan fitur tekstur untuk menganotasi imej sedangkan kajian ini menggunakan fitur perhubungan spatial untuk tujuan sama. Dalam Cui et al. (2010), fitur tekstur diekstrak daripada aras kelabu rantau yang ditentukan menggunakan kaedah statistik dengan mengambil kira beberapa elemen seperti kontras, sudut, entropi dan min. Dalam kajian ini pula, fitur perhubungan spatial dikira berdasarkan lokasi antara bintil dan kawasan semu melalui koordinat setiap elemen dalam imej.

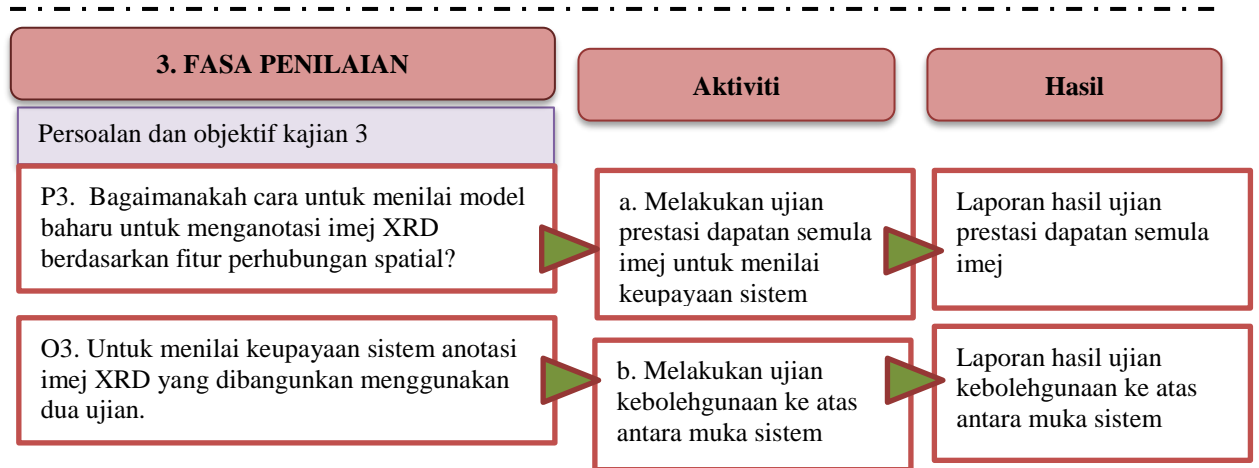
Bagi menunjukkan hubungan setiap fasa kajian, Rajah 3.1 dibentuk bagi memberikan gambaran kasar metodologi kajian ini yang mengandungi maklumat berkaitan persoalan kajian, objektif, tugas serta hasil bagi setiap tugas. Dalam rajah berkenaan, persoalan kajian diwakili dengan huruf P, sementara objektif kajian diwakili

huruf O. Sebagai contoh, persoalan kajian pertama ditulis dengan P1, manakala objektif pertama ditulis dengan O1. Di samping itu, Jadual 3.1, Jadual 3.2 dan Jadual 3.3 pula menyenaraikan secara terperinci setiap tugas, hasil dan aliran dari satu tugas kepada tugas lain untuk setiap fasa dalam kajian.



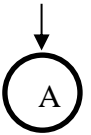


...sambungan



Rajah 3.1 Metodologi Kajian

Jadual 3.1 Perincian tugas dalam Fasa Pemerhatian

FASA PEMERHATIAN			
Persoalan kajian	Objektif kajian	Aktiviti	Hasil
1. Apakah jenis fitur perhubungan spatial terkini yang digunakan oleh doktor untuk menerangkan lokasi bintil dalam zon peparu bagi imej XRD?	1. Untuk mengenal pasti jenis fitur perhubungan spatial yang digunakan oleh doktor bagi menerangkan lokasi bintil dalam zon peparu bagi imej XRD melalui kajian awal di PPUKM.	1) Penyediaan dokumen untuk mendapat kelulusan daripada Jawatankuasa Etika Penyelidikan PPUKM bagi melakukan penyelidikan 2) Sediakan imej XRD untuk didiagnosis doktor 3) Analisis diagnosis doktor untuk memperoleh fitur perhubungan spatial yang digunakan	Senarai fitur perhubungan spatial untuk menerangkan lokasi bintil dalam zon peparu bagi imej XRD 

Jadual 3.2 Perincian tugas dalam Fasa Inovasi

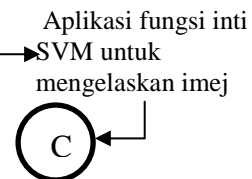
FASA INOVASI			
Persoalan kajian	Objektif kajian	Aktiviti	Hasil
2. Apakah komponen yang diperlukan untuk membangunkan model bagi menganotasi imej XRD berasaskan fitur perhubungan spatial lokasi bintil dalam zon peparu bagi imej XRD?	2. Untuk mencadangkan model baharu bagi menambah baik anotasi imej XRD yang berasaskan fitur perhubungan spatial antara lokasi bintil dan zon peparu.	<p>A) Membentuk model baharu gabungan kaedah anotasi imej unjuran objek dan hubungan sempadan rantau</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Tentukan komponen yang diperlukan menganotasi imej XRD</li> <li>2) Bentuk model baharu bagi menganotasi imej XRD berasaskan fitur perhubungan spatial (dari fasa pemerhatian) antara lokasi bintil dan zon peparu</li> <li>3) Bangunkan sistem anotasi imej XRD berdasarkan model baharu yang dibentuk. Kaedah untuk membina sistem adalah seperti berikut:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Lakukan proses pra-pemprosesan imej untuk segmen kawasan peparu daripada anatomi lain dalam imej XRD</li> <li>b) Anggarkan kotak sempadan minimum bagi kawasan peparu yang disegmen</li> <li>c) Bentuk zon semu di antara peparu kanan dan kiri</li> <li>d) Bahagikan kedua-dua peparu kepada zon rantau kepentingan mengikut fitur perhubungan spatial yang diperoleh daripada analisis diagnosis doktor dari Fasa Pemerhatian</li> <li>e) Kirakan titik tengah bagi setiap zon rantau kepentingan peparu</li> <li>f) Tentukan perhubungan spatial di antara lokasi bintil dengan zon peparu melalui aturan spatial</li> </ol> </li> </ol>	<p style="text-align: center;">A</p> <p style="text-align: center;">Sistem anotasi imej XRD berdasarkan fitur perhubungan spatial antara lokasi bintil dan zon peparu</p> <p style="text-align: center;">B      C</p>

bersambung...

...sambungan

B) Membentuk teknik pengelasan imej XRD yang telah dianotasi menggunakan SVM secara pengelasan multi-kelas

- 1) Sediakan set data yang diperoleh daripada ujian dapatan semula imej Sistem anotasi imej XRD
- 2) Pastikan semua nilai set data terdiri daripada nombor nyata
- 3) Lakukan penskalaan data supaya setiap nilai berada dalam julat 0 ke 1 {0,1}
- 4) Kenal pasti semua fungsi inti yang terdapat dalam teknik SVM (linear, polinomial, RBF dan sigmoid)
- 5) Bahagikan set data kepada dua bahagian menggunakan kaedah keesahan silang (cross-validation) iaitu untuk set data latih dan set data ujian
- 6) Laraskan parameter yang terbaik untuk setiap fungsi inti yang dipilih supaya nilai ketepatan pengelasan
- 7) Laksanakan ujian pengelasan multi-kelas ke atas set data ujian
- 8) Bandingkan prestasi setiap fungsi inti SVM dan pilih fungsi inti yang memberikan ketepatan pengelasan terbaik
- 9) Tambahkan fungsi inti SVM yang terpilih dalam Sistem anotasi imej XRD



Jadual 3.3 Perincian tugas dalam Fasa Penilaian

FASA PENILAIAN			
Persoalan kajian	Objektif kajian	Aktiviti	Hasil
3. Bagaimanakah cara untuk menilai sistem untuk menganotasi imej XRD berdasarkan fitur perhubungan spatial?	3. Untuk menilai keupayaan Sistem anotasi imej XRD yang dibangunkan berdasarkan Objektif 2 menggunakan dua ujian.	A) Ujian prestasi dapatan semula imej menggunakan ujian kepersisan dan ingat kembali	
		1) Lakukan ujian kepersisan dan ingat kembali untuk menguji dapatan semula imej berdasarkan kedudukan bintil dalam peparu untuk sistem anotasi imej XRD ← (B) 2) Bandingkan setiap keputusan ujian bagi menentukan prestasi sistem anotasi imej XRD → Hasil ujian dapatan semula imej B) Ujian kebolehgunaan: Pemeriksaan Telesuran Kognitif (pemeriksaan TK)	
		1) Hubungi pakar (radiologi atau teknologi maklumat) sebagai penguji untuk menilai sistem 2) Sediakan tugas bagi pemeriksaan TK yang diperlukan untuk menilai sistem 3) Minta penguji untuk menilai antara muka sistem berdasarkan tugas yang dibuat dan catat pendapat dalam borang kepuasan pengguna ← (B) 4) Tanya pendapat penguji sistem tentang cara untuk memperbaiki sistem 5) Analisis pendapat penguji sistem → Hasil pemeriksaan TK 6) Lakukan pengubahsuaian kepada sistem seperti yang dicadangkan	

### **3.3 FASA PEMERHATIAN**

Fasa pemerhatian merupakan fasa pertama kajian. Dalam fasa ini, aktiviti penting yang dilaksanakan ialah kajian awal bagi memperoleh dan mengesahkan fitur perhubungan spatial yang digunakan doktor bagi mendiagnosis imej XRD terutamanya menerangkan lokasi bintil dalam kawasan peparu. Sebagai tambahan, kajian awal ini penting kerana hasil kajian berkenaan membolehkan objektif kajian pertama dapat dicapai. Untuk menyelesaikan kajian awal berkenaan, Pusat Perubatan Universiti Kebangsaan Malaysia (PPUKM) yang terletak di Cheras, Kuala Lumpur telah dipilih sebagai lokasi kajian. Dalam Jadual 3.1, terdapat tiga aktiviti utama dalam melakukan kajian awal iaitu penyediaan dokumen bagi mendapatkan kelulusan daripada Jawatankuasa Etika Penyelidikan PPUKM bagi melakukan penyelidikan, menyediakan imej XRD untuk didiagnosis doktor dan analisis diagnosis doktor bagi memperoleh fitur perhubungan spatial. Sub-bahagian berikutnya menerangkan setiap aktiviti yang dilakukan dalam kajian awal.

#### **3.3.1 Penyediaan Dokumen Kepada Jawatankuasa Etika Penyelidikan PPUKM**

Prosedur saringan penyelidikan PPUKM merupakan satu tatacara penting yang perlu dilalui oleh setiap penyelidik untuk melakukan penyelidikan di PPUKM. Melalui prosedur ini, setiap penyelidik dikehendaki mematuhi setiap peraturan yang ditetapkan untuk melakukan penyelidikan sama ada penyelidikan berskala kecil, sederhana atau besar. Berdasarkan garis panduan bagi menjalankan penyelidikan yang dikeluarkan oleh Jawatankuasa Etika Penyelidikan PPUKM (JEPUKM), empat nilai dan prinsip ditekan untuk menjalankan penyelidikan terhadap insan di PPUKM iaitu rasa hormat, kemurahan hati, keadilan dan integriti (Research Ethics Committee UKM 2014). Memandangkan keempat-empat nilai dan prinsip ini penting untuk dijaga, maka prosedur saringan penyelidikan dilaksanakan dengan teliti untuk setiap permohonan.

Di PPUKM, jabatan yang bertanggungjawab menguruskan permohonan penyelidikan dikenali sebagai Sekretariat Penyelidikan, Perubatan dan Inovasi (SPPI). Terdapat enam jenis dokumen yang meliputi lima jenis borang dan satu kertas cadangan perlu diserahkan kepada pihak SPPI untuk memohon kelulusan melakukan penyelidikan di PPUKM. Jadual 3.4

menyenaraikan semua jenis dokumen yang diperlukan untuk kelulusan permohonan serta penerangan ringkas fungsi setiap dokumen.

Jadual 3.4 Senarai dokumen untuk permohonan penyelidikan di PPUKM

<b>Bil.</b>	<b>Jenis Dokumen</b>	<b>Fungsi</b>
1	Borang saringan penyelidikan	Menyenaraikan keperluan permohonan yang perlu dipenuhi penyelidik seperti tajuk, objektif kajian dan bajet
2	Borang permohonan penyelidikan	Ringkasan maklumat kajian yang ingin dijalankan
3	Kertas cadangan	Maklumat terperinci kajian di samping lampiran seperti bajet dan carta Gantt
4	Borang persetujuan pesakit	Menjaga kepentingan pesakit seperti hak pesakit dalam kajian, kerahsiaan dan risiko pesakit ketika kajian.
5	Borang perjanjian kerahsiaan	Memberikan kerahsiaan untuk semua maklumat kajian
6	Borang polisi penerbitan	Menerangkan mengenai tatacara penerbitan

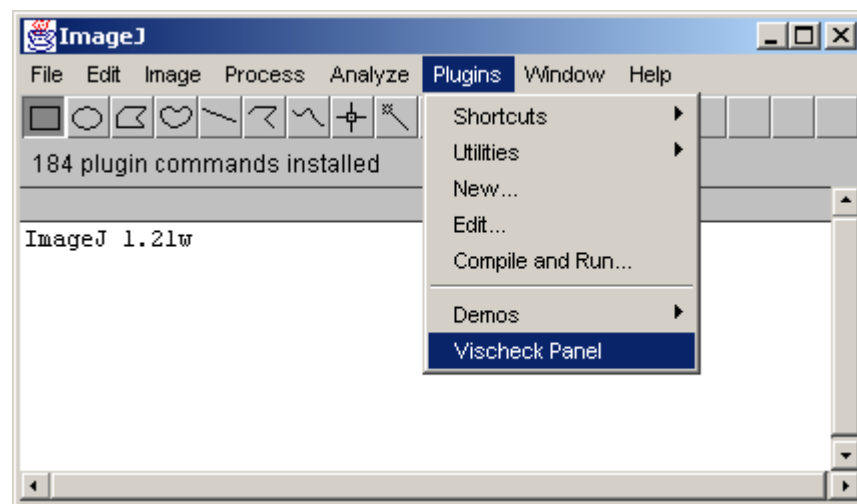
Setelah semua borang permohonan lengkap diisi, maka dokumen berkenaan perlu dihantar dalam bentuk salinan keras dan lembut ke pejabat SPPI. Selepas tempoh sebulan daripada tarikh permohonan, maklum balas mengenainya boleh ditanya di pejabat SPPI. Pihak SPPI akan memberi maklum balas sekiranya pindaan perlu dilakukan penyelidik. Di akhir proses, pihak JEPUKM memberikan kelulusan bagi menjalankan penyelidikan di PPUKM bagi kajian ini.

### **3.3.2 Penyediaan Imej XRD untuk Didiagnosis Doktor**

Berdasarkan maklumat yang diperoleh daripada kajian kesusasteraan, terdapat satu set data imej awam yang diuruskan oleh Japan Society of Radiological Technology (JSRT) mengandungi imej XRD yang memenuhi spesifikasi yang diperlukan untuk kajian. Setiap imej berkenaan boleh dimuat turun melalui laman sesawang <http://www.jsrt.or.jp/jsrt-db/eng.php> (Shiraishi et al. 2000).

Dalam set data imej JSRT yang dimuat turun, terdapat 247 imej XRD yang dikelaskan kepada dua kategori iaitu yang mempunyai bintil (154 imej) dan yang tidak mempunyai bintil

(93 imej). Semua imej XRD yang terdapat dalam set data berkenaan terdiri daripada imej yang diimbas dari filem yang bersaiz 2048 x 2048 piksel. Paras aras kelabu imej pula ialah 12 bit (4096 aras kelabu). Oleh kerana JSRT memuat naik imej dalam bentuk imej mentah (raw image) iaitu berasaskan format imej .iso (format fail untuk DVD), maka satu aplikasi untuk melihat kandungan fail imej diperlukan. Bagi tujuan tersebut, JSRT mencadangkan aplikasi yang dikenali sebagai Image J digunakan. Image J merupakan satu aplikasi sumber terbuka yang dibangunkan untuk pengimejan digital bagi bidang perubatan (Prodanov & Verstreken 2012). Selain daripada sejenis aplikasi tampak saintifik (scientific visualization application), Image J juga digunakan untuk melakukan proses pengukuran bagi data pengimejan perubatan. Rajah 3.2 menunjukkan antara muka aplikasi Image J.



Rajah 3.2 Antara muka aplikasi Image J

Dalam kajian ini, aplikasi Image J digunakan untuk membuka fail asal yang berformat .iso seterusnya menukarkan format fail asal ini kepada format bitmap (.bmp). Walaupun imej berformat DICOM lebih diterima dalam bidang pengimejan perubatan (Bhagat & Atique 2012), namun imej bitmap lebih mudah digunakan kerana ia sejenis imej lalai (default) dalam sistem pengendalian Windows di samping kemampuannya untuk mengekalkan bentuk asal imej tanpa dimampat. Selain daripada fail imej XRD, set data yang dibekal oleh JSRT juga turut mengandungi sebuah fail teks (fail .txt) tentang maklumat tambahan untuk setiap imej XRD seperti umur pesakit, jantung, jenis diagnosis dan kedudukan lokasi bintil. Maklumat dalam fail teks ini boleh dirujuk dalam Lampiran A. Rajah 3.3 menunjukkan satu contoh fail imej XRD yang terdapat dalam set data imej JSRT. Dengan terkumpulnya imej XRD yang diperoleh daripada set data JSRT maka proses untuk memperoleh fitur perhubungan spatial



yang digunakan oleh doktor bagi mendiagnosis lokasi bintil dalam peparu dapat dilakukan. Imej XRD yang mengandungi bintil perlu ditunjukkan kepada doktor bagi mencapai tujuan tersebut.



Rajah 3.3 Imej XRD yang terdapat dalam set data JSRT dari Shiraishi et al.(2000)

### 3.3.3 Analisis Diagnosis Doktor Bagi Memperoleh Fitur Perhubungan Spatial

Setelah kelulusan untuk melakukan penyelidikan dan semua imej XRD berjaya disediakan, aktiviti seterusnya ialah analisis diagnosis doktor bagi memperoleh fitur perhubungan spatial. Dalam aktiviti ini, tiga langkah kajian dilaksanakan iaitu mendapat pengesahan pakar radiologi tentang imej XRD yang diperoleh daripada set data JSRT, mengumpulkan doktor untuk mendiagnosis imej dan analisis diagnosis doktor terhadap imej XRD terpilih bagi memperoleh fitur perhubungan spatial.

Dalam langkah pertama, pengesahan pakar radiologi dibuat bagi memastikan setiap imej mempunyai bintil dalam peparu seperti yang dinyatakan. Surat pengesahan pakar bagi sepuluh imej XRD yang digunakan dalam kajian ini boleh dirujuk dalam Lampiran B. Untuk itu, hanya imej XRD yang mempunyai bintil sahaja (147 imej) ditunjukkan kepada pakar radiologi. Pakar berkenaan meneliti setiap imej dan memberikan pengesahan tentang

maklumat bintil dalam peparu untuk semua imej tersebut. Seterusnya, dalam langkah kedua, doktor dari Jabatan Radiologi PPUKM dikumpulkan untuk mendiagnosis lokasi bintil dalam imej XRD yang mempunyai bintil. Dalam kajian ini, seramai dua orang pakar radiologi dan sembilan orang pegawai perubatan berjaya dikumpulkan. Kedua-dua pakar radiologi yang terlibat merupakan pensyarah dari Jabatan Radiologi PPUKM sementara semua pegawai perubatan tersebut pula terdiri daripada pelajar di jabatan berkenaan yang sedang melanjutkan pelajaran di peringkat pasca siswazah. Sebelum setiap imej didiagnosis, penerangan ringkas mengenai tujuan kajian diberikan kepada para doktor melibatkan maklumat seperti objektif kajian, kaedah untuk melakukan diagnosis untuk kajian serta penerangan lain yang berkaitan. Kemudian, DVD yang mengandungi imej XRD dengan bintil diserahkan kepada pakar radiologi dan semua pegawai perubatan berkenaan.

Berdasarkan perbincangan penyelidik dengan salah seorang pakar radiologi yang terlibat, jika tujuan kajian awal ini sekadar untuk mendapatkan fitur perhubungan spatial, maka proses diagnosis tidak perlu dilakukan untuk semua imej. Ini kerana pertindanan hasil diagnosis mungkin berlaku di akhir kajian dan pertindanan ini tidak memberikan hasil baru. Di samping itu juga, memandangkan matlamat kajian awal ini hanya untuk mendapatkan fitur perhubungan spatial, maka jumlah imej yang perlu didiagnosis boleh dikurangkan. Setelah pertimbangan ini diambil kira maka penyelidik bersetuju dengan pendapat pakar berkenaan dengan menetapkan sepuluh imej sahaja yang perlu didiagnosis bagi mendapat fitur perhubungan spatial yang digunakan oleh doktor.

Setelah imej dipapar dalam proses diagnosis berkenaan, setiap doktor yang terlibat diminta untuk mengenal pasti secara manual lokasi dan keadaan bintil yang dipaparkan dalam bentuk benigna (bintil tiada barah – noncancerous nodule) dan malignan (bintil barah – cancerous nodule). Seterusnya, mereka menulis setiap keterangan perubatan mengenai kedudukan lokasi dan keadaan bintil yang dijumpai. Di akhir proses diagnosis imej, koleksi keterangan diagnosis setiap imej oleh doktor berkenaan direkod dalam satu lembaran kerja. Dengan adanya maklumat ini, fitur perhubungan spatial yang digunakan untuk menerangkan kedudukan bintil dalam peparu boleh diketahui.

Langkah terakhir dalam analisis diagnosis doktor ialah menganalisis maklumat diagnostik yang dilakukan doktor bagi imej XRD yang direkodkan dalam lembaran kerja. Ia