

**PENGESANAN MINUTIAE IMEJ CAP JARI BERSKALA KELABU
MENGUNAKAN ALGORITMA SUSURAN BATAS**

SITI MASRINA BINTI SULONG

**Tesis ini dikemukakan sebagai memenuhi syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Sains (Sains Komputer)**

**Fakulti Sains Komputer dan Sistem Maklumat
Universiti Teknologi Malaysia**

Oktober, 2002

Khas buat,

*Mom dan Ayah
yang telah banyak berkorban
dalam mendidiku selama ini*

*adik-adikku, Imi dan Izan
semoga impian menjadi kenyataan*

*suamiku, Nor Amlu
yang sentiasa berada disampingku
dengan sokongan dan kasih sayang*

*anakku, Nur Aisyah
semoga tabah dalam mengharungi
dugaan dan cabaran hidup*

PENGHARGAAN

Dengan nama Allah Yang Maha Pemurah lagi Maha Mengasihani, selawat dan salam ke atas junjungan besar Nabi Muhammad S.A.W. Alhamdulillah, syukur ke hadrat Illahi kerana dengan limpah kurniaNya dapat memberi kekuatan dan kesabaran dalam menyiapkan tesis Sarjana ini.

Di kesempatan ini, penulis ingin merakamkan sekalung penghargaan dan ucapan terima kasih kepada Prof. Dr. Ghazali Sulong selaku penyelia penyelidikan di atas segala bimbingan dan tunjuk ajar sepanjang tempoh penyelidikan ini.

Segala kerjasama dari para pensyarah, pihak pentadbir Fakulti Sains Komputer dan Sistem Maklumat dan Sekolah Pengajian Siswazah amatlah saya hargai. Penghargaan ini juga ditujukan kepada teman-teman seperjuangan yang sama-sama berusaha dalam menyiapkan penyelidikan sarjana masing-masing.

Harapan penulis agar tesis ini akan menjadi rujukan kepada pelajar untuk menambahkan lagi ilmu pengetahuan. Sesungguhnya segala kelemahan itu datangnya dari diri penulis dan segala kebaikan dan kesempurnaan itu datangnya dari Allah S.W.T.

ABSTRAK

Imej cap jari terdiri daripada batas dan dipisahkan dengan lembah. Titik akhir dan titik cabang adalah dua jenis *minutiae* penting dalam cap jari yang digunakan dalam proses pengesanan secara automatik. Dalam kaedah konvensional, *minutiae* dikesan selepas imej cap jari digital melalui proses penapisan. Kaedah tersebut memakan masa yang lama dan terdapat maklumat penting yang mungkin akan hilang semasa proses tersebut dijalankan. Oleh yang demikian, Maio dan Maltoni (1997) telah memperkenalkan Algoritma Susuran Batas untuk mengesan *minutiae* dari imej berskala kelabu iaitu tanpa perlu melalui proses penapisan. Walaupun demikian, masih terdapat kelemahan dalam teknik tersebut yang menyebabkan *minutiae* tidak dapat dikesan dengan tepat. Oleh itu, algoritma yang dibangunkan dalam penyelidikan ini adalah Algoritma Susuran Batas yang telah diperbaiki yang terdiri daripada lima proses iaitu pengiraan nilai tangen, menentukan keratan rentas dan titik maksimum, mengesan titik akhir, mengesan titik cabang, dan penghapusan *minutiae* palsu. Dari penelitian yang dibuat dalam kajian ini, didapati bahawa proses pengiraan nilai tangen yang tepat dapat meningkatkan kadar pengesanan *minutiae* asli. Oleh itu, pendekatan topeng Sobel digunakan sebagai satu alternatif dalam menentukan nilai tangen. Selain itu, proses songsangan juga diperkenalkan dalam penyelidikan ini untuk mengesan titik akhir. Teknik Purata Jarak Batas pula diimplemen dalam algoritma bertujuan untuk menghapuskan *minutiae* palsu. Pendekatan yang diperkenalkan di dalam penyelidikan ini ialah dua jenis imej cap jari iaitu imej asal dan imej yang melalui proses penapisan (pembuangan hingar dan peningkatan kualiti imej) digunakan sebagai sampel untuk membandingkan hasil pengesanan *minutiae*. Sebanyak 350 imej sampel digunakan yang diambil daripada *National Institute of Standards and Technology* (NIST). Hasil kajian yang dijalankan terhadap imej cap jari melalui pendekatan baru ini adalah didapati peratusan pengesanan *minutiae* asli dapat ditingkatkan lebih 60 peratus berbanding dengan hasil algoritma yang digunakan oleh Maio dan Maltoni.

ABSTRACT

Fingerprint-based identification has been known and used for a very long time. The fingerprint image contains narrow ridges separated by narrow background valleys. Most Automatic Fingerprint Identification Systems (AFIS) are based on minutiae matching due to its uniqueness. Minutiae are essentially terminations and bifurcations of the ridge lines that constitute a fingerprint pattern. According to conventional technique, minutiae detection is applied to a binarized and thinned image. This requires time consuming and lots of information may be lost during the processes. Thus, Maio and Maltoni (1997) proposed a method to detect minutiae in gray scale fingerprint images based on ridge line following algorithm, which is to trail the ridge line according to the fingerprint directional image. Even though, false minutiae still detected during the process. Based on these errors, an improved Ridge Line Following Algorithm has developed which consist of five processes; tangent direction computation, sectioning and maximum determination, end point detection, bifurcation point detection, and post-processing. A precise tangent value will contribute to a detection of true minutiae. Sobel operator is applied as other alternative of tangent direction computation. A reversing technique is proposed in order to detect true end point in the fingerprint image. A post-processing technique is also added to minutiae extraction process to determine the true minutiae. Raw fingerprint images and filtered images (noise removal and enhancement) are tested to determine the efficiency of the algorithm developed. The improved algorithm has applied to 350 image samples obtained from National Institute of Standards and Technology (NIST). As a result, techniques proposed in this research gives a higher percentage of 60 percent in true minutiae detection compared to previous techniques, although it still could not detect all the true minutiae correctly.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xi
	SENARAI RAJAH	xiii
	SENARAI ISTILAH	xx
	SENARAI LAMPIRAN	xxii
BAB I	Pengenalan	
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Analisa Cap Jari	2
	1.2.1 Ciri Cap Jari	3
	1.2.2 Pengkelasan Cap Jari	4
	1.2.3 Bagaimana Cap Jari Diperolehi ?	7
	1.2.4 <i>Automatic Fingerprint Identification System (AFIS)</i>	9
	1.3 Garis Kasar Penyelidikan	10
	1.3.1 Latar Belakang Masalah Penyelidikan	11
	1.3.2 Pernyataan Masalah Penyelidikan	12
	1.3.3 Kepentingan Penyelidikan yang Dijalankan	13
	1.3.4 Objektif Penyelidikan	13

1.3.5 Skop Penyelidikan	14
1.3.6 Definisi dan Terminologi	14
 BAB II KAJIAN LITERATUR	
2.1 Pendahuluan	17
2.2 Mengesan <i>Minutiae</i> Melalui Kaedah Konvensional	17
2.2.1 Fasa-fasa Pra-Pemprosesan Imej	18
2.2.2 Hasil Penyelidikan Terdahulu	24
2.2.3 Kelemahan Kaedah Konvensional	30
2.3 Algoritma Susuran Batas (<i>Ridge Line Following Algorithm</i>)	31
2.4 Mengesan <i>Minutiae</i> Melalui Algoritma Susuran Batas	32
2.4.1 Proses Pengiraan Nilai Tangen	35
2.4.2 Proses Menentukan Keratan Rentas dan Titik Maksimum Batas	37
2.4.3 Proses Menentukan Titik Akhir	40
2.4.4 Proses Menentukan Titik Cabang	41
2.4.5 Rumusan	41
 BAB III KAEDAH PENYELESAIAN	
3.1 Pendahuluan	44
3.1.1 Pengiraan Nilai Tangen Menggunakan Topeng Sobel	47
3.1.2 Proses Menentukan Keratan Rentas dan Titik Maksimum	54
3.1.3 Proses Mengesan Titik Cabang	54
3.1.4 Proses Mengesan Titik Akhir	54
3.1.5 Proses Penghapusan <i>Minutiae</i> Palsu	59
3.2 Proses Penapisan	61

3.2.1 Proses Pembuangan Hingar	62
3.2.2 Proses Peningkatan Kualiti	63
3.3 Rumusan	65

BAB IV HASIL DAN PERBINCANGAN

4.1 Pendahuluan	66
4.2 Eksperimen	66
4.2.1 Sampel Imej Cap Jari	66
4.2.2 Prosedur Eksperimen	67
4.2.3 Analisa Data	69
4.3 Proses Pengesanan <i>Minutiae</i>	70
4.4 Hasil Eksperimen	73
4.4.1 <i>Minutiae</i> Asli	75
4.4.2 <i>Minutiae</i> Tertukar	79
4.4.3 <i>Minutiae</i> Gugur	83
4.5 Hasil Keseluruhan	86
4.5.1 <i>Minutiae</i> Asli	86
4.5.2 <i>Minutiae</i> Tertukar	90
4.5.3 <i>Minutiae</i> Gugur	93
4.6 Perbincangan	97
4.6.1 Ketidakteraturan Lebar Batas dan Lembah Cap Jari	97
4.6.2 Kewujudan Liang Roma pada Imej Cap Jari	100
4.6.3 Perubahan Nilai Piksel	103

BAB V KESIMPULAN

5.1 Pendahuluan	104
5.2 Penemuan Penyelidikan	104
5.3 Sumbangan Penyelidikan	105
5.4 Cadangan Penyelidikan Akan Datang	105

BIBLIOGRAFI

107

LAMPIRAN

113

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
3.1	Nilai tangen pada sekitar titik akhir (Rajah 3.6b)	56
3.2	Nilai tangen pada sekitar titik akhir (Rajah 3.6c)	56
4.1	Pecahan imej cap jari dari pangkalan data NIST mengikut kelas dan kualiti imej	67
4.2	Contoh data hasil pengesanan <i>minutiae</i> , titik akhir dan titik cabang bagi kelas lengkung biasa	74
4.3	Contoh data hasil pengesanan <i>minutiae</i> , titik akhir dan titik cabang bagi kelas lengkung berkhemah	80
4.4	Contoh data hasil pengesanan <i>minutiae</i> , titik akhir dan titik cabang bagi kelas pusar	84
4.5	Purata peratusan <i>minutiae</i> asli bagi setiap kelas cap jari mengikut kaedah mengesan <i>minutiae</i> secara automatik	87
4.6	Purata peratusan <i>minutiae</i> tertukar bagi setiap kelas cap jari mengikut kaedah mengesan <i>minutiae</i> secara automatik	91
4.7	Purata peratusan <i>minutiae</i> gugur bagi setiap kelas cap jari mengikut kaedah mengesan <i>minutiae</i> secara automatik	95
4.8	Kedudukan titik maksimum pada keratan imej (Rajah 4.16)	101
A.1	Data hasil pengesanan <i>minutiae</i> , titik akhir dan titik cabang bagi kelas cap jari lengkung biasa	114
B.1	Data hasil pengesanan <i>minutiae</i> , titik akhir dan titik cabang bagi kelas cap jari lengkung berkhemah	132

C.1	Data hasil pengesanan <i>minutiae</i> , titik akhir dan titik cabang bagi kelas cap jari pusar	147
D.1	Data hasil pengesanan <i>minutiae</i> , titik akhir dan titik cabang bagi kelas cap jari gelung kiri	163
E.1	Data hasil pengekstrakan <i>minutiae</i> , titik akhir dan titik cabang bagi kelas cap jari gelung kanan	179
F.1	Sampel imej cap jari bagi kelas lengkung biasa	195
F.2	Sampel imej cap jari bagi kelas lengkung berkhemah	196
F.3	Sampel imej cap jari bagi kelas pusar	197
F.4	Sampel imej cap jari bagi kelas gelung kiri	198
F.5	Sampel imej cap jari bagi kelas gelung kanan	199

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Batas dan lembah pada imej cap jari	2
1.2	Jenis-jenis <i>minutiae</i> (A) titik akhir (B) titik cabang (C) pencapahan (D) titik atau pulau (E) tasik (F) batas pendek	3
1.3	Kedudukan <i>minutiae</i> pada cap jari	4
1.4	(a) teras (b) delta	5
1.5	(a) Lengkung biasa (b) Lengkung Berkhemah	6
1.6	(a) Gelung kiri (b) Gelung kanan	6
1.7	(a) Pesar biasa (b) Gelung Berkembar (c) Gelung berpusat poket	7
1.8	Nilai skala kelabu	8
1.9	(a) Imej basah (b) Imej kering (c) Imej baik	8
2.1	Aliran proses fasa pra-pemprosesan	18
2.2	Proses pembuangan kebisingan (teknik Penapisan Median) (a) Imej asal (b) selepas proses penapisan	19
2.3	Proses peningkatan kualiti imej (teknik Penapisan Lonjakan Tinggi dalam domain spatial) (a) selepas proses pembuangan hingar (b) selepas proses peningkatan kualiti	20
2.4	Proses orientasi imej (teknik Blok Terarah) (a) selepas proses Peningkatan kualiti (b) selepas proses orientasi imej	21
2.5	Proses segmentasi imej (teknik Pengembangan Kawasan) (a) Selepas proses orientasi (b) selepas proses segmentasi(binari)	22

2.6	Proses penipisan imej (teknik Panipisan Berselari-Dua Laluan) (a) Imej binari (b) imej rangka	23
2.7	Segmentasi batas (a) model yang sesuai untuk batas (b) unjuran batas bagi rajah (a) (c) garisan yang berortogon dengan batas cap jari (d) unjuran batas bagi rajah (c) (Sumber: N.K.Ratha et. al. 1995)	26
2.8	Perbandingan imej rangka dengan imej asal (a) Imej asal (b) imej rangka	30
2.9	Cartalir Algoritma Susuran Batas	33
2.10	(a) Algoritma Susuran Batas menyusur batas cap jari (b) Keratan rentas batas cap jari (Sumber: Maio dan Maltoni 1997)	34
2.11	Tetingkap tangen dan vektor arah (Sumber:Maio dan Maltoni1997)	36
2.12	Nilai titik Ω dari (i_{start}, j_{start}) ke (i_{end}, j_{end}) (Sumber : Maio dan Maltoni 1997)	38
2.13	Keratan rentas batas cap jari sebelum proses pembaikan (Sumber : Maio dan Maltoni 1997)	39
2.14	Gambaran seksyen batas untuk menentukan nilai Ω yang baru (Sumber : Maio dan Maltoni 1997)	39
2.15	Keratan rentas batas cap jari selepas proses pembaikan (Sumber : Maio dan Maltoni 1997)	40
2.16	Algoritma kod untuk proses pengesanan <i>minutiae</i>	43
3.1	Algoritma cadangan untuk mengesan <i>minutiae</i>	46
3.2	Topeng Sobel 3x3. (a) Tetingkap 3x3 dengan nilai skala kelabu (b) Topeng Sobel untuk mengira nilai G_x (c) Topeng Sobel untuk mengira nilai G_y .	47
3.3	Pergerakan topeng Sobel: (a) sampel blok tetingkap pada imej (b) pergerakan topeng dari kiri ke kanan (c) sampel blok tetingkap (d) pergerakan topeng dari atas ke bawah dalam imej berskala kelabu	49

3.4	Perbandingan teknik dalam proses pengiraan nilai tangen (a)Imej asal (b) teknik peminimuman kuasa dua terkecil (c) teknik topeng Sobel	51
3.5	Contoh perbandingan teknik dalam proses pengiraan nilai tangen	53
3.6	Gambaran masalah dalam mengesan titik akhir (a) imej asal (b) imej yang melalui Maio dan Maltoni (c) imej yang melalui kaedah cadangan	55
3.7	(a) Imej Asal (b) <i>Minutiae</i> pada batas cap jari (c) <i>Minutiae</i> pada lembah cap jari	58
3.8	Titik akhir palsu akibat batas terputus	60
3.9	Titik cabang palsu (a) spur (b) dua titik cabang yang berdekatan	61
3.10	Teknik penapisan Median	63
3.11	Penapis Laluan Tinggi	64
3.12	Penapis Lonjakan Tinggi	65
4.1	Contoh <i>minutiae</i> yang dikesan dalam kelas lengkung biasa mengikut (a) kaedah manual (b) kaedah Maio dan Maltoni (c) kaedah cadangan (imej asal) (d) kaedah cadangan (imej tapis)	71
4.2	Contoh <i>minutiae</i> yang dikesan dalam kelas lengkung berkhemah mengikut (a) kaedah manual (b) kaedah Maio dan Maltoni (c) kaedah cadangan (imej asal) (d) kaedah cadangan (imej tapis)	71
4.3	Contoh <i>minutiae</i> yang dikesan dalam kelas gelung kiri mengikut (a) kaedah manual (b) kaedah Maio dan Maltoni (c) kaedah cadangan (imej asal) (d) kaedah cadangan (imej tapis)	72
4.4	Contoh <i>minutiae</i> yang dikesan dalam kelas gelung kanan mengikut (a) kaedah manual (b) kaedah Maio dan Maltoni (c) kaedah cadangan (imej asal) (d) kaedah cadangan (imej tapis)	72

4.5	Contoh <i>minutiae</i> yang dikesan dalam kelas pusar mengikut (a) kaedah manual (b) kaedah Maio dan Maltoni (c) kaedah cadangan (imej asal) (d) kaedah cadangan (imej tapis)	73
4.6	Graf sebahagian daripada hasil bilangan (a) <i>minutiae</i> asli (b) titik akhir asli (c) titik cabang asli bagi kelas lengkung biasa	76
4.7	Graf peratus ketepatan bagi sebahagian daripada hasil pengesanan (a) <i>minutiae</i> asli (b) titik akhir asli (c) titik cabang asli bagi kelas lengkung biasa	78
4.8	Graf peratus bagi sebahagian daripada hasil pengesanan (a) <i>minutiae</i> asli (b) titik akhir asli (c) titik cabang asli bagi kelas lengkung berkhemah	82
4.9	Graf peratus bagi sebahagian daripada hasil pengesanan (a) <i>minutiae</i> asli (b) titik akhir asli (c) titik cabang asli bagi kelas pusar	85
4.10	Graf purata peratus ketepatan (a) <i>minutiae</i> asli (b) titik akhir asli (c) titik cabang asli bagi kelima-lima kelas cap jari	89
4.11	Graf purata peratus ketepatan (a) <i>minutiae</i> tertukar (b) titik akhir tertukar (c) titik cabang tertukar bagi kelima-lima kelas cap jari	92
4.12	Graf purata peratus ketepatan (a) <i>minutiae</i> gugur (b) titik akhir gugur (c) titik cabang gugur bagi kelima-lima kelas cap jari	96
4.13	Contoh imej cap jari yang berlainan lebar batas (a) kelas pusar (b) kelas lengkung berkhemah	98
4.14	Hasil perjalanan algoritma Susuran Batas pada batas (a) lebar tebal (b) lebar nipis	99
4.15	Liang roma pada batas cap jari (a) imej asal (b) keratan imej di mana liang roma kelihatan pada batas cap jari	100
4.16	Keratan imej cap jari dan nilai piksel	102

A.1	Graf bilangan <i>minutiae</i> asli bagi kelas lengkung biasa	119
A.2	Graf bilangan titik akhir asli bagi kelas lengkung biasa	120
A.3	Graf bilangan titik cabang asli bagi kelas lengkung biasa	121
A.4	Graf peratusan <i>minutiae</i> asli bagi kelas lengkung biasa	122
A.5	Graf peratusan titik akhir asli bagi kelas lengkung biasa	123
A.6	Graf peratusan titik cabang asli bagi kelas lengkung biasa	124
A.7	Graf peratusan <i>minutiae</i> tertukar bagi kelas lengkung biasa	125
A.8	Graf peratusan titik akhir tertukar bagi kelas lengkung biasa	126
A.9	Graf peratusan titik cabang tertukar bagi kelas lengkung biasa	127
A.10	Graf peratusan <i>minutiae</i> gugur bagi kelas lengkung biasa	128
A.11	Graf peratusan titik akhir gugur bagi kelas lengkung biasa	129
A.12	Graf peratusan titik cabang gugur bagi kelas lengkung biasa	130
B.1	Graf bilangan <i>minutiae</i> asli bagi kelas lengkung berkhemah	134
B.2	Graf bilangan titik akhir asli bagi kelas lengkung berkhemah	135
B.3	Graf bilangan titik cabang asli bagi kelas lengkung berkhemah	136
B.4	Graf peratusan <i>minutiae</i> asli bagi kelas lengkung berkhemah	137
B.5	Graf peratusan titik akhir asli bagi kelas lengkung berkhemah	138

B.6	Graf peratusan titik cabang asli bagi kelas lengkung berkhemah	139
B.7	Graf peratusan <i>minutiae</i> tertukar bagi kelas lengkung berkhemah	140
B.8	Graf peratusan titik akhir tertukar bagi kelas lengkung berkhemah	141
B.9	Graf peratusan titik cabang tertukar bagi kelas lengkung berkhemah	142
B.10	Graf peratusan <i>minutiae</i> gugur bagi kelas lengkung berkhemah	143
B.11	Graf peratusan titik akhir gugur bagi kelas lengkung berkhemah	144
B.12	Graf peratusan titik cabang gugur bagi kelas lengkung berkhemah	145
C.1	Graf bilangan <i>minutiae</i> asli bagi kelas pusar	150
C.2	Graf bilangan titik akhir asli bagi kelas pusar	151
C.3	Graf bilangan titik cabang asli bagi kelas pusar	152
C.4	Graf peratusan <i>minutiae</i> asli bagi kelas pusar	153
C.5	Graf peratusan titik akhir asli bagi kelas pusar	154
C.6	Graf peratusan titik cabang asli bagi kelas pusar	155
C.7	Graf peratusan <i>minutiae</i> tertukar bagi kelas pusar	156
C.8	Graf peratusan titik akhir tertukar bagi kelas pusar	157
C.9	Graf peratusan titik cabang tertukar bagi kelas pusar	158
C.10	Graf peratusan <i>minutiae</i> gugur bagi kelas pusar	159
C.11	Graf peratusan titik akhir gugur bagi kelas pusar	160
C.12	Graf peratusan titik cabang gugur bagi kelas pusar	161
D.1	Graf bilangan <i>minutiae</i> asli bagi kelas gelung kiri	166
D.2	Graf bilangan titik akhir asli bagi kelas gelung kiri	167
D.3	Graf bilangan titik cabang asli bagi kelas gelung kiri	168
D.4	Graf peratusan <i>minutiae</i> asli bagi kelas gelung kiri	169
D.5	Graf peratusan titik akhir asli bagi kelas gelung kiri	170
D.6	Graf peratusan titik cabang asli bagi kelas gelung kiri	171

D.7	Graf peratusan <i>minutiae</i> tertukar bagi kelas gelung kiri	172
D.8	Graf peratusan titik akhir tertukar bagi kelas gelung kiri	173
D.9	Graf peratusan titik cabang tertukar bagi kelas gelung kiri	174
D.10	Graf peratusan <i>minutiae</i> gugur bagi kelas gelung kiri	175
D.11	Graf peratusan titik akhir gugur bagi kelas gelung kiri	176
D.12	Graf peratusan titik cabang gugur bagi kelas gelung kiri	177
E.1	Graf bilangan <i>minutiae</i> asli bagi kelas gelung kanan	182
E.2	Graf bilangan titik akhir asli bagi kelas gelung kanan	183
E.3	Graf bilangan titik cabang asli bagi kelas gelung kanan	184
E.4	Graf peratusan <i>minutiae</i> asli bagi kelas gelung kanan	185
E.5	Graf peratusan titik akhir asli bagi kelas gelung kanan	186
E.6	Graf peratusan titik cabang asli bagi kelas gelung kanan	187
E.7	Graf peratusan <i>minutiae</i> tertukar bagi kelas gelung kanan	188
E.8	Graf peratusan titik akhir tertukar bagi kelas gelung kanan	189
E.9	Graf peratusan titik cabang tertukar bagi kelas gelung kanan	190
E.10	Graf peratusan <i>minutiae</i> gugur bagi kelas gelung kanan	191
E.11	Graf peratusan titik akhir gugur bagi kelas gelung kanan	192
E.12	Graf peratusan titik cabang gugur bagi kelas gelung kanan	193

SENARAI ISTILAH

Batas	-	Ridge
Gelung Kanan	-	Right Loop
Gelung Kiri	-	Left Loop
Keratan Rentas	-	Sectioning
Lembah	-	Valley
Lengkung Berkhemah	-	Tented Arch
Lengkung Biasa	-	Arch
Mengikut Garis Batas	-	Ridge Line Following
<i>Minutiae</i> Asli	-	Genuine / True Minutiae
<i>Minutiae</i> Gugur	-	Dropped Minutiae
<i>Minutiae</i> Palsu	-	False Minutiae
<i>Minutiae</i> Tertukar	-	Exchanged Minutiae
Nombor Silang	-	Crossing Number
Orientasi	-	Orientation
Pembuangan Hingar	-	Noise Removal
Peminimuman Kuasa Dua Terkecil Minimization	-	Least Square
Penapisan Laluan Rendah	-	Lowpass Filtering
Penapisan Laluan Tinggi	-	HighPass Filtering
Penapisan Lonjakan Tinggi	-	HighBoost Filtering
Penapisan Median	-	Median Filtering
Penapisan Separa Laluan Rendah Filtering	-	Spatial Lowpass
Penapisan Setempat Menyesuai	-	Local Adaptive Filtering
Peningkatan Kualiti	-	Enhancement
Penipisan	-	Thinning
Penjelmaan Fourier	-	Fourier Transform
Pusar	-	Whorl

Satu-dengan-banyak	-	One-to-many
Satu-dengan-satu	-	One-to-one
Segmentasi	-	Segmentation
Separa	-	Spatial
Skala Kelabu	-	Gray Scale
Titik Akhir	-	End Point
Titik Cabang	-	Bifurcation Point
Titik Delta	-	Delta Point
Titik Teras	-	Core Point

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Data dan Graf Pengesanan <i>Minutiae</i> , Titik Akhir dan Titik Cabang Bagi Kelas Lengkung Biasa	113
B	Data dan Graf Pengesanan <i>Minutiae</i> , Titik Akhir dan Titik Cabang Bagi Kelas Lengkung Berkhemah	131
C	Data dan Graf Pengesanan <i>Minutiae</i> , Titik Akhir dan Titik Cabang Bagi Kelas Pular	146
D	Data dan Graf Pengesanan <i>Minutiae</i> , Titik Akhir dan Titik Cabang Bagi Kelas Gelung Kiri	162
E	Data dan Graf Pengesanan <i>Minutiae</i> , Titik Akhir dan Titik Cabang Bagi Kelas Gelung Kanan	178
F	Sampel Imej Cap Jari	194

BAB I

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Bab ini akan membicarakan analisa terhadap cap jari dan garis kasar penyelidikan yang telah dijalankan.

Berikut adalah topik yang akan dibincangkan dalam analisa cap jari :-

- i. Pengecaman cap jari.
- ii. Pengkelasan cap jari.
- iii. Proses perolehan imej cap jari.
- iv. *Automatic Fingerprint Identification System (AFIS).*

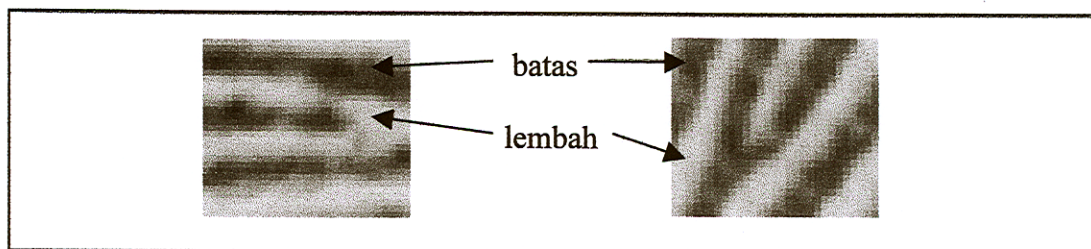
Garis kasar penyelidikan pula melibatkan sub topik berikut :-

- i. Latar belakang masalah penyelidikan.
- ii. Penyataan masalah penyelidikan.
- iii. Kepentingan penyelidikan yang dijalankan.
- iv. Objektif penyelidikan.
- v. Skop penyelidikan.

1.2 Analisa Cap Jari

Kepentingan dan keunikan cap jari telah dikenalpasti sejak beratus tahun dahulu walaupun sejarah awal tentang cap jari tidak diketahui secara tepat. Banyak sumbangan saintifik mengenai cap jari telah dihasilkan. Antara pelopor terawal yang memperkenalkan ilmu cap jari ialah Marcello Malpighi (1686) yang menerangkan corak yang terdapat pada hujung jari dalam penyelidikannya tentang kulit manusia. Hasil penemuan itu telah berkembang sehingga ke tahun 1870, Dr. Henry Faulds, Pengawas Pakar Bedah British di Hospital Tsukiji di Tokyo telah menyatakan bahawa cap jari adalah unik dan dikenalpasti penggunaannya dalam menyelesaikan masalah jenayah. Pada tahun 1888 pula, Sir Francis Galton telah membuktikan secara saintifik bahawa cap jari tidak akan berubah sepanjang hayat seseorang dan tidak ada dua individu mempunyai cap jari yang sama. Galton juga telah mengenalpasti *minutiae* yang terdapat pada cap jari dalam buku terbitan beliau yang bertajuk "Fingerprint" pada tahun 1892. Dengan maklumat cap jari yang diterbitkan oleh Galton, Sir Edward Henry telah berjaya mengelaskan cap jari pada tahun 1897.

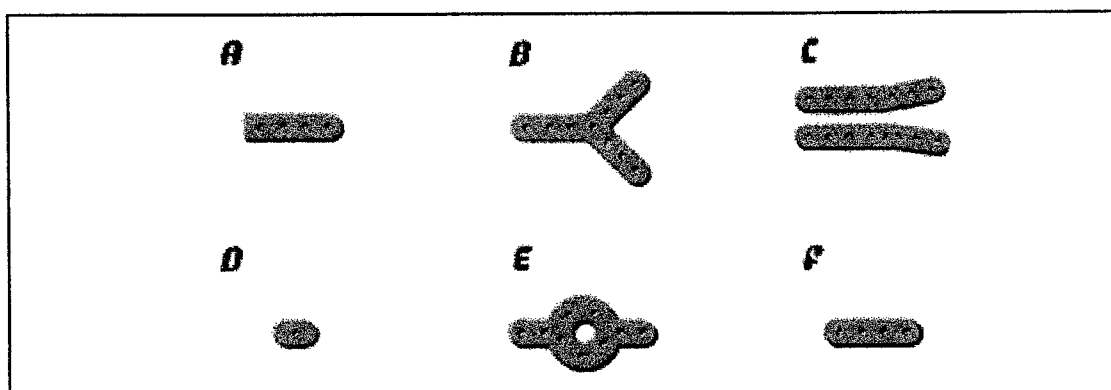
Cap jari terbentuk dengan wujudnya aluran kulit pada hujung jari manusia. Aluran kulit ini terdiri daripada batas-batas (garisan gelap) yang dipisahkan dengan lembah (garisan cerah) (rujuk Rajah 1.1). Terdapat dua sifat utama yang boleh diekstrak dari cap jari iaitu sifat-global (*high-level*) dan sifat-tempatan (*low-level*). Bagi sifat-global titik teras dan titik delta yang digunakan dalam pengelasan cap jari diekstrak. Manakala sifat-tempatan pula merupakan maklumat kriteria cap jari yang terdapat pada setiap individu yang dipanggil *minutiae* dan ianya digunakan dalam pengecaman cap jari (Kasaei et al., 1997).



Rajah 1.1 : Batas dan lembah pada imej cap jari.

1.2.1 Ciri Cap Jari

Proses pengecaman cap jari merupakan satu proses yang rumit kerana ianya melibatkan ciri-ciri yang terdapat pada cap jari. Ciri-ciri tersebut lebih dikenali sebagai *minutiae* yang ianya digunakan dalam mengenalpasti identiti seseorang individu. Berikut adalah antara *minutiae* yang terdapat pada imej cap jari.



Rajah 1.2 : Jenis-jenis *minutiae* : (A) titik akhir (B) titik cabang (C) pencapahan (D) titik atau pulau (E) tasik (F) batas pendek

(A) **titik akhir** : hujung batas cap jari (Rajah 1.2a).

(B) **titik cabang** : titik di mana batas cap jari memecah kepada beberapa batas (Rajah 1.2b).

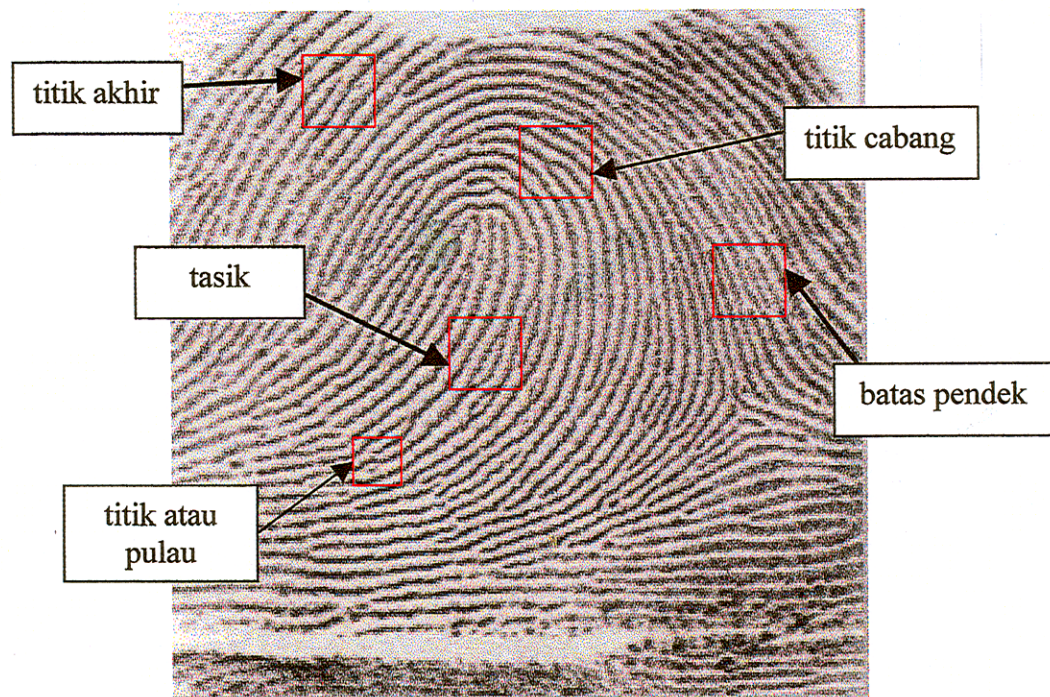
(C) **pencapahan** : dua batas yang selari atau hampir selari mencapah (Rajah 1.2c).

(D) **titik atau pulau** : batas yang pendek dan tersendiri. Ianya tidak bersambungan dengan batas lain (Rajah 1.2d).

(E) **tasik** : batas cap jari yang bercabang dan bertemu kembali sehingga membentuk satu kawasan yang tertutup (Rajah 1.2e).

(F) **batas pendek** : batas cap jari yang pendek tetapi tidak menyerupai **titik** atau **pulau** (Rajah 1.2f)

Walau bagaimanapun, kesemua *minutiae* ini merupakan gabungan titik akhir dan titik cabang. Contohnya, pulau terbentuk dengan dua titik akhir manakala tasik pula terbentuk dengan dua titik cabang. Oleh itu, *minutiae* yang paling penting yang digunakan dalam sistem pengecaman cap jari adalah titik akhir dan titik cabang sahaja. Rajah 1.3 menunjukkan contoh kedudukan *minutiae* pada imej cap jari.



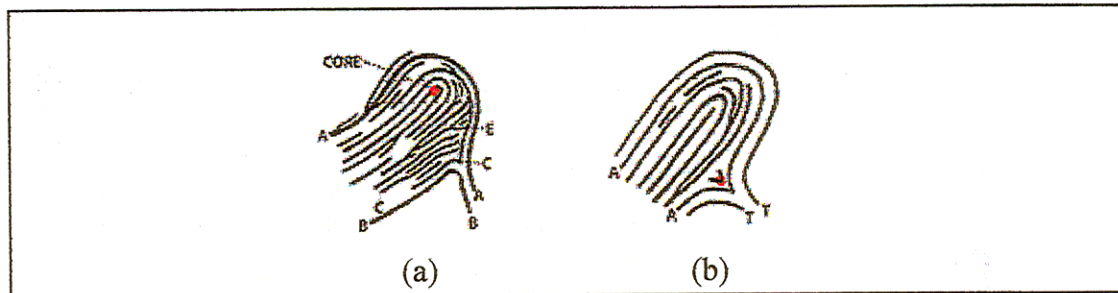
Rajah 1.3 : Kedudukan *minutiae* pada cap jari.

1.2.2 Pengelasan Cap Jari

Pengelasan cap jari boleh dibuat dengan membandingkan kedudukan dan bilangan teras dan delta yang terdapat pada cap jari. Berikut adalah penjelasan bagi titik teras dan delta :-

Teras : merupakan batas cap jari yang terletak pada tengah-tengah cap jari (rujuk Rajah 1.4a).

Delta : Titik yang berada pada atau di hadapan batas yang paling dekat dengan pusat penyimpangan. Delta boleh jadi sebarang elemen seperti titik, batas yang pendek, cabang, hujung batas atau persilangan dua batas (rujuk Rajah 1.4b).



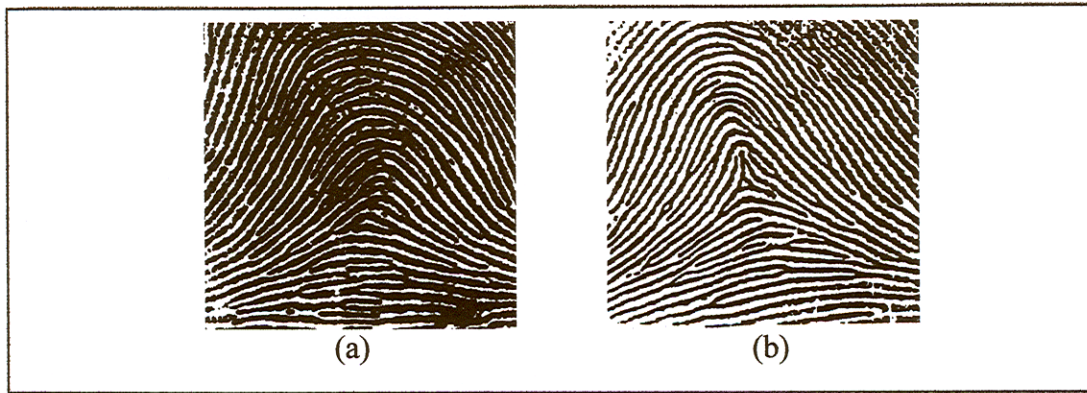
Rajah 1.4 : (a) teras. (b) delta.

Sir Edward Henry telah mewujudkan sistem pengkelasan cap jari yang diberi nama '*The Henry System*' yang mengelaskan cap jari kepada tiga kelas utama iaitu lengkung, gelung, dan pusar. Pihak *Federal Bureau Investigation* (FBI) yang menggunakan sistem ini telah memperincikan setiap kelas cap jari iaitu lengkung (lengkung biasa dan lengkung berkhemah), gelung (gelung kiri dan gelung kanan), dan pusar (pusar biasa, gelung berkembar dan gelung berpusat poket). Berikut adalah penerangan bagi setiap kelas cap jari :-

Lengkung : mempunyai corak batas cap jari yang berbentuk cembung dengan puncak di tengahnya. Ia dibahagikan kepada dua kelas iaitu lengkung biasa dan lengkung berkhemah (Rajah 1.5).

a) Lengkung biasa : coraknya terbentuk dengan batas cap jari memasuki dari satu sisi dan keluar pada sisi yang bertentangan dengan alunan ombak di tengahnya. Ianya adalah pengkelasan yang paling mudah dan tidak mempunyai teras mahupun delta (Rajah 1.5a).

b) Lengkung berkhemah : corak cap jari ini menyamai lengkung biasa. Perbezaanya batas di bahagian tengah cap jari membentuk sudut yang lebih curam (Rajah 1.5b).

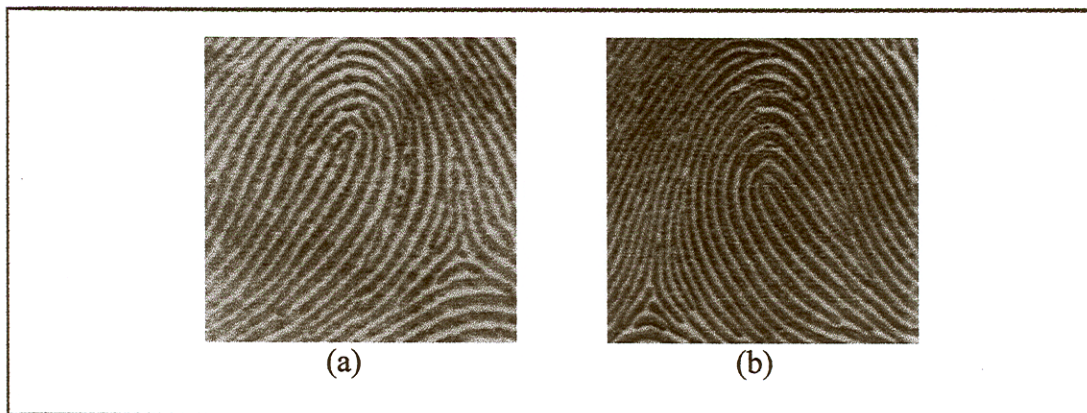


Rajah 1.5 : (a) Lengkung biasa. (b) Lengkung berkhemah.

Gelung : corak batasnya terbentuk dengan memasuki dari satu sisi dan keluar pada sisi yang sama. Gelung perlu mempunyai satu teras dan satu delta dengan kedudukan delta perlu rendah daripada teras. Gelung juga terbahagi kepada dua iaitu gelung kiri dan gelung kanan (Rajah 1.6).

a) Gelung kiri : batas cap jari masuk dan keluar dari sisi kiri dengan kedudukan delta juga berada pada sebelah kiri (Rajah 1.6a).

b) Gelung kanan : bertentangan dengan gelung kiri, batas cap jari masuk dan keluar dari sisi kanan dengan kedudukan delta pada belah kanan cap jari (Rajah 1.6b).



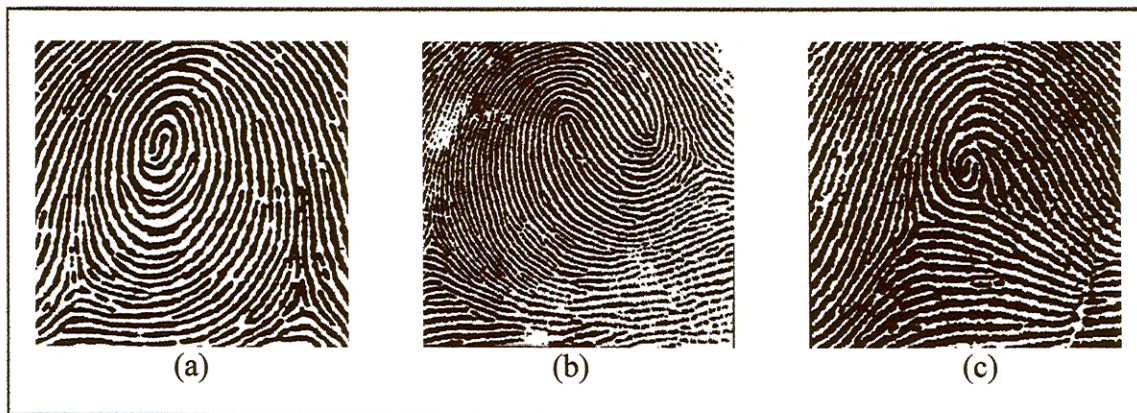
Rajah 1.6 : (a) Gelung kiri. (b) Gelung kanan.

Pusar : mempunyai sekurang-kurangnya satu batas cap jari yang membuat satu bulatan lengkap pada kawasan corak cap jari (Rajah 1.7).

a) **Pusar biasa** : corak cap jari ini perlu ada dua delta dan sekurang-kurangnya satu batas cap jari akan membentuk bulatan lengkap yang menjadi teras cap jari (Rajah 1.7a).

b) **Gelung berkembar** : batas cap jari akan membentuk dua lengkung yang berasingan dan mempunyai dua delta (Rajah 1.7b).

c) **Gelung berpusat poket** : coraknya mempunyai satu delta dan sekurang-kurangnya satu batas cap jari membentuk satu bulatan yang lengkap (Rajah 1.7c).



Rajah 1.7 : (a) Pusar biasa. (b) Gelung berkembar. (c) Gelung berpusat poket.

1.2.3 Bagaimana Imej Cap Jari Diperolehi ?

Dalam memperoleh imej cap jari, dua kaedah boleh digunakan iaitu dengan menggunakan dakwat (*off-line*) ataupun menggunakan peranti imbas-langsung (*live-scan*) iaitu tanpa menggunakan dakwat.

Beberapa proses perlu dilalui dalam memperoleh imej cap jari yang menggunakan dakwat. Mula-mula, jari yang hendak diambil imejnya perlu ditelekan pada permukaan rata yang dilumur dengan dakwat khas dari hujung kuku kiri ke hujung kuku kanan. Selepas itu, jari yang berdakwat tersebut perlu ditekan pada kertas yang permukaannya juga rata dengan menggelekan jari mengikut cara yang sama supaya keseluruhan permukaan cap jari diperolehi.

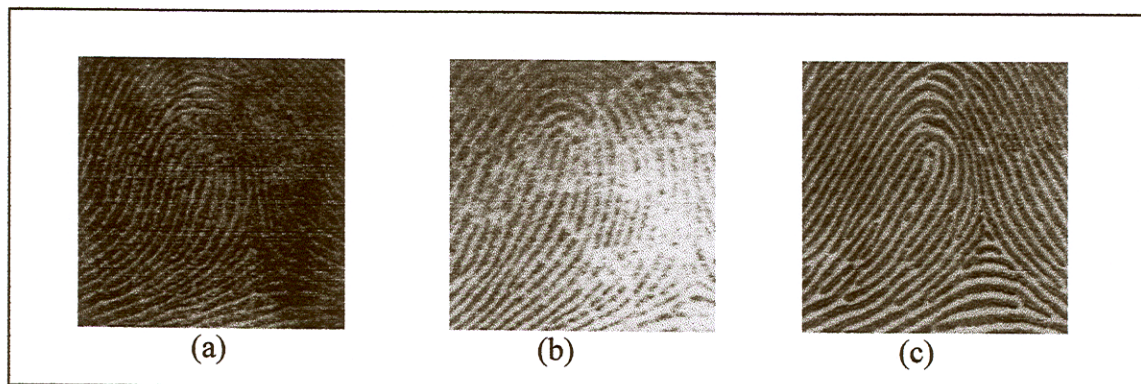
Seterusnya, imej cap jari yang diperoleh pada kertas diimbas dengan pengimbas untuk menukar imej tersebut dalam bentuk digital bagi memudahkan proses pengecaman dilakukan secara automatik.

Proses perolehan imej cap jari dengan menggunakan peranti imbas-langsung adalah lebih mudah berbanding dengan menggunakan dakwat. Jari diletakkan pada permukaan pengimbas peranti imbas-langsung dan imej cap jari terus diperoleh secara digital. Terdapat banyak peranti imbas-langsung di pasaran yang diciptakan khas untuk memperoleh imej cap jari secara digital. Antaranya ialah *Biometric-Scanner Veridicom Passprint*, *Fingerprint Identification Reader* dan sebagainya. Kebanyakan peranti imbas-langsung akan menghasilkan imej berskala kelabu (Parker, 1997) dengan nilai piksel pada imej tersebut berada di antara nilai 0 hingga 255. Nilai 0 mewakili piksel yang berwarna hitam manakala nilai 255 pula mewakili piksel yang berwarna putih (Rajah 1.8).



Rajah 1.8 : Nilai skala kelabu.

Kualiti imej cap jari yang diperoleh sama ada dengan menggunakan dakwat atau peranti imbas-langsung adalah dipengaruhi oleh beberapa faktor. Antaranya ialah kelembapan kulit, tekanan semasa mengecap ataupun kuantiti dakwat yang digunakan. Rajah 1.9 menunjukkan tiga jenis kualiti imej yang dihasilkan.



Rajah 1.9 : (a) Imej basah. (b) Imej kering. (c) Imej bebas hingar.

Rajah 1.9a menunjukkan keadaan imej basah berlaku dengan batas-batas cap jari kelihatan bersambungan antara satu sama lain dan sukar untuk menentukan aluran batas cap jari. Imej basah ini mungkin terjadi apabila keadaan kulit adalah lembap, lebihan dakwat dikenakan pada jari ataupun tekanan yang kuat diberikan semasa mengecap. Imej kering (Rajah 1.9b) pula adalah imej cap jari dan batas-batas cap jari kelihatan terputus. Keadaan ini terjadi apabila kekurangan dakwat dikenakan pada jari, tekanan yang tidak cukup kuat diberikan semasa mengecap ataupun kulit jari terlalu kering. Dalam konteks imej digital, keadaan imej basah dan imej kering lebih dikenali sebagai imej hingar (*noise*). Konsep hingar dalam konteks imej cap jari akan dibincangkan dengan lebih lanjut dalam Bab II. Imej bebas hingar (Rajah 1.9c) pula adalah imej berbentuk aluran batas cap jari, titik teras, titik delta dan kesemua *minutiae* pada imej tersebut jelas kelihatan dengan mata kasar. Keadaan batas cap jari bersambung atau terputus tidak terjadi pada imej bebas hingar. Imej sebegini sesuai digunakan dalam pemprosesan untuk mengekstrak *minutiae* ataupun dalam pengkelasan cap jari secara automatik.

1.2.4 *Automatic Fingerprint Identification System (AFIS)*

Pada tahun 1946, pihak *Federal Bureau Investigation* (FBI) telah memproses 100 juta kad cap jari dengan menggunakan mata kasar. Menjelang tahun 1971, bilangannya meningkat hingga 200 juta kad. Bilangan kad cap jari akan semakin bertambah dari setahun ke setahun dan merumitkan proses mengenalpasti identiti seseorang memandangkan ia memakan masa yang lama dan memerlukan kepakaran yang tinggi.

Dengan perkembangan teknologi komputer, sistem pengecaman cap jari secara automatik dibangunkan dan menarik ramai penyelidik dalam menyumbangkan ilmu dan teknologi dalam sistem ini. Terdapat dua jenis sistem dalam industri pengecaman cap jari iaitu sistem yang melaksanakan pemadanan satu-dengan-satu dan pencarian satu-dengan-banyak.

Sistem pengesahan identiti menggunakan mekanisma pencarian satu-dengan-satu. Untuk memulakan proses pengesahan ini, seseorang itu perlu memberitahu identitinya kepada sistem tersebut. Antara caranya adalah dengan memasukkan nombor pengenalan ataupun dengan menggunakan kad pintar. Selepas itu, sistem akan membuat pengesahan identiti melalui cap jari yang diperoleh secara interaktif dengan maklumat yang terdapat dalam pangkalan data.

Sistem pencarian satu-dengan-banyak juga dikenali sebagai Sistem Pengecaman Cap Jari. Sistem ini berfungsi dengan membandingkan cap jari yang tidak dikenali dengan cap jari yang terdapat dalam pangkalan data sistem tersebut. Dengan cara ini, sistem tersebut akan mengenalpasti identiti bagi sampel cap jari yang diperolehi. Sistem ini banyak digunakan di Amerika Syarikat terutama dalam penguatkuasaan undang-undang yang lebih dikenali sebagai AFIS.

Pembangunan AFIS semakin pesat dari masa ke semasa dalam memenuhi permintaan pengguna. Kini, AFIS bukan sahaja digunakan dalam bidang perundangan, malah ianya telah dikomersialkan dalam bidang perniagaan. Dengan penggunaan yang meluas, maka AFIS sering dipertingkatkan keupayaannya dari segi ketepatan dalam pengecaman dan juga masa yang digunakan untuk memproses satu-satu imej cap jari.

1.3 Garis Kasar Penyelidikan

Penyelidikan yang dijalankan dalam konteks cap jari tertumpu kepada pengecaman yang melibatkan mengesan *minutiae* dalam imej cap jari. Jenis *minutiae* yang diberi tumpuan adalah titik akhir dan titik cabang sahaja. Berikut adalah garis kasar bagi penyelidikan yang dijalankan.

1.3.1 Latar belakang Masalah Penyelidikan

Sejak penemuan cap jari sehingga kini, banyak penyelidikan telah dijalankan terutama dalam membangunkan AFIS. Pelbagai teknik telah diperkenalkan dan sering diperbaiki dari masa ke semasa bagi mempertingkatkan mutu AFIS. Antara skop yang menjadi tumpuan dalam penyelidikan adalah mengesan *minutiae* pada imej cap jari bagi tujuan proses pengecaman. Daripada hasil penyelidikan yang dijalankan, AFIS melaksanakan proses pengecaman dengan menapis imej cap jari. Antara proses yang terlibat dalam penapisan imej sebelum proses mengesan *minutiae* adalah:

- i. Proses perolehan imej (*feature extraction*),
- ii. Proses pembuangan hingar (*noise removal*),
- iii. Proses meningkatkan kualiti imej (*enhancement*),
- iv. Proses orientasi (*orientation*),
- v. Proses segmentasi (*segmentation*), dan
- vi. Proses penipisan (*thinning*).

Secara lazimnya, setiap imej cap jari perlu melalui proses segmentasi dan penipisan sebelum *minutiae*nya dikesan. Sungguhpun demikian, Maio dan Maltoni (1997) telah mengenalpasti masalah yang dihadapi sekiranya imej cap jari melalui proses konvensional ini, antaranya ialah :

- a) banyak maklumat cap jari seperti batas dan *minutiae* mungkin akan hilang semasa proses segmentasi,
- b) proses segmentasi dan penipisan memakan masa yang lama,
- c) proses segmentasi akan memperoleh hasil yang kurang memuaskan bagi imej cap jari yang berkualiti rendah.

Penerangan bagi setiap proses penapisan di atas dan masalah yang dihadapi akan dibincangkan dengan lebih lanjut dalam Bab II (Kajian Literatur).

Oleh itu, Maio dan Maltoni (1997) telah mengambil inisiatif untuk mengatasi masalah yang wujud dalam kaedah konvensional. Mereka telah memperkenalkan kaedah baru untuk mengesan *minutiae* terus dari imej cap jari berskala kelabu iaitu tanpa melalui proses penapisan dengan menggunakan Algoritma Susuran Batas

(*Ridge Line Following*). Algoritma Susuran Batas ini berfungsi dengan menyusuri batas cap jari sehingga *minutiae* dikesan. Hasil daripada penyelidikan yang dijalankan, Algoritma Susuran Batas dapat menjimatkan masa dalam mengesan *minutiae* berbanding dengan kaedah konvensional.

1.3.2 Pernyataan Masalah Penyelidikan

Walaupun Algoritma Susuran Batas yang diperkenalkan oleh Maio dan Maltoni (1997) dapat menjimatkan masa dalam mengesan *minutiae* namun masih terdapat beberapa kelemahan. Antara kelemahan yang dinyatakan dalam hasil penyelidikan mereka adalah:

- a) Algoritma Susuran Batas tidak dapat mengesan kesemua *minutiae* asli dalam satu-satu imej cap jari. *Minutiae* asli adalah *minutiae* yang terdiri daripada titik akhir dan titik cabang yang wujud pada imej cap jari.
- b) Wujudnya *minutiae* tertukar dan *minutiae* gugur. *Minutiae* tertukar adalah disebabkan algoritma mengesan titik akhir sebagai titik cabang dan sebaliknya. *Minutiae* gugur pula adalah titik akhir atau titik cabang yang tidak dikesan oleh algoritma.

Oleh itu,

Apakah pendekatan yang boleh digunakan untuk memperbaiki Algoritma Susuran Batas supaya minutiae asli dapat dikesan dengan tepat di samping menghapuskan minutiae tertukar dan minutiae gugur ?

- i. Dalam Algoritma Susuran Batas terdapat satu proses khusus untuk mengira nilai tangen. Nilai tangen yang dijana digunakan untuk
 - a) menentukan keratan rentas pada batas cap jari,
 - b) menentukan arah seterusnya yang perlu disusuri oleh algoritma, dan
 - c) mengesan titik akhir dalam imej cap jari berskala kelabu.

Adakah nilai tangen memberi kesan yang mendalam dalam mengesan *minutiae* asli ?

- ii. Menurut Maio dan Maltoni (1997), titik akhir dikesan berdasarkan pada nilai tangen yang dijana dalam Algoritma Susuran Batas. Dapatkah kaedah ini dielakkan memandangkan nilai tangen yang dijana adalah berbeza mengikut teknik yang diimplemenkan ?
- iii. Dalam penyelidikan Maio dan Maltoni (1997), Algoritma Susuran Batas diimplemenkan pada imej cap jari berskala kelabu untuk mengesan *minutiae*. Imej tersebut tidak melalui sebarang proses penapisan walaupun proses pembuangan hingar mahupun proses peningkatan kualiti. Sekiranya imej cap jari melalui proses-proses tersebut, dapatkah ia mengesan *minutiae* asli dengan tepat ?

1.3.3 Kepentingan Penyelidikan yang Dijalankan

AFIS telah lama dibangunkan dan digunakan dalam bidang penguatkuasaan undang-undang mahupun dalam bidang sivil. Sungguhpun demikian, AFIS masih dipertingkatkan mutu dan kualiti sama ada dari segi perisian ataupun perkakasan dari masa ke semasa supaya seiring dengan perkembangan teknologi kini. Mutu dan kualiti yang ingin dipersembahkan adalah melalui ketepatan dan kecekapan AFIS dalam mengecam ataupun mengelaskan imej cap jari. Oleh itu, jelas sekali bahawa kepentingan penyelidikan ini adalah untuk mempertingkatkan kualiti iaitu ketepatan dalam mengesan *minutiae* asli.

1.3.4 Objektif Penyelidikan

- i. Mengesan *minutiae* asli secara terus imej cap jari berskala kelabu.
- ii. Mengurangkan *minutiae* palsu iaitu *minutiae* gugur dan *minutiae* tertukar.
- iii. Mencari kaedah yang sesuai untuk perkara (1) dan (2) di atas.

1.3.5 Skop Penyelidikan

- i. Imej cap jari berskala kelabu digunakan.
- ii. Dua jenis *minutiae* yang dikesan iaitu titik akhir dan titik cabang.
- iii. Lima kelas utama cap jari iaitu lengkung biasa, lengkung berkhemah, gelung kiri, gelung kanan dan pusar digunakan.
- iv. Sampel imej diperoleh dari *National Institute of Standards and Technology* (NIST).
- v. Imej cap jari sebanyak 350 berformat TIFF (Tagged Image File Format) digunakan sebagai sampel dengan saiz 254 x 254 piksel dan resolusi 300 dpi (dot per inch).
- vi. Hasil yang dibincangkan dalam eksperimen ini adalah dari segi ketepatan mengesan *minutiae*. Pengujian dari segi masa yang diambil untuk mengesan *minutiae* pada imej cap jari tidak diambil kira.
- vii. Pendekatan domain separa digunakan iaitu manipulasi dibuat secara terus ke atas piksel-piksel pada imej cap jari.

1.3.6 Definisi dan Terminologi

Algoritma Susuran Batas	Algoritma yang menyusuri batas cap jari untuk mengesan <i>minutiae</i>
Delta	Titik di mana dua batas selari terpisah
<i>Minutiae</i>	Ciri-ciri yang terdapat pada cap jari seperti titik akhir, titik cabang, pulau dan sebagainya

<i>Minutiae</i> Asli	<i>Minutiae</i> yang wujud pada cap jari
<i>Minutiae</i> Gugur	<i>Minutiae</i> yang tidak dikesan oleh Algoritma Susuran Batas
<i>Minutiae</i> Tertukar	Titik cabang pada imej cap jari dikesan sebagai titik akhir dan sebaliknya
Normalisasi Imej	Menegakkan imej cap jari yang senget bagi memudahkan proses pengecaman cap jari
Orientasi	Mendapatkan arah aliran batas cap jari
Pelicinan Imej	Melicinkan (<i>smoothen</i>) batas cap jari bagi mengelakkan mengesan <i>minutiae</i> yang salah
Pembuangan Hingar	Proses membuang hingar pada imej cap jari
Pemulihan Imej	Proses bagi menyambungkan batas-batas yang terputus selepas proses segmentasi supaya mengekalkan ciri-ciri asal cap jari
Peningkatan Kualiti Imej	Proses untuk menimbulkan batas cap jari
Penipisan Imej	Proses menipiskan batas cap jari sehingga lebar batasnya menjadi satu piksel
Perolehan Imej	Proses mendapatkan imej cap jari melalui NIST
Segmentasi Imej	Memisahkan imej cap jari dari latar belakang
Spur	Salah satu <i>minutiae</i> yang salah

Teras

Bahagian tengah cap jari

Topeng Sobel

Sobel Mask digunakan untuk mendapatkan arah
batas cap jari