

**SISTEM PENGKLASIFIKASIAN PINTAR  
UNTUK JENIS PARASIT MALARIA**

**SITI NURUL AQMARIAH BT MOHD KANAFIAH**

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**2012**

**SISTEM PENGKLASIFIKASIAN PINTAR  
UNTUK JENIS PARASIT MALARIA**

**oleh**

**SITI NURUL AQMARIAH BT MOHD KANAFIAH**

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

**Mei 2012**

## PENGHARGAAN

Bismillahirrahmanirrahim...

Segala puji bagi ALLAH yang Maha Kuasa, yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang, kerana telah memberikan saya kekuatan yang terbaik untuk menyiapkan penyelidikan dan tesis ini sebagai memenuhi keperluan pengijazahan peringkat sarjana.

Saya ingin mengucapkan jutaan penghargaan dan terima kasih kepada PM Dr. Nor Ashidi bin Mat Isa selaku penyelia utama; dan PM Dr. Umi Kalthum binti Ngah dan PM Dr. Zeehaida Mohamad selaku penyelia bersama dalam penyelidikan ini. Segala tunjuk ajar, nasihat, dorongan dan saranan balas yang berwawasan yang telah diberikan kepada saya merupakan panduan yang tidak ternilai harganya dalam menjayakan penyelidikan ini.

Ucapan terima kasih juga ditujukan khas buat ibu saya, Puan Azizah dan ayah, Encik Mohd Kanafiah serta adik-beradik, Bukhari, Farah, Muslim, Hakim, Assyafi, Hafiza, Hakimi, Husna dan Rajab serta nenda tercinta, Puan Haminah yang sentiasa mendoakan kejayaan saya dan menjadi tunggak utama dalam menyuntik semangat untuk terus menyokong segala tindakan saya sehingga berjaya. Tidak dilupakan juga buat anak saudara saya, Sofia dan Alisha yang sentiasa mengembirakan hati saya ketika resah. Terima kasih juga ditujukan buat suami tercinta, Encik Firdaus yang sanggup bersabar sepanjang saya meneruskan pengajian ini.

Akhir sekali, jutaan terima kasih ditujukan buat kawan-kawan terutama Faradila, Kamarul Hawari, Amir Asari, Arifuddin, Yessi, Khairunnisa, Marlina, Azian, Khursiah, Asyikin, Helmi, Husaini, Kak Putri, En Sazali dan seluruh warga ISRT yang sentiasa bersedia memberikan bantuan dari segi idea, nasihat, dan komen yang membina. Sekalung penghargaan dan ucapan terima kasih juga ditujukan kepada seluruh warga Pusat Pengajian Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik USM dan warga Jabatan Parasitologi dan Mikrobiologi, HUSM terutama kepada Encik Nik Zairi dan Encik Ismail yang telah banyak membantu sama ada secara langsung atau tidak langsung. Segala budi dan pertolongan yang telah dihulurkan akan saya hargai dan dikenang sehingga ke akhir hayat dan hanya Allah S.W.T. sahaja yang mampu membalasnya. InsyaAllah.

Sekian, wassalam.

## SUSUNAN KANDUNGAN

<b>PENGHARGAAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>SUSUNAN KANDUNGAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>SENARAI JADUAL.....</b>	<b>vii</b>
<b>SENARAI RAJAH.....</b>	<b>viii</b>
<b>SENARAI TERJEMAHAN ISTILAH.....</b>	<b>xiii</b>
<b>SENARAI SINGKATAN ISTILAH.....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>xx</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xxii</b>
<b>BAB 1 - PENGENALAN</b>	
1.1 Pengenalan.....	1
1.2 Parasit Malaria.....	3
1.3 Limitasi Ujian Diagnosis Parasit Malaria.....	4
1.4 Objektif Penyelidikan.....	7
1.5 Skop Penyelidikan.....	8
1.6 Garis Panduan Tesis.....	10
<b>BAB 2 – KAJIAN ILMIAH</b>	
2.1 Pengenalan.....	12
2.2 Parasit Malaria.....	13
2.2.1 Vektor Bawaan Parasit Malaria.....	14
2.2.2 Simptom-simptom Jangkitan Parasit Malaria.....	17
2.2.3 Jenis-jenis Parasit Malaria.....	20
2.2.3(a) Parasit Malaria Jenis <i>Plasmodium falciparum</i> .....	20
2.2.3(b) Parasit Malaria Jenis <i>Plasmodium vivax</i> .....	22

2.2.3(c)	Parasit Malaria Jenis <i>Plasmodium malariae</i> .....	23
2.2.3(d)	Parasit Malaria Jenis <i>Plasmodium ovale</i> .....	25
2.2.3(e)	Parasit Malaria Jenis <i>Plasmodium knowlesi</i> .....	26
2.2.4	Kaedah Pengenalpastian Jenis-jenis Parasit Malaria.....	28
2.3	Sistem Pengklasifikasian Pintar Imej.....	29
2.3.1	Pra-pemprosesan Imej.....	30
2.3.2	Pengekstrakan Ciri Imej.....	37
2.3.3	Sistem Pengklasifikasian Imej Pintar.....	42
2.4	Sistem Pengklasifikasian Parasit Malaria.....	47
2.5	Ringkasan.....	52
<b>BAB 3 - METODOLOGI</b>		
3.1	Pengenalan.....	56
3.2	Perolehan Imej.....	57
3.3	Peruasan Imej Palitan Darah Nipis.....	61
3.3.1	Peruasan Imej Palitan Darah Nipis Fasa 1.....	62
3.3.2	Peruasan Imej Palitan Darah Nipis Fasa 2.....	76
3.4	Pengekstrakan Ciri Parasit Malaria dan Sel Darah Merah.....	83
3.4.1	Pengekstrakan Ciri Saiz.....	84
3.4.2	Pengekstrakan Ciri Bentuk.....	85
3.5	Pengklasifikasian Jenis Parasit Malaria.....	88
3.6	Ringkasan.....	90
<b>BAB 4 – KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>		
4.1	Pengenalan.....	92
4.2	Keputusan Peruasan Imej Palitan Darah Nipis.....	93
4.2.1	Keputusan Peruasan Imej Palitan Darah Nipis Fasa 1.....	93

4.2.2	Keputusan Perluasan Imej Palitan Darah Nipis Fasa 2.....	109
4.3	Keputusan Pengekstrakan Ciri Parasit Malaria dan SDM.....	117
4.3.1	Keputusan Pengekstrakan Ciri Saiz.....	117
4.3.2	Keputusan Pengekstrakan Ciri Bentuk.....	125
4.4	Keputusan Pengklasifikasian Jenis Parasit Malaria.....	128
4.5	Perbandingan Sistem Pengklasifikasian Parasit Malaria .....	132
4.6	Ringkasan.....	133
<b>BAB 5 – KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>		
5.1	Kesimpulan.....	137
5.2	Cadangan Masa Hadapan.....	139
<b>RUJUKAN.....</b>		141
<b>LAMPIRAN.....</b>		158
<b>SENARAI PENERBITAN.....</b>		160

## SENARAI JADUAL

Jadual 2.1	Perbandingan limitasi diagnosis yang telah dijalankan oleh penyelidik-penyelidik terdahulu.....	53
Jadual 3.1	Demonstrasi kaedah validasi silang 10-lipatan.....	90
Jadual 4.1	Keputusan ujian korelasi SDM normal.....	118
Jadual 4.2	Penilaian kuantitatif ke atas saiz SDM (bertindih) yang dijangkiti.....	121
Jadual 4.3	Keputusan ujian korelasi di antara pengekstrakan menggunakan pemprosesan imej dan pakar mikrobiologi.....	121
Jadual 4.4	Penilaian kuantitatif ke atas saiz SDM (tunggal) yang dijangkiti.....	123
Jadual 4.5	Keputusan ujian korelasi di antara pengekstrakan menggunakan penggabungan teknik yang dicadangkan dan pakar mikrobiologi.	124
Jadual 4.6	Keputusan Nisbah Saiz SDM tunggal yang dijangkiti.....	125
Jadual 4.7	Pengekstrakan ciri bentuk parasit malaria berdasarkan saiz.....	126
Jadual 4.8	Pengekstrakan ciri bentuk parasit malaria berdasarkan perimeter.	127
Jadual 4.9	Bilangan data setiap jenis parasit malaria yang digunakan untuk proses pengklasifikasian.....	129
Jadual 4.10	Keputusan ramalan bilangan data dan prestasi kejituan sistem pengklasifikasian untuk parasit malaria yang telah dilatih menggunakan algoritma perambatan balik.....	130
Jadual 4.11	Keputusan ramalan bilangan data dan prestasi kejituan sistem pengklasifikasian untuk parasit malaria yang telah dilatih menggunakan algoritma aturan <i>Bayesian</i> .....	131
Jadual 4.12	Keputusan ramalan bilangan data dan prestasi kejituan sistem pengklasifikasian untuk parasit malaria yang telah dilatih menggunakan algoritma <i>Lavernberg-Marquardt</i> .....	131
Jadual 4.13	Perbandingan limitasi diagnosis yang telah dijalankan oleh penyelidik-penyelidik terdahulu dan sistem yang dicadangkan....	134
Jadual A.1	Struktur senibina rangkaian MLP optimum menggunakan algoritma perambatan balik.....	158
Jadual A.2	Struktur senibina rangkaian MLP optimum menggunakan algoritma Aturan <i>Bayesian</i> .....	158
Jadual A.3	Struktur senibina rangkaian MLP optimum menggunakan algoritma <i>Lavenberg-Marquardt</i> .....	159



## SENARAI RAJAH

Rajah 1.1	Kawasan-kawasan yang berisiko terhadap wabak malaria.....	2
Rajah 2.1	Nyamuk Anopheles betina.....	15
Rajah 2.2	Kitaran hayat parasit malaria dalam badan manusia .....	16
Rajah 2.3	Simptom-simptom penyakit malaria dalam badan manusia.....	18
Rajah 2.4	Palitan darah nipis yang mengandungi parasit malaria PF.....	21
Rajah 2.5	Palitan darah nipis yang mengandungi parasit malaria PV.....	23
Rajah 2.6	Palitan darah nipis yang mengandungi parasit malaria PM berbentuk (a) Pita dan (b) Bakul.....	24
Rajah 2.7	Palitan darah nipis yang mengandungi parasit malaria PO.....	26
Rajah 2.8	Palitan darah nipis yang mengandungi parasit malaria PK.....	27
Rajah 2.9	Sistem pengklasifikasian pintar.....	30
Rajah 2.10	Contoh imej kanser pangkal rahim (a) Sel pangkal rahim (b) Sel pangkal rahim yang teruas bersama bendasing.....	35
Rajah 2.11	Contoh imej yang mengalami masalah pemisahan sel iaitu (a) Imej asal (b) Terkurang-ruas (c) Terlebih-ruas.....	37
Rajah 2.12	Model rangkaian neural.....	44
Rajah 3.1	Konsep asas pembinaan sistem pengklasifikasian pintar parasit malaria.....	57
Rajah 3.2	Contoh slaid yang mengandungi palitan darah nipis dan tebal...	58
Rajah 3.3	Alatan untuk penangkapan imej parasit malaria.....	59
Rajah 3.4	Contoh imej 3 jenis parasit malaria iaitu (a) <i>Plasmodium falciparum</i> (PF) (b) <i>Plasmodium malariae</i> (PM) (c) <i>Plasmodium vivax</i> (PV).....	60
Rajah 3.5	Contoh imej palitan darah nipis dengan (a) SDM tunggal (b) SDM bertindih.....	62
Rajah 3.6	Carta alir teknik peruasan imej palitan darah nipis kepada kawasan latar belakang, SDM dan parasit malaria.....	63
Rajah 3.7	Carta alir proses peruasan pada Fasa 1.....	64

Rajah 3.8	(a) Imej asal (b) Histogram imej asal (c) Histogram kebarangkalian (selepas dinormalkan) (d) Histogram nilai selang antara kelas varians (e) Keputusan imej binari dari kaedah Otsu (f) Histogram (dari imej (e)).....	66
Rajah 3.9	Piksel titik benih yang bertumbuh secara (a) 4 piksel jiran tersambung (b) 4 piksel jiran pepenjuru (c) 8 piksel jiran tersambung.....	71
Rajah 3.10	Contoh pelabelan piksel setiap objek dalam imej iaitu (a) Imej binari (b) Imej binari yang dilabel.....	72
Rajah 3.11	Contoh imej yang telah diproses.....	73
Rajah 3.12	Contoh pelabelan piksel setiap objek dalam imej iaitu (a) Imej binari (b) Imej binari yang dilabel.....	74
Rajah 3.13	Contoh imej yang telah diproses.....	75
Rajah 3.14	Imej binari yang bebas daripada lubang-lubang hitam dalam kawasan SDM dan artifak-artifak pada kawasan latar belakang..	76
Rajah 3.15	Carta alir proses peruasan pada Fasa 2.....	77
Rajah 3.16	Kawasan yang dikehendaki.....	79
Rajah 3.17	Penentuan titik $g$ dalam sel-sel bertindih yang telah diruas.....	79
Rajah 3.18	Penentuan semua piksel yang terletak di pinggir sel-sel bertindih.....	80
Rajah 3.19	Proses penentuan jejari piksel pinggir.....	80
Rajah 3.20	Penentuan jejari $R_{ED_i}$ semua piksel pinggir daripada titik $g$ .....	81
Rajah 3.21	Penentuan jejari terkecil, $ED_1'$ .....	81
Rajah 3.22	Penentuan susunan semua piksel pinggir mengikut arah jam.....	81
Rajah 4.1	Keputusan peruasan imej palitan darah nipis parasit malaria PF di antara kawasan SDM dan kawasan latar belakang pada Imej01.....	95
Rajah 4.2	Keputusan peruasan imej palitan darah nipis parasit malaria PM di antara kawasan SDM dan kawasan latar belakang pada Imej02.....	95
Rajah 4.3	Keputusan peruasan imej palitan darah nipis parasit malaria PV di antara kawasan SDM dan kawasan latar belakang pada Imej03.....	95

Rajah 4.4	Keputusan peruasan imej palitan darah nipis parasit malaria PF di antara kawasan SDM dan kawasan latar belakang pada Imej04.....	96
Rajah 4.5	Keputusan peruasan imej palitan darah nipis parasit malaria PF di antara kawasan SDM dan kawasan latar belakang pada Imej05.....	96
Rajah 4.6	Keputusan peruasan imej palitan darah nipis parasit malaria PF di antara kawasan SDM dan kawasan latar belakang pada Imej06.....	96
Rajah 4.7	Keputusan Imej01 iaitu (a) Imej01 teruas daripada kaedah Otsu (b) Imej01 selepas teknik pengisian lubang.....	97
Rajah 4.8	Keputusan Imej02 iaitu (a) Imej02 teruas daripada kaedah Otsu (b) Imej02 selepas teknik pengisian lubang.....	98
Rajah 4.9	Keputusan Imej03 iaitu (a) Imej03 teruas daripada kaedah Otsu (b) Imej03 selepas teknik pengisian lubang.....	98
Rajah 4.10	Keputusan Imej04 iaitu (a) Imej04 teruas daripada kaedah Otsu (b) Imej04 selepas teknik pengisian lubang.....	98
Rajah 4.11	Keputusan Imej05 iaitu (a) Imej05 teruas daripada kaedah Otsu (b) Imej05 selepas teknik pengisian lubang.....	99
Rajah 4.12	Keputusan Imej06 iaitu (a) Imej06 teruas daripada kaedah Otsu (b) Imej06 selepas teknik pengisian lubang.....	99
Rajah 4.13	Keputusan teknik pengecutan artifak, Imej01 pada nilai $W$ yang berlainan.....	100
Rajah 4.14	Keputusan teknik pengecutan artifak, Imej02 pada nilai $W$ yang berlainan.....	102
Rajah 4.15	Keputusan teknik pengecutan artifak, Imej03 pada nilai $W$ yang berlainan.....	105
Rajah 4.16	Keputusan teknik pengecutan artifak, Imej04 pada nilai $W$ yang berlainan.....	105
Rajah 4.17	Keputusan teknik pengecutan artifak, Imej05 pada nilai $W$ yang berlainan.....	106
Rajah 4.18	Keputusan teknik pengecutan artifak, Imej06 pada nilai $W$ yang berlainan.....	108
Rajah 4.19	Keputusan pemisahan SDM bertindih pada imej palitan darah nipis, Imej04 menggunakan tiga jenis algoritma pemisahan.....	113

Rajah 4.20	Keputusan pemisahan SDM bertindih pada imej palitan darah nipis, Imej05 menggunakan tiga jenis algoritma pemisahan.....	113
Rajah 4.21	Keputusan pemisahan SDM bertindih pada imej palitan darah nipis, Imej06 menggunakan tiga jenis algoritma pemisahan.....	114
Rajah 4.22	Keputusan peruasan SDM tunggal dan parasit malaria, Imej01 iaitu (a) Imej01 dari Fasa 1 (b) Kawasan SDM ditukar ke imej skala kelabu asal (c) Imej01 selepas teknik pengambangan.....	115
Rajah 4.23	Keputusan peruasan SDM tunggal dan parasit malaria, Imej02 iaitu (a) Imej02 dari Fasa 1 (b) Kawasan SDM ditukar ke imej skala kelabu asal (c) Imej02 selepas teknik pengambangan.....	115
Rajah 4.24	Keputusan peruasan SDM tunggal dan parasit malaria, Imej03 iaitu (a) Imej03 dari Fasa 1 (b) Kawasan SDM ditukar ke imej skala kelabu asal (c) Imej03 selepas teknik pengambangan.....	115
Rajah 4.25	Keputusan peruasan SDM tunggal dan parasit malaria, Imej04 iaitu (a) Imej04 dari Fasa 1 (b) Kawasan SDM (sel 1) selepas teknik pemisahan SDM bertindih ditukar ke imej skala kelabu asal (c) Kawasan SDM (sel 2) selepas teknik pemisahan SDM bertindih ditukar ke imej skala kelabu asal (d) Imej04 (sel 1) selepas teknik pengambangan.....	116
Rajah 4.26	Keputusan peruasan SDM tunggal dan parasit malaria, Imej05 iaitu (a) Imej05 dari Fasa 1 (b) Kawasan SDM (sel 1) selepas teknik pemisahan SDM bertindih ditukar ke imej skala kelabu asal (c) Kawasan SDM (sel 2) selepas teknik pemisahan SDM bertindih ditukar ke imej skala kelabu asal (d) Imej05 (sel 2) selepas teknik pengambangan.....	116
Rajah 4.27	Keputusan peruasan SDM tunggal dan parasit malaria, Imej06 iaitu (a) Imej06 dari Fasa 1 (b) Kawasan SDM (sel 1) selepas teknik pemisahan SDM bertindih ditukar ke imej skala kelabu asal (c) Kawasan SDM (sel 2) selepas teknik pemisahan SDM bertindih ditukar ke imej skala kelabu asal (d) Imej06 (sel 2) selepas teknik pengambangan.....	116

## SENARAI TERJEMAHAN ISTILAH

<b>Bahasa Inggeris</b>	<b>Bahasa Melayu</b>
10-fold cross validation	validasi silang 10-lipatan
3-charge-coupled device	3-peranti gandingan cas
8-connected boundary tracking	Penjejakan 8-sambungan sempadan
Acquired immune deficiency syndrome	Sindrom kurang daya tahan penyakit
Agricultural imaging	Pengimejan pertanian
Artificial neural network	Rangkaian neural buatan
Back propagation algorithm	Algoritma perambatan balik
Band form	Pita
Basket	Bakul
<i>Bayesian</i> rule algorithm	Algoritma aturan <i>Bayesian</i>
Between class variance	Selang antara kelas varians
Catchment basin	Lembangan tadahan
Center of object gravity	Pusat graviti objek
Central moment	Momen pusat
Centroid	Sentroid
Cerebrospinal fluid	Cecair serebrospinal
Cervical cancer	Kanser pangkal rahim
Circularity	Kebulatan
Clustering	Pengelompokan
Clustering-based methods	Kaedah berasaskan pengelompokan
Color histogram	Histogram warna
Computed tomography	Tomografi berkomputer

Contour	Kontur
Contour signature	Tandatangan kontur
Co-occurrence	Berlaku serentak
Correlation factor	Faktor korelasi
Correlation test	Ujian korelasi
Cumulative mean	Nilai purata terkumpul
Cumulative sum	Hasil tambah terkumpul
Data mining	Pencarian data
Diagnostic	Diagnosis
Discriminant analysis	Analisis pembeza
Distance transform	Jelmaan jarak
Echinocyte	Ekinosit
Edge	Pinggir
Edge Detection	Pengesanan Pinggir
Elliptocyte	Eliptosit
Embedded pseudo color	Pewarnaan pseudo terbenam
Entropi-based methods	Kaedah entropi
Epoch	Epok
Evolutionary computation	Pengiraan evolusi
Expert system	Sistem pakar
Face recognition	Pengesanan muka
Feature extraction	Pengekstrakan ciri
Fingerprint recognition	Pengesanan cap jari
Flat disk-shaped structuring element	Struktur elemen berbentuk rata
Fractal behaviour	Tinghahlaku fraktal

Fractal dimensional	Dimensi fraktal
Fuzzy logic system	Sistem logik fuzi
Fuzzy segmentation	Peruasan Fuzi
Granulometry morphology algorithm	Algoritma morfologi granulometri
Gray matter	Jirim kelabu
Gray scale	Skala kelabu
<i>Harris</i> detector	Pengesan <i>Harris</i>
Heuristic search edge-linking method	Kaedah carian heuristik menghubungkan pinggir
Hidden layer	Lapisan tersembunyi
Histogram shape-based methods	Kaedah yang berasaskan bentuk histogram
<i>Housdorff</i> dimension	Dimensi <i>Housdorff</i>
Hu moment	Momen Hu
Hue, saturation and value	Hue, penepuan dan nilai
Hybrid multilayered perceptron	Perseptron berbilang lapisan hibrid
Image analyzer	Penganalisa imej
Intensity	Keamatan
Invariance	Tak varians
Iris recognition	Pengecaman iris
K-means clustering	Pengelompokan purata-K
Knowledge engineering	Kejuruteraan pengetahuan
<i>Leishman</i> -stained blood smears	Palitan darah lumuran <i>Leishman</i>
Limitation	Limitasi
Local methods	Kaedah tempatan

Low density region	Kawasan kepadatan rendah
Machine vision	Penglihatan mesin
Magnetic resonance image	Imej magnetik resonan
<i>Markovian</i> texture features	Ciri tekstur <i>Markovian</i>
Mean intensity value	Nilai intensiti purata
Medical imaging	Pengimejan perubatan
Medium density region	Kawasan kepadatan sederhana
Modified recursive prediction error	Ralat ramalan terubahsuai jadi semula
Moment	Momen
Multilayered perceptron	Perseptron berbilang lapisan
Neural Network	Rangkaian neural
Non flat disk-shaped structuring element	Struktur elemen berbentuk tidak rata
Normalized central moment	Momen pusat ternormal
Object attribute-based methods	Kaedah berasaskan sifat objek
Oil immersion	Rendaman minyak
Optical coherence tomography	Tomografi koheren optik
Over-segmentation	Terlebih-ruas
Pixel	Piksel
Polymerase chain reaction	Tindakbalas rantaian polimerase
Qualitative	Kualitatif
Quantitative	Kuantitatif
Quantitative buffy coat	Ujian lapisan kelabu kuantitatif
Radial based cell formation	Pembentukan sel berasaskan jejari
Radial basis function	Fungsi asas jejarian
Rapid diagnostic test	Ujian diagnosis cepat



Red blood cell	Sel darah merah
Red, green dan blue	Merah, hijau dan biru
Region growing	Pertumbuhan kawasan
Region of interest	Kawasan yang dikehendaki
Regional minima	Kawasan minima
Ridge line	Garis permatang
Roset	Bunga
Rotation	Putaran
Run-length	Panjang alur
Saturation level histogram	Histogram level ketepuan
Saturation threshold	Ambang tepu
Scale	Skala
Scaled conjugate gradient	Kecerunan konjugat berskala
<i>Schuffner's dot</i>	Titik <i>Schuffner</i>
Seed-based region growing	Pertumbuhan secara titik benih
Segmentation	Peruasan
Sensitivity	Sensitiviti
Similarity index	Indek persamaan
Snakes formulation	Perumusan ular
<i>Sobel histogram</i>	Histogram <i>Sobel</i>
Spatial methods	Kaedah ruang
Specificity	Spesifisiti
Spectrum	Spektral
Statistical discriminant analysis	Analisis pembeza statistik
Support vector machine	Mesin sokongan vektor

Symptom	Simptom
<i>Tamura</i> texture histogram	Histogram tekstur <i>Tamura</i>
Teardrop	titisan air
Template Matching	Padanan templat
Thresholding	Pengambangan
Tile based structure	Struktur berasaskan jubin
Translation	Peralihan
Tuberculosis	Batuk kering
Under-segmentation	Terkurang-ruas
Watershed algorithm	Algoritma legeh
White matter	Jirim putih

## SENARAI SINGKATAN ISTILAH

AIDS	Acquired immune deficiency syndrome
ANN	Artificial neural network
CCD	Charge-coupled device
CSF	Cerebrospinal fluid
CT	Computed tomography
DA	Discriminant analysis
GM	Gray matter
HD	<i>Housdorff</i> dimension
HMLP	Hybrid multilayered perceptron
HSV	Hue, saturation and value
HUSM	Hospital Universiti Sains Malaysia
JPEG	Joint Photography Experts Group file
LM	<i>Lavernberg-Marquardt</i>
MLP	Multilayered perceptron
MRI	Magnetic resonance image
MRPE	Modified recursive prediction error
NN	Neural network
OCT	Optical coherence tomography
PCFE	Pseudo color feature extraction
PCR	Polymerase chain reaction
PF	<i>Plasmodium falciparum</i>
PK	<i>Plasmodium knowlesi</i>
PM	<i>Plasmodium malariae</i>

PO	<i>Plasmodium ovale</i>
PV	<i>Plasmodium vivax</i>
QBC	Quantitative buffy coat
RBC	Red blood cell
RBF	Radial basis function
RCF	Radial based cell formation
RDT	Rapid diagnostic test
RGB	Red, green and blue
ROI	Region of interest
SB	Smithkline Beecham
SBRG	Seed-based region growing
SCG	Scaled conjugate gradient
SDM	Sel darah merah
SVM	Support vector machine
Tb	Tuberculosis
WM	White matter

# SISTEM PENGKLASIFIKASIAN PINTAR UNTUK JENIS PARASIT

## MALARIA

### ABSTRAK

Malaria adalah disebabkan oleh parasit protozoa daripada genus plasmodium. Tanda-tanda jangkitan yang biasa termasuklah demam, menggigil, sakit otot dan sakit kepala. Pada masa kini, dua kaedah diagnosis secara manual oleh pakar mikrobiologi dipraktikkan ke atas sampel palitan darah nipis bagi mengenalpasti jenis-jenis parasit malaria, iaitu kaedah mikroskopik dan tanpa-mikroskopik. Namun, terdapat kelemahan pada kedua-dua kaedah ini seperti ia hanya boleh dijalankan oleh pakar mikrobiologi sahaja disebabkan oleh proses mentafsir dan menilai slaid palitan darah nipis secara tepat memerlukan kemahiran yang tinggi. Justeru, penggunaan sistem pintar berasaskan teknologi pemprosesan imej dan rangkaian neural dibina bagi mengklasifikasikan tiga jenis parasit malaria iaitu *Plasmodium falciparum* (PF), *Plasmodium malariae* (PM) dan *Plasmodium vivax* (PV). Pembangunan sistem pengklasifikasian ini terbahagi kepada tiga peringkat utama. Pada peringkat pertama, proses peruasan diimplemenkan ke atas imej palitan darah nipis yang terbahagi kepada dua fasa. Pada Fasa 1, peruasan tertumpu kepada peruasan sel darah merah (SDM) dan latar belakang imej dengan menggunakan gabungan teknik kaedah Otsu, pengisian lubang dan pengecutan artifak. Pada Fasa 2, algoritma pembentukan sel berasaskan jejari (RCF) direkabentuk, khusus bagi mengasingkan SDM bertindih kepada SDM tunggal yang terbukti mampu mengekalkan saiz dan bentuk setiap SDM tunggal yang dipisahkan. Kemudian, teknik pengambangan diaplikasikan bagi meruas imej kepada dua ruas iaitu parasit malaria dan SDM. Pada peringkat kedua, proses pengekstrakan ciri

dilaksanakan iaitu pengiraan saiz SDM dan penentuan bentuk parasit malaria menggunakan teknik momen Hu. 15 ciri telah berjaya diekstrak iaitu nisbah saiz SDM yang dijangkiti terhadap SDM normal, 7 ciri momen Hu berasaskan saiz dan 7 ciri momen Hu berasaskan perimeter. Pada peringkat terakhir, semua ciri tersebut digunakan sebagai data masukan kepada rangkaian neural MLP untuk tujuan proses pengklasifikasian. Dengan menggunakan rangkaian neural MLP yang dilatih menggunakan algoritma pembelajaran aturan *Bayesian*, prestasi sistem yang dibina adalah 99.68% pada fasa latihan dan 99.52% pada fasa ujian. Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa sistem yang dicadangkan berkeupayaan tinggi dan sesuai digunakan untuk pengklasifikasian jenis-jenis parasit malaria.

# AN INTELLIGENT CLASSIFICATION SYSTEM FOR MALARIAL PARASITES TYPES

## ABSTRACT

Malaria is caused by protozoan parasite of plasmodium genus. It commonly presented with fever, chills, muscle aches and headaches. Microscopic and non-microscopic methods are two common manual diagnosis methods, performed on thin blood smear samples to identify types of malaria parasites. However, both methods can only be performed by microbiologist, due to the highly required skills needed to interpret and evaluate slides of the blood smear images accurately. In order to overcome this dependency, an intelligent system based on image processing and neural network technology is developed to assist classification of three types of malaria parasite, namely *Plasmodium falciparum* (PF), *Plasmodium malariae* (PM) and *Plasmodium vivax* (PV). The proposed system consists of three stages. In the first stage, the segmentation is applied on thin blood smear images that are divided into two phases. In Phase 1, segmentation process will focus on segmentation of red blood cell (RBC) and background regions using combination of Otsu method, fill holes and artifact shrinkage. In Phase 2, the radius-based cell formation algorithm (RCF) is specifically designed to separate the overlapping RBC to single RBC that have been proven to maintain the size and shape of every separated single RBC. Thresholding technique is then implemented to segment the image into two regions, namely parasite malaria and RBC. In the second stage, feature extraction process is implemented using calculation of RBC's size and determination of malaria parasites using Hu moment techniques. 15 features have been successfully extracted, namely the ratio of the infected RBC to the normal RBC, 7 Hu moment features based on

size and 7 Hu moment features based on perimeter. At the final stage, these features are used as input data for the MLP neural network for classification process. By using the MLP neural network trained using *Bayesian* rule learning algorithm, the performance of the constructed system was 99.68% in the training phase and 99.52% in the testing phase. Thus, it can be concluded that the proposed system is capable and suitable to be used for the malaria parasites types' classification.



## BAB 1

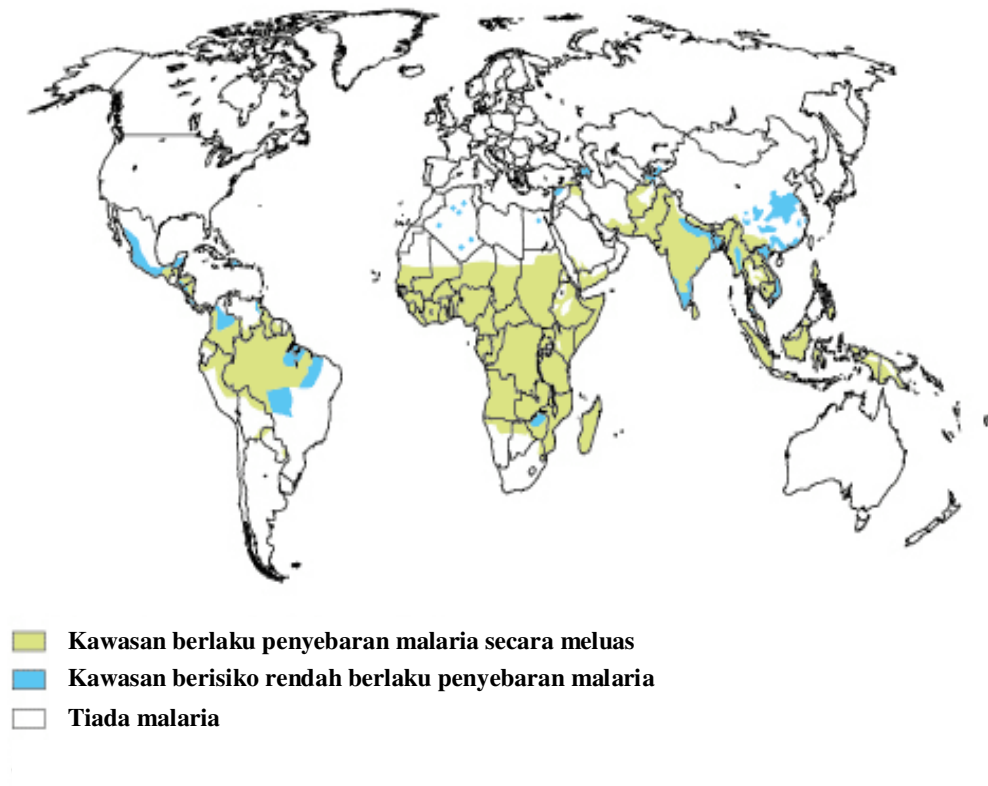
### PENGENALAN

#### 1.1 Pengenalan

Mikroorganisma adalah sejenis organisma sel tunggal yang sangat kecil dan sukar dilihat melalui mata kasar manusia. Oleh itu, penggunaan mikroskop adalah amat penting bagi memenuhi maksud tersebut. Organisma-organisma ini wujud dalam pelbagai bentuk seperti bakteria patogen, virus patogen, kulat dan protozoa. Walaupun sesetengah daripada mikroorganisma adalah komponen penting untuk hidupan alam, namun pada umumnya, banyak di antara mikroorganisma tersebut telah menyebabkan pelbagai penyakit berjangkit yang mempunyai impak negatif ke atas penduduk dunia. Terdapat beberapa contoh penyakit berjangkit yang telah merebak di seluruh dunia seperti bakteria patogen yang boleh menyebabkan penyakit seperti batuk kering, antraks dan demam panas, manakala virus patogen boleh menyebabkan penyakit seperti influenza, demam kuning dan sindrom kurang daya tahan penyakit (*acquired immune deficiency syndrome* (AIDS)). Terdapat juga kulat yang merupakan punca penyakit seperti kurap, kandidiasis dan histoplasmosis; dan protozoa pula boleh menyebabkan penyakit seperti toksoplasmosis, penyakit tidur dan malaria (Madigan *et al.*, 2006).

Malaria adalah sejenis penyakit berjangkit yang berlaku secara berleluasa pada lebih daripada 100 buah negara. 40% daripada penduduk dunia tinggal di kawasan yang berisiko tinggi jangkitan parasit malaria. Penyakit ini telah merebak

dengan meluas terutamanya di kawasan-kawasan tropika dan sub-tropika seperti sebahagian besar Amerika Tengah dan Selatan, Afrika, Timur Tengah, India, Asia Tenggara, dan Oceania seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.1 (World Health Organization (WHO), 2011). Di Malaysia, penyakit malaria adalah di antara penyakit yang paling merbahaya dan ia mampu merebak dengan mendadak. Kementerian Kesihatan Malaysia telah melakukan pelbagai langkah bagi menghapuskan sepenuhnya kes-kes malaria di negara ini menjelang 2020.



Rajah 1.1: Kawasan-kawasan yang berisiko terhadap wabak malaria (WHO, 2011)

## 1.2 Parasit Malaria

Wabak malaria adalah berpunca daripada parasit protozoa yang menyebabkan jangkitan kepada sel-sel darah merah (SDM) manusia. Parasit ini dipindahkan kepada manusia oleh sejenis vektor bawaan iaitu nyamuk Anopheles betina. Kebanyakan spesis nyamuk tersebut tinggal dalam kawasan tropika dan sub-tropika.

Terdapat empat jenis spesis parasit malaria yang menjangkiti manusia iaitu *Plasmodium falciparum* (PF), *Plasmodium malariae* (PM), *Plasmodium vivax* (PV), dan *Plasmodium ovale* (PO). Satu lagi spesis yang baharu dijumpai iaitu *Plasmodium knowlesi* (PK), juga dianggap sebagai parasit malaria yang menyerang manusia. Di antara lima spesis tersebut, PF adalah paling berbahaya kerana boleh menyebabkan malaria cerebral (Elizabeth *et al.*, 2005). Sehingga kini, kesan wabak parasit malaria spesis PF telah mencapai jumlah kematian yang paling tinggi, manakala empat spesis lain adalah kurang serius dan tidak mengancam nyawa secara mendadak (Bronner, 2009).

Akibat gigitan nyamuk Anopheles betina, parasit malaria akan mula bergerak ke dalam saluran darah manusia dan akan menyebabkan timbulnya simptom-simptom terhadap badan manusia. Di antara simptom-simptom itu adalah, seseorang itu akan mengalami demam, menggigil, sakit otot dan sakit kepala. Dalam keadaan tertentu, kesan simptom lain adalah muntah, cirit-birit, batuk, dan kekuningan pada putih mata dan kulit.

Rawatan terhadap penyakit malaria adalah bergantung mengikut kawasan geografi di mana seseorang itu dijangkiti penyakit tersebut. Hal ini kerana, kawasan-kawasan yang berlainan akan mempunyai ciri-ciri malaria dan ubat-ubatan yang berbeza. Beberapa jenis ubat-ubatan malaria hanya bertahan untuk jenis penyakit malaria yang tertentu sahaja. Oleh itu, dengan adanya satu sistem diagnosis, maka maklumat yang tepat tentang jenis-jenis parasit malaria dan ubat-ubatan akan dapat diberikan mengikut jenis-jenis parasit malaria yang didiagnosis. Di samping itu, sistem diagnosis ini berpotensi bagi menyelamatkan nyawa pesakit malaria dengan cepat tanpa berlaku kesalahan dalam memberikan sukatan ubat-ubatan kepada pesakit.

### **1.3 Limitasi Ujian Diagnosis Parasit Malaria**

Purata penduduk dunia yang dijangkiti malaria menunjukkan kadar pertumbuhan yang tidak menentu pada setiap tahun. Laporan Malaria 2010 yang dikeluarkan oleh Pertubuhan Kesihatan Sedunia (*World Health Organization* (WHO)) pula menunjukkan secara umumnya, bilangan kes malaria dari tahun 2000 hingga 2009 didapati berkurangan di setiap negara terlibat. Walau bagaimanapun, terdapat peningkatan di tiga buah negara Afrika iaitu Rwanda, Sao Tome dan Principe, dan Zambia yang belum diketahui puncanya. Oleh itu, langkah-langkah pencegahan yang berterusan dalam usaha melawan penyakit malaria adalah amat perlu.

Kaedah diagnosis dalam mengesan parasit malaria adalah amat penting supaya keputusan yang lebih tepat dapat diperolehi dan masa rawatan dapat dijimatkan. Bagi mendiagnosis parasit malaria, darah pesakit diambil bagi mengesan

parasit malaria atau kandungan antigen lain. Walau bagaimanapun, kaedah ini sukar kerana terdapat ciri-ciri yang perlu diambilkira dalam mendapatkan keputusan yang tepat. Ciri-ciri ini adalah seperti spesies malaria yang berlainan, jenis nyamuk yang berbeza mengikut kawasan atau negara, pelbagai peringkat jangkitan, pergerakan penduduk, simptom-simptom awal, dan imuniti (iaitu ketahanan badan) pesakit.

Proses mendiagnosis dilakukan dengan menggunakan sampel palitan darah nipis dan tebal daripada pesakit. Sampel palitan darah tebal pesakit digunakan bagi mendapatkan ketumpatan parasit malaria per mikro liter dari SDM, manakala, sampel palitan darah nipis digunakan bagi menentukan jenis spesies parasit malaria. Oleh itu, sampel palitan darah tebal adalah di luar skop penyelidikan ini.

Dua kaedah telah disediakan bagi melakukan ujian diagnosis ke atas sampel palitan darah nipis dan tebal, iaitu dikenali sebagai kaedah mikroskopik dan tanpa-mikroskopik. Ujian mikroskopik dilakukan dengan menggunakan kaedah pewarnaan giemsa. Kaedah pemerhatian visual terhadap parasit malaria secara langsung dibuat dengan menggunakan mikroskop. Ujian tanpa-mikroskopik pula dijalankan dengan menggunakan mikroskopi pendarflor nukleus parasit. Terdapat beberapa kaedah yang menggunakan mikroskop seperti kaedah palitan darah periferi dan ujian lapisan kelabu kuantitatif (*quantitative buffy coat* (QBC)). Bagi kaedah tanpa-mikroskopik, tindakbalas rantai polimerase (*polymerase chain reaction* (PCR)) dan ujian diagnosis cepat (*rapid diagnostic test* (RDTs)) digunakan (Kakkilaya, 2009).

Pemeriksaan mikroskopik secara langsung ke atas parasit malaria dengan menggunakan pewarnaan giemsa pada palitan darah telah dipraktikkan dalam makmal klinikal sejak seabad yang lalu. Ia juga telah menjadi kaedah piawai dalam kalangan para pakar mikrobiologi bagi mendiagnosis parasit malaria (Chansuda, 2007). Walau bagaimanapun, kaedah ini hanya boleh dijalankan oleh pakar mikrobiologi sahaja disebabkan oleh proses mentafsir dan menilai slaid palitan darah secara tepat memerlukan kemahiran yang tinggi. Pakar mikrobiologi berperanan untuk menganalisa setiap sampel imej yang diambil daripada pesakit bagi mengesan kewujudan SDM yang dijangkiti parasit malaria.

Lazimnya, terdapat beberapa kelemahan dalam proses diagnosis yang dilakukan secara manual oleh pakar mikrobiologi dengan menggunakan mikroskop. Kelemahan ini adalah perolehan keputusan yang kurang tepat dan tidak konsisten. Ini disebabkan oleh prosedur ujian mikroskopik mengambil masa yang lama untuk disiapkan kerana ia melibatkan jumlah sampel yang banyak. Mata manusia hanya mampu membaca tidak melebihi 20 slaid dalam tempoh sehari. Selebihnya, akan menyebabkan keletihan kepada mata manusia. Di samping itu, kehadiran bendasing pada setiap slaid akan mengganggu bacaan ujian dan boleh mengakibatkan berlakunya ralat. Ralat juga boleh berlaku sekiranya pengendali mikroskop tidak mendapat latihan yang secukupnya mengenai penyakit malaria. Kes begini pernah berlaku ke atas beberapa ujian analisis di kawasan pedalaman (Coleman *et al.*, 2002 dan Mitiku *et al.*, 2003).

Semasa memeriksa imej palitan darah nipis, kawasan latar belakang adalah komponen yang boleh menjejaskan ketepatan diagnosis. Kawasan ini perlu diabaikan semasa proses pengklasifikasian parasit malaria kerana ia mengandungi bendasing seperti artifak yang tidak diingini. Kehadiran bendasing-bendasing ini mampu mengganggu proses pengesanan. Malah, jika imej yang ditangkap berkontras rendah, proses pengasingan di antara kawasan SDM dan kawasan latar belakang secara visual akan menjadi agak sukar. Ini disebabkan oleh kontras kedua-dua kawasan tersebut sukar dibezakan.

Kaedah tanpa-mikroskopik pula mempunyai pendekatan diagnosis yang berbeza. Sebagai contoh, ujian RDTs telah dibangunkan dengan format yang berbeza iaitu mengambil kira faktor keselamatan dan penentuan keputusan yang cepat seperti menjalankan ujian mencelup stik, jalur, kad dan pad. Ujian-ujian ini dijalankan berdasarkan pengenalpastian antigen parasit atau antibodi anti-plasmodial atau produk metabolik parasit. Namun, ujian ini hanya terhad kepada beberapa aplikasi tertentu seperti proses pengesanan awal malaria (iaitu tanpa mengklasifikasikan jenis parasit malaria) dan pemeriksaan jangkitan yang berlaku semasa transfusi darah (Kakkilaya, 2009).

#### **1.4 Objektif Penyelidikan**

Matlamat utama penyelidikan ini adalah bagi membina satu sistem pengklasifikasian pintar untuk jenis parasit malaria. Sistem yang berdasarkan pemprosesan imej dan rangkaian neural dibina bagi mengklasifikasikan tiga jenis spesis parasit malaria di Malaysia iaitu PF, PM, dan PV.

Berdasarkan objektif utama tersebut, penyelidikan ini mengkhususkan lagi kepada tiga sub-objektif seperti berikut:

1. Bagi menyelidik dan mengenalpasti teknik-teknik perusakan dan pengekstrakan ciri SDM dan parasit malaria pada imej palitan darah nipis.
2. Bagi mencadangkan satu teknik pemisahan SDM bertindih yang baharu.
3. Bagi menyelidik dan mengenalpasti teknik-teknik pengklasifikasian pintar parasit malaria menggunakan rangkaian neural berdasarkan ciri-ciri SDM dan parasit malaria yang diekstrak.

### **1.5 Skop Penyelidikan**

Mikroskop imej digunakan dengan meluas secara klinikal bagi mendiagnosis pelbagai penyakit seperti kanser pangkal rahim, malaria, batuk kering (*tuberculosis* (Tb)) dan sebagainya. Walau bagaimanapun, pemeriksaan visual menjadi agak sukar jika imej mikroskopik mengandungi kesan kabur, hingar dan artifak yang tidak dikehendaki tatkala diambil. Dalam kajian ini, pemprosesan imej dan sistem pengklasifikasian akan dibangunkan dengan memberi tumpuan kepada penyelesaian masalah pemeriksaan visual imej mikroskopik parasit malaria.

Kajian ini mensasarkan kepada pembinaan sistem yang mampu mempertingkatkan kaedah pengklasifikasian konvensional yang sedia ada. Seperti yang dibentangkan pada Bahagian 1.3, kaedah konvensional mempunyai risiko yang boleh menyebabkan penghasilan keputusan diagnosis yang tidak tepat kerana



bergantung kepada manusia. Sistem pengklasifikasian yang akan dibina juga dipercayai dapat membantu ahli mikrobiologi untuk mempercepatkan proses diagnosis dan mendapatkan keputusan yang tepat tanpa gangguan kesan kabur, hingar dan artifak yang terdapat pada imej palitan darah nipis. Bagi memastikan keputusan pengklasifikasian yang lebih baik, semasa pengumpulan imej palitan darah nipis dilakukan, pengawalan cahaya mikroskop yang tepat dilakukan semasa proses penangkapan imej. Hal ini bagi memastikan imej yang berkualiti dan berkontras tinggi tanpa dipengaruhi kesan pencahayaan yang tidak sempurna dan imej yang kabur akan diperolehi. Dalam penyelidikan ini, penangkapan imej parasit malaria hanya tertumpu kepada penangkapan imej parasit malaria peringkat trophozoit.

Langkah seterusnya, teknik peruasan imej digunakan bagi meruas kawasan-kawasan tertentu dalam sesuatu imej. Ia juga bertujuan bagi mendapatkan bentuk perwakilan imej yang mudah difahami supaya penganalisan imej dapat dilaksanakan dengan lebih mudah. Teknik peruasan ini mempertimbangkan dua keadaan imej palitan darah nipis iaitu imej dengan SDM tunggal dan imej dengan SDM bertindih yang hanya untuk pertindihan dua SDM sahaja. Teknik pengekstrakan ciri imej juga akan diimplemenkan di dalam sistem ini bagi mendapatkan kadar pengklasifikasian yang baik. Kadar pengklasifikasian yang baik bergantung kepada pemilihan ciri-ciri imej yang sesuai (Rogers *et al.*, 1990). Bagi meningkatkan ketepatan pengklasifikasian, proses pengklasifikasian yang menggunakan rangkaian neural akan dibina.

Di Semenanjung Malaysia, hanya terdapat tiga jenis parasit malaria sahaja. Oleh itu, walaupun terdapat lima jenis parasit malaria secara keseluruhannya, sistem pengklasifikasian yang dibina dalam kajian ini hanya akan tertumpu kepada proses mengenalpasti dan mengklasifikasikan parasit malaria kepada tiga jenis sahaja iaitu PF, PM, dan PV.

Gabungan pelbagai teknik pemprosesan imej dan rangkaian neural dipercayai akan memberi penyelesaian alternatif yang lebih baik. Ia juga akan dapat membantu pakar mikrobiologi dalam melaksanakan diagnosis yang tepat dan cekap.

## **1.6 Garis Panduan Tesis**

Secara keseluruhannya, tesis ini mengandungi lima bab. Bab 1 adalah pengenalan yang menerangkan latar belakang penyakit malaria di kalangan penduduk dunia, terutamanya di Malaysia. Bab ini juga membincangkan tentang limitasi ujian diagnosis malaria, objektif penyelidikan, dan skop penyelidikan.

Bab 2 membincangkan kajian ilmiah secara terperinci. Di antaranya adalah penerangan mengenai parasit malaria termasuk vektor bawaan, jenis-jenis parasit malaria dan simptom-simptom malaria yang dikesan. Selain itu, konsep asas, kelebihan dan kekurangan sistem pengklasifikasian pintar terbantu komputer yang dibina dalam penyelidikan-penyelidikan yang lalu akan turut dibincangkan.

Bab 3 akan menerangkan secara mendalam tentang teknik-teknik yang digunakan dalam penyelidikan ini. Teknik yang dicadangkan dalam penyelidikan ini terbahagi kepada empat peringkat. Peringkat-peringkat tersebut adalah perolehan imej, peruasan imej, pengekstrakan ciri-ciri imej, dan pengklasifikasian jenis parasit malaria.

Bab 4 akan membentangkan keputusan yang diperolehi daripada hasil penyelidikan yang telah dijalankan. Keputusan yang didapati daripada setiap peringkat proses analisis imej yang dilaksanakan akan dibentang dan dibincangkan dengan terperinci dalam bab ini.

Akhir sekali, Bab 5 akan membuat kesimpulan berkenaan penyelidikan yang dijalankan. Selain itu, cadangan untuk penyelidikan selanjutnya pada masa hadapan akan turut diberikan di akhir bab ini.

## BAB 2

### KAJIAN ILMIAH

#### 2.1 Pengenalan

Gejala penyakit malaria kebanyakannya berlaku di kawasan-kawasan tropika dan sub-tropika. Penyakit ini berpotensi mengancam nyawa, disebabkan jangkitan plasmodium protozoa yang dibawa oleh vektor berjangkit nyamuk Anopheles betina. Secara klinikalnya, pesakit malaria mempunyai beberapa tanda penyakit atau simptom seperti demam, sakit kepala, dan pembengkakan hati. Penyakit malaria disahkan secara visual oleh pakar mikrobiologi dengan menggunakan mikroskop cahaya. Walau bagaimanapun, pemeriksaan visual boleh menjadi sukar sekiranya imej yang ditangkap dengan menggunakan mikroskop dipengaruhi oleh kesan kabur (semasa proses menangkap), kehadiran bendasing, dan artifak-artifak yang tidak diingini. Tambahan pula, maklumat-maklumat diagnosis yang dihasilkan berasaskan interaksi manusia adalah subjektif dan kadang-kadang terdedah kepada kesilapan (Yang *et al.*, 2005 dan Mao *et al.*, 2006). Oleh itu, pelbagai usaha telah dijalankan bagi memperbaiki kelemahan dan meningkatkan sistem diagnosis secara konvensional oleh pakar mikrobiologi dengan menggunakan bantuan analisis sistem terbantu komputer (Nicholas *et al.*, 2006).

Bahagian kedua (Bahagian 2.2) dalam bab ini akan dimulakan dengan perbincangan berkenaan parasit malaria. Pengenalan tentang jangkitan parasit

malaria seperti vektor bawaan parasit malaria, simptom-simptom jangkitan parasit malaria, jenis-jenis parasit malaria, ciri-ciri parasit malaria, serta proses dan jenis diagnosis yang dilakukan secara klinikal oleh pakar mikrobiologi akan dibentangkan. Pada Bahagian 2.3, penyelidikan berkaitan sistem pengklasifikasian pintar imej akan diterangkan. Penerangan tentang kaedah pra-pemprosesan imej, pengekstrakan ciri, dan pengklasifikasian parasit malaria akan dimuatkan dalam bahagian ini. Aplikasi sistem pengklasifikasian parasit malaria melalui sistem terbantu komputer dalam dunia perubatan pula akan dibincangkan dalam bahagian terakhir bab ini, iaitu Bahagian 2.4.

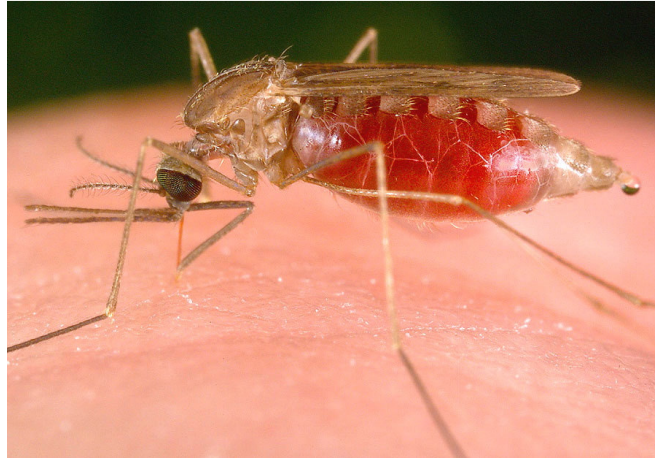
## **2.2 Parasit Malaria**

Malaria adalah sejenis penyakit yang bersifat akut (mendadak) dan kronik yang boleh mengancam kesihatan penduduk di seluruh dunia. Penyakit ini menjadi masalah yang besar dan utama kepada kebanyakan negara tropika dan sub-tropika (Cheesbrough, 1987). Menurut Pertubuhan Kesihatan Dunia (WHO) 2010, dianggarkan bahawa penyakit malaria telah menyebabkan kira-kira 781,000 kes kematian di seluruh dunia pada tahun 2009, menurun daripada anggaran 985,000 kes kematian pada tahun 2000 (World Malaria Report, 2010). Di Malaysia, penyakit malaria dianggarkan telah berkurangan hampir setiap tahun, iaitu dari 29 kes bagi setiap 10,000 orang pada tahun 1990 kepada 12.3 kes pada tahun 1997 dan seterusnya kepada hanya 2.5 kes pada tahun 2009 (Kementerian Kesihatan Malaysia, 2011). Walaupun laporan ini telah menunjukkan pengurangan kepada penyakit malaria di Malaysia, namun masih terdapat pelbagai usaha yang perlu dilakukan, sebagai sasaran bagi menghapuskan keseluruhan kes-kes malaria di negara ini menjelang tahun 2020.

### 2.2.1 Vektor Bawaan Parasit Malaria

Vektor adalah organisma hidup seperti serangga atau binatang-binatang mikroskopik yang menyebarkan pelbagai penyakit kepada manusia dan sumber-sumber alam yang lain (Last & James, 2001 dan Roberts *et al.*, 2008). Seperti penyakit berjangkit bawaan vektor yang lain, malaria berpunca daripada parasit protozoa genus plasmodium (Butler *et al.*, 1997). Di antara parasit plasmodium yang dikatakan menjadi penyebab kepada penyakit malaria dalam tubuh manusia adalah terdiri daripada empat spesis iaitu; *Plasmodium falciparum* (PF), *Plasmodium vivax* (PV), *Plasmodium malariae* (PM), dan *Plasmodium ovale* (PO). Satu lagi plasmodium yang baharu dijumpai iaitu *Plasmodium knowlesi* (PK) juga turut mampu menjangkiti manusia (Fong *et al.*, 1971; Singh *et al.*, 2004 dan Jongwutiwes *et al.*, 2004). Kumpulan patogenik menyatakan bahawa spesis plasmodium ini dirujuk sebagai parasit malaria.

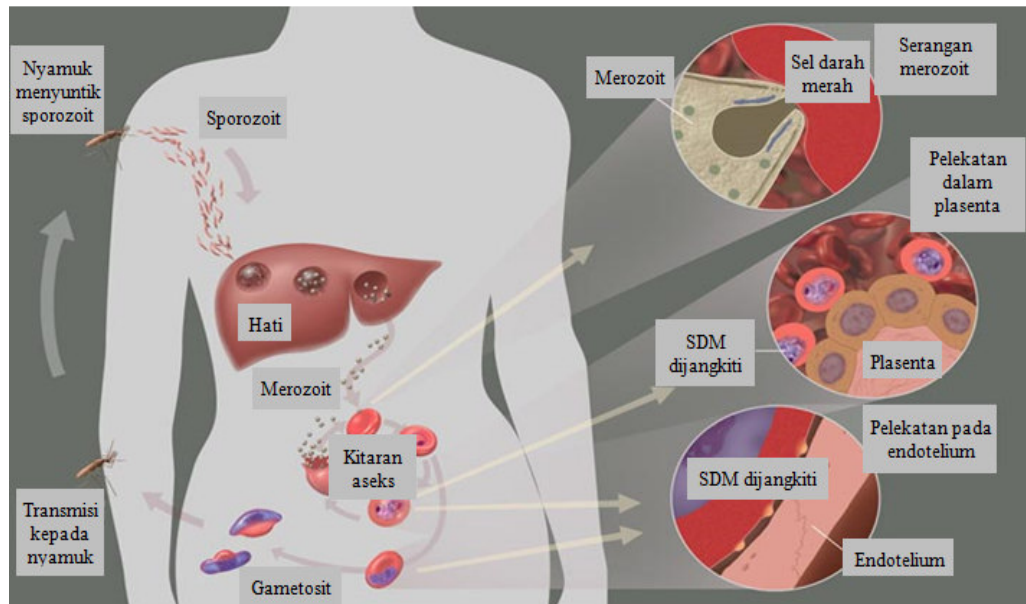
Seperti yang telah dinyatakan dalam Bab 1 pada Bahagian 1.2, parasit malaria disebarkan oleh vektor bawaan nyamuk Anopheles betina (nyamuk tiruk). Nyamuk Anopheles betina biasanya hidup di kawasan tropika dan sub-tropika. Spesis ini tidak dapat membiak pada keadaan suhu yang sangat rendah iaitu di dataran tinggi melebihi dari 1600 meter dari permukaan laut (Cheesbrough, 1987). Nyamuk Anopheles betina akan mencari makanan (iaitu dengan menghisap darah manusia) pada waktu senja (petang), dan akan berterusan sepanjang malam (Ito *et al.*, 2002). Rajah 2.1 menunjukkan nyamuk jenis Anopheles betina yang sedang menghisap darah manusia.



Rajah 2.1: Nyamuk Anopheles betina (Anopheles\_mosquito, 2012)

Pada umumnya, parasit malaria memerlukan dua hos untuk kitaran hidupnya, iaitu nyamuk Anopheles betina dan manusia. Nyamuk adalah hos tetap bagi parasit ini kerana parasit ini melakukan pembiakan seks dalam badan nyamuk. Manakala manusia adalah hos perantaraan kerana parasit ini melakukan pembiakan aseks (iaitu membiak tanpa melibatkan penyatuan gamet jantan dan gamet betina) dalam tubuh manusia (Talman *et al.*, 2004). Parasit malaria merebak ke dalam tubuh manusia melalui gigitan nyamuk Anopheles betina yang telah dijangkiti parasit plasmodium (sporozoit). Kemudian, sporozoit akan membiak dalam sel-sel hati bagi membentuk merozoit. Merozoit yang matang akan dikeluarkan daripada sel-sel hati dan akan mula bergerak melalui salur darah manusia dan terus menyerang eritrosit atau sel **darah merah** (SDM). Di dalam SDM ini, merozoit akan berkembang menjadi matang. SDM yang mengandungi merozoit akan pecah apabila merozoit telah matang dan akan menyerang SDM yang lain dengan membebaskan lebih banyak merozoit (Bledsoe, 2005). Seterusnya, kitaran merozoit ini akan berulang sehingga mengakibatkan pesakit mengalami demam sejuk panas. Terdapat sesetengah merozoit yang akan membentuk gametosit. Pada peringkat ini, gametosit akan

dihisap semula oleh nyamuk *Anopheles* betina dan akan membentuk zigot di dalam perut nyamuk. Zigot akan membentuk sporozoit yang kemudiannya akan berpindah ke kelenjar liur nyamuk dan bersedia untuk menjangkiti manusia lain (Rahman, 2011). Kitaran hayat parasit malaria dalam badan manusia ditunjukkan dalam Rajah 2.2.



Rajah 2.2: Kitaran hayat parasit malaria dalam badan manusia (TimVickers, 2006)

Untuk mengurangkan penyebaran penyakit malaria, tiga jenis kawalan perlu dilakukan. Kawalan pertama adalah dengan mengambil vaksin tertentu bagi mempertahankan diri sebelum dijangkiti malaria (Nussenzweig *et al.*, 1967 dan Färnert *et al.*, 2009). Kedua, kawalan vektor seperti melakukan penyemburan racun serangga dalam rumah dan mengelakkan nyamuk bertelur dengan mengeringkan kawasan air bertakung (Centers for Disease Control and Prevention, 2011). Ketiga, kawalan peribadi seperti menghalang gigitan nyamuk melalui kelambu nyamuk dan menggunakan bahan semburan penghalang serangga (Bachou *et al.*, 2006).

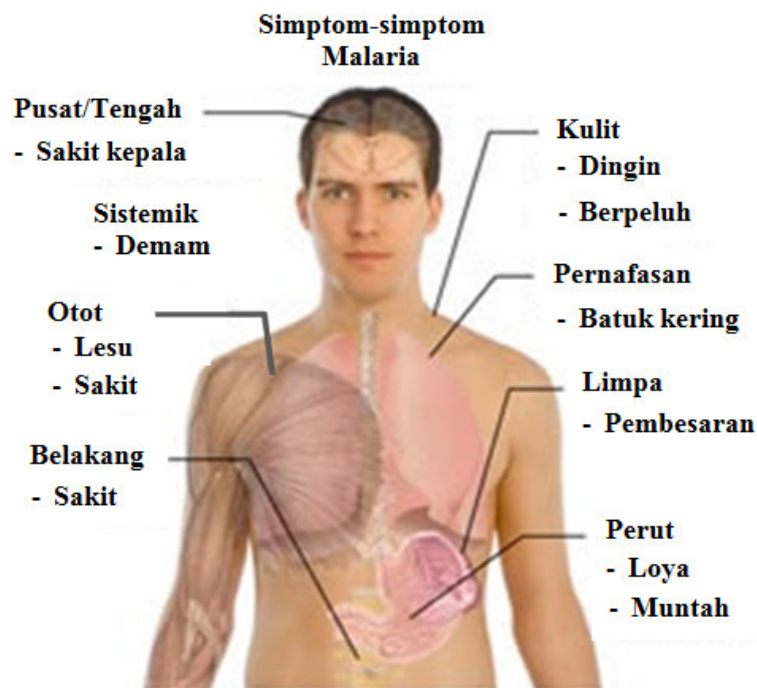


### **2.2.2 Simptom-simpptom Jangkitan Parasit Malaria**

Wabak malaria telah mengganggu ketenteraman dunia dan manusia sejagat berabad lamanya. Apabila seseorang itu mendapat penyakit malaria, simptom-simpptom yang melibatkan gangguan pada SDM di dalam badan pesakit akan berlaku. Pada peringkat awalnya, SDM di dalam badan manusia yang dijangkiti mulai pecah dan menyebabkan gandaan parasit bertambah dengan lebih cepat di dalam badan (Bledsoe, 2005). Pada masa ini, sistem pertahanan badan mula menyedari akan masalah yang berlaku di dalam badan dan mula bertindak dengan menghasilkan sel-sel imuniti bagi membunuh parasit malaria. Pesakit akan mula mendapat simptom-simpptom seperti demam malaria iaitu demam sejuk panas yang berlanjutan antara 4 hingga 10 jam, sakit kepala, sakit sendi-sendi dan tulang (Idro *et al.*, 2005).

Walaupun sistem imuniti badan telah bertindak untuk membunuh parasit malaria di dalam badan, namun masih banyak lagi parasit malaria yang berkemungkinan bersembunyi di dalam sel-sel badan untuk membiak. Pada waktu ini, sistem imuniti badan sudah tidak berfungsi lagi dan akan menyebabkan demam malaria untuk seketika. Tetapi, apabila parasit malaria berada di luar sel-sel badan, ia akan dibunuh oleh sistem imuniti badan yang berada di luar sel-sel. Pada waktu ini, pesakit akan berasa sihat sedikit dan demam berkurangan untuk seketika. Proses ini akan berulang dan berterusan. Apabila banyak SDM dan hati dimusnahkan oleh parasit ini, sistem imuniti badan sudah tidak mampu melawan parasit malaria dan seterusnya akan menyebabkan koma, dan akhirnya mati akibat anemia (iaitu kekurangan SDM) (Elizabeth *et al.*, 2005).

Selain itu, pemecahan SDM yang terlalu banyak juga akan menyebabkan simptom kencing berdarah. Simptom ini disebabkan hemoglobin yang terbebas masuk ke salur uretra dan dikumuhkan bersama air kencing (Trampuz *et al.*, 2003). Pendarahan otak juga adalah salah satu gejala yang akan dihadapi oleh pesakit malaria. Secara biologi, darah akan sentiasa dibekalkan ke otak melalui salur darah yang sempit supaya organ ini mendapat bekalan oksigen yang cukup bagi menjalankan aktiviti-aktiviti yang dilakukan oleh tubuh manusia. Jangkitan SDM daripada parasit malaria terutama sekali PF akan menyebabkan SDM menjadi melekit dan bergumpal. Keadaan ini akan menyebabkan salur darah ke otak akan tersumbat dan boleh mengakibatkan salur darah pecah. Maka, pendarahan akan berlaku di otak dan kemudian pesakit akan koma sehingga menyebabkan kematian (Davis, 2011). Rajah 2.3 menunjukkan simptom-simptom penyakit malaria yang menjangkiti setiap organ dalam tubuh badan manusia.



Rajah 2.3: Simptom-simptom penyakit malaria dalam badan manusia (WebMD, 2011)

Simptom-simptom penyakit malaria pada badan pesakit mampu berulang selepas berbulan atau bertahun selepas rawatan awal dibuat. Hal ini disebabkan oleh kehadiran parasit malaria yang berada di dalam hati yang tidak dapat dikesan secara klinikal (Mockenhaupt *et al.*, 2004). Bagi kes begini, rawatan awal kebiasaannya akan menunjukkan pesakit telah sembuh sepenuhnya dengan mengelirukan pesakit bahawa parasit malaria pada salur darah telah pupus, namun masih wujud di dalam hati. Tempoh pengeraman parasit malaria yang paling lama di dalam badan pesakit dilaporkan bagi jangkitan PV adalah 30 tahun (Trampuz *et al.*, 2003).

Pengawalan simptom-simptom malaria melalui rawatan dan pengurusan ke atas jangkitan penyakit malaria dilakukan dengan menggunakan dadah antimalaria (Wyler, 1983 dan Ollaria *et al.*, 1996). Kulit kayu pokok kuinin adalah rawatan yang paling berkesan bagi mengubati penyakit malaria (Peters *et al.*, 1986). Bahan kimia alkaloid yang terkandung pada kulit kayu pokok kuinin sangat berkesan bagi membunuh parasit malaria yang berada di dalam SDM tetapi ia tidak dapat mengubati seseorang pesakit malaria sepenuhnya (Bjorkman & Philips-Howard, 1990). Hasil daripada penemuan pokok ini, beberapa jenis vaksin anti-malaria sintetik telah dicipta seperti klorokuinin, parakuinin, vaksin Spt 66 dan vaksin SB (*Smithkline Beecham*) (White, 1992). Walau bagaimanapun, masih terdapat kelemahan daripada hasil ciptaan vaksin ini seperti ia telah memberi keupayaan kepada parasit malaria PF untuk terus hidup atau berganda walaupun vaksin yang diberi adalah sama atau lebih tinggi daripada yang telah ditetapkan oleh doktor. Keadaan ini berlaku disebabkan oleh parasit malaria yang hidup di kawasan (iaitu negara) yang berbeza mempengaruhi dos ubat yang perlu diberikan (Peters *et al.*, 1986).

### 2.2.3 Jenis-jenis Parasit Malaria

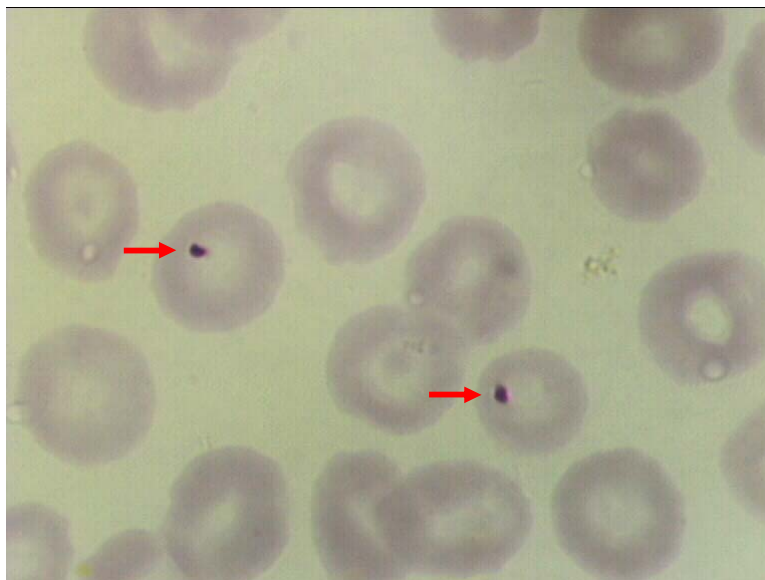
Terdapat 156 spesis plasmodium yang menjangkiti pelbagai spesis vertebrata. Plasmodium merupakan jenis genus protis parasit protozoa (Butler *et al.*, 1997). Empat spesis yang dianggap sebagai parasit yang menyerang manusia, dikenali sebagai parasit malaria adalah PF, PV, PM dan PO. PK yang baharu dijumpai juga dianggap sebagai parasit malaria yang mampu menyerang manusia (Escalante & Ayala, 1994). Parasit malaria ini menggunakan manusia hampir secara eksklusif sebagai hos perantaraan untuk mereka membiak dan menggunakan nyamuk Anopheles betina sebagai vektor bawaan parasit malaria dari genus plasmodium ini masuk ke dalam badan manusia (Elizabeth *et al.*, 2005).

#### 2.2.3(a) Parasit Malaria Jenis *Plasmodium falciparum*

*Plasmodium falciparum* (PF) adalah salah satu daripada lima spesis parasit malaria yang paling bahaya yang mengancam manusia. Ia juga dikenali sebagai “Malaria Tertiana Maligna” (Perlmann & Troye-Blomberg, 2000). Hampir 95% kematian daripada kes-kes malaria berpunca daripada PF. Wabak malaria daripada genus ini didapati di seluruh dunia tetapi negara-negara yang terjejas teruk akibat wabak ini ialah wilayah tropika di China, India, Asia Tenggara, Amerika Tengah, dan Sub-Sahara Afrika (Mbogo *et al.*, 2003).

Antara ciri-ciri awal jangkitan PF yang terdapat pada SDM yang dijangkiti ini ialah, pada kebiasaannya ia bersaiz hampir sama dengan SDM normal (tidak dijangkiti) dan peringkat ini dikenali sebagai tropozoit. Pada peringkat ini, parasit

kelihatan berbentuk bulat kromatin atau separuh cecincin atau cecincin, yang mempunyai sitoplasma dan satu atau dua titik kromatin kecil masing-masing berwarna ungu gelap. Parasit ini juga dijumpai di pinggir SDM dan dikenali sebagai akole. Sebahagian daripada SDM yang dijangkiti ini mungkin mempunyai permukaan yang tidak licin atau bergerigi (Isa, 2000). Peringkat trophozoit ini akan membiak dan SDM yang dijangkiti mula berkembang menjadi tidak sekata dan menjadi lebih besar daripada SDM normal. Selain itu, parasit malaria PF ini akan melalui peringkat skizon. Peringkat ini jarang ditemui di dalam salur darah periferi. Skizon yang matang akan berkembang menjadi 8 hingga 32 merozoit (dengan purata 20) tersusun mengelilingi suatu kelompok pigmen yang berwarna hitam kekuningan (Cowman & Crabb, 2006). Peringkat gametosit yang membentuk seperti bulan sabit atau pisang juga ditemui di SDM. Pinggir merah akan kelihatan di sekeliling parasit malaria akibat tarikan membran SDM oleh gametosit yang memanjang. Rajah 2.4 menunjukkan contoh imej palitan darah nipis yang dijangkiti PF. Lokasi parasit malaria PF ditandakan oleh anak panah merah.

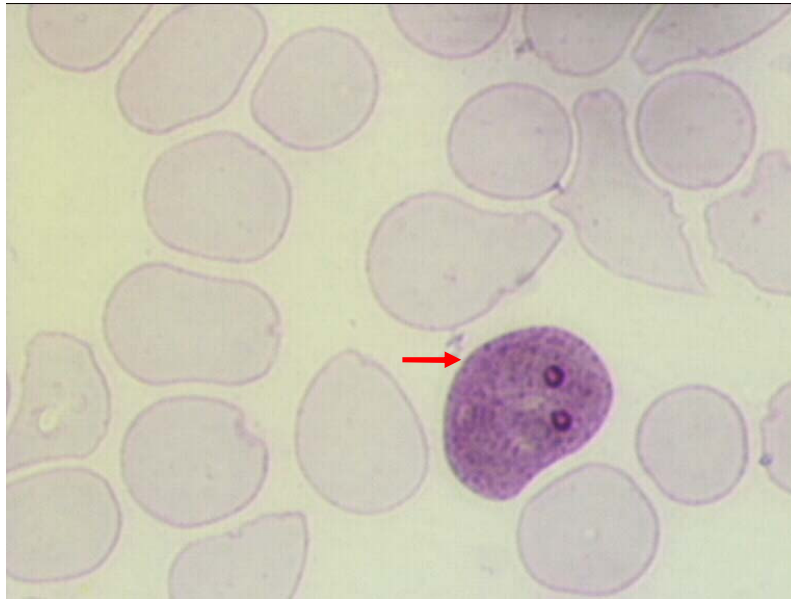


Rajah 2.4: Palitan darah nipis yang mengandungi parasit malaria PF

### 2.2.3(b) Parasit Malaria Jenis *Plasmodium vivax*

*Plasmodium vivax* (PV) adalah spesies parasit protozoa yang dikenali juga sebagai “Malaria Tertiana Benigna” atau disebut sebagai malaria tertian. Ia paling kerap menjangkiti manusia tetapi kurang bahaya daripada PF dan jarang membawa maut. Wabak ini kerap dijumpai di Asia Tenggara, Amerika Latin, dan di beberapa bahagian Afrika (Lindsay & Hutchinson, 2006).

Pada peringkat awal yang dikenali sebagai tropozoit, SDM yang dijangkiti PV adalah berbentuk amoeboid dan bersaiz satu setengah kali ganda hingga dua kali ganda berbanding saiz SDM normal. Parasit malaria PV pada SDM ini mengandungi titik kromatin yang berwarna ungu gelap. Di dalam sitoplasma SDM yang dijangkiti ini pula, terdapat bintik *Schuffner* yang berwarna merah bata, halus dan dalam jumlah yang banyak sehingga memenuhi ruang SDM (Isa, 2000). Peringkat skizon dan gametosit bagi PV juga boleh didapati di dalam SDM. Peringkat skizon di dalam PV mempunyai sitoplasma yang tersebar rata di dalam SDM yang dijangkiti dan titik kromatin akan terbahagi kepada lebih daripada satu. Skizon yang matang mengandungi 12 hingga 24 merozoit (dengan purata 16) mengelilingi pigmen (Jane *et al.*, 2008). Peringkat gametosit pula adalah berbentuk bulat atau bujur iaitu sitoplasma parasit hampir memenuhi SDM dan kromatin berada pada bahagian tengah atau pinggir sitoplasma (Enden, 2008). Rajah 2.5 menunjukkan imej palitan darah nipis yang mengandungi PV dan ditunjukkan oleh anak panah merah.



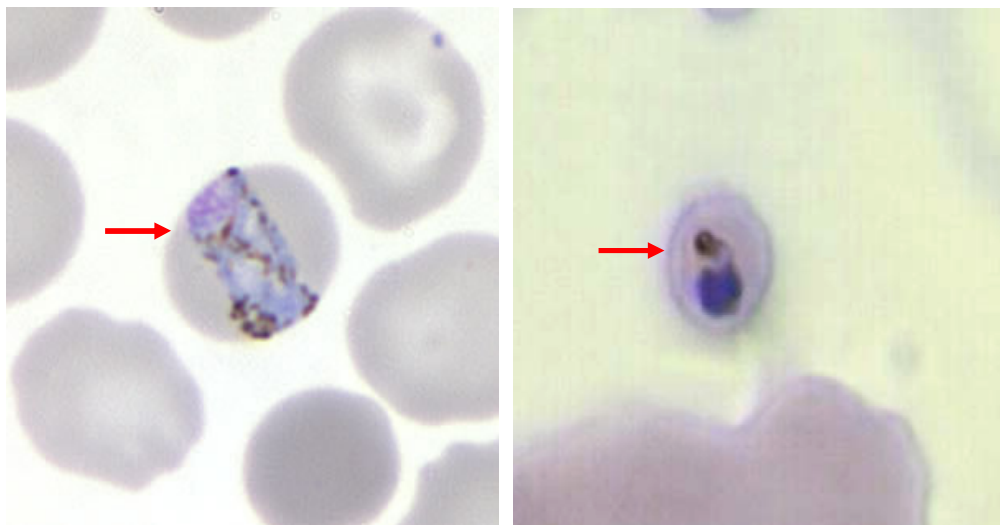
Rajah 2.5: Palitan darah nipis yang mengandungi parasit malaria PV

### 2.2.3(c) Parasit Malaria Jenis *Plasmodium malariae*

*Plasmodium malariae* (PM) yang juga dikenali sebagai “Malaria Quartana” adalah kurang berbahaya berbanding PF dan PV yang dikatakan boleh mengancam nyawa. PM akan menyebabkan demam yang berulang pada setiap 72 jam (Collins & Jeffery, 2007). Pada kelazimannya, PM berada pada kedudukan ketiga di antara spesis-spesis parasit malaria yang lain dan ianya kurang dikaji kerana ia tidak mengancam nyawa manusia yang dijangkiti. Parasit malaria ini sering ditemui di kawasan tropika dan sub-tropika Amerika Tengah dan Selatan, Afrika, dan Asia Tenggara (Westling *et al.*, 1997).

Secara mikroskopiknya, SDM yang dijangkiti PM pada peringkat tropozoit tidak membesar dan mungkin bersaiz lebih kecil daripada SDM normal. Parasit ini akan menunjukkan bentuk seakan-akan pita (*band form*) yang merentasi lebar sel

yang dijangkiti atau berbentuk seperti bakul yang mempunyai sitoplasma yang agak tebal. Pigmen pada parasit yang berbentuk pita ini berwarna hitam dan agak kasar manakala parasit yang berbentuk seperti bakul berwarna merah seakan-akan ungu (Isa, 2000). Peringkat skizon akan terjadi apabila nukleus terbelah menjadi 6 hingga 12 merozoit dalam masa 72 jam dan susunan merozoit ini akan membentuk seperti bunga (*roset*) (Bruce *et al.*, 2007). Selain daripada itu, peringkat gametosit juga berkemungkinan berkembang di dalam organ dalaman. Bentuk matangnya jarang ditemui dalam salur darah periferi. Ia berkembang sangat perlahan untuk menjadi sporozoit yang infektif (Collins & Jeffery, 2007). Rajah 2.6 (a) dan (b) masing-masing menunjukkan imej-imej palitan darah nipis yang mengandungi PM berbentuk pita dan bakul. Anak panah merah masing-masing menunjukkan lokasi parasit malaria PM.



(a)

(b)

Rajah 2.6: Palitan darah nipis yang mengandungi parasit malaria PM berbentuk (a) Pita (b) Bakul