

Sistem Saringan Penyakit Pterigium untuk Imej Mata Terangkum Hadapan

(A Pterygium Disease Screening System for Anterior Segment Photographed Images)

Siti Nur Aishah Ahmad, Wan Mimi Diyana Wan Zaki* & Nurul Syahira M Zamani
Department of Electrical, Electronics and System Engineering, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia
*Corresponding author: wmdiyana@ukm.edu.my

Received 2 December 2017, Received in revised form 26 July 2018
Accepted 28 January 2019, Available online 30 April 2019

ABSTRACT

Pterygium is an eye disease occurs when an overgrowth tissue encroaches into a cornea region of the eye. It commonly affects people who live near-equatorial areas such as Malaysia and being exposed to a condition with excessive wind, ultraviolet radiation or dust. One of the conventional ways of pterygium detection is a manual screening approach by ophthalmologists. Pterygium is diagnosed after a physical examination of the eyes is conducted. The eye images are photographed to monitor the growth of the pterygium tissues. If necessary, specialized diagnostic tests may be done, particularly when the pterygium extends onto the cornea regions. For instance, a corneal topography will be used to map the surface of the cornea to detect any distortions that may arise with a larger pterygium tissues growth. To the best of our knowledge, there are limited numbers of studies that applied digital image processing (DIP) approach to early detect this ocular disease using anterior segment photographed images (ASPIs). Hence, this project proposes an algorithm to identify pterygium disease using ASPIs obtained from four different databases that are UBIRIS, MILES, RAFAEL, and QPEI. The proposed screening system consists of 4 main modules namely ASPIs data collection, cornea segmentation, feature extraction and pterygium detection modules. By calculating the ratio of radius in the cornea segmented regions and using a threshold value of 1.00, the pterygium detection results give 90.60% True Positive (TP), 77.24% True Negative (TN), 22.76% False Positive (FP) and 9.40% False Negative (FN).

Keywords: Pterygium; Cornea; Digital Image Processing; Anterior Segment Photographed Image (Aspis); Screening System

ABSTRAK

Pterigium merupakan penyakit berkaitan mata yang melibatkan penumbuhan tisu menyelaputi kawasan kornea mata. Hal ini kebiasaannya menjejaskan individu yang menetap di kawasan Khatulistiwa seperti Malaysia dan terdedah kepada keadaan angin, radiasi ultraviolet atau debu yang berlebihan. Salah satu cara pengesanan pterigium secara konvensional adalah melalui kaedah saringan manual oleh pakar oftalmologi. Pterigium didiagnos selepas pemeriksaan fizikal mata dilakukan. Gambar mata diambil bagi tujuan memantau pertumbuhan tisu pterigium. Sekiranya perlu, ujian diagnostik khusus akan dilakukan terutamanya apabila pterigium menyelaputi kawasan kornea mata. Contohnya, topografi kornea akan digunakan untuk menandakan permukaan kornea bagi mengesan sebarang gangguan yang mungkin timbul seperti penumbuhan tisu pterigium yang semakin membesar. Pada pengetahuan kami, hanya sedikit sahaja penyelidikan yang melibatkan kaedah pemprosesan imej digital (PID) untuk mengesan penyakit berkaitan mata pada peringkat awal menggunakan imej mata terangkum hadapan (IMTH). Oleh itu, projek ini mencadangkan algoritma untuk mengesan penyakit pterigium menggunakan IMTH yang didapati daripada empat pangkalan data yang berbeza iaitu UBIRIS, MILES, RAFAEL dan QPEI. Sistem saringan yang dicadangkan terdiri daripada empat modul utama iaitu modul-modul pengumpulan data IMTH, peruasan kornea, penyarian fitur dan pengesanan pterigium. Melalui pengiraan nisbah jejari pada kawasan peruasan kornea menggunakan nilai ambang 1.00, keputusan pengesanan pterigium yang diperolehi adalah 90.60% Positif Benar (PB), 77.24% Negatif Benar (NB), 22.76% Positif Palsu (PP) dan 9.40% Negatif Palsu (NP).

Kata kunci: Pterigium; Kornea; Pemprosesan Imej Digital; Imej Mata Terangkum Hadapan (Imth); Sistem Penyaringan

PENGENALAN

Mata adalah organ dari sistem visual yang memberi tindakbalas terhadap cahaya. Jika diteliti dengan lebih

mendalam, terdapat banyak struktur di bahagian dalam mata yang sangat unik dan kompleks. Setiap struktur mata dari bahagian kornea pada lapisan paling hadapan mata sehinggalah ke bahagian retina yang berada paling belakang

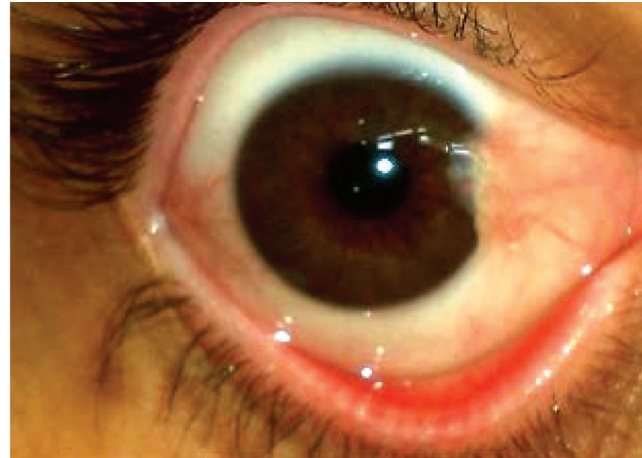
mata, setiap satunya memiliki fungsi yang tersendiri bagi mekanisma penglihatan dan pembentukan imej pada retina. Organ mata juga terdedah kepada pelbagai jenis penyakit okular. Istilah 'penyakit okular' atau penyakit mata mempunyai definisi yang sangat luas iaitu segala gangguan atau penyakit yang membuatkan mata kita tidak selesa dan kadang-kala terasa sakit. Antara contoh penyakit mata ialah pterigium, konjunktivitis, katarak dan glaukoma. Penyakit ini boleh terjadi kepada sesiapa sahaja tanpa mengira jantina mahupun usia. Antara faktor yang mengakibatkan penyakit mata adalah seperti faktor keturunan, usia, masalah kesihatan serta mata terdedah kepada sinaran matahari dalam tempoh yang sangat lama (Gazzard et al. 2012).

Pemeriksaan mata adalah amat penting sebagai pencegahan bagi mengelakkan penyakit mata yang kritikal. Pemeriksaan mata sebaiknya dilakukan pada dua tahun sekali. Namun, masyarakat memandang mudah akan perkara sebegini. Kekurangan waktu terluang mengakibatkan individu berkeberatan untuk berjumpa pakar mata bagi menjalani pemeriksaan mata. Ironinya, sekiranya penyakit mata tidak didiagnos awal, penyakit tersebut akan berlarutan dan menyebabkan kos pembiayaan untuk mengubati penyakit tersebut akan menjadi semakin tinggi. Secara amnya, pemeriksaan mata dijalankan dengan menguji tahap kemampuan individu melihat objek seperti huruf dan nombor pada kadar jarak tertentu. Ia dilakukan menggunakan peralatan khas dan juga alatan berteknologi tinggi untuk memeriksa keadaan mata subjek.

Bagi penyakit okular seperti pterigium, cara konvensional pengesanan pterigium adalah melalui saringan oleh pakar oftalmologi. Pterigium adalah pertumbuhan tisu di dalam mata yang berwarna kemerahan atau kekuningan (Abdani et al. 2015b) yang berbentuk segi tiga (Timothy et al. 1999) seperti yang ditunjukkan pada Rajah 1. Pterigium didiagnos selepas pemeriksaan fizikal mata. Gambar mata akan diambil bagi tujuan memantau perkembangan pertumbuhan tisu tersebut. Sekiranya perlu, ujian diagnostik khusus akan dilakukan terutamanya apabila pterigium menyelaputi kawasan kornea mata. Topografi kornea digunakan untuk menandakan permukaan kornea bagi mengesan sebarang gangguan yang mungkin timbul seperti penumbuhan pterigium yang semakin membesar.

Pendekatan ini diambil sekiranya individu tersebut mempunyai kesedaran untuk membuat pemeriksaan mata. Oleh itu, satu pendekatan yang lebih efektif perlu dijalankan bagi mengesan masalah pterigium dengan lebih awal. Terdapat kajian yang menggunakan pendekatan teknik pemprosesan imej bagi mendiagnos pterigium. Teknik pemprosesan imej adalah satu kaedah mengesan penyakit mata secara automatik yang memudahkan pakar oftalmologi untuk tujuan diagnosis. Imej mata terangkum hadapan (IMTH) iaitu imej dari sudut hadapan mata subjek diambil bagi tujuan diagnosis. IMTH diambil menggunakan gajet-gajet digital seperti telefon pintar dan kamera digital bagi tujuan segmentasi. Segmentasi bertujuan untuk mengekstrak kawasan berkepentingan (ROI) iaitu kornea mata. Namun, terdapat beberapa kekangan yang menyebabkan keputusan segmentasi tidak tepat pada IMTH

iaitu pencahayaan tidak sekata, gangguan bahagian kelopak mata dan bulu mata, pandangan mata tidak tetap semasa proses mengambil gambar mata serta variasi saiz dan warna iris (Abdani et al. 2015b).



Sumber: Pangkalan data RAFAEL

RAJAH 1. Pterigium

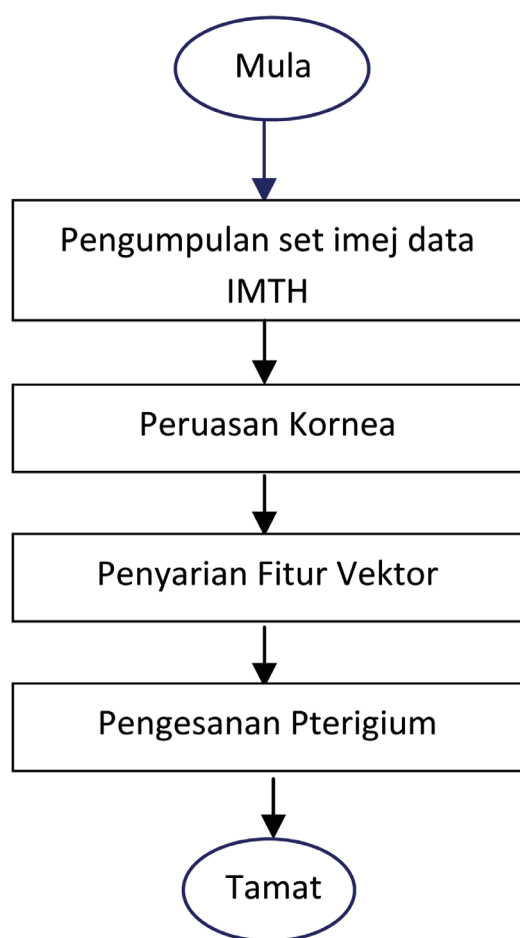
Kajian ini akan memfokuskan penyakit pterigium dimana didapati ramai masyarakat Malaysia terutamanya masyarakat luar bandar berpotensi untuk menghidap penyakit ini. Menurut statistik, seramai 88.6% petani di Cameron Highland dan 94.4% petani di Bachok dan Pasir Puteh disahkan menghidap pterigium berikutan faktor pekerjaan mereka yang terdedah kepada sinaran ultraviolet (UV) dalam tempoh masa yang lama serta kawasan tidak bersih seperti berdebu (Hamid et al. 2014). Individu yang terdedah kepada kawasan berangin, cahaya matahari serta kawasan berdebu berpotensi untuk mendapat penyakit ini (Saw et al. 2000) (Gazzard et al. 2002). Teknik pemprosesan imej adalah salah satu kaedah mengesan penyakit mata secara automatik yang dapat membantu pakar oftalmologi untuk tujuan mendiagnosa pesakit mata hanya dengan menggunakan IMTH.

KAEDAH KAJIAN

Secara amnya, kaedah kajian yang dibangunkan adalah terbahagi kepada empat langkah utama iaitu a) pengumpulan data IMTH, b) peruasan kornea, c) Penyarian fitur vektor, dan d) pengesanan penyakit pterigium. Rajah 2 memaparkan aliran kerja untuk membangunkan sistem penyaringan penyakit mata berbantuan komputer.

PENGUMPULAN PANGKALAN DATA

Empat pangkalan data set imej IMTH dari sumber yang berbeza iaitu UBIRIS, MILES, RAFAEL dan QPEI telah diperolehi untuk kajian ini. Pangkalan data UBIRIS merupakan milik kumpulan penyelidikan *Soft Computing and Image Analysis*



RAJAH 2. Rangka alir proses pembangunan sistem penyaringan penyakit mata yang dicadangkan

dari University of Beira Interior, Portugal atau lebih dikenali sebagai “The SOCIA LAB” (Proença & Alexandre 2005). Pangkalan data UBIRIS ini mengandungi 2 versi iaitu UBIRIS.v1 dan UBIRIS.v2. Kajian ini telah mengguna pakai set data

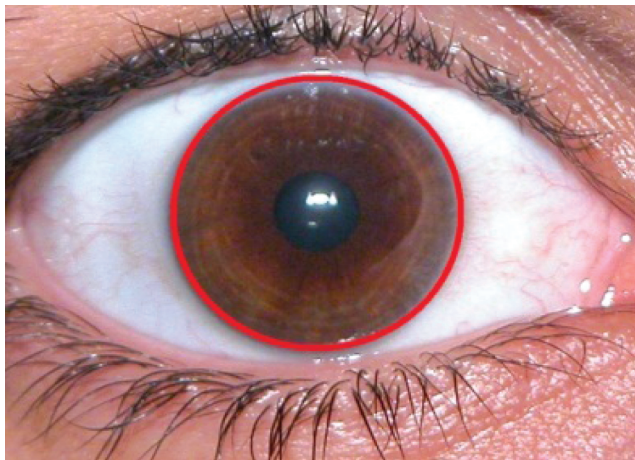
imej IMTH mata normal dari UBIRIS.v1. Pangkalan data MILES pula adalah milik Jon Miles dan ia mengandungi data set imej IMTH normal (Miles Research 2015). Menurut W Zaki et al. (2017) pangkalan data untuk kes pterigium pula diperoleh daripada Brazil Pterygium (RAFAEL) yang dimiliki oleh Prof. Rafael Mesquita, Center of Informatics, Federal University of Pernambuco, Recife, Brazil, manakala Australia Pterygium atau pangkalan data QPEI diperolehi daripada Queensland Pterygium Eyes Institute, Australia melalui Prof. Lawrence Hirst. IMTH yang digunakan adalah dari 34 subjek dan proses penyaringan imej mata melibatkan kiri dan kanan bahagian mata. Oleh itu, sebanyak 68 imej mata akan digunakan dalam pembangunan sistem penyaringan ini seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1.

PERUASAN KORNEA IMTH

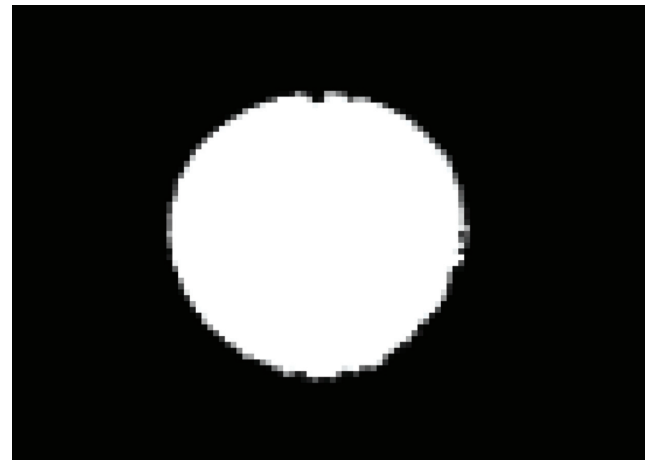
Teknik pra-pemprosesan imej yang dilakukan keatas IMTH bertujuan untuk meningkatkan kualiti data IMTH bagi menghapuskan gangguan yang tidak diinginkan dan meningkatkan beberapa fitur-fitur IMTH yang penting untuk proses selanjutnya. Setelah penambahbaikan IMTH dilaksanakan, peruasan bahagian kornea mata pula dilakukan dengan mengekstrak kawasan berkepentingan (ROI). ROI yang diekstrak bagi kes pterigium ialah kawasan kornea seperti Rajah 3(a) yang berwarna merah. Bagi fasa ini, kaedah pra-pemprosesan dan peruasan adalah melalui rujukan daripada penyelidikan terdahulu (Abdani et al. 2015a). Penyelidik telah mendapat hasil keputusan segmentasi dan peruasan yang baik seperti Rajah 3(b). Peruasan imej merupakan langkah asas untuk mengekstrak data di kawasan berkepentingan bagi mengelaskan dan mengelompokkan imej serta piksel kepada beberapa bahagian bagi membentuk keseragaman berdasarkan fitur-fitur piksel. Fitur-fitur piksel tersebut seperti tahap kekelabuan, warna, tekstur, keamatan dan lain-lain (Khan & Ravi 2013).

JADUAL 1. Spesifikasi set imej IMTH bagi kajian yang dijalankan

| Pangkalan data | UBIRIS | MILES | RAFAEL | QPEI |
|-------------------------|-------------|----------------------|----------------|------------|
| Kes | Normal | Normal | Pterigium | Pterigium |
| Bilangan imej | 8 | 22 | 26 | 12 |
| Format imej | JPEG | JPEG | JPEG | JPEG |
| Ruang warna | sRGB | sRGB | sRGB | sRGB |
| Saiz dimensi | 800 x 600 | Multi-saiz | Multi-saiz | Multi-saiz |
| Kedalaman bit | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Resolusi paksi mendatar | 300 dpi | 256 dpi | Multi-resolusi | 72 dpi |
| Resolusi paksi menegak | 300 dpi | 256 dpi | Multi-resolusi | 72 dpi |
| Jenis kamera | Nikon E5700 | PictureVision PV320C | Multi-kamera | Canon |



(a)



(b)

Sumber: Pangkalan data UBIRIS Sumber: Abdani et al. 2015a

RAJAH 3. Perluasan kornea IMTH. (a) ROI yang diekstrak dan (b) Keputusan perluasan IMTH

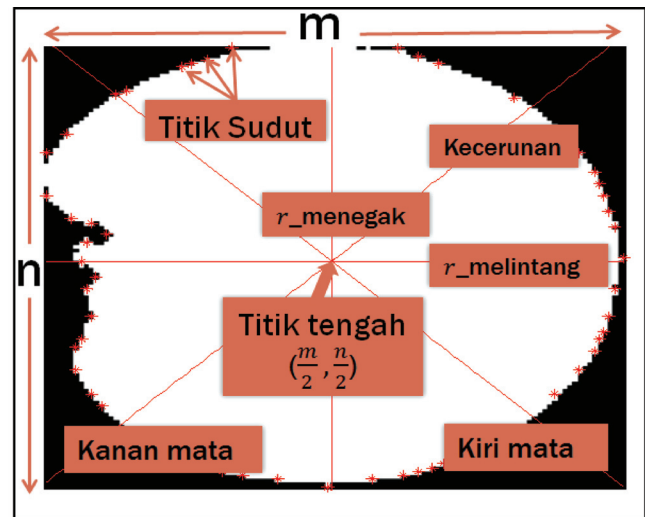
PENYARIAN FITUR VEKTOR

Fitur yang dikaji adalah dari segi bentuk fitur kebulatan yang terdapat pada IMTH. Kotak pembatasan digunakan pada IMTH bertujuan untuk membuat sempadan pada kornea mata yang telah diruas. Setiap kedudukan bucu terakhir iaitu paling kiri, kanan, atas dan bawah akan merangkumi kawasan kotak pembatasan. Seterusnya, kawasan IMTH difokuskan dengan memangkas kawasan sekelilingnya yang tidak terlibat dalam kawasan kotak pembatasan. Saiz yang mengandungi panjang dan lebar bagi kotak pembatasan dikaji. Kelebaran kotak pembatasan diwakili oleh parameter m (melintang) manakala kepanjangan kotak pembatasan pula diwakili oleh parameter n (menegak). Kemudian, nilai titik tengah di dalam kotak pembatasan dikaji untuk mengetahui kedudukan koordinat (h, k) dengan berpandukan pada saiz kotak pembatasan. Persamaan yang digunakan untuk mencari nilai titik tengah ini ialah :

$$h = \frac{m}{2} \tag{1}$$

$$k = \frac{n}{2} \tag{2}$$

Di mana h dan k adalah paksikoordinat melintang dan menegak bagi titik tengah, m dan n pula ialah saiz kelebaran dan kepanjangan pada kotak pembatasan. Seterusnya, sudut di sekeliling kornea IMTH dikaji bagi memperolehi koordinat (x, y) . Berpandukan titik tengah yang telah ditandakan, empat paksi kecerunan dikaji kerana fokus seterusnya adalah untuk mencari purata jejari melintang pada kelengkungan kiri dan kanan mata dengan menggunakan *Hough transform*. Fungsi 'hough' digunakan untuk mengesan garis kecerunan. Hal ini kerana, tisu pterigium hanya meliputi kawasan kelengkungan atau tepi sahaja dan bukannya pada kawasan atas dan bawah mata. Rajah 4 menunjukkan penyarian fitur pada IMTH.



RAJAH 4. Penyarian fitur

PENGESANAN PTERIGIUM

Langkah pengesanan pterigium melibatkan penilaian prestasi penyaringan IMTH digunakan bagi mengesan kehadiran pterigium. Kaedah yang digunakan adalah dengan mengkaji nisbah jejari pada IMTH dan berpandukan nilai purata jejari melintang serta jejari menegak. Persamaan yang diguna pakai untuk mengkaji nilai purata jejari dari struktur IMTH pada paksi melintang ialah:

$$r_{melintang}^2 = (x - h)^2 + (y - k)^2 \tag{3}$$

dengan r merupakan jejari melintang bagi IMTH, nilai x dan y pula adalah koordinat sudut pada kelengkungan mata, h dan k pula koordinat bagi titik tengah IMTH. Setelah itu, nilai jejari menegak juga perlu dikaji dengan menggunakan persamaan (4). Walau bagaimanapun, nilai bagi koordinat (x, y) adalah berbeza dengan menggunakan nilai $(\frac{m}{2}, 0)$ bagi koordinat (x, y) .

$$r^2 \text{ menegak} = \left(\frac{m}{2} - h\right)^2 + (0 - k)^2 \quad (4)$$

Seterusnya, nisbah jejari pula dikaji dengan menggunakan nilai purata jejari melintang dan juga jejari menegak yang telah diperolehi. Nisbah jejari diwakili oleh persamaan berikut:

$$r = \frac{r_{\text{melintang}}}{r_{\text{menegak}}} \quad (5)$$

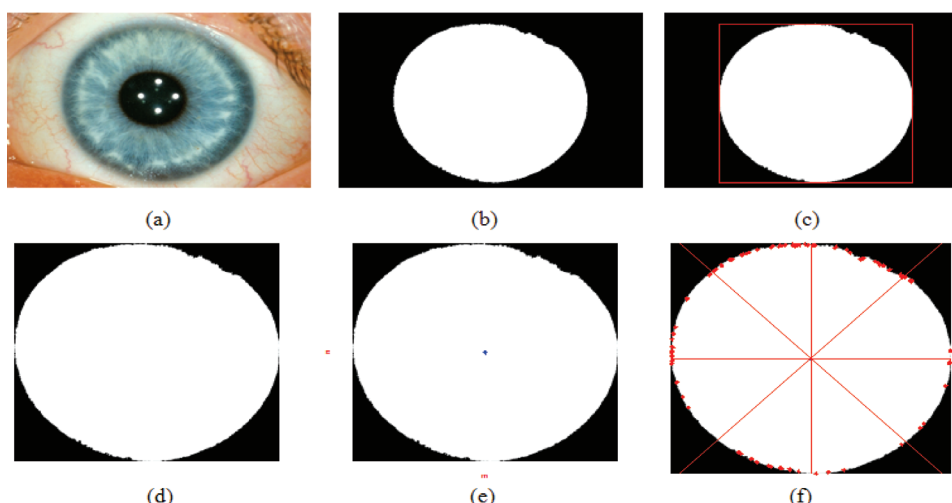
Berdasarkan nilai nisbah jejari yang telah diperolehi, nilai ambang yang sesuai dipilih sebagai garis panduan untuk membezakan IMTH normal dan pterigium. Bagi melihat keputusan dengan lebih jelas, graf nisbah jejari berlawanan IMTH dihasilkan untuk IMTH normal dan juga IMTH dengan pterigium.

Matriks kekaburan digunakan bagi menunjukkan ketepatan prestasi keputusan yang diperolehi bagi IMTH normal dan juga pterigium. Kadar PB, NB, PP dan NP akan dikaji bagi mewakili nilai didalam parameter matriks kekaburan. PB bermaksud IMTH pterigium adalah benar mempunyai pterigium setelah menjalani sistem penyaringan. NB pula ialah IMTH normal adalah benar imej normal setelah menjalani sistem penyaringan. PP pula ialah IMTH yang normal disalah

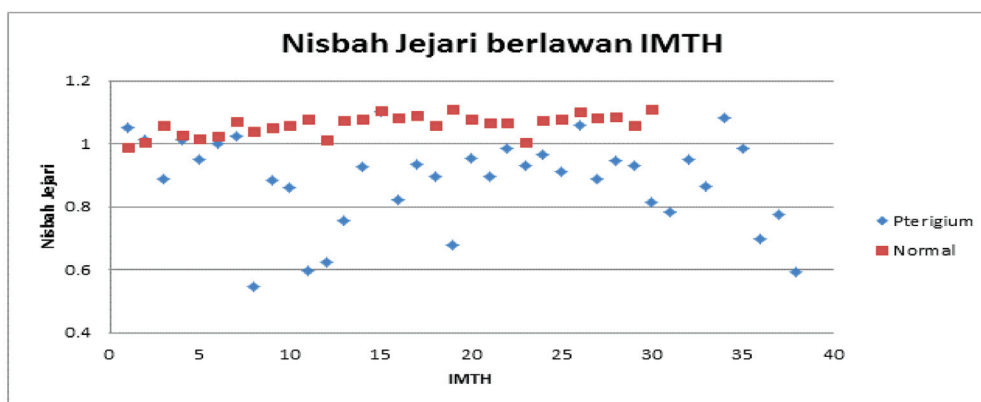
tafsirkan mempunyai pterigium. PP juga dikenali sebagai ralat jenis I. NP pula bermaksud imej pterigium disalah tafsirkan sebagai imej normal. NP juga dikenali sebagai ralat jenis II. Selain daripada matriks kekaburan tersebut, prestasi keputusan juga dapat dikaji dari segi ketepatan, kadar salah tafsiran, kadar PB, kadar PP, kekhususan, ketelitian dan kelaziman. Parameter ini digunakan untuk menilai ketepatan dan keberkesanan fungsi sistem penyaringan pengesanan pterigium yang telah dibangunkan.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Rajah 5 menunjukkan beberapa sampel imej hasil proses peruasan dan penyarian fitur IMTH. Secara keseluruhannya, purata bagi nisbah jejari IMTH normal ialah 1.0613 manakala bagi IMTH pterigium pula ialah 0.8838. Berdasarkan graf Rajah 6, dapat disimpulkan di sini bahawa 1.00 adalah nilai ambang yang dapat membezakan IMTH normal dan juga pterigium. Bagi IMTH normal, nilai ambang ialah lebih besar atau sama dengan 1.00. Bagi kes pterigium pula, nilai ambang ialah kurang daripada 1.00. Oleh itu, melalui nisbah jejari, pengesanan pterigium dapat dikenalpasti iaitu berpandukan nilai ambang 1.00 seperti Jadual 2.



RAJAH 5. Contoh peruasan dan penyarian fitur IMTH bagi pangkalan data MILES. (a) IMTH asal, (b) Peruasan kornea IMTH, (c) Kotak pembatasan (d) Pemangkasan kawasan di luar kotak pembatasan, (e) Kedudukan titik tengah dan (f) Kecerunan IMTH bersama titik sudut



RAJAH 6. Graf nisbah jejari berlawanan IMTH

JADUAL 2. Nilai ambang bagi IMTH

| IMTH | Nilai ambang |
|-----------|--------------|
| Normal | ≥ 1.00 |
| Pterigium | < 1.00 |

Bagi membandingkan IMTH normal dan pterigium, matriks kekaburan dikaji untuk keseluruhan 68 IMTH yang digunakan seperti Rajah 7. Jadual 3 menunjukkan perbandingan kadar pengesanan penyaringan penyakit mata bagi bahagian kiri, kanan dan gabungan kiri dan kanan mata. Secara keseluruhannya, keputusan yang diperolehi adalah 90.60% PB, 77.24% NB, 22.76% PP dan 9.40% NP. Peratusan yang baik bagi PB dan juga NB. Hanya terdapat sedikit sahaja peratusan salah tafsiran bagi PP dan NP. Ini disebabkan oleh faktor variasi IMTH yang digunakan seperti saiz, resolusi, kepelbagaian jenis kamera digital yang digunakan serta imej mata yang tidak menepati kriteria sepenuhnya. Berdasarkan Jadual 4, prestasi keputusan penilaian dapat ditentukan dengan ketepatan 0.81 dan kadar salah tafsiran 0.19.

| n= 68 | Jangkaan : TIDAK | Jangkaan : YA | |
|-----------------|---------------------|------------------|----|
| | Sebenar : TIDAK | NB = 35 | |
| Sebenar : YA | NP = 2 | PB = 20 | 22 |
| | 37 | 31 | |

RAJAH 7. Matriks kekaburan bagi keseluruhan IMTH

JADUAL 3. Kadar pengesanan mata kiri, kanan dan gabungan kiri dan kanan mata

| Kadar pengesanan | Mata kiri | Mata kanan | Gabungan kiri dan kanan mata |
|------------------|-----------|------------|------------------------------|
| PB | 92.31% | 88.89% | 90.60% |
| NB | 90.48% | 64.00% | 77.24% |
| PP | 9.52% | 36.00% | 22.76% |
| NP | 7.69% | 11.11% | 9.40% |

JADUAL 4. Keputusan prestasi penilaian keseluruhan IMTH

| Parameter | Keputusan prestasi penilaian |
|---------------------|------------------------------|
| Ketepatan | 0.81 |
| Kadar salahtafsiran | 0.19 |
| Kadar PB | 0.19 |
| Kadar PP | 0.24 |
| Kekhususan | 0.76 |
| Ketelitian | 0.65 |
| Kelaziman | 0.32 |

KESIMPULAN

Kajian penyelidikan ini bertujuan untuk membangunkan sistem penyaringan penyakit mata iaitu pterigium berbantu komputer menggunakan perisian MATLAB untuk IMTH. Berdasarkan analisis IMTH, dapat disimpulkan di sini bahawa bagi IMTH normal, pangkalan data dari MILES menunjukkan prestasi yang lebih baik berbanding pangkalan data dari UBIRIS. Hal ini demikian kerana, IMTH MILES mempunyai kontras yang lebih tinggi berbanding UBIRIS. Sementara itu, bagi kes IMTH pterigium pula, prestasi pangkalan data dari RAFAEL lebih baik berbanding daripada pangkalan data QPEI berikutan oleh faktor imej mata yang memenuhi sepenuhnya kriteria yang diinginkan seperti subjek membuka mata dengan bukaan yang luas. Seterusnya terbitan kaedah kuantifikasi menggunakan fitur perukaan kornea bagi mengesan kehadiran pterigium telah berjaya diterbitkan. Penyarian fitur menggunakan nisbah jejari dikenalpasti mampu menyaring ciri-ciri kawasan ROI yang telah dibangunkan. Melalui analisis yang dilakukan, didapati IMTH yang mempunyai nisbah jejari lebih daripada atau sama dengan 1.00 adalah normal. Bagi kes pterigium pula, nisbah jejari adalah kurang daripada 1.00. Oleh itu, 1.00 adalah nilai ambang bagi membezakan keadaan IMTH yang dikaji. Menurut keputusan secara kuantitatif, keputusan yang diperolehi ialah 90.60% (BP), 77.24% (BN), 22.76% (PP) dan 9.40% (PN).

PENGHARGAAN

Penyelidikan ini disokong oleh Geran Universiti Penyelidikan (GUP-2016-003) dan Skim Geran Penyelidikan Fundamental (FRGS/1/2016/ICT01/UKM/02/4).

RUJUKAN

- Abdani, S.R., Zaki, W.M.D.W., Hussain, A. & Mustapha, A. 2015a. An adaptive nonlinear enhancement method using sigmoid function for iris segmentation in pterygium Case. *Proceedings of the International Electronics Symposium* 53-57.
- Abdani, S.R., Zaki, W.M.D.W., Hussain, A. & Mustapha A. 2015b. Iris segmentation method of pterygium anterior segment photographed image. *Proceedings of the IEEE Symposium on Computer Applications and Industrial Electronics* 69-7.
- Abdani, S.R., Zaki, W.M.D.W., Hussain, A. & Saad, M.H.M. 2016. Particle swarm optimization-based thresholding for corneal segmentation in pterygium detection. *Asian Journal of Information Technology* 15: 1845-1820.
- Gazzard, G., Saw, S.M., Farook, M., Koh D., Widjaja, D., Chia, S.E., Hong, C.Y. & Tan, D.T.H. 2002. Pterygium in Indonesia: Prevalence, Severity and Risk Factors. *Br. Journal Ophthalmol* 86(12): 1341-1346.
- Hamid, Z.A., Harun, Z., Lunis, S.H., Mohamed, N., Ishak, I., Othman, H.F.N.Z., Saat, M., Noor, M.R.M., Jamil, S.Z. & Rfaai, J. 2014 Adoption of the mobile health

- screening programme for farming communities: a study among pesticide-exposed farmers from North East of Peninsular Malaysia. *ICASSP 2012* 12(2): 63-69.
- Khan, A.M. & Ravi, S. 2013. Image segmentation methods: A comparative study. *International Journal of Soft Computer and Engineering (IJSCE)* 3(4): 85-92.
- Mesquita, R.G. & Figueiredo, E.M.N. 2012. An algorithm for Measuring Pterygium's Progress in Already Diagnosed Eyes. *Proc. Of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)* 733-736.
- Miles Research. 2015. A selection of sampled iris photos. <https://drive.google.com/drive/u/0/folders/0B5OBp4zckpLnYkpBcWlubC0tcTA>. Accessed on: 18 November 2015.
- Proença, H. & Alexandre, L.A. 2005. UBIRIS: A noisy iris image database. *Proceedings of International Conference on Image Analysis and Processing* 970-977.
- Saw, S.M., Banerjee, K. & Tan, D. 2000. Risk factors for the development of pterygium in Singapore: A Hospital-Based Case-Control Study. *ACTA Ophthalmologica Scandinavica* 78(2): 216-220.
- Timothy, J., Threlfall, M.B.B.S. & Dallas, R. 1999. Sun Exposure and pterygium of the eye: A Dose-Response Curve. *American Journal Of Ophthalmology* 128(3): 280-287.
- Zaki, W.M.D.W., Daud, M.M., Abdani, S.R., Hussain, A. & Mutalib, H.A. 2017. Automated pterygium detection method of anterior segment photographed images. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 154: 71-78.

Siti Nur Aishah Ahmad, Wan Mimi Diyana Wan Zaki,
 Nurul Syahira M Zamani
 Department of Electrical,
 Electronics and System Engineering,
 Faculty of Engineering and Built Environment,
 Universiti Kebangsaan Malaysia,
 43600 Bangi, Selangor, Malaysia