

PEMBANGUNAN ANALISIS GERAKAN MATA  
SECARA AUTOMATIK BAGI SISTEM  
TOBII TX 300

AHMAD SAYUTHI BIN MOHAMAD SHOKRI

UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA

PEMBANGUNAN ANALISIS GERAKAN MATA SECARA AUTOMATIK  
BAGI SISTEM ROBII TX 300

AHMAD SAYUTHI BIN MOHAMAD SHOKRI

LAPORAN THESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI  
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA  
KEJURUTERAAN

FAKULTI KEJURUTERAAN DAN ALAM BINA  
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA  
BANGI

2016

## **PENAKUAN**

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

14 September 2016

AHMAD SAYUTHI BIN MOHAMAD SHOKRI

P76710

## PENGHARGAAN

Terlebih dahulu saya ingin mengucapkan syukur kepada Allah S.W.T. kerana telah memberikan kekuatan dan ketabahan hati untuk menyiapkan projek tahun akhir ini. Tanpa sokongan dan bantuan daripada pihak tertentu juga tidak mungkin saya dapat menyiapkan projek tahun akhir ini dengan sempurna.

Saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada penyelia projek tahun akhir saya, Dr. Wan Mimi Diyana binti Wan Zaki dan penyelia bersama, Dr. Mizhanim binti Mohamad Shahimin yang telah banyak memberi tunjuk ajar dan membantu saya sehingga projek ini berjaya disiapkan. Dorongan dan nasihat mereka telah banyak membantu saya dalam menyiapkan projek ini. Tanpa bantuan daripada mereka mungkin projek tahun akhir ini mengalami kesukaran untuk disiapkan.

Akhir sekali tidak lupa juga kepada rakan-rakan sekelas dan rakan-rakan Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina yang telah banyak membantu dan bersama-sama bersusah payah menyelesaikan masalah yang dihadapi sepanjang projek ini dijalankan. Jutaan terima kasih saya ucapkan kepada mereka yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam membantu saya menyiapkan projek ini.

## ABSTRAK

Pengesan pergerakan mata atau penjejak mata adalah satu teknologi yang direkabentuk dan juga digunakan bagi melakukan pemerhatian terhadap pergerakan mata. Integrasi teknologi ini dengan bantuan penggunaan komputer yang semakin canggih memerlukan analisis data dilakukan secara automatik. Kebanyakan dari alat pengesan gerakan mata (APGM) yang digunakan secara komersial menghasilkan data gerakan mata dalam bentuk ilustrasi grafik. Manakala data mentah yang direkodkan tidak boleh dianalisis dengan lebih terperinci disebabkan kekangan aplikasi yang sedia ada untuk tujuan tersebut. Oleh yang demikian, pembangunan paparan grafik antara muka (GUI) sebagai satu platform dan teknik pemprosesan data secara automatik dapat membantu mempercepatkan pemprosesan pasca analisis data, seterusnya mengurangkan jurang perbezaan dalam penyelidikan menggunakan APGM ini. Hasil kajian ini telah dapat mengatasi masalah yang dihadapi dalam memproses dan melakukan penganalisan terhadap data mentah yang dikumpul dari APGM yang memakan masa yang lama untuk diproses kerana data mentah tersebut perlu melalui proses pemplotan secara manual dan terdedah kepada kesilapan manusia. GUI yang dibangunkan dengan perisian Matlab telah diuji menggunakan data-data mentah yang diperolehi dari 14 responden (3 normal dan 11 pesakit dileksia) yang mana setiap responden mempunyai antara 9,000 dan 12,000 data mentah dari Sistem Tobii TX 300 sumbangan oleh Makmal Siswazah Jabatan Optometri, Fakulti Sains Kesihatan, UKM. Secara kesimpulannya, GUI yang dibangunkan berjaya mengekstrak dan melakukan pemplotan data yang disimpan dalam Microsoft Excel ke paparan GUI dan dalam masa yang sama dapat menapis hingar dari data yang dikumpul.

## **DEVELOPMENT OF EYE TRACKING COMPUTERIZED TECHNIQUES FOR POST DATA ANALYSIS**

### **ABSTRACT**

Eye movement detector or eye tracker is a technology used to observe the movement of an objective eye. The integration of this technology with the growing use of computers needs an automated data analysis. Most of the eye tracker systems commercially produce eye movement data in the form of graphic illustrations. The recorded raw data cannot be further analysed due to the constraints in the existing eye tracking system. Thus, the development of a GUI as a platform and automated data processing techniques can help to expedite the post data processing and analysis, later may reduce the gaps in research using the eye tracker. This project is aimed to overcome the problem in processing and analysing the raw data that being collected from the eye tracking system that are time-consuming because they need to be plot manually and prone to human errors. The developed GUI by using Matlab software has been tested attach with collections of data between 9,000 and 12,000 data that being collected from Makmal Siswazah Jabatan Optometri, Fakulti Sains Kesihatan, UKM. As a conclusion, the developed GUI has successfully extracted, plot and filter the data that being saved in Microsoft Excel to GUI.

## KANDUNGAN

		<b>Halaman</b>
<b>PENGAKUAN</b>		ii
<b>PENGHARGAAN</b>		iii
<b>ABSTRAK</b>		iv
<b>ABSTRACT</b>		v
<b>KANDUNGAN</b>		vi
<b>SENARAI JADUAL</b>		viii
<b>SENARAI ILUSTRASI</b>		ix
<b>SENARAI SINGKATAN</b>		x
<b>BAB 1</b>	<b>Pengenalan</b>	
1.1	Latar Belakang Kajian	1
1.2	Penyataan Masalah	1
1.3	Objektif	5
1.4	Hasil kajian	4
1.5	Skop Kajian	4
1.6	Ringkasan tesis	4
<b>BAB II</b>	<b>KAJIAN KEPUSTAKAAN</b>	
2.1	Pengenalan	6
2.2	Kajian APGM	7
	2.2.1 Pengenalan kepada APGM	7
	2.2.2 Kekangan APGM	11
2.3	Kajian antara pembaca yang baik dan pembaca lemah	8
	2.3.1 Pembaca yang baik	8
2.4	Pergerakan mata	12
	2.4.1 Pengenalan	12
	2.4.2 Fiksasi	13
	2.4.3 Sakad	14

2.4	Rumusan	15
<b>BAB III KAEDAH PENYELIDIKAN</b>		
3.1	Pengenalan	16
3.2	Perancangan Kajian	16
3.3	Tobii TX300	18
3.4	Rumusan	20
<b>BAB IV KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>		
4.1	Pengenalan	24
4.2	Penyimpanan data pengesanan gerakan mata	24
	4.2.1 Dapatan parameter data gerakan mata	25
	4.2.2 Pengujian responden	25
4.3	Paparan Grafik Antara Muka (GUI)	29
4.4	Rumusan	32
<b>BAB V KESIMPULAN</b>		
5.1	Pengenalan	33
5.2	Penghasilan Kajian dan Cadangan Penerusan	34
<b>RUJUKAN</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		



**SENARAI JADUAL**

No. Jadual		Halaman
4.1	Data gerakan mata responden normal	25
4.2	Data gerakan mata responden disleksia (teks lazim)	26
4.3	Data gerakan mata responden disleksia (teks optimum)	27
4.4	Purata data gerakan mata responden	28

**SENARAI ILUSTRASI**

No. Rajah		Halaman
2.1	Contoh penjejak gerakan mata, Tobii TX300	10
3.1	Carta alir kajian	17
3.2	Data yang disimpan dalam bentuk Microsoft Excel	19
3.3	Rangkaian penyambungan Sistem Tobii TX300 ke komputer kedua	20
3.4	Proses kalibrasi sedang dijalankan	21
3.5	Teks lazim	22
3.6	Teks berjarak optimum	22
4.1	Paparan grafik antara muka (GUI)	29
4.2	Data sakad responden normal yang diplot menggunakan GUI	30
4.3	Data fiksasi responden normal yang diplot menggunakan GUI	30
4.4	Data hingar responden normal yang diplot menggunakan GUI	31
4.5	Data keseluruhan responden normal yang diplot menggunakan GUI	31

**SENARAI SINGKATAN**

EEG	Electroencephalogram
APGM	Alat pengesan gerakan mata
GUI	Graphics User Interface
ROWA	Recursive Online Weight Average
IOR	Inhibition of Return
LAN	Local Area Network
VGA	Video Graphics Array
DVI	Digital Visual Interface

## BAB 1

### PENGENALAN

#### 1.1 LATAR BELAKANG KAJIAN

Sejak beberapa abad yang lalu, kajian mengenai gerakan mata telah dijalankan oleh beberapa penyelidik. Gerakan mata ini juga pada permulaan bertumpu kepada tumpuan visual dan kognitif. Gerakan mata ini merupakan asas kepada perkembangan kajian dalam pelbagai bidang, sains mahupun sastera, terutamanya dalam bidang psikologi, neurologi, oftalmologi, linguistik sehinggalah kepada kajian pemasaran dan kesenian. Gerakan mata juga boleh digunakan sebagai mekanisme input dalam mendorong interaksi antara sesuatu system. Kajian pengesanan gerakan mata ini juga dikaji secara meluas dan salah yang diguna pakai adalah dalam bidang optamologi iaitu bidang mata di mana setiap pergerakan mata akan dicatat dengan menggunakan teknologi computer dan pada masa yang sama juga diberikan urutan yang dapat dipindahkan (Sylvian Chartier, Prctice Renaud, 2008).

Pada kurun ke 19, kajian terhadap pergerakan mata pergerakan mata telah ditumpukan dalam bidang teori. Seorang penyelidik, Dellabrre telah mengemukakan satu teori bahawa "Sebanyak mana masalah mencadangkan diri mereka kepada ahli psikologi penyelesaian yang akan sangat melanjutkan oleh satu kaedah yang tepat bagi merakam pergerakan mata " (Delabarre , 1898). Namun Fenomena seperti visual dikaitkan dengan pemiilihan secara estetik telah dari segi pergerakan mata, namun terdapat sedikit data luar introspeksi untuk menyokong hipotesis ini

Gerakan mata dapat ditangkap dan digunakan sebagai isyarat kawalan bagi membolehkan seseorang individu berinteraksi secara langsung tanpa memerlukan tetikus atau input papan kekunci, yang boleh menjadi satu kelebihan utama bagi sesuatu komuniti pengguna khususnya kepada mereka yang kurang upaya (Poole & Ball 2005).

Sejak tahun 1800-an, kajian tentang gerakan mata telah dilaksanakan dengan menggunakan pemerhatian secara terus atau langsung. Teknik pemerhatian ini digunakan untuk memahami pola membaca sebagai satu siri *short stop* (fiksasi) dan cepat atau tidak (sakad). Manakala pada tahun 1900-an, sesuatu menyerupai kanta sentuh telah dicipta khas untuk anak mata. Kanta sentuh tersebut disambungkan kepada penunjuk aluminium yang bertindakbalas kepada pergerakan mata. Dalam kajian yang terkini, pengesanan gerakan mata digabungkan dengan rakaman EEG bagi menrapatkan jurang di antara subjek ujian dan juga jawapan (Tobii Technology 2014)

Alat pengesan gerakan mata (APGM) merupakan teknologi terkini yang digunakan untuk mencerap gerakan mata secara objektif. Integrasi teknologi ini dengan penggunaan komputer yang semakin canggih membolehkan gerakan mata dikumpul dan dianalisa secara *real-time*. Kebanyakan APGM yang digunakan secara komersial menghasilkan data gerakan mata dalam bentuk ilustrasi grafik.

Data keluaran mentah yang direkod tidak dapat dianalisa dengan lebih terperinci kerana kekangan aplikasi yang sedia ada untuk tujuan tersebut. Justeru, pembangunan sistem perisian automatik untuk menganalisa data gerakan mata dapat membantu mempercepatkan pemprosesan data dan penjana graf analisis data dan merapatkan jurang perbezaan dalam penyelidikan menggunakan APGM ini.

Sistem APGM yang dicadangkan untuk kajian ini adalah Sistem Tobii TX300. Sistem ini mudah digunakan dan amat menekankan kebebasan untuk bergerak dan pengesanan mata yang tidak mengganggu dalam menjalankan penyelidikan terperinci tingkahlaku semulajadi. Kotak monitor yang besar membolehkan subjek untuk bergerak

dengan bebas dan secara semulajadi semasa kaedah pengesanan dilakukan sementara sistem masih mengekalkan ketepatan pada kadar pensampelan 300 Hz (Tobii Technology AB 2010).

Sistem Tobii TX300 ini juga mempunyai kamera yang boleh merakamkan reaksi subjek terhadap rangsangan serta main balik sesuatu video. Ciri-ciri sistem ini boleh digambarkan dari segi ketepatan pandangan yang menggambarkan sudut jarak purata dari sudut pandangan sebenar yang diukur dengan itu dapat memastikan kesahihan penyelidikan. Bagi mengurangkan isu lengah dan kawalan motor yang berkaitan dengan menunjuk ke skrin atau menggerakkan tetikus, sistem penjejak gerakan mata ini boleh digunakan untuk menentukan arah perhatian mata di skrin (Chris & Banks).

## **1.2 PENYATAAN MASALAH**

Pada masa ini, sistem Tobii TX300 perlu dipertingkatkan keupayaannya bagi kegunaan atau ujian klinikal. Ini adalah kerana data mentah yang dikumpulkan memakan masa untuk dianalisis kepada nilai yang optimum disebabkan data mentah yang diperolehi perlu dibuat pengiraan secara manual dan terdedah kepada kesilapan manusia.

Maka, melalui penyelidikan ini, satu algoritma akan dibangunkan untuk menapis hingar yang wujud dalam data mentah, seterusnya dapat membantu pengesanan parameter-parameter data gerakan mata iaitu sakad dan fiksasi. Pengesanan parameter akan memudahkan pengurusan data mentah dalam membuat pengiraan amplitud yang optimum.

Selain itu, paparan grafik antara muka (GUI) akan dibangunkan sebagai platform untuk menguji algoritma yang dicadangkan. Ia juga dapat digunakan sebagai alat bantuan pengkomputeran yang boleh digunakan oleh ahli optometri dalam menganalisa data yang dihasilkan oleh sistem Tobii TX300.

### **1.3 OBJEKTIF**

Objektif kajian ini dilakukan adalah untuk:

- i. Menghasilkan kaedah tapisan hingar data gerakan mata secara automatik,
- ii. Mengenalpasti dan mengekstrak data pergerakan mata iaitu sakad dan fiksasi dari data mentah,
- iii. Menghasilkan GUI yang dapat menjadi platform bagi memudahkan pengurusan data mentah.

### **1.4 HASIL KAJIAN**

Melalui penyelidikan ini, satu GUI akan dibangunkan yang mampu mengidentifikasi parameter data gerakan mata daripada data mentah seterusnya memudahkan proses penganalisan data mentah termasuk membuat pengiraan amplitud yang optimum dengan memperkenalkan automasi kaedah tapisan hingar data gerakan mata.

### **1.5 SKOP KAJIAN**

Skop kajian penyelidikan adalah untuk membangunkan GUI yang akan digunakan sebagai platform untuk menguji kaedah tapisan hingar data gerakan mata secara automatik. Parameter yang diekstrak iaitu sakad dan fiksasi adalah data mentah pergerakan mata 14 responden (3 normal dan 11 abnormal) yang telah dikumpul dari Klinik Mata, FSK UKM menggunakan sistem Tobii TX300. Penyelidikan ini menggunakan perisian Matlab sebagai bahasa pengaturcaraan.

### **1.6 RINGKASAN TESIS**

Segala perancangan dan kerja yang dijalankan dalam membangunkan GUI ini akan dihuraikan di setiap bab yang terdapat di dalam tesis ini. Tesis ini mengandungi lima

bab yang akan menerangkan latar belakang kajian hingga kesimpulan kajian penyelidikan. Penyusunan tesis telah dilakukan seperti berikut.

Bab I menerangkan secara ringkas latar belakang kajian dan faktor-faktor kajian penyelidikan ini dijalankan. Selain itu, kaedah penyelesaian masalah, skop kajian dan juga ringkasan tesis dimuatkan dalam bab ini.

Bab II memberi menerangkan secara mendalam mengenai kajian penyelidikan ini. Rumusan mengenai kajian kepustakaan berkaitan kajian-kajian pengesanan gerakan mata, alat pengesan gerakan mata yang digunakan, dan parameter gerakan mata. Kajian perpustakaan ini adalah untuk menambah serta mengukuhkan pengetahuan mengenai kajian penyelidikan yang dilakukan.

Seterusnya, bab III menjelaskan kaedah metodologi kajian yang dilakukan secara mendalam. Ini meliputi langkah-langkah dan proses dalam mendapatkan data mentah dari sistem yang digunakan serta membangunkan paparan grafik antara muka.

Bab IV membincangkan hasil kajian dan keputusan dari pembangunan paparan grafik antara muka. Bahagian ini amat penting dalam menentukan keberhasilan kajian penyelidikan ini. Bahagian ini juga akan diterangkan secara terperinci apabila data yang diplotkan secara manual melalui kaedah Microsoft Excel dan juga menggunakan MATLAB.

Akhir sekali, bab V menjelaskan lebih terperinci mengenai hasil keputusan kajian ini dijalankan. Dalam bab ini, kelebihan dan kekurangan pada paparan grafik antara muka yang dibangunkan akan dibincangkan serta pandangan dan penambahbaikan dalam kajian ini untuk masa hadapan turut dijelaskan.



## BAB II

### KAJIAN KEPUSTAKAAN

#### 2.1 PENGENALAN

Pengesanan gerakan mata adalah satu kaedah yang semakin digunakan bagi mengkaji isu-isu kepenggunaan dalam konteks interaksi manusia dengan komputer. Bab ini akan membincangkan aspek utama asas-asas teknologi gerakan mata sebagai panduan yang praktikal bagi mereka yang berminat menggunakan kaedah pengesanan gerakan mata dalam menjalankan penyelidikan perkaitan di antara manusia dengan komputer, sama ada dalam konteks kajian penilaian kebolegunaan atau penangkapan gerakan mata sebagai mekanisme input dalam memacu interaksi sistem.

Aspek yang kedua adalah pengukuran pergerakan mata secara sistematik dalam mengkaji kepenggunaan antara muka. Kelebihan pergerakan mata yang berbeza metrik merujuk kepada kebolegunaan penyelidikan seni. Seterusnya adalah peluang dalam kajian pergerakan mata dalam penyelidikan interaksi manusia dengan komputer dan pelbagai cabaran yang perlu diatasi bagi membolehkan aplikasi teknik yang efektif dapat dilaksanakan dalam mengkaji kerumitan penggunaan sistem interaktif yang canggih.

Penapis linear yang standard tidak boleh digunakan untuk menapis data kerana gagal membezakan antara data yang rosak dan tidak. Oleh yang demikian, pemulihan isyarat biasanya dicapai dengan menggunakan penapis tak linear (Garnett et al. 2005). Penapis ini telah digunakan secara meluas kerana berupaya memadam nilai isyarat amplitud yang tinggi yang berhubung dengan nilai yang bersebelahan.

Terdapat dua cara untuk menyelesaikan masalah ini : penapis luar talian atau penapis dalam talian. Perbezaan antara keduanya adalah untuk pelaksanaan dalam talian, algoritma hanya mempunyai akses untuk data yang telah dirakam. Ini adalah berbeza dengan pelaksanaan luar talian yang mana boleh menggunakan data yang direkod sebelum dan selepas sesuatu data rosak. Oleh itu, penapis luar talian mempunyai kelebihan berbanding penapis dalam talian kerana mempunyai anggaran yang lebih tepat bunyi seterusnya mampu menggantikan data yang mempunyai hingar dengan anggaran yang lebih baik. (Chartier & Renaud 2008).

Penapis ini telah dibandingkan dengan imej dan audio yang sedia ada untuk memproses data satu dimensi. Dalam usaha untuk melakukan kaedah ini, bahagian siri masa bunyi bebas yang diperolehi dari penjejak mata telah dipilih dan bunyi tiruan telah ditambah. Sejak isyarat bunyi bebas diketahui, lima bunyi tiruan telah ditambah kepada siri masa. Setiap bunyi mempunyai tempohnya yang tertentu secara rawak yang diubah dari 1 – 50 langkah masa yang memberi kerugian isyarat antara 1/60 saat sehingga 5/6 saat. Oleh itu, penapis luar talian perlu menetapkan saiz tetingkap sehingga 101. Setiap hingar juga mempunyai amplitud yang berbagai bermula dari 10 sehingga 80 darjah diberikan kelajuan dari 600 – 4800 darjah per saat.

## **2.2 KAJIAN ANTARA PEMBACA YANG BAIK DAN PEMBACA LEMAH.**

### **2.2.1 Pembaca Yang Baik.**

Pembaca yang baik akan fokus dalam pembacaan. Di samping itu juga, dia dapat meramalakan apa yang akan berlaku di dalam teks yang dibacanya. Dia juga akan menggunakan strategi apabila teks yang dibacanya kurang pemahaman dengan merujuk kepada teks yang dibacanya. Pembaca yang baik juga akan menyusun dan mengintegrasikan maklumat-maklumat yang didapatinya.

### **2.2.2 Pembaca Yang Lemah.**

Adakala mudah terganggu Baca untuk mendapatkan dilakukan Tidak tahu apa yang perlu dilakukan apabila kurangnya pemahaman berlaku Tidak mengiktiraf penting

perbendaharaan kata. Tidak melihat mana-mana organisasi. Menambah , daripada mengintegrasikan , maklumat baru Tidak sedar mereka tidak faham.

## **2.3 KAJIAN ALAT PENGESAN GERAKAN MATA**

### **2.3.1 Pengenalan Kepada Alat Pengesan Gerakan Mata**

Pengesanan gerakan mata merupakan satu teknik yang membolehkan pergerakan mata seseorang individu dapat diukur. Berdasarkan teknik ini, seseorang penyelidik dapat mengenalpasti kedua-duanya yang merangkumi arah penglihatan subjek dalam masa yang diberikan dan urutan mata sekiranya berpindah dari satu lokasi ke lokasi yang lain.

Penjejakan gerakan mata ini dapat membantu seseorang penyelidik memahami interaksi yang berlaku di antara manusia dengan komputer berdasarkan visual atau yang berasaskan paparan pemprosesan maklumat serta faktor yang boleh memberi kesan kepada kepenggunaan sistem antara muka.

Melalui kaedah ini, rakaman pergerakan mata dapat menyediakan sumber objektif penilaian data antara muka yang dapat memberi maklumat mengenai reka bentuk antara muka yang telah diubahsuai. Gerakan mata juga dapat ditangkap dan digunakan sebagai isyarat kawalan bagi membolehkan manusia berinteraksi dengan antara muka secara terus tanpa menggunakan tetikus atau input papan kekunci, yang boleh menjadi satu kelebihan utama bagi sesuatu komuniti pengguna khususnya mereka yang kurang upaya.

Pelbagai kaedah yang berbeza telah digunakan bagi mengesan pergerakan mata sejak penggunaan teknologi penjejakan mata yang mula merintis dalam penyelidikan kaedah pembacaan sejak lebih 100 tahun yang lalu (Rayner & Pollatsek 1989). Contohnya, teknik elektro-okulografik yang digunakan, bergantung kepada elektrod yang dipasang pada kulit di sekitar mata yang boleh mengukur perbezaan potensi elektrik dalam mengesan pergerakan mata.

Seterusnya, kaedah lain yang turut digunakan adalah subjek dikehendaki memakai kanta lekap yang bersaiz besar yang meliputi keseluruhan kornea mata (membrane yang jelas meliputi hadapan mata) dan lapisan dalam kelopak mata, '*sclera*' (mata putih yang dapat dilihat dari luar), dengan gegelung logam yang tertanam di sekeliling pinggir kanta; pergerakan mata seterusnya diukur berdasarkan turun naik yang berlaku dalam medan electromagnet apabila gegelung logam bergerak bersama-sama dengan mata (Duchowski 2003).

Kaedah - kaedah yang telah dinyatakan di atas terbukti agak merbahaya dan sistem penjejakan mata yang terbaru menggunakan imej video mata bagi menentukan arah pandangan seseorang subjek ( dipanggil sebagai "titik kira"). Terdapat banyak ciri – ciri yang berbeza yang boleh mengenalpasti "titik kira", sebagai contoh pantulan kornea (dikenali sebagai "imej Purkinje"), sempadan iris – sclera dan bentuk anak mata yang jelas (Duchowski 2003).

Kebanyakan sistem penjejakan mata secara komersial yang boleh didapati pada masa sekarang mengukur titik – kira dengan menggunakan kaedah "pantulan kornea / pusat anak mata" (Goldberg, & Wichansky 2003). Kebiasaannya, jenis sistem penjejak mata seperti ini terdiri daripada komputer meja dengan kamera inframerah yang dipasang di bawah atau di sebelah paparan monitor, dengan perisian pemprosesan imej bagi mengesan dan mengenal pasti ciri – ciri mata yang digunakan untuk pengesanan.

Dalam setiap eksperimen yang dijalankan, cahaya inframerah daripada LED yang tertanam dalam kamera inframerah akan dihalakan ke dalam mata bagi mewujudkan pantulan yang kuat dalam mata yang telah disasarkan bagi memudahkan mereka membuat pengesanan (cahaya inframerah digunakan bagi mengelakkan pengguna silau dengan cahaya yang kelihatan). Sebahagian besar daripada cahaya yang memasuki retina akan dipantulkan semula membuatkan anak mata dilihat menjadi terang yang dikenali sebagai kesan anak mata yang terang. Pantulan kornea (atau imej Purkinje pertama) dihasilkan oleh cahaya inframerah yang muncul dengan kumpulan yang kecil dan sinar yang kelihatan tajam.

Apabila perisian pemprosesan imej telah mengenal pasti pusat anak mata dan lokasi pantulan kornea, vektor (arah dan magnitud) antara kedua – duanya akan diukur, seterusnya pengiraan trigonometri yang lebih lanjut dilakukan bagi mendapatkan titik kira. Walaupun pada asalnya penentuan titik kira dapat dilakukan dengan mengambil kira pantulan kornea sahaja namun dengan kaedah penjejakan ini, pergerakan mata ini dapat dikecualikan dari mengambil kira pergerakan kepala (Duchowski 2003; Jacob & Karn 2003).

Selain itu, bagi mendapatkan video penjejakan mata yang memuaskan, proses kalibrasi perlu dilakukan. Proses ini dijalankan dengan memaparkan satu titik pada skrin, dan sekiranya mata tertancap lebih lama dari masa ambang dan dalam kawasan tertentu, sistem akan merekodkan bahawa wujudnya hubungan di antara pusat anak mata dengan pantulan kornea yang sepadan dengan kordinat x dan y yang spesifik pada skrin monitor. Proses ini akan dilakukan berulang kali bagi mendapatkan kalibrasi yang tepat pada keseluruhan skrin (Goldberg & Wichansky 2003).

Penjejakan mata seringkali dikaji bagi mengenalpasti kaedah pembacaan seseorang individu. Subjek akan diminta untuk membaca ayat atau petikan daripada teks bagi membolehkan pergerakan mata direkod. Melalui penjejakan pergerakan mata ini, masa yang diperlukan untuk memproses atau mengenalpasti sesuatu perkataan yang disasarkan dapat diukur. Begitu juga masa yang diperlukan untuk perkataan sebelum dan selepas perkataan yang disasarkan (Rayner & Pollatsek 1989).

Pemboleh ubah yang penting dalam memeriksa pengenalpastian perkataan dalam pembacaan adalah tempoh penetapan pertama (tempoh penetapan pertama untuk setiap perkataan), tempoh penetapan tunggal (satu penetapan pada satu perkataan), tempoh pandangan (jumlah semua penetapan pada perkataan sebelum berpindah ke perkataan seterusnya) dan kebarangkalian perkataan akan dilangkau (Rayner & Pollatsek 1989).

Selain itu, ukuran lain yang perlu diambil kira adalah sakad iaitu pergerakan mata yang berlaku secara pantas antara sesuatu penetapan. Ukuran lain yang akan didapati adalah ukuran pandangan dan '*scanpath*'. Saiz anak mata dan kadar kerdipan mata juga boleh dikaji (Poole & Ball 2005).

### **2.3.2 Kekangan Alat Pengesan Gerakan Mata**

Walaupun bagaimanapun, penjejak gerakan mata merupakan salah satu teknologi terkini, namun ianya juga mempunyai had yang tertentu. Para penguji kaji perlu mengambil kira akan perihal ini dan bagaimana had ini mampu memberi kesan terhadap data yang akan dikumpul. Sebagai contoh, para penguji kaji perlu memastikan bahawa sekiranya mereka ingin mendapatkan analisis penetapan yang lebih tepat, maka peralatan yang akan digunakan telah dioptimumkan untuk mengesan penetapan (Karn, K. et al. 2000).

Masa yang minimum untuk setiap penetapan juga sangat penting. Interpretasi penetapan kognitif juga boleh berubah dan berbeza – beza secara mendadak mengikut masa yang telah ditetapkan pada sistem penjejak gerakan mata untuk mengesan penetapan. Penguji kaji juga dinasihatkan untuk menetapkan nilai ambang yang lebih rendah sekurang – kurangnya 100ms (Inhoff & Radach 1998).

Penguji kaji juga perlu bersedia dengan ketepatan atau kejituan dan resolusi yang kurang tepat. Kadar pensampelan 60Hz adalah cukup baik untuk kajian kebolegunaan, namun bagi kajian pembacaan, 60Hz adalah tidak mencukupi dan memerlukan sekurang-kurangnya 500Hz atau lebih (Rayner & Pollatsek 1989).

Selain itu, adalah penting untuk menentukan bidang kepentingan yang cukup untuk menangkap pergerakan mata. Malah penjejak mata yang terbaik yang tersedia sekarang juga hanya tepat dalam tempoh satu darjah daripada titik kira yang sebenar (Byrne, M. D. et al. 1999). Sesuatu tumpuan juga boleh ditujukan sehingga satu darjah dari titik kira yang diukur tanpa menggerakkan mata (Jacob & Karn 2003).

Penjejak mata juga merupakan alat yang agak sensitif dan boleh mempunyai kesukaran dalam penjejakan yang dilakukan terhadap individu yang dikaji sekiranya

individu tersebut memakai kaca mata kerana boleh mengganggu laluan pantulan normal. Apabila mata seseorang individu telah berjaya dikalibrasi, prosedur kalibrasi tersebut perlu dilakukan berulang kali secara berkala semasa sesi ujian dijalankan bagi mengekalkan titik kira pengukuran yang tepat.

Individu yang dikaji juga perlu dijelaskan dengan baik tentang apa yang sepatutnya mereka lakukan agar pergerakan mata mereka boleh dijana dengan betul untuk proses kognitif sebenar. Gangguan visual (warna – warni, objek bergerak di skrin atau kawasan persekitaran) perlu dihapus atau disingkirkan kerana ini akan mempengaruhi data yang diperolehi (Goldberg & Wichansky, 2003).

Akhir sekali, penjejakan gerakan mata mampu menjana data dalam jumlah yang besar, jadi pentingnya untuk melakukan penapisan dan analisis secara automatik, bukan sahaja untuk menjimatkan masa, malah juga untuk mengurangkan kesilapan yang akan berlaku melalui pemprosesan data secara manual.

## **2.3 PERGERAKAN MATA**

### **2.3.1 Pengenalan**

Proses membaca terdiri daripada satu siri pergerakan mata iaitu fiksasi, sakad, regresi dan *return sweep*. Namun demikian, dalam kajian ini, parameter data gerakan mata yang digunakan hanyalah fiksasi dan sakad. Siri pergerakan ini merupakan hasil kajian daripada Privitera & Stark (2000). Manakala hasil kajian oleh Gilbert (1959) telah membuktikan bahawa tempoh fiksasi adalah panjang serta terdapat bilangan fiksasi dan regresi yang tinggi dalam kalangan responden yang lemah dari segi pembacaan berbanding responden yang baik dari segi pembacaannya. Berdasarkan kajian oleh Morton (1964), beliau menyatakan bahawa bilangan pergerakan fiksasi dan regresi mata adalah lebih sedikit apabila teks menjadi lebih mudah dengan jarak yang optimum.

### 2.3.2 Fiksasi

Fiksasi boleh didefinisikan sebagai pengekalannya tumpuan visual pada satu titik lokasi. Fiksasi mata adalah sangat berkait rapat dengan keupayaan seseorang dalam membuat pekodan secara visual terhadap sesuatu ruang yang mempunyai maklumat (Just & Carpenter 1976). Fiksasi ini juga berlaku dalam tempoh masa yang singkat disebabkan oleh penglihatan yang akan diekstrak daripada halaman bercetak (Radach & Kennedy 2004; Reichle et al. 2003; Vanderschantz 2008). Fiksasi juga dapat mengurangkan saiz dan kerumitan melibatkan pergerakan mata, mengeluarkan titik data sakad mentah dan penetapan mentah mata ke dalam tuple wakil tunggal. pengurangan ini mempunyai beberapa sebab iaitu sebab pertama, sedikit atau tidak visual pemprosesan boleh dicapai semasa sakad, dan dengan itu laluan sebenar mengembara semasa saccades biasanya tidak relevan untuk banyak aplikasi penyelidikan. Fiksasi juga adalah kaedah yang mudah untuk mengurangkan kerumitan data mata-pengesanan sambil mengekalkan kebanyakan yang penting ciri-ciri pemahaman yang melibatkan tingkah laku pemprosesan kognitif dan visual.

Namun demikian, tidak semua perkataan akan mengalami fiksasi semasa membaca. Sekiranya dibandingkan tempoh masa fiksasi, responden yang mengalami disleksia akan mempunyai tempoh masa yang lebih panjang berbanding responden normal dan ini boleh disimpulkan bahawa terdapat gangguan dalam mengekstrak maklumat (De Luca et al. 1999; Reichle et al. 2003; Rayner & Starr 2001).

Berdasarkan kajian lepas oleh Hyona & Olson 1995, apabila pembaca yang mengalami disleksia membaca sesuatu material yang dianggap sesuai kepada pembaca yang normal namun terdapat perbezaan di antara keduanya. Pergerakan mata pembaca yang mengalami disleksia akan berbeza dan seterusnya menghasilkan tempoh masa fiksasi yang lebih panjang, masa sakad yang lebih pendek dan seterusnya regresi yang lebih tinggi.