

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pupil Distance (PD) menjadi bagian penting dalam pembuatan kacamata untuk memastikan posisi titik pusat pupil yang akan disesuaikan *Optical Center* (OC) pada lensa kacamata agar pengguna kacamata dapat dengan nyaman menggunakan kacamata. Sampai saat ini pengukuran PD masih dilakukan secara manual. Adanya teknologi pengolahan citra yang berkembang saat ini dapat diterapkan untuk otomatisasi pengukuran PD yang dapat meminimalisir waktu yang dibutuhkan saat pemeriksaan. Penggunaan citra dengan gambar pada area wajah akan digunakan sebagai objek untuk dilakukan pendeteksian pada pusat pupil mata.

Penelitian ini dibuat dengan adanya teori pendukung agar sistem dapat berjalan sesuai dengan apa yang sudah direncanakan, berikut merupakan beberapa teori pendukung yang digunakan.

2.1. Anatomi Mata

Mata merupakan salah satu indera pada tubuh manusia yang memiliki fungsi sebagai penglihatan. Fungsi ini penting untuk memberikan informasi gambaran keadaan sekitar yang diperoleh dari rangsangan cahaya melalui mata. Mata memiliki struktur yang terdiri dari empat fungsi yaitu perlindungan (*protective*), refraksi (*refractive*), orientasi (*oriental*), dan reseptif (*receptive*). Pada penelitian yang dilakukan akan berfokus pada bagian fungsi refraksi dari struktur mata. Pada fungsi refraksi terdapat proses interaksi antara mata dengan lingkungan luar disekitarnya. Proses ini terjadi saat adanya masukan cahaya yang diterima oleh mata kemudian mata melakukan pembiasan cahaya agar dapat diteruskan kedalam bola untuk kemudian diproses dan diterima oleh otak. Berikut adalah beberapa bagian mata yang berhubungan dengan proses refraksi [19]:

1. Kornea merupakan selaput tipis yang bening, terletak di lapisan bagian terluar mata untuk menutupi bagian depan mata.

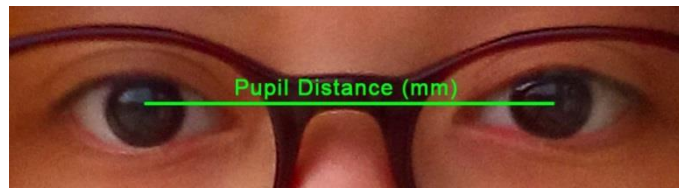
2. Retina merupakan sel reseptor dibagian lapisan dalam mata yang berfungsi sebagai penerima rangsangan dari interaksi lapisan luar mata dan sangat sensitif terhadap cahaya.
3. Lensa merupakan lapisan berisi cairan bening juga tipis yang dapat berbentuk cembung maupun cekung.
4. Iris merupakan lapisan tipis yang terletak di depan lensa. Memiliki kontrol dalam menentukan besar kecilnya luas diameter pupil.
5. Pupil merupakan bagian yang mengatur cahaya masuk dari luar mata ke dalam bola mata. Diameter pupil memiliki besar minimum sekitar 1,5 mm dan maksimum sebesar 9,0 mm.
6. Aqueous Humor merupakan cairan yang berada diantara kornea dan lensa.
7. Vitreous Humor merupakan cairan kental yang berada diantara lensa dan retina.

Proses penginderaan pada mata diawali dengan berkas cahaya yang diterima oleh kornea kemudian diatur banyaknya cahaya yang masuk oleh pupil. Selanjutnya cahaya akan diteruskan pada lensa melalui aqueous humor. Lensa akan berakomodasi yaitu mengubah bentuknya menjadi cembung atau cekung untuk meneruskan berkas cahaya yang sudah mengalami pembiasan agar tepat jatuh di retina melalui cairan vitreous humor.

2.2. Pupil Distance

Pupil Distance atau disingkat PD merupakan jarak titik fokus dari pupil mata kanan sampai ke pupil mata kiri. Setiap orang memiliki PD yang berbeda-beda karena dipengaruhi oleh kondisi anatomi wajahnya [1]. Pengukuran PD dilakukan sebagai acuan dalam menempatkan titik fokus lensa koreksi kacamata sesuai dengan anatomi mata penggunanya. Jarak antara pupil mata kanan dengan pupil mata kiri setiap orang berada pada kisaran 58 – 70 mm tergantung pada anatomi matanya. Pengukuran ini diperlukan untuk memberikan rasa nyaman pada pengguna kacamata ketika melihat jauh dan melihat dekat. Saat melihat jauh posisi mata akan memandangi lurus ke depan, sedangkan ketika melihat dekat posisi mata akan berkonvergensi (bertemu) di satu titik pada jarak tertentu. Jika terjadi perbedaan ukuran yang tidak sesuai antara PD dengan titik fokus lensa

maka akan menyebabkan efek prisma yang ditandai dengan timbulnya rasa pusing dan penglihatan yang mengabur akibat mata lelah ketika menggunakan kacamata.



Gambar 2.1. Ilustrasi Pengukuran *Pupil Distance*

2.3. MPII Face Gaze

MPIIGaze merupakan salah satu dataset yang sering digunakan untuk kepentingan penelitian yang membutuhkan area wajah manusia sebagai objek yang ditelitinya. Dataset ini berisi kumpulan data gambar wajah berjumlah 213.659 dari 15 orang yang diambil pada saat menggunakan laptopnya sehari-hari selama lebih dari tiga bulan. Gambar yang dihasilkan memiliki variasi pandangan mata juga pencahayaan yang berbeda-beda dengan resolusi citra berukuran 1280 x 720 piksel dengan 96 dpi.

2.4. MATLAB

Diciptakan pada tahun 1970 oleh Cleve Moler, kemudian dikembangkan bersama dengan Steve Bangert dalam The Mathworks yang mereka dirikan pada tahun 1984 dengan rancangan awal untuk menyelesaikan persamaan aljabar linear. Seiring dengan berkembangnya teknologi, MATLAB dapat digunakan untuk berbagai bidang ilmu dan saat ini sedang digemari oleh para peneliti yang sedang menekuni penelitian di bidang pengolahan citra.



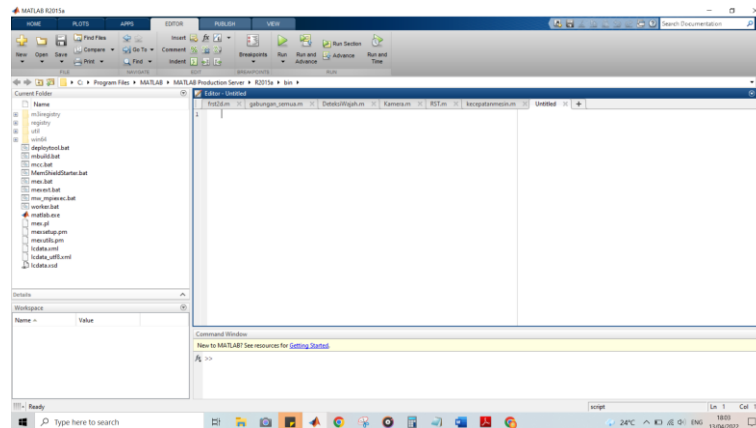
Gambar 2.2. Logo MATLAB

Sumber: (*Google.com*)

Matrix Laboratory atau disingkat MATLAB merupakan perangkat lunak dengan menggunakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yaitu C/ C++ dan bahasa berbasis matriks dalam mengolah data komputasi numerik. MATLAB biasa digunakan untuk melakukan analisis data, mengembangkan algoritma, dan juga dapat membuat suatu simulasi. MATLAB dapat mendukung pemrograman dengan instruksi secara langsung melalui fitur *Command Line Interface/ CLI* nya dengan tampilan UI yang mudah dipahami dan digunakan seperti yang ditampilkan Gambar 2.3 pada MATLAB versi 2015a. MATLAB kompatibel dengan banyak sistem operasi seperti Windows, macOS, dan juga Linux. Spesifikasi *hardware* dan *software* yang kompatibel dengan MATLAB versi 2015a dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Detail Spesifikasi untuk Menjalankan MATLAB 2015a

Sistem Operasi (32 dan 64 bit)		Processor	Penyimpanan	RAM	Grafik
Minimum	Maksimum				
Windows Server 2003 R2 Service Pack 2	Windows 10	Semua jenis Intel dan AMD yang <i>supporting SSE2 instruction set</i>	1 GB untuk MATLAB dan 3-4 GB untuk instalasi MATLAB	Minimal 2 GB	<i>Graphic card</i> suport OpenGL 3.3 dengan 1 GB GPU untuk rekomendasi <i>memory</i>



Gambar 2.3. *User Interface* dari MATLAB 2015a

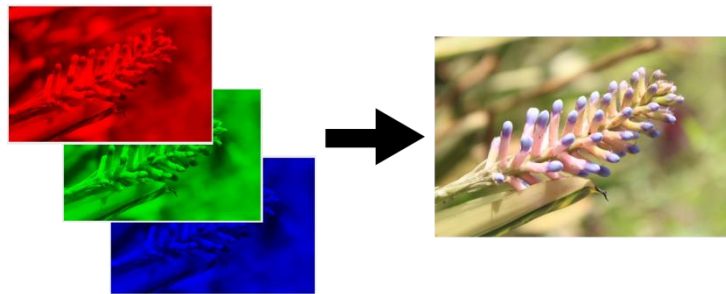
MATLAB memiliki bahasa pemrograman yang tertutup karena kompilasi program yang dibuat tidak bisa digunakan pada perangkat lain dan hanya bisa menggunakan *software* MATLAB yang dikembangkan oleh Mathworks. Meskipun begitu, MATLAB memiliki banyak *tools* dan *library* yang dapat membantu penggunaannya untuk menyelesaikan berbagai bentuk permasalahan seperti membuat simulasi fungsi, suatu pemodelan matematika, sampai dapat merancang suatu GUI (*Graphical User Interface*).

2.5. Pengolahan Citra

Image Processing atau pengolahan citra termasuk ilmu yang mempelajari mengenai pengolahan sinyal pada masukan berupa gambar atau citra untuk kemudian dianalisis agar dapat menghasilkan suatu informasi keluaran. Citra terbentuk dari intensitas cahaya yang dihadirkan pada bidang dua dimensi. Bentuk citra dipengaruhi oleh jenis sinyal penyusunnya yaitu analog dan digital. Citra analog dihasilkan dari proses akuisisi citra secara analog yang disusun oleh sinyal kontinyu dengan contoh hasil penglihatan dari mata manusia. Citra yang didapatkan akan memiliki kualitas yang lebih rinci namun citra ini tidak bisa disimpan maupun diolah secara komputasi. Pada citra digital, intensitas cahaya yang ditangkap akan dibentuk dalam sinyal diskrit di bidang dua dimensi, tersusun dari sekumpulan piksel yang berisikan informasi warna yang memiliki koordinat (x,y) dan magnitudo $f(x,y)$. Koordinat menunjukkan posisi piksel pada citra, sedangkan magnitudo berisikan nilai intensitas warna citra. Terdapat tiga jenis citra berdasarkan jenis warnanya yaitu [20]:

1. Citra *Truecolor*/ RGB

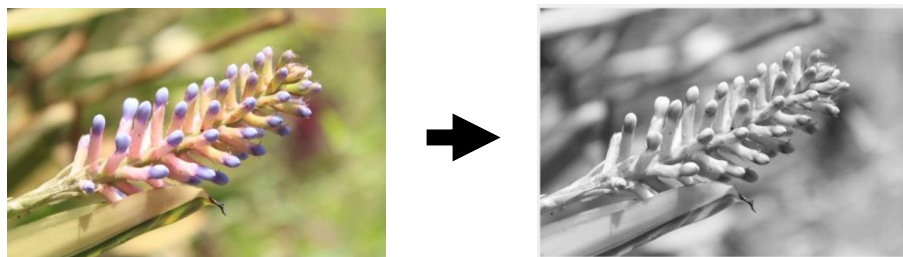
Disusun oleh tiga jenis kanal warna yaitu merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*) dengan nilai intensitas piksel dalam bentuk bit salah satunya sebesar 8 bit (variasi derajat warna sebanyak $2^8 = 256$ dengan rentang 0 – 255) seperti yang ditampilkan oleh Gambar 2.4. Pada rentang bit ini, warna putih berada pada nilai 255 sedangkan warna hitam berada di nilai 0.



Gambar 2.4. Citra Warna (RGB)

2. Citra *Grayscale*

Citra yang tersusun dengan intensitas piksel berdasarkan derajat keabuan. Warna hitam sampai dengan putihnya dibagi dalam 256 derajat keabuan, hitam sempurna berada pada nilai 0 dan putih sempurna berada pada nilai 255. Citra *grayscale* seperti pada Gambar 2.5 didapatkan melalui proses konversi pada citra *truecolor* yang menghasilkan citra dengan hanya satu kanal saja.

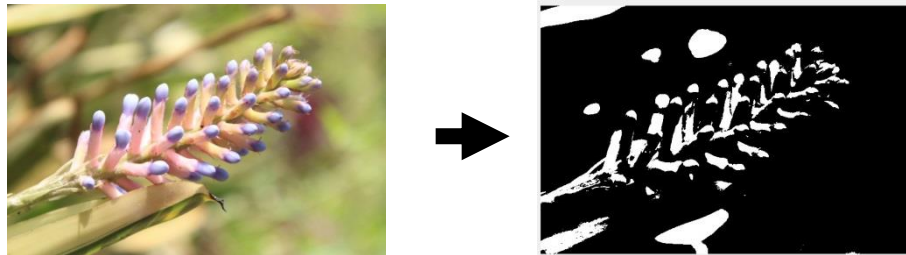


Gambar 2.5. Bentuk dari Citra *Grayscale*

3. Citra Biner

Citra yang hanya memiliki dua nilai intensitas warna yaitu hitam (bernilai 0) dan putih (bernilai 1) karena hanya tersusun oleh intensitas piksel sebesar 1 bit. Citra biner merupakan hasil konversi citra *grayscale* melalui proses bernama *thresholding*. Proses ini memerlukan nilai ambang atau

batas dalam proses konversinya. Misal menggunakan nilai ambang batas 205, maka nilai *threshold* nya menjadi $205/256$ yaitu 0,8. Ketika intensitas piksel lebih besar atau sama dengan nilai ambangnya, maka akan dikonversi menjadi bernilai 1, sedangkan pada intensitas piksel yang kurang dari nilai ambangnya akan dikonversi menjadi bernilai 0 seperti yang ditampilkan Gambar 2.6.



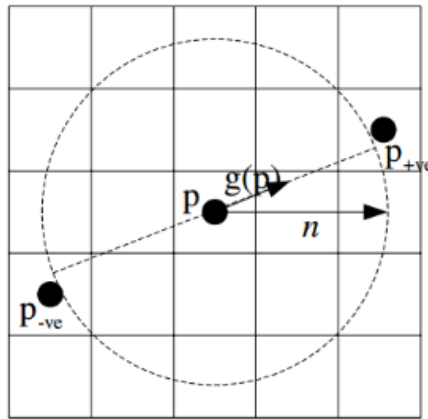
Gambar 2.6. Perubahan Citra RGB ke Citra Biner

Hal penting yang harus diperhatikan pada citra gambar ketika akan melakukan proses pengolahan citra adalah mengenai informasi resolusi citranya. Resolusi pada citra memberikan informasi mengenai tingkat detail suatu citra yang menentukan baik atau tidaknya kualitas pada citra tersebut. Resolusi sendiri adalah banyaknya susunan piksel yang ada pada suatu citra digital. Piksel merupakan elemen titik paling dasar yang menyusun citra yang memiliki satuan nilai px. Pada resolusi citra terdapat nilai dpi yang mempengaruhi kualitas citra. DPI atau *Dot per Inch* merupakan salah satu satuan nilai yang menentukan banyaknya titik atau piksel yang dapat dimasukkan pada dimensi 2D berbentuk persegi yang berukuran 1 x 1 inci. Kualitas resolusi pada citra dapat mempengaruhi suatu sistem dalam mendapatkan informasi dengan baik jika resolusi yang dimiliki tinggi, namun sebaliknya jika citra memiliki resolusi yang rendah maka sistem akan sulit dalam mendapatkan informasi yang ada pada citra [21].

2.6. Radial Symmetry Transform (RST)

Transformasi yang terfokus dalam mendeteksi titik pusat objek pada bentuk radial atau lingkaran dikemukakan pertama kali pada [9]. Metode ini digunakan karena algoritmanya yang sederhana dan memiliki respon cepat dalam mendeteksi titik pusat radial. Transformasi ini memiliki dua cakupan daerah simetri yang dapat di deteksi yaitu daerah simetri gelap dan daerah simetri terang.

Daerah gelap dapat dicari dengan mempertimbangkan bagian piksel yang terpengaruh negatif sedangkan pada daerah cerah hanya perlu mempertimbangkan piksel yang terpengaruh positif. Kecepatan transformasi dalam mendeteksi dipengaruhi oleh daerah simetri yang akan dicari dalam memproyeksikan elemen gradien. Daerah ini menentukan banyaknya pertimbangan setiap titik pada lingkungan radial untuk memperkirakan elemen gradien pada piksel disekitar radial [9]. Titik di setiap tepi objek lingkaran akan membentuk garis jari-jari yang kemudian garis-garis ini akan saling berpotongan di pusat lingkaran [6]. Ada lebih dari satu jari-jari n yang merupakan anggota dari himpunan jari-jari radial N . Nilai jari-jari n memberikan kontribusi dalam menentukan gradien simetri pada radius n disetiap titik. Gradien difungsikan untuk mendeteksi tepi, jika bernilai positif maka daerah analisisnya berada di daerah cerah sedangkan jika bernilai negatif maka daerah analisisnya berada pada daerah gelap seperti ilustrasi yang ditampilkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.7. Deteksi Titik Pusat pada *Radial Symmetry Transform* (RST)

Setiap radius n akan dihitung proyeksi orientasi O_n dan proyeksi magnitudo M_n nya. Gradien g akan memeriksa setiap piksel p dimana jika terpengaruh positif menjadi p_{+ve} saat terpengaruh negatif menjadi p_{-ve} . Persamaan untuk terpengaruh positif dan negatif yaitu:

$$p_{+ve} = p + \text{round} \left(\frac{g(p)}{\|g(p)\|} n \right) \quad (1)$$

$$p_{-ve} = p - \text{round} \left(\frac{g(p)}{\|g(p)\|} n \right) \quad (2)$$

Piksel p_{+ve} didapatkan saat vektor gradien menunjuk pada jarak n dari p , sedangkan p_{-ve} memiliki jarak n yang sama namun letak arahnya yang berlawanan

dengan arah tunjuk gradien. Besarnya proyeksi O_n dan M_n masing-masingnya dijumlahkan dengan 1 dan $\|g(p)\|$ pada piksel p_{+ve} dan akan dikurangi 1 dan $\|g(p)\|$ pada piksel p_{-ve} . Secara matematis dinyatakan sebagai berikut:

$$O_n(\mathbf{p}_{+ve}(\mathbf{p})) = O_n(p_{+ve}(p)) + 1 \quad (3)$$

$$O_n(\mathbf{p}_{-ve}(\mathbf{p})) = O_n(p_{-ve}(p)) - 1 \quad (4)$$

$$M_n(\mathbf{p}_{+ve}(\mathbf{p})) = M_n(p_{+ve}(p)) + \|g(p)\| \quad (5)$$

$$M_n(\mathbf{p}_{-ve}(\mathbf{p})) = M_n(p_{-ve}(p)) - \|g(p)\| \quad (6)$$

Pada radius n , kontribusi radial simetri didefinisikan pada F_n yang dikonvolusikan dengan A_n dimana A_n adalah Gaussian 2D. Pada F_n digunakan nilai α sebagai parameter *strictness* radial dengan k_n sebagai faktor skala dalam normalisasi M_n dan O_n yaitu dengan membaginya bersama nilai maksimum. Konvolusi tersebut mengikuti persamaan berikut:

$$S_n = F_n * A_n \quad (7)$$

$$F_n(\mathbf{p}) = \frac{M_n(p)}{k_n} \left(\frac{O_n(p)}{k_n} n \right)^\alpha \quad (8)$$

Dengan transformasi lengkap S sebagai rata-rata kontribusi simetri atas seluruh himpunan N yaitu:

$$\mathbf{S} = \frac{1}{|N|} \sum_{n \in N} S_n \quad (9)$$

Radial Symmetry Transform atau disingkat RST ini dapat cepat membedakan daerah gelap dan terang. Hal ini memungkinkan kedua daerah simetri dapat dihitung bersamaan atau dapat dipilih salah satunya. Pada pendeteksian pusat pupil, transformasi digunakan hanya pada daerah gelap karena karakteristik pupil yang berada di daerah gelap. Pusat pupil berada pada daerah negatif dengan tingkat keabuan yang rendah dibandingkan dengan area sekitarnya. Oleh karena itu, daerah piksel yang terpengaruh negatif saja yang akan dipertimbangkan dilakukannya proses pendeteksian [6]. Ada beberapa masukan nilai pada variabel RST yang dapat mempengaruhi deteksi titik pusat pupil, yaitu:

- a. *Radii* merupakan variabel nilai yang diperlukan dalam menentukan seberapa banyak jari-jari n pada sistem yang akan dibuat. Semakin besar nilai *radii* maka jari-jari yang dibuat oleh sistem akan semakin banyak.
- b. *Alpha* merupakan variabel nilai yang digunakan dalam proses normalisasi proyeksi magnitudo (M_n) dan proyeksi orientasi (O_n) dalam pencarian

daerah titik pusat pupil. Semakin besar nilai *alpha* maka tinggi juga penguatan titik pusat yang dihasilkan oleh sistem.

- c. *stdFactor* merupakan variabel nilai yang di isi dengan rentang < 1 dalam menegaskan titik pusat pupil yang sudah terdeteksi.
- d. *Mode* merupakan variabel dengan bentuk string yang berfungsi untuk menentukan jenis mode (bright atau dark) dalam menentukan daerah deteksi pusat pupil.

2.7. *Self Quotient Image (SQI)*

Pencahayaan menjadi parameter penting yang memiliki pengaruh besar dalam menampilkan objek pada suatu citra. Saat citra memiliki cahaya yang sesuai dalam menampilkan objek maka informasi pada citra akan mudah didapatkan. Sebaliknya jika citra kekurangan cahaya pada objeknya dapat mengakibatkan kesulitan dalam mendapatkan informasi yang ada pada citra.

Wajah memiliki struktur yang kompleks karena bagian-bagian yang ada pada wajah seperti area mata, hidung, ataupun mulut menjadikan permukaan wajah tidak datar dan menimbulkan efek bayangan atau iluminasi. Hal ini berakibat pada penyebaran cahaya yang tidak merata pada wajah, terutama bagian mata dan hidung yang penting untuk dikenali. Objek citra pada wajah akan sulit didapatkan informasinya jika pencahayaan pada wajah tidak merata.

Perbaikan citra agar mempermudah pengambilan informasi diuji cobakan pada [13, 14] menggunakan *Self Quotient Image (SQI)* dengan objek citra wajah. Metode ini memberikan invarian pencahayaan agar dapat diterapkan pada daerah berbayang yang secara efektif dapat menghilangkan bayangan dari semua jenis sumber pencahayaan.

2.8. *Euclidean Distance*

Euclidean Distance merupakan metode perhitungan jarak yang digunakan untuk mengukur jarak antar piksel dengan piksel yang lain dalam lingkungan daerah *euclidean*. Rumus pada perhitungan *euclidean* memiliki persamaan sebagai berikut:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (10)$$

Nilai $d(x,y)$ dari persamaan (10) merupakan hasil pengukuran *pupil distance (PD)* pada sistem yang masih berada dalam satuan piksel. Oleh karena itu, sistem

membutuhkan nilai referensi piksel per milimeter agar hasil pengukuran PD yang dihasilkan memiliki nilai dengan satuan milimeter. Nilai referensi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan nilai sebesar 1,325 piksel per milimeter.

2.9. Penelitian Terdahulu

Pupil mata memiliki karakteristik yang berbentuk lingkaran dengan daerah pusat pupil yang berwarna gelap. Adanya karakteristik ini, diperlukan metode yang dapat mendeteksi pusat pupil secara optimal dengan keadaan pupil yang gelap, *Radial Symmetry Transform* (RST) menjadi metode yang memiliki kesesuaian dengan karakteristik pupil mata. RST yang diperkenalkan oleh Gareth Loy dkk mampu mendeteksi pusat pupil dengan optimal [9]. Akurasi RST dalam deteksi pusat pupil lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode lainnya yaitu *Circular Hough Transform* (CHT), *Ellipse Fitting* (EF), dan *Integro-Differential Operator* (IDO) meskipun memiliki waktu komputasi yang lebih lama[6]. Hal ini dikarenakan pendeteksian pusat pupil dilakukan berdasarkan banyaknya titik kemungkinan yang dicari dalam menciptakan garis-garis yang nantinya akan saling memotong daerah titik pusat objek [6-12] pada pupil. Metode RST ini sering digunakan dalam mendeteksi pusat suatu objek khususnya objek berbentuk lingkaran seperti deteksi *cell nuclei* [9] dan deteksi pada objek nano partikel [11]. Hal ini berhasil dalam mendeteksi titik pusat pupil pada citra dengan keadaan cerah, namun deteksi yang dihasilkan RST belum optimal jika diujikan pada citra dengan keadaan gelap. Perbaikan citra perlu dilakukan agar informasi yang terhalang oleh daerah gelap atau bayangan dapat diketahui. *Self Quotient Image* (SQI) menjadi solusi dalam memperbaiki citra berbayang agar objek yang terpengaruh bayangan khususnya bagian mata dapat dideteksi pusat pupilnya oleh RST. Adapun penelitian-penelitian sebelumnya dalam mendeteksi pusat pupil mata ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode	Deskripsi/ Capaian
Harto, D, dkk.	Sistem Pengenalan Wajah dengan	<i>Viola-Jones</i> dan pengukuran PD	Sistem dapat mendeteksi pupil

	Metode <i>Euclidean Distance</i>	dengan <i>Euclidean Distance</i>	mata pada area wajah dan mengukur <i>pupil distance</i>
Vázquez Romaguera, T, dkk.	<i>Pupil Center Detection Approaches: A Comparative Analysis</i>	<i>Circular Hough Transform, Ellipse Fitting, Daugman's Integro-Differential Operator, dan Radc</i>	Menganalisa empat metode dalam mendeteksi pusat pupil. <i>Radial Symmetry Transform</i> menghasilkan performa terbaik dalam hal akurasi dan ketahanan namun memiliki waktu komputasi terlama
Wei, W, dkk.	<i>Pupil Location Based on Skin Color Segmentation and Radial Symmetry Transform</i>	Segmentasi Warna Kulit dan <i>Radial Symmetry Transform</i>	Segmentasi warna kulit digunakan agar dapat memisahkan area mata dengan objek lainnya di sekitar wajah. Lokasi pusat pupil dapat dideteksi dengan akurasi yang tinggi dan memiliki ketahanan yang baik di berbagai gangguan

Skodras, E, dkk.	<i>An Accurate Eye Center Localization Method for Low Resolution Color Imagery</i>	<i>Eye Map dan Radial Symmetry Transform</i>	Area deteksi ditekankan pada bagian iris mata menggunakan <i>eye map</i> berbasis warna yang disinergikan dengan <i>Radial Symmetry Transform</i> dalam mendeteksi pusat pupil dengan hasil yang akurasi yang tinggi terutama pada gambar beresolusi rendah
Lyasheva, S, dkk.	<i>The Image Analysis Using Fast Radial Symmetry Transform in Control Systems Base on the Computer Vision</i>	<i>Hough Method dan Fast Radial Symmetry Transform</i>	Perbandingan dalam deteksi banyaknya lingkaran pada gambar dengan hasil menggunakan <i>Fast Radial Symmetry Transform</i> dapat menentukan banyaknya lingkaran dengan tingkat kedekatan pusatnya.
Zafari, S, dkk.	<i>Segmentation of</i>	<i>Bounded Erosion-</i>	BE-FRS

	<i>Overlapping Elliptical Objects in Silhouette Images</i>	<i>Fast Radial Symmetry Transform (BE-FRS)</i>	digunakan untuk melakukan segmentasi pada objek yang tumpang tindih dengan hasil akurasi yang tinggi dalam segmentasi objek
Wang, H, dkk.	<i>Self Quotient Image for Face Recognition</i>	<i>Self Quotient Image (SQI)</i>	Metode SQI dapat efektif menghilangkan efek iluminasi berbayang untuk ketahanan pada <i>face recognition</i>
Arandjelović, O.	<i>Making the most of the Self-Quotient Image in Face Recognition</i>	<i>Self Quotient Image (SQI)</i>	Meningkatkan ketahanan kinerja SQI pada gambar dengan tingkat bayangan tinggi pada proses <i>face recognition</i>