

# RANCANG BANGUN SISTEM AKUISISI CITRA DIGITAL UNTUK KEPERLUAN KUANTIFIKASI TERBENTUKNYA *CORNEAL ARCUS*

Nama Mahasiswa : Deni Indra Cahya  
NRP : 2410100081  
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS  
Dosen Pembimbing : Dr.rer.nat. Ir. Aulia M.T. Nasution, M.Sc.

## **Abstrak**

Mata merupakan indera penglihat pada manusia yang terdiri dari beberapa bagian dengan karakteristik tertentu. Salah satunya adalah kornea, yang dapat terlihat secara jelas dengan kasat mata dibanding komponen lainnya. Pada kebanyakan manusia berusia lanjut, sebuah cincin (*ring*) putih terbentuk disekitar kornea yang menandakan adanya perubahan kadar lipid dalam darah, cincin ini disebut *corneal arcus*. Cincin kornea ini dapat digunakan sebagai identifikasi awal dari suatu penyakit. Berapa penelitian awal telah membuktikan bahwa terbentuknya *corneal arcus* ini berkorelasi positif dengan beberapa penyakit seperti penyakit saluran pembuluh darah dan diabetes melitus. Dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan pengembangan sistem metrologi optis untuk keperluan akuisisi citra digital guna keperluan proses kuantifikasi lebih lanjut atas terbentuknya *corneal arcus*. Sistem akuisisi citra digital dirancang menggunakan *webcam*, *google welding* sebagai *housing* sistem dan *led* 3 mm untuk pencahayaan. Untuk memperoleh hasil kuantifikasi citra yang akurat suatu proses kalibrasi dilakukan dengan berbagai pola garis lurus dan lingkaran dengan diameter yang berbeda dengan diketahui nilai ukuran sebenarnya. Dari hasil pengujian *webcam* pada sistem akuisisi citra, letak mata pada sistem berkisar  $4,607 \pm 0,103$  cm didepan webcam dengan persen relatif standar deviasi sebesar 2,242%. Pada jarak rata-rata 4,6 cm didapat nilai *magnification* sistem sebesar 0,105. Sistem akuisisi citra digital memiliki akurasi yang baik dengan *error* tidak lebih dari 5%

berdasarkan hasil pengujian dengan mengukur jari-jari kornea sampel mata sehat.

***Kata kunci: Kornea mata, optical metrology, magnification, webcam.***

# DEVELOPMENT OF DIGITAL IMAGE ACQUISITION SYSTEM FOR QUANTIFYING THE FORMATION OF CORNEAL ARCUS

Student's Name : Deni Indra Cahya  
NRP : 2410100081  
Department : Teknik Fisika FTI-ITS  
Supervisor : Dr.rer.nat. Ir. Aulia M.T. Nasution, M.Sc.

## Abstract

*The human eye is an organ which is composed of several part with specific characteristics and function. One of those parts is Cornea. Cornea is surface of the human eye that can be seen clearly. Cornea can be used for identify sign of an illness. In older people's cornea may form a circular white ring around it, in medical term it is known as corneal arcus. Many studies mentioned that formation of corneal arcus is due to lipid depotition in human blood. Some diseases are directly related to corneal arcus like diabetes melitus, and atherosclerosis. This research talk about development of optical metrology is performed by design of digital image acquisition system for the quantifying of cornea or formation of corneal arcus. This system may be used for study or further purpose research of development criteria diagnostic based on quantifying corneal arcus images. The system made of from webcam, google welding as housing and led for lightning. To obtain a good result an accurately quantify image this system is calibrated by many pattern like line and circular pattern. The data generated by the image acquisition system are uniform and calibrated to facilitate the process of identification and quantification. it was obtained that the average distance between the eye and the webcam is  $4.607 \pm 0.103$  cm, with %RSD (relative standard deviation) of 2.242%. Around this average distance, the magnification will be  $M = 0.105$ . Using this magnification factor, the measurements*

*of test persons' corneal-ring diameter will produce very good accuracy, i.e. with error of 0 - 5 %.*

***Keywords : Cornea, magnification, optical metrology, webcam.***

## DAFTAR NOTASI

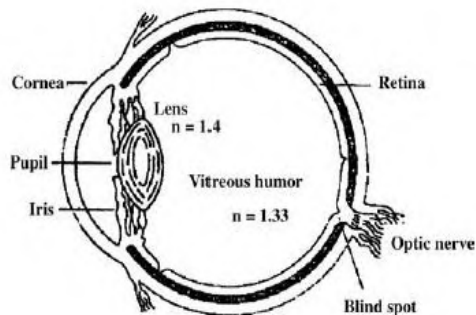
F0	= pengaturan fokus <i>webcam</i> untuk <i>marking</i>
F1	= pengaturan fokus <i>webcam</i> untuk kornea mata
px	= pixel citra
Rx	= jari-jari arah horizontal
Ry	= jari-jari arah vertikal
$m$	= <i>magnification</i>
$h'$	= Tinggi bayangan
$h$	= Tinggi objek
$s'$	= Jarak bayangan
$s$	= Jarak objek

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mata Manusia

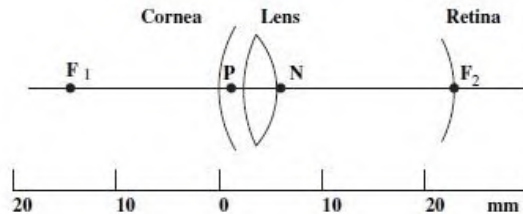
Mata manusia merupakan salah satu indra yang cukup kompleks pada manusia. Mata berbentuk hampir bulat dengan diameter sekitar 25 mm. Mata manusia memiliki beberapa komponen yaitu kornea, lensa mata, pupil, iris, dan retina [4].



**Gambar 2.1** Mata Manusia.

Bagian mata paling luar adalah kornea yang berlapis membran kuat, diantara kornea dan lensa mata terdapat cairan *aqueous humour*. Kornea mata manusia memiliki nilai *anterior surface diameter* sebesar 11,75 mm dalam arah horizontal dan 11 mm dalam arah vertikal dengan diameter rata-rata 11,5 mm [5,6]. Di belakang lensa mata terdapat lapisan tipis seperti *jelly* yang disebut dengan *vitreous humour*, yang mengisi volume di depan retina, dimana citra difokuskan. Jaringan saraf dari sel sensitif retina yang terpadat pada permukaan retina terkumpul menjadi *optic nerve*. Lubang kecil yang berada di retina disebut sebagai *blind spot* dalam penglihatan. Kemudian iris, bagian mata yang memberikan pola dan warna pada mata manusia, iris juga berfungsi sebagai bukaan yang mengatur jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata [4].

Mata memproses cahaya dengan memfokuskan dari *wavefront* arah yang berbeda menuju bagian-bagian yang berbeda pada retina. Peristiwa tersebut berlangsung dengan cepat dengan menyesuaikan mata untuk fokus yang benar dengan *wavefront* sehingga didapat citra objek. Kemampuan mata untuk mengubah fokus terhadap benda pada jarak tertentu disebut daya akomodasi mata. Pada mata manusia terdapat 2 elemen fokus yaitu fokus kornea mata 40 dioptri sedangkan untuk lensa mata menyesuaikan fokusnya sehingga didapatkan total 60 dioptri [4].



**Gambar 2.2** Geometri optik dari mata manusia, jarak diukur dari depan kornea[4].

## 2.2 Corneal Arcus

*Arcus senilis* atau biasa dikenal dengan *corneal arcus lipoides* merupakan sebuah lingkaran atau cincin berupa endapan atau tumpukan lipid yang terbentuk di stroma kornea mata disebabkan perubahan kadar lipid dalam darah [1]. Indikasi penyakit dari arcus senilis ini cukup beragam bisa berupa kolesterol, hiperlipidemia, arterosclerosis, jantung koroner terganggu dari kadar lipid dalam darah [1,2,3]. Arcus senilis biasanya terdapat pada orang tua atau usia lanjut, tetapi juga dapat terbentuk pada remaja atau dewasa yang menderita hiperlipidemia kasus ini disebut *arcus juvenilis*. Arcus senilis biasanya berwarna putih-keabuan atau kadang kekuningan, dengan ketebalan atau lebar cincin 1 mm – 1,5 mm [1].



Proses segmentasi atau formasi dari arcus sendiri bervariasi biasanya terpengaruh oleh kadar lipid dalam darah yang abnormal, hal ini juga tergantung dari kondisi dan pola hidup si penderita seperti konsumsi alkohol, rokok, tekanan darah, diabetes melitus, berat badan dan umur [1].



**Gambar 2.3** *Corneal Arcus* [2].

### **2.3** *Optical Imaging*

*Optical imaging* merupakan salah satu teknik dalam bidang ilmu optika yang digunakan untuk menganalisa struktur dalam (seluler) maupun luar dari makhluk hidup dengan memanfaatkan citra-citra yang didapatkan dengan cahaya pada panjang gelombang tertentu. Saat ini *optical imaging* sudah banyak diaplikasikan di bidang biomedis, seperti studi fungsi otak manusia dengan *diffuse optical tomography*, *fluorescence protein*, untuk deteksi serta terapi tumor dan lain-lain. *Optical Imaging* sekarang sedang berkembang pesat terutama dibidang biomedis, karena dapat dijadikan acuan diagnosa penyakit secara dini tanpa harus melakukan cek darah langsung terhadap pasien yang membutuhkan waktu tidak sedikit.

Kebanyakan dari teknologi *optical imaging* merupakan studi tahap mikro atau sel, yang membutuhkan alat dengan teknologi tinggi sesuai dengan keperluan dengan penggunaannya. Maka perlu dilakukan pengembangan teknik *optical imaging* sederhana dalam skala makro dengan performa, akurasi dan

presisi yang baik untuk tujuan tertentu. Makro yang dimaksud disini adalah bagian luar dari tubuh, sehingga proses identifikasi penyakit dilakukan dengan menggunakan citra bagian luar atau biometrik dengan kriteria yang telah dibangun sebelumnya yang teruji dan terkalibrasi.

#### **2.4 Optical Metrology**

*Optical Metrology* adalah metode pengukuran yang menggunakan ilmu optik dengan bantuan cahaya baik *visible* maupun *invisible*. *Optical metrology* memiliki keunggulan tersendiri dibanding metode pengukuran lainnya yaitu pengukuran lebih sensitif, tidak memerlukan kontak langsung dengan objek pengukuran, memiliki akurasi dan presisi yang baik sehingga error yang dihasilkan kecil, beberapa alasan tersebut menyebabkan banyak orang menggunakan *optical metrology* untuk keperluan tertentu. Contoh *optical metrology* seperti interferometri, radiometri, *particle image velocimetry* dan lain-lain. Setiap metode memiliki keunikan dan fungsi tersendiri dalam pengukuran.

*Metrology* adalah aktivitas yang mana proses mengkuantifikasi sebuah variabel fisis untuk membandingkan suatu sistem dengan yang lain atau untuk menganalisa sistem yang sama dengan kondisi yang berbeda. Ketika suatu unit acuan dari pengukuran telah terdefinisi maka parameter-parameter lainnya mungkin akan diperoleh juga. Maka dari itu untuk melakukan perbandingan pengukuran yang dapat digunakan dan dipercaya kebenaran perlu di tentukan sebuah standar dalam proses *Metrology* ini. Dengan adanya sebuah standar kalibrasi yang teruji maka dapat menjadi acuan baku dari optical metrology sehingga hasil pengkuran dipercaya kebenarannya dan mempunyai korelasi erat dengan kondisi objek pengukuran sebenarnya. Salah satu contoh standar di optical metrology adalah faktor perbesaran atau *magnification*, dll.

## 2.5 Representasi Citra Digital

Citra digital merupakan perwakilan dari sebuah fungsi dua dimensi  $g(x,y)$ , dengan  $x$  dan  $y$  adalah posisi koordinat sedangkan  $g$  adalah amplitudo yang sering dikenal dengan intensitas atau *gray scale* [7]. Pada **Gambar 2.4** di bawah menunjukkan bahwa citra digital merupakan fungsi dua dimensi. Nilai intensitas adalah diskrit mulai dari 0 hingga 255. Citra yang ditangkap oleh *camera/webcam* dikuantisasi dalam bentuk diskrit disebut sebagai citra digital (*digital image*) [8].



**Gambar 2.4** Citra sebagai fungsi dua dimensi.

Citra digital tersusun dari sejumlah nilai tingkat keabuan (*gray tone*) yang dikenal sebagai *pixel* pada posisi tertentu. Untuk melakukan pemrosesan citra digital, citra analog harus diubah dahulu ke dalam bentuk citra digital. Proses mengubah citra ke bentuk digital bisa dilakukan dengan berbagai perangkat, diantaranya *scanner*, *camera* dan *webcam*. Citra digital dibagi dalam dua jenis yaitu citra diam dan citra bergerak. Citra bergerak pada dasarnya adalah sekumpulan citra diam dalam bentuk kumpulan *frame* [8].

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & f(1,3) & \dots & \dots & f(1,n) \\ f(2,1) & f(2,2) & f(2,3) & \dots & \dots & f(2,n) \\ f(3,1) & f(3,2) & f(3,3) & \dots & \dots & f(3,n) \\ f(4,1) & f(4,2) & f(4,3) & \dots & \dots & f(4,n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(m,1) & f(m,2) & f(m,3) & \dots & \dots & f(m,n) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Pada persamaan (2.1) di atas dinyatakan sebuah citra digital dalam bentuk matriks yang mempunyai tinggi citra =  $m$  dan lebar citra =  $n$  [9].

## 2.6 Webcam

*Webcam* (*web camera*) adalah sebuah kamera digital portable yang terhubung pada komputer melalui port usb (*universal serial bus*). Webcam digunakan pada umumnya sebagai kamera eksternal pada komputer untuk keperluan *video chatting*, *recording* dan lain-lain. Sebuah webcam biasanya terdiri dari sebuah *housing* dilengkapi dengan *standing board*, di dalam *housing* terdapat lensa kamera yang terpasang pada papan sirkuit beserta microphone (untuk ini tergantung dari produsen sesuai dengan fitur yang ditawarkan).



**Gambar 2.5** Webcam.

Saat sudah banyak produsen-produsen elektronik yang bersaing untuk membuat webcam dengan harga murah dan

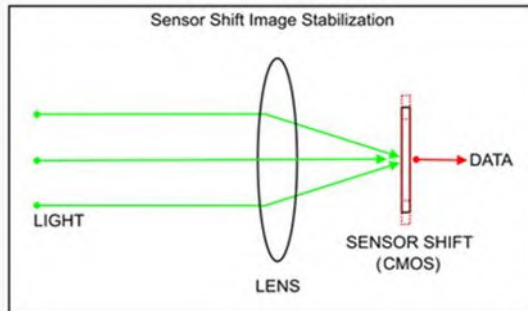
memiliki banyak fitur bahkan beberapa produsen sudah menggunakan sensor CMOS (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*) pada webcamnya untuk meningkatkan kualitas citra yang dihasilkan oleh webcam.

Berikut contoh fitur dan pengaturan *webcam* meliputi berbagai macam aspek dan aplikasi antara lain:

- *Motion sensing* yaitu kemampuan *webcam* untuk mengambil citra ketika kamera mendeteksi gerakan.
- *Image archiving* yaitu pengguna *webcam* dapat membuat sebuah *archive* yang menyimpan semua citra dari *webcam* atau citra-citra tertentu saat interval yang diinginkan.
- *Advanced connections* yang berfungsi untuk menyambungkan perangkat *home theater* ke *webcam* dengan kabel maupun nirkabel.
- *Social media* yaitu pengguna dapat mengimport atau *upload* langsung hasil foto dari *webcam* ke *social media* seperti facebook, twitter .
- *Auto Focus*, *webcam* dapat mengatur *focus* kamera secara otomatis yang memungkinkan untuk didapatkan hasil foto yang lebih baik kualitasnya.

## 2.7 Prinsip Kerja Sensor

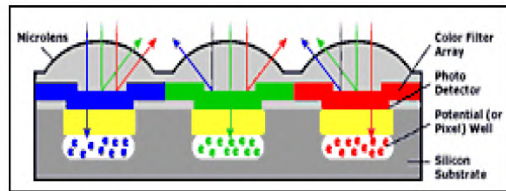
Secara umum cara kerja *webcam* sama dengan kamera digital yaitu menangkap citra menggunakan sensor kemudian menyimpankan dalam sebuah perangkat memori yang terintegrasi dengan komputer. Sensor yang biasa digunakan untuk *webcam* adalah jenis CCD (*Charge-Coupled Device*) dan CMOS (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*), untuk saat ini sensor jenis CCD sudah jarang digunakan untuk *webcam* dan banyak produsen yang telah memproduksi produk *webcam* nya dengan menggunakan sensor CMOS.



**Gambar 2.6** Proses perambatan sinar pada sensor *webcam* [10].

Pada gambar diatas terlihat berkas dari sumber cahaya diterima oleh sensor CMOS. Daerah CMOS memiliki sensitivitas tinggi cahaya yaitu dioda p-n *junction* berfungsi sebagai bias balik. Arus foto akan menangkap berkas dari sumber cahaya sehingga arus saturasi balik dari dioda akan naik. Terdapat faktor-faktor yang dapat mempengaruhi jumlah foton yang masuk ke dalam CMOS, diantaranya yakni daya serap semikonduktor (*semiconductor absorption length*), ikatan energi semikonduktor dan kemampuan pancar dari permukaan semikonduktor [8].

Foton yang memiliki panjang gelombang pendek akan mempunyai energi lebih tinggi daripada foton yang memiliki panjang gelombang yang lebih. Untuk dapat diserap semikonduktor, foton harus mempunyai energi yang cukup untuk membangkitkan elektron valensi pada ikatan konduksi. Perubahan minimum di dalam energi potensial disebut celah energi (*energy gap*) semikonduktor [8].



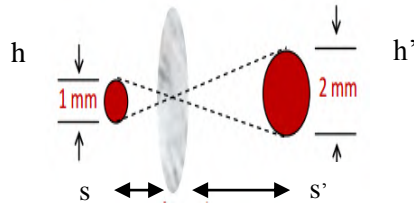
**Gambar 2.7** Koleksi cahaya dan filter warna ke dalam pixel [10].

Sebelum mampu membangkitkan sebuah pasangan elektron-hole, foton harus melewati udara di permukaan lapisan ke silikon seperti yang ditunjukkan **Gambar 2.7**. Ketebalan dari lapisan oksida pilihan secara substansi dapat menambah daya pancar di atas *waveband standard*. Inilah yang menjadi dasar penerimaan cahaya pada sensor CMOS yang terdapat dalam webcam sehingga citra dapat ditampilkan pada perangkat komputer yang terintegrasi dengan *webcam* tersebut [8].

## 2.8 Resolution dan Magnification

Dalam bidang fotografi yang berhubungan erat dengan citra digital, ada dua hal ini yakni *resolution* dan *magnification* yang memiliki peranan penting terhadap informasi yang direpresentasikan oleh citra terhadap objek nyata. *Resolution* merupakan jarak minimum dari dua buah objek yang dapat dipisahkan (daya pisah), dalam digital resolution berarti jumlah pixel satuan yang dimiliki oleh objek dalam citra yang menunjukkan sejauh mana objek tersebut dapat dipisahkan satu sama lain [12]. Ukuran pixel juga biasanya berupa persegi atau persegi panjang. Besar kecilnya dari *resolution* ditentukan oleh *pixel size* dari sensor kamera (CCD atau CMOS) yang digunakan pada saat pengambilan citra objek.

Sedangkan *Magnification* adalah rasio perbesaran dari citra yang ditampilkan dengan objek nyata. Sebagai contoh jika terdapat sebuah objek dengan diameter 1 mm dengan menggunakan lensa objek tersebut terlihat menjadi 2 mm dengan kata lain *magnification* nya adalah 2 kali lebih besar [12].



**Gambar 2.8** Contoh *Magnification*.

Berikut dibawah ini merupakan salah satu persamaan untuk menghitung *Magnification* pada citra;

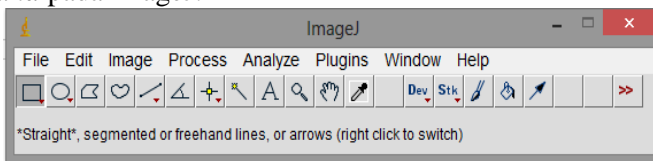
$$M = \frac{h'}{h} = \frac{s'}{s} \quad (2.2) [4]$$

Sehingga :

$$\text{Magnification} = \frac{\text{Jumlah pixel objek} \times \text{Ukuran pixel webcam}}{\text{Ukuran objek nyata}} \quad (2.3) [12]$$

## 2.9 Peranti Lunak ImageJ (*Freeware*)

ImageJ adalah sebuah aplikasi *open source* yang berbasis bahasa pemrograman Java yang digunakan untuk pengolahan citra atau *image processing*. Kelebihan dari ImageJ selain *open source* adalah memiliki banyak *plugins* yang dikembangkan oleh suatu kelompok peneliti bagi aplikasi spesifik tertentu seperti nano struktur, segmentasi, *rescalling*, biomedis dan lain-lain. Fitur-fitur tersebut dapat dijalankan dengan mudah hanya dengan “*one click*”. Karena pada ImageJ dapat digunakan *macro program* yang dapat mempermudah proses pengolahan citra, dengan adanya *macro program* dapat menjalankan banyak perintah atau *command* pada ImageJ.



**Gambar 2.9** Kotak dialog ImageJ.



## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang metodologi yang akan dilaksanakan dalam penelitian. Langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Menentukan bahan yang akan digunakan untuk membuat rumah (*housing/case*) sistem akuisisi citra yaitu berupa kaca mata pelindung atau *welding google*, serta spesifikasi *webcam* untuk sistem.
2. Menentukan peralatan – peralatan yang menunjang terlaksananya penelitian seperti pencahayaan sistem *LED*, pengaturan fokus *webcam*, manual scale marking sederhana dan variabel yang akan digunakan.
3. Proses yang akan digunakan meliputi menentukan pengaturan fokus *webcam* dan pencahayaan *LED* untuk mengambil citra dan kalibrasi kamera pada sistem yang digunakan.

Ketiga langkah tersebut merupakan prosedur penelitian tugas akhir secara umum. Prosedur selengkapnya akan dijelaskan pada bagian berikut ini.

### **3.1 Peralatan dan Bahan**

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah:

- *Webcam Logitech C525* (ukuran pixel  $2.2\mu\text{m} \times 2.2\mu\text{m}$ )
- *Welding Google Krisbow*
- *PCB ( Printed Circuit Board)*
- Gunting
- Plastik mika
- *Brand Tape*
- *LED (Light Emitting Diode) Superbright Putih 3 mm*
- Trimpot  $5000 \Omega$
- Port usb male
- Kabel listrik

### 3.2 Langkah-Langkah Penelitian

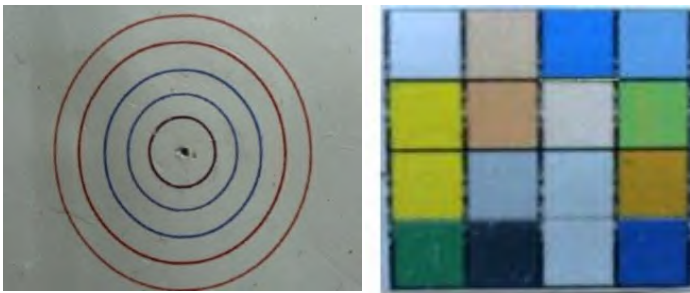
Langkah-langkah penelitian pada tugas akhir ini dijelaskan dalam diagram alir berikut:



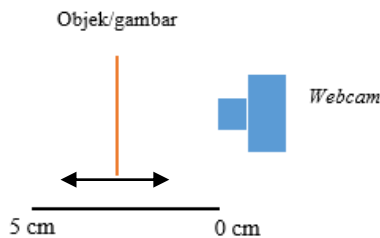
**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian.

### 3.2.1 Pengujian dan kalibrasi *webcam* sistem

Kalibrasi *webcam* pada sistem dilakukan dengan menggunakan berbagai macam jenis pola atau garis yang telah diketahui ukuran nyata sebenarnya pola tersebut diletakkan pada variasi jarak tertentu untuk diambil citranya kemudian dihitung nilai *magnification* dari elemen pixel citranya, termasuk *marking* yang digunakan pada tahap awal tujuannya adalah untuk mencari korelasi hasil nilai *magnification* kalibrasi dengan sistem akuisisi. Hal ini dilakukan untuk mengukur nilai *magnification* pada jarak tertentu dan menentukan *range error webcam* yang digunakan. Seperti contoh di bawah ini pola lingkaran yang akan hitung *magnification* tiap jari-jarinya.



**Gambar 3.2** Contoh objek berpola yang digunakan pada tahap kalibrasi.



**Gambar 3.3** Skema kalibrasi kamera/*webcam*.

### 3.2.2 Kriteria dalam perancangan sistem akuisisi citra

Dalam perancangan sistem akuisisi citra ini menggunakan webcam ada beberapa kriteria atau parameter yang harus diperhatikan. Kriteria ini sangat penting sebagai acuan dasar untuk merancang sistem akuisisi citra, yaitu:

1. Pengaturan perbesaran, fokus dan resolusi dari webcam yang akan mempengaruhi hasil dari kualitas citra saat dilakukan pengambilan data. Maka dari itu perlu ditentukan pengaturan terbaik akan digunakan selama proses pengambilan citra kornea mata sehingga hasil yang didapat memiliki keseragaman.
2. Pencahayaan dalam sistem akuisisi citra yang digunakan dengan luminansi tertentu atau secukupnya. Hal ini dapat mempengaruhi kualitas dari citra yang dihasilkan jika terlalu tinggi nilai luminansi pada pencahayaan maka pada citra akan terdapat glare dari LED dan citra akan menjadi keputihan. Maka dari itu perlu ditentukan nilai luminansi yang tepat untuk sistem akuisisi citra sehingga hasil dari kualitas citra yang didapat maksimal.

### 3.2.3 Perancangan sistem akuisisi citra digital

#### 1. Perancangan rumah (*housing/case*) sistem akuisisi citra

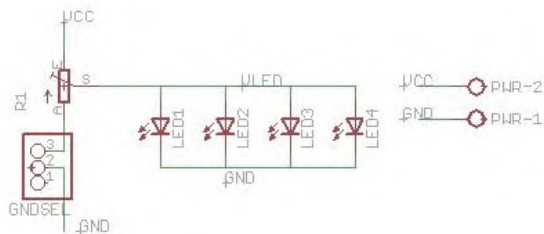
Perancangan *housing/case* sistem menggunakan kaca mata pelindung *google welding* dari firma *Krisbow*. Hal ini disebabkan sistem akuisisi membutuhkan mobilitas yang tinggi pada saat melakukan pengambilan data. Sehingga sistem akuisisi citra dapat dengan mudah dibawa kemana saja dan digunakan kapan pun, selain itu jenis kaca mata pelindung ini sudah banyak di pasaran dan mudah didapat dengan harga yang terjangkau.



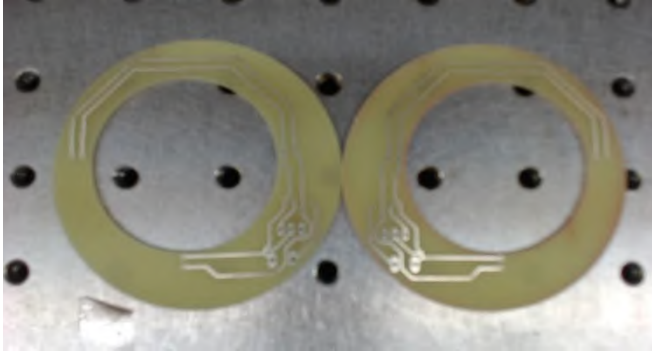
**Gambar 3.4** *Google Welding Krisbow.*

## 2. Perancangan sistem pencahayaan

Sistem pencahayaan dibuat pada *PCB* menggunakan *LED* putih 3 mm sebanyak 4 buah pada setiap *webcam* ( kiri dan kanan). Pada setiap sistem pencahayaan *LED* disusun paralel dan dilengkapi trimpot sebesar 5000 ohm sehingga dapat diatur jumlah tahanan yang berpengaruh terhadap luminansi *LED*. Desain *PCB* disesuaikan dengan bentuk *housing* sistem yang berupa *google welding*, sehingga *PCB* dapat terpasang dengan baik di dalam *housing*. Asupan daya menggunakan konektor usb dengan tegangan 5 Volt.



**Gambar 3.5** Rangkaian listrik sistem pencahayaan.



**Gambar 3.6** PCB sistem pencahayaan.

### **3. Pemasangan *webcam* pada *housing* sistem akuisisi**

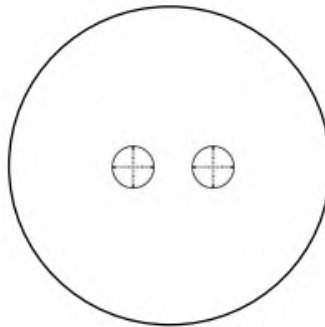
Pemasangan *webcam* pada *housing* sistem dilakukan dengan menempel *webcam* langsung pada bodi depan *housing* menggunakan *band tape* dan lem plastik. Dengan posisi yang disesuaikan pada titik tengah dari tempat mata pada *welding google*. Lem plastik digunakan untuk memperkuat *band tape* dan tidak merusak permukaan bodi *webcam* apabila akan digunakan untuk keperluan lainnya.



**Gambar 3.7** Pemasangan *webcam* pada *housing*.

#### 4. Pembuatan *marking scale* pada sistem akuisisi

*marking scale* digunakan untuk menentukan posisi fix dari mata, selain itu juga digunakan untuk menghitung panjang sebenarnya dari arcus yang akan diambil citranya. Kegunaan *marking* disini sebagai acuan ukuran untuk perbandingan citra dengan objek nyata, sehingga dapat dihitung *Magnification factor* sebagai nilai rasio perbesaran dari citra yang dihasilkan sistem akuisisi. Desain *marking* menggunakan sniper scope jenis fine crosshair dengan diameter 6 mm. *Marking* di susun sejajar pada tempat penutup mata pada *welding google*, Sehingga terdapat jarak antar *marking* sebesar 6 mm.



**Gambar 3.8** Posisi pemasangan *marking scale*.

#### 5. Pemasangan semua komponen dari sistem akuisisi citra

Pada tahap ini dilakukan pemasangan semua komponen dari sistem akuisisi citra yang telah dibuat menjadi 1 pada housing yang telah disediakan.



**Gambar 3.9** Sistem akuisisi citra.



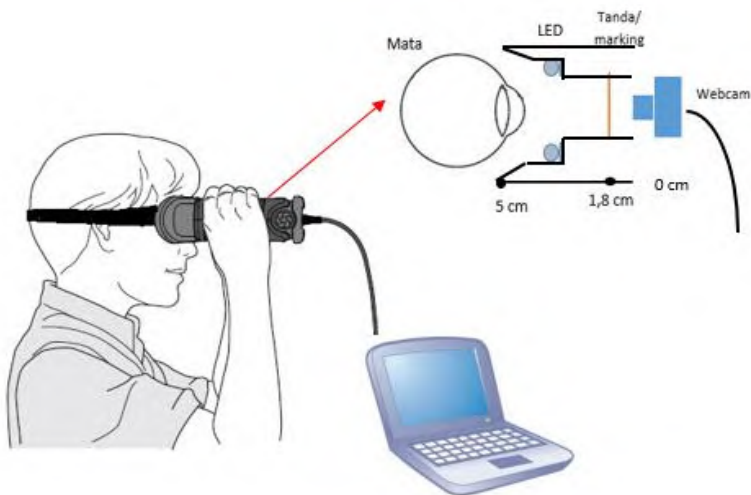
**Gambar 3.10** *Marking scale* pada sistem akuisisi.



**Gambar 3.11** Tempat penutup mata dan sistem pencahayaan.



Dapat dilihat pada **Gambar 3.11** diatas *PCB* sistem pencahayaan terpasang dengan baik pada *google*, namun pada setiap *LED* dipasang *band tape* hal ini lakukan untuk membaurkan cahaya dari led yang dapat menyebabkan *glare* pada citra mata yang dihasilkan. Karena glare dapat menyulitkan proses kuantifikasi dan mengurasi kualitas citra kornea mata. Dengan terpasangnya *band tape* terukur nilai luminansi *LED* berkisar 138-146 Lux. Secara 2 dimensi rancang bangun sistem dapat dilihat pada **Gambar 3.12**.



**Gambar 3.12** Skema rancangan sistem akuisi citra.

### 3.2.4 Pengujian awal sistem akuisisi citra dengan mata sehat

Sebelum sistem digunakan untuk mengambil data yakni citra mata corneal arcus, sistem akuisisi harus diuji terlebih dahulu dengan menggunakan mata sehat untuk memastikan kualitas citra yang di hasilkan sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Adapun beberapa parameter yang diubah dalam dalam proses pengujian adalah pencahayaan sistem dan pengaturan fokus *webcam*, untuk pengaturan lainnya diset *auto* atau *default software driver webcam*. Penggunaan sistem akuisisi citra dilakukan secara bergantian untuk mata kiri dan kanan,

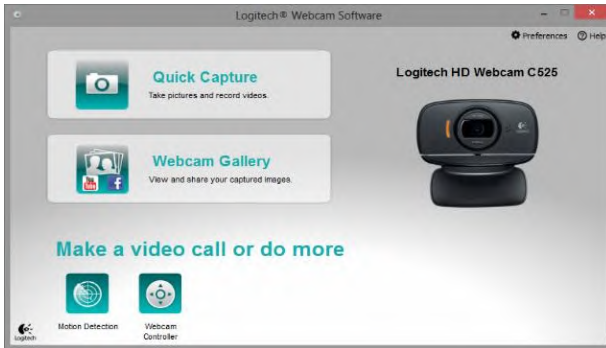
karena software driver webcam tidak mampu menjalankan 2 *webcam* sekaligus sehingga pengambilan mata kiri dan kanan tidak dapat dilakukan secara bersamaan.

Proses pengambilan data untuk tahap pengujian sistem dilakukan dengan 2 kali setiap pengambilannya menggunakan 2 pengaturan fokus yang berbeda. Fokus pada marking scale dan fokus pada kornea mata, hal ini dilakukan sebagai perbandingan untuk mencari nilai *Magnification factor* pada citra.

Berikut dibawah ini langkah-langkah proses pengambilan citra pada tahap pengujian sistem akuisisi;

### 1. Menjalankan *software driver webcam*

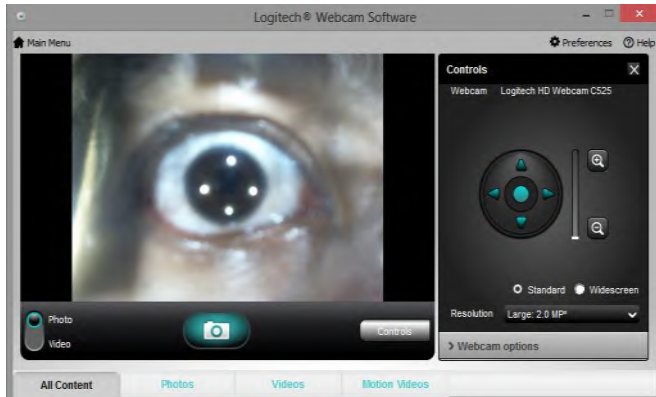
Langkah awal yaitu menghubungkan konektor *usb power webcam* dan sistem pencahayaan ke *personal computer* (pc) atau *notebook*. Kemudian jalankan *software driver webcam*, tampak kotak dialog program *webcam* seperti **Gambar 3.13** dibawah lalu pilih *Quick Capture*.



**Gambar 3.13** Kotak dialog *software driver webcam*.

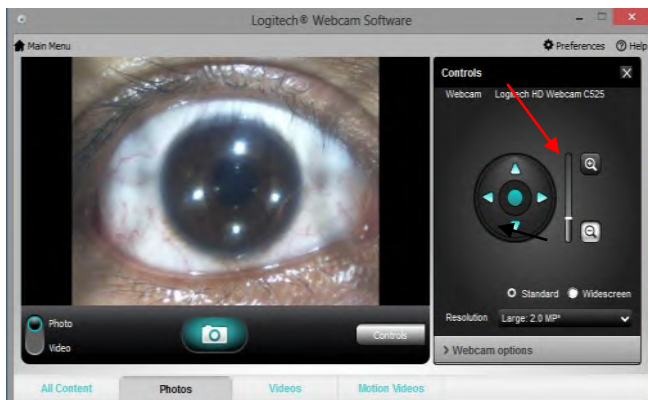
### 2. Pengaturan parameter pada *webcam*

Pada kotak dialog *software driver webcam*, lakukan beberapa pengaturan pada zoom dan fokus sehingga didapat ukuran citra kornea yang diinginkan. Untuk pengaturan zoom digunakan 4x, fokus yang digunakan ada 2 jenis pengaturan fokus yaitu pada marking scale dan kornea mata.



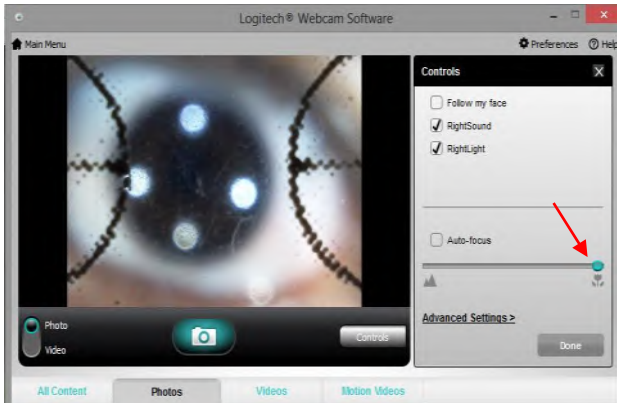
**Gambar 3.14** Kotak dialog pengaturan *webcam*.

Terlihat pada **Gambar 3.14** diatas merupakan kotak dialog *software driver* dari *webcam Logitech* yang digunakan pada sistem akuisisi citra digital dengan *setting default*.



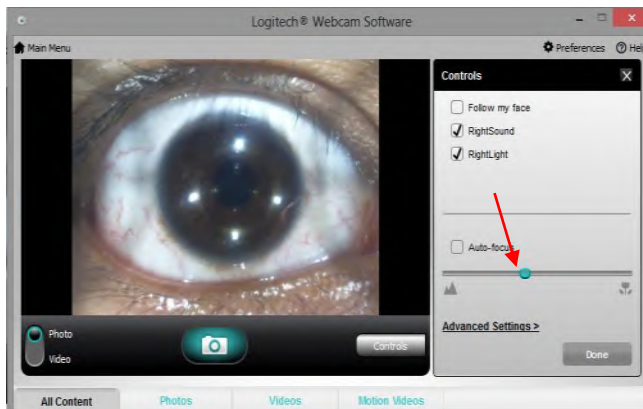
**Gambar 3.15** Pengaturan *zoom webcam*.

Pengaturan zoom yang digunakan pada sistem akuisisi citra digital adalah 4 kali seperti yang terlihat pada **Gambar 3.15**, sehingga citra mata dapat terlihat dengan jelas.



**Gambar 3.16** Pengaturan fokus *webcam* untuk *marking*.

Pada **Gambar 3.16** menunjukkan pengaturan fokus webcam untuk *marking scale*, fokus webcam yang digunakan adalah jenis *contrast detect*. Sehingga hanya kontras tertentu pada citra yang akan terfokus.

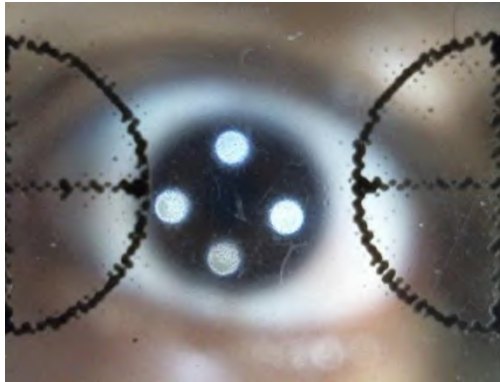


**Gambar 3.17** Pengaturan fokus *webcam* untuk kornea mata.

Untuk pengaturan fokus webcam pada **Gambar 3.17** difokuskan pada kornea mata, sehingga kornea mata terlihat jelas pada *live view webcam*.

### 3. Pengambilan citra marking dan kornea mata

Setelah dilakukan pengaturan pada webcam melalui software, kemudian lakukan pengambilan citra untuk kedua mata kiri dan kanan dengan pengaturan yang serupa, berikut contoh hasil citra;



**Gambar 3.18** Contoh citra *marking*.

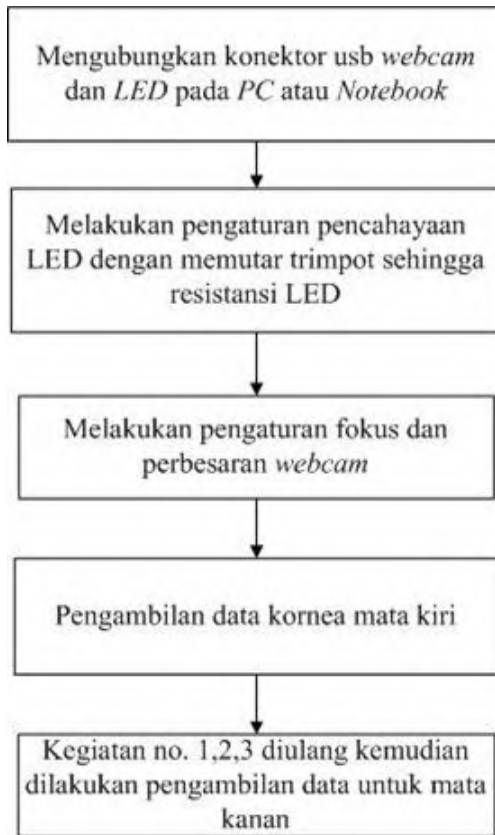
**Gambar 3.18** diatas merupakan contoh dari hasil citra *marking* yang digunakan untuk proses pengujian tahap awal sistem akuisisi citra digital dengan pengaturan fokus kontras pada *marking scale*.



**Gambar 3.19** Citra hasil perekaman kornea mata sehat.

Contoh citra hasil perekaman sistem akuisisi citra digital terlihat pada **Gambar 3.19** dengan pengaturan fokus *webcam* pada kornea mata. Terlihat citra kornea mata yang dihasilkan telah memenuhi kriteria yang diinginkan sebelumnya.

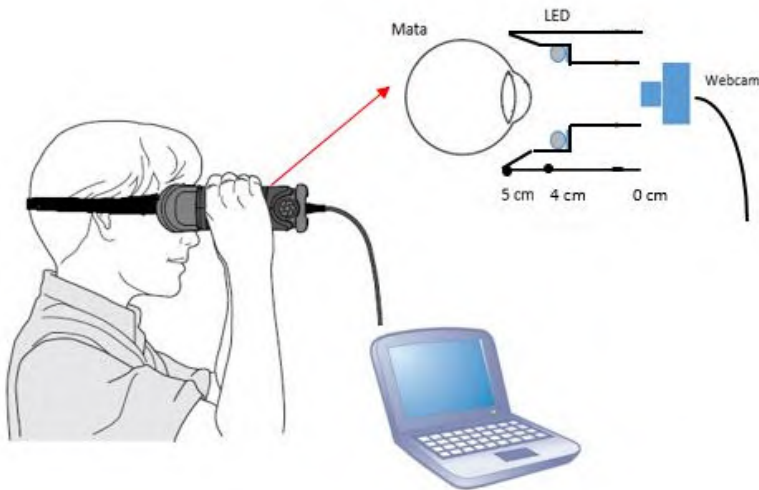
Untuk lebih jelas prosedur pengambilan data pada sistem akuisisi citra digital ini dapat dilihat diagram alir pengambilan data pada **Gambar 3.20** dibawah ini.



**Gambar 3.20** Diagram alir pengambilan data.

### 3.3 Pengambilan contoh data kornea dengan sistem akuisisi citra digital

Setelah sistem akuisisi citra telah teruji dan terkalibrasi, kemudian dilakukan pengambilan contoh data kornea mata sehat dari beberapa donor.



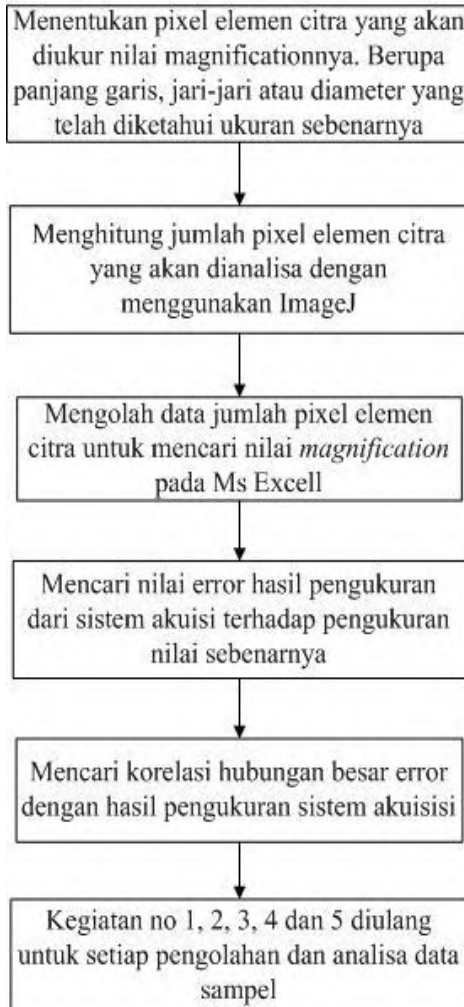
**Gambar 3.21** Skema penggunaan sistem akuisi.

### 3.4 Pemrosesan citra hasil rekaman

Dengan data-data kornea mata yang telah diambil sebelumnya akan dilakukan analisa perfomansi dan kinerja sistem akuisisi citra berupa kualitas dan *Magnification Factor* citra. Nilai *Magnification Factor* akan dijadikan acuan kalibrasi dari data-data kornea, sehingga setiap data akan seragam. Analisa dan pembahasan data dilakukan dengan ImageJ dan MS Excell.

Berdasarkan hasil data-data yang telah diperoleh dan diproses selama penelitian serta analisa data terhadap kualitas dan *Magnification Factor*, maka kemudian dilakukan pembahasan tentang fenomena atau korelasi faktor-faktor yang terjadi selama proses penelitian tersebut dan diakhiri dengan

penarikan kesimpulan sebagai jawaban atas permasalahan yang diajukan pada penelitian tugas akhir ini.



**Gambar 3.22** Diagram alir pengolahan data.



## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

Pada bagian ini, diperlihatkan hasil penelitian tugas akhir berupa nilai *magnification factor* beserta nilai *error* dari citra yang telah diambil oleh sistem akuisisi citra menggunakan *webcam Logitech HD C525 2MP* baik pada tahap pengujian dan pengambilan data, sehingga dapat ditentukan spesifikasi sistem akuisisi citra berupa akurasi dan *repeatability*. Dalam pengujian atau perhitungan nilai *magnification factor* beserta nilai *error* ini menggunakan 2 jenis data, yaitu data hasil kalibrasi dari sistem akuisisi dan data mata sehat yang di ambil dari beberapa relawan. Citra-citra tersebut diolah dengan bantuan *software ImageJ* untuk menentukan besarnya pixel elemen citra yang akan diolah atau dicari nilai *magnification factor* nya.

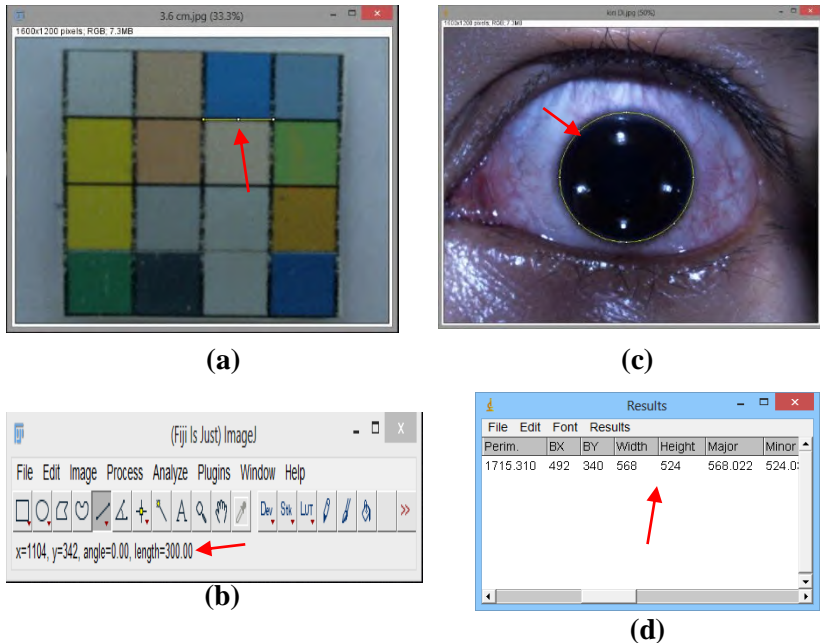
#### **4.1 Perhitungan *Magnification Factor***

Perhitungan *magnification* menggunakan persamaan 2.3 dan software *ImageJ* untuk menentukan jumlah pixel pada elemen citra yang akan dihitung. Dalam pengambilan data resolusi citra sudah fix yaitu 2MP (1600x1200). Data yang diolah ada 2 jenis yaitu data kalibrasi dengan ukuran elemen citra yang berbeda-beda dan telah diketahui ukuran sebenarnya serta memiliki jarak yang beragam dari *webcam* dan data mata sehat dengan bantuan marking di depan *webcam*. Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan *magnifacaton* dari kedua jenis data, kemudian akan ditentukan korelasi antara satu sama lain berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan. Tahap ini meliputi penentuan pixel elemen citra dan perhitungan *magnification*.

##### **4.1.1 Penentuan Pixel Elemen Citra**

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan jumlah pixel dari elemen citra yang akan digunakan sebagai acuan penentuan *magnification factor*. Elemen pixel citra yang digunakan sebagai acuan harus telah diketahui ukuran aslinya. Tahap ini

menggunakan bantuan *software* ImageJ karena sangat mudah untuk digunakan untuk menghitung atau mengukur pixel dari citra.



**Gambar 4.1** (a) Perhitungan elemen pixel elemen citra dengan tool garis, (b) Jumlah pixel elemen citra dengan tool garis, (c) Perhitungan pixel elemen citra dengan tool elips, (d) Jumlah pixel elemen citra dengan tool elips.

Pada penentuan jumlah pixel elemen citra yang akan dikuantifikasi, jumlah pixel yang diambil adalah batas dari titik ke titik yang telah ditentukan sesuai dengan nilai objek sebenarnya yang telah diketahui (dimensi panjang), sehingga efek blur dari citra tidak pengaruh terhadap pengukuran. Efek blur dimaksud ini adalah blur yang disebabkan kontras citra tidak terfokus pada *webcam*. Seluruh pengambilan data dilakukan dengan pengaturan fokus *webcam* yang telah ditentukan sebelumnya sehingga sama dan tetap.

#### 4.1.2 Perhitungan *Magnification Factor*

Pada tahap perhitungan *magnification factor*, dilakukan dengan menggunakan pixel elemen citra yang telah didapat sebelumnya serta panjang elemen objek nyata dan ukuran pixel *webcam* yang telah diketahui, menggunakan persamaan 2.3 yang telah dilampirkan pada bab sebelumnya.

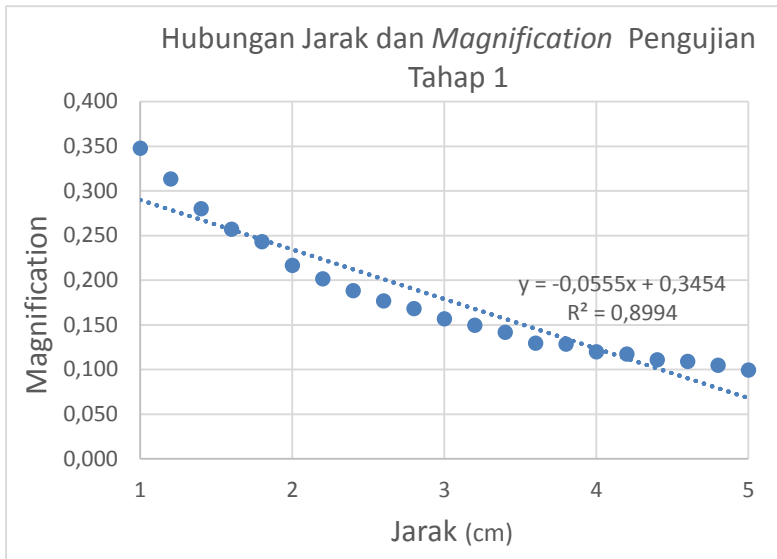
Perhitungan ini dilakukan pada setiap citra yang telah diambil dari sistem akuisisi citra. Baik data hasil pengujian atau kalibrasi maupun data mata sehat hasil akuisi sistem. Sehingga dapat ditemukan hubungan atau korelasi antar data pengujian dan data mata sehat yang telah diakuisisi oleh sistem.

#### 4.2 Hasil pengujian sistem akuisisi citra digital

Pengujian sistem dilakukan dari tahap kalibrasi *magnification webcam* yang dibagi menjadi 2 tahap. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara besar nilai *magnification* dengan jarak objek terhadap *webcam*.

Tahap 1 dilakukan dengan menggunakan objek bergaris seperti pada **Gambar 4.1(a)** dengan ukuran sisi tiap persegi sebesar 5 mm. Pixel elemen citra yang diukur adalah jarak dari titik ke titik satu sisi persegi sebesar 5 mm tersebut. Pengambilan citra objek dilakukan pada jarak 1-5 cm dengan variasi kenaikan jarak sebesar 0,2 cm per titik jarak pengambilan citra.

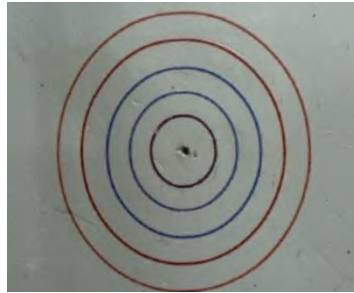
Pengambilan jarak pengujian sistem pada tahap 1 ini ditentukan dari dimensi panjang *welding google* yang digunakan. Jarak total *webcam* dengan mata pada *welding google* adalah  $\pm 5$  cm. Jarak pengambilan dimulai dari 1 cm karena pada jarak 0-1 cm citra terlihat gelap dan buram karena jarak objek terlalu dekat dengan *webcam*. Untuk hasil nilai *magnification* pada pengujian tahap 1 dapat dilihat pada **Gambar 4.2** berikut;



**Gambar 4.2** Grafik hubungan jarak dan *magnification* pada jarak 1-5 cm pada pengujian tahap 1.

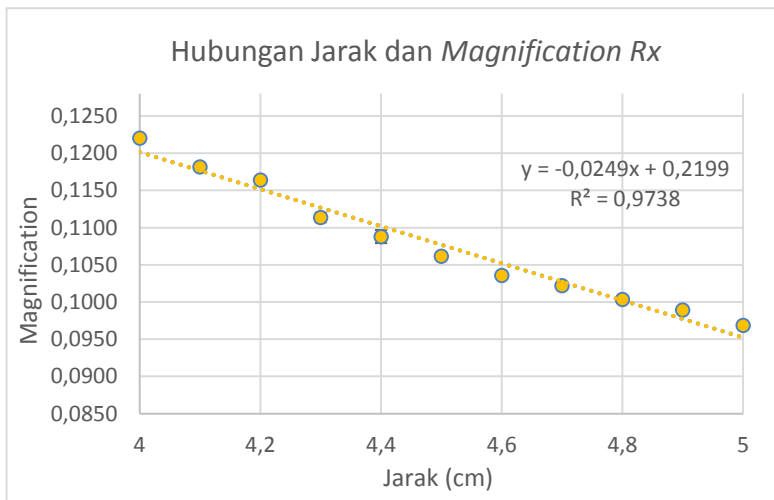
Terlihat pada **Gambar 4.2** hubungan nilai *magnification* citra terhadap jarak objek pada *webcam*, nilai *magnification* akan semakin turun apabila jarak objek semakin jauh terhadap *webcam*. Pada pengujian tahap 1 ini membuktikan adanya hubungan jarak dengan *magnification* pada *webcam*. Berdasarkan hasil yang didapat nilai *magnification* terbesar terdapat pada jarak 1 cm yaitu 0,348 dan terkecil pada jarak 5 cm sebesar 0,099. Dengan nilai  $R^2$  yaitu 0,899.

Untuk tahap selanjutnya dilakukan pengujian sistem *webcam* dengan menggunakan objek citra pola-pola lingkaran yang jari-jari yang berbeda dan telah diketahui ukuran sebenarnya. Pada objek citra terdapat 4 buah lingkaran yang digunakan yakni R1 3,5 mm, R2 5,5 mm, R3 7,5 mm dan R4 10,5 mm. Pengujian tahap 2 ini dilakukan pada jarak 4-5 cm di depan *webcam* dengan variasi kenaikan 0,1 cm per titik pengambilan citra objek.

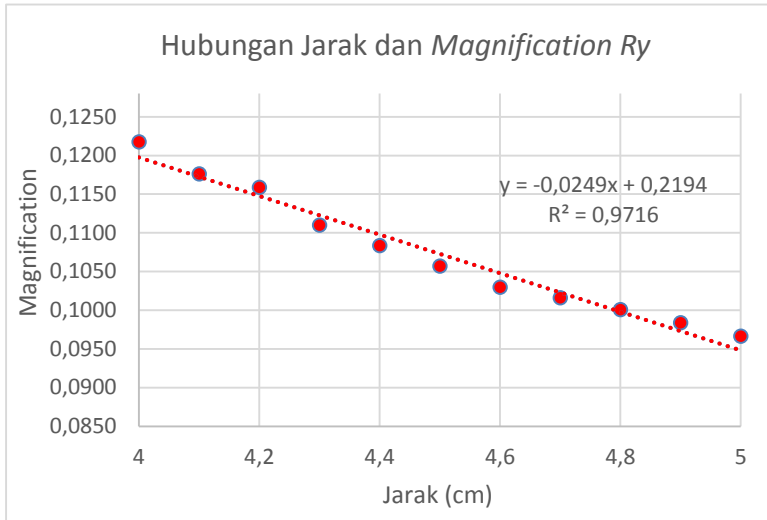


**Gambar 4.3** Objek pola lingkaran yang digunakan pada pengujian tahap 2.

Penentuan jarak pengujian pada tahap 2 ini adalah pada jarak tersebut *range* posisi mata pada *welding google* pada saat sistem akuisisi citra digunakan. Pengujian *magnification* pada tahap 2 ini dilakukan untuk pixel Rx dan pixel Ry. Hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai *magnification* masing-masing arah sumbu x dan sumbu y, selain itu sebagai pembandingan satu sama lain. Berikut hasil pengujian tahap 2;



**Gambar 4.4** Grafik Hubungan Jarak dan *Magnification Rx*.

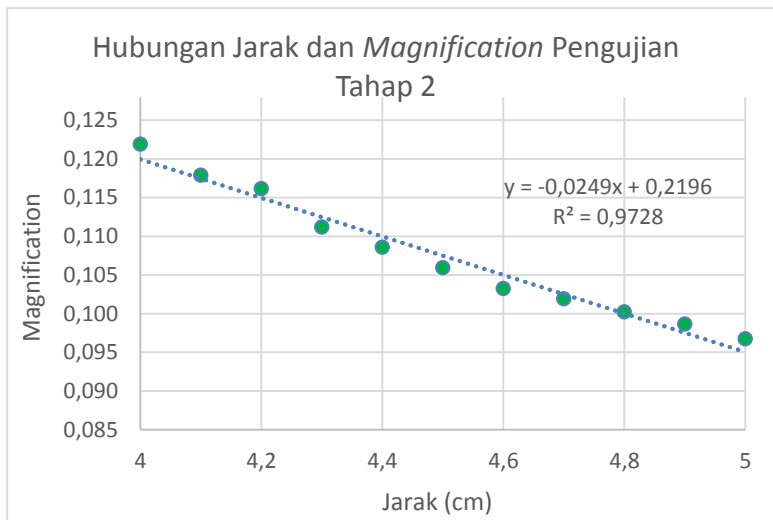


**Gambar 4.5** Grafik Hubungan Jarak dan *Magnification Ry*.

Sesuai dengan hasil pengujian sebelumnya pada tahap 1, pada tahap 2 ini menunjukkan hasil yang sama hubungan antara nilai *magnification* terhadap jarak objek dengan *webcam* yang cenderung turun nilainya apabila bertambah jarak dari objek ke *webcam*-nya. Hasil pengujian nilai *magnification* Rx dan Ry saling mendekati atau nilai hampir sama dengan silisih yang sangat kecil. Namun nilai *magnification* Rx lebih besar dari pada Ry karena jumlah pixel elemen citra pada Rx lebih besar.

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.4** nilai *magnification* Rx terbesar pada jarak 4 cm yaitu 0,1220 dan terkecil pada jarak 5 cm sebesar 0,0969, dengan  $R^2$  yaitu 0,974. Begitu juga dengan nilai *magnification* Ry yang ditunjukkan pada gambar **Gambar 4.5** nilai *magnification* terbesar pada jarak 4 cm sebesar 0,1218 dan terkecil pada jarak 5 cm yaitu 0,0966 dengan  $R^2$  yakni 0,972.

Karena nilai *magnification* pada tahap 2 ini saling mendekati untuk nilai pada Rx dan Ry, sehingga dapat dilakukan rata-rata terhadap kedua hasil nilai perhitungan *magnification* tersebut.

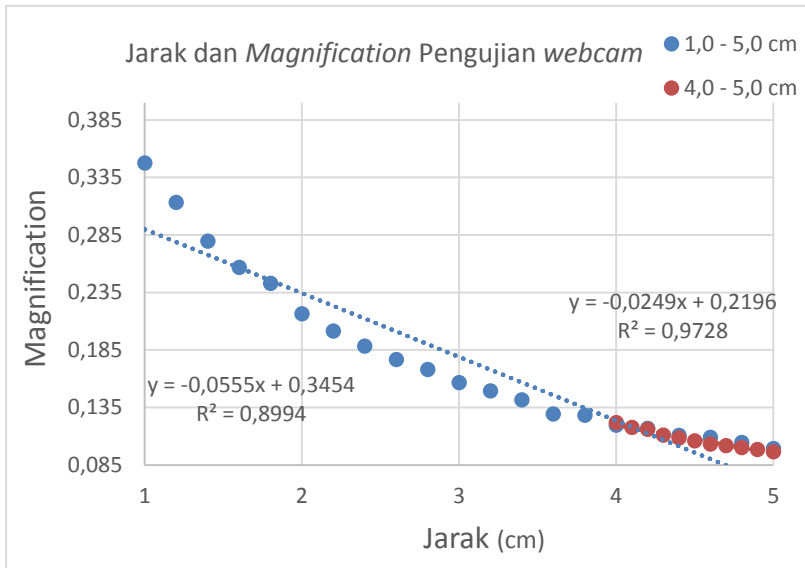


**Gambar 4.6** Grafik hubungan jarak dan *magnification* pada jarak 4-5 cm pada pengujian tahap 2.

Pada **Gambar 4.6** menunjukkan hasil pengujian nilai *magnification* sistem akuisisi citra pada tahap 2 yang didapat dari rata-rata hasil perhitungan  $R_x$  dan  $R_y$ .

Dengan telah dilakukan pengujian tahap 2, sehingga dapat dilakukan korelasi hubungan antara hasil pengujian *magnification* tahap 1 dengan objek pola bergaris persegi dan tahap 2 dengan objek pola-pola lingkaran. Hal ini lakukan dengan menggabungkan hasil *magnification webcam* pada pengujian tahap 1 dan tahap 2.

Berdasarkan hasil pengujian ini dapat terlihat spesifikasi *magnification webcam* logitech yang digunakan pada sistem akuisisi hubungan antara jarak objek terhadap *webcam* dengan besarnya nilai *magnification*.



**Gambar 4.7** Grafik hubungan jarak dan *magnification webcam*.

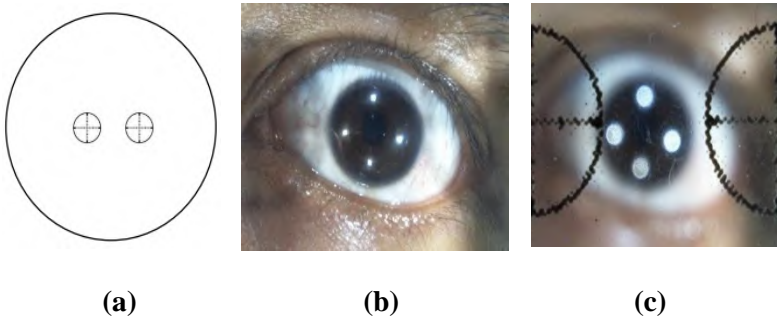
Terlihat pada **Gambar 4.7** diatas grafik hasil pengujian *magnification webcam*. Hasil pada tahap 2 terletak dalam range *magnification* tahap 1 , sehingga nilai *magnification* pada tahap 2 berkorelasi atau berhubungan dengan tahap 1, walaupun objek citra yang digunakan dalam masing-masing pengujian berbeda. Pada grafik diatas poin warna biru menunjukkan hasil dari pengujian tahap 1 menggunakan objek pola bergaris persegi dan warna merah menunjukkan hasil pengujian menggunakan pola-pola lingkaran.

### 4.3 Hasil pengujian *marker* sistem akuisisi citra

Sesuai dengan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya sistem akuisisi citra menggunakan alat bantu berupa *marking scale*. Berbentuk dua buah lingkaran berdiameter 6 mm yang terletak dalam *welding google* pada jarak 1,8 cm didepan *webcam* jarak antar *marker* tersebut adalah 6 mm. *Marker* ini berfungsi sebagai alat bantu untuk menentukan perkiraan jarak mata sehat pada sistem akuisisi sehingga dapat ditentukan nilai *magnification* terbaik yang akan digunakan untuk proses kuantifikasi arcus.



Pada tahap pengujian ini dilakukan dengan mengambil citra mata sehat langsung dari beberapa relawan. Pengambilan citra dilakukan dengan menggunakan 2 pengaturan fokus yakni F0 dan F1. F0 adalah pengaturan fokus untuk pengambilan citra *marker* dan F1 adalah pengaturan fokus untuk pengambilan citra kornea mata.

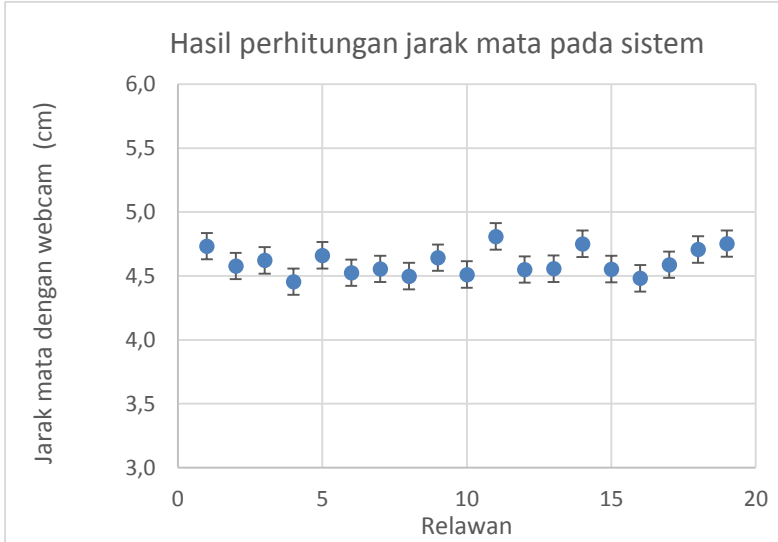


**Gambar 4.8** (a) *Marker* yang digunakan pada sistem akuisisi citra, (b) Hasil pengambilan citra mata sehat dengan pengaturan fokus F1, (c) Hasil pengambilan citra *marker* dengan pengaturan fokus F0.

Perhitungan jumlah pixel elemen citra yang digunakan dalam tahap ini adalah jumlah pixel dari jarak titik tengah marker menuju titik marker lainnya dengan jarak nyata sebesar 1,2 cm, untuk citra hasil F0. Kemudian dengan dibandingkan jumlah pixel pada jari-jari kornea mata dengan ukuran nyata diameter kornea mata rata-rata sebesar 11,5 mm untuk citra pada F1.

Perhitungan penentuan jarak mata sehat pada sistem akuisisi dilakukan menggunakan persamaan dasar *magnification* 2.2 pada bab sebelumnya. Nilai nyata menggunakan nilai *real* masing-masing objek, baik jarak titik tengah antar marker ( $h$  mark F0), posisi fix *marker* ( $s$  mark F0) pada *welding google* dan nilai diameter rata-rata kornea mata ( $h$  Rx F1). Sedangkan untuk nilai bayangan menggunakan hasil perkalian jumlah pixel elemen citra dengan ukuran pixel *webcam* yang digunakan. Dengan acuan nilai

s bayangan atau citra *marker* pada citra hasil F0 (s' mark F0) dan F1 (s' Rx F1) adalah sama.

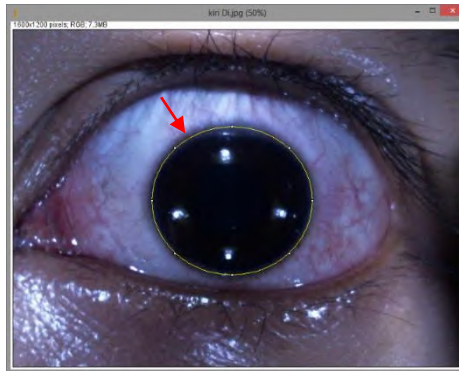


**Gambar 4.9** Grafik hasil perhitungan jarak mata terhadap *webcam* pada sistem akuisisi citra.

Pada **Gambar 4.9** diatas menunjukkan hasil perhiungan jarak mata terhadap *webcam* dengan menggunakan 19 sampel dari relawan. Hasil yang dapat jarak rata-rata mata terhadap webcam yaitu  $4,607 \pm 0,103$  cm dengan persen relatif standar deviasi sebesar 2,242 %. Berdasarkan hasil pengujian sebelumnya pada jarak rata-rata 4,6 cm didapat nilai *magnification* sebesar 0,105. Nilai *magnification* ini lah yang akan digunakan sebagai acuan dalam perhitungan tahap diameter kornea mata sehat selanjutnya untuk menentukan akurasi dari sistem akuisisi citra digital.

#### 4.4 Kuantifikasi jari-jari kornea mata

Pada tahap ini dilakukan kuantifikasi kornea mata dilakukan dengan mengukur jari-jari atau diameter kornea mata sehat yang didapat dari sampel sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk menguji nilai akurasi sistem akusisi citra, sehingga dapat ditentukan performansi dari sistem akusisi citra. Metode yang digunakan sama dengan proses-proses sebelumnya. Dengan nilai *magnification* yang telah didapat sebelumnya sebesar 0,105, nilai referensi untuk validasi jari-jari x mata sebesar 5,875 mm dan jari-jari y mata 5,5 mm. Berikut contoh pengambilan jumlah pixel kornea mata.



**Gambar 4.10** Kuanfitikasi diameter citra kornea dengan ImageJ.

File	Edit	Font	Results			
Perim.	BX	BY	Width	Height	Major	Minor
1715.310	492	340	568	524	568.022	524.0

**Gambar 4.11** Hasil kuantifikasi pixel citra kornea mata.

Pada gambar 4.11 diatas merupakan hasil kuantifikasi citra kornea mata, nilai *Width* menunjukkan besar pixel diameter horizontal dan nilai *Height* menunjukkan nilai besar pixel diameter vertikal.

Penentuan jumlah pixel elemen citra dengan tool dilakukan pada batas *Horizontal Visible Iris Diameter (HVID)*, untuk data sampel yang baik menggunakan tool elips (lingkaran kornea terlihat jelas). Apabila sampel kornea mata tidak berupa lingkaran penuh (tidak semua relawan dapa mendelik pada saat pengambilan data) maka digunakan tool garis (*line*) dengan menghitung langsung jari-jari kornea. Perhitungan ini dilakukan hanya jarak dari titik ke titik (dimensi panjang).

Hasil jumlah pixel elemen citra digunakan untuk mengkuantifikasi ukuran nyata jari-jari kornea dengan nilai *magnification* yang telah ditentukan. Kemudian lakukan perhitungan *error* berdasarkan hasil kuanfitikasi dengan nilai referensi.

**Tabel 4.1** Hasil kuantifikasi jari-jari kornea mata

Sampel	pixel jari-jari horizontal kornea (Rx)	pixel jari-jari vertikal kornea (Ry)	ukuran Rx dalam citra (m)	ukuran Ry dalam citra (m)	error Rx (%)	error Ry (%)
De	277	260	0,00580	0,00545	-1,21	-0,95
Ch	281	264	0,00589	0,00553	0,215	0,571
Ev	284	275	0,00595	0,00576	1,285	4,762
Rf	277	268	0,00580	0,00562	-1,21	2,095
Jr	282	272	0,00591	0,00570	0,571	3,619
Tc	274	266	0,00574	0,00557	-2,28	1,333
Is	278	267	0,00582	0,00559	-0,86	1,714
Di	292	275	0,00612	0,00576	4,138	4,762

Ke	283	266	0,00593	0,00557	0,928	1,333
Dn	287	266	0,00601	0,00557	2,355	1,333
Rz	278	270	0,00582	0,00566	-0,86	2,857
Zl	289	270	0,00606	0,00566	3,068	2,857
Sm	279	269	0,00585	0,00564	-0,49	2,476
Jd	289	271	0,00606	0,00568	3,068	3,238
Er	277	261	0,00580	0,00547	-1,21	-0,57

Tabel 4.1 menunjukkan hasil kuantifikasi jari-jari kornea mata sampel dengan menggunakan nilai *magnification* sistem akuisisi citra sebesar 0,105. Dapat dilihat pada tabel di atas *error* yang dihasilkan pada proses kuantifikasi kornea mata terhadap referensi yang digunakan bervariasi, terdapat *error* bernilai plus dan minus. Nilai *error* plus menunjukkan nilai pixel jari-jari kornea yang didapat bernilai besar hal ini disebabkan jarak pengambilan data sampel kornea mata tersebut pada sistem akuisisi citra kurang dari 4,6 cm atau dekat dengan *webcam*. Begitu sebaliknya nilai *error* minus menunjuk pixel jari-jari kornea yang bernilai kecil disebabkan pengambilan data sampel kornea mata lebih dari 4,6 cm atau jauh dengan *webcam*.

Berdasarkan hasil kuantifikasi jari-jari kornea data sampel mata sehat pada tabel 4.1, didapat nilai *error* untuk kuantifikasi jari-jari horizontal kornea mata dan jari-jari vertikal kornea mata tidak lebih dari 5%. Sehingga dapat ditentukan bahwa tingkat akurasi sistem akuisisi citra digital sangat baik atau memiliki akurasi yang tinggi untuk proses kuantifikasi.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

- Telah berhasil dilakukan rancang bangun sistem akuisisi citra untuk kuantifikasi pembentukan *corneal arcus* (cincin kornea) menggunakan *webcam* dan *welding google* sederhana yang telah teruji dan terkalibrasi.
- Dari hasil pengujian *webcam* pada sistem akuisisi citra, letak mata pada sistem berkisar  $4,607 \pm 0,103$  cm di depan *webcam* dengan persen relatif standar deviasi sebesar 2,242%.
- Dari hasil pengujian sebelumnya pada jarak rata-rata 4,6 cm didapat nilai *magnification* sistem sebesar 0,105
- Sistem akuisisi citra digital memiliki akurasi yang baik dengan *error* tidak lebih dari 5% berdasarkan hasil pengujian dengan mengukur jari-jari kornea sampel mata sehat.

#### **5.2 Saran**

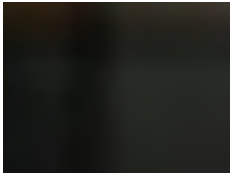
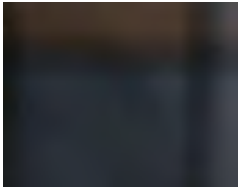

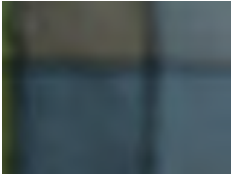
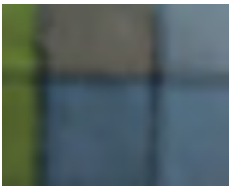
Saran yang dapat menjadi pertimbangan dalam penelitian selanjutnya adalah dilakukan pengembangan kedepannya mampu dibuat sistem akuisisi citra yang bekerja secara *real-time* sehingga hasil kuantifikasi kornea mata langsung dapat diperoleh tanpa harus mengolahnya secara terpisah.


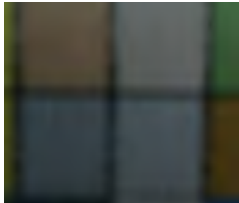

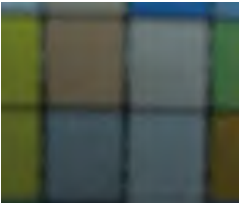

*Halaman ini sengaja dikosongkan*


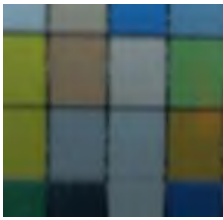
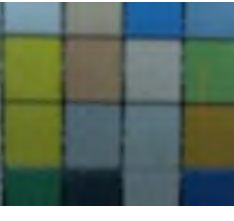
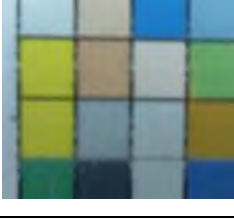



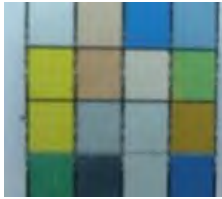




## LAMPIRAN A

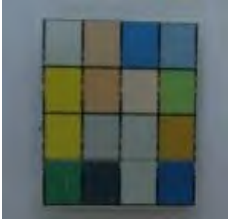

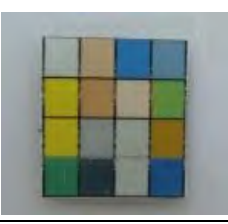
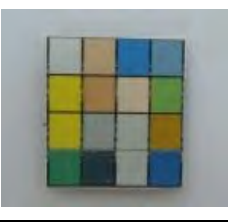

### A1. DATA KALIBRASI TAHAP 1 SISTEM AKUISISI

No.	Jarak	Fokus 1
1	0,2 cm	
2	0,4 cm	
3	0,6 cm	
4	0,8 cm	
5	1 cm	

6	1,2 cm	
7	1,4 cm	
8	1,6 cm	
9	1,8 cm	
10	2 cm	

11	2,2 cm	
12	2,4 cm	
13	2,6 cm	
14	2,8 cm	
15	3 cm	

16	3,2 cm	
17	3,4 cm	
18	3,6 cm	
19	3,8 cm	
20	4 cm	




21	4,2 cm	
22	4,4 cm	
23	4,6 cm	
24	4,8 cm	
25	5 cm	





**A2. HASIL DATA KALIBRASI TAHAP 1 SISTEM AKUISISI**

Jarak (cm)	Jumlah pixel x sisi persegi	Magnification
0,2	NA	NA
0,4	NA	NA
0,6	NA	NA
0,8	NA	NA
1	790	0,348
1,2	712	0,313
1,4	636	0,280
1,6	584	0,257
1,8	552	0,243
2	492	0,216
2,2	458	0,202
2,4	428	0,188
2,6	402	0,177
2,8	382	0,168
3	356	0,157
3,2	340	0,150
3,4	322	0,142
3,6	294	0,129
3,8	292	0,128
4	272	0,120
4,2	266	0,117
4,4	252	0,111
4,6	248	0,109
4,8	238	0,105
5	226	0,099





## LAMPIRAN B

### B1. DATA KALIBRASI TAHAP 2 SISTEM AKUISISI CITRA DIGITAL

No.	Jarak	Citra
1	4.0 cm	
2	4.1 cm	
3	4.2 cm	

4	4.3 cm	
5	4.4 cm	
6	4.5 cm	
7	4.6 cm	



8	4.7 cm	
9	4.8 cm	
10	4.9 cm	
11	5.0 cm	

## B2. DATA HASIL KALIBRASI TAHAP 2 SISTEM AKUISISI CITRA DIGITAL UNTUK JARI-JARI HORIZONTAL (RX)

No.	Jarak (cm)	jumlah pixel R1	Mag Rx1
1	4	194	0,1219
2	4,1	188	0,1182
3	4,2	185	0,1163
4	4,3	178	0,1119
5	4,4	171	0,1075
6	4,5	168	0,1056
7	4,6	165	0,1037
8	4,7	163	0,1025
9	4,8	160	0,1006
10	4,9	158	0,0993
11	5	155	0,0974
rata -rata			0,1077
Standar deviasi			0,0082
relatif standar deviasi (%)			7,646

No.	Jarak (cm)	jumlah pixel R2	Mag Rx2
1	4	305	0,1220
2	4,1	295	0,1180
3	4,2	291	0,1164
4	4,3	276	0,1104
5	4,4	273	0,1092
6	4,5	266	0,1064
7	4,6	259	0,1036
8	4,7	257	0,1028
9	4,8	250	0,1000
10	4,9	248	0,0992
11	5	243	0,0972
rata -rata			0,1077
Standar deviasi			0,0082
relatif standar deviasi (%)			7,654

No.	Jarak (cm)	jumlah pixel R3	Mag Rx3
1	4	416	0,1220
2	4,1	403	0,1182
3	4,2	397	0,1165
4	4,3	380	0,1115
5	4,4	372	0,1091
6	4,5	363	0,1065
7	4,6	354	0,1038
8	4,7	347	0,1018
9	4,8	342	0,1003
10	4,9	336	0,0986
11	5	331	0,0971
rata -rata			0,1078
Standar deviasi			0,00843
relatif standar deviasi (%)			7,822

No.	Jarak (cm)	jumlah pixel R4	Mag Rx4
1	4	583	0,1222
2	4,1	564	0,1182
3	4,2	556	0,1165
4	4,3	533	0,1117
5	4,4	522	0,1094
6	4,5	507	0,1062
7	4,6	492	0,1031
8	4,7	486	0,1018
9	4,8	480	0,1006
10	4,9	471	0,0987
11	5	463	0,0970
rata -rata			0,1078
Standar deviasi			0,0085
relatif standar deviasi (%)			7,868

Jarak (cm)	Mag RX	error (%)	STD
4	0,1220	0,050	0,00009
4,1	0,1181	0,0588	0,00009
4,2	0,1164	0,0565	0,00009
4,3	0,1114	0,4298	0,00066
4,4	0,1088	0,6014	0,00088
4,5	0,1062	0,2718	0,00040
4,6	0,1036	0,2290	0,00033
4,7	0,1022	0,4016	0,00049
4,8	0,1004	0,2050	0,00027
4,9	0,0989	0,3205	0,00037
5	0,0969	0,3598	0,00047
rata-rata	0,1077	0,2713	
Standeviasi	0,0084		
relatif SD (%)	7,7791		

### **B3. DATA HASIL KALIBRASI TAHAP 2 SISTEM AKUISISI CITRA DIGITAL UNTUK JARI-JARI VERTIKAL (RY)**

No.	Jarak (cm)	jumlah pixel R1	Mag Ry1
1	4	194	0,1219
2	4,1	187	0,1175
3	4,2	184	0,1157
4	4,3	177	0,1113
5	4,4	172	0,1081
6	4,5	168	0,1056
7	4,6	164	0,1031
8	4,7	162	0,1018
9	4,8	159	0,0999
10	4,9	156	0,0981
11	5	153	0,0962
rata -rata			0,1072
Standar deviasi			0,0085
relatif standar deviasi (%)			7,912

No.	Jarak (cm)	jumlah pixel R2	Mag Ry2
1	4	304	0,1216
2	4,1	294	0,1176
3	4,2	290	0,1160
4	4,3	277	0,1108
5	4,4	270	0,1080
6	4,5	264	0,1056
7	4,6	258	0,1032
8	4,7	254	0,1016
9	4,8	250	0,1000
10	4,9	247	0,0988
11	5	242	0,0968
rata -rata			0,1073
Standar deviasi			0,0083
relatif standar deviasi (%)			7,727







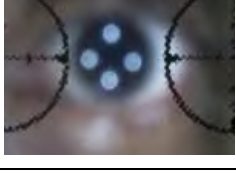

No.	Jarak (cm)	jumlah pixel R3	Mag Ry3
1	4	415	0,1217
2	4,1	401	0,1176
3	4,2	395	0,1159
4	4,3	378	0,1109
5	4,4	370	0,1085
6	4,5	360	0,1056
7	4,6	351	0,1030
8	4,7	346	0,1015
9	4,8	341	0,1000
10	4,9	335	0,0983
11	5	330	0,0968
rata -rata			0,10725
Standar deviasi			0,00838
relatif standar deviasi (%)			7,817








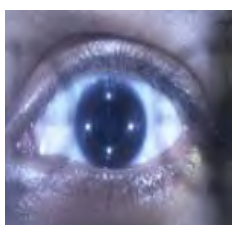


No.	Jarak (cm)	jumlah pixel R4	Mag Ry4
1	4	581	0,1217
2	4,1	562	0,1178
3	4,2	554	0,1161
4	4,3	530	0,1110
5	4,4	519	0,1087
6	4,5	506	0,1060
7	4,6	490	0,1027
8	4,7	485	0,1016
9	4,8	479	0,1004
10	4,9	470	0,0985
11	5	462	0,0968
rata -rata			0,1074
Standar deviasi			0,0084
relatif standar deviasi (%)			7,803

Jarak (cm)	Mag Ry	error (%)	STD
4	0,1218	0,0782	0,0001
4,1	0,1176	0,0518	0,0001
4,2	0,1159	0,1192	0,0002
4,3	0,1110	0,1407	0,0002
4,4	0,1083	0,2681	0,0003
4,5	0,1057	0,1487	0,0002
4,6	0,1030	0,1600	0,0002
4,7	0,1016	0,0951	0,0001
4,8	0,1001	0,1394	0,0002
4,9	0,0984	0,2420	0,0003
5	0,0966	0,2439	0,0003
rata-rata	0,1073	0,1534	
Standeviasi	0,0084		
relatif SD (%)	7,8128		





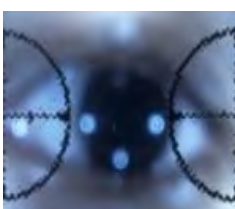



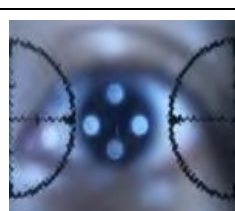

## LAMPIRAN C







### C1. DATA KALIBRASI SISTEM AKUISISI DENGAN MARKING (KIRI)

No.	Sampel	Mark Fokus 0	Mark Focus 1
1	De		
2	Ch		
3	Ev		
4	Re		

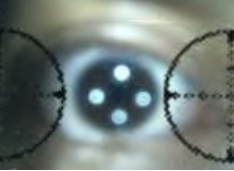

5	Zu		
6	Ri		
7	Rn		
8	Au		
9	Jr		



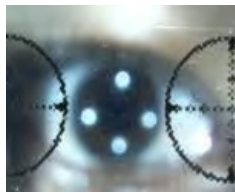
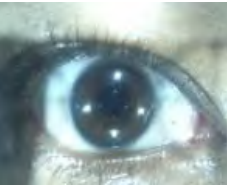
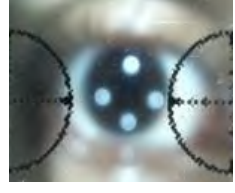







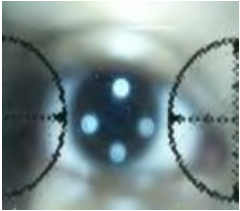









10	Gn		
11	Sn		
12	Bn		
13	Tc		
14	Kn		




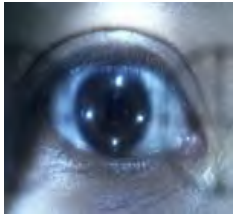






15	Ia		
16	Is		
17	Sm		

## C2. DATA KALIBRASI SISTEM AKUISISI DENGAN MARKING (KANAN)

No.	Sampel	Mark Fokus 0	Mark Focus 1
1	De		

2	Ch		
3	Ev		
4	Re		
5	Zu		
6	Ri		

7	Rn		
8	Au		
9	Jr		
10	Gn		
11	Sn		

12	Bn		
13	Tc		
14	Kn		
15	Ia		
16	Is		



### C3. HASIL PERHITUNGAN JARAK LETAK MATA DI DEPAN WEBCAM

sampel	jumlah pixel x mark F0	h mark F0 (m)	h' mark F0 (m)	s mark F0 (m)	s' mark F0 (m)
De	1582	0,012	0,00348	0,018	0,00522
Ch	1552	0,012	0,00341	0,018	0,00512
Ev	1584	0,012	0,00348	0,018	0,00523
Zu	1586	0,012	0,00349	0,018	0,00523
Rf	1558	0,012	0,00343	0,018	0,00514
Rn	1578	0,012	0,00347	0,018	0,00521
Is	1528	0,012	0,00336	0,018	0,00504
Sy	1596	0,012	0,00351	0,018	0,00527
Jr	1580	0,012	0,00348	0,018	0,00521
Bn	1595	0,012	0,00351	0,018	0,00526
Tc	1590	0,012	0,00350	0,018	0,00525
Dn	1576	0,012	0,00347	0,018	0,00520
En	1578	0,012	0,00347	0,018	0,00521
Rz	1594	0,012	0,00351	0,018	0,00526
Zl	1588	0,012	0,00349	0,018	0,00524
Rd	1590	0,012	0,00350	0,018	0,00525
Jd	1600	0,012	0,00352	0,018	0,00528
Ba	1596	0,012	0,00351	0,018	0,00527
Sm	1600	0,012	0,00352	0,018	0,00528




sampel	jumlah pixel x Kornea Rx	h Rx F1 (m)	h' Rx F1 (m)	s' Rx F1 (m)	s Rx F1 (cm)
De	277	0,005525	0,00061	0,00522	4,73315
Ch	281	0,005525	0,00062	0,00512	4,57730
Ev	284	0,005525	0,00062	0,00523	4,62232
Zu	295	0,005525	0,00065	0,00523	4,45558
Rf	277	0,005525	0,00061	0,00514	4,66134
Rn	289	0,005525	0,00064	0,00521	4,52515
Is	278	0,005525	0,00061	0,00504	4,55514
Sy	294	0,005525	0,00065	0,00527	4,49893
Jr	282	0,005525	0,00062	0,00521	4,64335
Bn	293	0,005525	0,00064	0,00526	4,51145
Tc	274	0,005525	0,00060	0,00525	4,80917
Dn	287	0,005525	0,00063	0,00520	4,55091
En	287	0,005525	0,00063	0,00521	4,55668
Rz	278	0,005525	0,00061	0,00526	4,75190
Zl	289	0,005525	0,00064	0,00524	4,55382
Rd	294	0,005525	0,00065	0,00525	4,48202
Jd	289	0,005525	0,00064	0,00528	4,58824
Ba	281	0,005525	0,00062	0,00527	4,70706
Sm	279	0,005525	0,00061	0,00528	4,75269





<i>sRx FI</i>	
Mean	4,607169
Standard Error	0,023695
Median	4,577295
Mode	#N/A
Standard Deviation	0,103283
Sample Variance	0,010667
Kurtosis	-0,8544
Skewness	0,495302
Range	0,353585
Minimum	4,455585
Maximum	4,80917
Sum	87,5362
Count	19
RSTD(%)	2,241798







## LAMPIRAN D

### D1. DATA CITRA MATA SEHAT HASIL DARI SISTEM AKUISISI CITRA DIGITAL YANG DIKUANTIFIKASI

No.	Sampel	Citra
1	De	
2	Ch	
3	Ev	

4	Rf	
5	Jr	
6	Tc	
7	Is	

8	Di	
9	Ke	
10	Dn	
11	Rz	

12	Zl	
13	Sm	
14	Jd	
15	Er	

## **BIOGRAFI PENULIS – DENI INDRA CAHYA**



Lahir pada tanggal 1 Desember 1991 di Argamakmur, Bengkulu Utara. Penulis merupakan anak pertama dari Tri Anggoro dan Indah Laksani. Mulai mengenyam pendidikan di SDN 9 Argamakmur, lulus pendidikan sekolah dasar pada tahun 2004. Penulis melanjutkan pendidikan ke SMPN 1 Argamakmur dan lulus pada tahun 2007. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan ke SMAN 50 Jakarta. Pada tahun 2010 penulis lulus pendidikan SMA dan melanjutkan pendidikannya ke jurusan Teknik Fisika ITS. Selama kuliah penulis aktif sebagai anggota pengurus Laboratorium Rekayasa Fotonika Jurusan Teknik Fisika ITS.