

**KAJI AWAL KELAYAKAN *WEBCAM*
SEBAGAI ALAT UKUR GEOMETRI PRODUK
(STUDI KASUS OBJEK LINGKARAN)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana pada
Jurusan Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

**Nama : ERINA PRIMAYANTI
No. Mahasiswa : 00 525 005**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2005**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
KAJI AWAL KELAYAKAN *WEBCAM*
SEBAGAI ALAT UKUR GEOMETRI PRODUK
(STUDI KASUS OBJEK LINGKARAN)

TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : ERINA PRIMAYANTI

No. Mahasiswa : 00 525 005

**Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia**

Yogyakarta, 27 Agustus 2005

Tim Penguji

Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng
Ketua

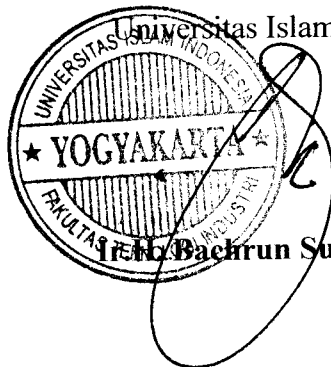
Arif Nurhadiyanto, ST. M.Sc
Anggota I

Agung Nugroho Adi, ST
Anggota II

.....
.....
.....

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Irfan Bachrun Sutrisno, Msc

KUPERSEMBAHKAN TUGAS AKHIR INI UNTUK

Orang-orang tercinta, terkasih dan tersayang dalam
hidupku:

Ayahanda M.Romansjah Bagan, Ibunda Erestu Zairinah,
kak Hendra dan dink Hendy, tak ada kata yang
mampuku gambarkan untuk segala kasih sayang, doa
restu, bimbingan, semangat, keiklasan dan segala bentuk
dukungan yang telah kalian berikan. Untuk segala
bentuk kehidupan dan warna yang telah kalian
lukiskan. Tak peduli dunia berpaling padaku, cukup
Allah SWT dan cinta kalian yang menghidupkan jiwaku

*Jasa para pendidik yang telah mengantarkanku
hingga hari ini*

semua sahabat, teman, dan orang - orang yang telah hadir
dalam hidupku dan menggoreskan beraneka bentuk cerita
yang tertoreh dalam catatan perjalananku

Motto

“ Siapa pun yang berusaha sungguh – sungguh, usahanya itu hakikatnya untuk dirinya sendiri. Allah maha kaya tidak tergantung kepada seluruh alam “ (QS. Al ‘ Ankabut : 6)

“... Dan barangsiapa bertawakal kepada Allah, niscaya Allah akan menjadikan baginya jalan kemudahan dalam urusannya
(QS. Ath Thalaaq : 4)

Ambisi tanpa usaha adalah suatu kebohongan besar

Orang gagal dan orang yang berhasil sama – sama memiliki waktu 24 jam

KATA PENGANTAR



Assalaamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Rosulullah Muhammad SAW beserta para keluarganya , sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman.

Tugas Akhir berjudul “Kaji awal kelayakan *webcam* sebagai alat ukur geometri produk (studi kasus objek lingkaran)” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Jurusan Teknik Mesin , Fakultas Teknologi Industri , Universitas Islam Indonesia.

Tentunya penulisan tugas akhir tidak dapat terselesaikan dengan baik tanpa bantuan baik moral maupun spiritual dari berbagai pihak. Atas segala bantuan yang diberikan kepada penulis, baik berupa bimbingan, dorongan, kerjasama, fasilitas dan kemudahan lainnya maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Bachrun Sutrisno, Msc, Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
2. Bapak Ir.Paryana Puspaputra, M.Eng, Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia sekaligus sebagai pembimbing I Tugas Akhir yang telah meluangkan waktunya sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
3. Bapak M. Ridlwan, ST, pembimbing II Tugas Akhir yang telah meluangkan waktunya sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen serta karyawan FTI UII yang telah membimbing dan membantu baik kegiatan akademis maupun administratif.
5. Semua teman-teman di jurusan Teknik Mesin.

6. Dan untuk semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca demi kemajuan penulis di masa mendatang

Harapan penulis laporan ini dapat membantu mengembangkan ilmu pengetahuan penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalaamu'alaikum Wr.Wb.

Jogjakarta, 27 Agustus 2005

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Penguji	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar	vi
Abstraksi	viii
Daftar isi	ix
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	2
 BAB II LANDASAN TEORI	 3
2.1 Dasar Sistem Optik	4
2.2 <i>Webcam</i> sebagai Bagian dari Kamera	5
2.3 Komponen Utama <i>Webcam</i>	6
2.4 pengolahan Citra Digital dari <i>Webcam</i>	6
2.5 Representasi Citra Digital	7
2.6 Ukuran Citra	8
2.7 Warna	9
2.7.1 Pembentukan Warna	9

2.7.2	Warna Citra yang Digunakan	10
2.8	Pengukuran	12
2.8.1	Konstruksi Umum Alat Ukur	12
2.8.2	Macam Alat Ukur	12
2.8.3	Cara Pengukuran	13
2.8.4	Sifat-Sifat Alat Ukur	14
2.9	Pengukuran Diameter Objek Ukur	15
2.10	Hubungan Jarak Pemotretan terhadap Objek Ukur	16
BAB III	PERANCANGAN ALAT	17
3.1	Rancangan Alat	17
3.2	Prinsip Kerja Alat	19
3.3	Diagram Alir Proses Perancangan Alat Ukur	20
BAB IV	PERCOBAAN DAN PENGOLAHAN DATA	21
4.1	Peralatan Yang Digunakan	21
4.1.1	Persiapan Pengujian	21
4.2	Diagram Alir Pelaksanaan Pengujian	22
4.4	Data Hasil Pengujian	22
4.4.1	Mencari Rata - rata Resolusi terhadap jarak	22
4.4.2	Mencari Diameter	34
4.4.2.1	Objek ukur berupa Lingkaran	
	Tanpa Ketebalan	35
4.4.2.1	Objek Ukur Berupa Koin	39
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	45
5.1	Analisis Hasil Pengukuran	45
5.2	Hasil Pengukuran	45
5.2.1	Keseluruhan <i>Pixel</i> Rata-rata	45
5.2.2	Resolusi Rata-rata Pengukuran	46

5.2.3	Pengukuran Objek Ukur tanpa Ketebalan	47
5.2.4	Pengukuran Objek Ukur dengan Ketebalan	47
5.3	Pencahayaan	48
5.4	Pembahasan	51
5.3.1	Faktor – faktor Penyebab Kesalahan Pengukuran	51
BAB VI	PENUTUP	53
6.1	Kesimpulan	53
6.2	Saran – saran	53
DAFTAR PUSTAKA		xv
DAFTAR LAMPIRAN		xvi

5.2.3	Pengukuran Objek Ukur tanpa Ketebalan	47
5.2.4	Pengukuran Objek Ukur dengan Ketebalan	47
5.3	Pencahayaan	48
5.4	Pembahasan	51
5.3.1	Faktor – faktor Penyebab	
	Kesalahan Pengukuran	51
BAB VI	PENUTUP	53
6.1	Kesimpulan	53
6.2	Saran – saran	53
DAFTAR PUSTAKA		xv
DAFTAR LAMPIRAN		xvi

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data pengukuran $d = 10$ mm	24
Tabel 4.2	Data pengukuran $d = 15$ mm	25
Tabel 4.3	Data pengukuran $d = 20$ mm	26
Tabel 4.4	Data pengukuran $d = 25$ mm	27
Tabel 4.5	Data pengukuran $d = 30$ mm	28
Tabel 4.6	Data pengukuran $d = 35$ mm	29
Tabel 4.7	Data pengukuran $d = 40$ mm	30
Tabel 4.8	Data pengukuran $d = 45$ mm	31
Tabel 4.9	Data pengukuran $d = 50$ mm	32
Tabel 4.10	Data perhitungan resolusi rata-rata per jarak	33
Tabel 4.11	Data pengukuran lingkaran tanpa ketebalan dengan $d = 12,50$ mm	35
Tabel 4.12	Data pengukuran lingkaran tanpa ketebalan dengan $d = 21,50$ mm.....	36
Tabel 4.13	Data pengukuran lingkaran tanpa ketebalan dengan $d = 33,50$ mm	37
Tabel 4.14	Data pengukuran lingkaran tanpa ketebalan dengan $d = 47,50$ mm	38
Tabel 4.15	Data pengukuran koin 1	41
Tabel 4.16	Data pengukuran koin 2	42
Tabel 4.17	Data pengukuran koin 3	43
Tabel 4.18	Data pengukuran koin 4	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem pencitraan sederhana	3
Gambar 2.2	Sistem pencitraan pada lensa cembung	4
Gambar 2.3	Sistem Penglihatan	5
Gambar 2.4	Skema proses pengolahan citra	6
Gambar 2.5	Koordinat Pencitraan	7
Gambar 2.6	Matrik pencitraan	7
Gambar 2.7	Lingkaran warna dasar	10
Gambar 2.8	Jarak pemotretan terhadap objek	16
Gambar 3.1	Rancangan alat	17
Gambar 3.2	Prinsip kerja alat	20
Gambar 3.3	Diagram alir perancangan alat ukur	20
Gambar 4.1	Diagram alir pengujian	22
Gambar 4.2	Objek lingkaran tanpa ketebalan	23
Gambar 4.3	Grafik jarak terhadap <i>pixel</i> dengan $d = 10$ mm	24
Gambar 4.4	Grafik jarak terhadap <i>pixel</i> dengan $d = 15$ mm	25
Gambar 4.5	Grafik jarak terhadap <i>pixel</i> dengan $d = 20$ mm	26
Gambar 4.6	Grafik jarak terhadap <i>pixel</i> dengan $d = 25$ mm	27
Gambar 4.7	Grafik jarak terhadap <i>pixel</i> dengan $d = 30$ mm	28
Gambar 4.8	Grafik jarak terhadap <i>pixel</i> dengan $d = 35$ mm	29
Gambar 4.9	Grafik jarak terhadap <i>pixel</i> dengan $d = 40$ mm	30
Gambar 4.10	Grafik jarak terhadap <i>pixel</i> dengan $d = 45$ mm	31
Gambar 4.11	Grafik jarak terhadap <i>pixel</i> dengan $d = 50$ mm	32
Gambar 4.12	Grafik jarak terhadap Resolusi rata – rata	33
Gambar 4.13	Grafik Selisih harga dengan nilai pengukuran $d = 12,50$ mm	35
Gambar 4.14	Grafik Selisih harga dengan nilai pengukuran $d = 21,50$ mm	35

Gambar 4.15	Grafik Selisih harga dengan nilai pengukuran d = 33,50 mm	37
Gambar 4.16	Grafik Selisih harga dengan nilai pengukuran d = 47,50 mm	38
Gambar 4.17	koin 1	39
Gambar 4.18	koin 2	39
Gambar 4.19	koin 3	40
Gambar 4.20	koin 4	40
Gambar 4.21	Grafik Selisih harga dengan nilai perhitungan d = 18,50 mm	41
Gambar 4.22	Grafik Selisih harga dengan nilai perhitungan d = 20,00 mm	42
Gambar 4.23	Grafik Selisih harga dengan nilai pengukuran d = 24,00 mm	43
Gambar 4.24	Grafik Selisih harga dengan nilai pengukuran d = 28,30 mm	44
Gambar 5.1	Grafik keseluruhan data <i>pixel</i>	45
Gambar 5.1	Grafik jarak terhadap resolusi rata-rata	46
Gambar 5.3	Objek terbaca mengecil	48
Gambar 5.4	Objek terbaca membesar	49
Gambar 5.5	Objek tidak terbaca	49
Gambar 5.6	Objek terbaca sempurna	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Webcam adalah kamera khusus *PC (Personal Computer)* yang merupakan produk multifungsi, karena bisa digunakan sebagai kamera digital, untuk *video conference* dan umum digunakan untuk keperluan *chatting*. *Webcam* dikategorikan ke dalam kamera digital karena mulai dari pemotretan/rekaman video, pemrosesan, dan penyimpanan memakai perangkat digital.

Dari segi fisik, *webcam* terlihat sebagai kamera yang ringkas sehingga cukup ringan dan mudah dipindah-pindahkan. Dari sisi lain *webcam* merupakan kamera yang relatif murah namun memiliki kemampuan yang cukup baik dalam pengambilan objek. *Webcam* dapat digunakan untuk pemotretan dengan resolusi mencapai $640 \times 480 \text{ pixel}$ dan untuk rekaman video rata-rata 30 gambar / detik.

Berdasarkan hal tersebut di atas, muncul ide untuk menggunakan *webcam* sebagai alat ukur geometri produk, dalam hal ini bagian yang diambil adalah hasil pemotretan. Benda ukur dipotret menggunakan *webcam* dengan jarak tertentu, lalu diolah menggunakan perangkat lunak pemrosesan citra, sehingga diperoleh dimensi dari benda ukur tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas maka dapat dirumuskan pokok permasalahan dari penelitian yang akan dilakukan, yaitu layakakah *webcam* digunakan sebagai alat ukur geometri produk?

1.3. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Membuat *webcam* menjadi sebuah alat ukur sederhana.
2. Pengukuran yang dilakukan hanyalah berupa pengukuran diameter lingkaran permukaan pencitra produk 2 dimensi.
3. Ukuran diameter produk 10-50 mm.
4. Jarak pemotretan 20-100 mm dari permukaan objek ukur.
5. Benda ukur berupa lingkaran tanpa ketebalan dan koin dengan ketebalan maksimal 20 mm.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk menguji kelayakan *webcam* sebagai alat ukur geometri produk.

1.5. Manfaat Penelitian

Kontrol kualitas dimensi produk dapat dilakukan menggunakan *webcam*.

1.6 Sistematika Penulisan

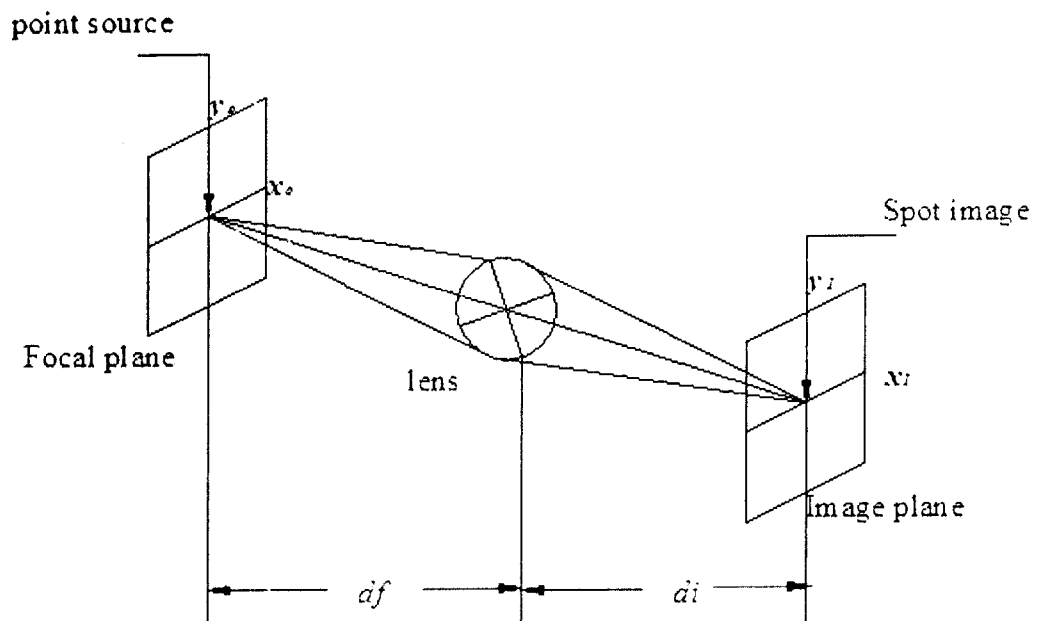
Dalam sistematika penulisan tugas akhir ini diberikan uraian bab demi bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasan. Pokok-pokok permasalahan dalam penulisan ini dibagi menjadi enam bab yang terdiri dari, bab I merupakan bab pendahuluan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. Bab II menguraikan tentang landasan teori yang merupakan penjelasan secara terperinci mengenai teori-teori yang digunakan sebagai landasan untuk pemecahan masalah. Bab III diuraikan tentang perancangan dan mekanisme kerja alat, sedangkan pada bab IV akan dibahas mengenai pengambilan dan pengolahan data hasil pengukuran. Pada bab V akan dilakukan analisis dan pembahasan terhadap hasil yang didapat pada bab sebelumnya, sedangkan bab VI merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan dan saran.

BAB II

LANDASAN TEORI

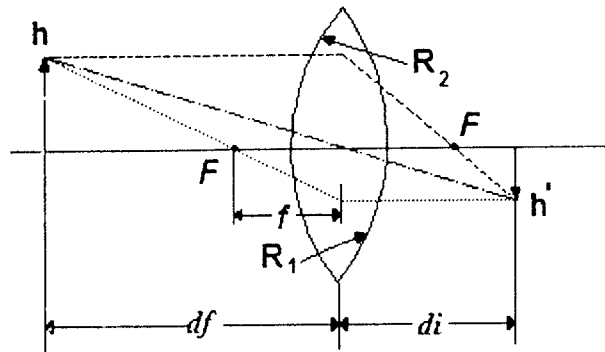
2.1 Dasar Sistem Optik

Suatu sumber dari bidang objek menghasilkan satu citra pada bidang citra yang dikenal dengan PSF (*point spread functional*). (Castlemen., 1996 : 354)



Gambar 2.1 Sistem pencitraan sederhana

Lensa yang digunakan pada kamera adalah lensa cembung yang membuat bayangan nyata, terbalik dan diperkecil, hingga dapat digambarkan :



Gambar 2.2 Sistem pencitraan pada lensa cembung

Hubungan antara jarak objek ke lensa (df), jarak bayangan (di), dan jarak focus (f) adalah:

$$\frac{1}{df} + \frac{1}{di} = \frac{1}{f} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

h = ukuran objek

f = jarak fokus

h' = ukuran bayangan

n_2 = indeks bias lensa

df = jarak objek ke lensa

n_1 = indeks bias lingkungan

di = jarak bayangan ke lensa

$R_1 ; R_2$ = jari-jari kelengkungan lensa

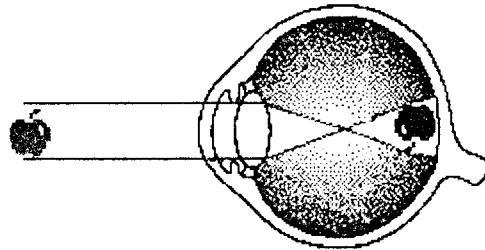
F = fokus

Pada *webcam* jarak focus terbaik dari lensa sulit diperhitungkan karena lensa menggunakan jenis *autofocus* yang sudah diset konstan.

2.2 Webcam sebagai Bagian dari Kamera

Webcam digunakan untuk pemotretan objek ukur secara digital karena memiliki cara kerja yang mirip dengan kamera digital walaupun di dalam pemrosesannya memerlukan *PC* sebagai alat bantu. Karena hal tersebut perlu dijelaskan terlebih dahulu tentang kamera.

Kamera adalah alat perekam optis yang memiliki pola kerja sama dengan mata. Proses perekaman citra pada kamera dapat dianalogikan dengan proses penglihatan pada mata yaitu mengambil bayangan nyata, terbalik dan diperkecil. Hal ini sesuai dengan prinsip kerja lensa cembung yang ada dibagian depan mata atau kamera. (*Encarta Encyclopedia, © Microsoft Corporation*)



Gambar 2.3 Sistem Penglihatan

Untuk melihat, syarat yang harus dipenuhi adalah adanya cahaya, objek yang terkena cahaya, dan indra penglihatan.

Kamera digital adalah kamera yang sejak pemotretan, pemrosesan, sampai penyimpanannya memakai perangkat digital. Hasil pemotretan yang biasa disebut citra (*image*) diterjemahkan oleh *PC* dalam bentuk data digital berupa angka-angka biner yaitu 0 dan 1. Data-data elektronis tersebut setelah dibaca *PC* akan menghasilkan pencitra.

Hasil dari pencitraan tersebut dapat diolah lebih lanjut, seperti penambahan dan pengurangan kontras, pemotongan (*cropping*), atau bahkan koreksi warna dapat dilakukan menggunakan *PC* dengan mudah tanpa harus menggunakan kamar gelap seperti halnya kamera konvensional. Dengan kata lain kamera digital adalah kamera yang memanfaatkan *PC* sebagai kamar gelap, penyimpan data, sekaligus sebagai pencetak. (*Giwanda, 2004: 9*).

2.3 Komponen Utama Webcam

Webcam sebagai alat untuk membantu pengambilan objek secara digital.

Komponen utama dari *webcam* adalah sebagai berikut:

- Lensa

Lensa adalah benda bening yang dibatasi oleh dua bidang lengkung dan satu bidang datar. Lensa merupakan bagian terpenting dari *webcam* dimana cahaya masuk melewati lensa, cahaya itu difokuskan ke suatu keping elektronik yang sensitive (*photo-sensitive electronic chip*), yang disebut sensor.

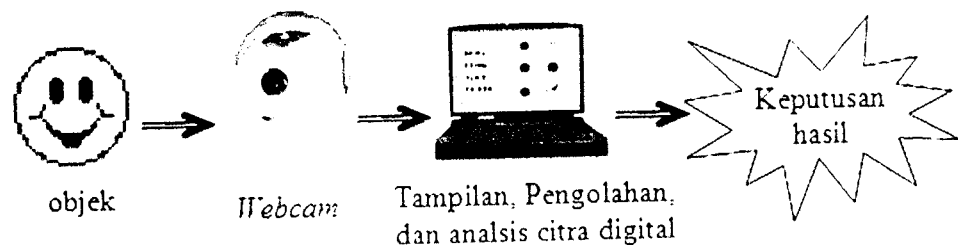
- Sensor

Sensor merupakan bagian *webcam* yang berfungsi untuk mengkonversikan intensitas cahaya menjadi sinyal digital, yang selanjutnya disimpan pada *PC*.

2.4 Pengolahan Citra Digital dari Webcam

Aplikasi dari pengolahan citra dapat dimanfaatkan didalam berbagai bidang, seperti pada bidang militer, kedokteran, geologi, dan lain-lain. Dalam tugas akhir ini difokuskan pada hal-hal yang berhubungan dengan pengukuran geometri produk.

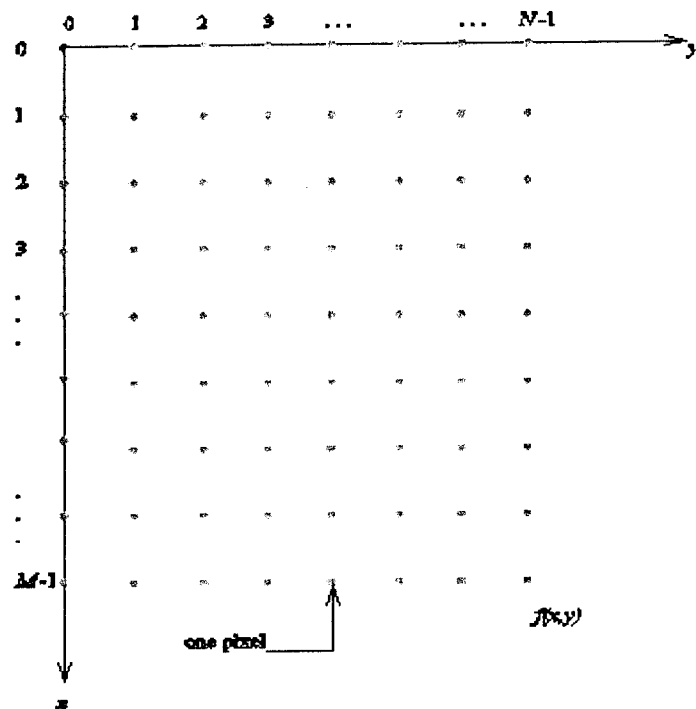
Adapun urutan proses pengolahan citra digital dapat dibuat di dalam skema sebagai berikut:



Gambar 2.4 Skema proses pengolahan citra

2.5 Representasi Citra Digital

Suatu citra diasumsikan dengan $f(x,y)$, setelah direpresentasikan dalam bentuk numerik sehingga menghasilkan citra yang berukuran M untuk baris dan N untuk kolom. Citra digital yang berukuran M baris dan N kolom biasa disebut matrik $M \times N$. Bentuk koordinat dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2.5 Koordinat Pencitraan

Adapun bentuk matrik adalah sebagai berikut:

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F(M-1,0) & F(M-1,1) & \dots & F(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

Gambar 2.6 Matrik pencitraan

Tiap elemen pada matrik disebut *image element*, *picture element* atau *pixel* atau *pel*. Maka citra yang berukuran $M \times N$ mempunyai $(M \times N)$ buah *pixel*. (Gonzalez, 2001: 55).

2.6 Ukuran Citra

Di dalam citra digital dikenal berbagai macam istilah yang berhubungan dengan hal-hal sebagai berikut :

- *Pixel*

Kata *pixel* berasal dari penggabungan dua kata yaitu *picture* dan *element*. Dua suku kata awal dari keduanya dihubungkan dengan huruf X. Huruf ini sebenarnya mengingatkan pada hal matematis yaitu koordinat cartesian.

Setiap *pixel* memiliki titik lokasi unik, hanya satu *pixel* yang dapat menempati koordinat tertentu posisi x (bidang horizontal) dan y (bidang vertikal) tertentu.

Setiap *pixel* dari sebuah pencitraan dapat memberikan jutaan kemungkinan kombinasi warna. Nilai informasi warna sebuah *pixel* harus dapat mensimulasikan warna.

- Resolusi citra

Resolusi citra adalah jumlah *pixel* yang ditampilkan tiap unit dari panjang suatu pencitraan yang biasanya diukur dalam *pixel* tiap inci (ppi). Resolusi pencitraan dan ukuran *pixel* saling berhubungan satu sama lain. Detail suatu pencitraan akan tergantung pada ukuran *pixel*-nya, demikian pula sebaliknya, resolusi pencitraan akan mengatur seberapa besar ruang untuk *pixel* yang dapat ditampilkan.

Resolusi citra yang lebih tinggi umumnya akan menghasilkan gambar lebih detail dengan transisi warna yang lebih baik. Penambahan resolusi dari suatu pencitraan beresolusi rendah hanya akan memperbesar ukuran *pixel* sehingga hal ini tidak akan meningkatkan kualitas pencitraan.

- Ukuran *file*

Ukuran citra menggunakan satuan *byte* (B), ukuran *file* ini berbanding lurus dengan jumlah *pixel* atau resolusi dari suatu citra. Hasil citra akan lebih detail dengan jumlah *pixel* atau resolusi yang tinggi, tetapi ukuran *file* akan menjadi besar. Faktor lain yang mempengaruhi ukuran *file* adalah faktor format *file*, misalnya *bmp*, *jpg*, *gif*, dan lain-lain.

Webcam menggunakan kompresi citra *jpg*, sehingga citra yang dihasilkan dari *webcam* adalah citra terkompresi. Keuntungan format ini yaitu *byte* yang dihasilkan kecil sehingga menyimpan *file* dalam jumlah besar. Sedangkan kekurangannya yaitu akan terjadi pemecahan pada citra jika diperbesar.

2.7 Warna

Dalam tampilan secara *visual*, nilai dari data digital tersebut juga merepresentasikan warna dari citra yang diolah, dengan demikian format data citra digital berhubungan erat dengan warna.

2.7.1 Pembentukan Warna

Pembentukan dari suatu warna berdasarkan dari tiga hal antara lain:

- *Luminance / Intensity / Brightness*

Luminance menyatakan banyaknya cahaya yang diterima. Kisaran nilainya adalah tingkat gelap terang dari suatu warna. Umumnya diukur dalam skala % dari 0% (hitam) sampai dengan 100 % (putih).

- *Hue*

Hue menyatakan warna yang direfleksikan oleh suatu benda. *Hue* diukur dengan menggunakan satuan derajat antara 0° - 360° pada lingkaran warna. Umumnya *hue* dikenal dengan nama warna itu sendiri, seperti merah, ungu, dan biru.

- *Saturation*

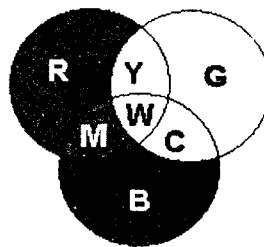
Saturation adalah kekuatan atau kemurnian warna cahaya. Pada lingkaran warna semakin ketengah lingkaran nilainya *Saturation* akan bertambah. Jadi, jika *hue* menyatakan warna sebenarnya maka *saturation* menyatakan kedalaman warnanya. (Giwanda, 2004: 32).

2.7.2 Warna Citra yang Digunakan

Pada penulisan laporan akhir ini penulis hanya akan membahas tiga jenis format warna dari banyaknya format warna yang ada, sesuai dengan format warna yang penulis gunakan didalam penelitian.

- RGB

Pada citra model RGB (*red, green, and blue*), setiap *pixel* mempunyai warna tersendiri yang merupakan refresentasi dari warna merah, hijau dan biru maupun dari pencampuran ketiga warna dasar tersebut. Nilai bit yang direpresentasikan tiap *pixel*nya disebut kedalam *pixel (pixel depth)*. Nilai intensitas tiap satu warna pada satu pixel adalah dari 0-255 variasi warna (misalnya: 0 = merah, 100 = merah muda, 255 = putih) yang bernilai 8 bit (2^8) maka untuk model RGB dalam satu pixelnya bernilai 24 bit ($(2^8)^3$) yang setara dengan lebih dari 16 juta warna.



Gambar 2.7 Lingkaran warna dasar

Misalnya warna kuning merupakan kombinasi dari merah dan hijau maka nilai RGBnya 255 255 0.

Perubahan dari RGB ke gray scale digunakan rumus dari format NTSC (*National Television System Committee*) yaitu menghilangkan informasi *hue* dan *saturation* tapi tetap mempertahankan *luminance*.

Adapun rumus dari format NTSC adalah sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.857 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

$Y = \text{Luminance}$

$I = \text{Hue}$

$Q = \text{Saturation}$

Setelah dihilangkan nilai *hue* dan *saturation*nya didapatkan:

$$Y = 0.299R + 0.857G + 0.114B \dots\dots\dots (2.4)$$

- *Gray Scale*

Model citra ini disebut *gray scale* karena pada umumnya warna yang dipakai adalah antara hitam sebagai warna minimal dan warna putih sebagai warna maksimal sehingga warna antaranya adalah abu-abu. Namun pada prakteknya warna yang dipakai tidak terbatas pada warna abu-abu. Contoh bisa dipilih warna minimalnya putih dan warna maksimalnya merah dan lain-lain. Banyaknya kemungkinan nilai maksimalnya tergantung jumlah bit yang dipakai. Untuk *gray scale* 4 bit, maka jumlah kemungkinan nilainya adalah $2^4 = 16$ kemungkinan warna. Dan nilai maksimumnya adalah $2^4 - 1 = 15$ (dimulai dari 0 - 15). Sedangkan untuk *gray scale* 8 bit jumlah kemungkinan nilainya adalah $2^8 = 256$ kemungkinan dan nilai maksimumnya adalah $2^8 - 1 = 255$ (dimulai dari 0 - 255). Pada percobaan yang dilakukan menggunakan *gray scale* 8 bit .

- *Monochrome*

Pada citra *monochrome*, setiap titik bernilai 0 atau 1, masing-masing merepresentasikan warna tertentu (misalnya: warna hitam bernilai 0 dan putih bernilai 1). Setiap *pixel* pada citra hanya membutuhkan 1 bit. (Achmad, 2001:3-4).

2.8 Pengukuran

Pengukuran adalah membandingkan sesuatu dengan besaran lain yang sudah distandarkan ukurannya. Besaran standar tersebut harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- Dapat didefinisikan secara fisik
- Jelas dan tidak berubah dengan waktu
- Dapat digunakan sebagai pembanding, dimana saja didunia ini

Hasil yang didapat dari pemotretan *webcam* dapat dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur lain / pembanding dalam hal ini digunakan *micrometer* dan *vernier caliper*.

2.8.1 Konstruksi Umum Alat Ukur

Webcam digunakan sebagai alat ukur karena dari komponen yang dimilikinya cukup mewakili pembentukan suatu alat ukur. Adapun komponen utama dari alat ukur, adalah sebagai berikut:

- Sensor

Sensor adalah 'peraba' dari alat ukur, yaitu yang menghubungkan alat ukur dengan benda ukur.

- Pemprosesan/pengubah (*signal conditioning*)

Bagian ini menangkap isyarat dari sensor lalu diubah atau diolah hingga siap ditampilkan pada bagian pembacaan.

- Pembacaan

Bagian ini menyajikan hasil olahan dalam bentuk sesuatu yang dapat ditangkap atau dibandingkan oleh indra manusia.

2.8.2 Macam Alat Ukur

Berdasarkan sifat dari alat maka dikenal 5 macam alat ukur yaitu :

- Alat ukur langsung

Alat ukur langsung adalah alat ukur yang mempunyai skala ukur yang telah dikalibrasi. Hasil pengukuran dapat langsung dibaca pada skala tersebut.

- Alat ukur pembanding

Alat ukur pembanding adalah alat ukur yang mempunyai skala ukur yang telah dikalibrasi. Karena daerah skala ukurnya terbatas, alat ini hanya digunakan sebagai pembacaan besarnya selisih suatu dimensi terhadap ukuran standar.

- Alat ukur standar

Alat ukur standar adalah alat ukur yang mampu memberikan atau menunjukkan suatu harga ukur tertentu. Digunakan bersama – sama dengan alat ukur pembanding untuk menentukan dimensi suatu objek ukur.

- Alat ukur batas (*caliber*)

Alat ukur batas adalah alat ukur yang mampu menunjukkan apakah suatu dimensi terletak didalam atau diluar daerah toleransi ukuran.

- Alat ukur bantu

Alat ukur bantu sebenarnya bukanlah suatu alat ukur dalam arti yang sesungguhnya akan tetapi perannya sangat penting dalam melaksanakan suatu pengukuran. (*Rochim and Wirjomartono, 1985: 90*).

2.8.3 Cara Pengukuran

Dari cara pengukuran dapat dibedakan menjadi empat yaitu:

- Pengukuran langsung

Pengukuran langsung adalah pengukuran dengan menggunakan alat ukur yang mana hasil pengukurannya dapat langsung dibaca pada skala yang telah dikalibrasi yang terdapat pada alat ukur tersebut.

- Pengukuran tak langsung

Pengukuran tak langsung adalah pengukuran dengan memakai alat ukur dari jenis pembanding, standard dan pembantu. Perbedaan harga yang ditunjukkan oleh skala alat ukur pembanding sewaktu mengukur objek ukur dan ukuran standar dapat digunakan untuk menentukan dimensi dari objek ukur.

- Pengukuran dengan *caliber* batas

Pengukuran dengan *caliber* batas adalah pengukuran yang tidak menentukan ukuran suatu dimensi dengan pasti, melainkan hanya menunjukkan apakah dimensi tersebut terletak didalam atau diluar daerah toleransi ukuran.

- Pengukuran dengan cara membandingkan dengan bentuk standar.

Pengukuran dengan cara membandingkan dengan bentuk standar adalah pengukuran bentuk suatu produk yang dibandingkan dengan suatu bentuk yang telah standar. (*Rochim and Wirjomartono, 1985: 91*).

Webcam menggunakan pengukuran tak langsung karena hasil yang didapat harus dilakukan konversi ke besaran lain terlebih dahulu.

2.8.3 Sifat-Sifat Alat Ukur

Sifat-sifat yang harus dimiliki oleh alat ukur adalah sebagai berikut;

- Sensitifitas (*Sensitivity*)

Menyatakan perubahan nilai keluaran terhadap perubahan satu unit masukan.

- Kemampuan Ulang (*Repeatability*)

Menyatakan kemampuan suatu alat ukur untuk memberikan nilai ukur yang sama untuk pengukuran berulang terhadap satu benda ukur, dimana pada pengukuran tersebut bagian pengubah/transduser tidak dilepas dan tidak ada perubahan lingkungan

- Kemampuan Reproduksi (*Reproducibility*)

Menyatakan kemampuan suatu alat untuk memberikan nilai ukur yang sama untuk pengukuran berulang terhadap satu benda ukur dimana pada pengukuran tersebut pengubah/transduser dilepas dan diinstal ulang dengan kondisi lingkungan sama.

- Kesetabilan (*Stability*)

Menyatakan kemampuan suatu alat untuk memberikan nilai ukur yang sama pada pengukuran berulang pada suatu rentang waktu.

- Skala (*Scale*)

Ketersediaan alat baca pada alat ukur yang mudah dibaca.

Webcam mungkin tidak memiliki skala pembacaan langsung yang biasa ada pada alat ukur, namun hal tersebut bisa diatasi dengan menggunakan alat bantu lain yaitu PC dan alat ukur pembanding.

2.9 Pengukuran Diameter Objek Ukur

Dalam pengolahan hasil pencitraan pada *software matlab*, format citra asal dirubah ke format citra *monochrome*. Format citra ini merubah warna objek menjadi putih dan merubah warna *background* menjadi hitam, hal ini untuk mempermudah membedakan objek dengan *background*nya. Setelah terlihat perbedaan diantara keduanya objek ukur diberikan tanda batas / *boundary* di sekelilingnya. Untuk mendapatkan ukuran diameter dari objek ukur yang telah diberikan *boundary* digunakan rumus lingkaran dengan pusat (0,0) dan jari – jari (r), adapun persamaannya sebagai berikut:

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2 \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$x^2 + y^2 - 2ax - 2by + a^2 + b^2 - r^2 = 0 \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

$$x^2 + y^2 + Ax + By + C = 0 \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana:

$$A = -2a$$

$$B = -2b$$

$$C = a^2 + b^2 - r^2$$

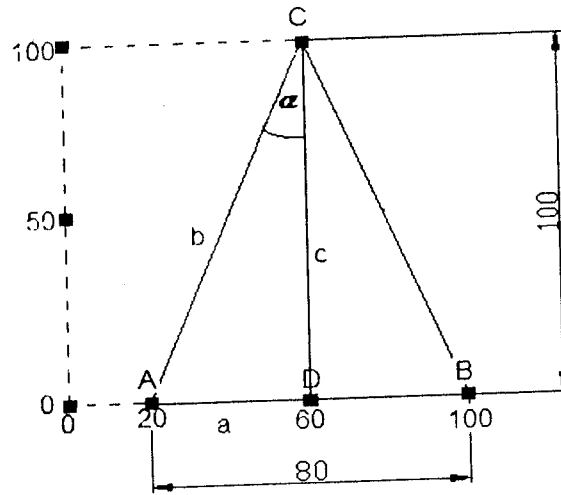
sehingga didapatkan:

$$r = \sqrt{a^2 + b^2 - C} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

$$d = 2r \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

2.10 Hubungan Jarak Pemotretan terhadap Objek Ukur

Hubungan dari jarak pemotretan terhadap objek ukur dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.8 Jarak pemotretan terhadap objek

Dari gambar diatas dapat dibuat suatu persamaan jarak pemotretan terhadap objek ukur, menggunakan rumus segitiga untuk mendapatkan sudut pemotretan, sebagai berikut :

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{c} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\tan \alpha = \frac{a}{b} \dots\dots\dots (2.12)$$

hingga didapatkan sudut pengukuran sebesar :

$$\sin \alpha = \frac{a}{c}$$

$$\sin \alpha = \frac{40}{100}$$

$$\sin \alpha = 0,4$$

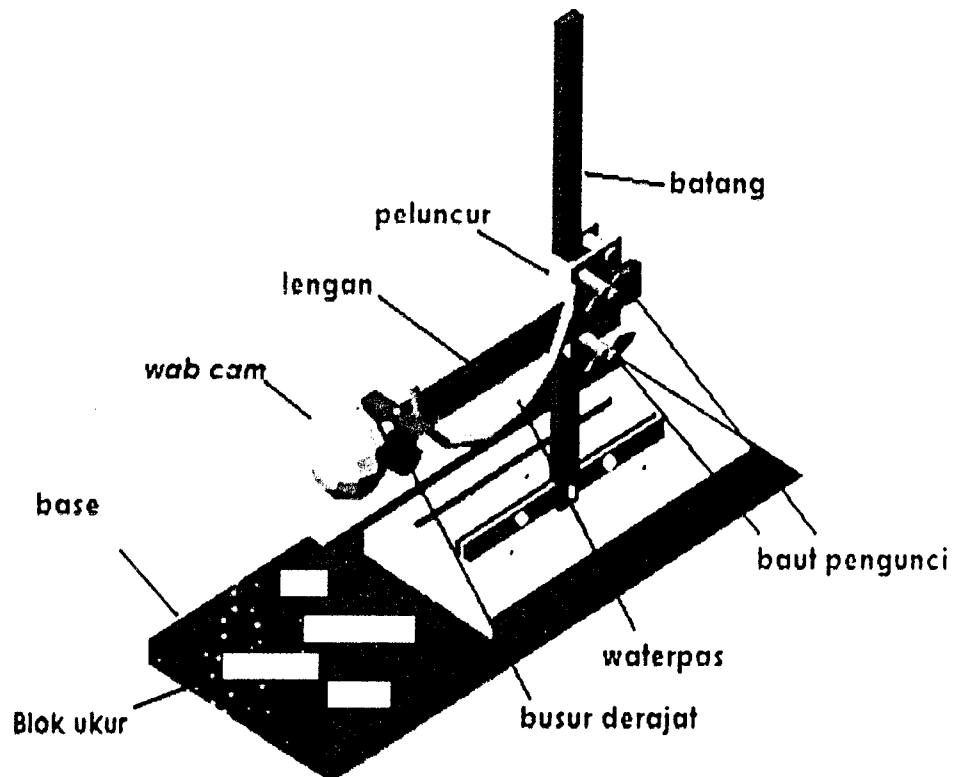
$$\alpha = 23,56^{\circ}$$

BAB III

PERANCANGAN ALAT

3.1 Rancangan alat

Rancangan alat diperlihatkan seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3.1 Rancangan alat

Dalam rancangan alat ukur ini, desain dirancang sederhana untuk mempermudah dalam pemilihan bahan, proses pembuatan dan penggunaanya.

Dimensi tiap-tiap komponen dari alat ukur disesuaikan dengan obyek yang akan diukur setelah melalui tahap analisis objek ukur yang akan digunakan. Komponen utama alat ukur ini adalah :

- *Webcam*

Webcam digunakan untuk pemotretan objek ukur secara digital, karena memiliki cara kerja yang mirip dengan kamera digital, walaupun di dalam pemrosesan memerlukan *PC* sebagai alat bantu.

- Batang

Batang berbentuk pipa kotak dengan bahan alumunium berukuran 20 x 10 mm dengan ketebalan 1 mm dan panjang 380 mm berfungsi sebagai tempat naik turunnya peluncur.

- Lengan

Lengan berbentuk pipa kotak dengan bahan alumunium berukuran 20 x 10 mm dengan ketebalan 1 mm dan panjang 250 mm yang berfungsi sebagai tempat peletakkan *webcam*.

- Peluncur

Peluncur berbentuk pipa kotak dengan bahan alumunium berukuran 50 x 25 mm dengan ketebalan 1 mm dan panjang 70 mm yang berfungsi membawa naik turunnya lengan.

- *Waterpass*

Waterpass dibuat menggunakan pipa plastik berdiameter 10 mm dan panjang 200 mm yang berfungsi sebagai pendatar lengan saat penguncian alat ukur.

- Busur derajat

Busur derajat digunakan sebagai alat bantu penunjuk arah putaran *webcam*.

- Pengunci

Pengunci dibuat dari dua buah baut berukuran M10 yang digunakan sebagai pengunci gerakan peluncur.

- *Bearing*

Dua buah *bearing* kecil berukuran 10 mm yang terdapat didalam peluncur digunakan agar tidak terjadi gesekan langsung antara batang dan peluncur.

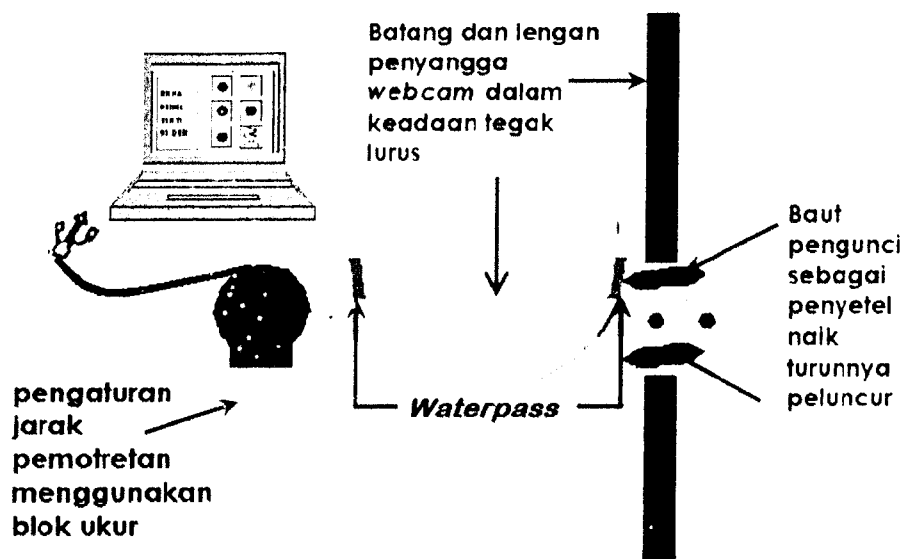
- *Base* / landasan

Base dibuat menjadi tiga lapis, terdiri dari *base* pertama yang dibuat menyatu dengan alat ukur berbahan dasar aluminium plat berbentuk L dengan ukuran 20 mm untuk tinggi dan 43 mm untuk lebar dan diambil ukuran panjang 200 mm dengan ketebalan 2 mm. plat ini digunakan dua buah menggunakan baut sebagai penyambung. *Base* pertama tidak mampu menyangga alat ukur sehingga terjadi gerakan dan pergeseran, oleh sebab itu dibuat *base* kedua yang berbahan dasar kayu dengan ukuran 260 x 130 mm dengan ketebalan 20 mm. *Base* kedua dibuat lubang menggunakan mesin CNC dengan ukuran 200 x 95 mm sedalam 10 mm untuk meletakkan *base* pertama. *Base* ketiga yang disatukan dengan *base* kedua, berbahan dasar mika dengan ukuran 470 x 185 mm dengan ketebalan 3 mm digunakan untuk meletakkan objek ukur.

3.2 Prinsip Kerja Alat

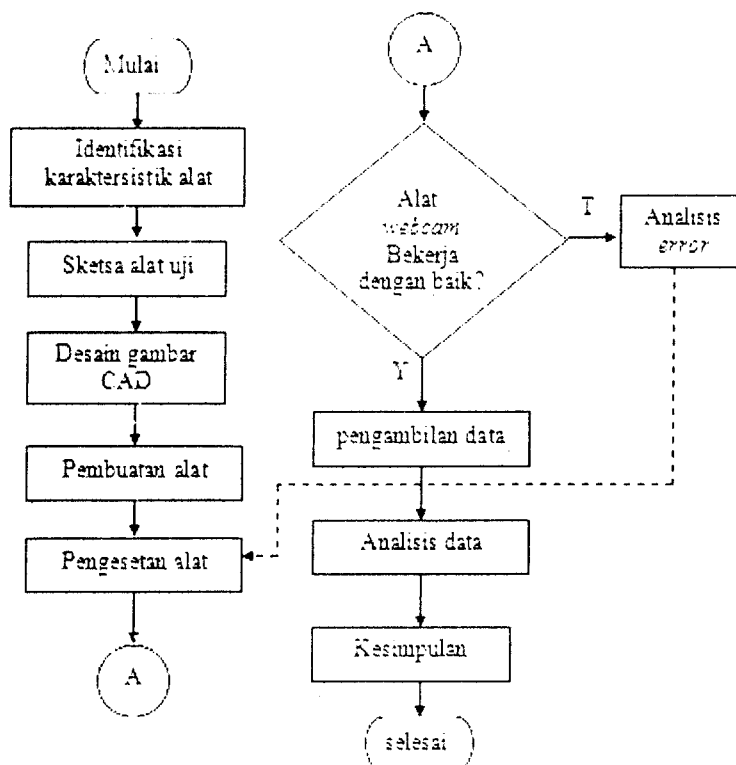
Secara garis besar prinsip kerja dari alat uji ini yaitu alat uji diletakkan pada meja datar, kemudian dihubungkan ke PC. Pengaturan jarak pengukuran yang diinginkan menggunakan *block gauge* yang diletakkan sejajar dipermukaan *webcam*, apabila sudah sejajar pengunci dikunci separuh. Untuk mengetahui kedataran lengan, dapat dilihat melalui ketinggian air di dalam *waterpass*. Apabila ketinggian air sudah sama, maka pengunci dikunci penuh. *Block gauge* dipindahkan dari permukaan *webcam* dan digantikan dengan objek ukur. Ketepatan peletakkan objek ukur dikontrol langsung dari PC. Setelah pas objek ukur dipotret, hasil pencitraan objek ukur ditransfer ke program perhitungan, lalu diproses hingga didapatkan ukuran diameter dari objek ukur yang masih berupa nilai *pixel*.

Prinsip kerja alat diperlihatkan seperti gambar di bawah ini:



Gambar 3.2 Prinsip kerja alat

3.3 Diagram Alir Proses Perancangan Alat Uji



Gambar 3.3 Diagram alir perancangan alat ukur

BAB IV

PERCOBAAN DAN PENGOLAHAN DATA

Untuk mengetahui unjuk kerja dari alat uji yang telah dibuat, maka perlu dilakukan pengujian pada alat uji tersebut. Data-data yang didapat melalui pengujian kemudian dianalisis, sehingga dapat diketahui kelayakan *webcam* sebagai alat ukur. Percobaan dilakukan di Laboratorium Metrologi Industri dengan suasana yang kondusif untuk pengujian.

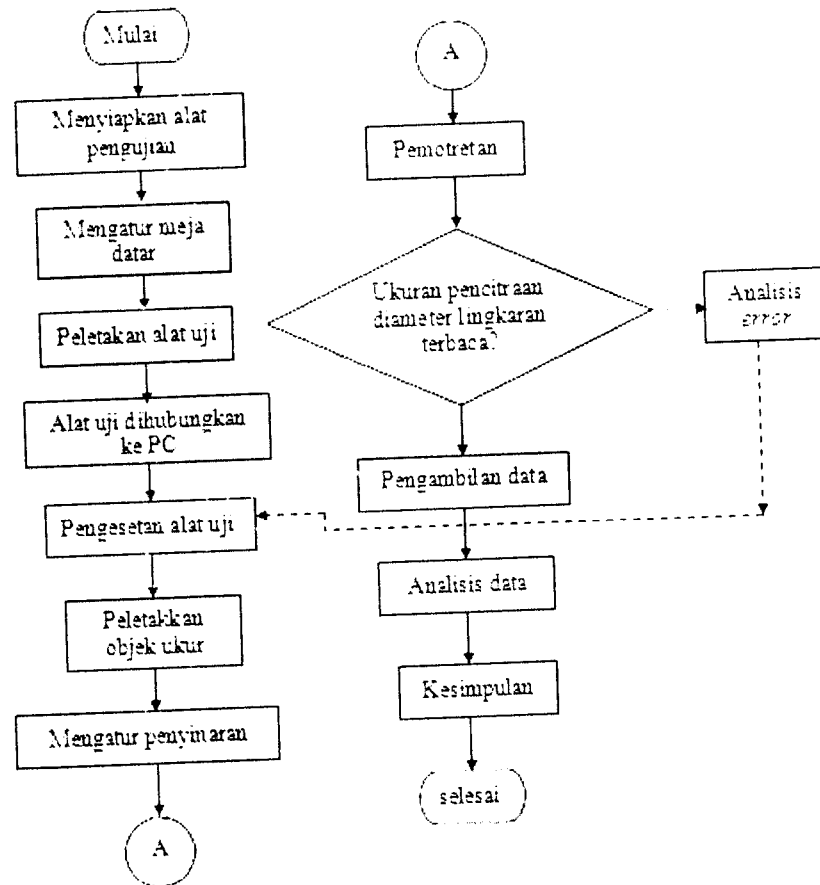
4.1 Peralatan Yang Digunakan

- Alat uji • *block gauge*
- Objek ukur • *Square level*
- Meja datar • *wash bensin*
- PC • *vaseline*
- Lampu pijar

4.2 Persiapan Pengujian

Sebelum melaksanakan pengujian terlebih dahulu mempersiapkan peralatan yang akan digunakan untuk percobaan. Setelah peralatan yang akan digunakan telah siap alat uji diatur sedemikian rupa sehingga memudahkan didalam melakukan percobaan. Alat pencatatan data hasil percobaan juga perlu disiapkan untuk mencatat hasil – hasil percobaan yang telah dilaksanakan.

4.3 Diagram Alir Pelaksanaan Pengujian



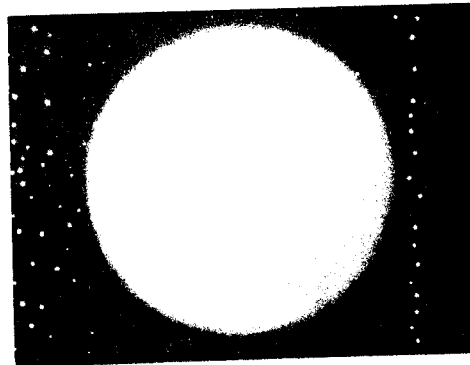
Gambar 4.1 Diagram alir pengujian

4.4 Data Hasil Pengujian

4.4.1 Mencari rata - rata resolusi terhadap jarak

Dalam pencarian resolusi rata-rata digunakan objek ukur berupa lingkaran - lingkaran tanpa ketebalan yang telah ditentukan diameternya (d). Objek ukur adalah hasil *print out* dengan Perbandingan 1 : 1 menggunakan *software autoCAD* (*Computer Aided Design*).

Gambar objek ukur adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2 Objek lingkaran tanpa ketebalan

Adapun keterangan data pengukuran adalah sebagai berikut :

d = Objek ukur (mm)

S = Jarak kamera terhadap objek (mm)

$\bar{p}$ = *Pixel* rata-rata dari 4 kali pemotretan (*pixel*)

Hingga didapatkan:

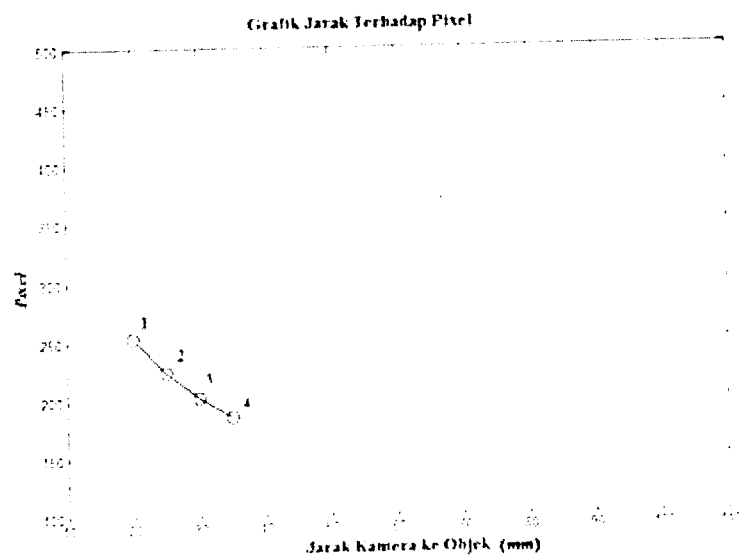
$$R = \frac{\bar{p}}{d}$$

Dimana:

R = Resolusi (*pixel* / mm)

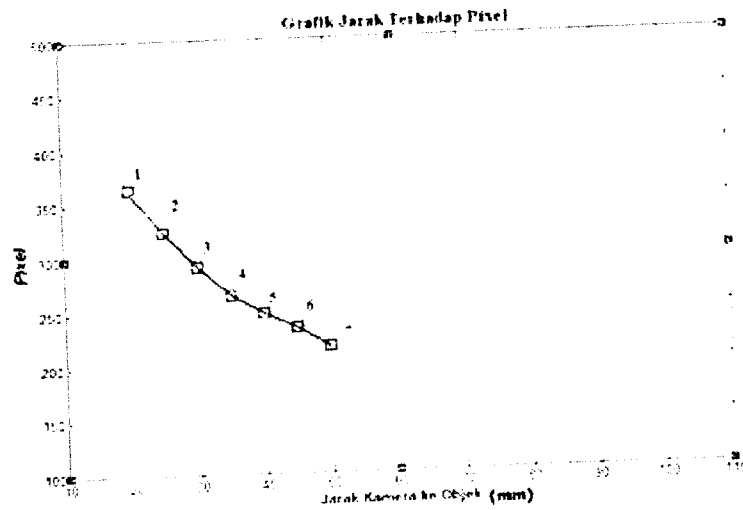
Tabel 4.1 Data pengukuran $d=10$ mm

No	d (mm)	S (mm)	$\bar{P}$ (pixel)	$R = \frac{\bar{P}}{d}$ (pixel / mm)
1	10	20	254	25
2	10	25	224	22
3	10	30	202	20
4	10	35	186	19
5	10	40	---	---

Gambar 4.3 Grafik jarak terhadap *pixel* dengan $d = 10$ mm

Tabel 4.2 Data pengukuran dengan $d=15$ mm

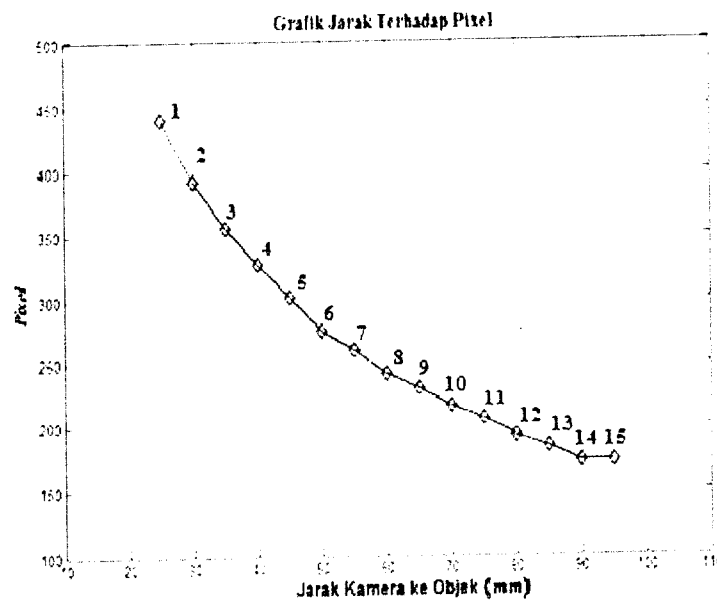
No	d (mm)	S (mm)	$\bar{P}$ (pixel)	$R = \frac{\bar{P}}{d}$ (pixel / mm)
1	15	20	364	24
2	15	25	324	22
3	15	30	292	19
4	15	35	266	18
5	15	40	248	17
6	15	45	234	16
7	15	50	216	15
8	15	55	---	---



Gambar 4.4 Grafik jarak terhadap *pixel* dengan $d = 15$ mm

Tabel 4.3 Data pengukuran dengan $d = 20$ mm

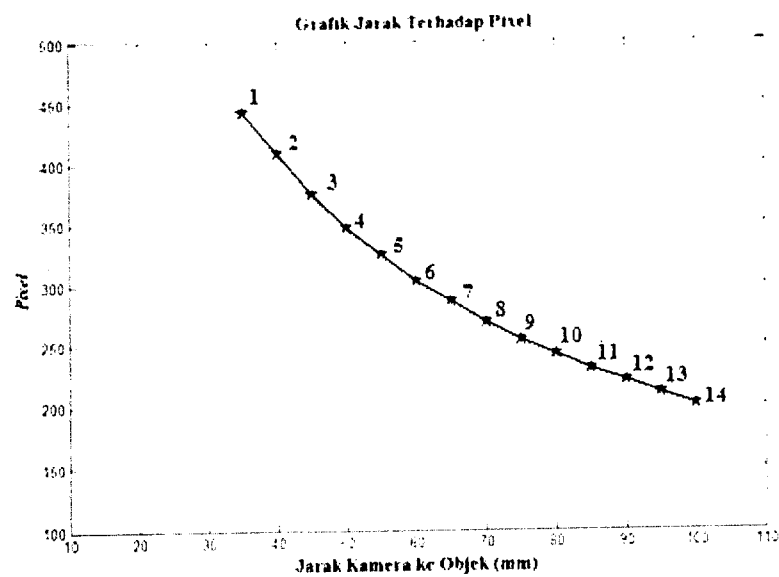
No	d (mm)	S (mm)	$\bar{p}$ (pixel)	$R = \frac{p}{d}$ (pixel / mm)
1	20	20	440	22
2	20	25	392	20
3	20	30	356	18
4	20	35	328	17
5	20	40	302	15
6	20	45	276	14
7	20	50	260	13
8	20	55	242	12
9	20	60	230	12
10	20	65	216	11
11	20	70	206	10
12	20	75	192	10
13	20	80	184	9
14	20	85	172	9
15	20	90	172	9
16	20	95	---	---



Gambar 4.5 Grafik jarak terhadap *pixel* dengan $d = 20$ mm

Tabel 4.4 Data pengukuran $d = 25 \text{ mm}$

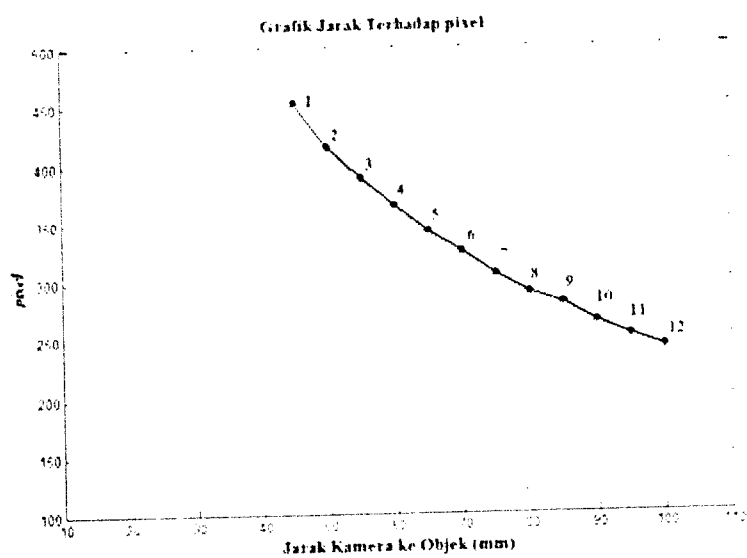
No	d (mm)	S (mm)	$\bar{p}$ (pixel)	$R = \frac{\bar{p}}{d}$ (pixel / mm)
1	25	35	442	18
2	25	40	408	16
3	25	45	374	15
4	25	50	346	14
5	25	55	324	13
6	25	60	302	12
7	25	65	286	12
8	25	70	268	11
9	25	75	254	10
10	25	80	242	10
11	25	85	230	9
12	25	90	220	9
13	25	95	210	8
14	25	100	200	8



Gambar 4.6 Grafik jarak terhadap *pixel* dengan $d = 25 \text{ mm}$

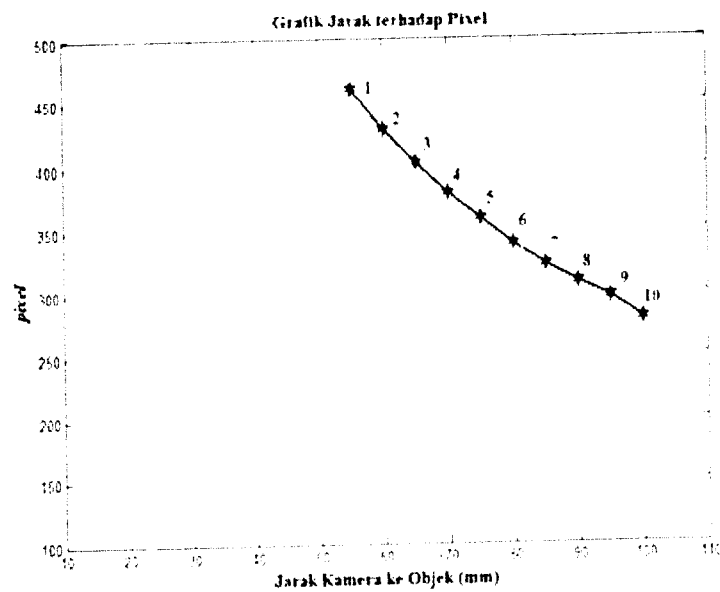
Tabel 4.5 Data pengukuran $d = 30$ mm

No	d (mm)	S (mm)	$\bar{p}$ (pixel)	$R = \frac{\bar{p}}{d}$ (pixel / mm)
1	30	45	452	15
2	30	50	414	14
3	30	55	388	13
4	30	60	364	12
5	30	65	342	11
6	30	70	324	11
7	30	75	304	10
8	30	80	288	10
9	30	85	278	9
10	30	90	262	9
11	30	95	250	8
12	30	100	240	8

Gambar 4.7 Grafik jarak terhadap *pixel* dengan $d = 30$ mm

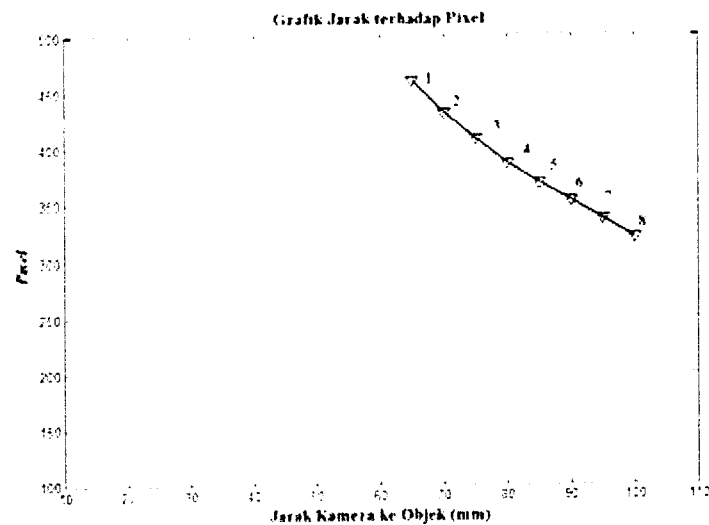
Tabel 4.6 Data pengukuran d = 35 mm

No	d (mm)	S (mm)	$\bar{p}$ (pixel)	$R = \frac{\bar{p}}{d}$ (pixel / mm)
1	35	55	460	13
2	35	60	424	12
3	35	65	402	11
4	35	70	378	11
5	35	75	358	10
6	35	80	338	10
7	35	85	322	9
8	35	90	308	9
9	35	95	296	8
10	35	100	282	8

**Gambar 4.8** Grafik jarak terhadap *pixel* dengan d = 35 mm

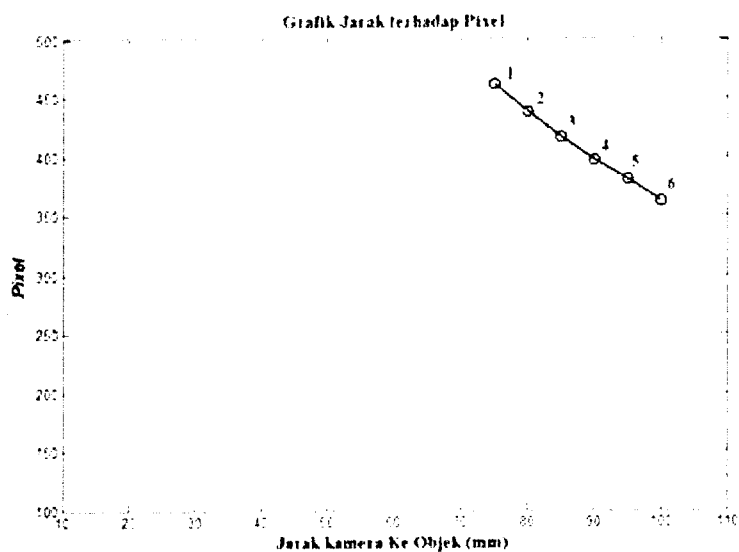
Tabel 4.7 Data pengukuran $d = 40$ mm

No	d (mm)	S (mm)	$\bar{P}$ (pixel)	$R = \frac{\bar{P}}{d}$ (pixel / mm)
1	40	65	460	12
2	40	70	432	11
3	40	75	408	10
4	40	80	386	10
5	40	85	368	9
6	40	90	353	9
7	40	95	336	8
8	40	100	320	8

**Gambar 4.9** Grafik jarak terhadap *pixel* dengan $d = 40$ mm

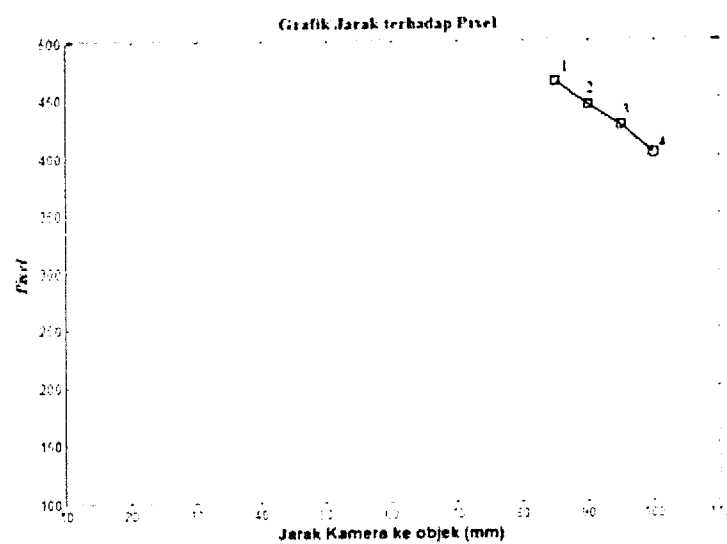
Tabel 4.8 Data pengukuran $d = 45$ mm

No	d (mm)	S (mm)	$\bar{p}$ (pixel)	$R = \frac{\bar{p}}{d}$ (pixel / mm)
1	45	75	462	10
2	45	80	438	10
3	45	85	416	9
4	45	90	397	9
5	45	95	380	8
6	45	100	362	8

**Gambar 4.10** Grafik jarak terhadap *pixel* dengan $d = 45$ mm

Tabel 4.9 Data pengukuran $d = 50 \text{ mm}$

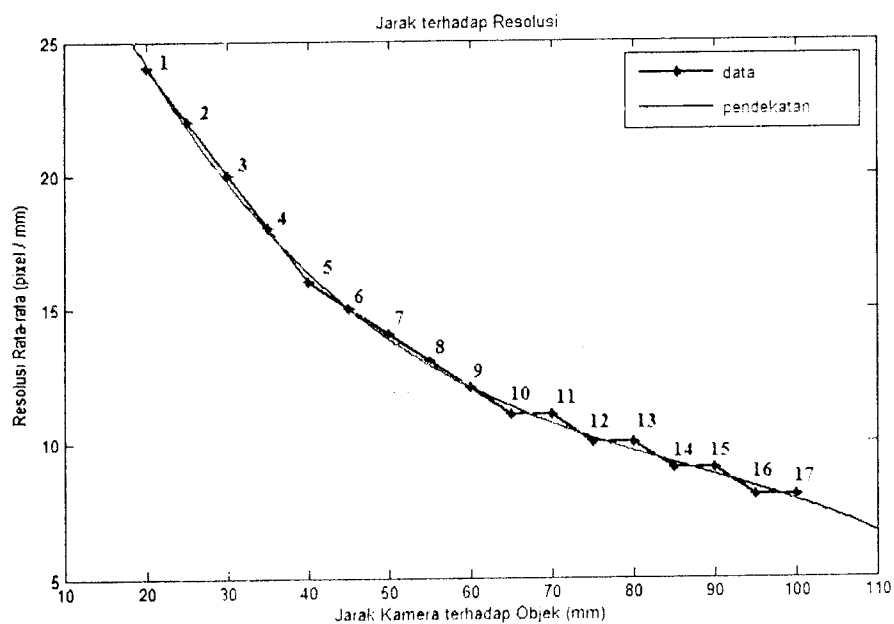
No	d (mm)	S (mm)	$\bar{p}$ (<i>pixel</i>)	$R = \frac{p}{d}$ (<i>pixel</i> / mm)
1	50	85	464	9
2	50	90	444	9
3	50	95	426	8
4	50	100	402	8

**Gambar 4.11** Grafik jarak terhadap *pixel* dengan $d = 50 \text{ mm}$

Dari hasil rata – rata *pixel* per diameter objek (mm) terhadap jarak pengukuran maka didapatkan nilai resolusi rata – rata ($\bar{R} = \text{pixel} / \text{mm}$) hingga dapat dibuat suatu tabel dan digambar dalam suatu grafik sebagai berikut:

Tabel 4.10 Data perhitungan resolusi rata-rata($\bar{R}$) terhadap jarak

No	S (mm)	R (pixel / mm)									$\bar{R}$ (pixel / mm)
		i	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1	20	25	24								24
2	25	22	22	22							22
3	30	20	19	20							20
4	35	18	18	18	18						18
5	40		17	16	16						16
6	45		15	15	15	15					15
7	50			14	14	14					14
8	55			13	13	13	13				13
9	60			12	12	12	12				12
10	65			12	11	11	11	12			11
11	70			11	11	11	11	11			11
12	75			10	10	10	10	10	10		10
13	80			10	10	10	10	10	10		10
14	85			9	9	9	9	9	9	9	9
15	90			9	9	9	9	9	9	9	9
16	95			9	8	9	8	8	8	9	8
17	100				8	8	8	8	8	8	8

**Gambar 4.12** Grafik jarak terhadap Resolusi rata-rata

Dari grafik diatas diambil pendekatan kubik hingga didapatkan suatu fungsi sebagai berikut :

$$Y = P_1 x^3 + P_2 x^2 + P_3 x + P_4 \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana :

$$P_1 = -3,0272 \text{ e} - 005 \dots\dots\dots (4.2)$$

$$P_2 = 0,007936 \dots\dots\dots (4.3)$$

$$P_3 = -0,78108 \dots\dots\dots (4.4)$$

$$P_4 = 36,871 \dots\dots\dots (4.5)$$

$Y = \text{resolusi (pixel /mm)}$

$x = \text{Jarak kamera ke objek (mm)}$

Dari hasil resolusi yang didapat apabila dalam bentuk pecahan maka dilakukan pembulatan. Nilai resolusi yang memiliki satuan pixel/mm harus selalu dalam bentuk bilangan bulat hal ini karena nilai pembaginya yang berupa *pixel* yang merupakan bilangan terkecil dalam sebuah citra hingga tidak dapat dibagi.

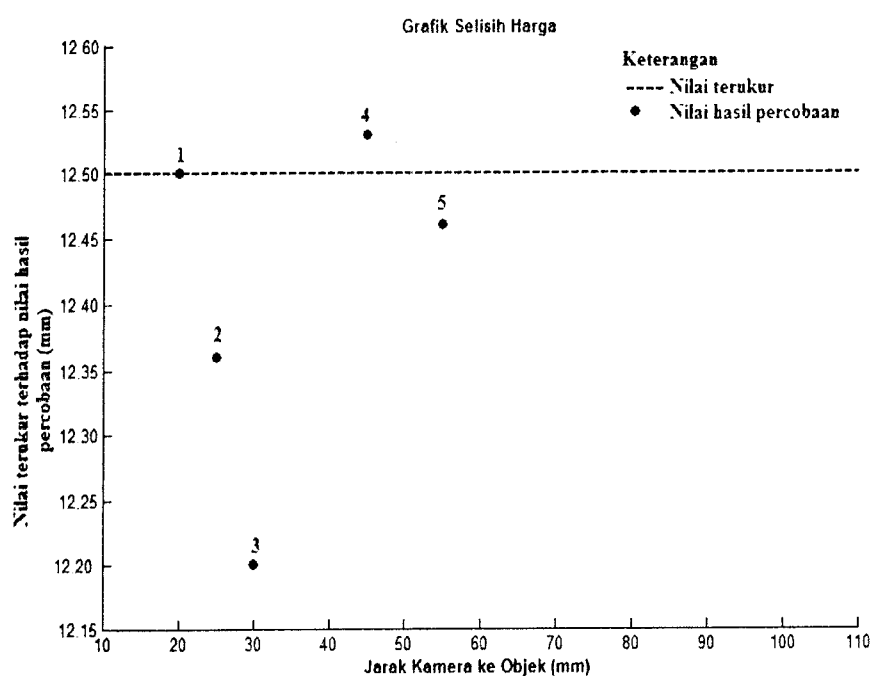
4.4.2 Mencari Diameter Objek

Pengujian selanjutnya untuk mencari nilai resolusi terhadap jarak menggunakan hasil yang didapatkan dari memasukkan jarak kamera terhadap objek kedalam rumus yang telah ada .

4.4.2.1 Objek ukur berupa Lingkaran Tanpa ketebalan

Tabel 4.11 Data pengukuran lingkaran tanpa ketebalan dengan $d = 12,50$ mm

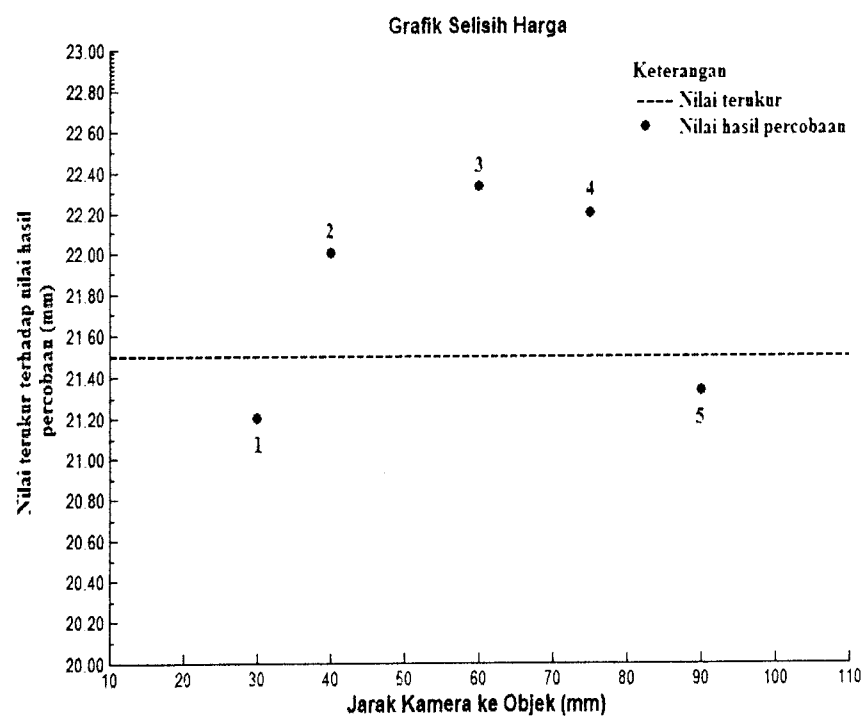
No	x (mm)	$\bar{p}$ (pixel)	Y (pixel/mm)	Hasil ($\bar{p}/Y$) (mm)	Selisih nilai (mm)	Selisih (%)
1	20	300	24	12,50	0,00	0,00
2	25	272	22	12,36	-0,14	1,12
3	30	244	20	12,20	0,30	2,40
4	45	188	15	12,53	0,03	0,24
5	55	162	13	12,46	-0,04	0,32



Gambar 4.13 Grafik Selisih harga dengan nilai pengukuran $d = 12,50$ mm

Tabel 4.12 Data pengukuran lingkaran tanpa ketebalan dengan $d = 21,50$ mm

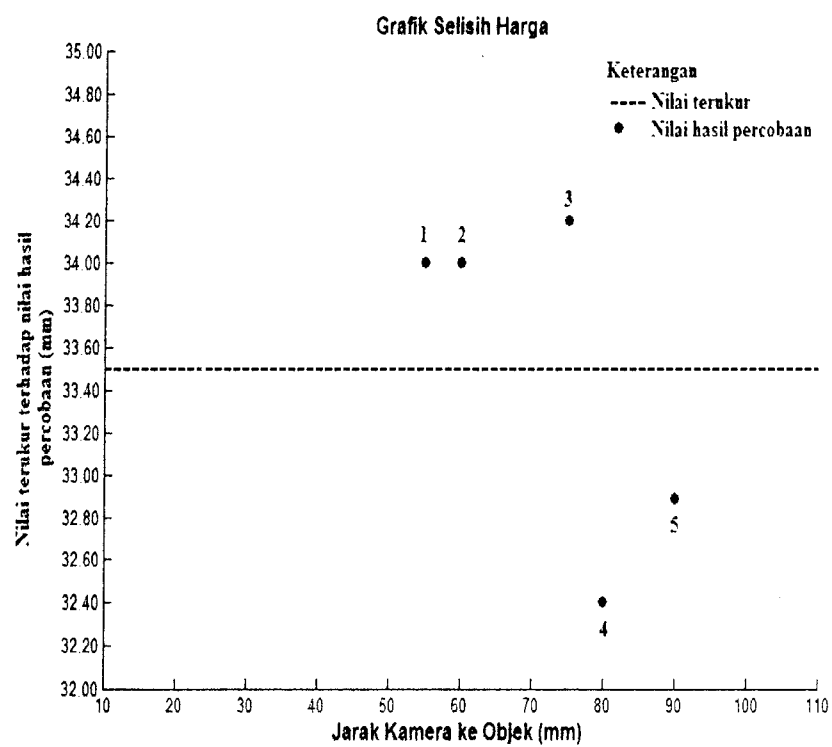
No	x (mm)	$\bar{P}$ (pixel)	Y (pixel/mm)	Hasil ($\bar{P}/Y$) (mm)	Selisih nilai (mm)	Selisih (%)
1	30	424	20	21,20	-0,30	1,40
2	40	352	16	22,00	0,50	2,32
3	60	268	12	22,33	0,83	3,86
4	75	222	10	22,20	0,70	3,25
5	90	192	9	21,33	-0,17	0,79



Gambar 4.14 Grafik Selisih harga dengan nilai pengukuran $d = 21,50$ mm

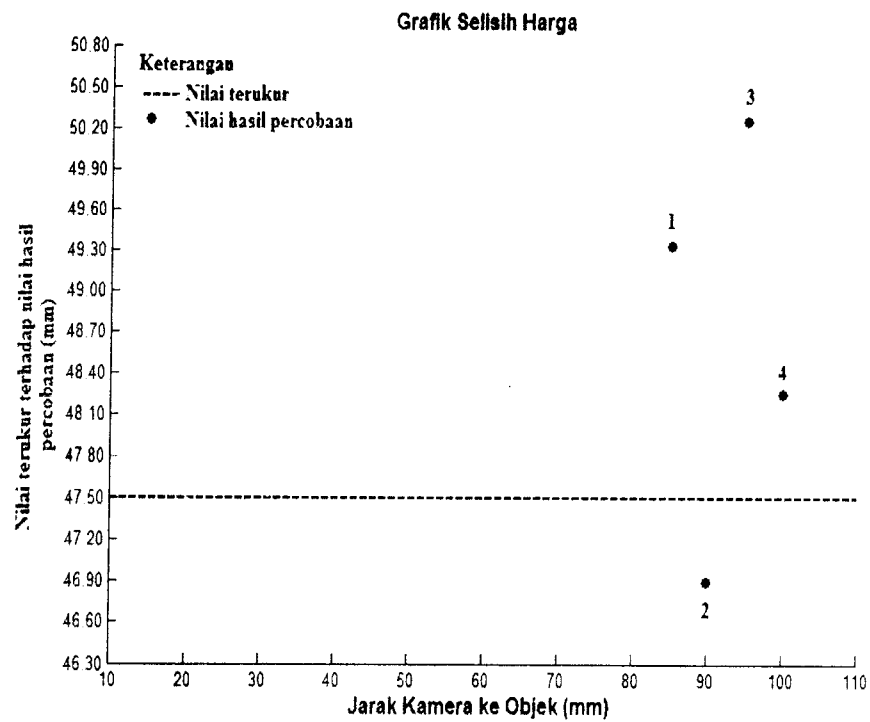
Tabel 4.13 Data pengukuran lingkaran tanpa ketebalan dengan $d = 33,50$ mm

No	x (mm)	$\bar{P}$ (pixel)	Y (pixel/mm)	Hasil ($\bar{P}/Y$) (mm)	Selisih nilai (mm)	Selisih (%)
1	55	442	13	34,00	0,50	1,49
2	60	408	12	34,00	0,50	1,49
3	75	342	10	34,20	0,70	2,09
4	80	324	10	32,40	-1,10	3,28
5	90	296	9	32,89	-0,61	1,82

**Gambar 4.15** Grafik Selisih harga dengan nilai pengukuran $d = 33,50$ mm

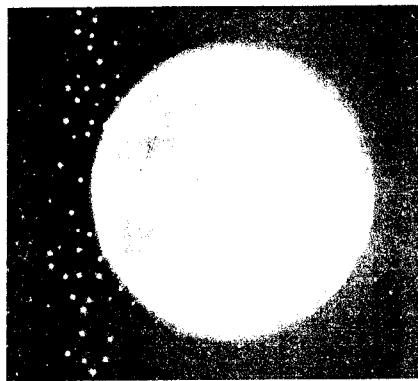
Tabel 4.14 Data pengukuran lingkaran tanpa ketebalan dengan $d = 47,50$ mm

No	x (mm)	$\bar{p}$ (pixel)	Y (pixel/mm)	Hasil ($\bar{p}/Y$) (mm)	Selisih nilai (mm)	Selisih (%)
1	85	444	9	49,33	1,83	3,85
2	90	422	9	46,89	-0,61	1,28
3	95	402	8	50,25	2,75	5,79
4	100	386	8	48,25	0,75	1,58

Gambar 4.16 Grafik Selisih harga dengan nilai pengukuran $d = 47,50$ mm

4.4.2.2 Objek ukur berupa koin

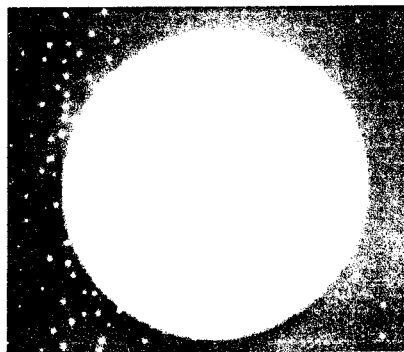
Objek ukur berupa koin yang memiliki ketebalan (t) tertentu. Dalam pengujian ini ditambahkan lagi ketebalan koin-koin tersebut dengan memberikan pengganjal menggunakan *block gauge* dengan ketebalan tertentu. Pengukuran awal koin menggunakan *micrometer* dengan kecermatan 0,01 mm dengan ring 0 – 25 mm. Adapun gambar dari objek ukur yang digunakan adalah sebagai berikut :



Keterangan:

- Koin perak
- $d = 18,50 \text{ mm}$
- $t = 1,25 \text{ mm}$

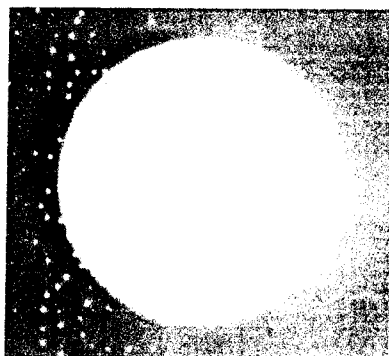
Gambar 4.17 koin 1



Keterangan :

- Koin emas
- $d = 20,00 \text{ mm}$
- $t = 1,50 \text{ mm}$

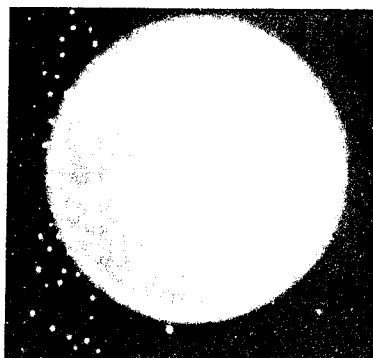
Gambar 4.18 koin 2



Keterangan :

- Koin emas
- $d = 24,00 \text{ mm}$
- $t = 1,70 \text{ mm}$

Gambar 4.19 koin 3



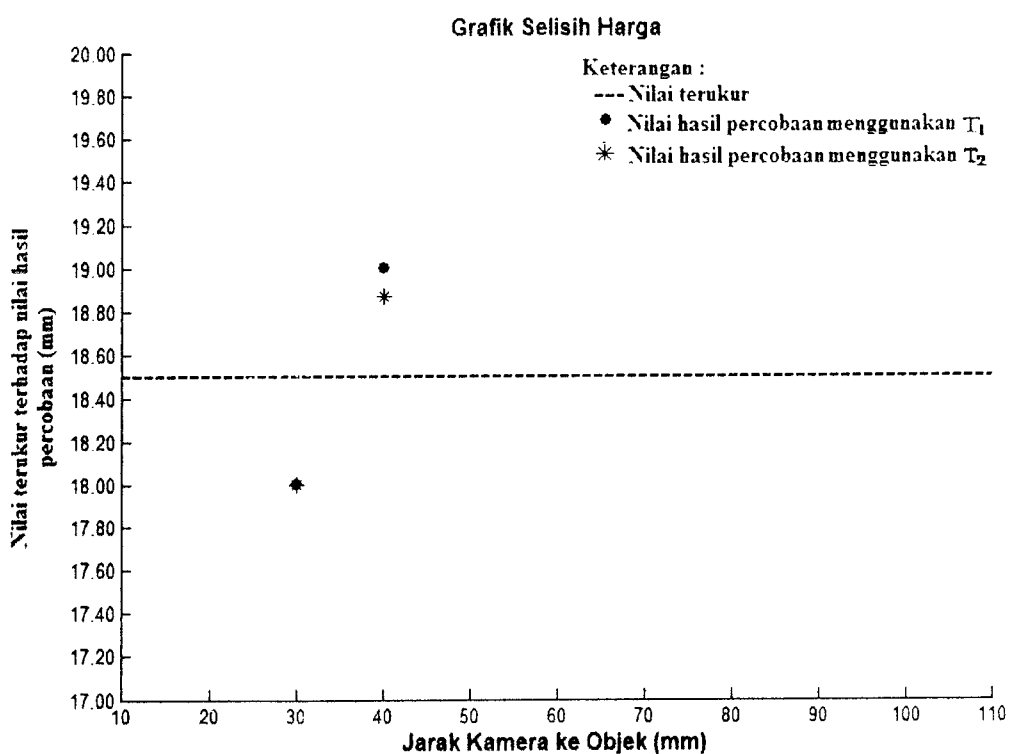
Keterangan :

- Koin perak
- $d = 28,30 \text{ mm}$
- $t = 1,25 \text{ mm}$

Gambar 4.20 koin 4

Tabel 4.15 Data pengukuran koin 1 yang dengan $d = 18,50$; $t = 1,25$ mm diberikan pengganjal I, dengan ketebalan (t_2) = 8,75 mm . hingga didapat ketebalan I (T_1) dan pengganjal II ,dengan ketebalan (t_3) = 18,75 mm hingga didapatkan ketebalan II (T_2)

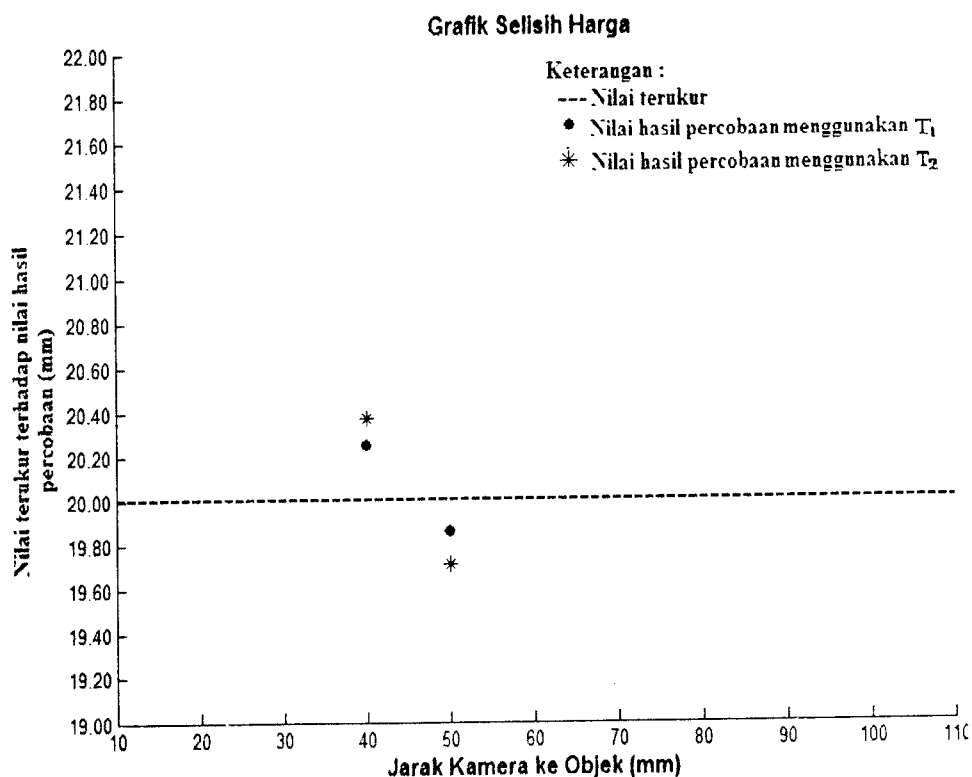
x (mm)	(x + Ketebalan) (mm)		$\bar{p}$ (<i>pixel</i>)	Y (<i>pixel</i> /mm)	Hasil ($\bar{p}/Y$) (mm)	Selisih nilai (mm)	Selisih (%)
40	T ₁	30	360	20	18,00	-0,50	2,70
50		40	304	16	19,00	0,50	2,70
50	T ₂	30	360	20	18,00	-0,50	2,70
60		40	302	16	18,87	0,37	2,00



Gambar 4.21 Grafik Selisih harga dengan nilai perhitungan $d = 18,50$ mm

Tabel 4.16 Data pengukuran koin 2 yang dengan $d = 20,00$; $t = 1,50$ mm diberikan pengganjal I, dengan ketebalan $(t_2) = 8,50$ mm hingga didapat ketebalan I (T_1) dan pengganjal II, dengan ketebalan $(t_3) = 18,50$ mm hingga didapatkan ketebalan II (T_2)

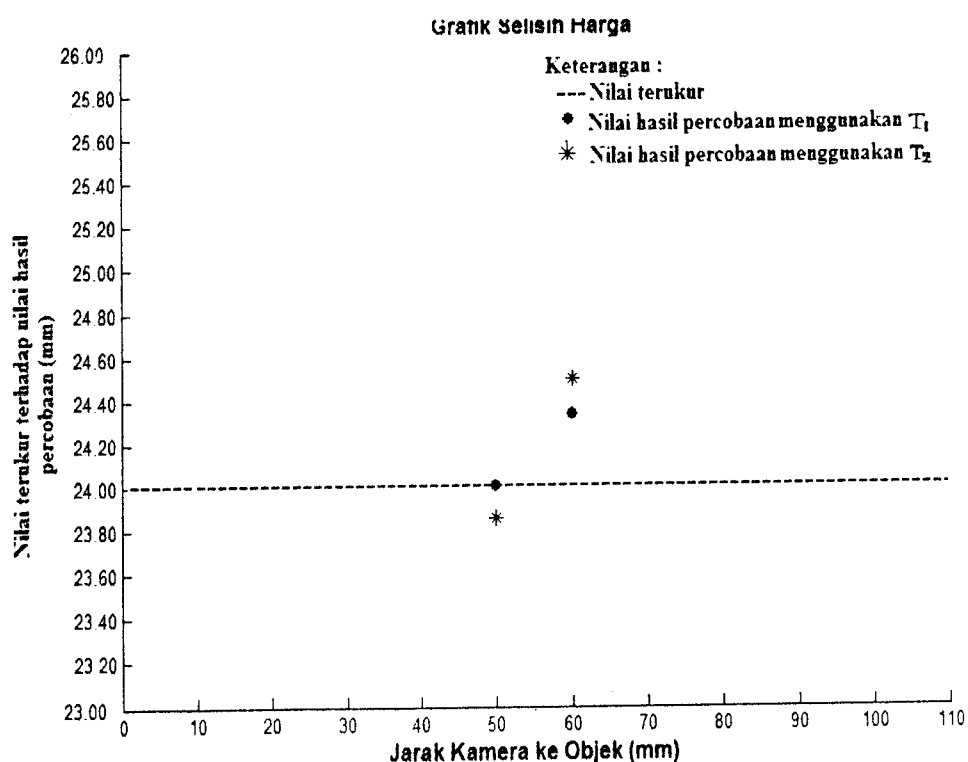
x (mm)	(x + Ketebalan) (mm)	$\bar{p}$ (pixel)	Y (pixel/mm)	Hasil ($\bar{p}/Y$) (mm)	Selisih nilai (mm)	Selisih (%)
50	T ₁	40	326	16	20,25	0,25
60		50	278	14	19,86	-0,14
60	T ₂	40	326	26	20,37	0,37
70		50	276	14	19,71	-0,28



Gambar 4.22 Grafik Selisih harga dengan nilai perhitungan $d = 20,00$ mm

Tabel 4.17 Data pengukuran koin 3 yang dengan $d = 24,00$; $t = 1,70$ mm diberikan pengganjal I, dengan ketebalan (t_2) = 8,30 mm hingga didapat ketebalan I (T_1) dan pengganjal II, dengan ketebalan (t_3) = 18,30 mm hingga didapatkan ketebalan II (T_2)

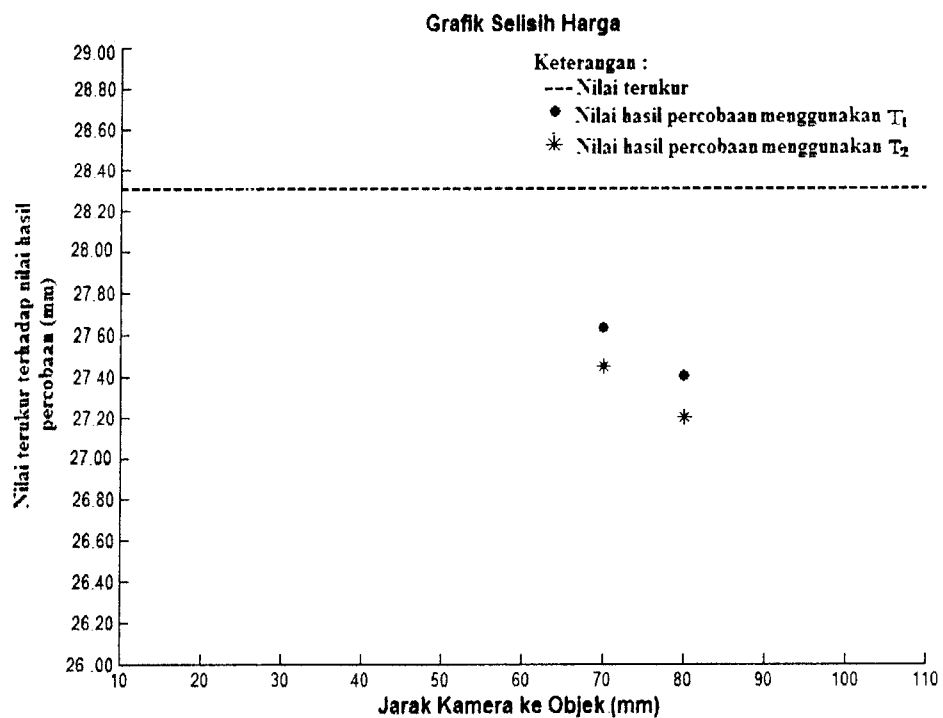
x (mm)	(x + Ketebalan) (mm)		$Y \bar{p}$ (pixel/mm)	Hasil ($\bar{p}/Y$) (mm)	Selisih nilai (mm)	Selisih (%)
60	T ₁	50	336	14	24,00	0,00
70		60	292	12	24,33	0,33
70	T ₂	50	334	14	23,86	-0,14
80		60	294	12	24,50	0,50



Gambar 4.23 Grafik Selisih harga dengan nilai pengukuran $d = 24,00$ mm

Tabel 4.18 Data pengukuran koin 4 yang dengan $d = 28,30$; $t = 1,25$ mm diberikan pengganjal I, dengan ketebalan (t_2) = 8,75 mm hingga didapat ketebalan I (T_1) dan pengganjal II, dengan ketebalan (t_3) = 18,75 mm hingga didapatkan ketebalan II (T_2)

x (mm)	(x + Ketebalan) (mm)	$\bar{p}$ (pixel)	Y (pixel/mm)	Hasil ($\bar{p}/Y$) (mm)	Selisih nilai (mm)	Selisih (%)
80	T ₁	70	304	11	27,63	0,67
90		80	274	10	27,40	-0,90
90	T ₂	70	302	11	27,45	-0,85
100		80	272	10	27,20	-1,10



Gambar 4.24 Grafik Selisih harga dengan nilai pengukuran $d = 28,30$ mm

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

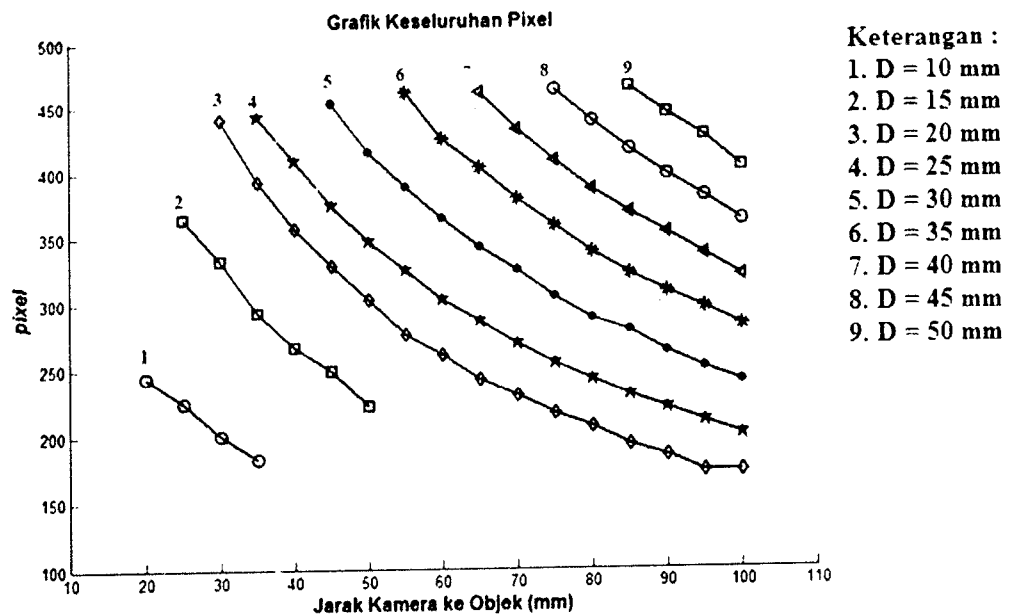
5.1 Analisis Hasil Pengukuran

Untuk dapat mengetahui kelayakan alat uji dijadikan suatu alat ukur, maka perlu dilakukan analisis terhadap data-data yang diperoleh pada saat melakukan pengujian. Data-data yang diperoleh berupa nilai resolusi yang digunakan untuk mengkonversi diameter objek ukur dari pengujian yang masih berupa nilai *pixel*. Hasil dari pengujian akan dibandingkan dengan hasil perhitungan untuk mengetahui apakah ada kesamaan antara data pengukuran yang didapat dengan hasil perhitungan.

5.2 Hasil Pengukuran

5.2.1 Keseluruhan *Pixel* rata-rata

Dari keseluruhan grafik *pixel* yang didapatkan pada bab. IV dapat digabungkan dalam sebuah grafik sebagai berikut :

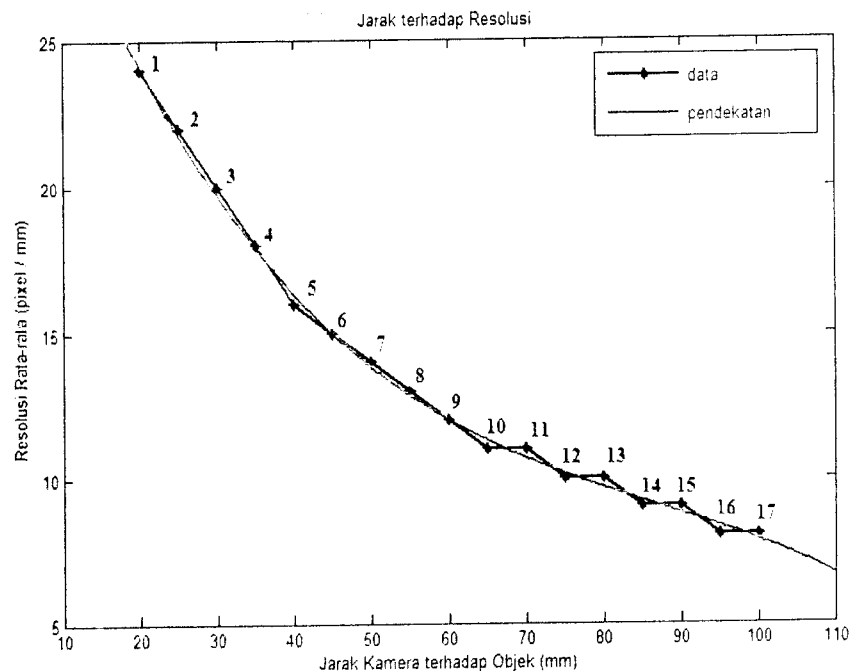


Gambar 5.1 Grafik keseluruhan data *pixel*

Dari gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa untuk diameter 10 – 15 mm, *pixel* yang didapat hanya mampu terbaca sampai jarak tertentu. Hal ini disebabkan oleh ketidakmampuan program *matlab* membaca perbedaan antara citra objek ukur dengan *backgroundnya*, karena semakin jauh jarak pemotretan semakin buram hasil citra yang ditampilkan.

5.2.2 Resolusi Rata - Rata Pengukuran

Dari hasil rata – rata *pixel* per diameter objek (mm) terhadap jarak pengukuran maka didapatkan nilai resolusi rata – rata ($\bar{R}$) terhadap jarak. Bentuk grafik dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 5.2 Grafik jarak terhadap Resolusi rata-rata

Dari grafik diatas diambil suatu pendekatan fungsi kubik hingga didapatkan suatu fungsi yang telah dituliskan pada bab IV, yaitu :

$$Y = P_1 x^3 + P_2 x^2 + P_3 x + P_4 \dots\dots\dots (5.1)$$

Fungsi ini dibatasi untuk jarak pemotretan dari 20 mm – 100 mm, karena nilai sisa yang dihasilkan dari rumus fungsi diatas relatif besar seharga 0,9252. walaupun hal tersebut tidaklah berpengaruh besar karena hasil resolusi yang

didapatkan selalu dibulatkan ke nilai yang paling mendekati. Hal ini dikarenakan prinsip dasar dari resolusi yang harus selalu dalam bentuk bilangan bulat karena kita ketahui satuan dari resolusi yang digunakan adalah *pixel/mm*. *pixel* adalah komponen terkecil dari sebuah citra yang tidak dapat dibagi – bagi lagi.

Dari gambar 5.1 dan 5.2 dapat dilihat kesamaan bentuk grafik kearah hiperbolis. Hal ini sesuai dengan teori hubungan kekuatan lensa terhadap jarak fokus ($P = \frac{1}{f}$) yaitu kekuatan lensa berbanding terbalik dengan jarak fokus, dimana semakin jauh jarak fokus semakin kecil kekuatan lensa.

5.2.3 Pengukuran Objek Ukur Tanpa Ketebalan

Pengukuran objek ukur tanpa ketebalan menggunakan empat *sample* objek dengan diameter 12,50 mm ; 21,50 mm ; 33,50 mm ; dan 47,50 mm. Objek ukur adalah hasil *print out* dari hasil gambar menggunakan program *autoCAD* dengan perbandingan ukuran 1 : 1. Dari data pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.11- 4.14 dan bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 4.14 – 4.17 terlihat bahwa harga penyimpangan sangat beragam tidak terpengaruh oleh jarak pemotretan yang diberikan. Hasil penyimpangan terbesar dapat dilihat pada diameter objek $d = 47,50$ mm dengan jarak pemotretan 95 mm harga penyimpangan yang didapat sebesar 5,79 %

5.2.4 Pengukuran Objek Ukur dengan Ketebalan

Pengukuran objek ukur dengan ketebalan menggunakan empat koin dengan diameter 18,5 mm; 20 mm ; 24 mm ; 28,30 mm dengan ketebalan 1,25 mm ; 1,5 mm ; 1,7 mm ; 1,25 mm. Nilai perhitungan objek ukur tersebut didapat dari pengukuran menggunakan alat ukur *micrometer* dengan kecermatan 0,01 mm dengan ring pembacaan 0 – 25 mm.

Dari hasil pengukuran menggunakan alat uji dapat dilihat dari tabel 4.15 - 4.18 dan bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 4.22 - 4.25 terlihat bahwa adanya keseragaman bentuk penyimpangan, ternyata tebal objek ukur dan ketebalan pengganjal yang diberikan tidak mempengaruhi nilai yang didapat,

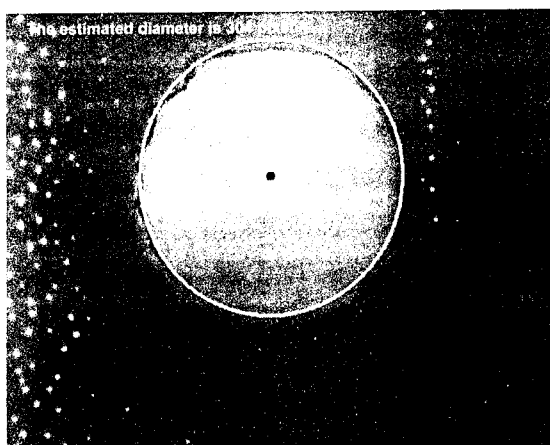
walaupun ada selisih yang didapatkan tidaklah besar hanya rata-rata dua *pixel*. Untuk jenis koin yang digunakan ternyata juga mempengaruhi hasil pengukuran, koin yang memiliki warna cemerlang memantulkan sinar lebih besar hingga pemberian batas pada sekeliling pencitraan lingkaran yang didapatkan menjadi meluas bahkan sering tidak terbaca.

5.3 Pencahayaan

Didalam pemotretan diperlukan pencahayaan tambahan karena pencahayaan yang telah ada sebelumnya menggunakan lampu neon (*fluorescent*) yang tidak sepenuhnya mampu melakukan penerangan yang merata pada permukaan objek ukur. Hal ini disebabkan oleh sifat dasar yang dimiliki oleh lampu neon yaitu berjenis digital yang mengeluarkan cahaya bergetar / berkedip dalam suatu frekuensi tertentu. Secara kasat mata kita tidak dapat membedakan atau melihat kedipan / getaran yang terjadi dalam suatu waktu, namun berbeda halnya dengan kamera / pemotret yang benar – benar mengandalkan cahaya dalam pemrosesannya. Ada empat kemungkinan yang didapatkan dari hasil pemotretan dengan hanya mengandalkan lampu neon yaitu :

1. Hasil pembacaan citra mengecil

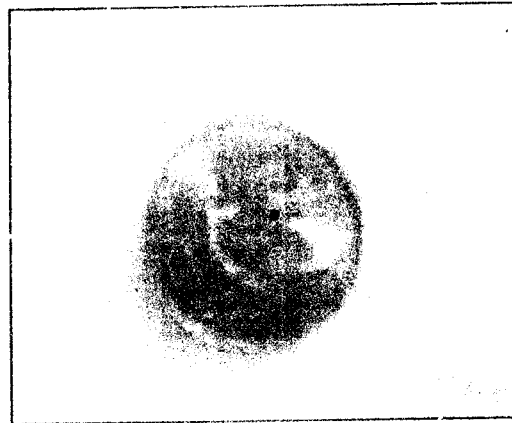
Hal ini dapat disebabkan pada saat pemotretan lampu dalam masa peralihan yaitu dari mati ke hidup atau sebaliknya dari hidup ke mati dengan kata lain lampu pas dalam keadaan meredup. Hasil Pencitraan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 5.3 Objek terbaca mengecil

2. Hasil Pembacaan citra membesar

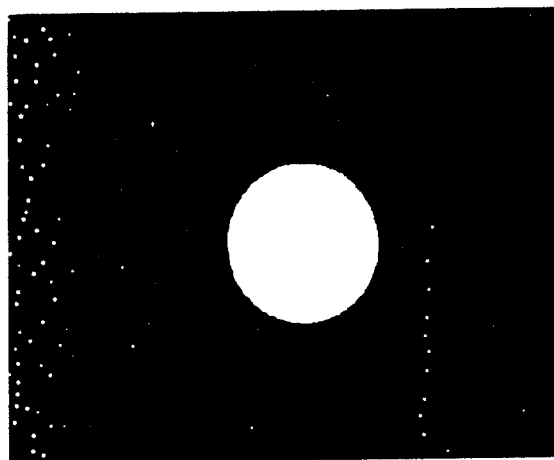
Hal ini dapat disebabkan pada saat pemotretan lampu sedang dalam keadaan menerang naik dari waktu perpindahan (belum stabil). Hasil Pencitraan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 5.4 Objek terbaca membesar

3. Hasil citra tidak terbaca.

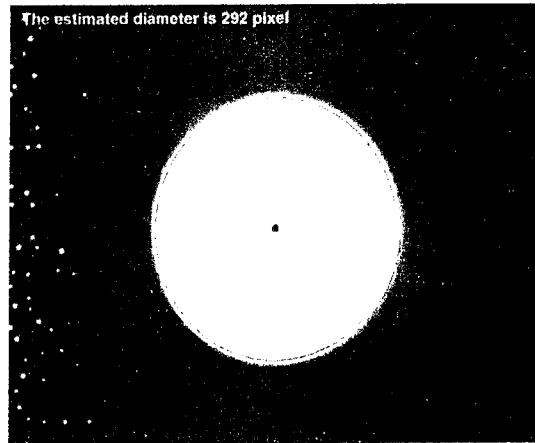
Hal ini dapat disebabkan pada saat pemotretan lampu neon sedang berkedip mati. Hasil Pencitraan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 5.5 Objek tidak terbaca

4. Hasil pembacaan citra sempurna.

Hal ini dapat disebabkan pada saat pemotretan lampu neon berkedip hidup dalam keadaan baik. Hasil Pencitraan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 5.6 Objek terbaca sempurna

Dari empat hal diatas sangat sulit sekali menghasilkan suatu citra yang baik dalam satu rentang waktu. Hingga harus dilakukan pemotretan berulang - ulang untuk mendapatkan hasil pencitraan yang sempurna. Karena hal itulah maka diputuskan menggunakan tambahan penyinaran menggunakan lampu pijar.

Hasil pemotretan menggunakan lampu pijar memberikan efek yang baik cahaya menerangi permukaan objek ukur dengan sempurna. Hal ini disebabkan oleh sifat dasar lampu pijar yaitu analog hingga cahaya yang dihasilkan bersifat kontinyu atau konstan. Hasil pembacaan citra setelah menggunakan lampu pijar hanya ada dua kemungkinan yaitu objek ukur terbaca sempurna dan tidak terbaca. Alasa yang menyebabkan objek tidak terbaca disini pun jelas karena objek kecil dan jarak yang diberikan jauh dan hal ini terlihat jelas pada objek – objek berdiameter dibawah 20 mm pada jarak pemotretan diatas 50 mm. Saat dilakukan perulangan pun hasil yang didapatkan tetap konstan.

backgroundnya. Satu gambar terakhir adalah hasil pengolahan citra dari objek ukur setelah mendapatkan pencahayaan tambahan dari lampu pijar.

5.4 Pembahasan

Dari hasil analisis diatas didapat beberapa hal antara lain :

- Karakteristik *webcam* sama seperti kamera yaitu nilai *pixel* maupun resolusi yang dihasilkan berbanding terbalik dengan jarak pengukuran. Hal ini dapat dilihat dari kenaikan jarak pengukuran memberikan penurunan nilai *pixel* atau resolusi.
- Alat uji memiliki keterbatasan pembacaan.
- *webcam* kurang stabil digunakan sebagai alat ukur karena dari hasil pengukuran yang didapat nilai penyimpangannya beragam dan tidak konstan walaupun jarak yang diberikan sama.
- Selisih harga nilai pengujian relatif besar dengan nilai pengukuran awal.
- Untuk objek ukur tanpa ketebalan didapatkan nilai penyimpangan terbesar senilai 5,79 % dan objek ukur dengan ketebalan didapatkan nilai penyimpangan terbesar senilai 3,88 %
- Pencahayaan sangat berpengaruh terhadap hasil pencitraan.

5.3.1 Faktor – faktor penyebab kesalahan pengukuran

Faktor -- faktor kesalahan hasil pengukuran yang didapatkan bisa disebabkan oleh tiga hal, yaitu:

- Penyimpangan bersumber dari alat uji

Webcam memiliki kepekaan terhadap masukan cahaya. Cahaya yang terlalu terang membuat objek ukur menjadi tidak terbaca, walaupun terbaca ukuran lingkaran batas yang diberikan akan melebar (keluar dari objek ukur). Cahaya yang terlalu redup juga membuat objek ukur tidak terbaca, walaupun terbaca ukuran lingkaran batas yang diberikan akan mengecil (masuk kedalam objek ukur).

- Penyimpangan bersumber dari objek ukur

Warna dari objek ukur sangat mempengaruhi hasil pengukuran. Warna yang cenderung terang seperti pada koin emas dan perak yang baru, membuat hasil pembacaan membesar bahkan sering tidak terbaca, sedangkan untuk warna yang buram seperti warna objek ukur tanpa ketebalan membuat pembacaan menjadi mengecil dan tidak terbaca. *konture* yang ada dipermukaan koin menyebabkan lingkaran batas pembacaan yang diberikan menjadi tidak beraturan.

- Penyimpangan bersumber dari si pengukur

Kesalahan pada saat pengesetan alat uji dan peletakan objek ukur dapat menyebabkan perbedaan hasil pengukuran walaupun dalam jarak pengukuran dan objek ukur yang sama.

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa *webcam* dapat digunakan sebagai alat ukur dengan nilai ketelitian di atas 5 % pada jarak pengukuran dari 20 – 100 mm. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa pengukuran menggunakan *webcam* dapat digunakan untuk pengukuran yang tidak memerlukan ketelitian yang tinggi.

6.2 Saran – saran

Saran-saran berikut dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya

- Menambahkan sensor pengukur jarak sebagai pengganti *block gauge*
- Mengganti naik turunnya lengan dan pengunci menggunakan alat yang lebih baik untuk menghindari cepat ausnya pemutar (seperti rumah – rumah pada alat *pneumatic hidrolis*)
- Memperpanjang jarak pengukuran di atas 100 mm.
- Mengembangkan bentuk objek ukur seperti kotak dan segitiga.

DAFTAR PUSTAKA

1. Achmad Balza, *Diktat Mata Kuliah Teknik Pengolahan Citra*, Jurusan Teknik Nuklir Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2001.
2. Castleman, Kenneth R., *Digital Image Processing*, Prentice Hall International, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1996.
3. Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E., *Digital Image Processing*. Prentice Hall Inc., New Jersey, 2001.
4. Giwanda Griand, *Panduan Praktis Fotografi Digital*, Puspa Terampil, Jakarta, 2004.
5. Jain, Anil K., *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice Hall of India, New Delhi, 1995.
6. Muhaimin, DRS, M.T., *Teknologi Pencahayaan*, Refika aditama, Bandung, 2001.
7. Munir Rinaldi, *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan algoritmik*, Informatika Bandung, Bandung, 2004.
8. Rochim Taufiq and Wirdjomartono, Sri Hardjoko, *Spesifikasi Geometris Metrologi Industri dan Kontrol Kualitas*, Jurusan Teknik Produksi dan Metrologi Industri Jurusan Mesin Fakultas teknologi Industri Institut Teknologi Bandung, Bandung, 1985.

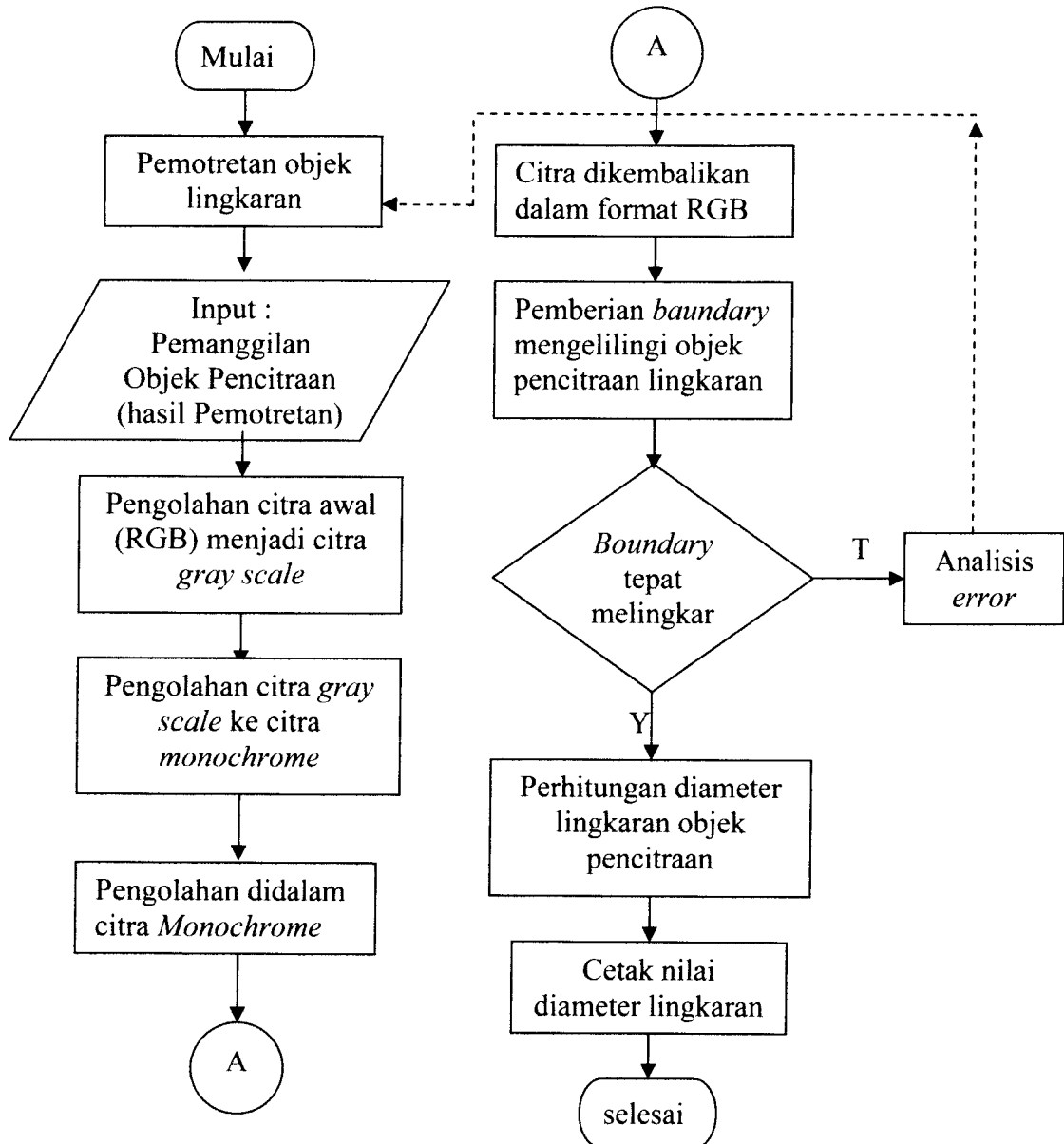
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	-1-
Gambar dari alat uji	-1-
Gambar 1.1 Alat uji tampak samping	-1-
Gambar 1.2 Alat uji tampak depan	-1-
 Lampiran 2	 -2-
Diagram alir program	-2-
Gambar 2.1 Diagram alir program perhitungan diameter lingkaran	-2-
 Lampiran 3	 -3-
Program perhitungan diameter lingkaran pada objek pencitraan	-3-
Gambar 3.1 Citra hasil pemanggilan (RGB)	-3-
Gambar 3.2 Citra <i>Gray scale</i>	-4-
Gambar 3.3 Citra <i>monochrome</i>	-5-
Gambar 3.4 Citra RGB	-5-
Gambar 3.5 Citra Objek diberikan <i>boundary</i>	-6-
Gambar 3.6 Citra objek setelah diberikan tanda titik pusat	-6-
Gambar 3.7 Citra objek diberikan tanda lingkaran	-7-
Gambar 3.8 Citra objek setelah diberikan ukuran	-7-

Lampiran 2

Diagram Alir Program Perhitungan Diameter Lingkaran pada Objek Pencitraan

DIAGRAM ALIR PROGRAM



Gambar 2.1 Diagram alir program perhitungan diameter lingkaran

Lampiran 3

Program perhitungan diameter lingkaran menggunakan *software* matlab

Program Perhitungan Diameter Lingkaran pada Objek Pencitraan

% Fungsi pemanggilan citra

```
Lingkaran = imread ( 'C : \ Documents and Settings \ Primayati \ My Documents \  
my pictures \ lingkaran . jpg' );  
figure (1); imshow (Lingkaran);
```

Gambar 3.1 Citra hasil pemanggilan (RGB)

%Pengolahan Citra RGB ke *gray scale*

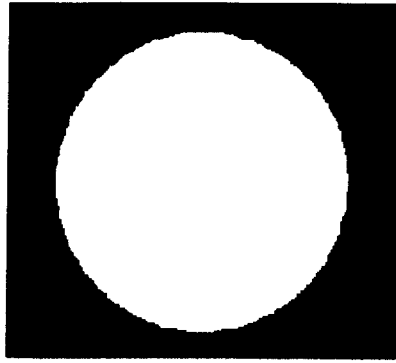
```
tinggi = size (Lingkaran, 1);  
lebar = size (Lingkaran, 2);  
Abu2 = uint8 (zeros (tinggi, lebar) );  
for i = 1 : tinggi,  
for j = 1 : lebar,  
R = round ( Lingkaran (i, j, 1) * 0.30 );  
G = round ( Lingkaran (i, j, 2) * 0.86 );  
B = round ( Lingkaran (i, j, 3) * 0.11 );  
Abu2 (i, j) = R + G + B;  
end
```

```
end  
figure (2); imshow (Abu2);
```

Gambar 3.2 Citra *Gray scale*

%Pengolahan citra *grayscale* ke *monochrome*

```
tinggi = size (Abu2, 1);  
lebar = size (Abu2, 2);  
foto2 = double (Abu2);  
ambang = 250;  
for i = 1 : tinggi,  
    for j = 1 : lebar,  
        if (foto2 (i, j) < ambang)  
            foto2 (i, j) = 0;  
        else  
            foto2 (i, j) = 1;  
        end  
    end  
end  
end  
biner = logical (uint8 (foto2) );  
figure (3); imshow (biner);
```



Gambar 3.3 Citra *monochrome*

% Pengolahan citra *monochrome*

dimensi = size (biner);

colom = round(dimensi (2) / 2) - 90;

baris = min (find (biner (:, colom)));

batas = bwtraceboundary (biner, [baris, colom], 'N');

% Citra *monochrome* yg telah diolah dikembalikan kedalam citra RGB

figure (4); imshow (Lingkaran);

hold on;

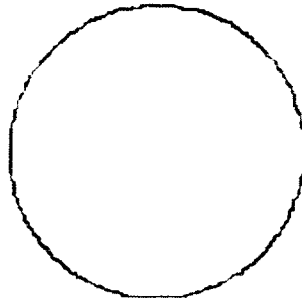
Gambar 3.4 Citra RGB

% Pemberian *boundary* pada objek yg terdapat pada citra

x = batas (:, 2);

y = batas (:, 1);

plot (x, y, 'g', 'LineWidth', 2);



Gambar 3.5 Citra objek diberikan *boundary*

% Rumus lingkaran

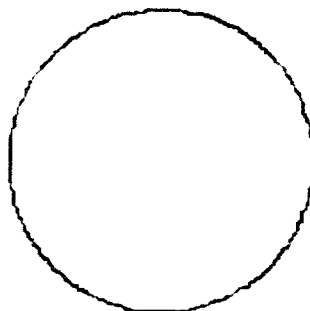
```
abc = round ( [x y ones (length (x), 1) ] \ [- (x. ^ 2 + y. ^ 2) ] );  
a = abc (1); b = abc (2); c = abc (3);
```

% Perhitungan titik pusat dan radius lingkaran

```
xc = -a / 2;  
yc = -b / 2;  
radius = round (sqrt ( (xc ^ 2 + yc ^ 2) - c) );  
diameter = 2 * radius;
```

% Pemberian tanda titik pusat objek

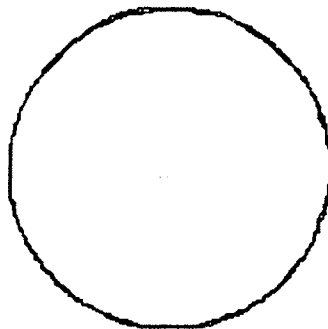
```
plot (xc, yc, 'y* ', 'LineWidth', 2);
```



Gambar 3.6 Citra objek setelah diberikan tanda titik pusat

% Pemberian tanda lingkaran pada objek

```
theta = 0 : 0.01 : 2 * pi;  
Xfit = round (radius * cos (theta) + xc);  
Yfit = round (radius * sin (theta) + yc);  
plot (Xfit, Yfit, 'b', 'linewidth', 2);
```

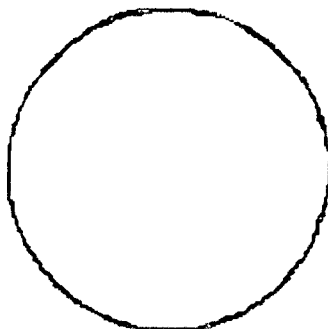


Gambar 3.7 Citra objek diberikan tanda lingkaran

% Pemberian tampilan nilai objek

```
message = sprintf ('diameter lingkaran % 2.3d pixel', diameter);  
text (15, 15, message, 'Color', 'b', 'FontWeight', 'bold');
```

diameter lingkaran 244 pixel



Gambar 3.8 Citra objek setelah diberikan ukuran