

**PENGARUH ARUS TABUNG SINAR-X TERHADAP DETIL  
PADA GAMBARAN RADIOGRAF**

Skripsi  
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Mencapai Derajat Sarjana S-1



Oleh :

**Muharam Budi Laksono**

NIM : J2D200022

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2002**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : PENGARUH ARUS TABUNG SINAR-X TERHADAP DETIL  
TERHADAP GAMBARAN RADIOGRAF

Nama : Muharam Budi Laksono

NIM : J2D200022

Telah lulus ujian tanggal 28 Agustus 2002

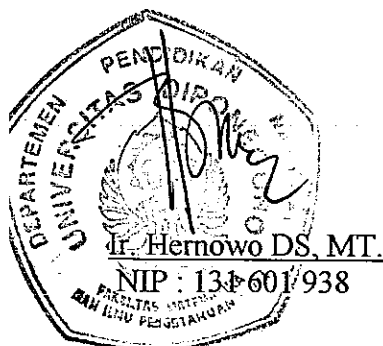


Semarang,

2002

Jurusan Fisika

Ketua



Ir. Hernowo DS, MT.  
NIP : 131 601 938

Panitia Ujian Sarjana

Ketua

Ir. M. Munir, MSi  
NIP : 131 639 679

## HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : PENGARUH ARUS TABUNG SINAR-X TERHADAP DETIL  
TERHADAP GAMBARAN RADIOGRAF

Nama : Muharam Budi Laksono

N I M : J2D200022

Telah selesai dan layak untuk mengikuti ujian Sarjana pada Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro  
Semarang.

Semarang, Agustus 2002

Pembimbing I



DR. Wahyu Setiabudi, MS.  
NIP : 131 459 438

Pembimbing II



Drs. K. Sofyan F.  
NIP : 132 009 718

## MOTTO

- > Dunia adalah gambaran kesenangan yang sementara atau hanya sebagai sarana lintasan untuk manusia menuju akhirat. Dunia bukanlah tujuan manusia.
- > Kebulatan tekad dan keimanan lurus adalah syarat asasi (pokok) untuk menuju gelanggang perjuangan
- > Dengan keimanan yang teguh, kesabaran dan sholat akan menciptakan mukjizat-mukjizat.
- > Cinta sejati dan murni tidak ada akhirnya terutama kepada Allah SWT.



## **HALAMAN PESEMBAHAN**



**Kupersembahkan**

**buat**

**Istriku tercinta dan tersayang**

**Bapak dan Ibu tercinta**

**Adik, Keponakan dan teman-teman**

**tercinta**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Arus Tabung Sinar-X Terhadap Detil Pada Gambaran Radiograf”**.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Lintas Jalur Fisika Medik Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Drs. Mustafid, M. Eng, Ph..D, selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Diponegoro Semarang.
2. Bapak Ir. Hernowo DS, MT, selaku Ketua Jurusan Fisika MIPA Universitas Diponegoro Semarang.
3. Bapak DR. Wahyu Setiabudi, MS, selaku pembimbing I.
4. Bapak Drs. K. Sofyan F., selaku pembimbing II.
5. Bapak Ilham Setio Budi, S.Kp, M.Kes , selaku Direktur Politekkessos RI Semarang.
6. Bapak M. Irwan Katili, S.Pd, M.Kes, selaku Ketua Jurusan Teknik Radiodiagnostik Dan Radioterapi Politekkes RI Semarang.
7. Bapak Ardi Susilo Wibowo,S.T, selaku penanggung jawab laboratorium Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Politekkessos Depkes RI Semarang.

8. Seluruh staf pengajar Program Lintas Jalur Fisika Medik Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Diponegoro Semarang.
9. Kedua orang tua tercinta serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan dorongan serta do'a tulusnya.
10. Istriku tercinta yang penuh kesabaran telah memdampingi dan memberi semangat baru di sepanjang proses belajar yang melelahkan ini.
11. Seluruh rekan mahasiswa jurusan fisika yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu.
12. Anak- anak Kost TA-21 yang memberi dukungan moral maupun material.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan bantuan berupa kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan di masa-masa mendatang. Penulis berharap semoga karya kecil ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Semarang, Agustus 2002

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul .....	i
Halaman Pengesahan .....	ii
Halaman Persetujuan .....	iii
Motto .....	iv
Halaman Persembahan .....	v
Kata Pengantar .....	vi
Daftar Isi .....	viii
Daftar Gambar .....	x
Daftar Istilah .....	xi
Daftar Lampiran .....	xii
Intisari .....	xiii
Abstract .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Permasalahan .....	2
1.3. Pembatasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	3



<b>BAB II DASAR TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1 Tabung Sinar-X .....	5
2.2. Produksi Sinar-X .....	7
2.3. Keluaran Sinar-X.....	10
2.4. Detil.....	11
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>14</b>
3.1. Lokasi Penelitian .....	14
3.2. Alat Dan Bahan .....	14
3.3. Prosedur Penelitian .....	17
3.3.1 Diagram Alat .....	17
3.3.2. Prosedur Percobaan.....	17
3.3.3. Alur Percobaan.....	19
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>20</b>
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>28</b>
5.1. Kesimpulan .....	28
5.2. Saran .....	28
<b>Daftar Pustaka</b>	
<b>Lampiran</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Diagram tabung Sinar-X .....	7
Gambar 2.2. Spektum Sinar-X <i>Bremsstrahlung</i> .....	9
Gambar 2.3 Skema faktor-faktor yang mempengaruhi detil radiograf.....	11
Gambar 2.4. Star test patterns .....	13
Gambar 3.1. X-ray Test Pattern .....	15
Gambar 3.2. Diagram Susunan Alat .....	17
Gambar 3.3. Visualisasi Proyeksi .....	18
Gambar 3.4. Alur Penelitian .....	19
Gambar 4.1. Grafih hubungan antara LP/mm dengan lebar garis putih pada radiografi .....	21
Gambar 4.2. Radiasi hambur pada sisi obyek yang sampai ke film .....	23
Gambar 4.3. a. Hasil radiograf dengan menggunakan focal spot besar .....	25
b. Hasil radiograf dengan menggunakan focal spot kecil .....	25
Gambar 4.4. Penyerapan radiasi pada sisi obyek .....	26

## DAFTAR ISTILAH

- Arteriografi : pemeriksaan pembuluh darah arteri dalam bidang radiologi dengan menggunakan kontras media.
- Arus : muatan listrik yang mengalir persatuan waktu melalui suatu penampang
- Densitas : derajat kehitaman pada suatu radiograf
- Intensitas : jumlah radiasi yang keluar yang mempunyai satuan rontgen per detik (R/s).
- Ketajaman : batas peralihan antara dua bagian yang berbeda kehitamannya.
- Kontras : perbedaan antara dua bagian yang berbeda yaitu hitam dan putih.
- Konvensional : mengerjakan sesuatu dengan peralatan yang sederhana.
- Radiasi hambur : radiasi yang berubah arahnya dari radiasi primer dengan bentuk tidak terpola.
- Radiograf : hasil radiografi yang berupa gambaran pada film sinar-X.
- Resolusi : bagian-bagian terkecil dari radiograf nampak jelas.
- Venografi : pemeriksaan pembuluh darah vena dalam bidang radiologi dengan menggunakan kontras media.
- Visualisasi : penggambaran sesuatu yang dikerjakan

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data perhitungan pengukuran dan proyeksi

Lampiran 2. Grafik hubungan antara arus tabung dengan LP/mm

Lampiran 3. Perhitungan dari hasil pengukuran dan proyeksi



## INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh arus tabung sinar-X terhadap detil pada gambaran radiograf. Obyek yang digunakan dalam eksperimen tersebut berupa “*X-ray test patterns*” yang diekspose pada tegangan 60 kV, 0,05 detik dan variasi arus tabung 50 mA, 70 mA, 100 mA, 150 mA, 200 mA dan 300 mA. Dengan membandingkan hasil tersebut dengan standar ternyata diperoleh detil yang baik bila arus tabung diset pada 50 mA dan 70 mA



## ABSTRACT

A research has been conducted about the influence of the X-ray tube to detail on radiograph image. The object used on experiment is "X-ray test patterns" which was exposed on voltage 60 kV, 0.05 second and current variations are 50 mA, 70 mA, 100 mA, 150 mA, 200 mA and 300 mA. From comparing the result with standar can be conclude that good detail can be accieved if tube current set on 50 mA and 70 mA.



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sinar-X pertama kali ditemukan oleh Fisikawan kebangsaan, Jerman Wilhelm Conrad Rontgen pada tanggal 8 November 1895. Pada saat Rontgen menyalakan sumber listrik tabung untuk penelitian sinar katoda, beliau mendapatkan cahaya yang berpendar pada layar yang terbuat dari barium platino sianida yang kebetulan berada didekatnya.(Akhadi,1997).

Penemuan Rontgen ini merupakan suatu revolusi dalam dunia kedokteran karena dengan hasil penemuan ini dapat memeriksa bagian-bagian dari tubuh manusia yang sebelumnya tidak dapat diperiksa dengan cara konvensional (Rasad,1990).

Sinar-X pada dasarnya adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 0,1 Å sampai 100 Å (Beiser,1991), Dalam radiodiagnostik biasanya di gunakan sinar-X dengan panjang gelombang antara 0,1 Å sampai 10 Å.(Curry dkk,1984), Sinar-X dapat dihasilkan dari keluaran pesawat sinar-X yang memiliki spektrum dengan berbagai macam panjang gelombang.(Plaats, 1969).

Produksi sinar-X dihasilkan dalam suatu tabung yang berisi perlengkapan untuk menghasilkan sinar-X yaitu elektron bebas, sistim pemercepat elektron bebas, bahan penghenti atau sasaran dan ruang hampa.

Untuk menghasilkan sinar-X yang keluar dari tabung diperlukan tegangan, arus listrik,dan waktu. Tegangan tabung mempengaruhi daya

tembus sinar-X sedangkan arus tabung dan waktu penyinaran mempengaruhi jumlah elektron yang diproduksi dan intensitas radiasi sinar-X.

Dalam pemeriksaan radiologi dengan menggunakan pesawat sinar-X akan dihasilkan suatu radiograf. Radiograf yang dihasilkan mempunyai kualitas yang dipengaruhi arus tabung dan tegangan tabung. Kualitas radiograf meliputi densitas, kontras detil dan ketajaman. Untuk melihat bagian-bagian kecil diperlukan detil yang jelas. Salah satu cara untuk memperoleh detil yang jelas dengan jalan mengatur faktor eksposi (tegangan tabung dan arus tabung).

### **1.2. Perumusan Masalah**

Sesuai dengan latar belakang sehingga perlu dikaji tentang pengaruh arus tabung sinar-X terhadap detil pada gambaran radiograf.

### **1.3. Batasan masalah**

Dalam penulisan ini penulis mempunyai batasan -- batasan sebagai berikut :

1. Hanya membahas pengaruh arus tabung terhadap detil pada gambaran radiograf.
2. Faktor eksposi yang digunakan adalah
  - Tegangan : 60 kV
  - Waktu eksposi : 0,05 detik



- Arus : 50 mA, 70 mA, 100 mA, 150 mA, 200 mA dan 300 mA

#### **1.4. Tujuan penelitian**

Untuk menentukan arus tabung sinar-X yang dapat menghasilkan detil radiograf yang baik.

#### **1.5. Manfaat.**

Pada penelitian ini diharapkan:

1. Dapat mengetahui arus tabung yang tepat untuk mendapatkan ukuran detil yang baik
2. Dapat mengetahui pengaruh arus tabung terhadap detil pada radiograf

#### **1.6. Sistematika penulisan**

Sistematika penulisan skripsi dimaksudkan untuk memberi gambaran sekilas bab demi bab yang terdiri dari lima bab. Penulisan skripsi ini tersusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, sistematika penulisan dan manfaat.

BAB II Dasar teori berisi tentang proses terjadinya sinar-X, keluaran sinar-X dan detil.

**BAB III** Metode penelitian berisi tentang lokasi penelitian, alat dan bahan serta prosedur penelitian.

**BAB IV** Hasil dan pembahasan berisi tentang penjelasan hasil penelitian dan pembahasannya

**BAB V** Penutup berisi kesimpulan dan saran

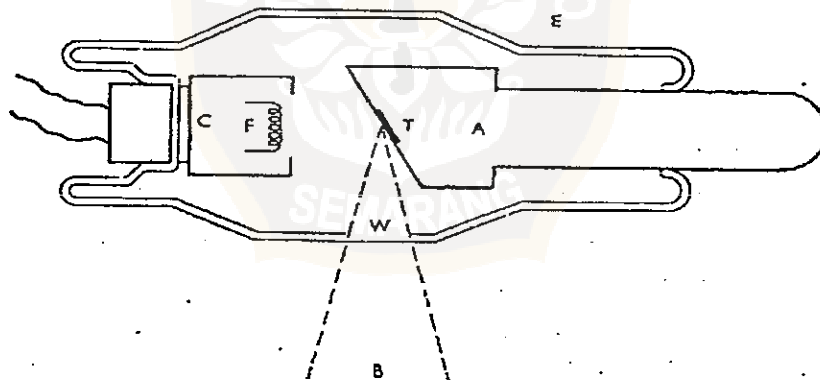


## BAB II

### DASAR TEORI

Sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, cahaya, dan sinar ultraviolet, tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek. Sinar-X bersifat heterogen, panjang gelombangnya bervariasi dan tidak terlihat. Perbedaan antara sinar-X dengan sinar elektromagnetik yang lainnya juga terletak pada panjang gelombangnya. Panjang gelombang sinar-X adalah  $1/10000$  dari panjang gelombang cahaya tampak. Karena mempunyai panjang gelombang yang pendek sinar-X dapat menembus banyak benda.

#### 2.1. Tabung Sinar-X.



Gambar 2.1. Diagram tabung sinar-X (Meredith, 1997)

Keterangan Gambar:

- A. Anoda
- B. Berkas sinar-X
- C. Katoda
- E. Kaca tabung sinar-X
- F. Filamen
- T. Tungsten target
- W. Jendela sinar-X

Bagian-bagian tabung sinar-X adalah:

1. Sumber Elektron

Sumber elektron berupa kawat pijar atau filamen di dalam tabung sinar-X. Filamen tabung sinar-X tak bervariasi dan biasanya terbuat dari kawat tungsten yang ketebalannya sedang, berkisar antara 0,5 mm, diameter 0,5 – 1 mm dengan panjang 0,5 – 1 cm. Tungsten disukai dari bahan lain karena dapat menghasilkan emisi *thermionic* yang banyak dan mempunyai temperatur titik lebur tinggi 3380°C tanpa kerusakan. Selain itu penguapan tungsten pada temperatur tinggi tidak berlebihan (Meredith, 1977).

2. Pemercepat elektron

Pemercepatan gerakan elektron-elektron tergantung pada tegangan yang dipasang pada tabung sinar-X, biasanya untuk diagnostik konvensional berkisar antara 30 – 100 kV. Untuk teknik sinar keras berkisar 100 – 150 kV dan dalam hal-hal khusus sampai 200 kV (Hoxter, 1973).

3. Alat pemusat berkas elektron

Merupakan suatu alat yang menyebabkan elektron-elektron tidak bergerak terpecah, tetapi diarahkan semua kebidang focus.

4. Benda Penghenti gerakan elektron

Penghenti gerakan elektron atau anoda merupakan bagian positif dari tabung sinar-X. Dalam menjalankan fungsinya anoda merupakan tempat menerima tumbukan elektron dari filamen dan tempat pancaran

sinar-X dari tabung diperlukan bahan target yang tahan panas. Dalam pemilihan bahan target biasanya dipilih tungsten dengan alasan:

1. Tungsten mempunyai nomor atom yang tinggi (79), sehingga menghasilkan intensitas radiasi yang tinggi pula, karena intensitas radiasi sebanding dengan nomor atom dan energi pancaran elektron (Wilks, 1987).
2. Tungsten memiliki konduktivitas panas yang baik sehingga sangat efisien untuk menghamburkan panas yang ditimbulkan saat tertembak elektron.
3. Tungsten mempunyai titik lebur yang tinggi ( $3380^{\circ}\text{C}$ ) sehingga pada saat tumbukan antara elektron dengan target yang disertai panas yang tinggi anoda tidak mudah mengembang dan tidak mudah rusak.

## 2.2. Produksi Sinar-X

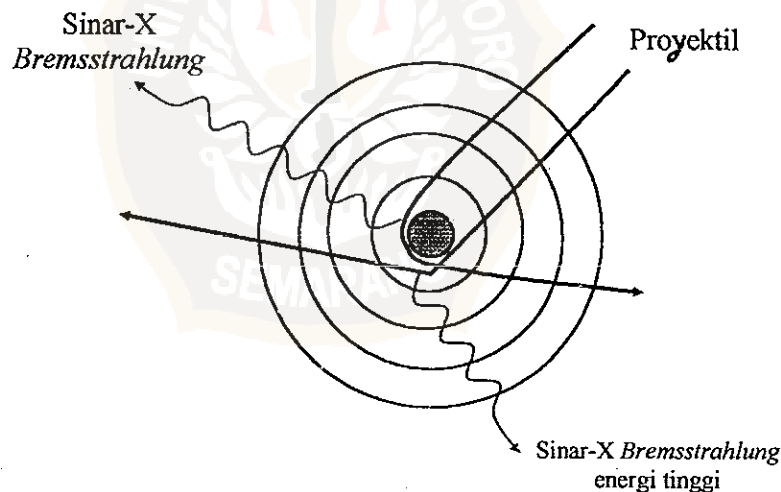
Sinar-X diproduksi dalam tabung hampa udara dengan jalan menembak target metal dengan elektron cepat. Elektron diperoleh dari filamen yang dipanaskan dengan memberi arus dan biasanya diletakkan dalam mangkok fokus (*focusing cup*). Apabila antara katoda dan anoda diberi tegangan elektron bergerak menuju anoda yang digunakan sebagai target.

Secara garis besar interaksi elektron dengan atom target dapat terjadi hal-hal sebagai berikut:

1. Bila elektron berinteraksi dengan elektron atom pada *optical orbit*, elektron atom akan menyerap energi. Bila energi yang diserap melebihi tenaga ikat elektron atom maka akan terjadi ionisasi. Sedangkan bila energi yang diserap lebih kecil dari tenaga ikatnya, elektron akan meloncat ke level energi yang lebih tinggi. Secepatnya elektron yang tereksitasi akan kembali ke keadaan dasar dengan disertai pancaran gelombang elektromagnetik. Umumnya foton yang dipancarkan dalam proses ini adalah radiasi panas.
2. Bila elektron menumbuk elektron atom target pada kulit dalam (misalnya kulit K, L). Elektron atom menyerap energi sehingga keluar dari atom dan menimbulkan kekosongan pada kulit atom. Kekosongan elektron pada kulit tersebut secepatnya diisi oleh elektron dari kulit lain yang energi levelnya lebih tinggi ataupun oleh elektron dari luar atom. Pengisian elektron ini akan disertai oleh terpancarnya foton yang disebut sinar-X karakteristik. Jadi Sinar-X karakteristik timbul karena adanya transisi elektron dari tingkat energi lebih tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah.
3. Bila elektron cepat sampai medan inti. Elektron yang bermuatan negatif akan menerima gaya tarik inti yang bermuatan positif, sehingga elektron mengalami pembelokan dan perlambatan (Akhadi, 1997). Sehingga

timbul radiasi sinar-X yang mempunyai spektrum kontinu. Radiasi sinar-X ini disebut proses *Bremsstrahlung*.

*Bremsstrahlung* adalah proses terpancarnya sinar-X bilamana partikel-partikel dengan laju tinggi mengalami suatu percepatan yang cepat. Bilamana suatu partikel melintas dekat suatu inti atom maka gaya tarik coulomb yang kuat menyebabkan partikel menyimpang secara tajam dari lintasan awalnya. Perubahan arah yang disebabkan oleh percepatan radial dan partikel, sesuai dengan teori klasik, energi yang hilang oleh radiasi elektromagnetik pada laju yang sebanding dengan kuadrat percepatan. Hal ini berarti bahwa foton-foton *bremsstrahlung* memiliki suatu distribusi energi yang kontinu (Cember, 1983). Berikut ilustrasi peristiwa terjadinya proses sinar-X *Bremsstrahlung* :



Gambar 2.2. Spektrum sinar-X *Bremsstrahlung* (Bushong, 1988)

Dengan demikian sinar-X yang dihasilkan oleh tabung sinar-X terdiri atas dua macam yaitu:

1. Sinar-X karakteristik yang spektrumnya berbentuk garis dengan panjang gelombang tertentu.
2. Sinar-X *Bremsstrahlung* yang spektrumnya kontinu.

### 2.3. Keluaran sinar-X

Keluaran sinar-X dipengaruhi oleh arus listrik, waktu penyinaran, besarnya beda potensial dan jarak target. Secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan(Wilks,1987) :

$$P = k \frac{V^2 \cdot i}{d^2} \cdot t = I \cdot t \quad (1)$$

Dengan,

k : konstanta penyinaran

i : arus tabung dalam milli Ampere (mA)

t : waktu penyinaran dalam detik (s)

V: tegangan tabung sinar-X dalam kilo Volt (kV)

d : jarak fokus terhadap obyek dalam meter (m)

P : Keluaran radiasi dalam Rontgen (R)

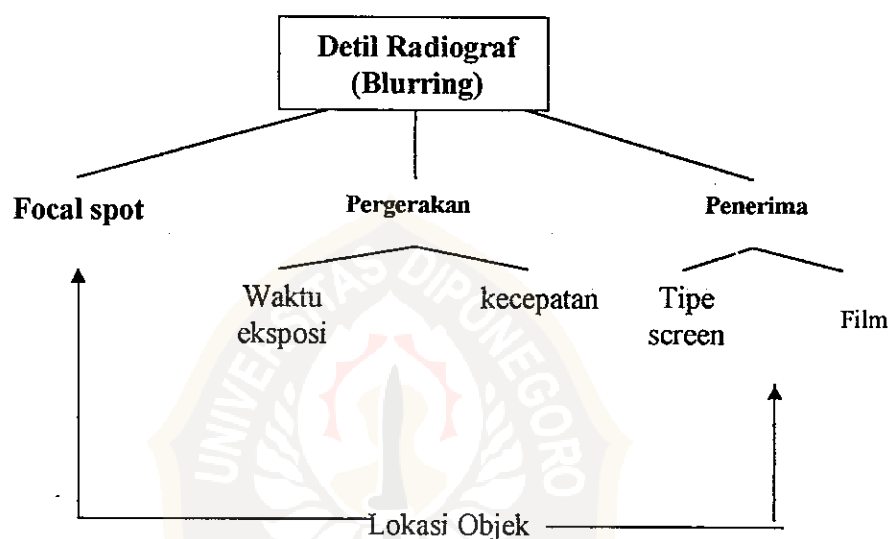
I: intensitas dalam rontgen/detik (R/s)



## 2.4. Detil

Detil radiograf menggambarkan ketajaman struktur kecil pada radiograf. Dengan detil yang cukup bagian yang kecil dari anatomi akan tampak jelas (Bushong, 1998).

Detil radiograf dipengaruhi oleh hal-hal seperti pada bagan dibawah ini (Sprawls, 1987).



Gambar 2.3. Skema faktor-faktor yang mempengaruhi detil radiograf

Detil juga mempunyai kualitas yang dipengaruhi fakto-faktor sebagai berikut (Platts, 1969) :

### 1. Ukuran dari detil

Detil yang kecil tidak mudah untuk dilihat. Tidak ada ukuran yang absolut dari suatu detil yang digunakan, sesuai dengan ukuran obyek yang diperiksa.

## 2. Derajat dari kontras detil

Detil akan nampak jelas ketika kontras dibandingkan dengan latar belakang dengan memilih nilai yang pasti. Apabila kontras diperbesar maka detil yang dilihat akan nampak lebih kecil begitu juga sebaliknya apabila kontras diperkecil detil yang dilihat akan nampak lebih besar.

## 3. Derajat dari ketidaktajaman detil

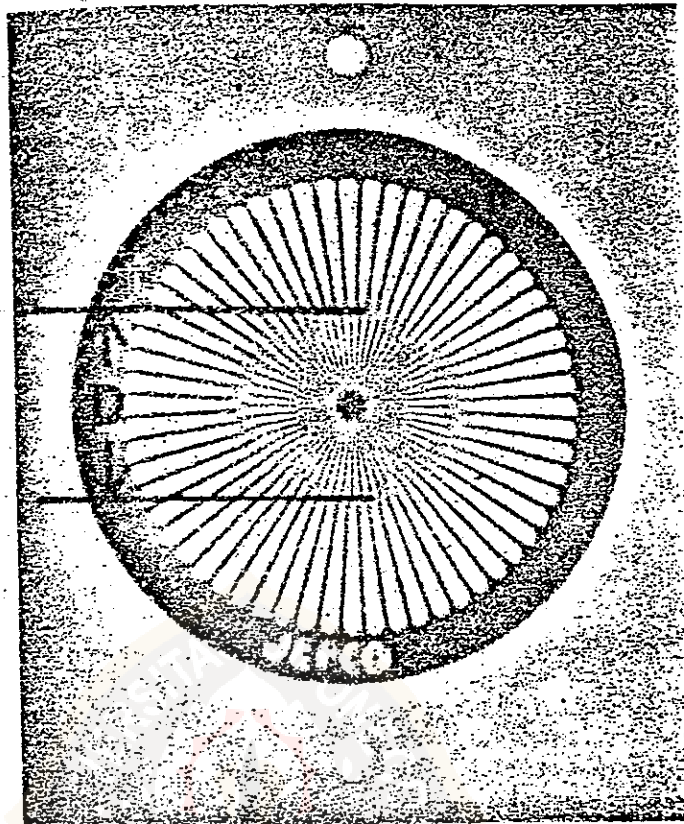
Gradien kontras adalah ukuran dari tahapan suatu garis yang menghubungkan dua tingkat densitas (suatu detil dan latar belakangnya) dalam gambaran detil. Ketidaktajaman adalah detil yang kabur. Ketidaktajaman detil dapat diperlihatkan antara 0,1 mm sampai 1 mm.

## 4. Ketajaman suatu detil

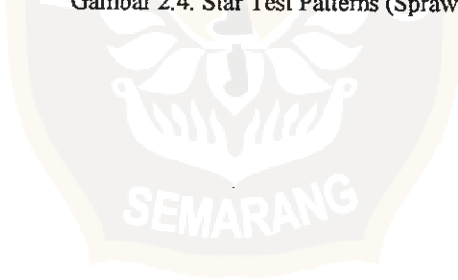
Tingkat ketajaman suatu detil dapat kita lihat dari kontras detil dengan melihat berbagai macam ukuran millimeter dari ukuran obyek. Dengan menaikkan arus tabung detil akan dapat mudah dilihat dengan batas yang pasti.

Untuk menguji suatu detil diadakan suatu percobaan pola tes bintang (*Star test pattern*). Obyek yang digunakan biasanya mempunyai garis-garis kemungkinan dan jarak yang diatur /dirangkai dalam pola bintang. Dalam menguji detil radiograf alat ini diletakkan pada tengah-tengah *focal spot* kemudian dilakukan eksposi. Hasilnya diamati dengan jalan melihat lingkaran hitam pada radiograf. Apabila lingkaran hitam kecil detil yang diperlihatkan baik.

Alat yang digunakan terlihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.4. Star Test Patterns (Sprawls,1969)



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Adapun lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium radiograf Politehnik Kesehatan jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Semarang.

#### 3.2. Alat dan Bahan

##### 1. Pesawat sinar-X

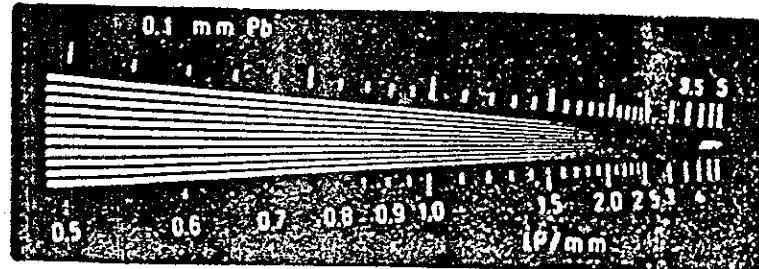
Dalam penelitian ini akan dipergunakan alat dan bahan sebagai berikut :

Merk : Shimadzu  
Model : ED 150 L  
Kapasitas : Tegangan tabung 150 kV  
: Arus tabung 500 mA  
: Waktu eksposi 3 detik  
Data tabung : Ciclex 1,2 P 13 C 80 s  
: No. Seri : 22050  
: Ukuran fokus 1,2 mm  
: Filter 1,55 mm Al

##### 2. Obyek

*X-ray test patterns* adalah suatu alat untuk mengetes resolusi gambar yang terbuat dari timbal (Pb) dengan tebal 0,05 mm dan mempunyai

ukuran 0,5 sampai 5 pasangan garis per millimeter / *Line Pair per millimeter (LP/mm)*



Gambar 3.1. X-ray test patterns

3. Kaset radiograf dengan lembar penguat

Merk kaset : Agfa  
 Lembar Penguat : Agfa  
 Jenis lembar penguat : Green sensitive  
 Ukuran : 24 cm x 30 cm

4. Film Radiograf

Merk : Agfa  
 Jenis Film : Green sensitive  
 Jenis emulsi : Emulsi ganda  
 Ukuran : 24 cm x 30 cm

5. *Prosessing* film otomatis

Dalam penelitian ini *prosessing* film dilakukan dengan menggunakan alat pencuci film otomatis dengan suhu 25<sup>0</sup> C dan waktu pemrosessan 3 menit. Alat ini digunakan untuk memperkecil perbedaan variabel yang

mempengaruhi tahapan prosesan film seperti waktu, temperatur, agitasi dan lain-lain.

6. Statis

Alat ini digunakan untuk memegang obyek yang diteliti supaya tidak dapat bergerak.

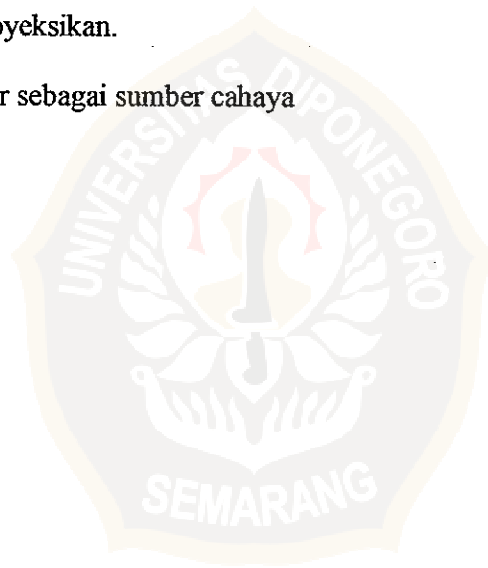
7. Penggaris

Alat ini digunakan untuk mengukur hasil proyeksi pada layar.

8. Meteran

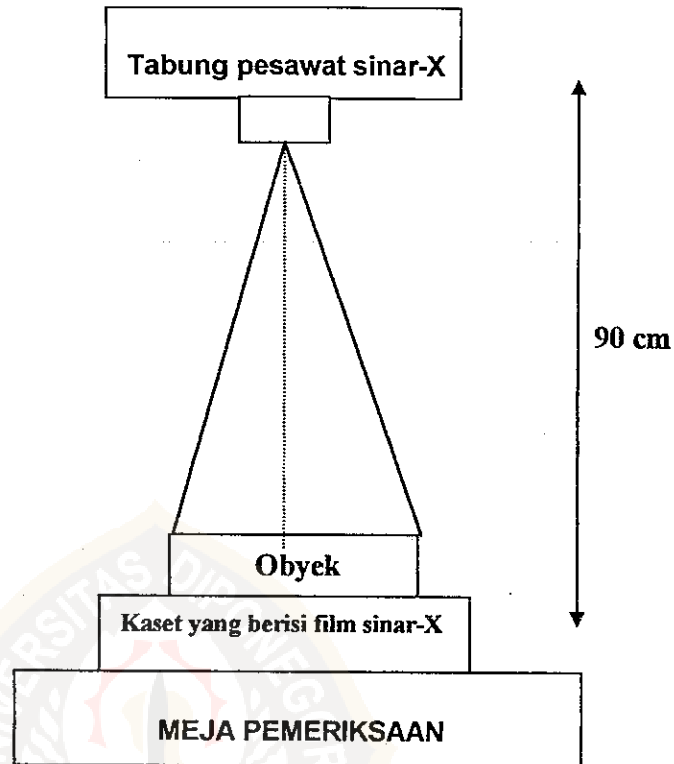
Alat ini digunakan untuk membuat jarak antara obyek dan layar yang diproyeksikan.

9. Senter sebagai sumber cahaya



### 3.3. Prosedur Penelitian

#### 3.3.1. Diagram susunan alat



Gambar 3.2. Diagram susunan alat percobaan

#### 3.3.2. Prosedur percobaan

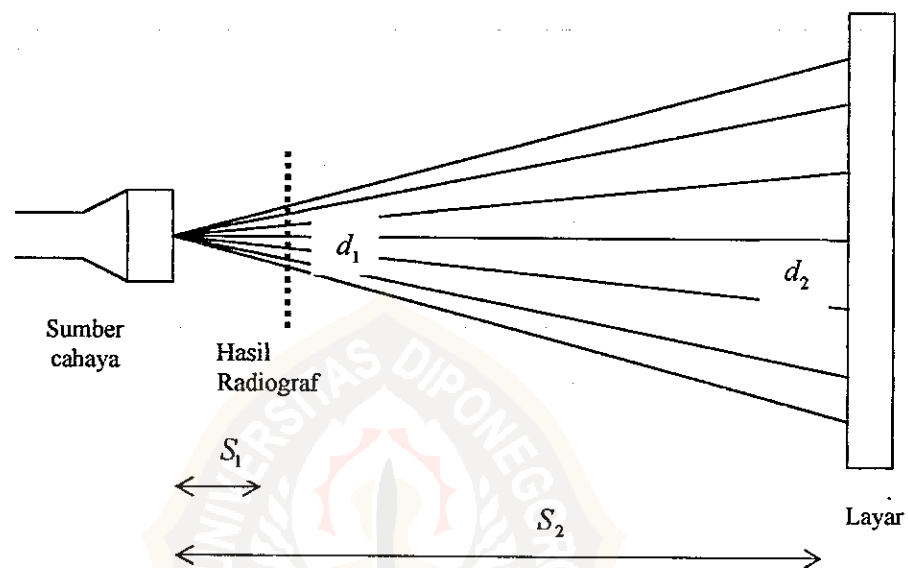
1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Menentukan jarak antara fokus dengan film yaitu 90 cm.
3. Meletakkan obyek diatas kaset.
4. Melakukan penyinaran dengan faktor eksposi :

Tegangan : 60 kV

Waktu : 0.05 detik

Arus : 50 mA, 70mA, 100 mA, 150 mA, 200 mA, 300 mA.

5. Mencuci hasil eksposi yang telah dilakukan sehingga menghasilkan radiograf
6. Mengukur garis putih pada radiograf yang telah jadi dengan cara memproyeksikannya. Proyeksi dilakukan dengan menaruh sumber sinar didepan gambar lalu mengukur garis putih yang terlihat pada layar seperti terlihat pada gambar.



Gambar 3.3. Visualisasi proyeksi

7. Menghitung hasil proyeksi dengan rumus :

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{S_1}{S_2} \quad (2)$$

$$d_1 = \frac{S_1 \cdot d_2}{S_2} \quad (3)$$

Dengan  $d_1$  : Lebar garis putih sesungguhnya dalam cm

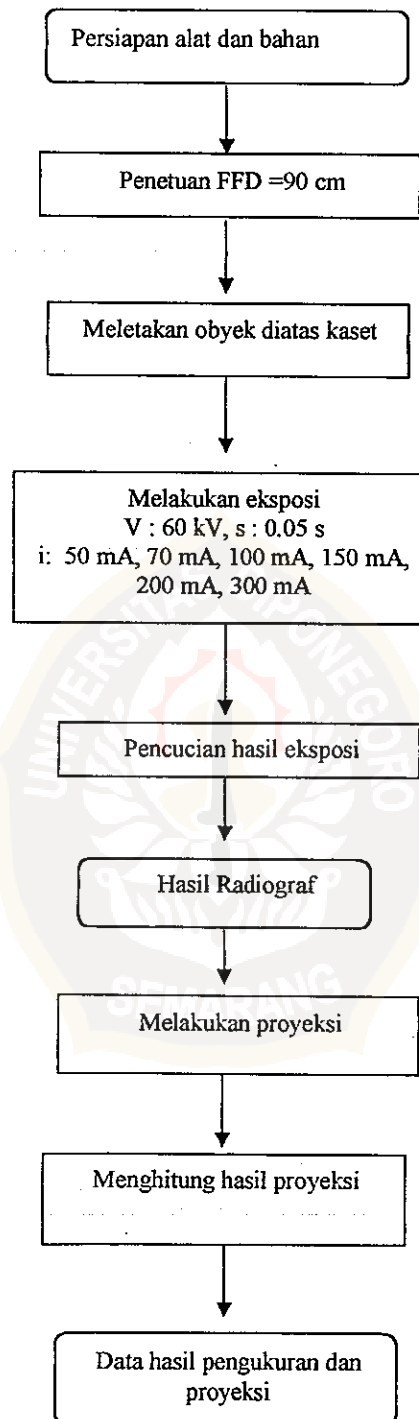
$d_2$  : Lebar garis putih pada layar dalam cm

$S_1$  : Jarak sumber sinar ke radiograf dalam cm

$S_2$  : Jarak sumber sinar ke layar dalam cm



### 3.3.3. Alur Percobaan



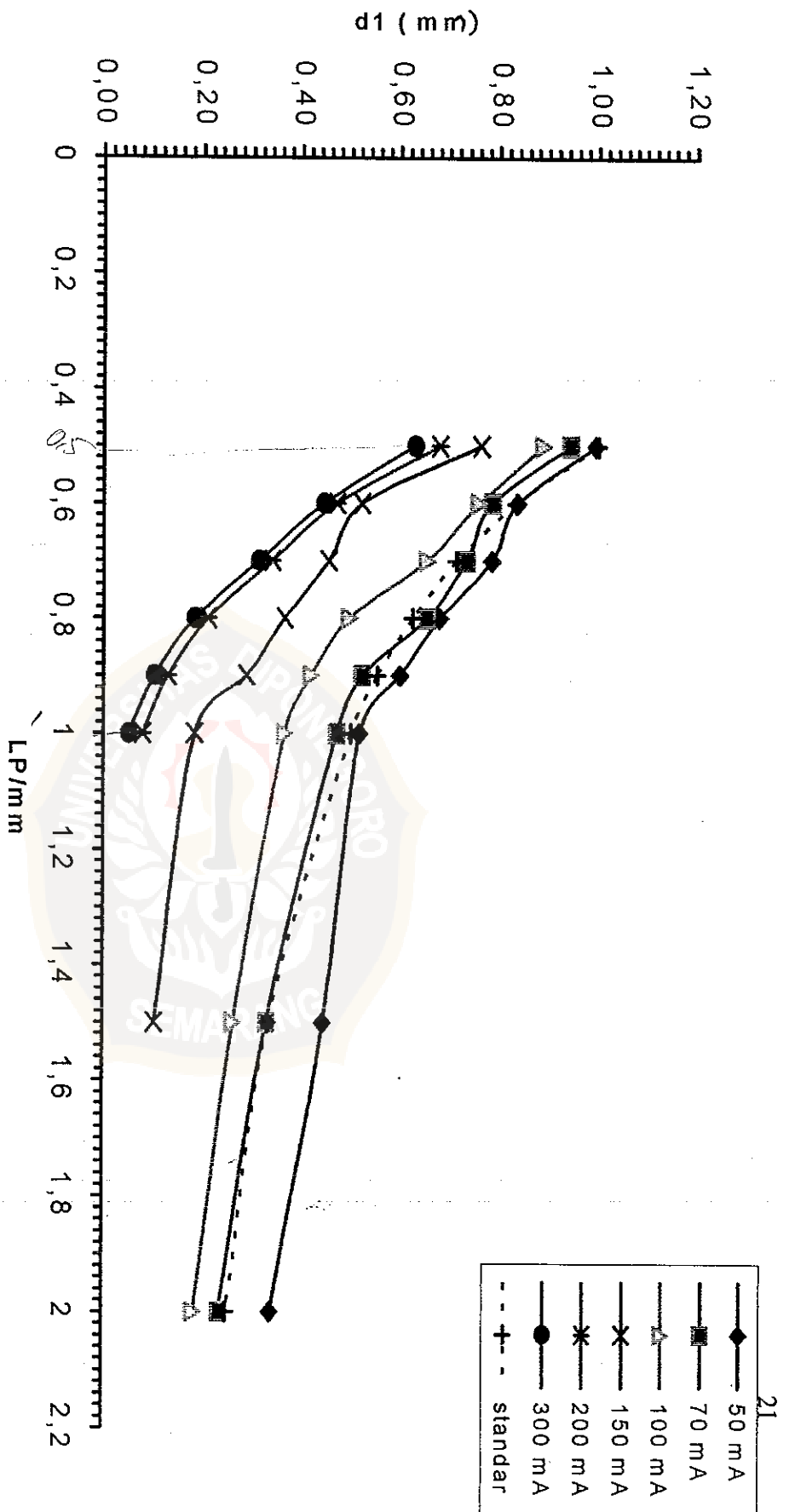
Gambar 3.4. Alur Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh arus tabung sinar-X terhadap detil pada gambaran radiograf. Percobaan dilakukan dengan mengukur lebar garis putih pada hasil radiograf. Suatu hasil radiograf yang sering memerlukan detil yang baik, terutama organ-organ yang mempunyai lebar yang sangat kecil. Antara lain hasil pemeriksaan pembuluh darah dengan menggunakan kontras media (*arteriografi dan venografi*), karena pembuluh darah pada gambaran radiograf terlihat gambaran putih (*opaque*).

Dari semua percobaan yang telah dilakukan menghasilkan sebuah grafik. Grafik yang diperoleh adalah hubungan antara jumlah pasangan garis permillimeter (LP/mm) dengan lebar garis putih pada radiograf. Sedangkan detil yang diamati dapat dilihat dengan membandingkan garis standar dan garis yang lain pada grafik. Grafik hubungan antara detil sebagai fungsi arus tabung dapat di lihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Grafik hubungan antara LP/mm dengan jarak garis putih pada radiograf

Dari gambar 4.1 dapat dijelaskan sebagai berikut :

Pada  $d_1$  sebenarnya menunjukkan jarak sebenarnya garis putih dari obyek (*X-ray test patterns*) dengan ukuran 0,5 LP/mm sampai 2 LP/mm, yang digunakan untuk membandingkan dari hasil perhitungan proyeksi dan dijadikan sebagai garis standar.

Untuk  $d_1$  dengan menggunakan arus 50 mA menunjukkan hasil yang lebih tinggi dari garis standar sehingga lebar garis putih pada radiograf lebih besar dari lebar garis putih yang sebenarnya kecuali pada 0,5 LP/mm.

Untuk  $d_1$  dengan menggunakan arus 70 mA menunjukkan hasil hampir satu garis dengan garis standar sehingga lebar garis putih pada radiograf hampir sama dengan dengan lebar garis putih pada obyek.

Untuk  $d_1$  dengan menggunakan arus 100 mA menunjukkan hasil yang lebih rendah dari garis standar sehingga ukuran garis putih pada radiograf lebih kecil dari ukuran garis putih yang sebenarnya.

Untuk  $d_1$  dengan menggunakan arus 150 mA menunjukkan hasil dibawah garis standar dan garis pada  $d_1$  dengan menggunakan arus 100 mA dengan skala yang bisa diukur sampai 1,5 LP/mm.

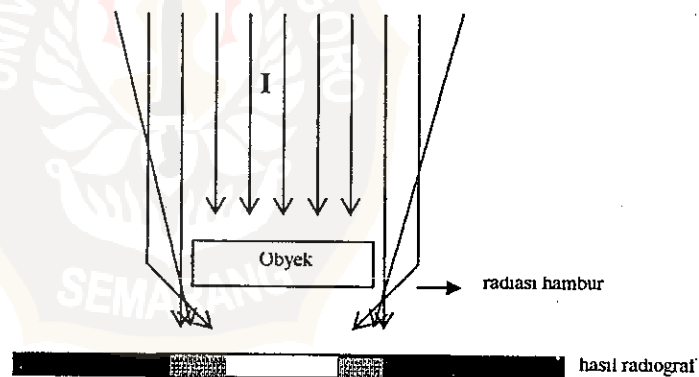
Untuk  $d_1$  dengan menggunakan arus 200 mA menunjukkan hasil dibawah garis standar, garis  $d_1$  dengan menggunakan arus 100 mA dan 150 mA. Sedangkan skala yang bisa diukur sampai 1 LP/mm.

Untuk  $d_1$  dengan menggunakan arus 300 mA menunjukkan hasil dibawah garis standar,  $d_1$  dengan menggunakan arus 100 mA, 150 mA dan 200 mA. Sedangkan skala yang bisa diukur sampai 1 LP/mm.

Bila arus besar lebar garis putih pada radiograf semakin kecil dari lebar obyek sebenarnya karena :

a. Radiasi hambur pada sisi obyek yang sampai ke film

- Dengan menaikkan arus tabung maka intensitas radiasi yang sampai ke obyek dan film juga besar.
- Intensitas radiasi semakin besar mempengaruhi jumlah radiasi hambur pada sisi obyek yang sampai ke film.
- Karena radiasi hambur yang datangnya tidak terpola akan mengurangi ketajaman sisi obyek pada hasil radiograf. Dengan bertambahnya intensitas radiasi maka radiasi hambur akan semakin besar yang menyebabkan lebar garis putih pada radiograf semakin kecil. Hal ini dapat diilustrasikan seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4.2. Radiasi hambur pada sisi obyek yang sampai ke film (Bushong, 1988)

b. *Focal Spot*

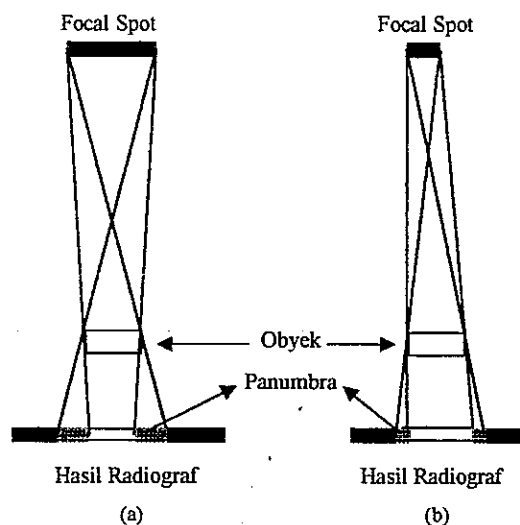
Dalam pesawat sinar-X terdapat dua fokus yaitu fokus besar dan fokus kecil. Dengan menggunakan arus yang besar maka fokus yang

digunakan besar. Demikian juga sebaliknya apabila arus yang digunakan kecil maka fokusnya kecil. Penggunaan focus berhubungan dengan *focal spot* (daerah anoda yang ditembak elektron dari katoda). Apabila fokus yang digunakan kecil maka ukuran *focal spot* kecil. Demikian juga sebaliknya apabila menggunakan fokus besar maka ukuran *focal spot* menjadi besar.

Penggunaan ukuran *focal spot* akan mempengaruhi ukuran bayangan keabuan sisi obyek pada hasil radiograf. Bayangan keabuan ini disebut *panumbra*. Hubungan penggunaan ukuran *focal spot* dengan hasil radiograf dapat dijelaskan sebagai berikut :

- *Focal spot* yang kecil akan menghasilkan bayangan yang sama atau lebih besar dari ukuran yang sebenarnya
- *Focal spot* yang besar akan menghasilkan bayangan yang lebih kecil dari ukuran sebenarnya.

Hal ini dapat diilustrasikan pada gambar 4.2.



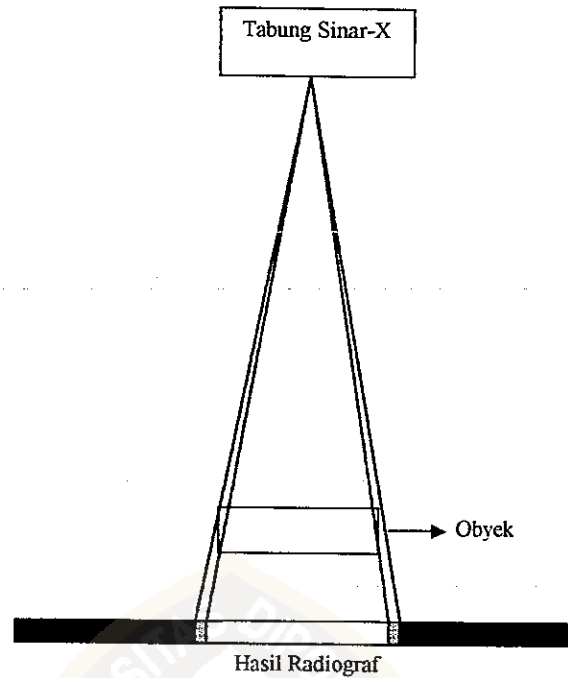
Gambar 4.3. (a) Hasil Radiograf dengan menggunakan focal spot besar.

(b) Hasil radiograf dengan menggunakan focal spot kecil

(Quinn B. Carroll, 1985)

c. Penyerapan intensitas radiasi pada sisi obyek

Dengan menaikkan arus maka intensitas radiasi yang digunakan semakin besar. Intensitas radiasi yang semakin besar akan mempengaruhi penyerapan pada sisi obyek sehingga lebar garis putih pada radiograf terlihat semakin kecil. Hal ini dapat diilustrasikan pada gambar 4.3.



Gambar 4.4. Penyerapan radiasi pada sisi obyek.

Dari grafik keseluruhan didapatkan :

- Detil yang baik adalah suatu ukuran pada radiograf mendekati ukuran obyek sebenarnya atau lebih besar yaitu sesuai dengan hasil radiograf dengan menggunakan arus 50 mA dan 70 mA.
- Detil yang kurang baik adalah suatu ukuran pada radiograf lebih kecil dari ukuran obyek yang sebenarnya yaitu pada hasil radiograf dengan menggunakan kondisi pemeriksaan dengan arus 100 mA, 150 mA, 200 mA dan 300 mA.



Dalam pengambilan data untuk melihat pengaruh arus tabung sinar-X terhadap detil pada gambaran radiograf, dipengaruhi oleh :

1. Kualitas detil yang terdiri dari :

a. Ukuran detil.

Detil yang kecil sulit untuk di ukur.

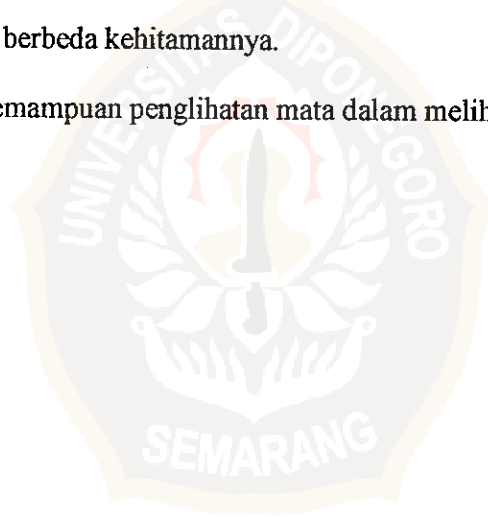
b. Kontras detil.

Kontras merupakan perbedaan dua bagian pada hasil radiograf yaitu perbedaan hitam dan putih.

c. Ketajaman .

Ketajaman merupakan batas peralihan antara dua bagian yang berbeda kehitamannya.

2. Kemampuan penglihatan mata dalam melihat hasil radiograf.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan adalah

1. Arus tabung mempengaruhi detil pada gambaran sehingga lebar garis putih pada radiograf semakin kecil disebabkan oleh :
  - Radiasi hambur pada sisi obyek yang sampai ke film.
  - Ukuran *focal spot*.
  - Penyerapan intensitas radiasi pada sisi obyek.
2. Detil yang baik dihasilkan pada kondisi pemeriksaan dengan arus tabung 50 mA dan 70 mA karena mendekati ukuran yang sebenarnya.
3. Detil yang kurang baik dihasilkan pada kondisi 100 mA, 150 mA, 200 mA dan 300 mA karena ukurannya lebih kecil dari ukuran yang sebenarnya.

#### 5.2. Saran

Untuk mendapatkan detil yang baik pada radiograf dalam pemeriksaan radiologi sebaiknya menggunakan arus tabung sinar-X yang kecil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M.**, 1997, " *Dasar-dasar Proteksi Radiasi* ", Rineka Cipta, Jakarta.
- Beiser, A.**, 1991, " *Konsep Fisika Modern* " Terjemahan The Houw Liong Edisi Mahasiswa, Erlangga, Jakarta.
- Bushong S.C.**, 1988, " *Radiologic Science for Tehnology Physic, Biologi and Protection* ", 4<sup>th</sup> edition, The CV Mosby Company, Washington DC.
- Curry III, T.s., Dowdeyy , J.E., Murry, R.C.**, 1984, " *Christensen's Introduction To The Physics of Diagnostic Radiology* ", 3<sup>rd</sup> Edition, Lea And Febiger, Philadelphia
- Hoxter E.**, 1973, " *Tehnik Memotret Rontgen* ", terjemahan Shombu P., Erlangga Jakarta.
- Meredith, W.J. and Messey, J.B.**, 1977, " *Fundamental Physic of Radiologi* ", 3<sup>rd</sup> edition, Jhon Wright and Sons Ltd, Brisbol
- Perry Spawls Jr, D, Ph.D, FACR**, 1987, " *Physical Principlen of Medical Imaging* ", Emory University School of Medicines, Atalanta Georgia .
- Quinn B. Carroll, M.Ed., R.T.**, 1985, " *Radiographic Exposure, Processing and Quality Control* " 3<sup>rd</sup> edition, Midland College, Texas
- Rasad Sjarier**, 1990, " *Radiologi Diagnostik* ", Erlangga.

**Robin. J. Wills**,1987, “ Principles of Radiologi Physical “2<sup>th</sup> edition, University  
School of Medicine Atalanta Georgia.

**Van der Plaats G. J.**, 1969,” *Medical X-ray Technique*”, 3<sup>th</sup> edition Former Chief  
Radiologist St., Anmadal Hospital, Marstricht.



### Lampiran 1

Data perhitungan hasil pengukuran dan proyeksi

S1 =  $9.00 \pm 0.06$  cm

S2 =  $344.0 \pm 0.3$  cm

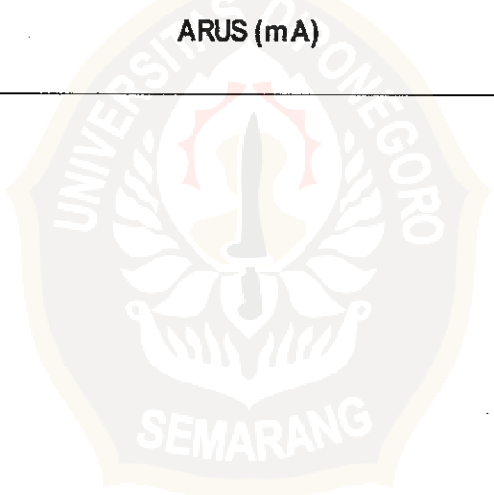
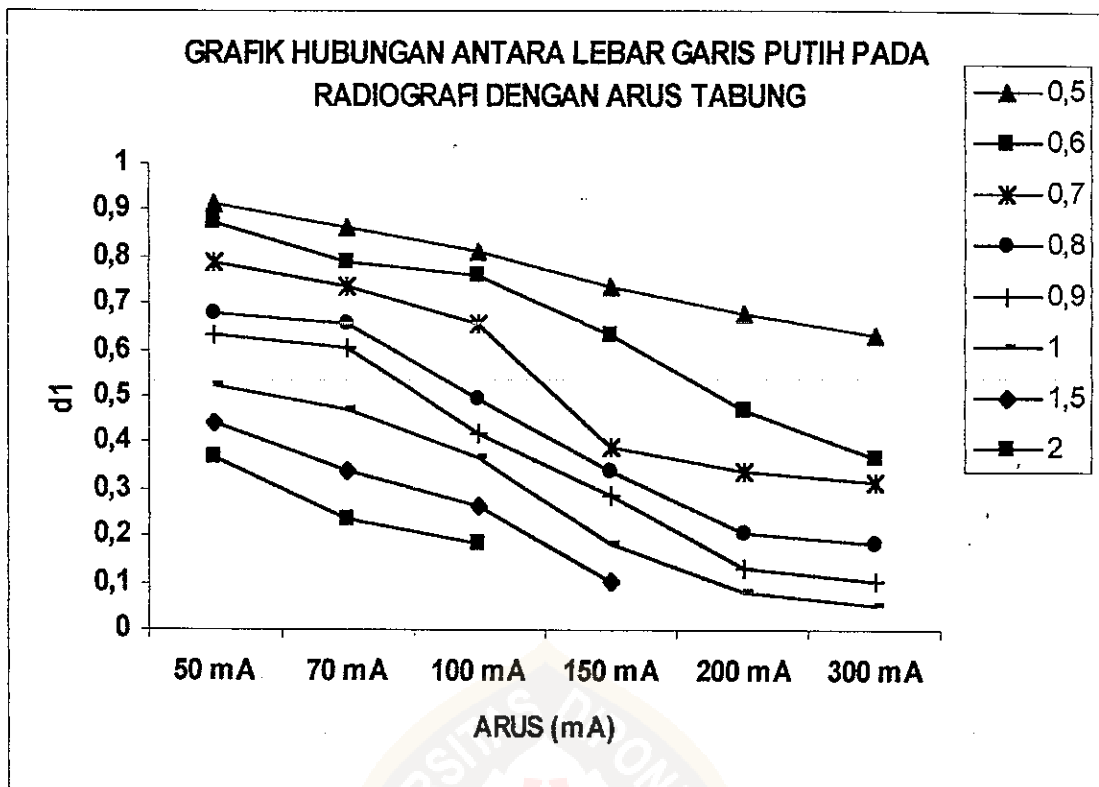
Tabel 1. Data hasil pengukuran dan hasil proyeksi

LP/mm	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,5	2
50 mA	d2 (cm) $3.80 \pm 0.03$	$3.20 \pm 0.05$	$3.00 \pm 0.05$	$2.60 \pm 0.45$	$2.30 \pm 0.05$	$1.98 \pm 0.04$	$1.7 \pm 0.05$	$1.3 \pm 0.05$
	d1 (mm) $0.99 \pm 0.01$	$0.84 \pm 0.01$	$0.79 \pm 0.01$	$0.68 \pm 0.01$	$0.60 \pm 0.01$	$0.52 \pm 0.01$	$0.45 \pm 0.01$	$0.34 \pm 0.02$
70 mA	d2 (cm) $3.60 \pm 0.05$	$3.00 \pm 0.03$	$2.80 \pm 0.05$	$2.50 \pm 0.01$	$2.00 \pm 0.03$	$1.80 \pm 0.03$	$1.30 \pm 0.07$	$0.90 \pm 0.05$
	d1 (mm) $0.94 \pm 0.01$	$0.79 \pm 0.01$	$0.73 \pm 0.01$	$0.65 \pm 0.01$	$0.52 \pm 0.01$	$0.47 \pm 0.01$	$0.33 \pm 0.02$	$0.23 \pm 0.01$
100 mA	d2 (cm) $3.40 \pm 0.03$	$2.90 \pm 0.05$	$2.50 \pm 0.03$	$1.90 \pm 0.00$	$1.60 \pm 0.05$	$1.40 \pm 0.03$	$1.00 \pm 0.05$	$0.70 \pm 0.03$
	d1 (mm) $0.89 \pm 0.01$	$0.76 \pm 0.01$	$0.65 \pm 0.01$	$0.50 \pm 0.01$	$0.42 \pm 0.01$	$0.37 \pm 0.01$	$0.26 \pm 0.01$	$0.18 \pm 0.01$
150 mA	d2 (cm) $2.90 \pm 0.04$	$2.00 \pm 0.05$	$1.70 \pm 0.03$	$1.40 \pm 0.03$	$1.10 \pm 0.05$	$0.70 \pm 0.03$	$0.40 \pm 0.05$	
	d1 (mm) $0.76 \pm 0.01$	$0.52 \pm 0.01$	$0.45 \pm 0.01$	$0.37 \pm 0.01$	$0.29 \pm 0.01$	$0.18 \pm 0.01$	$0.10 \pm 0.01$	
200 mA	d2 (cm) $2.60 \pm 0.03$	$1.80 \pm 0.03$	$1.30 \pm 0.05$	$0.80 \pm 0.03$	$0.50 \pm 0.03$	$0.30 \pm 0.03$		
	d1 (mm) $0.68 \pm 0.01$	$0.47 \pm 0.01$	$0.34 \pm 0.01$	$0.21 \pm 0.01$	$0.13 \pm 0.01$	$0.08 \pm 0.01$		
300 mA	d2 (cm) $2.40 \pm 0.03$	$1.70 \pm 0.03$	$1.20 \pm 0.03$	$0.70 \pm 0.03$	$0.40 \pm 0.03$	$0.20 \pm 0.00$		
	d1 (mm) $0.63 \pm 0.01$	$0.45 \pm 0.01$	$0.31 \pm 0.01$	$0.18 \pm 0.01$	$0.10 \pm 0.01$	$0.05 \pm 0.00$		

Tabel 2. Data untuk grafik hubungan d1 dengan LP/mm

LP/mm	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,5	2
50 mA	d1 (mm) $0.99 \pm 0.01$	$0.84 \pm 0.01$	$0.79 \pm 0.01$	$0.68 \pm 0.01$	$0.60 \pm 0.01$	$0.52 \pm 0.01$	$0.45 \pm 0.01$	$0.34 \pm 0.02$
70 mA	d1 (mm) $0.94 \pm 0.01$	$0.79 \pm 0.01$	$0.73 \pm 0.01$	$0.65 \pm 0.01$	$0.52 \pm 0.01$	$0.47 \pm 0.01$	$0.33 \pm 0.02$	$0.23 \pm 0.01$
100 mA	d1 (mm) $0.89 \pm 0.01$	$0.76 \pm 0.01$	$0.65 \pm 0.01$	$0.50 \pm 0.01$	$0.42 \pm 0.01$	$0.37 \pm 0.01$	$0.26 \pm 0.01$	$0.18 \pm 0.01$
150 mA	d1 (mm) $0.76 \pm 0.01$	$0.52 \pm 0.01$	$0.45 \pm 0.01$	$0.37 \pm 0.01$	$0.29 \pm 0.01$	$0.18 \pm 0.01$	$0.10 \pm 0.01$	
200 mA	d1 (mm) $0.68 \pm 0.01$	$0.47 \pm 0.01$	$0.34 \pm 0.01$	$0.21 \pm 0.01$	$0.13 \pm 0.01$	$0.08 \pm 0.01$		
300 mA	d1 (mm) $0.63 \pm 0.01$	$0.45 \pm 0.01$	$0.31 \pm 0.01$	$0.18 \pm 0.01$	$0.10 \pm 0.01$	$0.05 \pm 0.00$		
standar		0,83	0,71	0,63	0,56	0,5	0,33	0,25

Lampiran 2



### Lampiran 3

Perhitungan dari hasil pengukuran dan proyeksi

Pengukuran	Nilai Terukur ( $S_1$ )	Deviasi ( $S_1 - \bar{S}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(S_1 - \bar{S}_1)^2$ )
1	9,1	0,1	0,01
2	9	0	0
3	8,9	-0,1	0,01
	$\bar{S}_1 = 9$		$\sum (S_1 - \bar{S}_1) = 0,02$

$$\delta_{\bar{S}_1} = \sqrt{\frac{\sum (S_1 - \bar{S}_1)^2}{3(3-1)}}$$

$$= 0,058 \text{ cm}$$

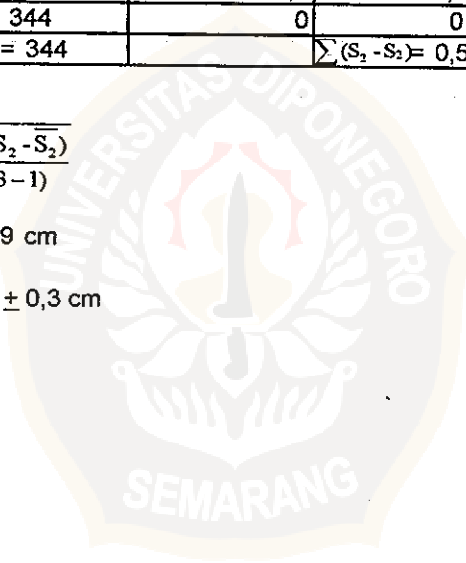
$$S_1 = 9,00 \pm 0,06 \text{ cm}$$

Pengukuran	Nilai Terukur ( $S_2$ )	Deviasi ( $S_2 - \bar{S}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(S_2 - \bar{S}_2)^2$ )
1	344,5	0,5	0,25
2	343,5	-0,5	0,25
3	344	0	0
	$\bar{S}_2 = 344$		$\sum (S_2 - \bar{S}_2) = 0,5$

$$\delta_{\bar{S}_2} = \sqrt{\frac{\sum (S_2 - \bar{S}_2)^2}{3(3-1)}}$$

$$= 0,289 \text{ cm}$$

$$S_2 = 344,0 \pm 0,3 \text{ cm}$$



Dengan Menggunakan Arus 50 mA  
Pada Skala 0,5

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_1 - \bar{d}_1)^2$ )
1	3.8	0	0
2	3.8	0	0
3	3.9	0.1	0.01
4	3.7	-0.1	0.01
5	3.8	0	0
	$\bar{d}_1 = 3.8$		$\sum (d_1 - \bar{d}_1)^2 = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\frac{\sum (d_1 - \bar{d}_1)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_1 = 3.80 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_2 = 0.099 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.099418605$$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.00105$$

Dengan Menggunakan Arus 50 mA  
Pada Skala 0,6

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_1 - \bar{d}_1)^2$ )
1	3.2	0	0
2	3.3	0.1	0.01
3	3.3	0.1	0.01
4	3.1	-0.1	0.01
5	3.1	-0.1	0.01
	$\bar{d}_1 = 3.2$		$\sum (d_1 - \bar{d}_1)^2 = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\frac{\sum (d_1 - \bar{d}_1)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$d_1 = 3.20 \pm 0.05 \text{ cm}$$

$$d_2 = 0.084 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.08372093$$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.00129$$

Dengan Menggunakan Arus 50 mA  
Pada Skala 0,7

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_1 - \bar{d}_1)^2$ )
1	3.1	0.1	0.01
2	3	0	0
3	3.1	0.1	0.01
4	2.9	-0.1	0.01
5	2.9	-0.1	0.01
	$\bar{d}_1 = 3$		$\sum (d_1 - \bar{d}_1)^2 = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\frac{\sum (d_1 - \bar{d}_1)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$d_1 = 3.00 \pm 0.05 \text{ cm}$$

$$d_2 = 0.079 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.078488372$$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.001276$$



Dengan Menggunakan Arus 50 mA  
Pada Skala 0,8

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	2.6	0	0
2	2.5	-0.1	0.01
3	2.5	-0.1	0.01
4	2.7	0.1	0.01
5	2.7	0.1	0.01
	$\bar{d}_2 = 2.6$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$d_2 = 2.60 \pm 0.05 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.068 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.068023256$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.001251$$

Dengan Menggunakan Arus 50 mA  
Pada Skala 0,9

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	2.4	0.1	0.01
2	2.2	-0.1	0.01
3	2.4	0.1	0.01
4	2.2	-0.1	0.01
5	2.3	0	0
	$\bar{d}_2 = 2.3$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$d_2 = 2.30 \pm 0.05 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.060 \pm 0.001$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.060174419$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.001234$$

Dengan Menggunakan Arus 50 mA  
Pada Skala 1

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	2	0.02	0.0004
2	2	0.02	0.0004
3	1.9	-0.08	0.0064
4	1.9	-0.08	0.0064
5	2.1	0.12	0.0144
	$\bar{d}_2 = 1.98$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.028$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0374$$

$$d_2 = 1.98 \pm 0.04 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.052 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.051802326$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.001035$$

Dengan Menggunakan Arus 50 mA  
 Pada Skala 1,5

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	1.8	0.1	0.01
2	1.7	0	0
3	1.8	0.1	0.01
4	1.6	-0.1	0.01
5	1.6	-0.1	0.01
	$\bar{d}_2 = 1.7$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$d_2 = 1.70 \pm 0.05 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.045 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.044476744$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.001205$$

Dengan Menggunakan Arus 50 mA  
 Pada Skala 2

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	1.3	0	0
2	1.4	0.1	0.01
3	1.4	0.1	0.01
4	1.2	-0.1	0.01
5	1.2	-0.1	0.01
	$\bar{d}_2 = 1.3$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$d_2 = 1.30 \pm 0.05 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.034 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.034011628$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.001191$$

Dengan Menggunakan Arus 70 mA  
 Pada Skala 0,5

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	3.6	0	0
2	3.5	-0.1	0.01
3	3.5	-0.1	0.01
4	3.7	0.1	0.01
5	3.7	0.1	0.01
	$\bar{d}_2 = 3.6$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$d_2 = 3.60 \pm 0.05 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.094 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.094186047$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.00132$$

Dengan Menggunakan Arus 70 mA  
 Pada Skala 0,6

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	3	0	0
2	3	0	0
3	3	0	0
4	2.9	-0.1	0.01
5	3.1	0.1	0.01
	$\bar{d}_2 = 3$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_2 = 3.00 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.079 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.078488372$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.000972$$

Dengan Menggunakan Arus 70 mA  
 Pada Skala 0,7

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	2.9	0.1	0.01
2	2.7	-0.1	0.01
3	2.9	0.1	0.01
4	2.7	-0.1	0.01
5	2.8	0	0
	$\bar{d}_2 = 2.8$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$d_2 = 2.80 \pm 0.05 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.073 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.073255814$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.001263$$

Dengan Menggunakan Arus 70 mA  
 Pada Skala 0,8

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_1 - \bar{d}_1)^2$ )
1	2.5	0	0
2	2.5	0	0
3	2.4	-0.1	0.01
4	2.6	0.1	0.01
5	2.5	0	0
	$\bar{d}_2 = 2.5$		$\sum(d_2 - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum(d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_2 = 2.50 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.065 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.065406977$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.00093$$

Dengan Menggunakan Arus 70 mA  
 Pada Skala 0,9

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_1 - \bar{d}_1)^2$ )
1	2.1	0.1	0.01
2	2	0	0
3	2	0	0
4	2	0	0
5	1.9	-0.1	0.01
	$\bar{d}_2 = 2$		$\sum(d_2 - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum(d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_2 = 2.00 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.052 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.052325581$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.000895$$

Dengan Menggunakan Arus 70 mA  
 Pada Skala 1

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_1 - \bar{d}_1)^2$ )
1	1.8	0	0
2	1.8	0	0
3	1.8	0	0
4	1.9	0.1	0.01
5	1.7	-0.1	0.01
	$\bar{d}_2 = 1.8$		$\sum(d_2 - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum(d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_2 = 1.80 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.047 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.047093023$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.000882$$

Dengan Menggunakan Arus 70 mA  
 Pada Skala 1,5

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_1 - \bar{d}_1)^2$ )
1	1.3	0.04	0.0016
2	1.4	0.14	0.0196
3	1.4	0.14	0.0196
4	1.1	-0.16	0.0256
5	1.1	-0.16	0.0256
	$\bar{d}_1 = 1.26$		$\sum (d_1 - \bar{d}_1) = 0.092$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\frac{\sum (d_1 - \bar{d}_1)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0678$$

$$d_1 = 1.26 \pm 0.07 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.033 \pm 0.001$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\sum d_2}{S_2} = 0.032965116$$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{d_2}\right)^2}$$

$$= 0.001787$$

Dengan Menggunakan Arus 70 mA  
 Pada Skala 2

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_1 - \bar{d}_1)^2$ )
1	1	0.1	0.01
2	0.9	0	0
3	0.8	-0.1	0.01
4	1	0.1	0.01
5	0.8	-0.1	0.01
	$\bar{d}_1 = 0.9$		$\sum (d_1 - \bar{d}_1) = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\frac{\sum (d_1 - \bar{d}_1)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$d_1 = 0.90 \pm 0.05 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.024 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\sum d_2}{S_2} = 0.023546512$$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{d_2}\right)^2}$$

$$= 0.00118$$

Dengan Menggunakan Arus 100 mA  
 Pada Skala 0,5

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	3.4	0	0
2	3.4	0	0
3	3.5	0.1	0.01
4	3.4	0	0
5	3.3	-0.1	0.01
	$\bar{d}_2 = 3.4$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_2 = 3.40 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.089 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.088953488$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.001009$$

Dengan Menggunakan Arus 100 mA  
 Pada Skala 0,6

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	2.9	0	0
2	3	0.1	0.01
3	3	0.1	0.01
4	2.8	-0.1	0.01
5	2.8	-0.1	0.01
	$\bar{d}_2 = 2.9$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$d_2 = 2.90 \pm 0.045 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.076 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.075872093$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.00127$$

Dengan Menggunakan Arus 100 mA  
 Pada Skala 0,7

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	2.6	0.1	0.01
2	2.5	0	0
3	2.5	0	0
4	2.5	0	0
5	2.4	-0.1	0.01
	$\bar{d}_2 = 2.5$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_2 = 2.50 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.065 \pm 0.001$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.065406977$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.00093$$

Dengan Menggunakan Arus 100 mA  
 Pada Skala 0,8

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_1 - \bar{d}_1)^2$ )
1	1.9	0	0
2	1.9	0	0
3	1.9	0	0
4	1.9	0	0
5	1.9	0	0
	$\bar{d}_1 = 1.9$		$\sum (d_1 - \bar{d}_1) = 0$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\frac{\sum (d_1 - \bar{d}_1)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0$$

$$d_1 = 1.90 \pm 0.00 \text{ cm}$$

$$d_2 = 0.045 \pm 0.00 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.049709302$$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.000323$$

Dengan Menggunakan Arus 100 mA  
 Pada Skala 0,9

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_1 - \bar{d}_1)^2$ )
1	1.6	0	0
2	1.7	0.1	0.01
3	1.7	0.1	0.01
4	1.5	-0.1	0.01
5	1.5	-0.1	0.01
	$\bar{d}_1 = 1.6$		$\sum (d_1 - \bar{d}_1) = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\frac{\sum (d_1 - \bar{d}_1)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$d_1 = 1.60 \pm 0.045 \text{ cm}$$

$$d_2 = 0.042 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.041860465$$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.001201$$

Dengan Menggunakan Arus 100 mA  
 Pada Skala 1

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_1 - \bar{d}_1)^2$ )
1	1.5	0.1	0.01
2	1.4	0	0
3	1.3	-0.1	0.01
4	1.4	0	0
5	1.4	0	0
	$\bar{d}_1 = 1.4$		$\sum (d_1 - \bar{d}_1) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\frac{\sum (d_1 - \bar{d}_1)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_1 = 1.40 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_2 = 0.037 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.036627907$$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.000861$$

Dengan Menggunakan Arus 100 mA  
 Pada Skala 1,5

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ ) <sup>2</sup>
1	1	0	0
2	0.9	-0.1	0.01
3	1.1	0.1	0.01
4	0.9	-0.1	0.01
5	1.1	0.1	0.01
	$\bar{d}_1 = 1$		$\sum (d_1 - \bar{d}_1) = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\frac{\sum (d_1 - \bar{d}_1)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$d_1 = 1.00 \pm 0.045 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = 0.026 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.026162791$$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.001182$$

Dengan Menggunakan Arus 100 mA  
 Pada Skala 2

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ ) <sup>2</sup>
1	0.8	0.1	0.01
2	0.7	0	0
3	0.6	-0.1	0.01
4	0.7	0	0
5	0.7	0	0
	$\bar{d}_1 = 0.7$		$\sum (d_1 - \bar{d}_1) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\frac{\sum (d_1 - \bar{d}_1)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_1 = 0.70 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = 0.018 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.018313953$$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.000836$$



Dengan Menggunakan Arus 150 mA  
Pada Skala 0,5

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	2.9	-0.02	0.0004
2	2.8	-0.12	0.0144
3	2.9	-0.02	0.0004
4	3	0.08	0.0064
5	3	0.08	0.0064
	$\bar{d}_2 = 2.9$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.028$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0374$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.076395349$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.001098$$

$$d_2 = 2.92 \pm 0.04 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.076 \pm 0.001 \text{ cm}$$

Dengan Menggunakan Arus 150 mA  
Pada Skala 0,6

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	2.1	0.1	0.01
2	2.1	0.1	0.01
3	2	0	0
4	1.9	-0.1	0.01
5	1.9	-0.1	0.01
	$\bar{d}_2 = 2$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.052325581$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.001218$$

$$d_2 = 2.00 \pm 0.05 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.052 \pm 0.001 \text{ cm}$$

Dengan Menggunakan Arus 150 mA  
Pada Skala 0,7

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	1.6	-0.1	0.01
2	1.7	0	0
3	1.7	0	0
4	1.8	0.1	0.01
5	1.7	0	0
	$\bar{d}_2 = 1.7$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.044476744$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.000876$$

$$d_2 = 1.70 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.045 \pm 0.001 \text{ cm}$$

Dengan Menggunakan Arus 150 mA  
Pada Skala 0,8

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_i - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_i - \bar{d}_2)^2$ )
1	1.4	0	0
2	1.4	0	0
3	1.3	-0.1	0.01
4	1.5	0.1	0.01
5	1.4	0	0
	$\bar{d}_2 = 1.4$		$\sum (d_i - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_2 = 1.40 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.037 \pm 0.001$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.036627907$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{d_2}\right)^2}$$

$$= 0.000861$$

Dengan Menggunakan Arus 150 mA  
Pada Skala 0,9

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_i - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_i - \bar{d}_2)^2$ )
1	1.1	0	0
2	1.2	0.1	0.01
3	1	-0.1	0.01
4	1	-0.1	0.01
5	1.2	0.1	0.01
	$\bar{d}_2 = 1.1$		$\sum (d_i - \bar{d}_2) = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$d_2 = 1.10 \pm 0.05 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.029 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.02877907$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{d_2}\right)^2}$$

$$= 0.001185$$

Dengan Menggunakan Arus 150 mA  
Pada Skala 1

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_i - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_i - \bar{d}_2)^2$ )
1	0.8	0.1	0.01
2	0.7	0	0
3	0.7	0	0
4	0.6	-0.1	0.01
5	0.7	0	0
	$\bar{d}_2 = 0.7$		$\sum (d_i - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_2 = 0.70 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.018 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2} = 0.018313953$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{d_2}\right)^2}$$

$$= 0.000836$$

Dengan Menggunakan Arus 150 mA  
 Pada Skala 1,5

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_1 - \bar{d}_1)^2$ )
1	0.5	0.1	0.01
2	0.5	0.1	0.01
3	0.3	-0.1	0.01
4	0.3	-0.1	0.01
5	0.4	0	0
	$\bar{d}_1 = 0.4$		$\sum (d_1 - \bar{d}_1)^2 = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\frac{\sum (d_1 - \bar{d}_1)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$d_1 = 0.40 \pm 0.05 \text{ cm}$$

$$d_2 = 0.011 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.010465116$$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{d_2}\right)^2}$$

$$= 0.001172$$



Dengan Menggunakan Arus 200 mA  
 Pada Skala 0,5

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	2.6	0	0
2	2.6	0	0
3	2.7	0.1	0.01
4	2.5	-0.1	0.01
5	2.6	0	0
	$\bar{d}_2 = 2.6$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_2 = 2.60 \pm 0.032 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.068 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.068023256$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.000938$$

Dengan Menggunakan Arus 200 mA  
 Pada Skala 0,6

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	1.8	0	0
2	1.8	0	0
3	1.8	0	0
4	1.9	0.1	0.01
5	1.7	-0.1	0.01
	$\bar{d}_2 = 1.8$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_2 = 1.80 \pm 0.032 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.047 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.047093023$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.000882$$

Dengan Menggunakan Arus 200 mA  
 Pada Skala 0,7

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	1.2	-0.1	0.01
2	1.2	-0.1	0.01
3	1.4	0.1	0.01
4	1.4	0.1	0.01
5	1.3	0	0
	$\bar{d}_2 = 1.3$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.04$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0447$$

$$d_2 = 1.30 \pm 0.05 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.034 \pm 0.01 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.034011628$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.001191$$

Dengan Menggunakan Arus 200 mA  
Pada Skala 0,8

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ ) <sup>2</sup>
1	0.8	0	0
2	0.8	0	0
3	0.7	-0.1	0.01
4	0.9	0.1	0.01
5	0.8	0	0
	$\bar{d}_2 = 0.8$		$\sum(d_2 - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum(d_2 - \bar{d}_2)}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_2 = 0.80 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.021 \pm 0.001$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.020930233$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.000838$$

Dengan Menggunakan Arus 200 mA  
Pada Skala 0,9

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ ) <sup>2</sup>
1	0.5	0	0
2	0.5	0	0
3	0.4	-0.1	0.01
4	0.6	0.1	0.01
5	0.5	0	0
	$\bar{d}_2 = 0.5$		$\sum(d_2 - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum(d_2 - \bar{d}_2)}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_2 = 0.50 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.013 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.013081395$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.000832$$

Dengan Menggunakan Arus 200 mA  
Pada Skala 1

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ ) <sup>2</sup>
1	0.3	0	0
2	0.2	-0.1	0.01
3	0.3	0	0
4	0.3	0	0
5	0.4	0.1	0.01
	$\bar{d}_2 = 0.3$		$\sum(d_2 - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum(d_2 - \bar{d}_2)}{5(5-1)}}$$

$$= 0.0316$$

$$d_2 = 0.30 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.008 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.007848837$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.000829$$

Dengan Menggunakan Arus 300 mA  
Pada Skala 0,5

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_1 - \bar{d}_1)^2$ )
1	2.4	0	0
2	2.5	0.1	0.01
3	2.4	0	0
4	2.3	-0.1	0.01
5	2.4	0	0
	$\bar{d}_1 = 2.4$		$\sum(d_1 - \bar{d}_1)^2 = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\frac{\sum(d_1 - \bar{d}_1)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.03162$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_1}{S_2} = 0.062790698$$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_1}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_1}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_1}\right)^2}$$

$$d_1 = 2.40 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_2 = 0.063 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$= 0.000923$$

Dengan Menggunakan Arus 300 mA  
Pada Skala 0,6

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_1 - \bar{d}_1)^2$ )
1	1.8	0.1	0.01
2	1.7	0	0
3	1.6	-0.1	0.01
4	1.7	0	0
5	1.7	0	0
	$\bar{d}_1 = 1.7$		$\sum(d_1 - \bar{d}_1)^2 = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\frac{\sum(d_1 - \bar{d}_1)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.03162$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_1}{S_2} = 0.044476744$$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_1}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_1}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_1}\right)^2}$$

$$d_1 = 1.70 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_2 = 0.045 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$= 0.000876$$

Dengan Menggunakan Arus 300 mA  
Pada Skala 0,7

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_1$ )	Deviasi ( $d_1 - \bar{d}_1$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_1 - \bar{d}_1)^2$ )
1	1.2	0	0
2	1.3	0.1	0.01
3	1.2	0	0
4	1.1	-0.1	0.01
5	1.2	0	0
	$\bar{d}_1 = 1.2$		$\sum(d_1 - \bar{d}_1)^2 = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\frac{\sum(d_1 - \bar{d}_1)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.03162$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_1}{S_2} = 0.031395349$$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_1}{S_2} \delta_{S_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_1}{S_2^2} \delta_{S_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{S_2} \delta_{\bar{d}_1}\right)^2}$$

$$d_1 = 1.20 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_2 = 0.031 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$= 0.000852$$

Dengan Menggunakan Arus 300 mA  
 Pada Skala 0,8

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	0.7	0	0
2	0.7	0	0
3	0.8	0.1	0.01
4	0.6	-0.1	0.01
5	0.7	0	0
	$\bar{d}_2 = 0.7$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.03162$$

$$d_2 = 0.70 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.018 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.018313953$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.000836$$

Dengan Menggunakan Arus 300 mA  
 Pada Skala 0,9

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	0.4	0	0
2	0.4	0	0
3	0.3	-0.1	0.01
4	0.5	0.1	0.01
5	0.4	0	0
	$\bar{d}_2 = 0.4$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0.02$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0.03162$$

$$d_2 = 0.40 \pm 0.03 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.010 \pm 0.001 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.010465116$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$

$$= 0.00083$$

Dengan Menggunakan Arus 300 mA  
 Pada Skala 1

Pengukuran	Nilai Terukur ( $d_2$ )	Deviasi ( $d_2 - \bar{d}_2$ )	Kwadrat Deviasi ( $(d_2 - \bar{d}_2)^2$ )
1	0.2	0	0
2	0.2	0	0
3	0.2	0	0
4	0.2	0	0
5	0.2	0	0
	$\bar{d}_2 = 0.2$		$\sum (d_2 - \bar{d}_2) = 0$

$$\delta_{\bar{d}_2} = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - \bar{d}_2)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0$$

$$d_2 = 2.00 \pm 0.00 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0.005 \pm 0.000 \text{ cm}$$

$$\bar{d}_1 = \frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2} = 0.005232558$$

$$\delta_{\bar{d}_1} = \sqrt{\left(\frac{\bar{d}_2}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{S}_1}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1 \bar{d}_2}{\bar{S}_2^2} \delta_{\bar{S}_2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \delta_{\bar{d}_2}\right)^2}$$