



UNIVERSITAS INDONESIA

**EVALUASI KUALITAS CITRA COMPUTED RADIOGRAPHY (CR) DAN
FILM MENGGUNAKAN FANTOM LEEDS PADA KONDISI
PENYINARAN THORAX**

SKRIPSI

RIFQO ANWARIE

0706262691

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 FISIKA

DEPOK

JUNI 2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**EVALUASI KUALITAS CITRA COMPUTED RADIOGRAPHY
(CR) DAN FILM MENGGUNAKAN FANTOM LEEDS PADA
KONDISI PENYINARAN THORAX**

SKRIPSI

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana

Oleh

RIFQO ANWARIE

0706262691

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI S1 FISIKA
PEMINATAN FISIKA MEDIS DAN BIOFISIKA
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Rifqo Anwarie

NPM : 0706262691

Tanda Tangan : 

Tanggal : 7 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Rifqo Anwarie
NPM : 0706262691
Program Studi : S1 Fisika, Peminatan Fisika Medis dan Biofisika
Judul Skripsi : Evaluasi Kualitas Citra Computed Radiography (CR) dan Film Menggunakan Fantom Leeds pada Kondisi Penyeragaman Thorax

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi S1 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dwi Seno Kuncoro Sihono M.Si ()
Pembimbing : Heru Prasetyo, M.Si ()
Penguji : Prof. Dr. Djarwani S. S. ()
Penguji : Kristina Tri Wigati, M.Si ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah memberikan segala kenikmatan dan anugrah terutama nikmat keimanan, kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan Penelitian Tugas Akhir sesuai rencana. Shalawat dan salam penulis sampaikan kepada teladan sepanjang zaman Rasulullah SAW beserta para keluarga dan sahabatnya. Begitu banyak kesulitan yang ditemui selama pengerjaan, tetapi berkat jasa orang-orang di sekitar penulis maka skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

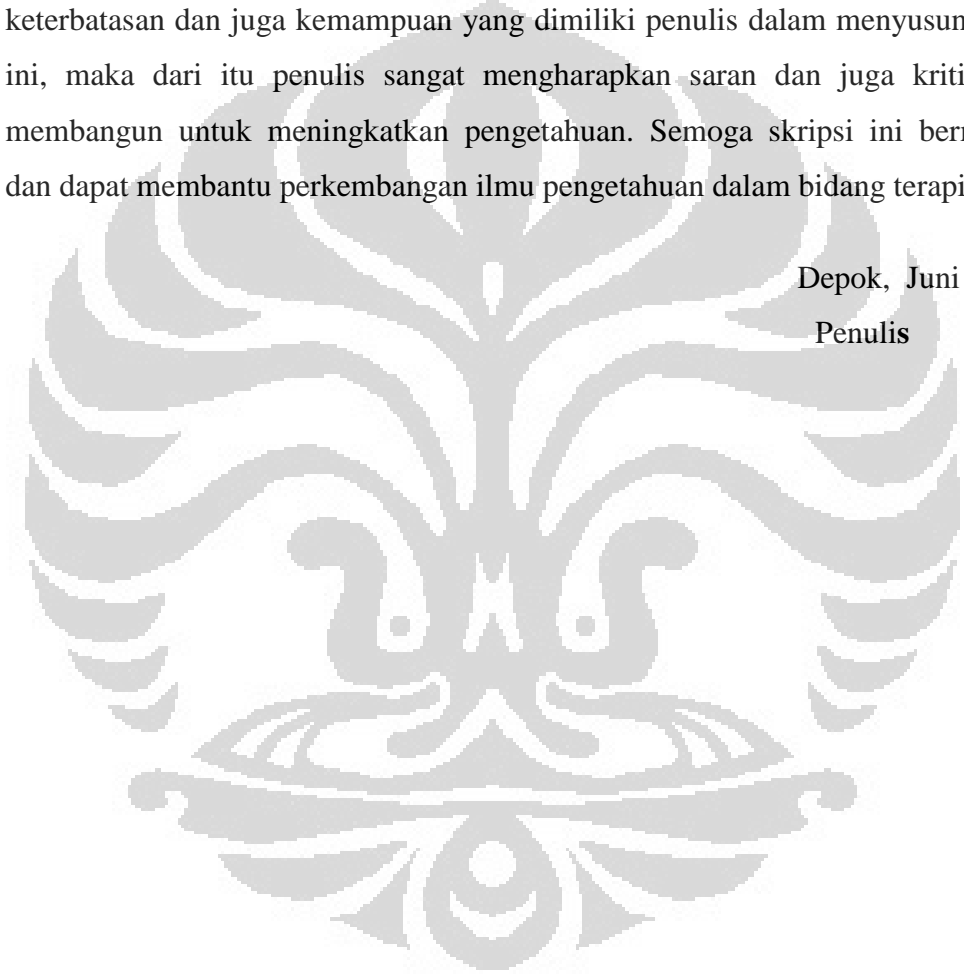
1. **Ibu (Nur Aliyah), Bapak (Ir. Anwar Sukarsa), dan juga adik-adikku tercinta (Miqdad, Rayhana, Gharfan dan Ira)** atas doa, kasih sayang, perhatian, pengertian, serta dorongan semangat yang tak pernah padam, dan semua pengorbanan yang telah diberikan.
2. **Bapak Dwi Seno Kuncoro Sihono, M.Si** selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menambah ilmu dan membimbing penulis dengan penuh kesabaran.
3. **Bapak Heru Prasetyo, M.Si** selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi saran dan juga masukan bagi penulis dalam melaksanakan penelitian dengan penuh kesabaran.
4. **Ibu Prof. Dr. Djarwani S. S. dan Ibu Kristina T.W, M.Si** selaku Dewan Penguji atas saran dan juga kritikan terhadap penulis sehingga penulis menjadi lebih berkembang.
5. Sahabat-sahabatku Fisika Medis 2007 **Aisyah, Ari, Evan, Melati, dan Yakub**, yang selalu memberi semangat dan motivasi tiada henti. Terima kasih atas kesediaan waktunya mendengarkan curhat dan juga keluh kesah penulis.
6. Sahabat-sahabatku Fisika Medis Ekstensi 2008 **Mas Dado, Mas Ika, Mas Datu, Mas Hendya, Mbak Vena, Mas Elia, Mbak Dina dan Mbak Cici** yang selalu memberi semangat dan motivasi tiada henti. Terima kasih atas kesediaan waktunya mendengarkan curhat dan juga keluh kesah penulis.

7. Sahabat-sahabat tercinta **Fisika 2007** atas pelajaran berharga dan juga kebersamaan yang tak terlupakan.
8. Semua pihak yang ikut membantu dalam penyelesaian skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis hanya dapat berdoa semoga semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapat pahala berlipat dari Allah SWT. Penulis menyadari keterbatasan dan juga kemampuan yang dimiliki penulis dalam menyusun skripsi ini, maka dari itu penulis sangat mengharapkan saran dan juga kritik yang membangun untuk meningkatkan pengetahuan. Semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat membantu perkembangan ilmu pengetahuan dalam bidang terapi. Amin

Depok, Juni 2011

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rifqo Anwarie
NPM : 0706262691
Program Studi : S1 Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**EVALUASI KUALITAS CITRA COMPUTED RADIOGRAPHY (CR) DAN
FILM MENGGUNAKAN FANTOM LEEDS PADA KONDISI
PENYINARAN THORAKS**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juni 2011

Yang menyatakan



(Rifqo Anwarie)

Nama : Rifqo Anwarie
Program Studi : S1 Fisika
Judul : Evaluasi Kualitas Citra Computed Radiography (CR)
dan Film Menggunakan Fantom Leeds pada Kondisi
Penyinaran Thorax

ABSTRAK

Kualitas citra yang dihasilkan oleh reseptor *Computed Radiography* (CR) dan film mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Oleh karena itu diperlukan evaluasi apakah citra yang dihasilkan oleh CR ataukah film yang paling baik digunakan untuk mendiagnosis, dalam kasus ini digunakan objek *thorax*. Penelitian ini menggunakan fantom leeds beserta filter Cu 1.5 mm untuk mengevaluasi kualitas citra yang dihasilkan oleh CR dan film pada kondisi penyinaran *thorax* dengan menggunakan 66 kV-8 mAs untuk kondisi penyinaran biasa dan 109 kV-2.2 mAs untuk penggunaan teknik kV tinggi. Kedua kondisi tersebut diperoleh berdasarkan protokol *European Commission 16260*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara keseluruhan citra yang dihasilkan oleh film lebih baik daripada CR, namun demikian karena loss contrast dan sensitivitas kontras rendah CR lebih baik daripada film, maka untuk mendapatkan citra *thorax* yang baik sebaiknya menggunakan CR dengan kondisi 109 kV-2.2 mAs agar variasi objek yang diamati pada *thorax* menjadi lebih banyak sehingga diagnosis penyakit menjadi lebih akurat.

Kata kunci : Kualitas citra, fantom leeds, *Computed Radiography* (CR),
film, *thorax*.
xii+82 halaman : 43 gambar; 24 tabel
Daftar Pustaka : 13 (1972-2011)

Name : Rifqo Anwarie
Program Study : Bachelor Degree of Physics
Title : Image Quality Evaluation of Computed Radiography (CR) and Film using Leeds Phantom in Thorax Examination

ABSTRACT

Image quality which produce from Computed Radiography (CR) and film have advantage and disadvantage. Because of that, it needs evaluation whater CR image or film image which used for the best diagnostic, in this case use thorax object. This research is using leeds phantom and filter Cu 1.5 mm to evaluate image quality which produce CR and film in condition of thorax exposure with 66 kV-8 mAs for costume examination and 109 kV-2.2 mAs for using high kV technique. These condition obtain from protocol *European Commission* 16260. The result of this research explain that in whole image which produce from film is better than CR, however, because loss contrast and sensitivity low contrast CR is better than film, so to get good thorax image advisable using CR in condition 109 kV-2.2 mAs so that variation of object who observe become more so diagnosis disease become more accurate.

Key Words : Image quality, leeds phantom, Computed Radiography (CR), film, *thorax*.

xii+82 pages ; 43 pictures; 24 tables
Bibliography : 13 (1972-2011)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metode Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II. LANDASAN TEORI	
2.1 Pendahuluan Sinar-X	5
2.2 Interaksi Radiasi dengan Materi	7
2.3 Kualitas Citra	9
2.4 Reseptor Radiografi	10
2.5 Fantom Leeds	12
2.6 Computed Radiography	14
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1 Peralatan dan Bahan	17
3.2 Metodologi Penelitian	20
3.2.1 Pengambilan Data Fantom Leeds.....	21
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Evaluasi Citra CR Menggunakan Fantom Leeds	22
4.2 Hasil Evaluasi Citra Film Menggunakan Fantom Leeds	43
4.3 Pembahasan	62
BAB V. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	67
DAFTAR REFERENSI	68

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 4.1 Hasil evaluasi geometri TO.M1 pada kondisi 66 kV-8 mAs (CR).....	23
Tabel 4.2 Hasil evaluasi geometri TO.M1 pada kondisi 109 kV-2.2 mAs (CR).....	23
Tabel 4.3 Hasil evaluasi pixel value TO.GS2 pada kondisi 66 kV-8 mAs (CR).....	26
Tabel 4.4 Hasil evaluasi pixel value TO.GS2 pada kondisi 109 kV-2.2 mAs (CR).....	26
Tabel 4.5 Hasil evaluasi loss contrast TO. N3 pada kondisi 66 kV-8 mAs (CR).....	33
Tabel 4.6 Hasil evaluasi loss contrast TO. N3 pada kondisi 109 kV-2.2 mAs (CR).....	33
Tabel 4.7 Hasil evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR 18 FG pada kondisi 66 kV-8 mAs (CR).....	36
Tabel 4.8 Hasil evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR 18 FG pada kondisi 109 kV-2.2 mAs (CR).....	37
Tabel 4.9 Hasil evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR CDR pada kondisi 66 kV-8 mAs (CR).....	40
Tabel 4.10 Hasil evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR CDR pada kondisi 109 kV-2.2 mAs (CR).....	40
Tabel 4.11 Hasil evaluasi pixel value TOR CDR pada kondisi 66 kV-8 mAs (CR).....	41
Tabel 4.12 Hasil evaluasi pixel value TOR CDR pada kondisi 109 kV-2.2 mAs (CR).....	42
Tabel 4.13 Hasil evaluasi geometri TO.M1 pada kondisi 66 kV-8 mAs (film).....	44
Tabel 4.14 Hasil evaluasi geometri TO.M1 pada kondisi 109 kV-2.2 mAs (film).....	44

Tabel 4.15 Hasil evaluasi optical density TO.GS2 pada kondisi 66 kV-8 mAs (film).....	46
Tabel 4.16 Hasil evaluasi optical density TO.GS2 pada kondisi 109 kV-2.2 mAs (film).....	47
Tabel 4.17 Hasil evaluasi loss contrast TO. N3 pada kondisi 66 kV-8 mAs (film)	53
Tabel 4.18 Hasil evaluasi loss contrast TO. N3 pada kondisi 109 kV-2.2 mAs (film).....	53
Tabel 4.19 Hasil evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR 18 FG pada kondisi 66 kV-8 mAs (Film).....	56
Tabel 4.20 Hasil evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR 18 FG pada kondisi 109 kV-2.2 mAs (Film).....	57
Tabel 4.21 Hasil evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR CDR pada kondisi 66 kV-8 mAs (Film).....	60
Tabel 4.22 Hasil evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR CDR pada kondisi 109 kV-2.2 mAs (Film).....	60
Tabel 4.23 Hasil evaluasi optical density TOR CDR pada kondisi 66 kV-8 mAs (Film).....	61
Tabel 4.24 Hasil evaluasi optical density TOR CDR pada kondisi 109 kV-2.2 mAs (Film).....	61

DAFTAR GAMBAR

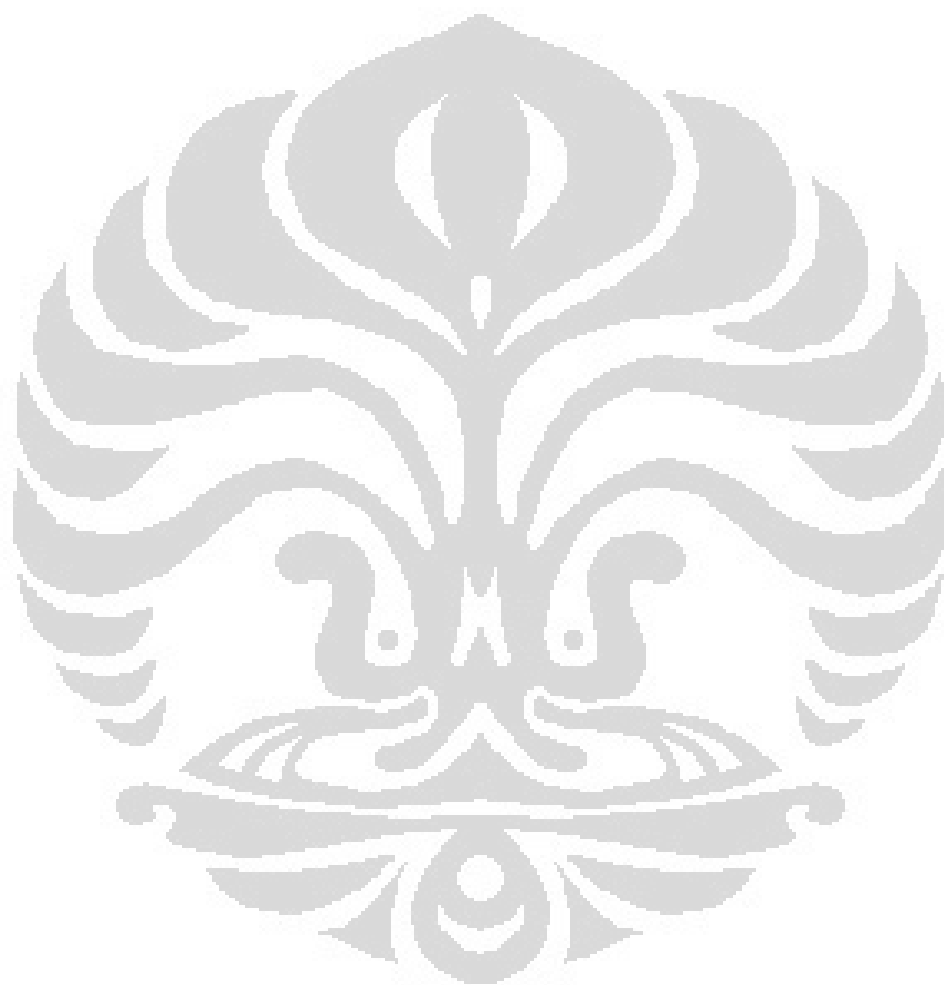
	halaman
Gambar 2.1 Skema tabung pesawat sinar-X.....	6
Gambar 2.2 Efek fotolistrik	8
Gambar 2.3 Hamburan compton.....	8
Gambar 2.4 Fantom leeds	10
Gambar 2.5 TO. GS2	10
Gambar 2.6 TO. M1	10
Gambar 2.7 TO. MS1.....	11
Gambar 2.8 TO. N3	11
Gambar 2.9 TOR 18FG.....	11
Gambar 2.10 TOR CDR	11
Gambar 2.11 Kaset, Film dan Screen Film.....	13
Gambar 2.12 Imaging Plate	15
Gambar 2.13 Image Reader	16
Gambar 3.1 CR tipe Kodak.....	17
Gambar 3.2 Imaging Plate	17
Gambar 3.3 Kaset Screen.....	18
Gambar 3.4 Film agfa	18
Gambar 3.5 Fantom leeds	19
Gambar 3.6 Filter Cu	19
Gambar 3.7 Software Image-J	20
Gambar 3.8 Posisi penempatan fantom leeds	21
Gambar 3.9 Posisi penempatan filter Cu	21

Gambar 4.1 TO.M1 kondisi 66 kV-8 mAs (CR)	22
Gambar 4.2 TO.M1 kondisi 109 kV-2.2 mAs (CR)	23
Gambar 4.3 TO.GS2 kondisi 66 kV-8 mAs (CR).....	24
Gambar 4.4 TO.GS2 kondisi 109 kV-2.2 mAs (CR).....	25
Gambar 4.5 Grafik evaluasi pixel value TO.GS2	27
Gambar 4.7 TO.MS1 kondisi 66 kV-8 mAs (CR).....	28
Gambar 4.8 TO.MS1 kondisi 109 kV-2.2 mAs (CR).....	28
Gambar 4.9 TO.MS3 kondisi 66 kV-8 mAs (CR).....	29
Gambar 4.10 TO.MS3 kondisi 109 kV-2.2 mAs (CR).....	29
Gambar 4.11 TO.MS4 kondisi 66 kV-8 mAs (CR).....	30
Gambar 4.12 TO.MS4 kondisi 109 kV-2.2 mAs (CR).....	30
Gambar 4.13 TO.N3 kondisi 66 kV-8 mAs (CR).....	32
Gambar 4.14 TO.N3 kondisi 109 kV-2.2 mAs (CR).....	32
Gambar 4.13 Grafik evaluasi loss contrast TO.N3 (CR).....	34
Gambar 4.15 TOR 18FG kondisi 66 kV-8 mAs (CR).....	35
Gambar 4.16 TOR 18FG kondisi 109 kV-2.2 mAs (CR).....	35
Gambar 4.17 Grafik evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR 18FG (CR).....	37
Gambar 4.18 TOR CDR kondisi 66 kV-8 mAs (CR).....	38
Gambar 4.19 TOR CDR kondisi 109 kV-2.2 mAs (CR).....	39
Gambar 4.20 Grafik evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR CDR (CR).....	41
Gambar 4.21 Grafik evaluasi pixel value TOR CDR (CR)	42
Gambar 4.21 TO.M1 kondisi 66 kV-8 mAs (Film).....	43
Gambar 4.22 TO.M1 kondisi 109 kV-2.2 mAs (Film)	44
Gambar 4.23 TO.GS2 kondisi 66 kV-8 mAs (Film).....	45

Gambar 4.24 TO.GS2 kondisi 109 kV-2.2 mAs (Film)	46
Gambar 4.25 Grafik evaluasi optical density TO.GS2 (Film).....	47
Gambar 4.26 TO.MS1 kondisi 66 kV-8 mAs (Film).....	48
Gambar 4.27 TO.MS1 kondisi 109 kV-2.2 mAs (Film).....	49
Gambar 4.28 TO.MS3 kondisi 66 kV-8 mAs (Film).....	49
Gambar 4.29 TO.MS3 kondisi 109 kV-2.2 mAs (Film).....	50
Gambar 4.30 TO.MS4 kondisi 66 kV-8 mAs (Film).....	50
Gambar 4.31 TO.MS4 kondisi 109 kV-2.2 mAs (Film).....	51
Gambar 4.32 TO.N3 kondisi 66 kV-8 mAs (Film).....	52
Gambar 4.33 TO.N3 kondisi 109 kV-2.2 mAs (Film).....	52
Gambar 4.34 Grafik evaluasi loss contrast TO.N3 (Film).....	54
Gambar 4.33 TOR 18FG kondisi 66 kV-8 mAs (Film).....	55
Gambar 4.34 TOR 18FG kondisi 109 kV-2.2 mAs (Film).....	55
Gambar 4.17 Grafik evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR 18FG (Film)	57
Gambar 4.18 TOR CDR kondisi 66 kV-8 mAs (Film).....	58
Gambar 4.19 TOR CDR kondisi 109 kV-2.2 mAs (Film).....	59
Gambar 4.20 Grafik evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR CDR (Film)	60
Gambar 4.21 Grafik evaluasi optical density TOR CDR (Film)	62

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A.....	69
LAMPIRAN B.....	74



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas citra yang dihasilkan oleh reseptor radiografi CR dan film mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Oleh karena itu diperlukan evaluasi apakah citra yang dihasilkan oleh CR ataukah film yang paling baik digunakan untuk mendiagnosis, dalam kasus ini digunakan objek toraks. Sehingga diagnosis kelainan pada toraks menjadi lebih akurat.

Metode untuk mengevaluasi apakah kualitas citra yang dihasilkan oleh *Computed Radiography* (CR) ataukah film yang lebih baik dalam mendiagnosis toraks dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya dengan mencari kondisi penyinaran yang menghasilkan kualitas citra sesuai dengan protokol *European Commission 16260*¹ baik itu untuk kondisi penyinaran rutin maupun kondisi kV tinggi. Namun demikian metode tersebut membutuhkan objek berupa fantom toraks standar ataupun pasien, sehingga diperlukan metode lain yang dapat menentukan apakah kualitas citra CR ataukah film yang paling baik digunakan dalam mendiagnosis toraks tanpa menggunakan fantom toraks standar maupun pasien. Metode tersebut salah satunya yaitu dengan melihat hubungan antara kualitas citra yang telah didapatkan dengan menggunakan *computed radiography* dan film diagnostik dengan hasil pembacaan fantom leeds sehingga didapatkan apakah citra yang dihasilkan oleh CR dalam kondisi penyinaran rutin maupun kondisi kV tinggi ataukah citra yang dihasilkan oleh film pada kedua kondisi penyinaran yang sama yang paling baik digunakan untuk mendiagnosis toraks.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka dalam penelitian Tugas Akhir ini pokok permasalahannya adalah apakah fantom leeds beserta filter tembaga 1.5 mm dapat mengevaluasi kualitas citra toraks yang dihasilkan oleh

reseptor radiografi CR dan film. Permasalahan ini diangkat untuk memperluas aplikasi radiagnostik terutama dalam bidang kesehatan. Penelitian ini merupakan hal yang baru karena menggunakan fantom leeds bersama filter Cu 1.5 mm untuk mengevaluasi kualitas citra CR dan film diagnostik menggunakan fantom leeds pada kasus kondisi penyinaran thorax.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mempelajari prinsip dasar kualitas citra CR dan film diagnostik radiologi.
2. Melakukan evaluasi kualitas citra CR dan film diagnostik yang dihasilkan oleh pesawat sinar-x radiagnostik dengan menggunakan fantom leeds pada kondisi penyinaran thorax.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, masalah yang akan diteliti dibatasi sesuai dengan judul yang diajukan yaitu “Evaluasi Kualitas Citra Computed Radiography (CR) dan Film Menggunakan Fantom Leeds pada Kondisi Penyinaran Thorax”. Penelitian ini difokuskan pada pengamatan dan pengevaluasian kualitas citra CR dan film yang dihasilkan oleh pesawat radiagnostik dengan menggunakan fantom leeds pada kondisi penyinaran thorax.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian terdiri dari beberapa tahap antara lain:

a. Pengambilan Data

Proses pengambilan data dilakukan dengan dua teknik :

- i. Mencari kondisi penyinaran yang menghasilkan citra thorax yang memenuhi standar kualitas citra yang baik (good image quality) pada kondisi penyinaran rutin dan kondisi kV tinggi pada CR.
- ii. Sama dengan (i), tetapi dengan menggunakan film diagnostik.

b. Proses Pengolahan Data

- i. Setelah data citra thorax CR diperoleh pada kondisi penyinaran rutin dan kondisi kV tinggi diperoleh, maka kedua citra toraks tersebut dievaluasi dengan menggunakan fantom leeds.
- ii. Setelah data citra thorax film diperoleh pada kondisi penyinaran rutin dan kondisi kV tinggi diperoleh, maka kedua citra toraks tersebut dievaluasi dengan menggunakan fantom leeds.
- iii. Membandingkan hasil evaluasi fantom leeds pada (i) dengan (ii), apakah terdapat perbedaan atau tidak.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pada penulisan ini dibagi menjadi 5 bab, yang masing-masing terdiri dari beberapa sub-bab untuk mempermudah penjelasan. Penulisan bab-bab dilakukan sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Merupakan bagian yang berisi tentang penjelasan secara umum yang menjadi latar belakang penelitian, pembatasan masalah yang ingin diselesaikan, tujuan penelitian, serta sistematika penulisan penelitian ini.

BAB II. LANDASAN TEORI

Merupakan bagian yang berisi tentang teori-teori yang mendasari dan mendukung proses penelitian. Termasuk juga teori yang menggambarkan karakteristik perangkat maupun peralatan yang digunakan.

BAB III. METODE PENELITIAN

Merupakan bagian yang berisi tentang tata laksana dalam mencapai tujuan penelitian. Mulai dari hal-hal yang perlu disiapkan hingga peralatan atau sarana yang digunakan. Pada bagian ini juga akan dijelaskan cara kerja

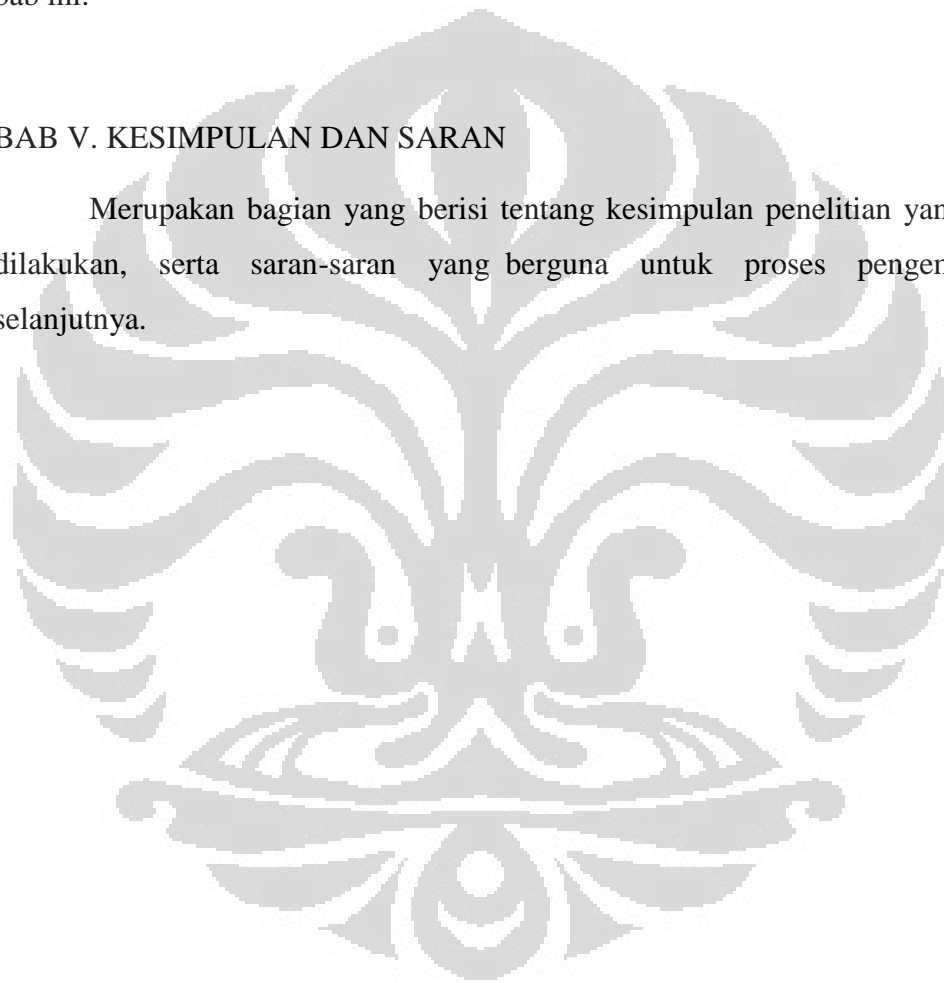
yang dilakukan hingga diperolehnya sebuah data yang menjadi tujuan penelitian ini.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Merupakan bagian yang berisi data maupun hasil yang didapat dari proses kerja penelitian kali ini akan disajikan dan dibahas secara sistematis dalam bab ini.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan bagian yang berisi tentang kesimpulan penelitian yang telah dilakukan, serta saran-saran yang berguna untuk proses pengembangan selanjutnya.



BAB II

LANDASAN TEORI

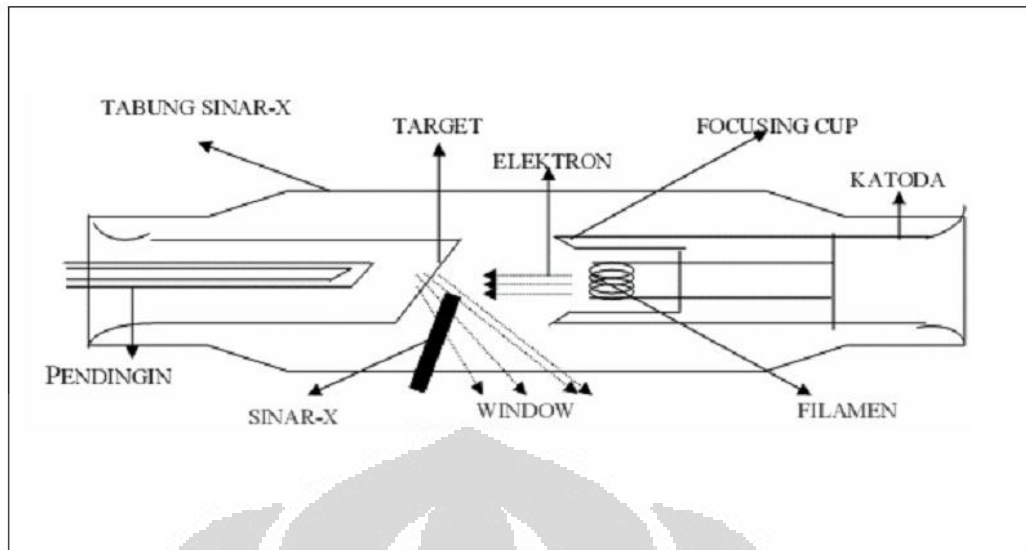
2.1 Pendahuluan Sinar-X

Sinar-x merupakan gelombang elektromagnetik, dimana dalam proses terjadinya memiliki energi yang berbeda-beda. Perbedaan tersebut didasarkan pada energi kinetik elektron. Sinar-x yang terbentuk ada yang memiliki energi rendah sekali sesuai dengan energi elektron pada saat timbulnya sinar-x. Juga ada yang berenergi tinggi, yakni berenergi sama dengan energi kinetik elektron pada saat menumbuk target anode.

Terbentuknya sinar-x dapat terjadi apabila partikel bermuatan, elektron misalnya, mengalami perlambatan yang diakibatkan adanya interaksi dengan suatu material. Sinar-x yang terbentuk dengan cara demikian disebut sebagai sinar-x bremsstrahlung. Sinar-x bremsstrahlung memiliki energi yang tinggi, yang besarnya sama dengan energi kinetik partikel bermuatan pada awal terjadinya perlambatan.

Selain itu sinar-x juga dapat terbentuk melalui proses perpindahan elektron dari tingkat energi tinggi menuju ke tingkat energi yang lebih rendah. Sinar-x yang terbentuk dengan cara seperti itu mempunyai energi yang sama dengan perbedaan energi antara kedua tingkatan elektron. Energi tersebut merupakan besaran energi yang khas untuk setiap jenis atom. Sehingga sinar-x yang terbentuk disebut sinar-x karakteristik.

Pada dasarnya pesawat sinar-x terdiri dari tiga bagian utama, yaitu tabung sinar-x, sumber tegangan tinggi yang mencatu tegangan listrik pada kedua elektrode dalam tabung sinar-x, dan unit pengatur bagian pesawat sinar-x (radiografer.wordpress.com). Tabung pesawat sinar-x yang biasanya terbuat dari bahan gelas yang terdapat filamen. Filamen tersebut berfungsi sebagai katode dan target yang berfungsi sebagai anode. **Gambar 2.1** menunjukkan skema dari tabung pesawat sinar-x, tabung tersebut dibuat hampa udara agar



Gambar 2.1 Skema Tabung Pesawat Sinar-X

electron yang berasal dari filamen tidak terhalang oleh molekul udara sewaktu menuju ke anode. Filamen yang di panasi oleh arus listrik berfungsi sebagai sumber elektron. Makin besar arus filamen, akan makin tinggi suhu filamen dan berakibat makin banyak elektron dibebaskan persatuan waktu.

Elektron-elektron yang dibebaskan oleh filamen tertarik menuju anode karena adanya beda potensial yang besar antara katode dan anode (potensial katode beberapa puluh hingga beberapa ratus KV atau MV lebih rendah dibandingkan potensial anode). Selanjutnya elektron-elektron tersebut akan menumbuk bahan target yang umumnya bernomor atom dan bertitik cair tinggi (misalnya tungsten) dan terjadilah proses bremsstrahlung.

Khusus pada pemercepat partikel energi tinggi beberapa elektron atau partikel yang dipercepat dapat sedikit menyimpang dan menabrak dinding sehingga menimbulkan bremsstrahlung pada dinding. Beda potensial atau tegangan antara kedua elektrode menentukan energi maksimum sinar-x yang terbentuk. Sedangkan fluks sinar-x bergantung pada jumlah elektron persatuan waktu yang sampai ke bidang anode. Namun demikian dalam batas tertentu, tegangan tabung juga dapat mempengaruhi arus tabung. Arus tabung dalam sistem pesawat sinar-x biasanya hanya mempunyai tingkat besaran dalam milliampere (mA), berbeda dengan arus filamen yang besarnya dalam tingkat ampere.

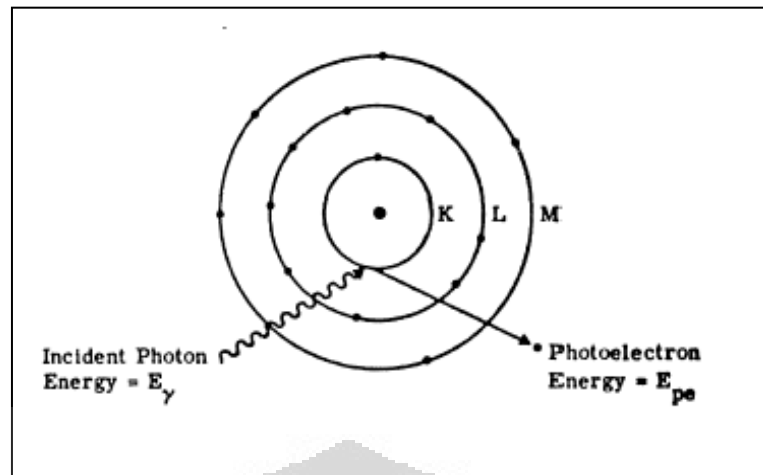
Sumber radiasi yang sebenarnya adalah bidang target dalam tabung sinar-x, bidang ini disebut bidang fokus. Pada proses bremsstrahlung sinar-x mempunyai kemungkinan dipancarkan kesegala arah. Namun demikian bagian dalam tabung atau di sekitar tabung, misalnya logam penghantar anode gelas tabung dan juga rumah tabung yang biasanya terbuat dari logam berat menyerap sebagian besar sinar-x yang dipancarkan sehingga sinar-x yang keluar dari rumah tabung, kecuali yang mengarah ke jendela tabung sudah sangat sedikit. Sinar-x yang dimanfaatkan adalah berkas yang mengarah ke jendela bagian yang tipis dari tabung.

Pesawat sinar-x energi tinggi (orde MV) biasanya lebih dikenal dengan nama pemercepat partikel. Dalam pesawat ini percepatan elektron dilakukan bertingkat-tingkat sehingga pada waktu mencapai target mempunyai energi sangat tinggi, misalnya ada yang sampai setinggi 20 MV atau lebih. Energi sinar-x yang dipancarkan sudah tentu juga sangat tinggi. Sinar-x yang dipancarkan dari pesawat pemercepat partikel memiliki energi yang lebih seragam dibandingkan dengan yang dipancarkan melalui pesawat sinar-x energi rendah. Sasaran pada pesawat pemercepat partikel biasanya sangat tipis, sehingga energi sinar-x yang dipancarkan juga hampir sama.

2.2 Interaksi Terhadap Materi

2.2.1 Efek fotolistrik

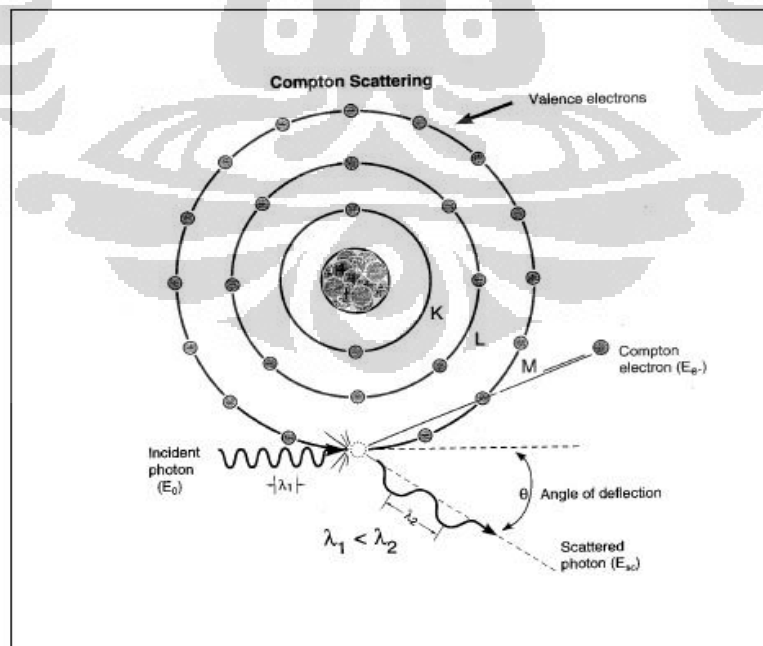
Foton yang berinteraksi dengan materi atau tubuh manusia maka akan mengalami interaksi, salah satunya terjadi efek fotolistrik. Pada peristiwa ini energi foton diserap sepenuhnya oleh materi, lalu energi tersebut dipakai untuk mengeluarkan elektron dari ikatan inti. Elektron-elektron yang terlepas dialami oleh elektron pada kulit terdalam, yaitu kulit k. Elektron yang keluar tersebut disebut foto elektron, dan peristiwanya disebut efek fotolistrik, seperti pada **gambar 2.2**. Peristiwa ini terjadi pada energi foton yang rendah, kira-kira 50 KeV².



Gambar 2.2 Efek Fotolistrik³

2.2.2 Hamburan Compton

Pada peristiwa ini energi foton yang diserap oleh material yang itumbuknya hanya sebagian saja. Energi yang diserap digunakan untuk mengeluarkan elektron-elektron bebas atau terikat secara lemah dari atom. Dan sisa energinya terpancar sebagai suatu hamburan radiasi (scattered radiation) dengan energi yang lebih rendah dari energi semula. Seperti **gambar 2.3**, peristiwa ini terjadi pada energi foton sebesar 200 – 1000 KeV².



Gambar 2.3 Hamburan Compton³

2.3 Kualitas Citra

Kualitas citra dapat digunakan untuk mengindikasikan keakuratan detail yang diperoleh dari sebuah citra atau sebagai informasi dari sebuah citra yang dapat terlihat sebagai kontras dan detail. Kualitas citra sangat penting dalam menentukan keakuratan dari diagnosis objek. Oleh karena itu, perlu diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhinya agar dapat diperoleh citra yang cukup baik dan bisa memberikan informasi yang tepat untuk mengenali kelainan yang terdapat pada objek yang diperiksa. Kualitas citra dapat dibagi menjadi dua komponen utama yaitu ketajaman dan noise radiografi.

2.3.1 Ketajaman radiografi

Ketajaman radiografi berkaitan dengan ukuran dari perubahan kerapatan optik dari suatu media. Kerapatan optik sering disebut sebagai kerapatan fotografi yang terkait dengan kehitaman dari kehitaman dari citra film. Ketajaman radiografi dipengaruhi oleh kontras radiografi yang menunjukkan besar perbedaan kehitaman optik dari struktur yang diinginkan dan daerah disekitarnya.

Faktor yang mempengaruhinya adalah perbedaan penyerapan atau atenuasi jaringan, kualitas radiasi dan radiasi hambur. Kontras radiografi juga dipengaruhi oleh reseptor kontras yang merupakan komponen yang menentukan seberapa banyak intensitas sinar-X yang berhubungan dengan pola kehitaman optik pada suatu citra. Untuk screen-film hal ini dipengaruhi oleh jenis film yang digunakan.

2.3.2 Noise radiografi

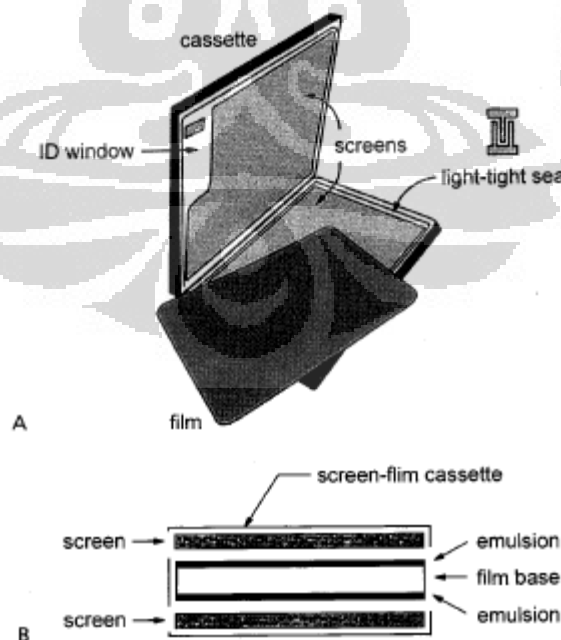
Noise radiografi merupakan fluktuasi yang tidak diharapkan dalam kehitaman optik pada screen-film, dan dapat dibedakan menjadi dua hal yaitu mottle dan artefak. Mottle radiografi adalah variasi kerapatan optik yang memberikan paparan sinar-X yang seragam sedangkan artefak adalah variasi kehitaman optik yang tidak diharapkan dalam bentuk kerusakan dalam suatu citra.

2.4 Reseptor Radiografi

Reseptor terdiri dari film dalam kontak dengan satu atau dua *intensifying screen*. Kombinasi *screen-film* ditempatkan pada kaset. Energi sinar-X diserap oleh *screen* ini dan sebagian diubah menjadi cahaya. *Intensifying screen* digunakan karena film sangat sensitive pada cahaya tampak disbanding sinar-X beberapa kali lebih besar dari sinar-X yang dibutuhkan untuk paparan film tanpa menggunakan *intensifying screen*. Reseptor yang digunakan untuk radiografi terdiri dari dua *intensifying screen* yang ditempatkan pada sisi film^{4,5}.

2.4.1 Screen

Screen merupakan lempengan tipis yang ditempatkan bersisian dengan film di dalam kaset. Fungsi *screen* adalah menyerap berkas sinar-X yang keluar dari tubuh pasien. Idealnya *intensifying screen* dapat menyerap semua energy sinar-X yang melaluinya, tetapi kenyataannya tidak cukup tebal untuk menyerap semua foton tersebut. Efisiensi dari penyerapan ditentukan oleh jenis material dari *screen*, ketebalan *screen* dan spektrum energi foton.



Gambar 2.11 Kaset, film dan *screen* film³

Fungsi lain dari screen adalah merubah sinar-X menjadi cahaya tampak. *Intensifying screen* adalah pengubah energy, dengan mengubah sekitar 5 – 20% dari energy sinar-X yang diserap menjadi cahaya. Karena film sangat sensitive terhadap cahaya tampak dibandingkan sinar-X, maka film dapat diekspose dengan radiasi yang lebih kecil jika *intensifying screen* digunakan. Kecepatan dari *screen-film* dan resolusi spasialnya ditentukan oleh ukuran fosfor dan ketebalan fosfor. *Screen* ditempatkan dibelakang kaset maka sinar-X akan melalui pembungkus kaset dan film sebelum berinteraksi dengan fosfor. Karena adanya atenuasi, maka sinar-X cenderung berinteraksi dekat permukaan fosfor yang dekat dengan emulsi film^{4,5}.

2.4.2 Film

Film merupakan pengubah citra, artinya film dapat mengubah radiasi yang datang padanya menjadi citra dalam skala keabu-abuan. Jumlah paparan yang dianjurkan untuk dapat menghasilkan citra tergantung pada sensitivitas atau kecepatan dari film yang digunakan. Beberapa film sangat sensitive disbanding yang lain karena desain atau cara pemrosesannya. Film yang sensitivitasnya tinggi dapat menurunkan paparan pada pasien tetapi juga menurunkan kualitas citra. Kualitas citra radiografi tergantung pada kombinasi dari karakteristik film yang digunakan, cara film tersebut diproses dan kondisi dari pemrosesan. Pada saat film sudah sampai pada pemrosesan film, maka citra yang dihasilkan bersifat permanen dan tidak dapat berubah⁶.

2.4.2.1 Kontras Film

Kontras adalah karakteristik yang penting dari citra yang terlihat pada film. Kontras merupakan variasi dalam kehitaman optik film atau skala keabu-abuan yang menggambarkan citra. Kontras film antara dua daerah yang berdekatan ditampilkan sebagai perbedaan antara nilai kehitaman optiknya. Kemampuan dari film untuk mengubah kontras film dikenal sebagai faktor

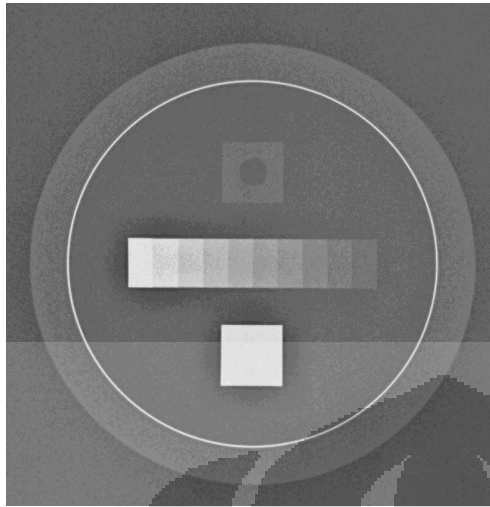
kontras. Jumlah kontras yang dihasilkan pada citra film tergantung pada jenis emulsi, jumlah paparan dan fog.

2.5 Fantom Leeds

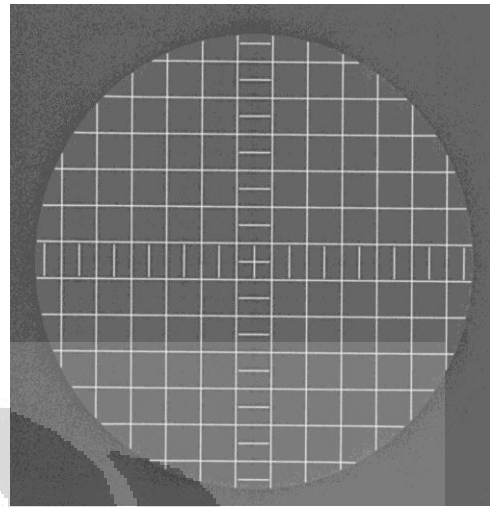
Fantom leeds pertama kali dibuat pada tahun 1955, fantom leeds telah menjadi terkenal di dunia sebagai standar klinis untuk membangun kinerja operasional yang baik dari pesawat sinar-x. Tampilan fisis fantom leeds ditunjukkan pada **gambar 2.4**. serta macam-macam fantom leeds sesuai dengan kegunaannya masing-masing ditunjukkan oleh **gambar 2.5 – 2.10**. Fantom leeds adalah alat jaminan kualitas untuk perangkat pencitraan medis. Pangkat ini sebagian besar berkaitan dengan teknik pencitraan x-ray seperti fluoroscopy, radiografi digital, mamografi dan computed tomography (CT) walaupun Leeds fantom juga biasa digunakan dalam Quality Assurance radioterapi dan untuk teknik lain seperti MRI.



Gambar 2.4 Fantom Leeds⁹



Gambar 2.5 TO. GS2



Gambar 2.6 TO. M1

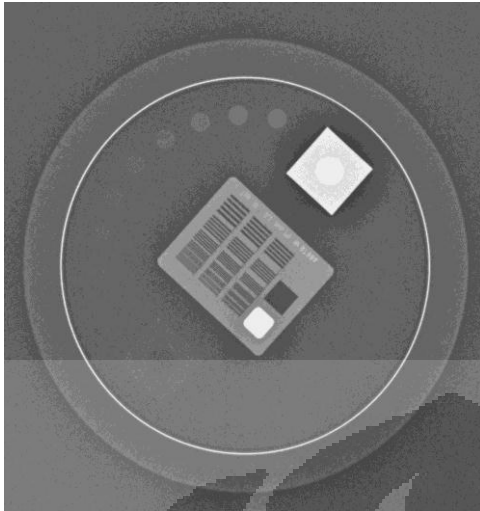


Gambar 2.7 TO. MS1

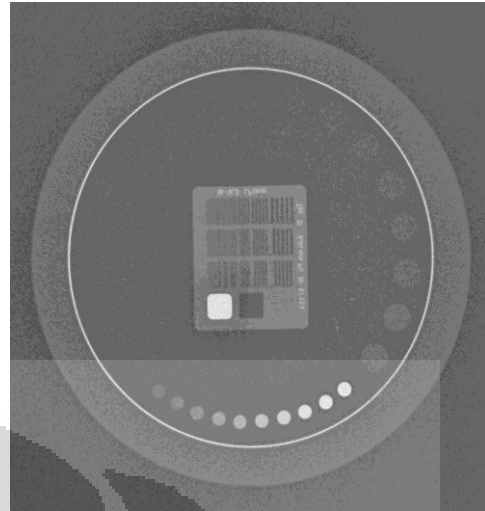


Gambar 2.8 TO. N3

Selain itu, leeds fantom memungkinkan radiografer atau fisikawan medis untuk memeriksa konsistensi kinerja kualitas gambar dari perangkat pencitraan. Aspek-aspek utama kualitas gambar yang dianalisis adalah sensitivitas kontras rendah, sensitivitas kontras tinggi, loss contrast, resolusi spasial dan akurasi geometrik.



Gambar 2.9 TOR 18FG



Gambar 2.10 TOR CDR

2.6 Computed Radiography (CR)

Computed Radiography (CR) merupakan suatu sistem atau proses untuk mengubah sistem analog pada radiografi konvensional menjadi radiografi digital. Computed Radiography mempunyai kelebihan dalam proses lokalisasi objek yang akan diamati. Hal tersebut disebabkan karena citra pada computed radiography dapat diatur sesuai dengan keperluan. Computed Radiography (CR) mempunyai perlengkapan operasional yang terdiri dari :

2.6.1 Imaging Plate

Imaging plate merupakan media pencatat sinar-X pada Computer Radiografi yang terbuat dari bahan photostimulable phosphor tinggi. Dengan menggunakan Imaging plate memungkinkan processor gambar untuk memodifikasi kontras. Imaging plate berada dalam kaset Imaging. Fungsi dari Imaging plate adalah sebagai penangkap gambar dari objek yang sudah di sinar (ekspose). Prosesnya adalah pada saat terjadinya penyinaran, Imaging plate akan menangkap energi dan disimpan oleh bahan phosphor yang akan dirubah menjadi sinyal elektronik dengan laser scanner dalam image reader.



Gambar 2.12 Imaging plate¹⁰

2.6.2 Image reader

Image reader berfungsi sebagai pembaca dan mengolah gambar yang diperoleh dari Image plate. Semakin besar kapasitas memorinya maka semakin cepat waktu yang diperlukan untuk proses pembacaan Image plate, dan mempunyai daya simpan yang besar. Waktu tercepat yang diperlukan untuk membaca imaging plate pada image reader yaitu selama 64 detik. Selain tempat dalam proses pembacaan, Image reader mempunyai peranan yang sangat penting juga dalam proses pengolahan gambar, sistem transportasi Image plate serta penghapusan data yang ada di Image plate. Image reader sudah dilengkapi dengan monitor yang berfungsi untuk menampilkan gambar yang sudah dibaca oleh Image reader disebut dengan image console.

Image console berfungsi sebagai media pengolahan data, berupa computer khusus untuk medical imaging dengan touch screen monitor. Image console dilengkapi oleh berbagai macam menu yang menunjang dalam proses editing dan pengolahan gambar sesuai dengan anatomi tubuh, seperti kondisi hasil gambaran organ tubuh, kondisi tulang dan kondisi jaringan lunak.



Gambar 2.13 Image reader¹¹

2.6.3 Image recorder

Image recorder mempunyai fungsi sebagai proses akhir dari suatu pemeriksaan yaitu media pencetakan hasil gambaran yang sudah diproses dari awal penangkapan sinar-X oleh image plate kemudian dibaca oleh image reader dan diolah oleh image console terus dikirim ke image recorder untuk dilakukan proses output dapat berupa media compact disc sebagai media penyimpanan. atau dengan printer laser yang berupa laser imaging film.

2.6.4 Personal Computer (PC)

Komputer berasal dari bahasa latin yaitu *computare* yang berarti menghitung. Komputer adalah sistem elektronik yang dapat menerima input data, dapat mengolah data, dapat menerima informasi, menggunakan suatu program yang tersimpan didalam memori komputer, dapat menyimpan program dan hasil pengolahan dan bekerja secara otomatis dibawah pengawasan suatu langkah-langkah instruksi-instruksi program yang tersimpan dimemori¹².

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Peralatan Dan Bahan

Proses pengambilan data dilakukan di RSUD Kabupaten Bekasi dengan menggunakan pesawat sinar-X Philips Bucky diagnost FS-C dengan generator : Optimus 50, nomor seri : 05010507, beda potensial maksimum 125 kVp serta arus maksimum 850 mAs dan RSB Graha Kedoya Jakarta Barat dengan menggunakan pesawat sinar-X Siemens model Multiks Pro, tipe OPTI 150/30/50 HC dengan nomor seri 503091045, beda potensial maksimum 150 kVp dan arus maksimum 600 mAs yang telah mendapatkan izin dari BAPETEN No. 00314.11/04/21/134/B/001/1/11. Peralatan lain yang digunakan untuk mendapatkan citra yaitu Computed Radiography (CR) dengan merek Kodak, buatan tahun 2010 model classic versi 5.2 dengan nomor seri 23928-K 4611-7357 serta ukuran kaset 35 x 35 cm, Film green dengan merk Agfa ukuran 24 x 30 cm dan 30 x 40 cm serta mesin pencuci film otomatis dengan merek Agfa Macromac 5000.



Gambar 3.1 CR tipe Kodak



Gambar 3.2 Imaging Plate



Gambar 3.3 Screen film



Gambar 3.4 Film

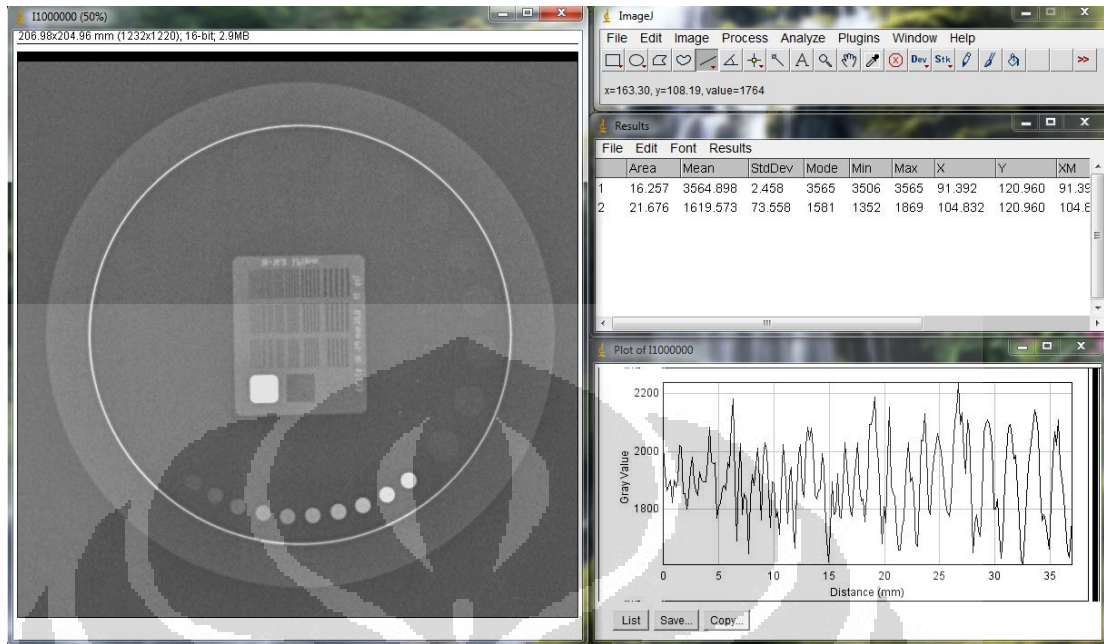
Kasus citra yang akan dievaluasi yaitu citra toraks yang sesuai dengan protocol *European Commission 16260* yaitu pada kondisi 66 kV-8 mAs untuk citra pertama dengan menggunakan teknik biasa dan kondisi 109 kV-2.2 mAs untuk citra kedua dengan menggunakan teknik kV tinggi. Setelah didapatkan kedua nilai tersebut dengan teknik yang berbeda, maka kedua citra toraks yang dihasilkan oleh CR maupun film dievaluasi dengan menggunakan fantom leeds yang terdiri dari 8 macam dan pengevaluasian yang dilakukan oleh fantom leeds dilakukan oleh software image-J¹³ serta digunakan pula filter Cu dengan tebal 1.5 mm yang diletakkan pada kolimator pesawat sinar-x.



Gambar 3.5 Fantom Leeds



Gambar 3.6 Filter Cu



Gambar 3.7 Software Image-J

- TO. GS2, yang berfungsi untuk mengevaluasi skala gray scale (Mencatat penyesuaian skala keabu-abuan dengan menggunakan sebuah step wedge 10 step yang berkisar dari tingkat hitam sampai putih, terang dan redup secara mendetail dan sebuah lingkaran hitam di dalamnya).
- TO. N3, yang berfungsi untuk mengevaluasi loss kontras (dengan 19 lingkaran berdiameter 11 mm).
- TOR 18FG, yang berfungsi untuk mengevaluasi penyesuaian level kontras (highlight and lowlight details), batas resolusi (0.5 sampai 5.0 LP/mm), mendeteksi Low-contrast large-detail (18 details, berdiameter 8 mm, nilai kontras antara 0.009 to 0.167)
- TOR CDR, yang berfungsi untuk mengevaluasi pengukuran sensitivitas (10 test point details, berdiameter 5.6 mm), batas resolusi (0.5 sampai 14.3 LP/mm), dan mendeteksi Low-contrast large-detail.
- TO. M1, yang berfungsi untuk mengevaluasi geometri (garis horizontal dan vertical pada 10mm pitch, kenaikan notasi sepanjang pusat sumbu / axis).

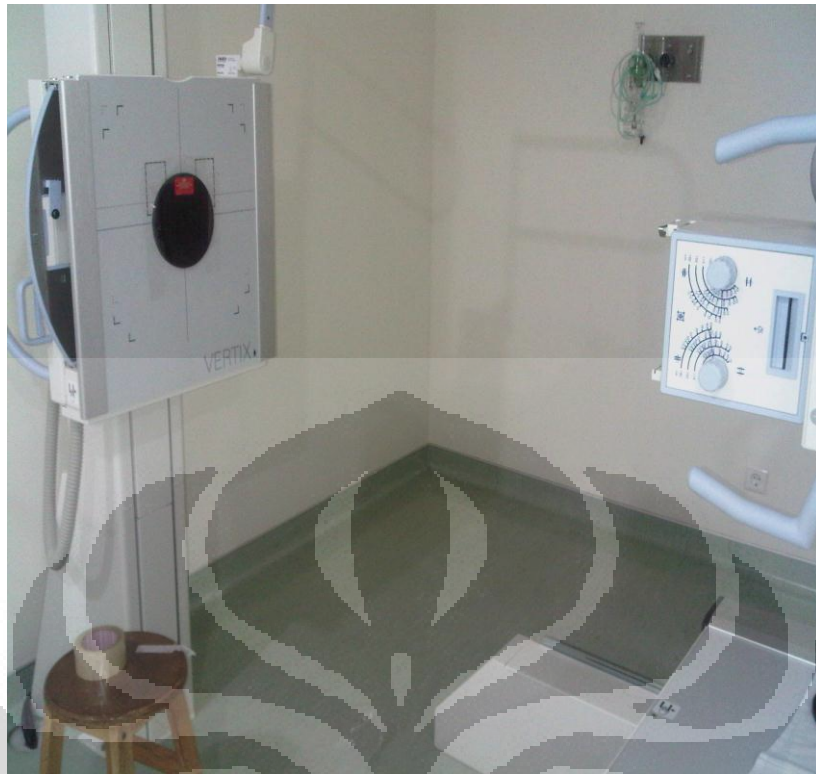
- f. TO. MS1, yang berfungsi untuk mengevaluasi mesh (ukuran aperture 1.00 mm).
- g. TO. MS3, yang berfungsi untuk mengevaluasi mesh (ukuran aperture 0.71 mm).
- h. TO. MS4, yang berfungsi untuk mengevaluasi mesh (ukuran aperture 0.50 mm).

3.2 Metodologi Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua tahap, tahap yang pertama ialah menentukan nilai kV dan mAs citra thorax untuk teknik biasa dan teknik kV tinggi yang baik menurut *European Commission 16260* dan didapatkan kondisi 66 kV-8 mAs untuk kondisi penyinaran biasa serta kondisi 109 kV-2.2 mAs untuk kondisi penyinaran dengan menggunakan teknik kV tinggi. Pada tahap kedua dilakukan pengambilan data dengan cara mengekspose fantom leeds pada kedua kondisi tersebut dengan reseptor citra computed radiography (CR) dan film.

3.2.1 Pengambilan Data Fantom Leeds

Sebelum mengevaluasi kualitas citra toraks yang nilainya telah didapatkan yaitu sebesar 66 kV- 8 mAs untuk teknik biasa dan 109 kV- 2.2 mAs untuk teknik kV tinggi maka fantom leeds yang akan kita evaluasi terlebih dahulu di ekspose dengan menggunakan pesawat sinar-x pada kedua kondisi tersebut yang hasilnya kemudian divisualisasi oleh computed radiography dan film. Posisi penempatan fantom leeds yaitu diletakkan pada grid dengan posisi isocentris seperti pada **gambar 3.8** dan filter Cu 1.5 mm diletakkan pada kolimator pesawat sinar-x dengan posisi pesawat seperti pada **gambar 3.9** kecuali fantom TOR 18 FG yang diekspose tanpa menggunakan grid dan posisinya dimiringkan 45^0 serta jarak antara tabung pesawat sinar-x dengan fantom adalah 150 cm.



Gambar 3.8 Posisi Penempatan Fantom Leeds



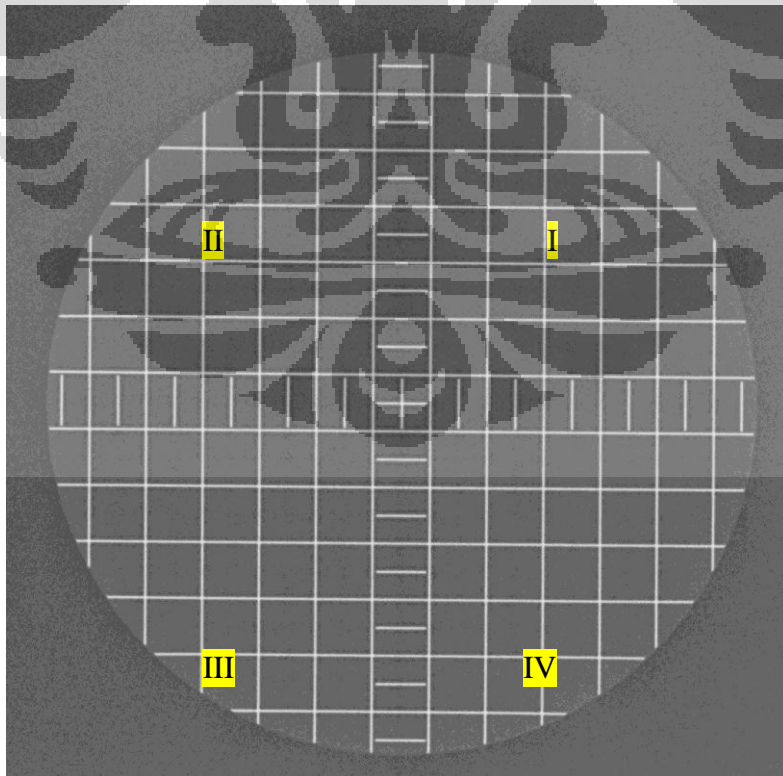
Gambar 3.9 Posisi Penempatan Filter Cu

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

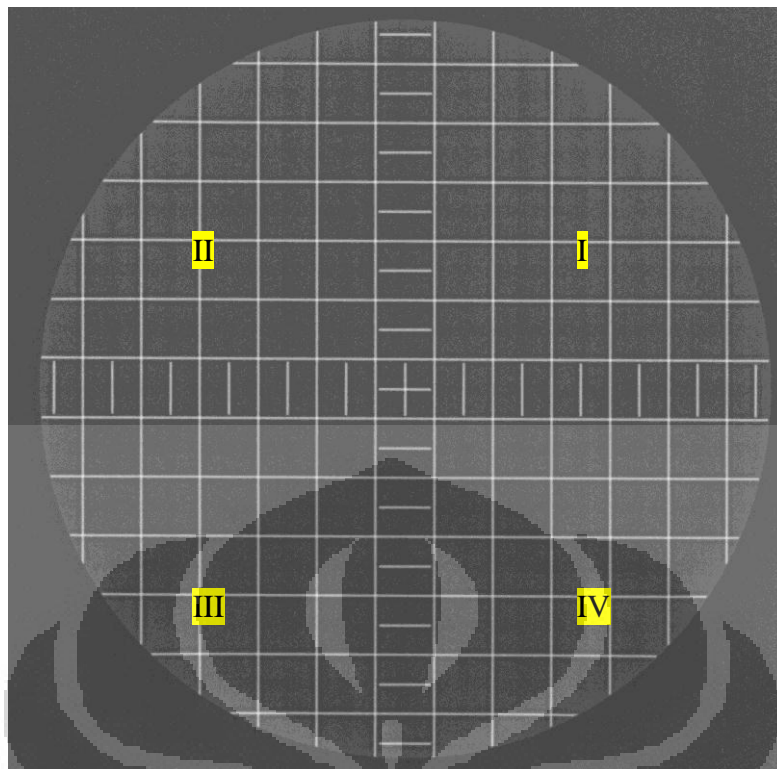
4.1 Hasil Evaluasi Citra CR Menggunakan Fantom Leeds

4.1.1 Hasil Evaluasi Geometri dengan TO. M1

Hasil citra TO.M1 yang telah didapatkan dengan menggunakan computed radiography ditunjukkan pada **gambar 4.1** yaitu pada kondisi 66 kV-8 mAs dan **gambar 4.2** pada kondisi 109 kV-2.2 mAs. Kedua citra tersebut kemudian dievaluasi dengan menggunakan software image-J. Pada kasus pertama yaitu pada kondisi biasa dengan menggunakan 66 kV-8 mAs didapatkan rasio rata-rata persegi yang berada pada kuadran I-IV dengan rasio persegi yang berada pada pusat TO. M1 sebesar 0.0028. Pada kasus kedua yaitu dengan menggunakan teknik kV tinggi pada kondisi 109 kV-2.2 mAs didapatkan rasio rata-rata persegi yang berada pada kuadran I-IV dengan rasio persegi yang berada pusat TO. M1 sebesar 0.0014. Hasil perhitungannya ditunjukkan pada **tabel 4.1** dan **4.2**.



Gambar 4.1 TO. M1 kondisi 66 kV-8 mAs



Gambar 4.2 TO. M1 kondisi 109 kV-2.2 mAs

Tabel 4.1 Hasil evaluasi geometri citra CR dengan TO. M1 kondisi 66 kV-8 mAs

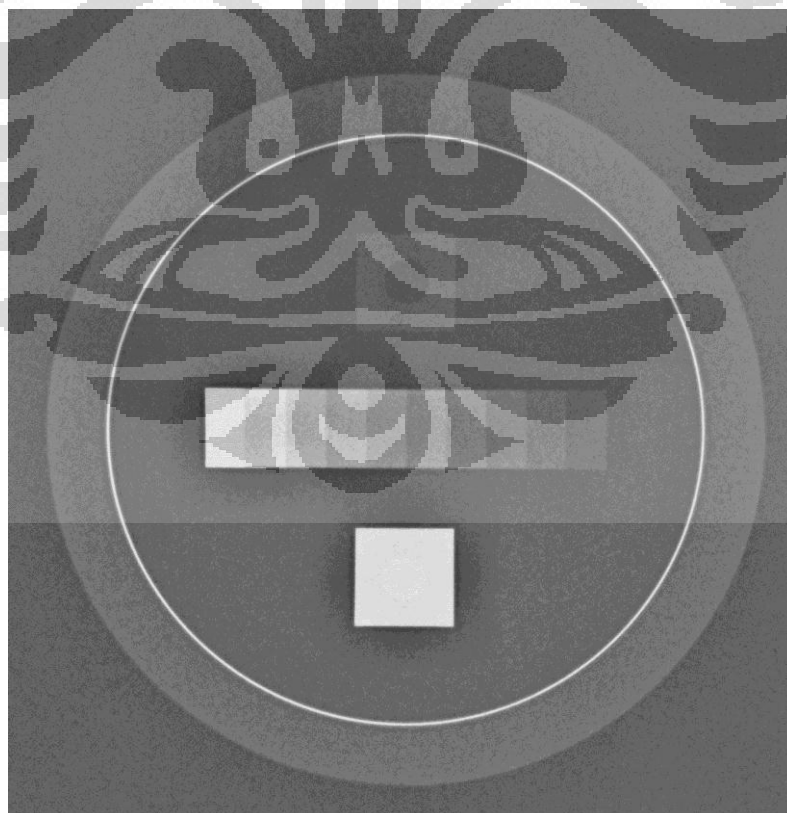
Arah	Kuadran I	Kuadran II	Kuadran III	Kuadran IV	Center
x (mm)	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99
y (mm)	19.99	19.99	19.88	19.88	19.99
x/y	1	1	1.0055	1.0055	1
Rasio rata-rata persegi di kuadran I-IV					1.0028
Rasio persegi pada pusat fantom					1
Distorsi geometri					0.0028

Tabel 4.2 Hasil evaluasi geometri CR dengan TO. M1 kondisi 109 kV-2.2 mAs

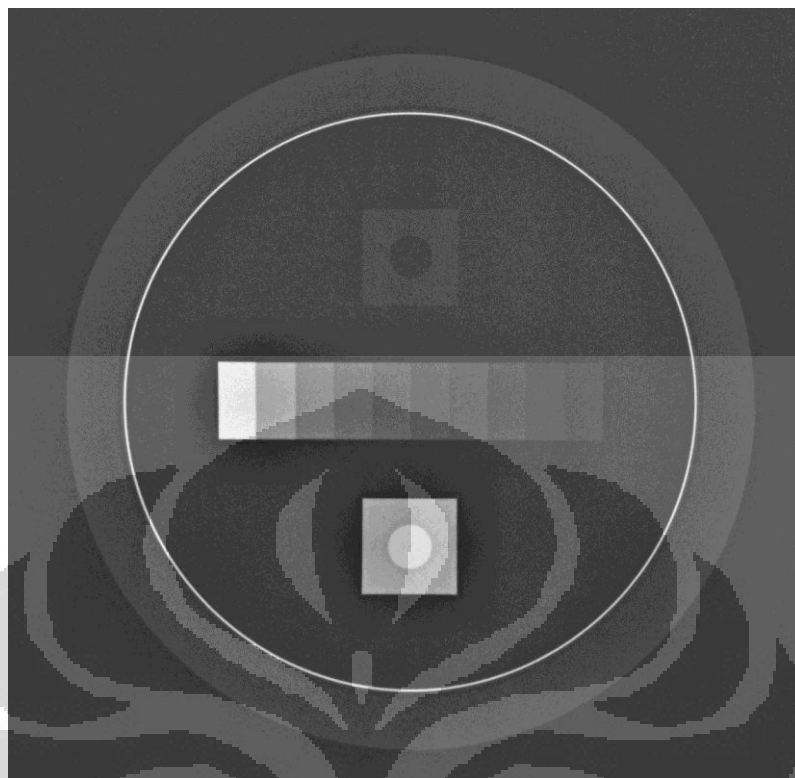
Arah	Kuadran I	Kuadran II	Kuadran III	Kuadran IV	Center
x (mm)	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99
y (mm)	19.99	19.99	19.88	19.99	19.99
x/y	1	1	1.0055	1	1
Rasio rata-rata persegi di kuadran I-IV					1.0014
Rasio persegi pada pusat fantom					1
Distorsi geometri					0.0014

4.1.2 Hasil Evaluasi Gray Scale dengan TO. GS2

Hasil citra TO.GS2 pada kondisi 66 kV-8 mAs dan kondisi 109 kV-2.2 mAs yang telah didapatkan dengan menggunakan computed radiography ditunjukkan pada **gambar 4.3** dan **gambar 4.4**. Kedua citra tersebut kemudian dievaluasi dengan software image-j. Hasil evaluasi yang dilakukan oleh TO. GS2 pada kondisi 66 kV-8 mAs dan kondisi 109 kV-2.2 mAs diperoleh bahwa terdapat 10 step yang menjadi acuan dalam menentukan pixel value. Pixel value terendah pada kondisi 66 kV-8 mAs adalah 1884 dan tertinggi 3560, sedangkan pixel value terendah pada kondisi 109 kV-2.2 mAs adalah 1337 dan tertinggi 3589 seperti divisualisasi pada **gambar 4.5**. Nilai pixel value terendah dan tertinggi yang didapatkan dari kedua kondisi digunakan sebagai kontrol tingkat kecerahan dan kontras dari monitor yang digunakan untuk menampilkan citra pada kedua kondisi penyinaran tersebut. Hal ini bertujuan agar diperoleh kondisi monitor yang optimal untuk menampilkan citra.



Gambar 4.3 Kondisi 66 kV-8 mAs



Gambar 4.4 Kondisi 109 kV-2.2 mAs

Kemudian dari hasil evaluasi TO.GS2 juga diperoleh bahwa selisih pixel value tertinggi dan terendah dari kondisi 66 kV- 8 mAs adalah 1676 pixel value dan 2252 pixel value pada kondisi 109 kV-2.2 mAs. Selain itu dari hasil evaluasi juga didapatkan range kontras rendah antara 1687 – 1835 pixel value, range kontras tinggi antara 3524 – 3527 pixel value dan backgroundnya sebesar 1663 pixel value untuk kondisi 66 kV-8 mAs.

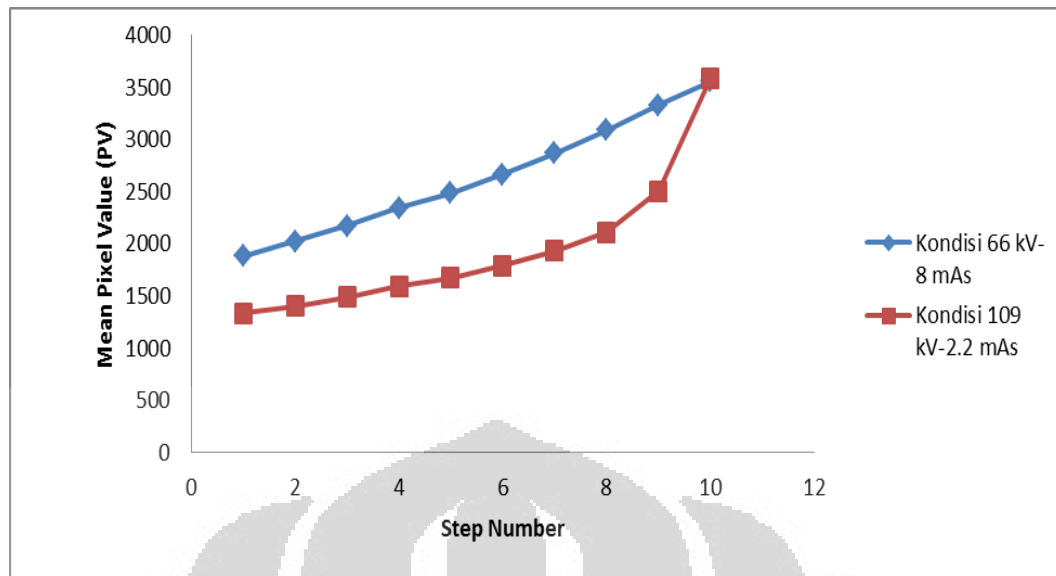
Pada kondisi 109 kV-2 mAs diperoleh range kontras rendahnya antara 1224 – 1337 pixel value, range kontras tingginya antara 2967 – 3407 pixel value dan backgroundnya sebesar 1219 pixel value. Sehingga diperoleh bahwa dengan menggunakan teknik kV tinggi range kontras dan tingkat kecerahan pada monitor yang dihasilkan lebih tinggi daripada dengan menggunakan kV biasa.

Tabel 4.3 Hasil evaluasi pixel value dengan TO.GS2 untuk kondisi 66 kV-8 mA

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	85.63	1884	74	1537	2147	1884	0.07	0.06	3035
2	85.63	2024	77	1738	2331	2022	0.08	0.18	3035
3	85.63	2172	84	1767	2465	2171	-0.04	0.04	3035
4	85.63	2343	86	2009	2662	2343	0.00	0.17	3035
5	85.63	2489	90	1999	2798	2490	-0.05	0.21	3035
6	85.63	2664	89	2197	2977	2665	-0.07	0.19	3035
7	85.63	2870	90	2550	3216	2869	-0.01	-0.01	3035
8	85.63	3090	89	2794	3358	3092	-0.12	-0.15	3035
9	85.63	3332	83	2925	3561	3337	-0.20	0.20	3035
10	85.63	3560	6	3438	3561	3561	-11.89	170.13	3035

Tabel 4.4 Hasil evaluasi pixel value dengan TO.GS2 untuk kondisi 109 kV-2.2 mAs

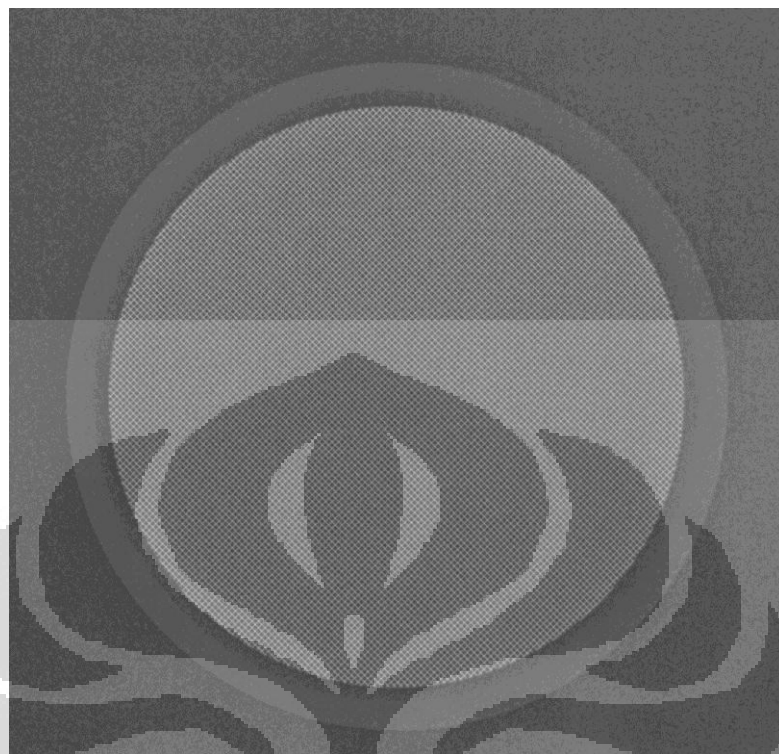
No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	85.63	1337	51	1172	1502	1338	0.08	-0.04	3035
2	85.63	1402	49	1223	1557	1402	0.02	0.07	3035
3	85.63	1491	54	1302	1667	1492	-0.05	0.09	3035
4	85.63	1593	55	1410	1807	1594	0.09	0.00	3035
5	85.63	1676	59	1477	1896	1674	0.18	0.12	3035
6	85.63	1791	59	1578	2031	1791	0.11	0.05	3035
7	85.63	1931	65	1687	2171	1931	0.00	-0.14	3035
8	85.63	2113	75	1876	2407	2110	0.13	-0.05	3035
9	85.63	2504	84	2269	2783	2500	0.17	-0.29	3035
10	85.63	3589	45	3440	3719	3590	-0.14	-0.07	3035



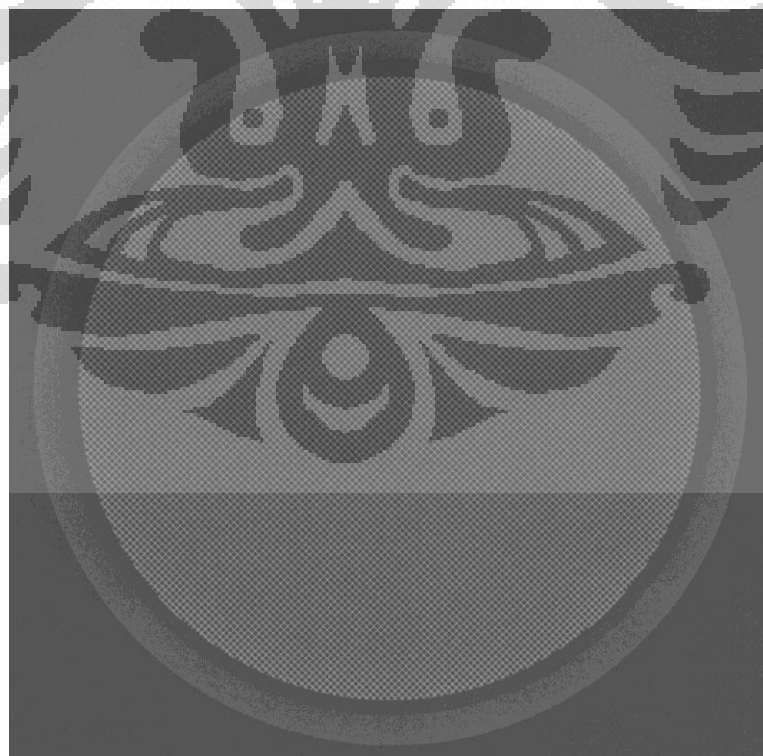
Gambar 4.5 Grafik hasil evaluasi pixel value dengan TO.GS2

4.1.3 Hasil Evaluasi Uniformity dengan TO. MS1, TO. MS3 dan TO. MS4

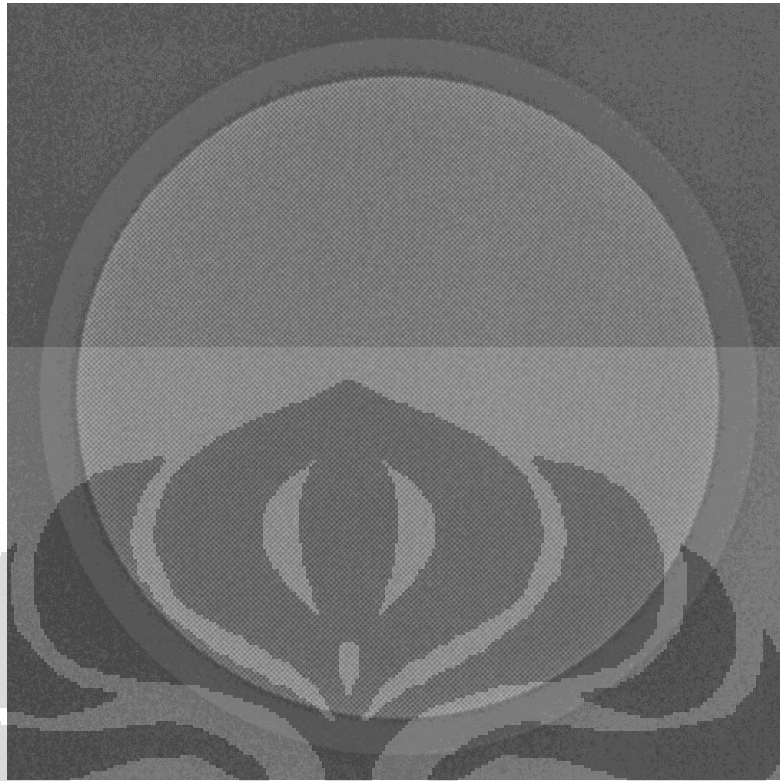
Hasil citra TO. MS1, TO. MS3 dan TO MS4 yang telah didapatkan dengan menggunakan computed radiography ditunjukkan pada **Gambar 4.6 - 4.11**. Evaluasi uniformity yang dilakukan dengan pengamatan TO. MS1, TO. MS3 dan TO. MS4 menunjukkan bahwa citra dengan kondisi 66 kV-8 mAs dan kondisi 109 kV- 2.2 mAs memiliki uniformity yang baik, yang membedakan ketiga fantom leeds tersebut terletak pada ukuran aperture dan ukuran diameter wire-nya dimana ukuran aperture pada TO. MS1 sebesar 1.00 mm dan ukuran wire-nya berdiameter 0.56 mm, ukuran aperture pada TO. MS3 sebesar 0.71 mm dan ukuran wire-nya berdiameter 0.45 mm, serta ukuran aperture pada TO. MS4 sebesar 0.5 mm dan ukuran wire-nya berdiameter 0.31 mm. Dari hasil evaluasi yang dilakukan didapatkan bahwa permukaan sentuh imaging plate dengan objek merata dan konsisten.



Gambar 4.6 TO.MS1 kondisi 66 kV-8 mAs



Gambar 4.7 TO.MS1 kondisi 109 kV-2.2 mAs



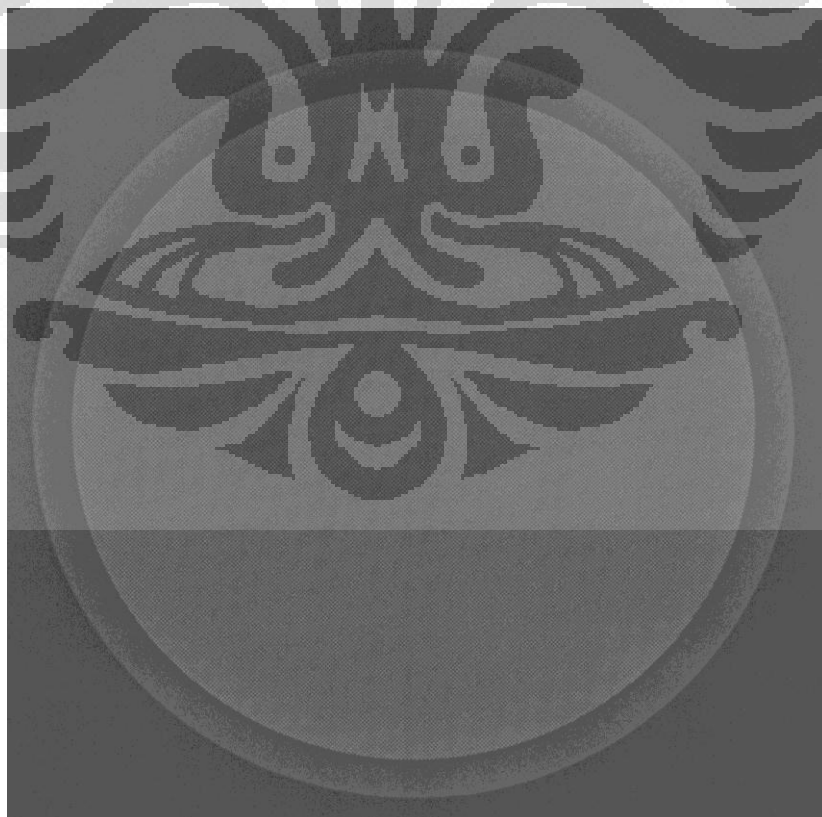
Gambar 4.8 TO.MS3 kondisi 66 kV-8 mAs



Gambar 4.9 TO.MS3 kondisi 109 kV-2.2 mAs



Gambar 4.10 TO.MS4 kondisi 66 kV-8 mAs

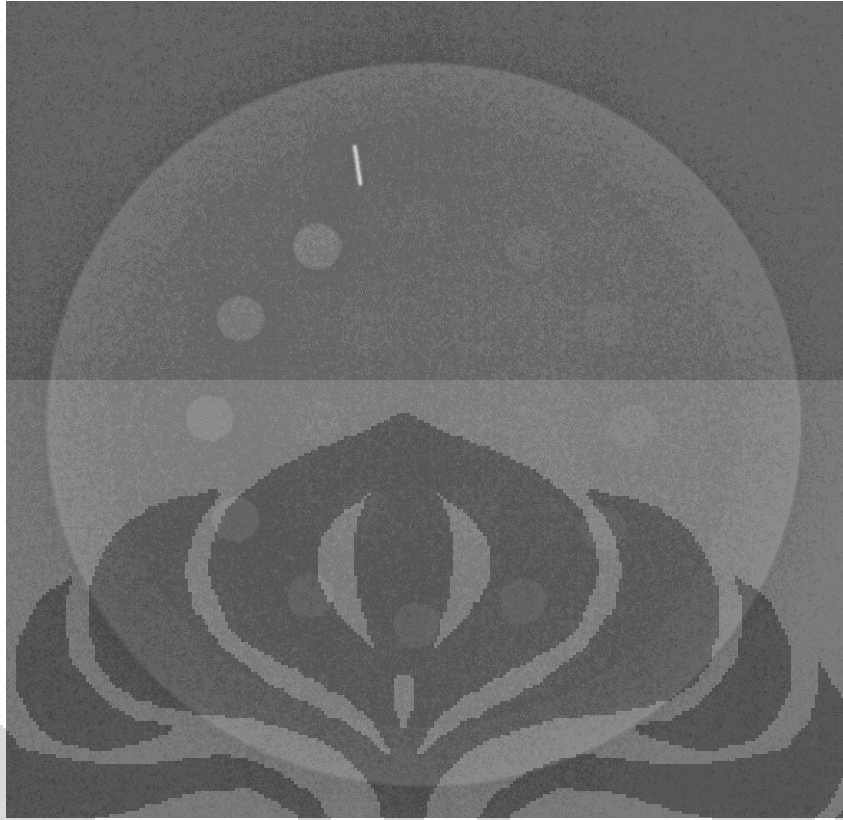


Gambar 4.11 TO.MS4 kondisi 109 kV-2.2 mAs

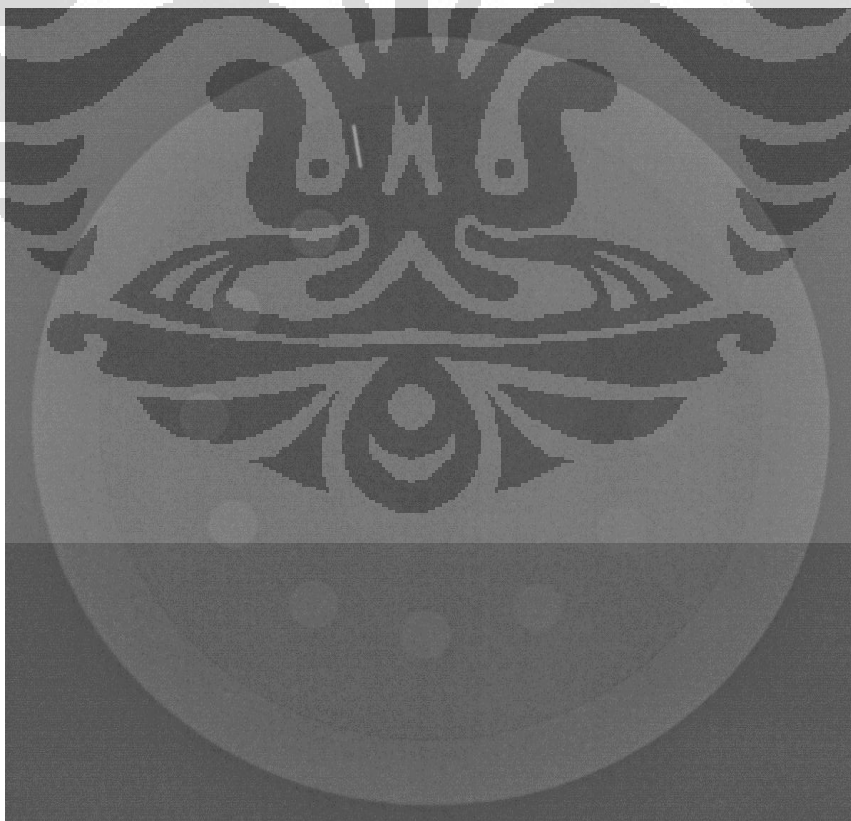
4.1.4 Hasil Evaluasi Loss Contrast dengan TO. N3

Hasil citra TO. N3 yang telah didapatkan dengan menggunakan computed radiography ditunjukkan pada **gambar 4.12** dan **gambar 4.13**. Hasil evaluasi TO. N3 dengan menggunakan software image-J menunjukkan bahwa citra dengan kondisi 66 kV-8 mAs memiliki loss contrast sebesar 4 % karena hanya mampu mendeteksi 15 dari 19 disc yang terdapat pada fantom tersebut. Pada kondisi 109 kV- 2.2 mAs terdapat loss contrast sebesar 2.7 % karena hanya berhasil mendeteksi 16 disc dari 19 disk yang terdapat pada fantom tersebut seperti ditampilkan pada **tabel 4.5** dan **tabel 4.6** serta **gambar 4.15**.

Selisih pixel value tertinggi dan terendah pada kondisi 66 kV-8 mas adalah 228 pixel value dan 570 pixel value pada kondisi 109 kV-2.2 mAs. Dari hasil evaluasi kedua citra tersebut diperoleh bahwa pada teknik kV tinggi memiliki loss contrast yang lebih rendah daripada menggunakan teknik biasa. Hal ini disebabkan karena pada kondisi 66 kV-8 mAs sinar-x yang dihasilkan tidak mampu untuk menembus objek sebaik kondisi 109 kV-2.2 mAs sehingga disc yang terdeteksi pada kondisi kV tinggi lebih banyak daripada kondisi biasa dan semakin banyak objek atau disc yang terdeteksi maka semakin kecil loss contrast yang terjadi pada kondisi penyinaran tersebut. Nominal loss contrast terdapat pada manual book fantom tersebut.



Gambar 4.12 Kondisi 66 kV-8 mAs



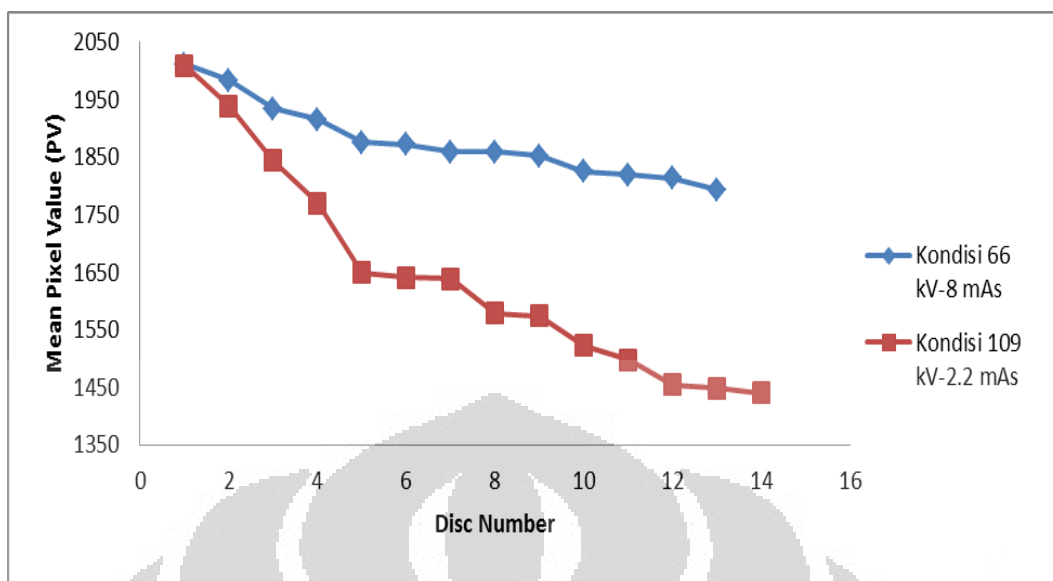
Gambar 4.13 Kondisi 109 kV-2.2 mAs

Tabel 4.5 Hasil evaluasi loss contrast TO.N3 pada kondisi 66 kV-8 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	22.02	2012	75	1685	2232	2009	-0.01	0.26	780
2	22.02	1984	72	1772	2193	1985	0.02	-0.15	780
3	22.02	1934	70	1708	2152	1933	0.03	-0.10	780
4	22.02	1916	73	1679	2156	1915	0.09	-0.12	780
5	22.02	1876	73	1643	2147	1876	-0.03	0.10	780
6	22.02	1872	72	1662	2150	1874	0.09	0.04	780
7	22.02	1859	76	1640	2061	1866	-0.22	-0.17	780
8	22.02	1860	76	1640	2061	1866	-0.21	-0.19	780
9	22.02	1853	73	1581	2074	1857	-0.18	0.32	780
10	22.02	1825	70	1581	2085	1820	0.17	0.28	780
11	22.02	1820	73	1581	2048	1820	0.03	0.01	780
12	22.02	1814	73	1599	2140	1812	0.11	0.34	780
13	22.02	1793	74	1563	2069	1794	0.15	0.17	780
14	22.02	1784	71	1591	2009	1783	0.05	-0.03	780
15	22.02	1783	66	1570	1976	1786	-0.10	0.01	780

Tabel 4.6 Hasil evaluasi loss contrast TO.N3 pada kondisi 109 kV-2.2 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	22.02	2009	37	1907	2126	2007	0.09	-0.02	780
2	22.02	1938	38	1813	2061	1939	0.11	-0.05	780
3	22.02	1844	38	1745	1959	1845	-0.02	-0.27	780
4	22.02	1770	37	1658	1883	1771	0.05	-0.05	780
5	22.02	1649	35	1526	1752	1648	-0.08	0.03	780
6	22.02	1641	38	1512	1789	1642	0.11	0.32	780
7	22.02	1638	39	1501	1760	1642	-0.15	-0.02	780
8	22.02	1578	36	1464	1687	1579	-0.04	-0.17	780
9	22.02	1574	36	1470	1679	1575	0.02	-0.14	780
10	22.02	1522	37	1414	1618	1524	-0.11	-0.12	780
11	22.02	1498	37	1382	1622	1497	0.15	0.04	780
12	22.02	1455	35	1348	1577	1455	0.02	0.08	780
13	22.02	1449	34	1352	1539	1450	0.05	-0.36	780
14	22.02	1440	34	1341	1541	1441	0.06	-0.05	780
15	22.02	1439	35	1324	1552	1436	0.09	-0.10	780
16	22.02	1429	37	1322	1537	1428	0.12	-0.16	780

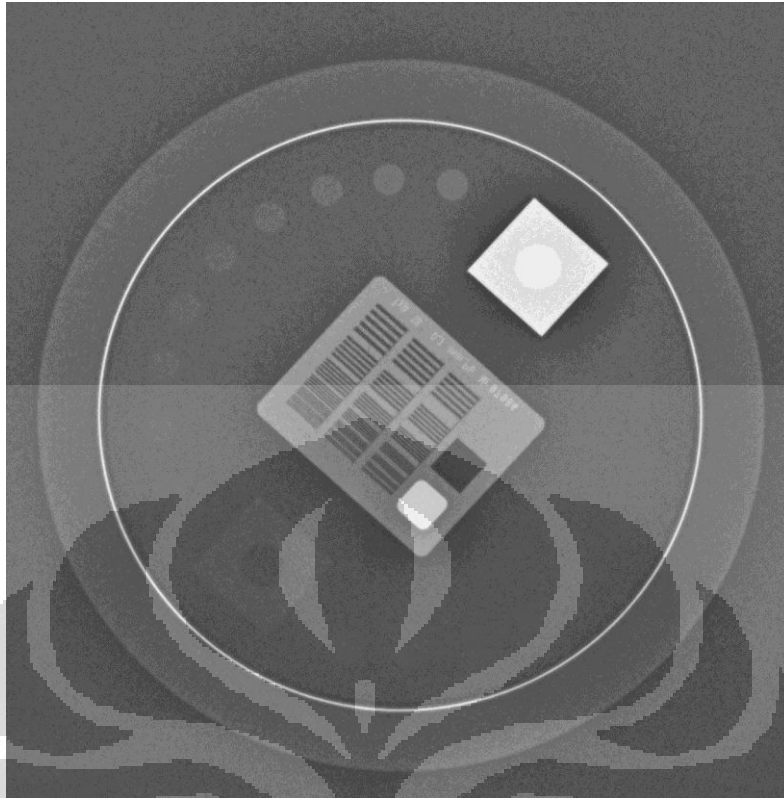


Gambar 4.14 Grafik evaluasi loss contrast dengan TO.N3

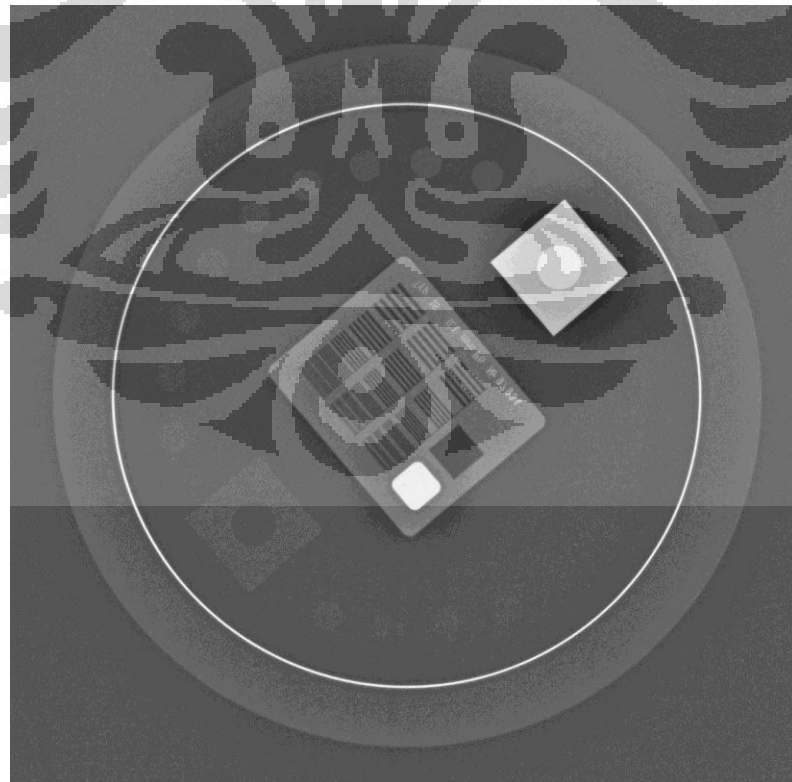
4.1.5 Hasil Evaluasi TOR 18 FG

Hasil citra TOR 18 FG yang telah didapatkan dengan menggunakan computed radiography ditunjukkan pada **gambar 4.15** dan **gambar 4.16**. Dari hasil evaluasi TOR 18 FG dengan menggunakan software image-J menunjukkan bahwa citra dengan kondisi 66 kV-8 mAs berhasil mendeteksi 13 disc dari 18 disc yang terdapat pada fantom sehingga mempunyai nilai sensitivitas kontras rendah sebesar 0.0160. Hasil evaluasi selengkapnya ditampilkan pada **tabel 4.7**. Untuk kondisi 109 kV- 2.2 mAs berhasil mendeteksi 14 disc dari 18 disc yang terdapat pada fantom tersebut sehingga mempunyai nilai sensitivitas kontras rendah sebesar 0.0135. Hasil evaluasi selengkapnya ditampilkan pada **tabel 4.8**.

Selain itu kedua citra memiliki detail citra yang berbeda. Berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan, citra kondisi 66 kV-8 mAs dapat mendeteksi huttner dari grup ke 1 sampai 14, kemudian didapatkan nilai frekuensi spasialnya yang masih dapat dideteksi dengan software image-J adalah 2.24 lp/mm. citra 109 kV-2.2 mAs sebesar 2.5 lp/mm. Nominal nilai sensitivitas kontras rendah dan frekuensi spasial berdasarkan dari manual book fantom tersebut.



Gambar 4.15 TOR 18FG kondisi 66 kV-8 mAs



Gambar 4.16 TOR 18FG kondisi 109 kV-2.2 mAs

Nilai Selain itu, dari hasil evaluasi juga diperoleh range kontras rendah pada kondisi 66 kV-8 mAs 1563 – 1750 pixel value, range kontras tingginya 3581 – 3737 pixel value, backgroundnya sebesar 1162 pixel value dan nilai pixel value minimum yang mampu ditampilkan oleh monitor adalah 1371 dan maksimumnya 3780. Untuk kondisi 109 kV-2.2 mAs diperoleh range kontras rendahnya 1432 – 1540 pixel value, range kontras tingginya 3290 – 3800 pixel value, backgroundnya sebesar 1229 pixel value serta nilai pixel value minimum yang mampu ditampilkan oleh monitor adalah 1192 dan maksimumnya 3801.

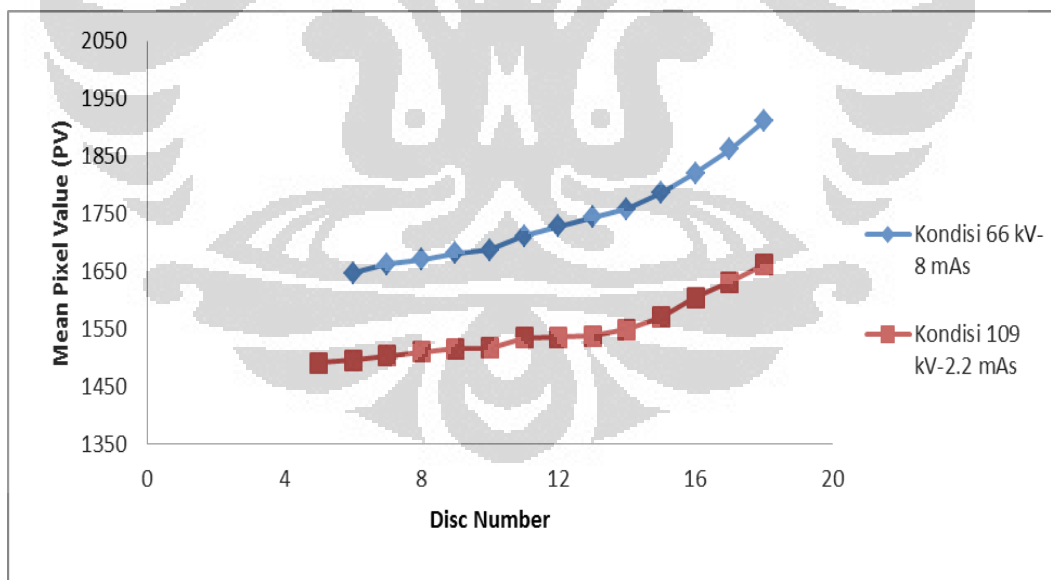
Nominal sensitivitas kontras rendah dan frekuensi spasial terdapat pada manual book fantom tersebut. Kemudian **grafik 4.17** memperlihatkan bahwa range kontras pada kondisi 66 kV-8 mAs lebih rendah daripada daripada kondisi 109 kV-2.2 mAs. Sehingga dengan menggunakan kV tinggi variasi objek yang dapat dilihat menjadi lebih banyak.

Tabel 4.7 Hasil evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR 18FG pada kondisi 66 kV-8 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
6	10.84	1647	49	1520	1783	1645	0.01	-0.03	385
7	10.84	1662	61	1484	1823	1659	-0.05	-0.24	385
8	10.84	1671	53	1495	1823	1674	-0.11	0.06	385
9	10.84	1681	57	1510	1863	1679	0.20	0.28	385
10	10.84	1686	54	1502	1829	1687	-0.13	0.33	385
11	10.84	1711	54	1576	1882	1708	0.20	0.16	385
12	10.84	1728	59	1576	1920	1727	0.05	-0.12	385
13	10.84	1744	57	1604	1901	1740	0.21	-0.31	385
14	10.84	1758	59	1565	1925	1756	-0.09	-0.01	385
15	10.84	1786	63	1604	1958	1786	0.28	0.35	385
16	10.84	1821	64	1627	1999	1818	0.05	-0.17	385
17	10.84	1861	58	1706	2009	1863	0.08	-0.36	385
18	10.84	1911	62	1733	2090	1912	-0.12	-0.08	385

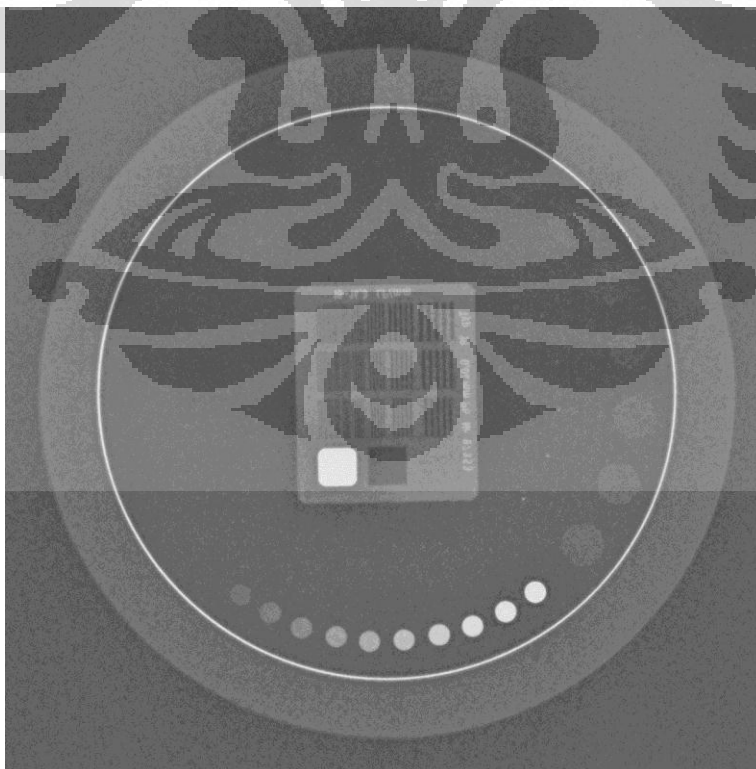
Tabel 4.8 Hasil evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR 18FG pada kondisi 109 kV-2.2 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
5	10.84	1491	45	1356	1632	1492	0.04	0.17	385
6	10.84	1495	47	1325	1630	1497	-0.13	-0.03	385
7	10.84	1504	45	1395	1648	1504	0.16	-0.10	385
8	10.84	1510	47	1391	1679	1510	0.22	0.11	385
9	10.84	1516	43	1393	1617	1515	-0.08	-0.36	385
10	10.84	1516	47	1402	1659	1515	0.10	-0.12	385
11	10.84	1534	43	1408	1657	1532	0.14	-0.11	385
12	10.84	1535	43	1420	1672	1535	0.17	-0.03	385
13	10.84	1537	46	1393	1654	1535	-0.08	0.08	385
14	10.84	1548	45	1430	1682	1548	0.21	-0.16	385
15	10.84	1570	46	1435	1703	1570	-0.01	0.09	385
16	10.84	1604	48	1457	1738	1604	-0.07	-0.10	385
17	10.84	1631	45	1492	1740	1632	-0.16	-0.02	385
18	10.84	1662	47	1535	1796	1662	0.09	-0.12	385

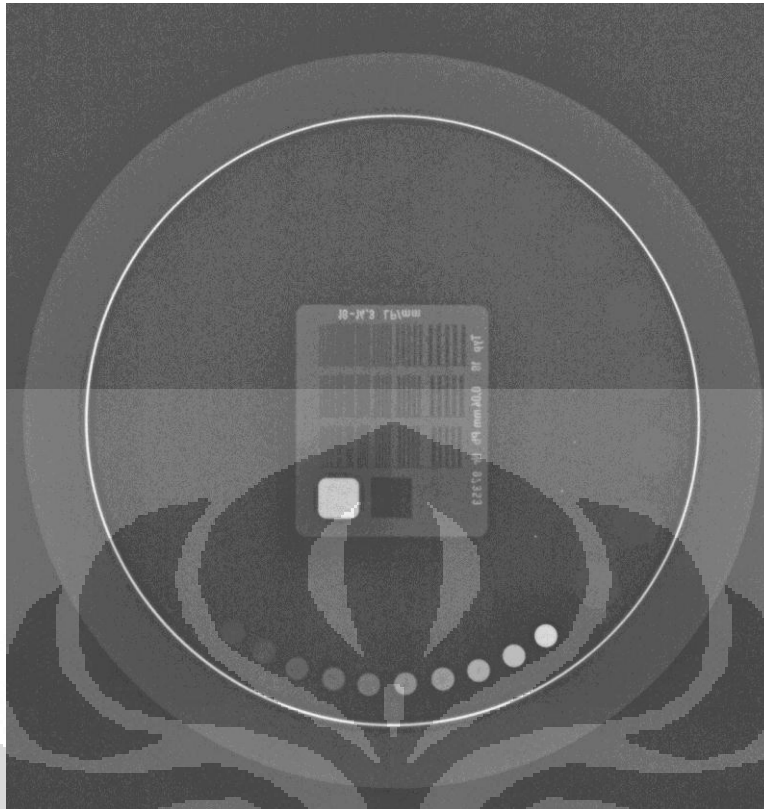
**Gambar 4.17** Grafik evaluasi sensitivitas kontras rendah dengan TOR 18FG

4.1.6 Hasil Evaluasi Nilai Kontras dengan TOR CDR

Hasil citra TOR CDR yang telah didapatkan dengan menggunakan computed radiography ditunjukkan oleh **gambar 4.18** dan **gambar 4.19**. Dari hasil evaluasi TOR CDR dengan menggunakan software image-J menunjukkan bahwa citra dengan kondisi 66 kV-8 mAs mempunyai nilai sensitivitas kontras rendah sebesar 0.015 karena dapat mendeteksi 10 dari 17 disc yang ada pada fantom tersebut dan nilai sensitivitas kontras tingginya 0.360 – 0.954 yang diperoleh dari pengamatan, kemudian pada kondisi 109 kV-2.2 mAs diperoleh nilai sensitivitas kontras rendahnya sebesar 0.013 karena dapat mendeteksi 11 dari 17 disc pada fantom tersebut dan sensitivitas kontras tingginya 0.302 – 0.954. Nilai frekuensi spasial dari kedua kondisi tersebut berdasarkan evaluasi software image-J adalah 2.24 lp/mm untuk kondisi 66 kV-8 mAs dan 2.50 lp/mm untuk kondisi 109 kV-2.2 mAs. Nominal nilai sensitivitas kontras rendah, sensitivitas kontras tinggi dan frekuensi spasial berdasarkan dari manual book fantom tersebut.



Gambar 4.18 TOR CDR kondisi 66 kV-8 mAs



Gambar 4.19 TOR CDR kondisi 109 kV-2.2 mAs

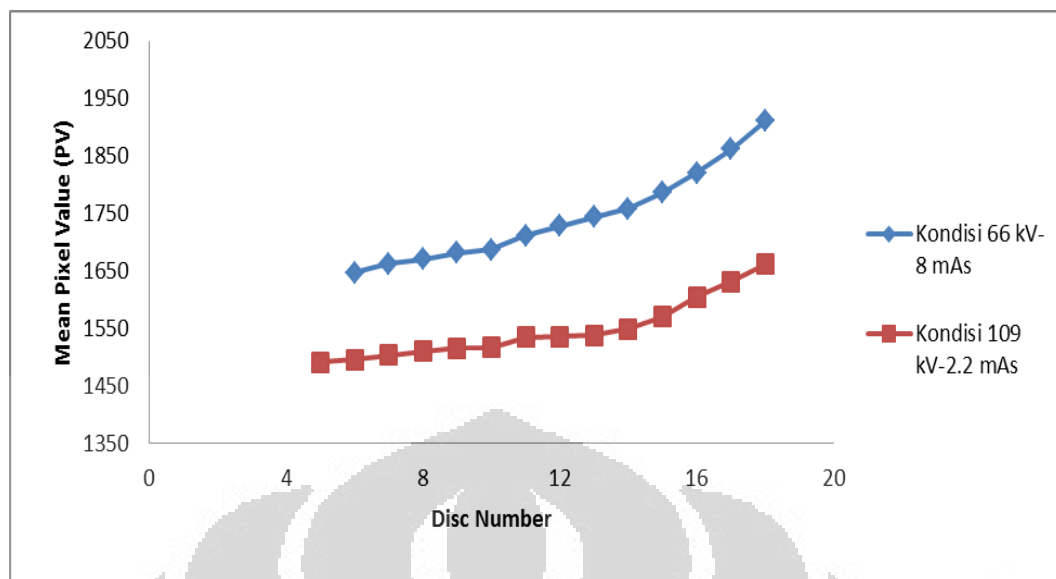
Kemudian dari hasil evaluasi gray scale citra untuk kondisi 66 kV-8 mAs diperoleh pixel value terendah 1874 dan pixel value tertinggi 3874 serta batas minimum pixel value yang mampu ditampilkan oleh monitor pada kondisi tersebut sebesar 1620 dan batas maksimumnya sebesar 3565. Untuk kondisi 109 kV-2.2 mAs diperoleh pixel value terendah 1657 dan pixel value tertinggi 3879 serta batas minimum pixel value yang mampu ditampilkan oleh monitor pada kondisi tersebut sebesar 1453 dan batas maksimumnya sebesar 3616. Hasil evaluasi selengkapny ditampilkan pada **tabel 4.9** dan **tabel 4.10**.

Tabel 4.9 Hasil evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR CDR pada kondisi 66 kV-8 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	15.24	1850	74	1635	2050	1853	0.04	-0.19	540
2	15.24	1822	77	1614	2033	1823	-0.08	-0.09	540
3	15.24	1806	68	1630	2028	1807	0.07	-0.04	540
4	15.24	1795	67	1599	2037	1796	-0.02	0.22	540
5	15.24	1794	68	1599	2037	1794	0.00	0.20	540
6	15.24	1786	67	1583	1980	1783	0.12	-0.06	540
7	15.24	1785	67	1583	1980	1781	0.11	-0.08	540
8	15.24	1773	71	1583	2001	1775	0.17	0.01	540
9	15.24	1768	67	1540	1955	1772	-0.17	0.03	540
10	15.24	1743	71	1548	1963	1743	0.06	-0.03	540

Tabel 4.10 Hasil evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR CDR pada kondisi 109 kV-2.2 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	15.24	1642	53	1477	1788	1643	-0.01	-0.11	540
2	15.24	1640	52	1487	1815	1638	-0.01	0.09	540
3	15.24	1637	51	1477	1777	1638	0.04	-0.12	540
4	15.24	1629	53	1487	1820	1627	0.20	0.03	540
5	15.24	1622	50	1445	1759	1622	-0.07	-0.07	540
6	15.24	1621	55	1435	1772	1620	-0.01	-0.05	540
7	15.24	1609	53	1420	1761	1609	-0.07	0.15	540
8	15.24	1604	50	1435	1745	1607	-0.26	-0.10	540
9	15.24	1574	49	1424	1751	1573	0.17	0.11	540
10	15.24	1573	51	1402	1719	1573	-0.05	0.04	540
11	15.24	1569	52	1430	1751	1568	0.18	0.10	540



Gambar 4.20 Grafik evaluasi sensitivitas kontras rendah dengan TOR CDR

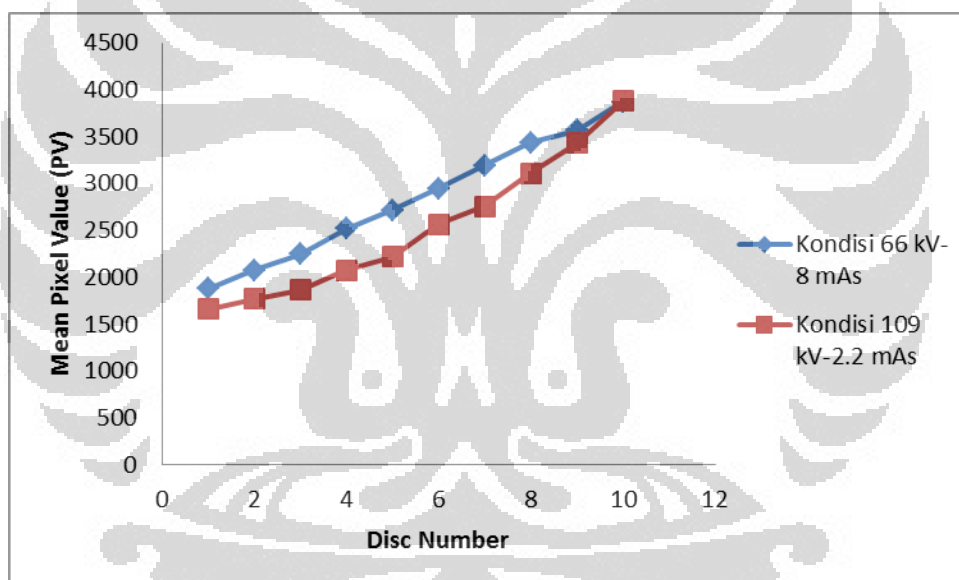
Seperti evaluasi yang dilakukan TO. GS2 Nilai pixel value terendah dan tertinggi yang didapatkan dari evaluasi gray scale pada kedua kondisi digunakan sebagai kontrol tingkat kecerahan dan kontras dari monitor yang digunakan untuk menampilkan citra pada kedua kondisi penyinaran tersebut. Hal ini bertujuan agar diperoleh kondisi monitor yang optimal untuk menampilkan citra.

Tabel 4.11 Hasil evaluasi pixel value dengan TOR CDR untuk kondisi 66 kV-8 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	3.87	1874	66	1714	2026	1880	-0.11	-0.35	137
2	3.87	2073	72	1857	2252	2077	-0.42	0.26	137
3	3.87	2247	79	2069	2425	2237	0.16	-0.64	137
4	3.87	2518	88	2269	2756	2511	-0.01	-0.09	137
5	3.87	2714	76	2519	2879	2714	-0.21	-0.06	137
6	3.87	2944	86	2742	3224	2937	0.23	0.17	137
7	3.87	3188	71	2994	3337	3189	-0.40	0.05	137
8	3.87	3435	66	3261	3565	3434	-0.09	-0.49	137
9	3.87	3563	51	3253	3567	3432	0.17	-0.21	137
10	3.87	3874	24	3813	3930	3873	-0.10	-0.10	137

Tabel 4.12 Hasil evaluasi pixel value dengan TOR CDR untuk kondisi 109 kV-2.2 mAs

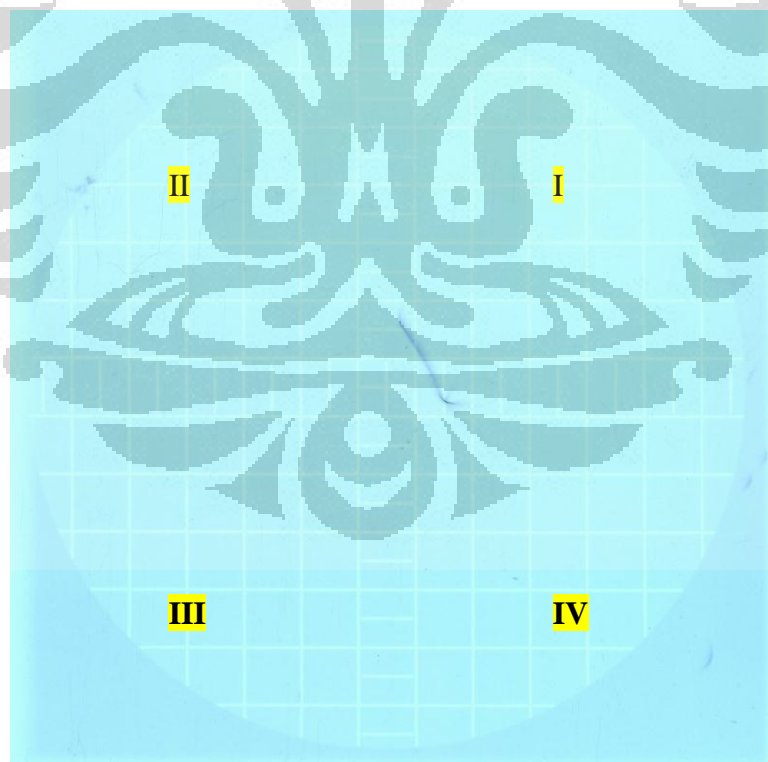
No	Area (mm ²)	Mean (Pixel Value)	Std Deviasi	Min (Pixel Value)	Max (Pixel Value)	Median (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	3.87	1657	50	1548	1783	1659	-0.05	-0.47	137
2	3.87	1771	53	1617	1901	1764	-0.02	-0.16	137
3	3.87	1863	51	1708	2026	1861	-0.13	0.54	137
4	3.87	2072	56	1955	2210	2072	0.08	-0.62	137
5	3.87	2220	62	2055	2381	2220	0.00	-0.10	137
6	3.87	2565	66	2423	2755	2567	0.17	-0.21	137
7	3.87	2757	67	2590	2900	2761	-0.41	-0.33	137
8	3.87	3112	51	2955	3240	3115	-0.13	-0.03	137
9	3.87	3430	51	3253	3567	3432	-0.10	0.11	137
10	3.87	3879	24	3813	3930	3873	-0.15	-0.17	137

**Gambar 4.21** Grafik evaluasi pixel value dengan TOR CDR

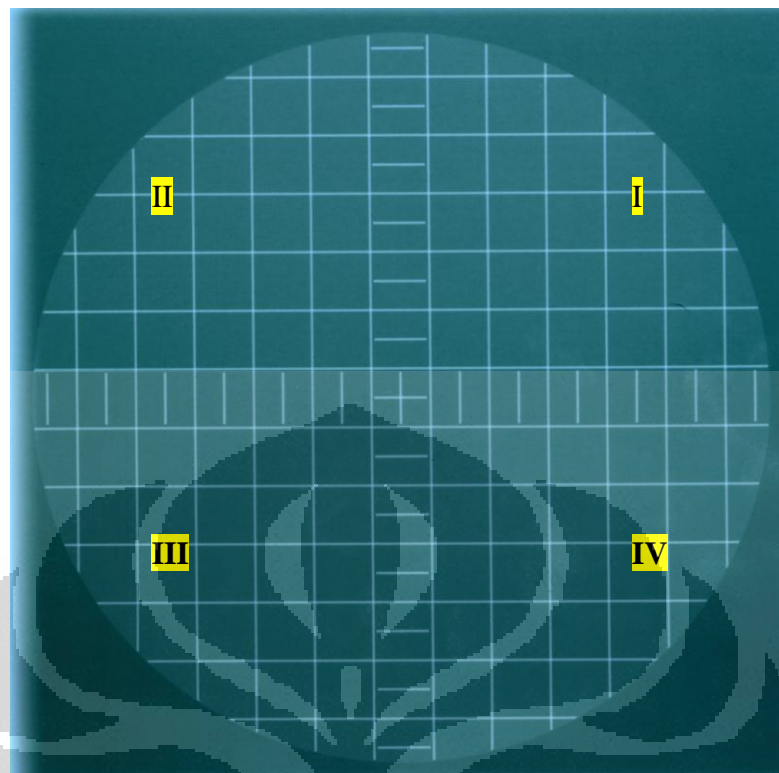
4.2 Hasil Evaluasi Citra Film Menggunakan Fantom Leeds

4.2.1 Hasil Evaluasi Geometri dengan TO. M1

Hasil citra TO.M1 yang telah didapatkan dengan menggunakan film pada kondisi 66 kV-8 mAs dan kondisi 109 kV-2.2 mAs sebelum displit ditunjukkan pada **gambar 4.22** dan **gambar 4.23**. Kedua citra tersebut kemudian dievaluasi dengan menggunakan software image-J. Pada kasus pertama yaitu pada kondisi 66 kV-8 mAs didapatkan rasio rata-rata persegi yang berada pada kuadran I-IV dengan rasio persegi yang berada pada pusat TO. M1 sebesar 0.0028. Pada kasus kedua yaitu dengan menggunakan teknik kV tinggi pada kondisi 109 kV-2.2 mAs didapatkan rasio rata-rata persegi yang berada pada kuadran I-IV dengan rasio persegi yang berada pusat TO. M1 sebesar 0.0014. Hasil perhitungannya ditunjukkan pada **tabel 4.13** dan **tabel 4.14**.



Gambar 4.22 TO. M1 kondisi 66 kV-8 mAs



Gambar 4.23 TO. M1 kondisi 109 kV-2.2 mAs

Tabel 4.13 Hasil evaluasi geometri dengan TO. M1 untuk kondisi 66 kV-8 mAs

Arah	Kuadran I	Kuadran II	Kuadran III	Kuadran IV	Center
x (mm)	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99
y (mm)	19.99	19.88	19.88	19.99	19.99
x/y	1	1.0055	1.0055	1	1
Rasio rata-rata persegi di kuadran I-IV					1.0028
Rasio persegi pada pusat fantom					1
Distorsi geometri					0.0028

Tabel 4.14 Hasil evaluasi geometri dengan TO. M1 untuk kondisi 109 kV-2.2 mAs

Arah	Kuadran I	Kuadran II	Kuadran III	Kuadran IV	Center
x (mm)	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99
y (mm)	19.99	19.99	19.88	19.99	19.99
x/y	1	1	1.0055	1	1
Rasio rata-rata persegi di kuadran I-IV					1.0014
Rasio persegi pada pusat fantom					1
Distorsi geometri					0.0014

4.2.2 Hasil Evaluasi Optical Density dengan TO. GS2

Hasil citra TO.GS2 pada kondisi 66 kV-8 mAs dan kondisi 109 kV-2.2 mAs yang telah didapatkan dengan menggunakan film sebelum displit ditunjukkan pada **gambar 4.24** dan **gambar 4.25**. Kedua citra tersebut kemudian dievaluasi dengan software image-j. Hasil evaluasi yang dilakukan oleh TO. GS2 pada kondisi 66 kV-8 mAs dan kondisi 109 kV-2.2 mAs diperoleh bahwa terdapat 10 step yang menjadi acuan dalam menentukan pixel value. Pixel value terendah pada kondisi 66 kV-8 mAs adalah 60376 dan tertinggi 64213, sedangkan pixel value terendah pada kondisi 109 kV-2.2 mAs adalah 19291 dan tertinggi 62931 seperti divisualisasi pada **gambar 4.26**. Nilai pixel value terendah dan tertinggi yang didapatkan dari kedua kondisi digunakan sebagai kontrol tingkat kecerahan dan kontras dari monitor yang digunakan untuk mengamati citra pada kedua kondisi penyinaran tersebut agar diperoleh kondisi monitor yang optimal untuk menampilkan gambar. Tetapi untuk mengamati citra film tidak perlu menggunakan monitor. Hasil evaluasi ini hanya untuk membandingkan pixel value pada CR dan film pada kedua kondisi penyinaran.



Gambar 4.24 TO. GS2 kondisi 66 kV-8 mAs



Gambar 4.25 TO. GS2 kondisi 109 kV-2.2 mAs

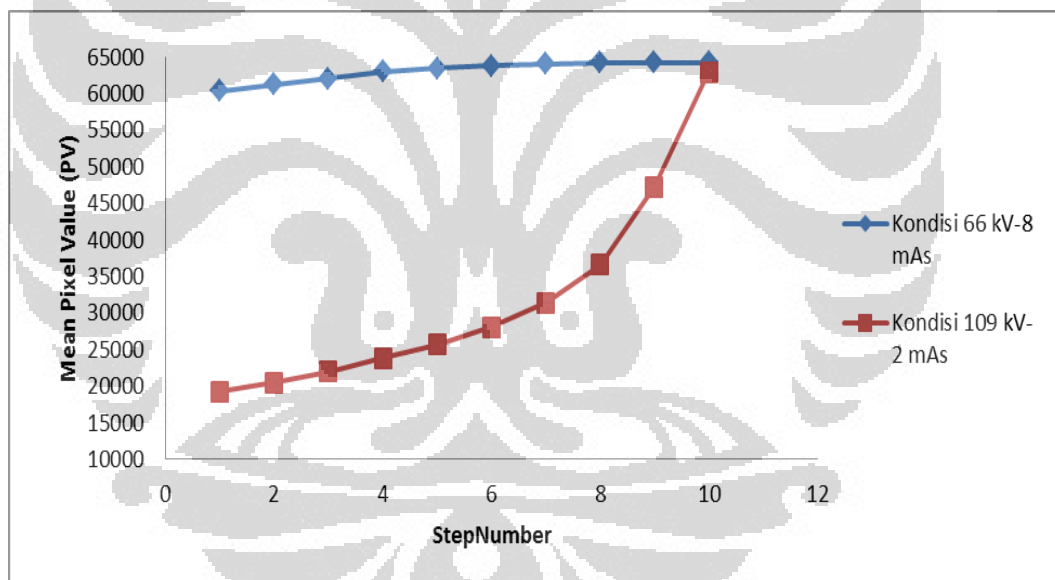
Kemudian dari hasil evaluasi TO.GS2 juga diperoleh bahwa range kontras rendah dari kondisi 66 kV- 8 mAs adalah 58020 – 59032 pixel value dan 64162 – 64217 pixel value untuk range kontras tinggi. Untuk kondisi 109 kV-2.2 mAs mempunyai range kontras rendah antara 16426 – 17797 pixel value dan range kontras tinggi antara 51829 – 63400 pixel value.

Tabel 4.15 Hasil evaluasi optical density TO. GS2 pada kondisi 66 kV-8 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	85.6	60376	642	44751	62784	19283	0.51	7.28	17170
2	85.6	61215	619	51364	63572	20432	-1.82	33.88	17170
3	85.6	62063	622	49738	63997	22031	-1.13	26.31	17170
4	85.6	62961	636	45943	64296	23890	-0.03	2.41	17170
5	85.6	63469	636	50770	64951	25679	-0.14	0.85	17170
6	85.6	63782	584	53408	64282	28077	-0.08	0.80	17170
7	85.6	64091	345	51137	64281	31413	-0.12	0.44	17170
8	85.6	64183	266	55493	64292	36613	-4.05	63.78	17170
9	85.6	64206	320	48594	65151	47331	-0.85	2.40	17170
10	85.6	64213	266	53258	64404	63058	-5.73	79.43	17170

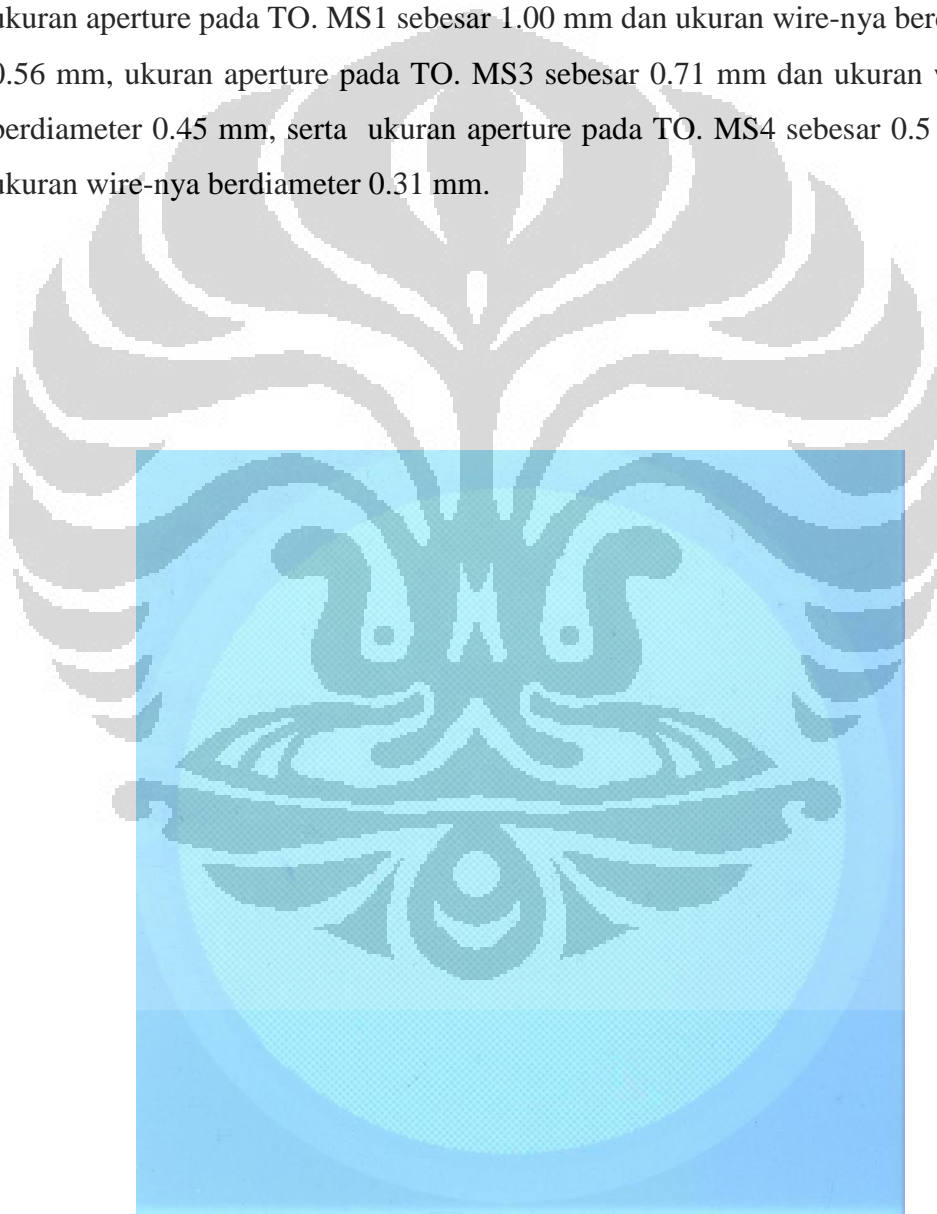
Tabel 4.16 Hasil evaluasi optical density TO. GS2 pada kondisi 109 kV-2.2 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	85.6	19291	531	11928	24080	19283	0.51	7.28	17170
2	85.6	20455	520	9519	22369	20432	-1.82	33.88	17170
3	85.6	22019	460	10094	25622	22031	-1.13	26.31	17170
4	85.6	23879	514	18210	29929	23890	-0.03	2.41	17170
5	85.6	25667	520	21040	27792	25679	-0.14	0.85	17170
6	85.6	28072	538	23061	30436	28077	-0.08	0.80	17170
7	85.6	31393	572	27771	34412	31413	-0.12	0.44	17170
8	85.6	36596	715	21705	39905	36613	-4.05	63.78	17170
9	85.6	47270	631	40210	49050	47331	-0.85	2.40	17170
10	85.6	62931	932	43776	64297	63058	-5.73	79.43	17170

**Gambar 4.26** Grafik evaluasi optical density dengan TO.GS2

4.2.3 Hasil Evaluasi Uniformity dengan TO. MS1, TO. MS3 dan TO. MS4

Hasil citra TO. MS1, TO. MS3 dan TO MS4 yang telah didapatkan dengan menggunakan film sebelum displit ditunjukkan pada **gambar 4.27 - 4.32**. Evaluasi mesh yang dilakukan dengan pengamatan TO. MS1, TO. MS3 dan TO. MS4 menunjukkan bahwa citra dengan kondisi 66 kV-8 mAs dan kondisi 109 kV-2.2 mAs memiliki uniformity yang baik, yang membedakan ketiga fantom leeds tersebut terletak pada ukuran aperture dan ukuran diameter wire-nya dimana ukuran aperture pada TO. MS1 sebesar 1.00 mm dan ukuran wire-nya berdiameter 0.56 mm, ukuran aperture pada TO. MS3 sebesar 0.71 mm dan ukuran wire-nya berdiameter 0.45 mm, serta ukuran aperture pada TO. MS4 sebesar 0.5 mm dan ukuran wire-nya berdiameter 0.31 mm.



Gambar 4.27 TO.MS1 kondisi 66 kV-8 mAs



Gambar 4.28 TO.MS1 kondisi 109 kV-2.2 mAs



Gambar 4.29 TO.MS3 kondisi 66 kV-8 mAs



Gambar 4.30 TO.MS3 kondisi 109 kV-2.2 mAs



Gambar 4.31 TO.MS4 kondisi 66 kV-8 mAs



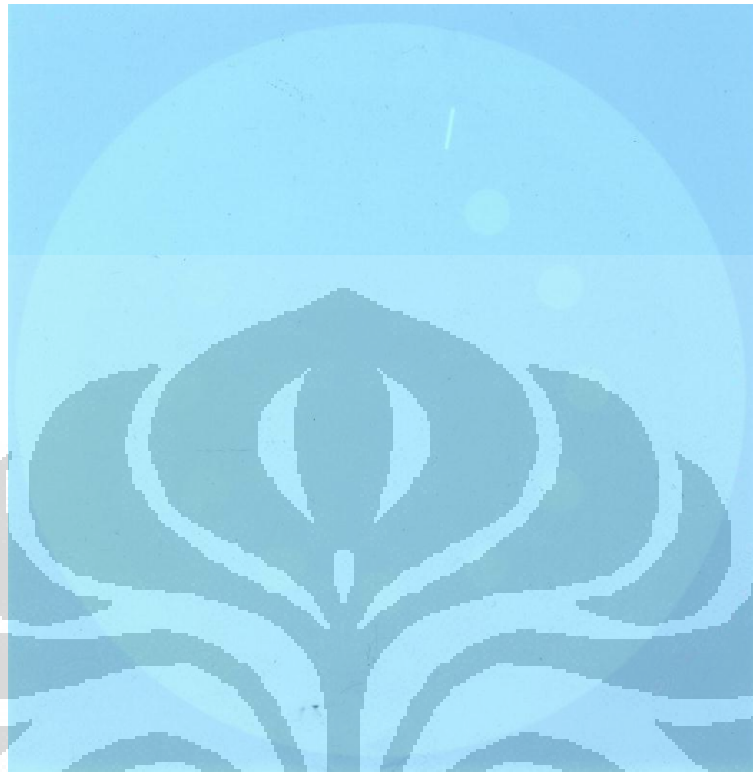
Gambar 4.32 TO.MS4 kondisi 109 kV-2.2 mAs

4.2.4 Hasil Evaluasi Loss Contrast dengan TO. N3

Hasil citra TO. N3 yang telah didapatkan dengan menggunakan film sebelum displit ditunjukkan pada **gambar 4.33** dan **gambar 4.34**. Hasil evaluasi TO. N3 dengan menggunakan software image-J menunjukkan bahwa citra dengan kondisi 66 kV-8 mAs memiliki loss contrast sebesar 12.4 % karena hanya mampu mendeteksi 11 dari 19 disc yang terdapat pada fantom tersebut. Pada kondisi 109 kV- 2.2 mAs terdapat loss contrast sebesar 7.4 % karena hanya berhasil mendeteksi 13 dari 19 disc yang terdapat pada fantom tersebut seperti ditampilkan pada **tabel 4.17** dan **tabel 4.18** serta **gambar 4.35**.

Selisih pixel value tertinggi dan terendah pada kondisi 66 kV-8 mas adalah 1491 dan 2157 pada kondisi 109 kV-2.2 mAs. Dari hasil evaluasi kedua citra tersebut diperoleh bahwa pada teknik kV tinggi memiliki loss contrast yang lebih rendah daripada menggunakan teknik biasa. Hal ini disebabkan karena pada kondisi 66 kV-8 mAs sinar-x yang dihasilkan tidak mampu untuk menembus objek sebaik kondisi 109 kV-2.2 mAs sehingga disc yang terdeteksi pada kondisi kV tinggi lebih banyak daripada kondisi biasa dan semakin banyak objek atau disc

yang terdeteksi maka semakin kecil loss contrast yang terjadi pada kondisi penyinaran tersebut.



Gambar 4.33 TO.N3 kondisi 66 kV-8 mAs



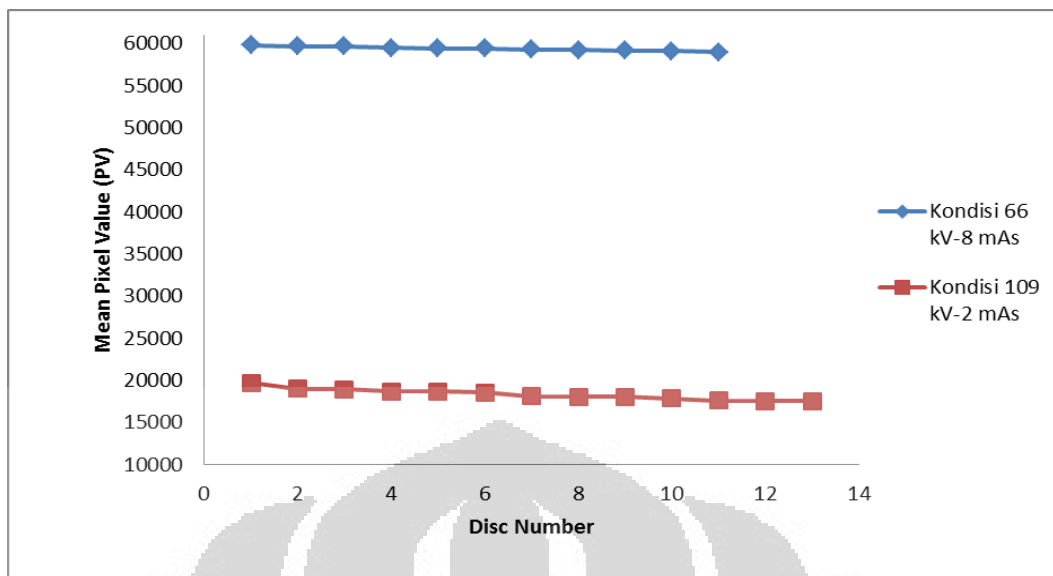
Gambar 4.34 TO.N3 kondisi 109 kV-2.2 mAs

Tabel 4.17 Hasil evaluasi loss contrast TO. N3 pada kondisi 66 kV-8 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	22.02	59779	602	51472	61385	59811	-2.72	28.22	2004
2	22.02	59709	655	50357	61575	59745	-2.40	25.52	2004
3	22.02	59697	640	54123	61894	59726	-1.31	8.71	2004
4	22.02	59483	618	52963	61569	59514	-1.50	11.35	2004
5	22.02	59440	568	54438	61108	59475	-1.02	6.27	2004
6	22.02	59401	639	53200	61285	59442	-1.81	12.89	2004
7	22.02	59306	573	54699	61204	59321	-0.63	3.10	2004
8	22.02	59266	617	54433	61295	59331	-1.04	5.22	2004
9	22.02	59200	608	51166	61369	59234	-2.14	20.04	2004
10	22.02	59112	657	49839	61212	59155	-2.80	28.55	2004
11	22.02	58969	558	54958	60594	58985	-0.74	3.00	2004

Tabel 4.18 Hasil evaluasi loss contrast TO. N3 pada kondisi 109 kV-2 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	22.02	19680	430	17908	21124	19692	-0.25	0.46	2004
2	22.02	18961	487	16843	20400	18979	-0.14	-0.08	2004
3	22.02	18887	494	16324	20383	18900	-0.18	0.47	2004
4	22.02	18670	532	15738	20288	18650	-0.04	0.33	2004
5	22.02	18657	538	15915	20504	18628	0.13	0.23	2004
6	22.02	18515	490	16777	20807	18503	0.05	0.22	2004
7	22.02	18061	480	15953	19936	18067	-0.06	0.57	2004
8	22.02	18055	504	14801	19891	18063	-0.11	0.84	2004
9	22.02	18022	463	15790	19361	18036	-0.22	0.53	2004
10	22.02	17831	496	14712	19874	17852	-0.20	0.64	2004
11	22.02	17598	491	15641	19212	17609	-0.14	0.07	2004
12	22.02	17533	494	15461	19034	17543	-0.18	0.03	2004
13	22.02	17523	522	15224	22637	17541	0.34	4.42	2004



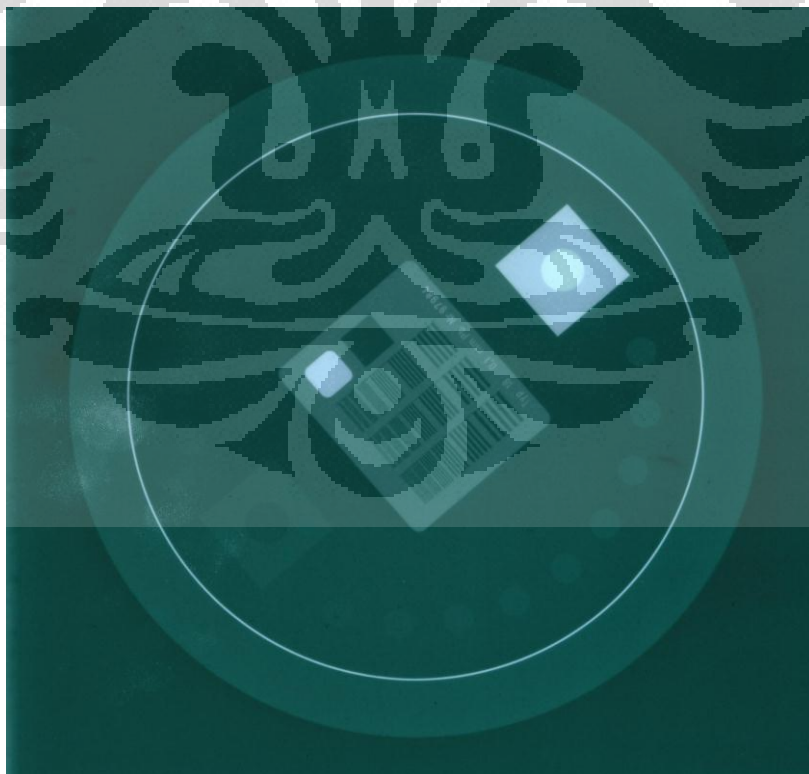
Gambar 4.35 Grafik hasil evaluasi loss contrast dengan TO. N3

4.2.5 Hasil Evaluasi Kontras dengan TOR 18 FG

Hasil citra TOR 18 FG yang telah didapatkan dengan menggunakan film sebelum di split ditunjukkan pada **gambar 4.33** dan **gambar 4.34**. Kemudian dari hasil evaluasi TOR 18 FG dengan menggunakan software image-J menunjukkan bahwa citra dengan kondisi 66 kV-8 mAs berhasil mendeteksi 11 disk dari 18 disk yang terdapat pada fantom sehingga mempunyai nilai sensitivitas kontras rendah 0.033. Hasil evaluasi selengkapnya ditampilkan pada **tabel 4.19**. Untuk kondisi 109 kV- 2.2 mAs berhasil mendeteksi 13 disk dari 18 disk yang terdapat pada fantom tersebut sehingga mempunyai nilai sensitivitas kontras rendah 0.023. Hasil evaluasi selengkapnya ditampilkan pada **tabel 4.20**. Selain untuk citra kondisi 66 kV-8 mAs memiliki frekuensi spasial 2.8 lp/mm dan 3.55 lp/mm untuk citra 109 kV-2.2 mAs. Nominal nilai sensitivitas kontras rendah dan frekuensi spasial berdasarkan dari manual book fantom tersebut.



Gambar 4.36 TOR 18FG kondisi 66 kV-8 mAs



Gambar 4.37 TOR 18FG kondisi 109 kV-2 mAs

Berikutnya dari hasil evaluasi juga diperoleh range kontras rendah pada kondisi 66 kV-8 mAs 52897 – 54088 pixel value, range kontras tingginya 64150 – 64219 pixel value, backgroundnya sebesar 53602 pixel value dan nilai pixel value minimum yang mampu ditampilkan oleh monitor adalah 51558 serta nilai maksimumnya 64235. Untuk kondisi 109 kV-2.2 mAs diperoleh range kontras rendahnya 19407 – 20737 pixel value, range kontras tingginya 51664 – 54044 pixel value, backgroundnya sebesar 19420 pixel value dan nilai pixel value minimum yang mampu ditampilkan oleh monitor sebesar 19326 dan maksimumnya 62360.

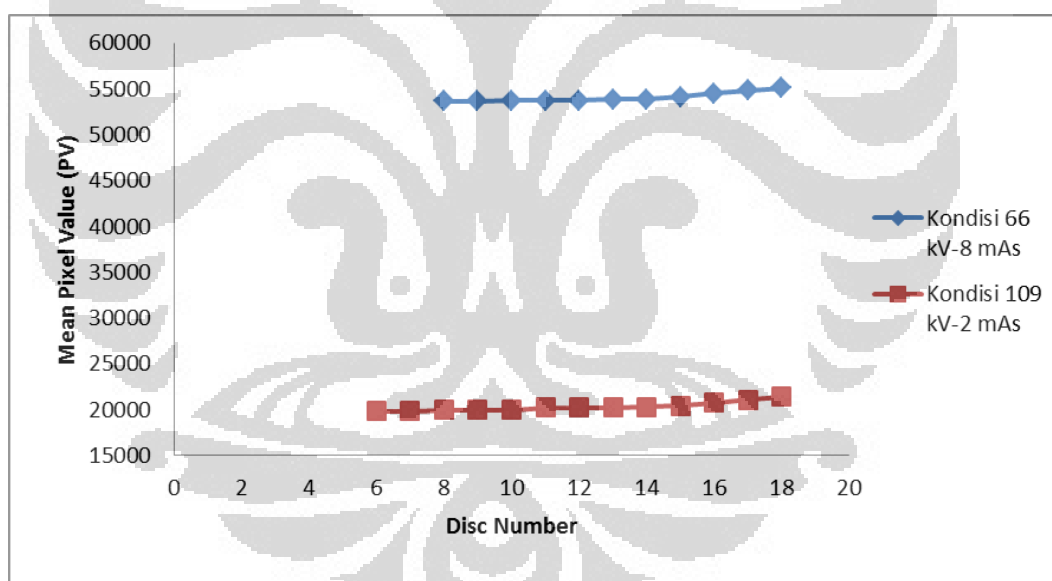
Kemudian **grafik 4.38** memperlihatkan bahwa range kontras pada kondisi 66 kV-8 mAs lebih rendah daripada daripada kondisi 109 kV-2.2 mAs. Sehingga variasi objek yang diamati menjadi lebih banyak karena pada kondisi kV tinggi kemampuan absorpsi objek berkurang dan radiasi hambur meningkat.

Tabel 4.19 Hasil evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR 18 FG pada kondisi 66 kV-8 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
8	10.84	53627	578	47868	55139	53659	-1.35	7.48	1930
9	10.84	53667	706	46471	56145	53728	-2.76	18.62	1930
10	10.84	53687	730	45069	55991	53741	-2.61	20.52	1930
11	10.84	53706	631	45944	55442	53727	-1.43	11.14	1930
12	10.84	53719	521	50248	55378	53738	-0.60	2.00	1930
13	10.84	53826	510	50267	55496	53834	-0.58	2.11	1930
14	10.84	53868	533	46941	55669	53882	-1.63	17.71	1930
15	10.84	54116	472	51980	55876	54120	-0.05	0.45	1930
16	10.84	54505	700	49607	57089	54485	-0.09	1.68	1930
17	10.84	54806	857	39684	57442	54797	-4.31	61.17	1930
18	10.84	55108	772	51069	58055	55046	0.21	0.38	1930

Tabel 4.20 Hasil evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR 18 FG pada kondisi 109 kV-2 mAs

No	Area (mm ²)	Mean (Pixel Value)	Std Deviasi	Min (Pixel Value)	Max (Pixel Value)	Median (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
6	10.84	19834	978	8972	21627	19965	0.03	0.12	1930
7	10.84	19850	603	16905	21696	19872	-0.38	0.71	1930
8	10.84	19941	756	15004	25368	19952	0.34	7.98	1930
9	10.84	19962	521	16823	21791	19984	-0.47	2.14	1930
10	10.84	19973	560	16171	21700	20008	-0.50	1.74	1930
11	10.84	20217	536	16672	21837	20236	-0.17	1.01	1930
12	10.84	20231	513	17946	22114	20251	-0.21	0.52	1930
13	10.84	20248	536	17660	22168	20275	-0.11	0.64	1930
14	10.84	20320	513	17212	21936	20331	-0.23	1.19	1930
15	10.84	20456	527	17224	22385	20440	-0.10	1.01	1930
16	10.84	20771	520	18555	22375	20748	-4.73	37.35	1930
17	10.84	21050	552	18152	22813	21077	-0.32	0.63	1930
18	10.84	21437	541	16365	23517	21459	-0.56	3.88	1930

**Tabel 4.38** Grafik evaluasi Sensitivitas kontras rendah dengan TOR 18FG

4.2.6 Hasil Evaluasi Kontras dengan TOR CDR

Hasil citra TOR CDR yang telah didapatkan dengan menggunakan film sebelum displit ditunjukkan oleh **gambar 4.39** dan **gambar 4.40**. Hasil evaluasi TOR CDR dengan menggunakan software image-J menunjukkan bahwa citra dengan kondisi 66 kV-8 mAs mempunyai nilai sensitivitas kontras rendah 0.032 karena dapat mendeteksi 6 dari 17 disc pada fantom dan nilai sensitivitas kontras tingginya antara 0.360 – 0.954. Pada kondisi 109 kV-2.2 mAs diperoleh nilai sensitivitas kontras rendah 0.022 karena hanya bisa mendeteksi 8 disk dari 17 disk yang ada pada fantom tersebut dan nilai sensitivitas kontras tingginya antara 0.302 – 0.954. Selain itu, dari hasil evaluasi didapatkan nilai frekuensi spasial pada kedua kondisi sebesar 2.8 lp/mm untuk kondisi 66 kV-8 mAs dan 3.55 lp/mm untuk kondisi 109 kV-2.2 mAs. Nominal nilai sensitivitas kontras rendah, sensitivitas kontras tinggi dan frekuensi spasial berdasarkan dari manual book fantom tersebut.



Gambar 4.39 TOR CDR kondisi 66 kV-8 mAs



Gambar 4.40 TOR CDR kondisi 109 kV-2 mAs

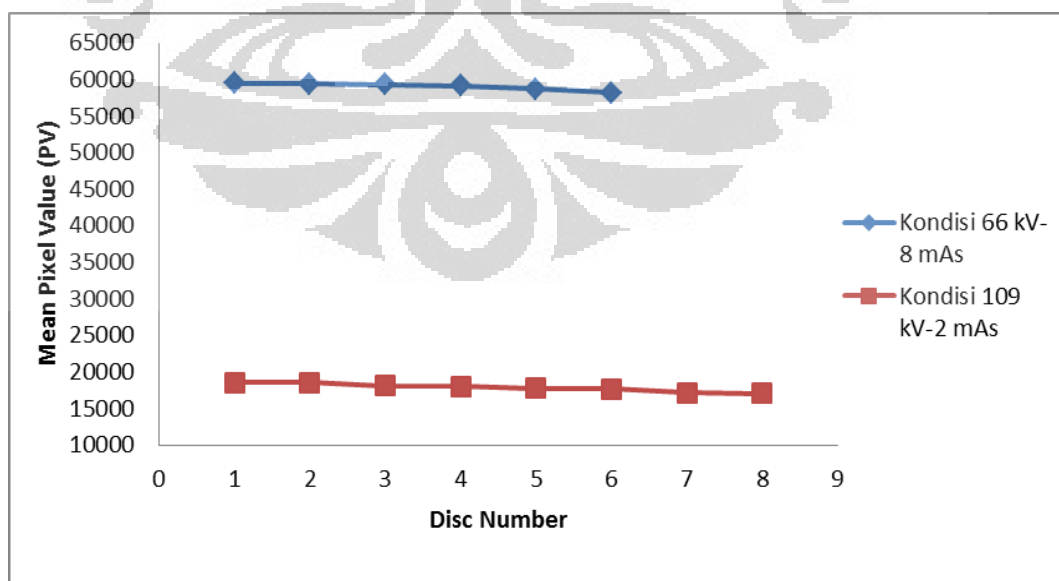
Kemudian dari hasil evaluasi tingkat kehitaman citra untuk kondisi 66 kV-8 mAs diperoleh pixel value terendah 58360 dan pixel value tertinggi 64220 serta batas minimum pixel value yang mampu ditampilkan oleh monitor pada kondisi tersebut sebesar 58307 dan batas maksimumnya sebesar 64221. Untuk kondisi 109 kV-2.2 mAs diperoleh pixel value terendah 17021 dan pixel value tertinggi 59223 serta batas minimum pixel value yang mampu ditampilkan oleh monitor pada kondisi tersebut sebesar 17045 dan batas maksimumnya sebesar 59003. Hasil evaluasi selengkapnya ditampilkan pada **tabel 4.21** dan **tabel 4.22**.

Tabel 4.21 Hasil evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR CDR pada kondisi 66 kV-8 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	15.24	59477	645	51114	59288	59509	-2.21	20.84	6512
2	15.24	59418	657	47832	59080	59461	-3.69	46.59	6512
3	15.24	59265	620	55199	59412	59319	-0.75	2.36	6512
4	15.24	59167	592	51799	59261	59210	-1.56	13.35	6512
5	15.24	58703	684	50676	58872	58755	-2.81	22.62	6512
6	15.24	58196	654	54394	57875	58236	-0.74	3.01	6512

Tabel 4.22 Hasil evaluasi kontras rendah TOR CDR pada kondisi 109 kV-2 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	15.24	18549	518	14898	20284	18551	-0.19	0.82	6512
2	15.24	18498	523	10299	20626	18499	-0.87	10.59	6512
3	15.24	18144	481	16151	20036	18153	-0.01	-0.03	6512
4	15.24	18021	539	14857	20346	18051	-0.20	0.67	6512
5	15.24	17762	509	14735	19499	17788	-0.17	0.18	6512
6	15.24	17630	516	15541	19434	17633	-0.01	0.02	6512
7	15.24	17136	519	13709	18978	17114	0.00	0.59	6512
8	15.24	17036	423	15845	18288	17024	0.07	-0.01	6512

**Gambar 4.41** Grafik evaluasi sensitivitas kontras rendah TOR CDR

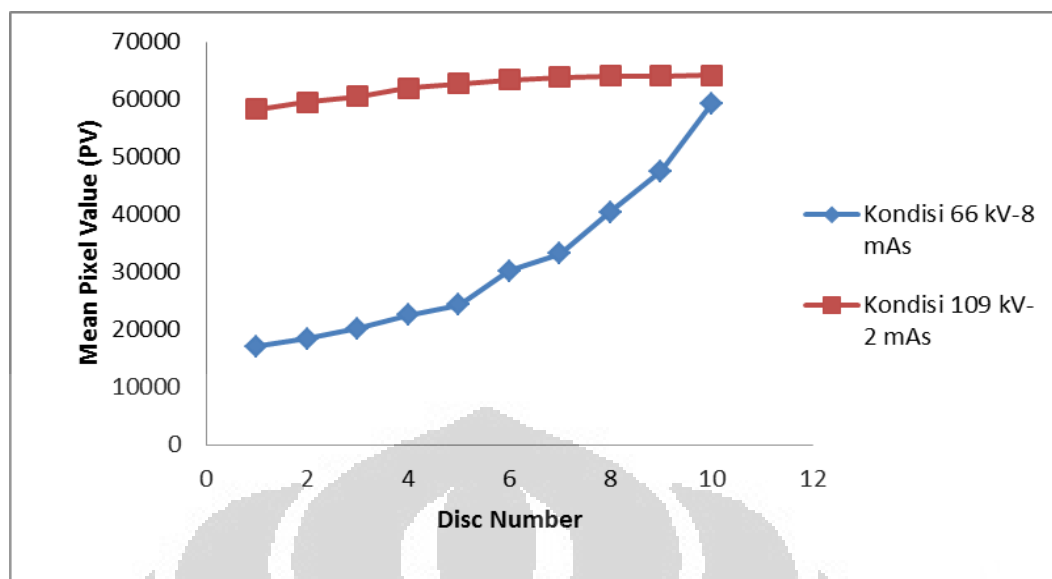
Tabel 4.23 Hasil evaluasi optical density dengan TOR CDR pada kondisi 66 kV-8 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	3.87	58361	702	53381	60207	58296	-1.00	3.78	1922
2	3.87	59530	603	55512	61340	59566	-0.71	2.55	1922
3	3.87	60520	721	51771	62432	60552	-2.34	20.78	1922
4	3.87	61970	605	54763	63930	62012	-1.46	11.77	1922
5	3.87	62748	558	57678	64120	62777	-1.00	4.83	1922
6	3.87	63447	555	56975	64274	63526	-1.85	12.19	1922
7	3.87	63891	448	58512	64278	64027	-3.57	25.51	1922
8	3.87	64135	327	55856	64288	64256	-10.98	226.16	1922
9	3.87	64044	820	53273	64887	64258	-7.72	72.32	1922
10	3.87	64221	179	60116	64289	64267	-10.30	174.47	1922

Tabel 4.24 Hasil evaluasi optical density dengan TOR CDR pada kondisi 109 kV-2 mAs

No	Area (mm ²)	Rata-rata (Pixel Value)	Standar Deviasi	Min (Pixel Value)	Maks (Pixel Value)	Nilai Tengah (Pixel Value)	Skewness	Kurtosis	Jumlah Pixel
1	3.87	17045	443	14539	18534	17042	-0.06	0.56	1922
2	3.87	18469	506	15980	20332	18451	0.02	0.40	1922
3	3.87	20200	448	17270	21902	20196	-0.23	1.50	1922
4	3.87	22529	468	18567	23991	22532	-0.47	3.09	1922
5	3.87	24287	552	22501	26133	24293	-0.13	-0.10	1922
6	3.87	30145	641	27707	32824	30147	-0.04	0.11	1922
7	3.87	33245	654	29798	35265	33202	0.00	0.28	1922
8	3.87	40443	775	37058	42667	40457	-0.30	0.12	1922
9	3.87	47503	881	40985	49295	47626	-1.08	3.18	1922
10	3.87	59222	938	51277	61761	59358	-1.25	4.86	1922

Seperti evaluasi yang dilakukan TO. GS2 Nilai pixel value terendah dan tertinggi yang didapatkan dari evaluasi gray scale pada kedua kondisi digunakan sebagai kontrol tingkat kecerahan dan kontras dari monitor yang digunakan untuk menampilkan citra pada kedua kondisi penyinaran tersebut. Hal ini bertujuan agar diperoleh kondisi monitor yang optimal untuk menampilkan citra.



Gambar 4.42 Grafik evaluasi optical density dengan TOR CDR

4.3 Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi citra dengan menggunakan fantom leeds dengan mengambil kasus citra toraks. Citra toraks yang dievaluasi terbagi menjadi dua macam yaitu citra toraks yang diperoleh melalui teknik biasa dengan kondisi 66 kV-8 mAs dan citra toraks yang diperoleh melalui teknik kV tinggi dengan kondisi 109 kV-2.2 mAs serta digunakan CR dan film sebagai reseptor radiografinya. Penentuan nilai kV dan mAs pada kedua buah kondisi berdasarkan protocol *European Commission 16260*. Dalam melakukan evaluasi fantom leeds digunakan software image-J sebagai pembaca atau pengevaluasi. Hal penting yang mempengaruhi evaluasi citra adalah penentuan luas area dan standar deviasi, Untuk mendapatkan hasil evaluasi yang baik adalah dengan mencari nilai standar deviasi yang paling kecil dengan area evaluasi yang disesuaikan.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa evaluasi yang dilakukan oleh fantom leeds pada citra yang dihasilkan oleh CR kodak dan film untuk kondisi 66 kV-8 mAs dan kondisi 109 kV-2.2 mAs memiliki akurasi geometri yang baik karena mempunyai nilai distorsi geometri yang sangat kecil sebesar 0.0028 untuk kondisi pertama dan 0.0014 untuk kondisi kedua. Dimana

nilai distorsi geometri tersebut diperoleh dari perhitungan selisih antara perbandingan persegi-persegi yang terdapat pada kuadran I-IV dengan persegi yang terletak pada pusat fantom tersebut. Nilai distorsi yang kecil tersebut menunjukkan bahwa semakin jauh dari pusat ternyata bentuk geometri objek tetap konsisten. Itu artinya bahwa software CR yang digunakan untuk menscanning citra bekerja dengan benar.

Selain itu, citra pada kedua kondisi baik yang dihasilkan oleh CR dan film memiliki uniformity yang baik seperti yang ditunjukkan oleh evaluasi melalui pengamatan terhadap TO. MS1, TO. MS3 dan TO. MS4. Hal ini menunjukkan bahwa permukaan kontak imaging plate dengan grid sejajar dan konsisten. Selain itu karena hasil evaluasi TO. MS1, TO. MS3 dan TO. MS4 memiliki kesamaan hasil dari pengamatan kedua kondisi baik itu menggunakan CR maupun film didapatkan bahwa penggunaan ketiga fantom tersebut dapat saling menggantikan atau hanya salah satunya saja yang digunakan dalam mengevaluasi uniformity suatu citra.

Hasil evaluasi TO. N3 untuk citra CR pada kondisi 66 kV-8 mAs memiliki loss contrast sebesar 4 % dan kondisi 109 kV-2.2 mAs memiliki loss contrast sebesar 2.7 %. Kemudian untuk citra film kondisi 66 kV-8 mAs memiliki loss contrast sebesar 9.7 % dan kondisi 109 kV-2 mAs memiliki loss contrast sebesar 5.6 %. Hal ini disebabkan karena pada kondisi 66 kV-8 mAs sinar-x yang dihasilkan tidak mampu untuk menembus objek sebaik kondisi 109 kV-2.2 mAs sehingga disc yang terdeteksi pada kondisi kV tinggi lebih banyak daripada kondisi biasa dan semakin banyak objek atau disc yang terdeteksi pada imaging plate atau film maka semakin kecil loss contrast yang terjadi pada kondisi penyinaran tersebut. Nominal loss contrast berdasarkan manual book dari fantom tersebut.

Hasil evaluasi TOR 18 FG dan TOR CDR pada citra CR dan film menunjukkan bahwa nilai sensitivitas kontras rendah dan kontras tinggi pada kondisi 66 kV-8 mAs lebih kecil daripada kondisi 109 kV-2.2 mAs. Hal ini disebabkan daya penetrasi yang semakin meningkat pada teknik kV tinggi dibandingkan teknik kV biasa menyebabkan berkurangnya variasi absorpsi dan

menaikkan hamburan, sehingga kontras yang dihasilkan akan lebih rendah, sebaliknya pada teknik kV biasa menyebabkan banyaknya variasi absorpsi, radiasi hambur kecil dan menghasilkan kontras yang lebih tinggi. Namun demikian kontras yang lebih rendah membuat jangkauannya semakin lebar. Oleh karena itu variasi objek yang dapat dilihat dengan menggunakan kondisi 109 kV-2.2 mAs lebih banyak daripada menggunakan kondisi 66 kV- 8 mAs sehingga cocok digunakan untuk mendiagnosis toraks.

Frekuensi spasial yang diperoleh pada kondisi 66 kV- 8 mAs pada citra CR sebesar 2.4 lp/mm dan 2.8 lp/mm untuk kondisi 109 kV-2.2 mAs serta pada citra film kondisi 66 kV-8 mAs diperoleh frekuensi spasialnya sebesar 2.8 lp/mm dan 3.55 lp/mm untuk kondisi 109 kV-2 mAs. Perlu diketahui bahwa pengertian frekuensi spasial pada evaluasi ini bukanlah frekuensi spasial yang berasal dari focal spot yang nilainya tetap sama tanpa dipengaruhi oleh besarnya kV namun dalam evaluasi ini frekuensi spasial merupakan detail yang menunjukkan kemampuan citra dalam memisahkan pasangan garis. Semakin besar nilai lp/mm maka detailnya pun semakin baik.

Apabila hasil evaluasi gray scale pada CR dan optical density pada film dengan menggunakan TO. GS2 dibandingkan dengan hasil evaluasi TOR CDR ternyata baik pixel value maupun grafiknya mempunyai kesamaan begitu juga ketika membandingkan hasil evaluasi pixel value terendah maupun tertinggi antara hasil evaluasi TO. GS2 dengan TOR 18 FG terdapat kemiripan hasil yang didapatkannya. Dan begitu pula ketika membandingkan nilai loss contrast antara TO. N3 dengan TOR 18 FG juga mempunyai hasil yang hampir sama. Dengan demikian dari hasil evaluasi didapatkan bahwa penggunaan fantom TOR 18 FG dan TOR CDR dapat mewakili TO. GS2 dan TO. N3 karena kedua fantom tersebut sudah memuat evaluasi secara menyeluruh baik itu sensitivitas kontras rendah, sensitivitas kontras tinggi, gray scale dan loss contrast. Selain itu, nilai hasil evaluasi TOR 18 FG dan TOR CDR baik itu sensitivitas kontras rendah, sensitivitas kontras tinggi maupun frekuensi spasial mempunyai nilai yang sama sehingga penggunaan keduanya pun dapat saling menggantikan satu sama lainnya.

Kemudian dari hasil evaluasi yang telah dilakukan oleh kedelapan fantom leeds tersebut diperoleh bahwa reseptor radiografi CR dan film mempunyai kelemahan dan kelebihan masing-masing untuk kondisi 66 kV-8 mAs dan kondisi 109 kV-2.2 mAs. Keterangan selengkapnya tertera pada table berikut ini.

Fantom	Evaluasi	CR		Film	
		66 kV	109 kV	66 kV	109 kV
TO. M1	Distorsi geometri	v	v	v	v
TO. GS2	Gray scale				v
TO.N3	Loss contrast		v		
TO.MS1	Uniformity	v	v	v	v
TO.MS3	Uniformity	v	v	v	v
TO.MS4	Uniformity	v	v	v	v
TOR 18FG	Sensitivitas kontras rendah		v		
	Gray scale				v
	frekuensi spasial				v
TOR CDR	Sensitivitas kontras rendah		v		
	sensitivitas kontras tinggi		v		v
	Gray scale				v
	frekuensi spasial				v

Dengan melihat tabel perbandingan CR dengan film menunjukkan bahwa citra CR yang dihasilkan oleh teknik kV tinggi pada kondisi 109 kV-2.2 mAs mempunyai frekuensi spasial yang lebih rendah dari teknik kV tinggi kondisi yang sama pada citra film sehingga kualitas citra yang dihasilkan oleh film lebih unggul daripada CR, namun demikian sensitivitas kontras rendah dan loss contrast pada citra CR kV tinggi pada kondisi yang sama lebih baik dari citra film kV tinggi sehingga lebih cocok digunakan untuk melihat kondisi thorax dalam kasus ini karena mempunyai banyak variasi objek yang bisa diamati.

BAB V

PENUTUP

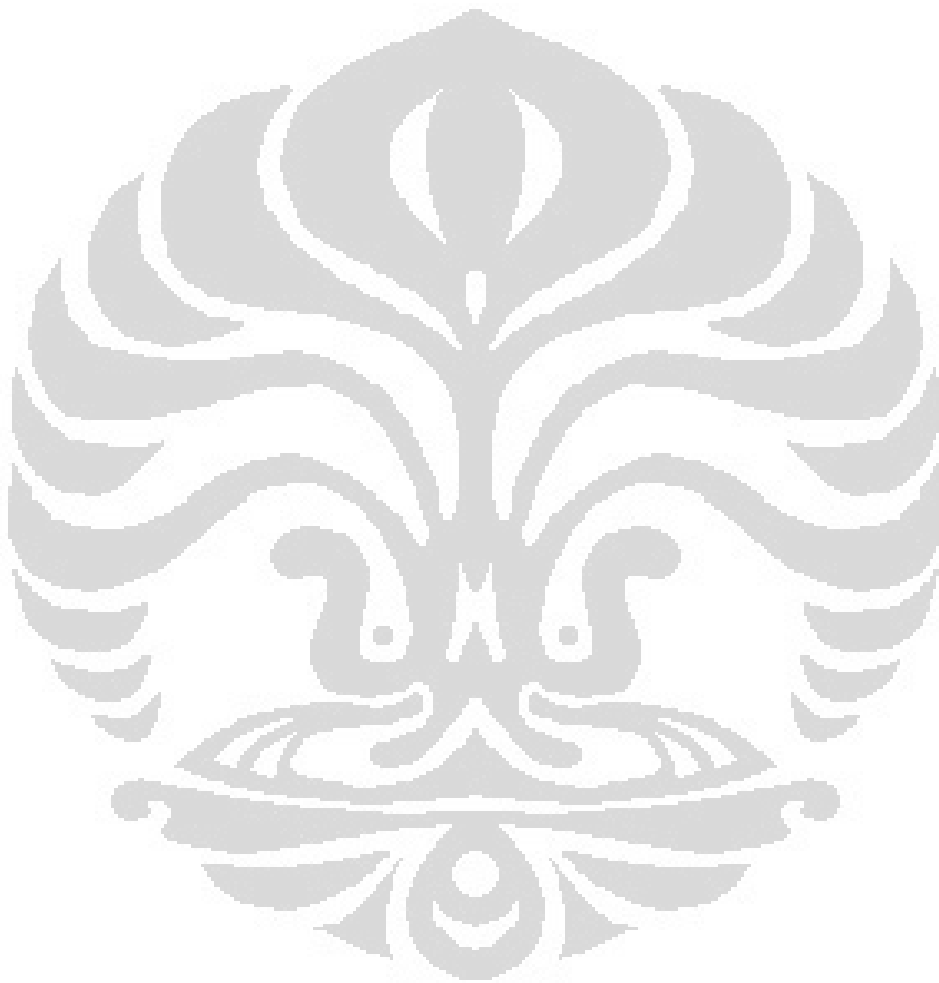
5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan :

- ❑ Hasil evaluasi TOR CDR sudah mencakup evaluasi loss contrast dan gray scale dan berdasarkan hasil penelitian evaluasi loss contrast dan gray scale TOR CDR mempunyai hasil yang sama sehingga penggunaannya dapat menggantikan TO. GS2 dan TO. N3.
- ❑ Hasil evaluasi uniformity TO. MS1, TO.MS3 dan TO.MS4 memberikan hasil yang sama pada penelitian ini, sehingga penggunaan ketiga fantom tersebut dapat saling menggantikan atau cukup salah satunya saja yang digunakan dalam mengevaluasi uniformity.
- ❑ Parameter TOR 18FG mencakup evaluasi resolusi spasial, sensitivitas kontras rendah, kondisi di kontras rendah dan kontras tinggi serta nilai maksimum-minimum pixel value atau optical density sehingga TOR 18FG memiliki parameter yang lebih luas dari TOR CDR.
- ❑ Hasil evaluasi nilai sensitivitas kontras rendah, sensitivitas kontras tinggi dan frekuensi spasial baik itu pada CR maupun film yang dilakukan oleh TOR 18FG dan TOR CDR memiliki nilai yang hampir sama sehingga penggunaan keduanya bisa saling menggantikan.
- ❑ Secara keseluruhan kualitas citra yang dihasilkan oleh film lebih baik daripada CR, namun demikian citra CR memiliki loss contrast dan sensitivitas kontras rendah yang lebih baik dari film, sehingga citra CR kondisi 109 kV-2.2 mAs lebih cocok digunakan untuk mendiagnosis thorax.

5.2 Saran

Penggunaan CR atau film disesuaikan dengan kebutuhan karena kedua reseptor radiografi tersebut mempunyai kelemahan dan kelebihan masing-masing. Untuk mengamati objek yang memiliki banyak variasi densitas maka lebih baik menggunakan CR dengan teknik kV tinggi agar jangkauan objek yang diamati menjadi lebih lebar dan variasi objek yang dapat diamati menjadi lebih banyak.



DAFTAR REFERENSI

1. European Commission 16260. *European Guidelines on Quality Criteria For Diagnostic Radiographic Images*. Luxemburg. 1996
2. dr. Gabriel, JF. *Fisika Kedokteran*. Departemen Fisika Universitas Udayana. Denpasar-Bali. Jakarta. ECG. 1996.
3. Bushberg, Jerrold.T. *The Essential Physics of Medical Imaging*. Lippincott Williams and Wilkins. Philadelphia. 2002
4. Steve Webb. *The Physics of Medical Imaging Science Series*. Institute of Physics. Publishing Bristol and Philadelphia. 1991
5. W.J Meredith, J.B. Massey. *Fundamental Physics of Radiology 2nd Edition*. Manchester. 1972
6. PP Dendy, B Heaton. *Physics for Diagnostic Radiologi 2nd Edition*. Institute of Physics. Publishing Bristol and Philadelphia. 1999
7. Podgorsak, Ervin B. (2003). *Review of Radiation Oncology Physics : A Handbook for Teachers and Students*. Vienna, Austria: Interantional Atomic Energy Agency.
8. Stewart C Bushong, *Radiologic science for radiologist*, Mosby inc, St Lois, Missouri, 2008
9. <http://www.leadstestobjects.com/> didownload pada 27 april 2011 pukul 14.30
10. http://www.google.co.id/imgres?imgurl=http://www.mrsdigitalxray.com/products/cr_cassettes.jpg/ didownload pada 11 april 2011 pukul 10.10
11. http://www.google.co.id/imgres?imgurl=http://rsna2007.rsna.org/rsna2007/V2007/services/exbdata/601/images/DirectViewElite_CarestreamRSNA%2520website.jpg / didownload pada 27 april 2011 pukul 12.00
12. <http://www.portalradiografi.web.id/berita-99-computer-radiografi.html> / didownload pada 11 april 2011 pukul 09.50
13. <http://rsbweb.nih.gov/ij/download.html/> didownload pada 27 april 2011 pukul 09.00

LAMPIRAN A

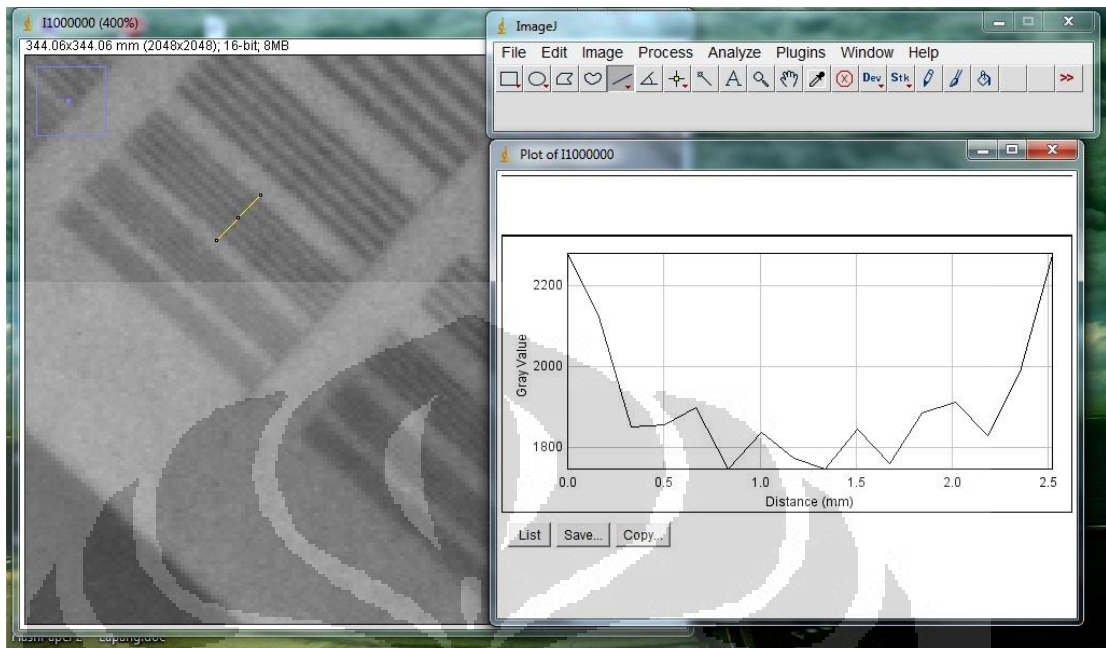


Gambar 1. citra fantom kondisi 66 kV-8 mAs

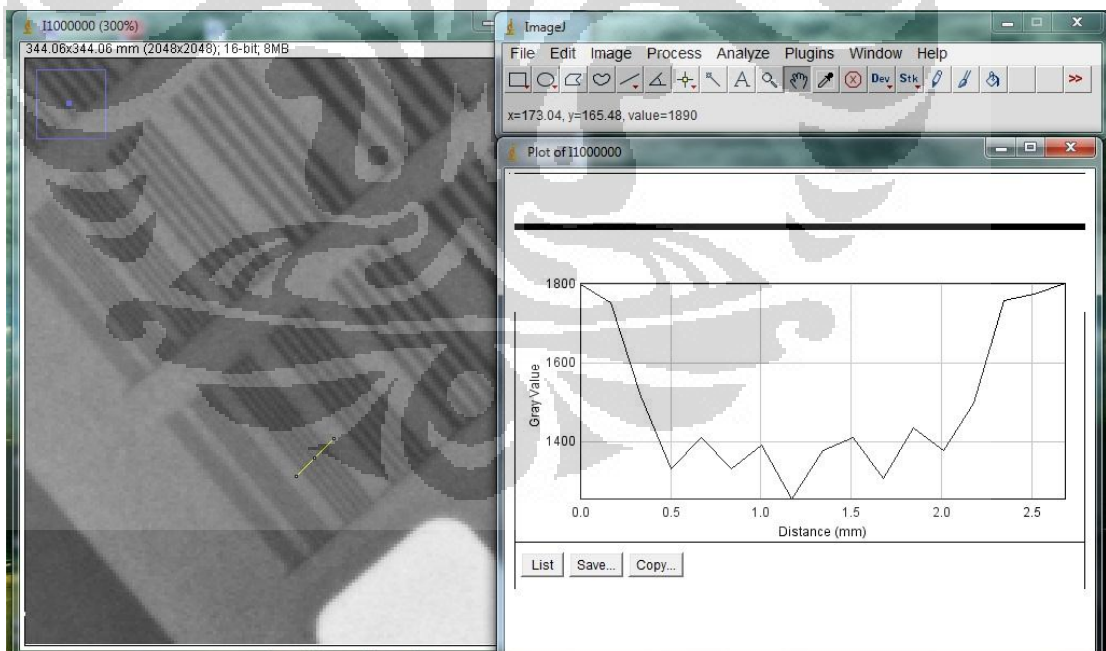


Gambar 2. citra fantom kondisi 109 kV-2.2 mAs

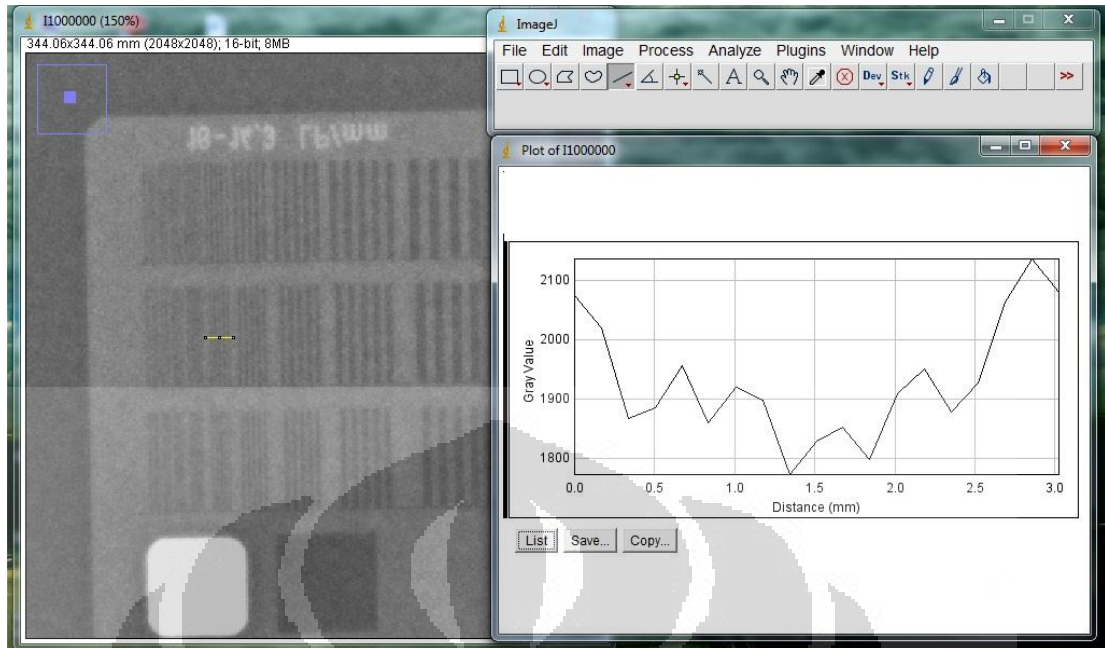
Hasil evaluasi citra CR :



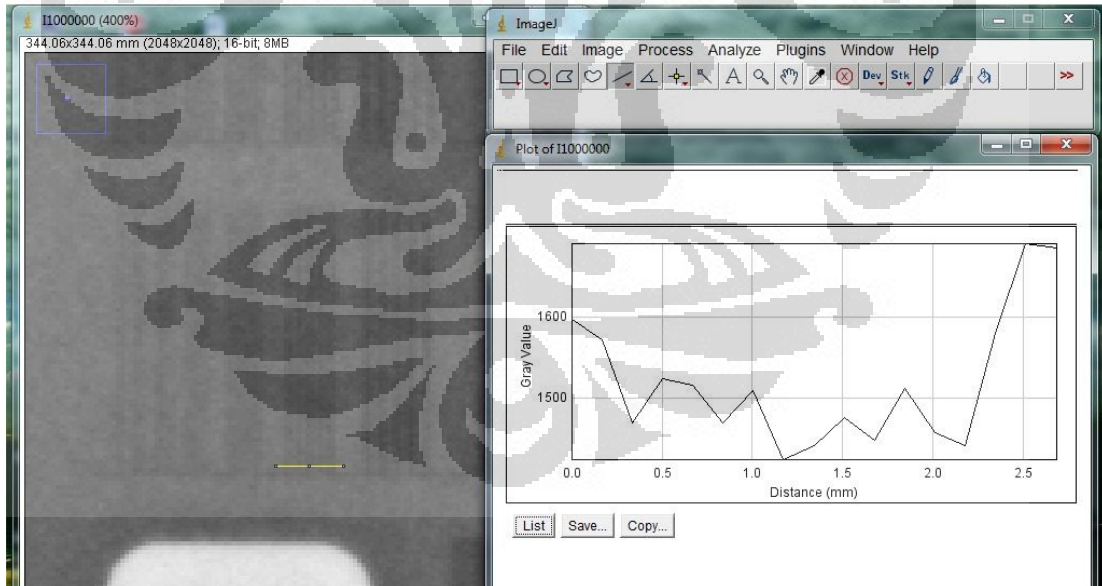
Gambar 3. Hasil evaluasi huttner dengan TOR 18 FG kondisi 66 kV-8 mAs



Gambar 4. Hasil evaluasi huttner dengan TOR 18 FG kondisi 109 kV-2.2 mAs

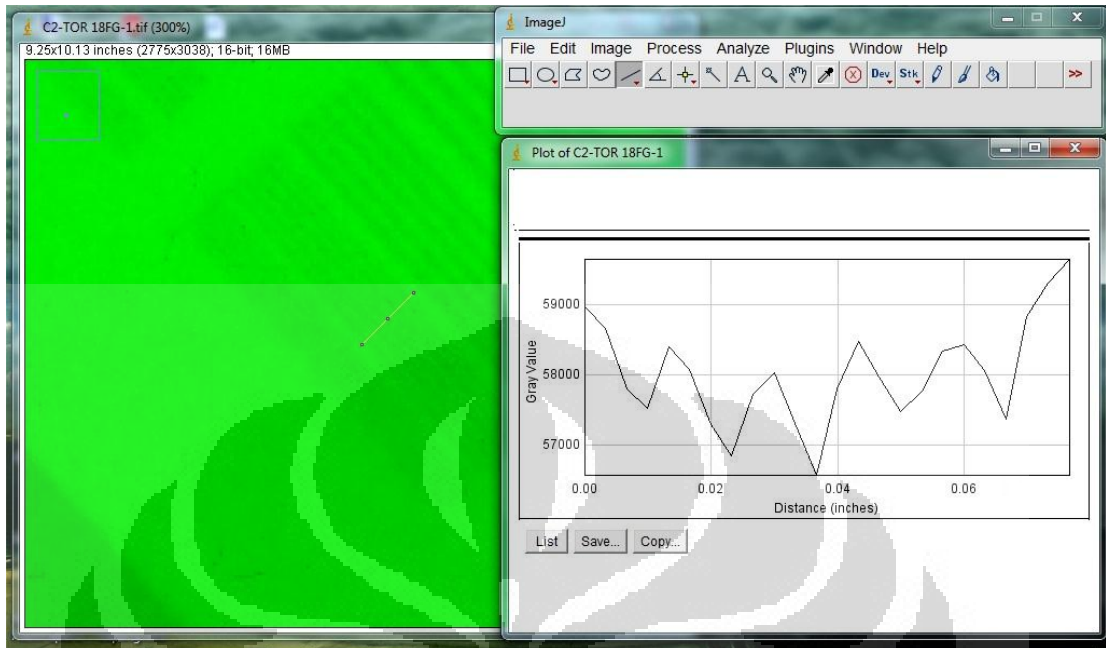


Gambar 5. Hasil evaluasi huttner dengan TOR CDR kondisi 66 kV-8 mAs

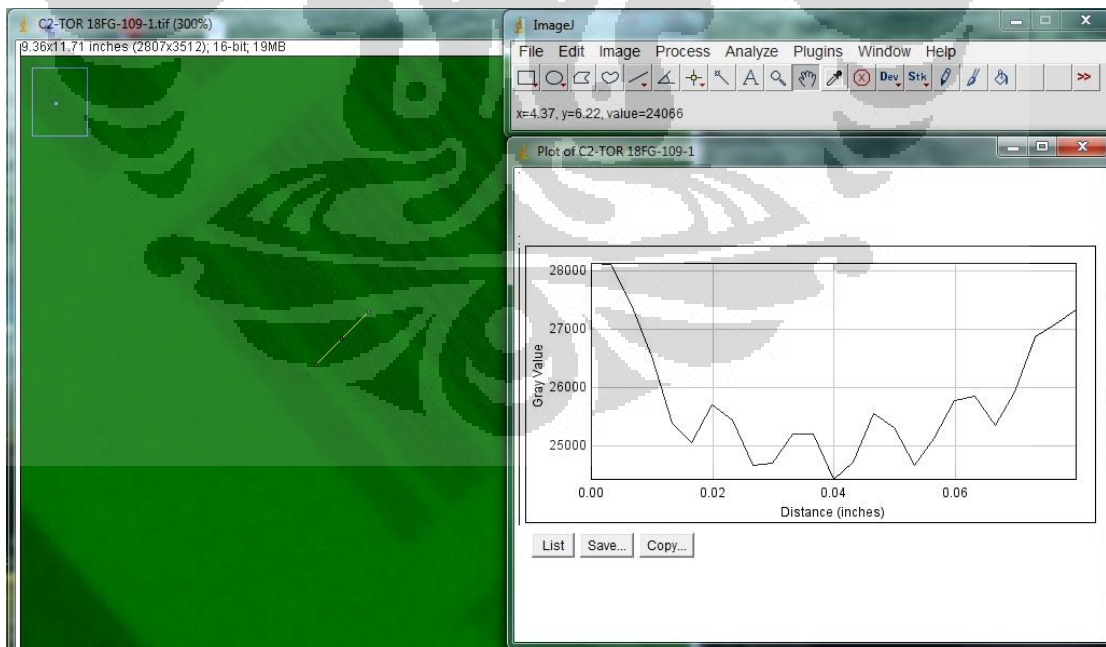


Gambar 6. Hasil evaluasi huttner dengan TOR CDR kondisi 109 kV-2.2 mAs

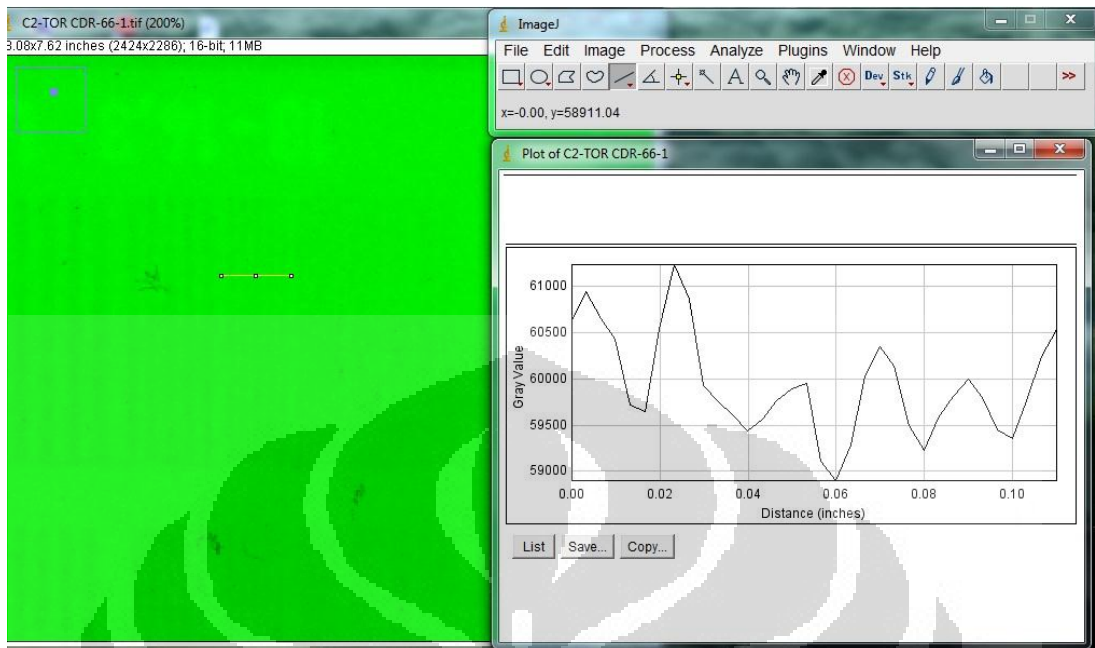
Hasil evaluasi citra film



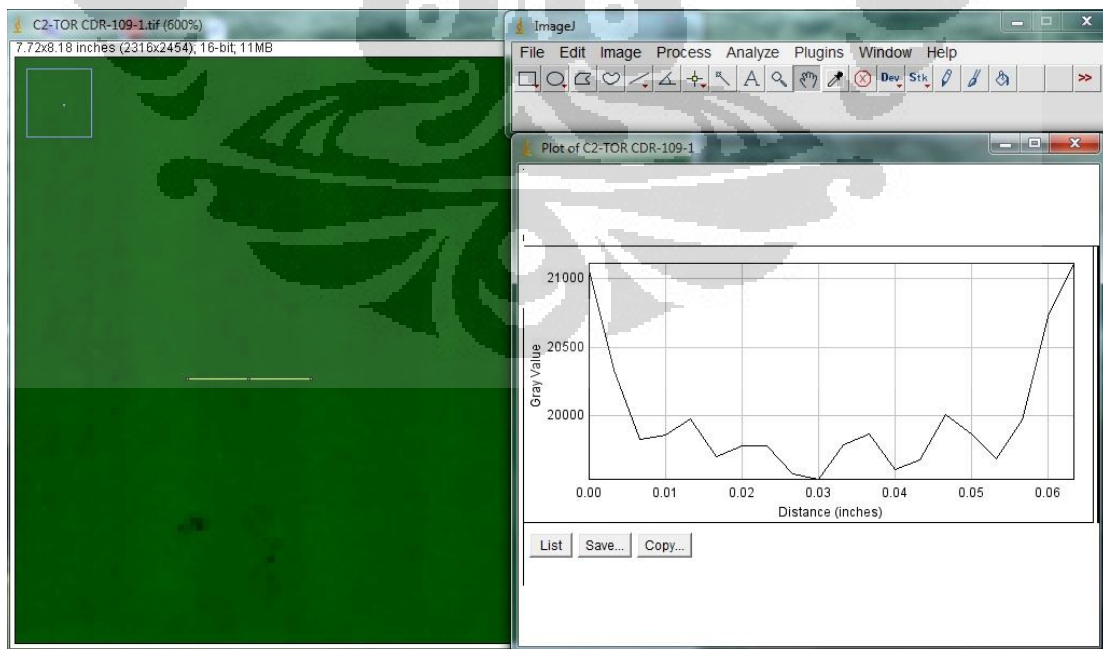
Gambar 7. Hasil evaluasi huttner dengan TOR 18 FG kondisi 66 kV-8 mAs



Gambar 8. Hasil evaluasi huttner dengan TOR 18 FG kondisi 109 kV-2.2 mAs



Gambar 9. Hasil evaluasi huttner dengan TOR CDR kondisi 66 kV-8 mAs



Gambar 10. Hasil evaluasi huttner dengan TOR CDR kondisi 109 kV-2.2 mAs

Type TO. N3

Loss Contrast

Detail Number	% Contrast	Detail Number	% Contrast
1	16	11	3.3
2	14.5	12	2.7
3	12.3	13	2.3
4	10.8	14	1.8
5	8.6	15	1.6
6	7.6	16	1.3
7	6.6	17	1.1
8	5.5	18	0.9
9	4.5	19	0.7
10	3.9		

Type TOR 18 FG

Sensitivitas kontras rendah

Disc Number	Nominal Contrast	Disc Number	Nominal Contrast
1	0.16	10	0.039
2	0.145	11	0.033
3	0.123	12	0.027
4	0.108	13	0.023
5	0.086	14	0.018
6	0.076	15	0.016
7	0.066	16	0.0135
8	0.055	17	0.0115
9	0.045	18	0.009

Frekuensi spasial

Group Number	Spatial frequency lp/mm	Group Number	Spatial frequency lp/mm
1	0.5	12	1.8
2	0.56	13	2
3	0.63	14	2.24
4	0.71	15	2.5
5	0.8	16	2.8
6	0.9	17	3.15
7	1	18	3.55
8	1.12	19	4
9	1.25	20	4.5
10	1.4	21	5
11	1.6		

Type TOR CDR

Sensitivitas kontras rendah

Disc Number	Nominal Contrast	Disc Number	Nominal Contrast
1	0.075	10	0.015
2	0.067	11	0.013
3	0.063	12	0.011
4	0.045	13	0.009
5	0.039	14	0.007
6	0.032	15	0.005
7	0.027	16	0.003
8	0.022	17	0.002
9	0.017		

Frekuensi spasial

Group Number	Spatial frequency lp/mm	Group Number	Spatial frequency lp/mm
1	0.5	16	2.8
2	0.56	17	3.15
3	0.63	18	3.55
4	0.71	19	4
5	0.8	20	4.5
6	0.9	21	5
7	1	22	5.6
8	1.12	23	6.3
9	1.25	24	7.1
10	1.4	25	8
11	1.6	26	8.9
12	1.8	27	10
13	2	28	11.1
14	2.24	29	12.5
15	2.5	30	14.3

Sensitivitas kontras tinggi

Disc Number	Nominal Contrast	Disc Number	Nominal Contrast
1	0.954	10	0.167
2	0.82	11	0.128
3	0.726	12	0.117
4	0.573	13	0.088
5	0.496	14	0.067
6	0.36	15	0.061
7	0.302	16	0.045
8	0.238	17	0.039
9	0.203		