

## Variasi Nilai Eksposi Aturan 15 Persen pada Radiografi Menggunakan *Imaging Plate* untuk Mendapatkan Kontras Tertinggi

Sartinah<sup>1</sup>, Sumariyah<sup>2</sup>, N. Ayu K.U<sup>3</sup>.

1. RS Elisabeth Semarang,
2. Lab. Elektronika & Instrumentasi, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP
3. Lab. Fisika Zat Padat, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP

### ABSTRACT

The study about implementation of 15 % rule for getting the highest contrast of radiograph from Computed Radiography has been done. Computed Radiography that has been used in this research was Diagnost 65 Equipment with Step wedge as object, Imaging Plate as the storage system of digital data that will be treated to become image. Diagnost 65 Computed Radiography was operated with exposure factors such as; 50 kV/80 mAs, 60 kV/40mAs, 80 kV/10 mAs, 100 kV/2.5 mAs and 110 kV/1.25 mAs with plus and minus variation of 15 % voltage. Print out Radiograph by using Laser Printer was measured its densities by using densitometer. Value of densities and kontras of exposure standard were compared with value of densities and kontras of exposure with plus and minus variation of 15 % rule. By using kontras obtained, the highest contrast was identified. The Results research show trend of densities value; its increase thick step wedge hence the density is smaller and increase thin step wedge hence the ever greater density. Highest radiograph contrast value got at various value exposure with voltage drop of tube 15% with twice of the current was multiplied the time. From this research yielded spread implementation of 15 % rule for computed radiography at various the exposure factors 60 kV-110kV.

Keywords: 15%-rule, radiograph contrast

### INTISARI

Studi tentang penerapan aturan 15 persen untuk mendapatkan kontras tertinggi pada radiograf dari Computed Radiography telah dilakukan. Computed Radiography yang digunakan dalam penelitian ini adalah pesawat Diagnost 65 dengan Stepwedge sebagai objek, Imaging Plate sebagai perangkat penyimpanan data digital untuk diolah menjadi citra. Pesawat Diagnost 65 dioperasikan dengan faktor eksposi 50 kV/80 mAs, 60 kV/40mAs, 80 kV/10 mAs, 100 kV/2,5 mAs dan 110 kV/1,25 mAs dengan variasi penambahan dan penurunan tegangan sebesar 15 %. Radiograf hasil print out dengan printer laser diukur nilai densitasnya dengan densitometer. Nilai densitas dan kontras yang dihasilkan dari eksposi dasar dibandingkan dengan nilai densitas hasil dari nilai variasi penambahan dan penurunan tegangan sebesar 15 %. Melalui nilai kontras yang diperoleh dapat ditentukan nilai kontras tertinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan pola nilai densitas yang sama; semakin tebal stepwedge maka densitas semakin kecil dan semakin tipis stepwedge maka densitasnya semakin besar. Nilai kontras radiograf tertinggi didapatkan pada variasi nilai eksposi dengan penurunan tegangan tabung sebesar 15 % dan menduakalikan arus kali waktu. Dari penelitian ini dihasilkan rentang berlakunya aturan 15 % untuk Computed Radiography pada variasi eksposi 60 kV – 110 kV.

### PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan sains dan teknologi bidang kesehatan, teknologi di bidang radiologipun terus mengalami perubahan. Diawali dengan pengenalan manusia dengan sinar-X pada saat ditemukannya sinar-X oleh Wilhelm Conrad Roentgen, seorang ahli fisika

bangsa Jerman pada tahun 1895 [1]. Roentgen mengambil fotografi sinar-X pertama dari bagian dalam objek logam dan tulang tangan istrinya. Tentu saja radiograf pertama yang dihasilkan tidaklah memiliki kualitas yang sama seperti radiograf jaman sekarang. Kualitas radiograf adalah kemampuan radiograf

dalam memberikan informasi yang jelas mengenai objek atau organ yang diperiksa. Kualitas radiograf ditentukan oleh beberapa komponen antara lain; densitas, kontras, ketajaman, dan detail [2].

Di era teknologi komputer dan data digital telah dikembangkan teknik pemeriksaan radiografi berbasis komputer dengan tujuan menghasilkan radiograf yang lebih berkualitas. Teknologi *Computed Radiography* (CR) diperkenalkan oleh *Fujifilm Medical Systems* pada tahun 1980. *Computed Radiography* merupakan teknik pemeriksaan *Digital Radiography* yang tidak langsung. Diperlukan sebuah *imaging plate* untuk menangkap berkas sinar-X yang telah melewati tubuh pasien sebelum ditrasfer ke suatu komputer [3]. *Imaging Plate* merupakan lembaran yang dapat menangkap dan menyimpan bayangan laten, terdiri dari lapisan *phosphor* dan lapisan pendukung. *Imaging plate* biasanya digunakan dengan ditempatkan ke dalam kaset *imaging plate*. Fungsi *imaging plate* sebagai penangkap gambar dari pasien yang dieksposi seperti pada film konvensional [4]. Perubahan teknik pemeriksaan radiografi secara konvensional ke *computed radiography* tentu membawa perubahan pengaturan nilai eksposi. Untuk menentukan nilai eksposi baru dapat digunakan beberapa variasi antara lain variasi tegangan terhadap kuat arus kali waktu, variasi kuat arus kali waktu terhadap *focus film distance* (FFD) dan variasi nilai eksposi terhadap penggunaan *grid* [5].

Ditemukan juga suatu aturan yang dikenal dengan aturan 15 % yang menyatakan bahwa kenaikan 15 % dari tegangan tabung akan menyebabkan penggandaan eksposi pada film dan penurunan sebesar 15 % dari tegangan tabung menyebabkan eksposi pada film menjadi separuhnya [6]. Endah (2004) telah membuktikan penggunaan variasi nilai eksposi aturan 15 % dengan faktor eksposi 60 kV/8 mAs pada pesawat sinar-

X merk Shimadzu dan pesawat sinar-X merk Trophy. Dengan adanya pembuktian aturan 15 % untuk mendapatkan kontras yang optimal pada radiografi menggunakan film dan *intensifying screen* tersebut, penelitian ini digunakan untuk membuktikan nilai densitas yang didapatkan, juga nilai kontras yang diperoleh pada pemeriksaan radiografi dengan *imaging plate* sehingga diharapkan dengan aturan ini dapat juga dicari hasil radiograf dengan kontras yang tertinggi.

### **Faktor Eksposi**

Faktor eksposi yaitu faktor yang mempengaruhi dan menentukan kualitas dan kuantitas dari penyinaran radiasi sinar-X yang diperlukan dalam pembuatan gambar radiografi. Secara garis besar faktor eksposi terbagi menjadi dua bagian yaitu *prime exposure factor* dan faktor lainnya *X-Ray imaging* [2].

#### ***Prime Exposure Factor***

Faktor utama yang berpengaruh pada kualitas dan kuantitas sinar-X yaitu:

1. Tegangan Tabung
2. Arus Tabung Sinar-X
3. Lamanya Waktu Penyinaran
4. Jarak Antara Tabung Dengan *Image Reseptor*

#### ***Imaging System Characteristics***

Faktor-faktor yang termasuk dalam kategori ini antara lain:

1. 1. Ukuran *Focal Spot*
2. 2. Penggunaan Filter
3. 3. Generator Tingkat Tinggi

Faktor lain yang juga ikut berpengaruh pada pembentukan gambar antara lain [7]:

1. 1. Kolimasi
2. 2. Penggunaan *Grid*
3. 3. Penggunaan kombinasi *film screen*
4. 4. *Processing* pencucian film

### **Radiasi Hambur**

Radiasi hambur dihasilkan ketika berkas sinar guna diterima oleh objek yang menyebabkan beberapa sinar-X terhambur. Dua jenis sinar-X yang mampu menghasilkan densitas pada radiograf yaitu

radiasi yang melewati pasien tanpa interaksi dan radiasi yang melalui interaksi Compton. Sinar-X yang keluar dari tubuh pasien disebut sinar-X sisa yang menghasilkan gambaran sinar-X pada film.

#### Aturan 15 %

Aturan 15 % adalah aturan yang menyatakan bahwa menaikkan sebesar 15% tegangan tabung akan menyebabkan dua kali eksposi yang mengenai film, sedangkan menurunkan 15 % tegangan mengakibatkan eksposi menjadi setengahnya. Aturan 15 % akan lebih tepat digunakan pada rentang 60 – 100 kV. Aturan ini mungkin lebih akurat pada pemeriksaan abdomen dengan ketebalan 20 cm [6].

Perubahan tegangan tabung merupakan metode pilihan untuk mengubah kontras gambar, sebagai akibatnya dengan menggunakan aturan 15 % akan selalu mengubah kontras gambar. Jika perubahan kontras yang diinginkan maka aturan 15 % merupakan metode yang tepat untuk mempertahankan densitasnya. Jika yang diinginkan hanya perubahan densitas maka seharusnya aturan 15 % ini tidak digunakan karena akan menyebabkan perubahan pada kontras pula. Jika perubahan densitas yang diinginkan, hanya diperlukan variasi perkalian arus tabung dan waktu (mAs) karena faktor yang mengatur densitas adalah mAs.

#### Fuji Computed Radiography Profect CS

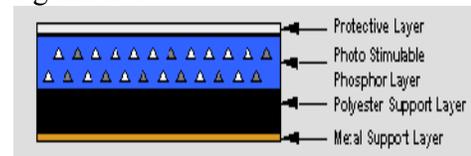
*Fuji Computed Radiography Profect CS* merupakan *Fuji Computed Radiography* produksi Fujifilm generasi terbaru. Suatu generasi yang memberikan aplikasi-aplikasi yang diharapkan untuk mendapatkan kualitas gambar yang optimal. *Fuji Computed Radiography Profect CS* memiliki kapasitas untuk memproses mammografi dan radiografi standar lainnya. Selain itu *Fuji Computed Radiography Profect CS* memiliki 4 *cassette stacker* dan *CR Console's* yang mudah pengoperasiannya sehingga pekerjaan menjadi efisien dengan mutu hasil yang meningkat [8].

*Fuji Computed Radiography Profect CS* memiliki beberapa komponen yang sangat berkaitan satu sama lain; *Imaging Plate*, *Image Reader*, *FCR Data Management System*, *Sistem Komputer*, *Laser Printer*.

#### Imaging Plate

*Imaging plate* merupakan lembaran yang dapat menangkap dan menyimpan bayangan laten, terdiri dari lapisan *phosphor* dan lapisan pendukung. *Imaging plate* biasanya digunakan dengan ditempatkan ke dalam kaset *imaging plate*. Fungsi *imaging plate* sebagai penangkap gambar dari pasien yang dieksposi seperti pada film konvensional.

Struktur *Imaging Plate* terdiri dari; *Protective Layer*, *Phosphor Layer*, *Supporting Layer*, *Backing Layer*, *Bar Code Layer*. Struktur *Imaging Plate* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Struktur *Plate Imaging* [8]

Proses pembentukan gambar yang terjadi pada *imaging plate* dimulai pada saat dieksposi, *imaging plate* akan menangkap energi dan disimpan oleh bahan *phosphor*. *Imaging plate* yang telah dieksposi selanjutnya dimasukkan ke dalam *Fuji Computed Radiography*. Dengan *laser scanner* hasil eksposi pada *imaging plate* dibaca dan diubah menjadi sinyal digital yang selanjutnya ditampilkan pada monitor komputer yang didukung oleh *software* khusus untuk *medical imaging* sehingga gambar dapat diperbaiki pada tampilannya yang bertujuan untuk memudahkan dalam menegakkan diagnosa suatu penyakit [4].

#### Image Reader

Merupakan alat pengolah dari gambaran *laten* pada *imaging plate* menjadi data *digital*. Gambaran *laten* pada *Imaging plate* dibaca dengan *laser*

*scanner*, setelah diubah menjadi data dapat diolah dengan bantuan komputer untuk memberikan data baik tentang pasien maupun segi teknis. Dengan *image reader* memungkinkan mendapatkan gambaran dalam waktu yang singkat, dibuat untuk mendapatkan *image* yang stabil dan berkualitas serta untuk meminimal radiasi yang dikeluarkan [4].

### **Fuji Computed Radiography Data Management System**

*Sistem Management Database (DBMS)* merupakan sistem pengolah pada *Fuji Computed Radiography* adalah suatu tatanan pengolahan data-data dengan menggunakan komputer mencakup pemberian identitas, modifikasi gambar, membuat format untuk dicetak ke film, serta mengatur penyimpanan data. Data-data dapat disimpan pada *hardisk*, namun karena *hardisk* mempunyai keterbatasan baik dalam rentang waktu untuk menyimpan dan kapasitasnya, maka database tersebut dapat disimpan dalam *CD* maupun *flash disk*.

### **Sistem Komputer**

Agar komputer dapat digunakan untuk mengolah data maka harus berbentuk sistem komputer. Sistem adalah jaringan dari elemen yang saling berhubungan membentuk satu kesatuan untuk melaksanakan suatu tujuan pokok dari sistem tersebut. Tujuan pokok dari sistem komputer adalah mengolah data untuk menghasilkan informasi.

### **Laser Printer**

Ada beberapa istilah untuk menyebut alat ini, antara lain *Laser Imager*, *Film Processor*, *Image Recorder*, *Laser Printer*, namun melihat perkembangan yang ada lebih lazim disebut dengan *Laser Printer*. *Laser Printer* merupakan alat pengolah gambar dan memprosesnya di atas film. Dilengkapi dengan *Multi-Formater Main Features* yang memungkinkan untuk memformat gambar, dan mengolah gambar lebih tajam, dapat mengolah radiograf dengan kecepatan tinggi serta

menghasilkan kualitas yang baik dan stabil [4].

### **Kualitas Radiograf**

Kualitas radiograf adalah kemampuan radiograf dalam memberikan informasi yang jelas mengenai objek atau organ yang diperiksa. Kualitas radiograf ditentukan oleh beberapa komponen antara lain: densitas, kontras, ketajaman, dan detail [2].

### **Densitas Optik**

Densitas merupakan derajat kehitaman dari suatu radiograf. Densitas optik adalah logaritma perbandingan dari 10 tingkatan dari nilai penyinaran yang dilewatkan pada film. Densitas tertinggi yang dapat dihasilkan adalah bernilai 4 dan densitas terendah bernilai kurang dari 0,2. Nilai densitas yang didapat dilihat langsung oleh mata manusia berkisar antara 0,25 – 2,5 yang dikenal dengan rentang densitas guna. Densitas fotografi didefinisikan sebagai:

$$D = \log \frac{I_0}{I_1} \quad (1)$$

dengan  $D$  menyatakan densitas,  $I_0$  menyatakan sinar yang menuju ke film, sedangkan  $I_1$  menyatakan sinar yang diteruskan ke film [2].

### **Kontras**

Kontras adalah perbedaan derajat kehitaman antara bagian yang membentuk radiograf. Kontras merupakan perbedaan densitas antara daerah yang terang dengan daerah yang gelap [9]. Perbedaan derajat kehitaman dirumuskan dengan:

$$C = D_2 - D_1 \quad (2)$$

dengan  $C$  menyatakan kontras,  $D_2$  menyatakan densitas pada daerah ke 2 dan  $D_1$  menyatakan densitas pada daerah 1.

### **Ketajaman**

Radiograf dikatakan memiliki ketajaman optimum apabila batas antara bayangan satu dengan bayangan lain dapat terlihat jelas. Ketidaktajaman radiograf

dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: faktor geometri, faktor sistem perekaman bayangan, efek paralak, karakteristik film dan faktor pergerakan [10].

**Detail**

Detail radiograf menggambarkan ketajaman dengan struktur-struktur terkecil dari radiograf. Faktor-faktor yang berpengaruh pada detail adalah faktor geometri antara lain ukuran *focal spot*, FFD (*Focus Film Distance*) dan FOD (*film Object Distance*) [2].

**METODE PENELITIAN**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

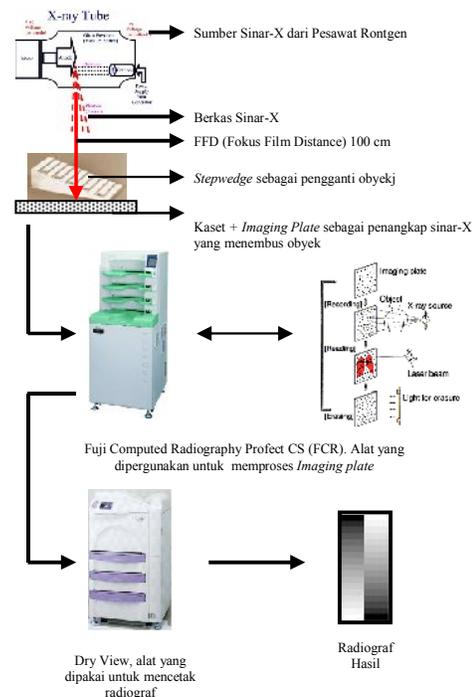
1. Pesawat sinar-X, sebagai pembangkit sinar-X
2. Stepwedge, sebagai pengganti objek.
3. *Imaging Plate*, sebagai penangkap dan penyimpan bayangan laten untuk diubah menjadi data digital.
4. Kaset sinar-X, sebagai tempat *Imaging Plate*.
5. Fuji Computed Radiography (FCR), alat untuk memproses *Imaging plate*.
6. Laser printer, alat untuk mencetak radiograf.
7. Densitometer sebagai pengukur densitas dari radiograf.
8. DRY Imaging Film

**Tahapan Penelitian**

- a. Tahapan penelitian untuk mengetahui nilai kontras yang dihasilkan pada pemeriksaan dengan nilai eksposi dasar:
  1. Persiapan alat dan bahan
  2. Pembuatan radiograf dengan objek *stepwedge*
  3. Pengaturan eksposi dengan nilai eksposi 50 kV/80 mAs, 60 kV/40 mAs, 80 kV/10 mAs, 100 kV/2,5 mAs dan 110 kV/1,25 mAs dengan *fokus film distance* (FFD) 100 cm
  4. Pengukuran densitas yang dihasilkan dengan menggunakan densitometer.

5. Pencarian nilai kontras yang dihasilkan.
- b. Tahapan penelitian untuk mengetahui nilai kontras yang dihasilkan pada pemeriksaan dengan variasi nilai eksposi aturan 15 persen:
  1. Persiapan alat dan bahan
  2. Pembuatan radiograf dengan objek *stepwedge*
  3. Pengaturan eksposi dengan variasi nilai eksposi aturan 15 persen dengan *fokus film distance* (FFD) 100 cm
  4. Pengukuran densitas yang dihasilkan dengan menggunakan densitometer.
  5. Pencarian nilai kontras yang dihasilkan.
- c. Perbandingan nilai kontras yang dihasilkan.

**Skema Peralatan**



Gambar 2. Skema Peralatan

**Analisa Hasil**

*Imaging plate* yang sudah dikenai sinar-X, setelah diproses dengan komputer radiografi akan diperoleh radiograf dengan densitas yang bertingkat sesuai dengan ketebalan *stepwedge*. Hubungan antara densitas dan ketebalan *stepwedge* dibuat grafik perubahan nilai densitas terhadap ketebalan *stepwedge* yang dihasilkan pada masing-masing perubahan nilai eksposi dengan kenaikan dan penurunan tegangan tabung 15 %.

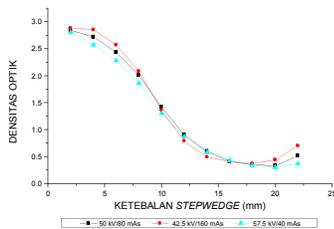
Dari nilai densitas yang dihasilkan pada setiap perubahan nilai eksposi dengan kenaikan dan penurunan tegangan tabung 15 % dicari nilai kontras. Dari masing-masing nilai kontras yang dihasilkan dapat dilihat kenaikan atau penurunan kontras dan dibandingkan dengan kontras yang dihasilkan pada radiograf dengan faktor eksposi dasar.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

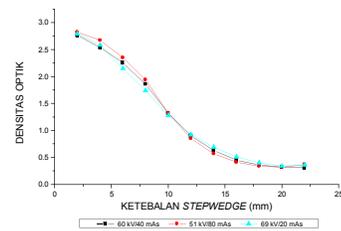
Hasil penelitian, yang menunjukkan hubungan perubahan nilai densitas serta kontras radiograf terhadap ketebalan *stepwedge* pada variasi nilai eksposi aturan 15 %.

**Densitas Radiograf**

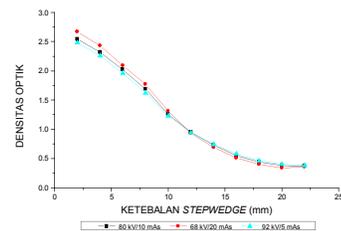
Grafik perubahan nilai densitas terhadap ketebalan *stepwedge* untuk variasi aturan 15 % terlihat pada gambar 3 sampai 7:



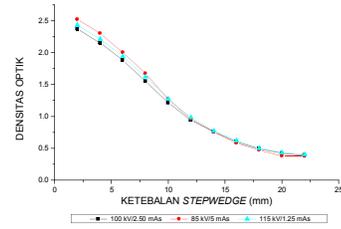
Gambar 3 Grafik hubungan perubahan nilai densitas terhadap ketebalan *stepwedge* untuk variasi aturan 15 % dengan faktor eksposi 50 kV/80 mAs



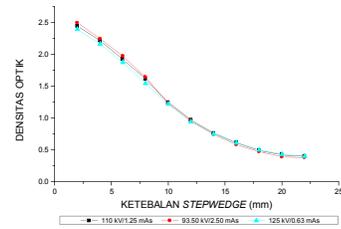
Gambar 4 Grafik hubungan perubahan nilai densitas terhadap ketebalan *stepwedge* untuk variasi aturan 15 % dengan faktor eksposi 60 kV/40 mAs



Gambar 5 Grafik hubungan perubahan nilai densitas terhadap ketebalan *stepwedge* untuk variasi aturan 15 % dengan faktor eksposi 80 kV/10 mAs



Gambar 6 Grafik hubungan perubahan nilai densitas terhadap ketebalan *stepwedge* untuk variasi aturan 15 % dengan faktor eksposi 100 kV/2,50 mAs

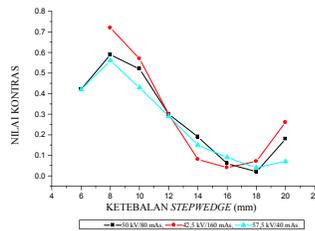


Gambar 7 Grafik hubungan perubahan nilai densitas terhadap ketebalan *stepwedge* untuk variasi aturan 15 % dengan faktor eksposi 110 kV/1,25 mAs

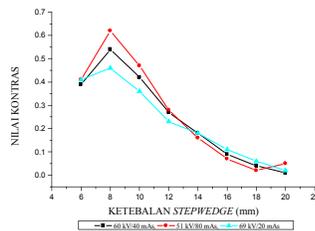
Dari grafik pada gambar 3 sampai 7, untuk semua keadaan dapat dilihat bahwa semakin tebal *stepwedge* maka densitasnya semakin kecil dan semakin tipis *stepwedge* maka densitasnya semakin besar.

**Kontras Radiograf**

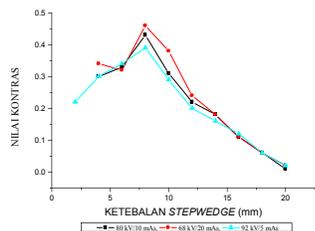
Grafik hubungan perubahan nilai kontras terhadap ketebalan *stepwedge* untuk variasi aturan 15 % terlihat pada gambar 8 sampai 12:



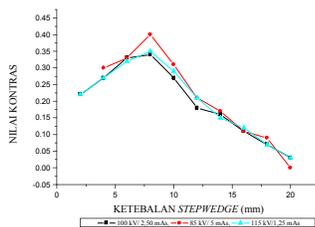
Gambar 8 Grafik hubungan perubahan nilai kontras terhadap ketebalan *stepwedge* untuk variasi aturan 15 % dengan faktor eksposi 50 kV/80 mAs



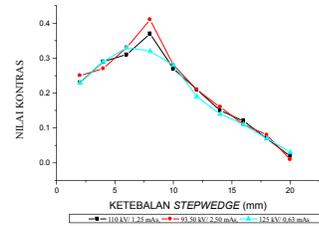
Gambar 9 Grafik hubungan perubahan nilai kontras terhadap ketebalan *stepwedge* untuk variasi aturan 15 % dengan faktor eksposi 60 kV/40 mAs



Gambar 10 Grafik hubungan perubahan nilai kontras terhadap ketebalan *stepwedge* untuk variasi aturan 15 % dengan faktor eksposi 80 kV/10 mAs



Gambar 11 Grafik hubungan perubahan nilai kontras terhadap ketebalan *stepwedge* untuk variasi aturan 15 % dengan faktor eksposi 100 kV/2,50 mAs



Gambar 12 Grafik hubungan perubahan nilai kontras terhadap ketebalan *stepwedge* untuk variasi aturan 15 % dengan faktor eksposi 110 kV/1,25 mAs

Dari grafik pada gambar 13 hingga 17 semua keadaan dapat dilihat bahwa nilai eksposi variasi penurunan 15 % menghasilkan nilai kontras yang paling tinggi pada *stepwedge* ketebalan 8 mm, setara dengan jaringan *mammo* (pada pemeriksaan *mammografi* menggunakan *imaging plate*), jaringan otak (pada pemeriksaan *ct-scan* kepala orang dewasa normal).

**KESIMPULAN**

1. Penggunaan variasi nilai eksposi aturan 15 % dengan faktor eksposi 50kV/80mAs, 60 kV/40 mAs, 80 kV/10 mAs, 100 kV/2,50 mAs dan 110 kV/1,25 mAs didapatkan pola yang sama; semakin tebal *stepwedge* maka densitasnya semakin kecil dan semakin tipis *stepwedge* maka densitasnya semakin besar. Dengan selisih relatif densitas maksimal antara faktor eksposidan penurunan 15 % secara berturut-turut; 19%, 13 %, 13 %, 15 % dan 5 %. Selisih relative densitas maksimal antara faktor eksposi dasar dan kenaikan 15 % secara berturut-turut: 15 %, 10 %, 6 %, 7 % dan 5 %.
2. Nilai kontras objektif dari variasi penurunan 15 % dengan faktor eksposi 50 kV/80 mAs, 60 kV/40 mAs, 80 kV/10 mAs, 100 kV/2,50 mAs dan 110 kV/1,25 mAs

menghasilkan nilai kontras yang paling tinggi. Nilai kontras yang dihasilkan secara berturut-turut; 0,29, 0,26, 0,23, 0,21 dan 0,21. Sehingga kontras tertinggi 0,29 didapatkan pada variasi faktor eksposi 50 kV/80 mAs dan penurunan tegangan tabung sebesar 15 % (42.5 kV/160 mAs) dan menduakalikan arus dikalikan waktunya.

Nilai eksposi variasi penurunan 15 % menghasilkan nilai kontras yang paling tinggi pada *stepwedge* ketebalan 8 mm, setara dengan jaringan *mammo* (pada pemeriksaan *mammografi* menggunakan *imaging plate*), jaringan otak (pada pemeriksaan *ct-scan* kepala orang dewasa normal).

3. Hasil penelitian variasi nilai eksposi aturan 15 % dengan *imaging plate* pada pesawat merk Philips Diagnost 65 dihasilkan rentang berlakunya aturan 15 % pada variasi faktor eksposi 60kV-110 kV

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akhadi, 2000, *Dasar-Dasar Proteksi radiasi*, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- [2] Bushong, S.C., 2001, *Radiologic Science for Technologists*, Seventh Edition, Mosby Company, Toronto
- [3] Mattoon, J.S., DVM, DACVR, 2004, *Computed Radiography*, Tersedia pada [www.VetLearn.com](http://www.VetLearn.com), diakses 5 Maret 2008, pk. 19.14 wib.
- [4] Huang, H.K., 1999, *PACS Basic Principles And Application*, A. John Wiley & Sons, INC., Publication New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto
- [5] Jenkins, David, 1980, *Radiographic Photography and Imaging Processes*, An Aspen publications, Aspen publishers, Rockville, Maryland.
- [6] Carlton, Rick dan Adler, Arlene 2001, *Principles of Radiographic Imaging an Art and Science*, 3<sup>rd</sup> edition, Arkansas State University
- [7] Ball, John dan Price, Tony, 1988, *Chesney Radiographic Imaging*, 5<sup>th</sup> edition, Blackwell Publication, Oxford London, Edinburg Boston, Melbourne.
- [8] Anonim, 2007, *FCR PROTECT CS Operation Manual*, FUJIFILM Corporation.
- [9] Selman, J., M.D., *The Fundamentals of X-ray and Radium Physics*, 1955 Charles C Thomas, Publisher, Springfield, Illinois, U.S.A
- [10] Meredith, W. J. dan Massey, J.B., 1977, *Fundamental Physics of Radiology*, Bristol: John Wright and Sons Ltd.