

PERHITUNGAN NILAI DOSIS DAN KONTRAS CITRA *COMPUTED RADIOGRAPHY* (CR) DENGAN VARIASI KETEBALAN DAN KOMBINASI JENIS FILTER

Dessy Dian Monita Pardede dan Evi Setiawati

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

Email: dessymonita30@gmail.com

ABSTRACT

The research about calculation of dose values and image contrast computed radiography has done with thickness variation and combination type filter. Additional filters are ideal able to absorb all of the energy is low and continuing high energy X-rays. Materials filters are often used in radiodiagnostic is Aluminum (Al). This researc used material such aluminum (Al), stainless steel (Ss), Zinc (Zn) and combine the filter to get low dose withhigh contrast quality.

The thickness of the filter are 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm, 2 mm of the three types of filter material with maximum combination thickness of the filter material is 2 mm. Irradiation performed with a Shimadzu brand X plane by a factor of 3.55 eksposi 50 kVp and mAs with an area of 15 x 15 cm field using the object stepwedge. Dose measurements performed with the detector R100B while the contrast of the image is determined by calculating the gray value of image by using the technique of ROI (Region of Interest) on any object thickness stepwedge.

Measurement of dose and image contrast value obtained some filters that generate a low dose with high image contrast. The use of one type of filter that produces low-dose and high image contrast are on filters Al 0.5 mm, Al 1 mm, Al 1.5 mm, Al 2 mm, Zn 0.5 mm, Zn 1 mm, Ss 0.5 mm. While the use of a combination of the type of filter that produces a low-dose and high image contrast value are on 0.5 mm Al + Zn 0.5 mm, 1 mm Al + Zn 0.5 mm, 0.5 mm Al + 0.5 mm Ss, 1.5 mm Al + Zn 0.5 mm, 1.5 mm Al + 0.5 mm Ss and Ss 0.5 mm + 0.5 mm Zn. By combining this type of filter then obtained a lower dose compared with only one type of filter material.

Keywords: *Radiodiagnostic, additional filters, Dose, Gray value, Image contrast radiography, Computed Radiography (CR)*

ABSTRAK

*Perhitungan nilai dosis dan kontras citra dengan variasi ketebalan dan kombinasi filter telah dilakukan menggunakan metode pengolahan citra *Computed Radiography* (CR). Filter tambahan yang ideal adalah mampu menyerap semua energi rendah dan meneruskan sinar-X energi tinggi. Bahan filter yang sering digunakan pada radiodiagnostik adalah Aluminium (Al). Penelitian ini menggunakan bahan filter seperti Aluminium (Al), Stainless steel (Ss), Seng (Zn) dan mengkombinasikan ketiga jenis filter tersebut untuk mendapatkan nilai dosis rendah dan kontras citra yang tinggi.*

Ketebalan filter yang digunakan adalah 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm filter dan ketebalan maksimum kombinasi bahan filter adalah 2 mm. Penyinaran dilakukan dengan pesawat X merek Shimadzu dengan faktor eksposi 50 kVp dan 3,55 mAs dengan luas lapangan 15 x 15 cm menggunakan objek stepwedge. Pengukuran dosis dilakukan dengan detektor R100B sementara kontras citra ditentukan melalui perhitungan nilai keabuan (gray level) citra dengan menggunakan teknik ROI (Region of Interest) pada setiap ketebalan objek stepwedge.

Pada penggunaan satu jenis filter diperoleh jenis filter yang nilai dosis rendah dan kontras citra yang tinggi ada pada penggunaan filter Al 0,5 mm, Al 1 mm, Al 1,5 mm, Al 2 mm, Zn 0,5 mm, Zn 1 mm, Ss 0,5 mm. Sementara penggunaan kombinasi jenis filter yang menghasilkan dosis rendah dan nilai kontras citra yang tinggi ada pada penggunaan kombinasi jenis filter Al 0,5 mm+ Zn 0,5 mm, Al 1 mm + Zn 0,5 mm, Al 0,5 mm+ Ss 0,5 mm, Al 1,5 mm + Zn 0,5 mm, Al 1,5 mm + Ss 0,5 mm dan Ss 0,5 mm + Zn 0,5 mm. Dengan mengkombinasikan jenis filter maka diperoleh dosis yang lebih rendah dibandingkan dengan satu jenis bahan filter saja.

Kata Kunci: *Radiodiagnostik, Filter tambahan, Dosis, Nilai keabuan, Kontras citra radiografi, *Computed Radiography* (CR).*

PENDAHULUAN

Parameter dalam mendapatkan akurasi diagnosa dalam pemeriksaan medis membutuhkan citra yang berkualitas tinggi. Sementara kualitas citra sala satunya ditentukan oleh energi sinar-X. Energi rendah sinar-X menghasilkan radiasi hambur yang bisa menurunkan kualitas citra dan menyebabkan penyerapan dosis hambur yang tidak berguna dalam diagnosa. Salah satu cara yang digunakan untuk menahan energi sinar X yang rendah adalah dengan menggunakan filter pada tabung sinar X. Filter tambahan idealnya dapat menyerap semua foton energi rendah yang tidak diperlukan dan meneruskan semua foton energi tinggi yang berguna dala pembentukan gambar.[1]

Bahan yang sering digunakan sebagai filter pada radiodiagnostik adalah Aluminium (Al). Beberapa penelitian telah mencoba meningkatkan kualitas citra tidak hanya menggunakan satu filter namun juga mengkombinasikan beberapa jenis bahan filter untuk mendapatkan citra diagnostik yang semakin berkualitas.

Dea Ryangga (2011) pernah meneliti dengan penggunaan berbagai kombinasi jenis filter untuk optimasi citra lokalisasi pada pasien radioterapi. Filter yang digunakan adalah filter metal dari bahan Aluminium (Al), Kuningan (Brs), dan *Stainless steel* (Ss) dengan ketebalan bervariasi. Phantom *CIRS* sebagai objek dengan luas lapangan $15 \times 15 \text{ cm}^2$ dengan berkas foton 6 MV. Dari tiga jenis filter dibuat 18 kombinasi dan ketebalan kemudian didapatkan tiga kombinasi terbaik yang menghasilkan citra lokalisasi terbaik dan akan digunakan pada pasien radoterapi untuk kasus penyinaran kepala dan leher, payudara dan abdomen. [2]

Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan variasi ketebalan dan kombinasi filter Aluminium (Al), *Stainless steel* (Ss), dan Seng (Zn) untuk menyelidiki kualitas citra diagnostik dan dosis yang aman dengan menggunakan sistem *Computed Radiography* (CR).

Pada sistem radiografi digital seperti pada CR rentang respon lebih luas yaitu dapat

membentuk citra dari faktor eksposi rendah sampai tinggi. Namun bila faktor eksposi rendah, citra akan menghasilkan *noise* yang tinggi yang berarti kualitas citra rendah. Faktor eksposi yang tinggi akan menurunkan *noise* dan menghasilkan kualitas citra yang tinggi namun perlu mempertimbangkan dosis yang diterima pasien. [4]

Filtrasi Spektrum Sinar-X

Pemakaian filter mengakibatkan kuantitas dan kualitas sinar-X mengalami perubahan. Penambahan ketebalan filter berakibat pada penurunan intensitas terutama pada foton berenergi rendah dan meningkatkan energi rata-rata atau energi efektif tanpa menaikkan energi maksimumnya. [1]

Filter dapat dibedakan atas *inherent filter* dan *added filter*. *Inherent filter* yang terdiri atas kaca yang mengelilingi anoda dan katoda, oli pendingin dan cermin di dalam kolimator terukur dalam aluminium *equivalent* (*eq*) bernilai 0,5 mm - 1,0 mm. Pesawat sinar-X yang beroperasi di atas 70 kVp membutuhkan total filtrasi aluminium setebal 2,5 mm.[4]

Dosis Serap

Penyerapan energi sinar-X akan mempengaruhi perubahan fisik atau biologi bahan yang dikenainya. Banyaknya energi dalam suatu volume dinyatakan sebagai besaran dosis serap [1] :

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m} \quad (2.4)$$

dengan : D adalah dosis serap (Joule/kg)

ΔE adalah Energi (Joule)

Δm adalah massa (kg)

Computed Radiography (CR)

Computed Radiography (CR) adalah sistem pengolahan citra digital yang menggunakan *Imaging Plate* (IP) untuk akuisisi

data dan berfungsi menyimpan energi sinar-X ke dalam *Photo stimulable phosphor* (PSP) dan menyampaikan informasi citra ke dalam bentuk data digital di layar komputer.

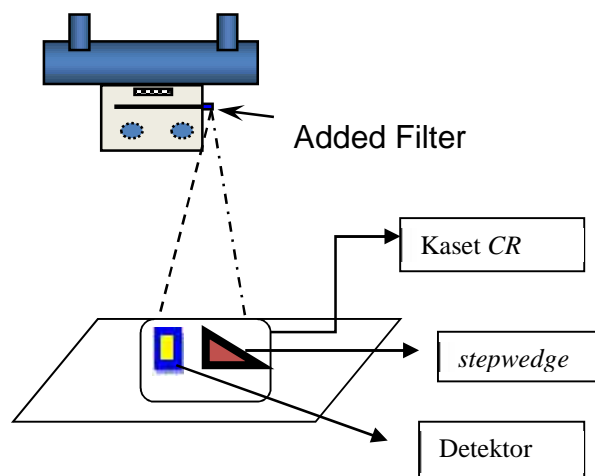
Imaging plate (IP) yang diletakkan di dalam kaset CR disinari dengan sinar-X. Ketika sinar-X melewati objek akan mengalami atenuasi dan energinya ditransmisikan ke IP. Selanjutnya IP dimasukkan pada *image reader* dan *discan* dengan sinar laser menyebabkan kristal pada IP menghasilkan cahaya biru-violet dengan λ sebesar 390- 400 nm. Cahaya ini kemudian dideteksi oleh phototensor dan dikirim melalui analog digital converter (ADC) ke komputer untuk diproses. Setelah diperoleh citra maka IP ditransfer ke bagian lain dari IP reader device untuk menghapus sinyal digital sehingga IP dapat digunakan kembali. [5]

Kontras Citra

Kontras salah satunya dipengaruhi oleh hamburan radiasi. Apabila suatu objek menyerap lebih sedikit radiasi dibandingkan dengan jaringan di sekelilingnya maka akan terpancar bayangan negatif yang muncul sebagai bayangan yang gelap pada film radiografi. Faktor lain yang mempengaruhi kontras suatu objek adalah ketebalan objek. Kontras suatu objek sebanding dengan densitas suatu objek dan ketebalannya. Komposisi kimia dari sebuah objek akan memiliki kontribusi kontras jika nomor atom efektif (Z) berbeda dari jaringan yang mengelilinginya. Nilai kontras juga dipengaruhi oleh koefisien atenuasi linier dari bahan yang dilewati sinar-X. [6]

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Pesawat sinar-X merek Shimadzu, Sistem CR merek Kodak, Kaset CR merek Fujifilm, stepwedge, filter plat Aluminium (Al), Stainless steel (Ss), Seng (Zn) dengan tebal 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm, detektor R100B keluaran RTI. Rangkaian alat dalam penelitian ini dapat dilihat dari Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Rangkaian alat penelitian

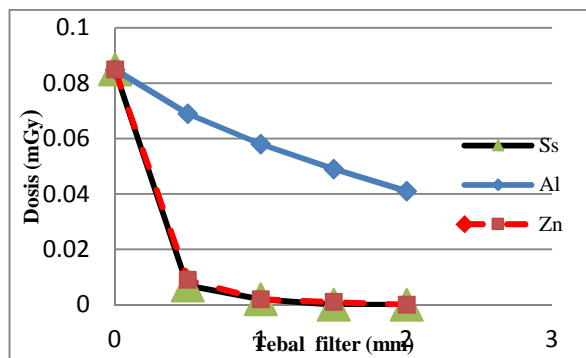
Kondisi penyinaran pada pesawat sinar-X konvensional yaitu dengan FFD sejauh 100 cm dengan luas lapangan 15 x 15 cm kemudian diatur faktor eksposi 50 kVp dan 3,55 mAs. Setiap variasi filter dilakukan pengukuran dosis sebanyak tiga (3) kali dan kaset CR *discan* disimpan sebagai data citra berekstensi DICOM di sistem CR kemudian dapat dikopi ke CD untuk selanjutnya dianalisa nilai kontras citranya.

Analisa nilai kontras didapatkan dengan menghitung nilai keabuan citra terlebih dahulu melalui teknik ROI (*Region of Interest*) pada sebelas (11) step objek *stepwedge*. Nilai kontras pertama (C_n) diperoleh dari selisih nilai keabuan step ke- n dengan step ke- $n+1$ pada objek *stepwedge*. Dari pengukuran nilai kontras citra dan dosis radiasi maka dapat ditentukan beberapa jenis filter yang menghasilkan pengukuran dosis rendah dan nilai kontras citra yang tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Dosis radiasi dari Berbagai Ketebalan Filter

Gambar 4.1 menunjukkan dosis radiasi turun dengan bertambahnya ketebalan filter. Dan ditunjukkan filter Ss yang lebih banyak menyerap radiasi sinar-X yang menyebabkan dosis lebih rendah.



Gambar 3.1 Hubungan Ketebalan Filter Al terhadap Dosis Radiasi

Filter dari bahan Ss merupakan campuran 90 % besi dan 10 % krom yang memiliki massa jenis sebesar 8 gr/cm³. Massa jenis Zn adalah 7,14 gr/cm³ yang memiliki nomor atom 30 dan filter Al dengan nomor atom sebesar 13 dan massa jenis 2,70 gr/cm³. Massa jenis (ρ) atau densitas merupakan jumlah massa per volum yang mampu menjelaskan absorpsi dari suatu bahan atau zat. Semakin besar (ρ) suatu bahan maka semakin banyak molekul dalam bahan yang berinteraksi dengan sinar-X artinya semakin besar sinar-X yang diserap oleh molekul tersebut. Oleh karena itu filter Ss yang lebih banyak menyerap sinar-X dibandingkann Al dan Zn.

Faktor lain yang menyebabkan daya absorpsi sinar- X adalah nomor atom bahan filter. Bahan filter yang memiliki nomor atom kecil maka penyerapan sinar-X nya lebih rendah dan sebaliknya. [4]

Pengukuran Dosis dari Berbagai Kombinasi Jenis Filter

Tabel 4.1 menunjukkan kombinasi jenis filter bisa menghasilkan dosis yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan filter 1 jenis saja. Diambil contoh Al 1 mm memiliki dosis sebesar 0,058 mGy dan dengan total tebal filter 1 mm namun jika dikombinasikan misal 0,5 mm Al dengan 0,5 mm Zn menunjukkan dosis terukur sebesar 0,008 mGy. Hal ini karena dengan kombinasi jenis filter maka nilai massa jenis bahan (ρ) akan lebih besar dibandingkan dengan penggunaan satu jenis filter saja seperti dijelaskan sebelumnya.

Penggunaan kombinasi filter Ss+Zn menghasilkan dosis keluaran yang sangat kecil bahkan 0 mGy. Oleh karena itu kombinasi Ss+Zn bisa disarankan untuk menggantikan timbal (Pb) untuk mengurangi radiasi hambur pada pesawat sinar-X.

Tabel 4.1 Dosis yang terukur dari penggunaan kombinasi jenis filter

Kombinasi Jenis Filter (mm)		Kode	Dosis (mGy)
I	II		
0,5 Al	0,5 Zn	K1	0,008
	1,0 Zn	K2	0,002
	1,5 Zn	K 3	0,001
1,0 Al	0,5 Zn	K 4	0,007
	1,0 Zn	K 5	0,002
1,5 Al	0,5 Zn	K 6	0,007
0,5 Al	0,5 Ss	K 7	0,007
	1,0 Ss	K 8	0,001
	1,5 Ss	K 9	0
1,0 Al	0,5 Ss	K10	0,006
	1,0 Ss	K11	0,001
1,5 Al	0,5 Ss	K12	0,006
0,5 Ss	0,5 Zn	K13	0,002
	1,0 Zn	K14	0,001
	1,5 Zn	K15	0
1,0 Ss	0,5 Zn	K16	0,001
	1,0 Zn	K17	0
1,5 Ss	0,5 Zn	K18	0

Tabel 4.2 menunjukkan kesetaraan antara filter diperoleh dengan mengelompokkan filter berdasarkan besar dosis keluaran yang sama.

Hal ini bisa digunakan untuk menggunakan alternatif penggunaan filter lain dengan kemampuan yang sama atau bahkan lebih baik dalam menyerap sinar-X.

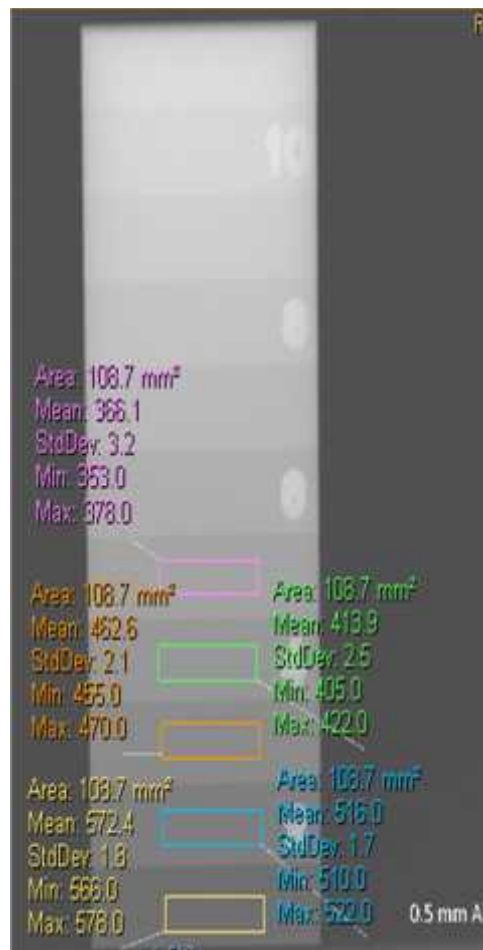
nilai keabuan pada setiap kenaikan tebal *stepwedge*.

Tabel 4.2 Kesetaraan kemampuan penyerapan dosis radiasi dari beberapa filter

No.	Jenis filter (mm)	Dosis (mGy)
1.	0,5 Ss	0,007
	1 Al+0,5 Zn	0,007
	0,5 Al+0,5 Ss	0,007
2.	1,5 Al+0,5 Ss	0,006
	1 Al+0,5 Ss	0,006
3.	1 Ss	0,002
	1 Zn	0,002
	0,5 Ss+0,5 Zn	0,002
4.	1,5 Zn	0,001
	0,5 Al+1 Ss	0,001
	1 Al+1 Ss	0,001
	0,5 Ss+1 Zn	0,001
	1 Ss+0,5 Zn	0,001
5.	1,5 Ss	0
	2 Zn	0
	0,5 Ss+1,5 Zn	0
	1 Ss+ 1 Zn	0

Analisa Kontras Citra dari Berbagai Filter

Perhitungan nilai keabuan dari citra dilakukan dengan mengukur piksel citra melalui teknik *Region of Interest* (ROI) pada setiap. Dari Gambar 4.2 dijelaskan salah satu contoh perhitungan nilai keabuan citra pada penggunaan filter Al 0,5 mm. Nilai keabuan ditunjukkan dari nilai *mean* misal pada tebal *stepwedge* 2 mm diperoleh nilai keabuan sebesar 572,4, nilai keabuan pada tebal 4 mm sebesar 516,0, nilai keabuan pada tebal 6 mm sebesar 462,6 dan nilai keabuan pada tebal 8 mm sebesar 413,9 begitu seterusnya sampai tebal 22 mm. Selanjutnya nilai kontras citra (Cn) diperoleh dengan mengurangi



Gambar 4.2 Teknik mengukur nilai keabuan citra untuk mendapatkan kontras citra CR dengan variasi ketebalan filter

Hasil pengukuran kontras citra dengan variasi penggunaan filter Al, Ss, dan Zn kemudian ditunjukkan oleh Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Nilai kontras citra dari penggunaan berbagai jenis filter

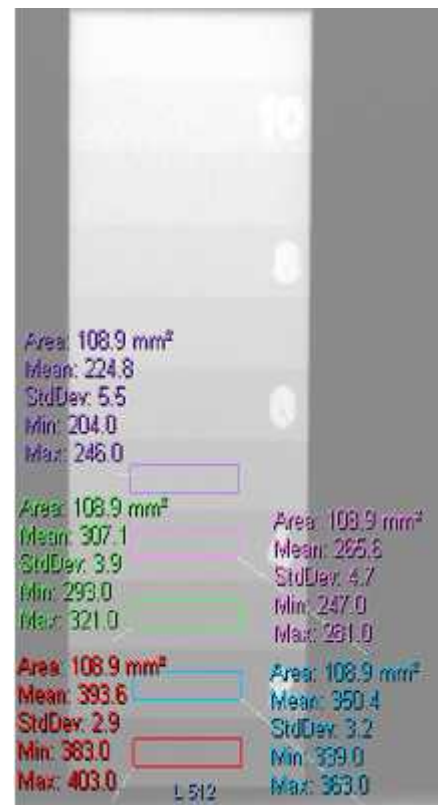
Tebal filter (mm)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Tanpa filter	57,7	54,6	49,9	46,8	46,4	43,4	43,5	41,3	36,7	57,2
0,5 Al	56,6	53,4	48,5	48,4	45,8	43,5	42	40,3	35,3	5,9
1,0 Al	53,8	52,7	48,6	46,4	46,3	43	42	39,5	36,5	9,3
1,5 Al	54,3	52,1	48,2	46,6	46,1	43,4	41,1	41,3	35,3	11,7
2,0 Al	53,6	51,1	47,9	45,8	44,8	43,2	42,8	38,7	39	7,7
0,5 Zn	44,3	45	43,4	42	42,3	41	39	38,7	33,9	22
1,0 Zn	40,1	41	40,2	37	47,1	28	36	26,8	7,1	0
1,5 Zn	36,3	38	35,1	35	31,5	14	0	0	0	0
2,0 Zn	33,6	33	21,8	4,9	0	0	0	0	0	0
0,5 Ss	44,7	42,8	42,7	42,4	42,1	40,6	38,8	38	34,3	19,8
1,0 Ss	37,7	39,7	37,4	38	36,9	36	30,4	14,4	0	0
1,5 Ss	33,8	36,2	34	30,8	16,8	0	0	0	0	0
2,0 Ss	27,1	14,2	0	0	0	0	0	0	0	0

Bahan filter Al memiliki (ρ) yang lebih rendah sehingga nilai keabuan dan kontras lebih tinggi dibanding dengan Ss dan Zn. Selain itu semakin tebal bahan filter akan mengurangi intensitas sinar-X yang sampai pada kaset radiografi.

Analisa Kontras Citra dari Penggunaan Kombinasi Filter

Nilai keabuan pada teknik ROI diperoleh dengan area ROI yang sama untuk setiap ketebalan objek *stepwedge*. Nilai keabuan ditunjukkan dari nilai *mean* misal pada tebal *stepwedge* 2 mm diperoleh nilai keabuan sebesar 393,6, nilai keabuan pada tebal 4 mm sebesar 350,4 dan seterusnya. Nilai kontras citra (Cn) diperoleh selisih nilai keabuan pada step ke-n dan step ke- n+1 objek *stepwedge*.

Nilai kontras citra radiografi dengan variasi kombinasi jenis filter dipengaruhi oleh tebal filter, tebal *stepwedge*, dan kombinasi sifat bahan filter yang digunakan dan Gambar 4.3 menjelaskan contoh perhitungan nilai keabuan citra pada penggunaan kombinasi filter Ss 0,5 mm + Al 1 mm.



Gambar 4.3 Teknik ROI pada citra penggunaan kombinasi jenis filter

Tabel 4.4 Nilai kontras citra dari berbagai penggunaan kombinasi filter

Kombinasi filter (mm)		Kode	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
I	II											
0,5 Al	0,5 Zn	K1	43,1	44,1	42,8	42,2	41,4	41,3	38,1	38,7	34,4	19,2
	1,0 Zn	K2	38,4	40,5	38,7	38	37,6	36,5	34,2	23,4	4,7	0
	1,5 Zn	K 3	35	36,4	35,9	33,7	29,2	9,8	0	0	0	0
1,0 Al	0,5 Zn	K 4	43,4	44,1	43,6	40,3	41,9	40	39,4	56,7	17	21,5
	1,0 Zn	K 5	37,8	39,4	39	38,7	35,7	37,2	34,6	20,9	2,9	0
1,5 Al	0,5 Zn	K 6	43,5	42,6	43,5	41,6	41,9	39,3	38,9	35,5	32,1	19,7
0,5 Al	0,5 Ss	K 7	44	43,4	42,1	43	40,7	39,6	39	35,2	36,1	20,4
	1,0 Ss	K 8	34,7	40,9	39,1	36,2	37,2	33,4	31,8	9,4	0	0
	1,5 Ss	K 9	32,7	34,7	32,1	27,9	7,9	0	0	0	0	0
1,0 Al	0,5 Ss	K10	43,8	43,3	41,7	41	40,9	40,3	37,9	36,6	68,8	0
	1,0 Ss	K11	28,9	24,9	6,7	0	0	0	0	0	0	0
1,5 Al	0,5 Ss	K12	41,9	43,1	41,9	41,5	40,9	39,5	38,4	36,6	33,6	15,6
0,5 Ss	0,5 Zn	K13	38	40	39	38,1	37,2	36	34,7	19,6	2,6	0
	1,0 Zn	K14	25,8	35,7	36,3	33,7	24,8	6,3	0	0	0	0
	1,5 Zn	K15	31,2	27,8	11,4	0	0	0	0	0	0	0
1,0 Ss	0,5 Zn	K16	35,6	35,7	34,3	31,6	21	3	0	0	0	0
	1,0 Zn	K17	28,9	24,9	6,7	0	0	0	0	0	0	0
1,5 Ss	0,5 Zn	K18	29,5	16,9	2,4	0	0	0	0	0	0	0

Nilai kontras yang tinggi berdasarkan Tabel 4.4 ada pada kombinasi K1, K2, K6, K7, K12. Nilai kontras yang tinggi ada pada kombinasi Al + Zn dan Al + Ss. Nilai ρ bahan yang semakin tinggi akan menghasilkan citra yang semakin putih.

Penentuan Jenis Filter yang Menghasilkan Nilai Dosis rendah dan Kontras Citra yang Tinggi

Dari pengukuran dosis dan nilai kontras radiografi dari berbagai kombinasi dan ketebalan filter maka dapat ditentukan filter mana yang menghasilkan pengukuran dosis yang rendah dengan nilai kontras citra yang tinggi yang dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Jenis filter yang menghasilkan dosis rendah dan kontras citra tinggi

Jenis filter (mm)	Nilai Kontras tertinggi	Dosis (mGy)
0,5 Al	56,6	0,069
1 Al	53,8	0,058
1,5 Al	54,3	0,049
2 Al	53,6	0,041
1 Zn	47,1	0,001
0,5 Ss	44,7	0,007
0,5 Zn	44,7	0,009

Sementara Tabel 4.6 menjelaskan penggunaan kombinasi jenis filter yang menghasilkan dosis rendah dan nilai kontras citra yang tinggi. Penggunaan kombinasi 1 mm Al + 0,5 mm Zn menghasilkan dosis rendah dan nilai kontras yang tinggi. Jika dibandingkan dengan data pada Tabel 4.5 bisa disimpulkan bahwa filter Al akan

menghasilkan dosis yang rendah jika dikombinasikan dengan filter Ss dan Zn.

Tabel 4.6 Jenis kombinasi filter yang menghasilkan dosis rendah dan nilai kontras citra yang tinggi

Kombinasi filter (mm)	Nilai Kontras tertinggi	Dosis (mGy)
1 Al + 0,5 Zn	56,7	0,007
0,5 Al+0,5 Zn	44,1	0,008
0,5 Al + 0,5 Ss	44	0,007
1,5 Al+0,5 Zn	43,5	0,007
1 Al + 0,5 Ss	43,8	0,006
1,5 Al +0,5 Ss	41,9	0,006
0,5 Ss+0,5 Zn	40	0,002

KESIMPULAN

Setelah melakukan perhitungan dosis dan kontras citra *computed radiography* (CR) dengan variasi ketebalan dan kombinasi jenis filter maka dapat disimpulkan :

1. Dari penggunaan tiga jenis filter dalam penelitian ini yaitu Al, Ss dan Zn maka penggunaan filter yang menghasilkan pengukuran dosis rendah dan nilai kontras citra yang tinggi ada pada penggunaan filter Al 0,5 mm, Al 1 mm, Al 1,5 mm, Al mm, Zn 0,5 mm, Zn 1 mm, Ss 0,5 mm.
2. Kombinasi jenis filter yang menghasilkan pengukuran dosis rendah dan nilai kontras citra yang tinggi ada pada penggunaan kombinasi filter Al 0,5 mm+ Zn 0,5 mm, Al 1 mm + Zn 0,5 mm, Al 0,5 mm+ Ss 0,5 mm, Al 1,5 mm + Zn 0,5 mm, Al 1,5 mm + Ss 0,5 mm dan Ss 0,5 mm + Zn 0,5 mm.
3. Kemampuan bahan filter Al lebih baik dalam menyerap sinar-X jika dikombinasikan dengan bahan filter Ss dan Zn sehingga dosis keluaran jauh lebih rendah.
4. Kesetaraan beberapa jenis filter dalam menyerap sinar-X bisa dijadikan sebagai alternatif penggunaan bahan filter lain dengan kemampuan menghasilkan dosis keluaran yang sama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Instalasi Radiologi RSUD Tugurejo Semarang yang sudah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di instalasi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Meredith, W.J. dan Massey, J.B., 1997, *Fundamental Physics of Radiology*, John Wright So ns Ltd, Bristol.
- [2]. Ryangga, D., 2011, Optimasi Pencitraan Lokalisasi Dengan Computed Radiography (CR) Pada Pasien Radioterapi dengan Berkas Sinar X 6 MV, Tesis, FMIPA UI, Depok.
- [3]. Annisa, I., 2012, Optimasi Citra Fantom Rando Man Menggunakan Computed Radiography AGFA Tipe PSP MD 4.0 untuk Pemeriksaan Kepala PA Thorax PA dan Abdomen AP, Skripsi, Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UI, Jakarta.
- [4]. Bushong, S.C.,2001, *Radiology Science for Technologist, Seventh Edition*, Mosbg Company, Toronto.
- [5]. Papp, J., 2006, *Quality Management in The Imaging Science*, CopyrighMosby Inc.
- [6]. Fridawaty, A., 2012, Variasi Pemilihan faktor Expose terhadap Kontras Pada Teknik Radiografi Jaringan Lunak, Skripsi, Jurusan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hassanudin, Makassar.

