

## PENGARUH ATTENUASI SINAR-X TERHADAP RADIOGRAFI DIGITAL

Djoli Soembogo

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi-BATAN, Jalan Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta 12440.

[djoli@batan.go.id](mailto:djoli@batan.go.id)

### ABSTRAK

*PENGARUH ATTENUASI SINAR-X TERHADAP RADIOGRAFI DIGITAL. Studi ini mengaplikasikan radiografi digital menggunakan sinar-X dan media pemindai film positif Epson V700 untuk pendigitalisasian hasil radiografi konvensional film dengan melihat pengaruh filter screen Pb. Radiografi ini menggunakan film Fuji 100 untuk mendapatkan kontras medium, kepekaan medium dan kualitas bayangan (image) yang baik. Tujuan radiografi digital menggunakan media pemindai film positif adalah untuk mengetahui pengaruh ketebalan filter screen Pb terhadap densitas film radiografi dan mendigitalisasi hasil radiografi konvensional menggunakan film dengan media pemindai film positif. Telah dilakukan pengujian radiografi menggunakan sinar-X pada Terumbu Karang dengan metoda ketebalan tunggal bayangan tunggal menggunakan media pemindai film positif dan sinar-X dengan parameter pengamatan densitas film radiografi. Waktu paparan sinar-X adalah 1,00 detik untuk ketebalan Terumbu Karang 5,45 mm dan 5,60 mm dengan menggunakan tegangan tinggi 130 kV, arus 4 mA, dan jarak sumber ke film (SFD) tegak lurus adalah 1000 mm. Hasil pengujian radiografi pada Terumbu Karang dengan metoda ketebalan tunggal bayangan tunggal dengan proses 5 menit di developer, menghasilkan parameter densitas rerata film radiografi pada posisi 1B dan 1 C adalah 2,55 dan 2,50 untuk tanpa filter screen Pb; 1,44 dan 1,47 untuk 1 filter screen Pb; 0,86 dan 0,86 untuk 2 filter screen Pb; 0,54 dan 0,55 untuk 3 filter screen Pb; 0,33 dan 0,35 untuk 4 filter screen Pb. Hasil pemindai film positif berupa radiografi digital yang memungkinkan untuk proses transfer data digital atau penyimpanan data digital secara komputerisasi. Studi ini memperoleh hasil optimal adalah dengan menggunakan 2 filter screen Pb atau setebal 0.3 mm.*

*Katakunci : Radiografi sinar-X, filter screen Pb, densitas film.*

### ABSTRACT

*ATTENUATION EFFECT OF X-RAY FOR DIGITAL RADIOGRAPHY. This study applies digital radiography using X-rays and media Epson V700 scanner of positive film for digitization results of conventional radiographic films to see the effect of the Pb filter screen. Radiography uses Fuji film 100 to get the contrast medium, sensitive medium and good image quality. The purpose of this digital radiography using positive film scanner media is to determine the effect of the thickness of the Pb filter screen and digitalize radiographic film density results using conventional radiographic film with a positive film scanner media. Radiographic testing has been carried out using X-rays on Coral Reef with Single Wall Single Image method using media positive film scanner and X-rays with the observation parameter radiographic film density. X-ray exposure time is 1.00 seconds of Coral Reef 5.45 mm and 5.60 mm thickness by using a high voltage 130 kV, 4 mA current and the source to film distance (SFD) perpendicular is 1000 mm. Radiographic testing results on Coral Reefs with Single Wall Single Image method with 5 minutes processing in the developer, produces parameters mean radiographic film density at the position 1B and 1 C are 2.55 and 2.50 for the unfiltered Pb screen; 1.44 and 1.47 for 1 filter Pb screen; 0.86 and 0.86 for the 2 filters Pb screen; 0.54 and 0.55 for 3 filters Pb screen; 0.33 and 0.35 for 4 filters Pb screen. Scanner of positive film results in the form of digital radiography that allows for the transfer of digital data or digital computerized data storage. This study obtained the optimum result while using 2 filter screen Pb with 0.3 mm thickness.*

*Keyword : X-ray radiography, Pb screen filter, film density.*

## 1. PENDAHULUAN

Dengan adanya keterbatasan pengoperasian tegangan tinggi mesin sinar-X dari pabrikan (yaitu minimal 130 kV), maka diperlukan pengurangan tegangan tinggi dibawah 130 kV, sehingga didapatkan densitas film radiografi yang sesuai untuk material uji terumbu karang. Pengurangan tegangan tinggi dibawah 130 kV menggunakan *filter screen* Pb. Pengurangan tegangan tinggi ini setara dengan attenuasi energi sinar-X yang akan berpengaruh pada reduksi densitas film radiografi. Film radiografi memerlukan konversi dari analog ke digital, agar dapat dibaca oleh *software ImageJ* untuk analisa umur terumbu karang. Jika tidak dilakukan pengurangan tegangan tinggi, maka akan menghasilkan densitas film radiografi sangat tinggi dan tidak dapat dibaca oleh *software ImageJ*. Penelitian ini mengaplikasikan radiografi digital menggunakan sinar-X, media *pemindai* film positif Epson V700 untuk pendigitalisasian hasil radiografi konvensional film dengan melihat pengaruh ketebalan *filter screen* Pb. Penggunaan *filter screen* Pb bertujuan mengurangi (attenuasi) energi dari sinar-X karena penggunaan tegangan tinggi sinar-X minimal 130 kV. Radiografi ini menggunakan film Fuji 100 untuk mendapatkan kontras medium, kepekaan medium dan kualitas bayangan (*image*) yang baik dan larutan pengembang AGFA. Tujuan radiografi digital menggunakan media *pemindai* film positif adalah untuk mengetahui pengaruh ketebalan *filter screen* Pb terhadap tingkat kehitaman (densitas) film radiografi dan mendigitalisasi hasil radiografi konvensional menggunakan film dengan media *pemindai* film positif untuk proses transfer data secara digital dan penyimpanan data secara digital, sehingga didapatkan hasil radiografi digital yang optimal. Prosedur pemeriksaan/pengujian dengan teknik radiografi mengacu pada standar *ASME section V article 2* <sup>[1]</sup>.

## 2. TEORI

Prosedur radiografi dengan menggunakan film Fuji 100 dan larutan pengembang AGFA mengacu pada *ASME section V* <sup>[1]</sup> untuk teknik radiografi dan *ASTM Reference Radiographs for Heavy walled (51 to 114 mm) Steel Castings* <sup>[2]</sup> atau *ASTM Reference Radiographs for Steel Castings up to 51 mm in thickness* <sup>[3]</sup> untuk standar penerimaan hasil radiografi. Sesuai dengan persyaratan standar *ASME section V article 2, code T-282.1*, densitas film radiografi untuk sumber sinar-X yang terbaca pada alat densitometer mempunyai rentang 1,80 – 4,00 dan mengacu *ASME section V article 2, code T-282.2*, densitas bervariasi pada daerah periksa antara minus 15% dan plus 30%, dibandingkan densitas pada daerah *penetrometer*. Sampel terumbu karang dipreparasi dan disinari dengan sinar-X dan dianalisis dengan *software Image-J* untuk menentukan umur, arah dan laju pertumbuhan linier <sup>[4]</sup>.

## 3. TATAKERJA (BAHAN DAN METODE)

Bahan radiografi pada Terumbu Karang (terumbu merupakan struktur kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) yang dihasilkan oleh karang <sup>[5]</sup>) adalah sebagai berikut :

1. Benda uji Terumbu Karang dengan ketebalan 5,45 mm dan 5,60 mm.
2. Larutan pemroses film terdiri dari *developer* 20 liter, air *stopbath* 20 liter, *fixer* 20 liter, air bersih pembilas 30 liter (1 unit).
3. Film kecepatan sedang Fuji 100 ukuran 101,60 x 254 mm<sup>2</sup> (1 box).

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- |                           |          |
|---------------------------|----------|
| 1. Sumber sinar-X         | 1 unit   |
| 2. Pb lembaran tebal 3 mm | 2 lembar |
| 3. <i>Lead Letter</i> Pb  | 1 set    |
| 4. <i>Hanger</i> 4 x 10"  | 1 set    |
| 5. <i>Stopwatch</i>       | 1 set    |

- 6. Longtang 1 set
- 7. Surveymeter 1 set
- 8. Rollmeter 1 set
- 9. Statip pendukung 1 set
- 10. Pemindai film positif Epson V700 1 set

Radiografi ini menggunakan metode ketebalan tunggal bayangan tunggal (*single wall single image (SWSI)*) dengan obyek uji terumbu karang, Sumber sinar-X-ray Rigaku RF 300 EGM2 dengan tegangan tinggi 130 kV dan arus 4 mA, film Fuji 100, filter screen Pb dengan 1 tebal 0,15 mm, SFD (*source Film Distance*) adalah 1000 mm, waktu paparan 1 detik, proses di *developer* 5 menit.

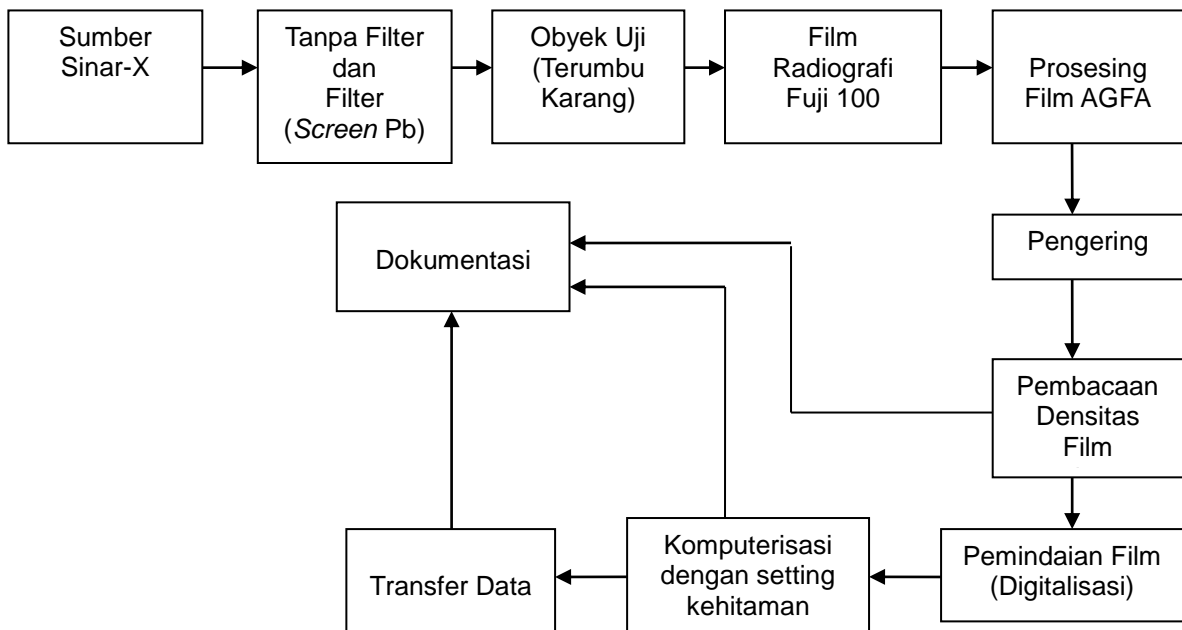


Gambar 1. Tebal filter sreen Pb 0,15 mm.



Gambar 2. Tebal Terumbu Karang 5,45 mm

Dalam pengujian ini menggunakan langkah-langkah kerja seperti diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Langkah-langkah kerja.



Gambar 4. Tebal Terumbu Karang 5,60 mm. Gambar 5. Window tanpa *filter screen* Pb.



Gambar 6. Window dengan *filter screen* Pb. Gambar 7. Set up radiografi sinar-X.



Gambar 8. Kontrol Panel sinar-X.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dengan obyek uji adalah Terumbu Karang dengan ketebalan material 5,45 mm dan 5,60 mm. Berdasarkan tebal spesimen dengan menggunakan kurva paparan sinar-X mendapatkan waktu paparan *trial by error* adalah 1,00 detik untuk radiografi dengan jarak tegak lurus antara sumber dan film (*Source Film Distance* atau *SFD*) tegak lurus adalah 1000 mm dan dimensi sumber adalah 2,50 mm. Film yang digunakan adalah Fuji 100 berukuran 101,60 x 254 mm<sup>2</sup>. Pengujian ini mengamati parameter tingkat kehitaman film radiografi konvensional akibat dari variabel parameter ketebalan *filter screen* Pb. Tingkat kehitaman film (densitas film) tanpa *filter screen* Pb setelah proses kemudian digitalisasi yang bervariasi antara 1,80 - 4,00 sesuai standar. Berdasarkan hasil pengamatan di *viewer* (pembaca film positif) secara konvensional untuk mendapatkan hasil radiografi digital yang baik diperoleh nilai densitas film hasil

radiografi sinar-X antara 1,80 – 4,00 dan sudah sesuai dengan standar yang diacu <sup>[1], [6]</sup>. Hasil pengujian radiografi pada Terumbu Karang dengan metoda ketebalan tunggal bayangan tunggal menghasilkan parameter densitas rerata film radiografi pada posisi 1B dan 1 C adalah 2,55 dan 2,50 untuk tanpa *filter screen* Pb; 1,44 dan 1,47 untuk 1 *filter screen* Pb; 0,86 dan 0,86 untuk 2 *filter screen* Pb; 0,54 dan 0,55 untuk 3 *filter screen* Pb; 0,33 dan 0,35 untuk 4 *filter screen* Pb pada 5 menit di *developer*. Hasil *pemindaian* film positif berupa radiografi digital yang memungkinkan untuk proses transfer data digital atau penyimpanan data digital secara komputerisasi. Hasil pemindaian film positif produk radiografi konvensional dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 9. Hasil pemindaian film radiografi sinar-X pada Terumbu Karang tanpa *filter screen* Pb.



Gambar 10. Hasil pemindaian film radiografi sinar-X pada Terumbu Karang dengan 1 *filter screen* Pb.



Gambar 11. Hasil pemindaian film radiografi sinar-X pada Terumbu Karang dengan 2 *filter screen* Pb.



Gambar 12. Hasil pemindaian film radiografi sinar-X pada Terumbu Karang dengan 3 *filter screen* Pb.

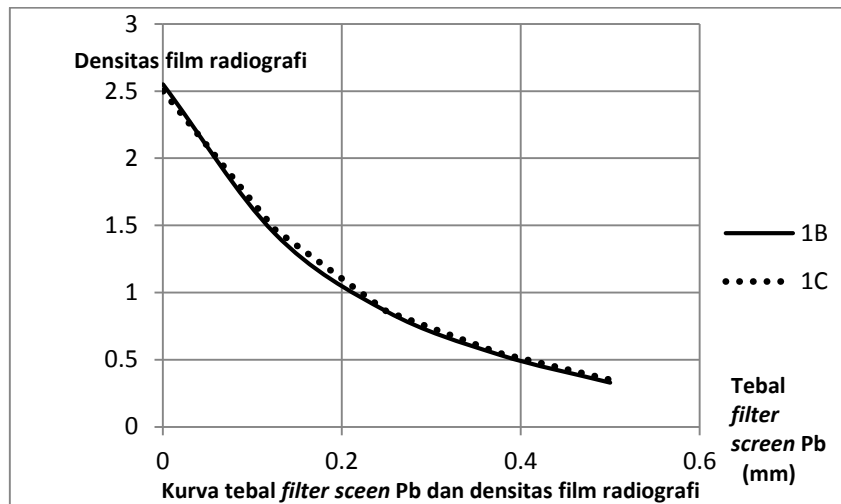


Gambar 13. Hasil pemindaian film radiografi sinar-X pada Terumbu Karang dengan 4 *filter screen* Pb.

Tabel 1 memperlihatkan hasil radiografi sinar-X pada Terumbu Karang dengan tebal 5,45 mm dan 5,60 mm) dengan metode ketebalan tunggal bayangan tunggal didapat parameter densitas film radiografi akibat variabel parameter ketebalan screen Pb.

Tabel 1. Pengaruh *filter screen* Pb terhadap densitas film

Film	Posisi	Densitas			Densitas rerata	Keterangan
Fuji 100	1B	2,56	2,52	2,58	2,55	Tanpa <i>Filter Screen</i> Pb
	1C	2,51	2,49	2,50	2,50	
	1B	1,41	1,44	1,46	1,44	1 <i>Filter Screen</i> Pb
	1C	1,47	1,46	1,49	1,47	
	1B	0,85	0,87	0,85	0,86	2 <i>Filter Screen</i> Pb
	1C	0,85	0,87	0,85	0,86	
	1B	0,53	0,54	0,55	0,54	3 <i>Filter Screen</i> Pb
	1C	0,55	0,54	0,55	0,55	
	1B	0,32	0,34	0,34	0,33	4 <i>Filter Screen</i> Pb
	1C	0,33	0,35	0,36	0,35	



Gambar 14. Kurva tebal *filter sceen Pb* dan densitas film radiografi.

Berdasarkan data Tabel 1 tersebut diatas dapat dilihat bahwa *filter Screen Pb* mempengaruhi tingkat kehitaman film (densitas film) radiografi. Hal ini disebabkan oleh sinar-X yang mengalami pengurangan (attenuasi) yang disebabkan oleh adanya *filter screen Pb* sebelum mengenai benda uji (Terumbu Karang) sehingga pembentukan bayangan laten pada film radiografi juga mengalami pengurangan intensitas sinar-X (attenuasi sinar-X), akibatnya densitas film radiografi akan tereduksi. Proses intensitas sinar-X yang mengalami pengurangan (attenuasi) disebabkan oleh interaksi sinar-X (gelombang elektromagnetik berupa foton) dengan materi *filter screen Pb* berupa serapan intensitas energi sinar-X karena unsur Pb mempunyai nomor atom tinggi (nomor atom Pb adalah 82). Proses attenuasi sinar-X dengan energi 130 kV yang berinteraksi dengan materi *filter screen Pb* dapat diakibatkan oleh efek fotolistrik, efek Compton, dan efek Rayleigh [7], [8].

## 5. KESIMPULAN

Dengan adanya *filter screen Pb* akan menghasilkan intensitas sinar-X mengalami attenuasi, hal ini mengakibatkan reduksi densitas film radiografi, yang besarnya reduksi bergantung pada ketebalan *filter screen Pb*. Studi ini memperoleh hasil optimal penggunaan 2 *filter screen Pb* dengan ketebalan 0,30 mm untuk energi sinar-X 130 kV pada benda uji Terumbu Karang tebal 5,45 mm dan 5,60 mm.

## 6. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan Kelompok Investigasi Tak Merusak dan Diagnosis di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi yang telah membantu terbentuknya tulisan ini.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

1. ASME, ASME section V, article 2 Radiographic Examination, New York, (2013).
2. ASTM, ASTM Reference Radiographs for Heavy walled (51 to 114 mm) Steel Castings, Philadelphia (1998).
3. ASTM, ASTM Reference Radiographs for Steel Castings up to 51 mm in thickness, Philadelphia (1998).
4. ALI ARMAN, NEVIATY P. ZAMANI DAN TSUYOSHI WATANABE, Studi Penentuan Umur dan Laju Pertumbuhan Terumbu Karang terkait dengan Perubahan Iklim Ekstrim

- Menggunakan Sinar-X, Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi Vol. 9 No. 1, Juni 2013, 1 -10, ISSN 1907-0322, Jakarta (2013).
5. Komunikasi internet, <https://ensiklopedia.id/terumbu-karang/>, tanggal 12 April 2016.
  6. IAEA, IAEA/RCA Regional Training Course on Digital Industrial Radiology and Computed Tomography Applications in Industry, Kajang, Malaysia, 2-6 November (2009).
  7. Komunikasi internet, [https://www.academia.edu/11450638/Interaksi\\_Sinar-X\\_dengan\\_Materi\\_makalah](https://www.academia.edu/11450638/Interaksi_Sinar-X_dengan_Materi_makalah), tanggal 7 Juni 2017.
  8. Komunikasi internet, <https://www.nde-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Radiography/Physics/attenuation.htm>, tanggal 7 Juni 2017.

## 8. LAMPIRAN

Lampiran 1. Kurva hubungan paparan sinar-X dan ketebalan metal baja (dari buku manual alat mesin sinar-X Rigaku RF-300EGM2).

(4) RF-300EGM2 standard exposure chart 1/2

X-ray film	:	Fuji #100
Intensifying screen	:	Lead foil, 0.03 mm × 2 (front, back)
Film-to-X-ray focus distance	:	60 cm
Processing	:	20°C, 5 min (Fuji Rendor, tank processing)
Film density	:	D = 2.0

