

PEMBUAIAN KURVA PENYINARAN RADIOGRAFI IR-192
MENGUNAKAN PERSAMAAN DOSIS

Suparno, Makmur Rangkuty

Pusat Pendidikan dan Pelatihan BATAN,, parnomrj@batan.go.id

ABSTRAK

PEMBUATAN KURVA PENYINARAN RADIOGRAFI Ir-192
MENGUNAKAN PERSAMAAN DOSIS. Telah dilakukan pembuatan kurva
penyinaran radiografi dengan sumber radiasi Ir-192. Kurva penyinaran adalah
kurva hubungan antara ketebalan material dengan paparan (curie menit). Kurva
penyinaran dibuat dengan melakukan sederet penyinaran radiografi pada sebuah
step-wedge dengan waktu penyinaran yang berbeda. Penentuan waktu
penyinaran dilakukan dengan perhitungan menggunakan persamaan dosis
radiasi. Perhitungan dilakukan dengan mengacu nilai dosis 1400 mRem. Kurva
penyinaran dibuat dengan regresi linier hubungan antara tebal (X) sebagai absis
dan logaritma paparan (Log E) sebagai ordinat, menggunakan CALCULATOR
CASIO FX-350MS. Kurva yang dihasilkan memiliki persamaan $\text{Log } E = 1,72153 + (0,022115 \cdot X)$ curie menit. Hasil uji radiografi terhadap kurva
penyinaran pada tiga variasi ketebalan material menghasilkan nilai densitas
2,64; 2,43; 2,51.

Kata Kunci : Radiografi, kurva penyinaran (*exposure chart*), persamaan dosis
radiasi

ABSTRACT

MAKING Ir-192 RADIOGRAPHIC EXPOSURE CHART USING THE
RADIATION DOSE EQUATION. Making radiographic exposure chart of Ir-
192 radiation source has been performed. Exposure chart is a curve that related
between material thickness with exposure (curie minute). Exposure chart
created by conducting a series of radiographic exposure on a step-wedge with
exposure time varying. Determination of exposure time is done with
calculations using the radiation dose equations. The calculation is performed
with reference to the value of 1400 mrem of radiation dose. Exposure chart was
made by linear regression relationship between the thickness (X) as the abscissa
and the logarithm of exposure (log E) as ordinate, using CALCULATOR CASIO
FX-350MS. The resulting curve has the equation $\text{log } E = 1,72153 + (0,022115 \cdot X)$
curie minutes. Radiographic test results of the exposure chart at three
variations of the thickness of the material produced density values of 2.64;
2.43; 2.51.

PENDAHULUAN

Dalam melakukan uji
radiografi suatu material,
keberhasilan pembuatan radiograf
(film hasil radiografi) antara lain

dipengaruhi oleh ketepatan
menentukan waktu penyinaran.
Untuk keperluan tersebut
digunakan suatu kurva yang disebut
kurva penyinaran (*exposure chart*).

Kurva penyinaran (*exposure chart*) adalah kurva yang menghubungkan antara tebal material dan paparan untuk energi radiasi (sumber radiasi) tertentu. Kurva penyinaran hanya berlaku untuk sumber radiasi, material, sistem film, dan kondisi pemrosesan tertentu. Untuk meradiografi material yang berbeda diperlukan kurva penyinaran yang berbeda pula. Begitu pentingnya kurva penyinaran dalam pekerjaan radiografi, maka pembuatan kurva penyinaran dijadikan materi praktikum dalam pelatihan radiografi Level 2 di Pusdiklat BATAN.

Kurva penyinaran dibuat dengan melakukan sederet penyinaran radiografi pada sebuah *step-wedge* dengan waktu penyinaran yang berbeda-beda. Selama ini penentuan waktu penyinaran dilakukan secara coba-coba (*trial and error*). Keberhasilan dari pembuatan kurva penyinaran ditentukan oleh pemilihan waktu penyinaran yang tepat sesuai dengan ketebalan *step-wedge* yang tersedia. Untuk keperluan tersebut, diperkenalkan cara penentuan waktu penyinaran menggunakan persamaan dosis, yaitu :

$$X = X \cdot t \quad (1)$$

TATAKERJA

Pembuatan kurva penyinaran diawali dengan melakukan 10 kali penyinaran pada sebuah *step-wedge* dari bahan carbon-steel yang memiliki 10 step dengan ketebalan masing-masing 6,8 mm, 11,4 mm,

dengan X paparan absolut radiasi, X laju paparan, dan t waktu penyinaran.

Untuk menerapkan persamaan tersebut, diperlukan data-data dan persamaan sebagai berikut :

- 1) Nilai paparan absolut radiasi pada sistem film untuk mendapatkan densitas film 2. Untuk sistem film AGFA 07 dengan sumber Ir-192, besarnya nilai paparan menurut hasil penelitian adalah 1400 mR (Supamo et al, 2012)
- 2) Laju paparan X pada permukaan film yang berjarak SFO (jarak sumber ke film) setelah menembus *step wedge*, dapat ditentukan dengan persamaan berikut

$$X = \frac{\Gamma A}{SFD^2} e^{-0.693 \cdot x / HVL} \quad (2)$$

dengan, A aktivitas sumber radiasi (dalam Ci), SFO jarak sumber ke film dan Γ adalah faktor gamma yang untuk Ir-192 nilainya 0,5 Rm/Jam Ci, x tebal *step wedge*, HVL tebal paro yang nilainya untuk besi adalah 13 mm.

16,1 mm, 20,8 mm, 25,7 mm, 30,4 mm, 35,1 mm, 39,8 mm, 44,9 mm, dan 49,7 mm. Penyinaran dilakukan pada SFO 610 mm menggunakan sumber radiasi Ir-192 dengan aktivitas 41,8 Ci. Sistem film yang digunakan terdiri atas film AGFA 07 dengan skrin

lembaran timbal depan dan belakang masing-masing memiliki ketebalan 0,125 mm. Waktu penyinaran dihitung menggunakan persamaan 1 dan 2. Perhitungan waktu penyinaran pertama didasarkan ketebalan step 1, penyinaran berikutnya didasarkan pada ketebalan step 2,3,4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10. Susunan geometri penyinaran dibuat sedemikian rupa sehingga ketebalan step yang menjadi dasar perhitungan berada pada pusat berkas. Pada penyinaran pertama, yang berada pada pusat berkas adalah step 1, pada penyinaran berikutnya secara bergantian yang berada di pusat berkas adalah step 2, 3, 4,5,6, 7, 8, 9, dan 10.

Semua film yang telah disinari diproses secara bersamaan dalam ruang proses film dengan waktu dan temperatur developer

standar (5 menit 20°C). Setelah selesai pemrosesan, dilakukan pengukuran densitas pada semua gambar step pada setiap radiograf. Pengukuran densitas menggunakan densitometer FIDGEON.

DATA DAN ANALISA DATA

Nilai paparan absolut radiasi pada sistem film untuk mendapatkan densitas film 2 untuk sistem film AGFA D7 dengan sumber Ir-192 adalah 1400 mR. Mengacu pada nilai paparan tersebut, kemudian dilakukan perhitungan waktu penyinaran untuk setiap ketebalan step-wedge menggunakan persamaan 1 dan 2. Hasil perhitungan waktu penyinaran dinyatakan dalam Tabel 1:

Tabel 1 : Hasil Perhitungan Waktu Penyinaran Step-Wedge

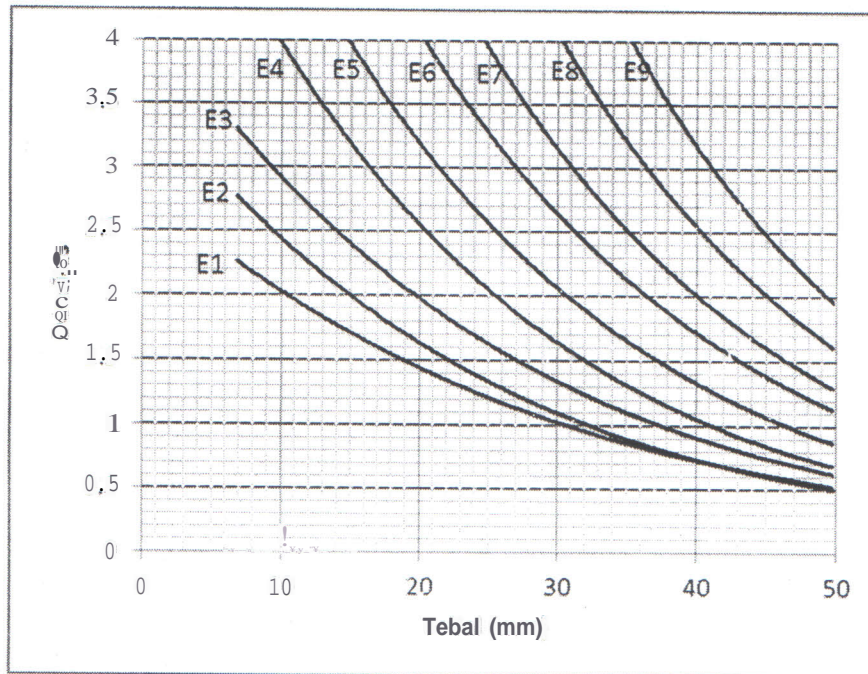
No. Step	Tebal step (mm)	Waktu (menit)
1	6,8	2,14
2	11,4	2,7
3	16,1	3,5
4	20,8	4,5
5	25,7	5,9
6	30,4	7,6
7	35,1	9,7
8	39,8	12,5
9	44,9	16,4
10	49,7	21,2

Dengan waktu yang telah ditentukan, dilakukan radiografi terhadap step-wedge. Film hasil radiografi kemudian diproses dan diukur densitasnya menggunakan densitometer. Hasil pengukuran densitas untuk setiap radiograf

dinyatakan dalam Tabel 2. Dari data tersebut tampak bahwa terdapat 9 film (film nomor 1 sampai nomor 9) memiliki rentang densitas yang menyeberang pada nilai densitas 2. Sedangkan, 1 buah film (nomor 10) rentang densitasnya tidak menyeberang pada nilai densitas 2.

Tabel2: Hasil Pengukuran Densitas Pada Film Hasil Radiografi Step-Wedge

No. Film	Waktu (menit)	Densitas										Paparan Ci. Menit E=A . . t	
		step 1	step 2	step 3	step 4	step 5	step 6	step 7	step 8	step 9	step 10		
1	2,14	2,24	1,94	1,65	1,39								89,45
2	2,7	2,73	2,29	1,96	1,58	1,28							112,86
3	3,5	3,20	2,77	2,35	1,95	1,59	1,28						146,3
4	4,5		3,60	3,06	2,53	2,02	1,61	1,27					188,1
5	5,9			3,68	3,08	2,55	2,05	1,65	1,31				246,6
6	7,6				3,83	3,17	2,65	2,14	1,72	1,40	1,11		317,7
7	9,7					3,75	3,06	2,53	2,08	1,63	1,25		405,5
8	12,5						3,92	3,18	2,62	2,06	1,57		522,5
9	16,4							4,00	3,25	2,47	1,96		685,5
10	21,2								3,73	3,10	2,31		886,16



Gambar 1 : Kurva Hubungan Antara Tebal Dengan Densitas Pada Setiap Nilai Paparan (Exposure)

Berdasarkan data pada Tabel 2, selanjutnya dibuat kurva hubungan antara tebal material dengan densitas untuk film nomor 1 sampai nomor 9, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Data pada film nomor 1 tidak dapat digunakan karena rentang densitasnya tidak menyeberang

pada nilai densitas 2. Dari kurva pada gambar 1 kemudian ditentukan nilai ketebalan untuk masing-masing paparan pada nilai densitas 2. Data tersebut dinyatakan dalam Tabel 3.

Tabel 3: Data Hubungan Tebal (Mm) Dan Paparan (Ci Menit) Pada Densitas 2

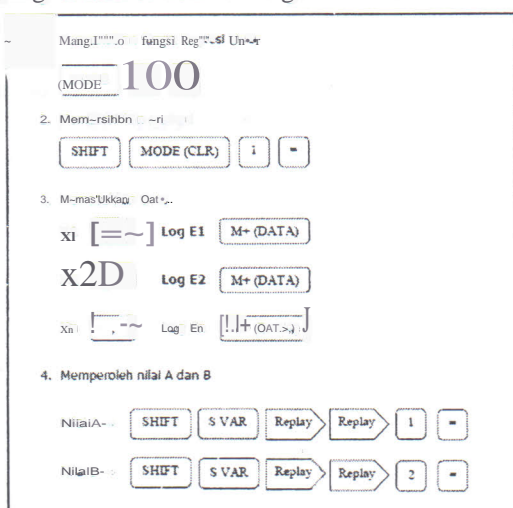
Tebal (mm)	Paparan (E, Ci menit)	Logaritma Paparan (Log E)
10,5	89,45	1,951
14,5	112,86	2,052
19,5	146,3	2,165
25,5	188,1	2,274
30,5	246,6	2,392
36,0	317,7	2,502
40,0	405,5	2,608
46,0	522,5	2,718
49,0	685,5	2,836

Mengacu data pada Tabel 3, dibuat regresi linier hubungan antara tebal (X) sebagai absis dan logaritma paparan (Log E)

sebagai ordinat.. Regresi linier dibuat dengan rumus :

$$\text{Log}E = A + BX$$

Nilai A dan B diperoleh dari calculator yang memiliki mode Regresi Linier, yang dalam tulisan ini digunakan CALCULATOR CASIO FX-350MS



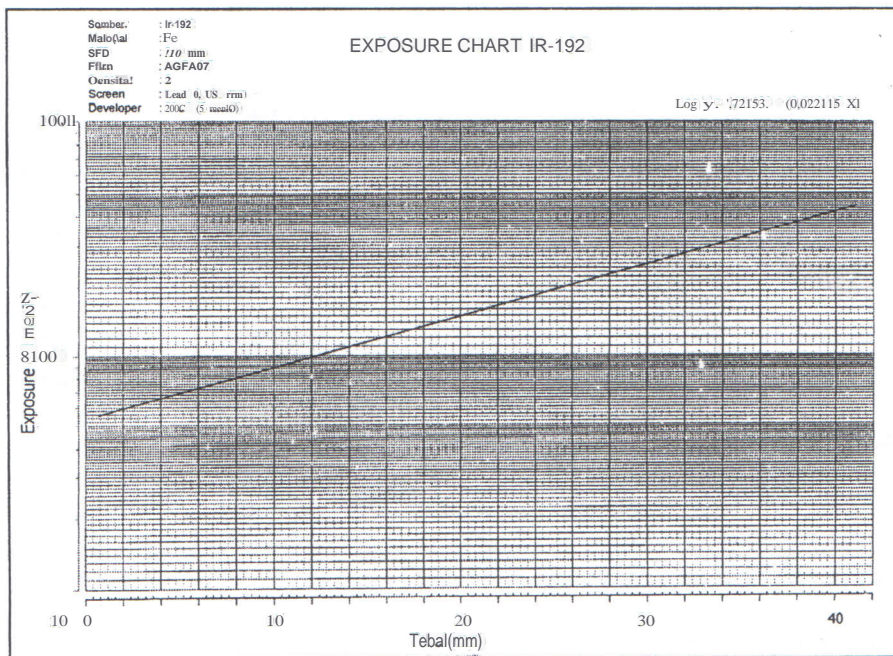
dengan langkah sebagai berikut:

Dari langkah tersebut, diperoleh nilai A = 1,72153 dan B = 0,022115, dan persamaan regresi liniernya adalah $\text{Log} E = 1,72153 + 0,022115x$

Dengan mengacu pada persamaan regresi linier (persamaan 4) kemudian dibuat kurva penyinaran pada kertas semi logaritma dengan

tebal (X) sebagai absis dan paparan (E) sebagai ordinat. Untuk pembuatan kurva dipilih dua nilai ketebalan sembarang, dalam hal ini dipilih tebal 10 mm dan 40 mm. Hasil perhitungan dengan persamaan 4 untuk tebal 10 mm diperoleh nilai Log E =

1,94268 dan nilai E = antilog 1,94268 = 87,63 Ci menit, sedangkan untuk tebal 40 mm diperoleh nilai Log E = 2,60613 dan nilai E = antilog 2,60613 = 403,76 Ci menit. Kurva yang dihasilkan dari data tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 : Kurva Penyinaran Hasil Percobaan

Kurva penyinaran yang dihasilkan kemudian diuji dengan melakukan penyinaran radiografi terhadap lempeng besi tipis (ketebalan kurang dari 15 mm), sedang

(ketebalan antara 15 mm sampai dengan 30 mm), dan tebal (ketebalan lebih dari 30 mm). Data hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4: Data Hasil Pengujian Kurva Penyinaran

No.	Tebal Material (mm)	SFD (mm)	Exposure (Ci menit)	Aktivitas (Ci)	Waktu (menit)	Densitas
1	11,4	500	94,59	5,7	11,34	2,64
2	25,7	500	197,93	5,7	23,74	2,43
3	35,1	500	329,35	5,7	39,51	2,51

KESIMPULAN

1. Pembuatan kurva penyinaran menggunakan persamaan dosis akan memberikan kepastian hasil, ini terbukti dari 10 buah film yang dipapari terdapat 9 buah film yang datanya layak untuk digunakan. Kurva penyinaran yang dihasilkan memiliki persamaan :
$$\text{Log } E = 1,72153 + 0,022115 X.$$
2. Hasil uji kurva penyinaran pada tiga variasi ketebalan menghasilkan nilai densitas 2,64; 2,43; 2,51. Nilai tersebut berada pada rentang densitas yang direkomendasikan oleh standar ASME V, yaitu 2 sampai 4.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suparno et all, 2012, Penentuan Waktu Penyinaran Radiografi Ir-192 Menggunakan Persamaan Dosis, Widyauklida Volume 12 Nomor 1
- [2] Cartz, Louis, 1995, *Nondestructive Testing "Radiography, Ultrasonics, Liquid Penetrant, Magnetic Particle, Eddy Current"*, ASM International, First printing
- [3] Cember, Herman, 1992, *Introduction to Health Physics*, McGraw-Hill, Inc., Second Edition
- [4] Davis Joseph R. et all, 1989, *ASM Handbook, Volume 17, Nondestructive Evaluation and Quality Control*, ASM International, USA