

PENENTUAN WAKTU PENYINARAN RADIOGRAFI Ir-192  
MENGUNAKAN PERSAMAAN DOSIS RADIASI

Suparno, Anda Sanusi

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

ABSTRAK

PENENTUAN WAKTU PENYINARAN RADIOGRAFI Ir-192  
MENGUNAKAN PERSAMAAN DOSIS RADIASI. Penyinaran radiografi dilakukan dengan sumber radiasi Ir-192 dan sistem film yang terdiri dari film AGFA D7, screen lembaran timbal 0,125 mm dan kaset lentur berbahan plastik berwarna hitam. Waktu penyinaran ditentukan dengan menggunakan persamaan dosis radiasi. Perhitungan didasarkan pada dosis radiasi untuk mendapatkan densitas radiograf 2 yang diperoleh dari kurva karakteristik hasil percobaan, yaitu sebesar 1400 mRem, dan laju dosis radiasi yang dihitung berdasarkan persamaan yang diturunkan dari hukum Lambert. Radiografi dilakukan pada sebuah stepwedge yang terbuat dari bahan carbon steel yang memiliki step dengan 10 ketebalan. Hasil radiografi masing-masing step sasaran dari stepwedge memiliki densitas radiografi antara 2,24 sampai 2,65.

Kata kunci: radiografi, persamaan dosis radiasi

ABSTRACT

DETERMINATION OF Ir-192 RADIOGRAPHIC EXPOSURE TIME USING THE RADIATION DOSE EQUATION. Radiographic exposure of Ir-192 radiation source has been performed on a film sistem consisting of AGFA D7 films, 0,125 mm lead foil screens and black plastic of flexible cassettes. Exposure time is determined using the equation of radiation dose. The exposure time calculation is based on the radiation dose to get the radiograph density of 2 derived from characteristic curves resulting from experimental which indicate the value of 1400 mRem, and radiation dose rate is calculated based on equations derived from the law of Lambert. Radiography was performed on a stepwedge made of carbon steel having 10 thickness of step. Radiograph results of each target step has a radiographic density between 2.24 to 2.65.

Key word: radiographic, equation of radiation dose

## PENDAHULUAN

Dalam melakukan uji radiografi suatu material, keberhasilan pembuatan radiograf (film hasil radiografi) antara lain dipengaruhi oleh ketepatan dalam menentukan waktu penyinaran. Cara penentuan waktu penyinaran yang biasa digunakan adalah dengan kurva penyinaran (*exposure chart*) yang dibuat oleh radiografer, yaitu kurva yang menghubungkan antara tebal material dan paparan untuk energi radiasi (sumber radiasi) tertentu. Untuk meradiografi material yang berbeda diperlukan *exposure chart* yang berbeda pula. Begitu pentingnya *exposure chart* dalam pekerjaan radiografi, maka pembuatan *exposure chart* dijadikan mata pelajaran praktikum dalam pelatihan radiografi Level 2 di Pusdiklat BATAN.

Selama ini, *exposure chart* dibuat dengan melakukan sederet penyinaran radiografi pada sebuah *step-wedge* dengan waktu penyinaran yang berbeda-beda secara coba-coba (*trial and error*). Akibatnya, sering kali terjadi kegagalan pada radiograf yang dihasilkan seperti terlalu hitam atau terlalu putih seluruhnya atau sebagian sehingga data yang diinginkan tidak dapat diperoleh.

Mengingat keberhasilan dari pembuatan *exposure chart* ditentukan oleh pemilihan waktu penyinaran yang tepat sesuai dengan ketebalan *step-wedge* yang tersedia, maka pada makalah ini diperkenalkan cara penentuan

waktu penyinaran menggunakan persamaan dosis.

## TEORI

Ketika radiasi sinar gamma memapari dan menembus suatu material yang memiliki ketebalan  $x$ , berlaku hukum Lambert yang dirumuskan dengan persamaan (1):

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

dengan  $I_0$  adalah intensitas radiasi sebelum menembus material,  $I$  intensitas radiasi setelah menembus material, dan  $\mu$  koefisien absorpsi linier material.

Intensitas radiasi merupakan energi per satuan luas per satuan waktu [J], yang untuk keperluan lapangan dinyatakan dalam satuan roentgens per satuan waktu<sup>10</sup>. Karena roentgens per satuan waktu merupakan satuan laju dosis paparan, maka persamaan tersebut juga berlaku untuk laju dosis paparan. Selanjutnya persamaan (1) dapat diturunkan menjadi:

$$x = \frac{rA}{r^2} \left( \frac{1}{2} \frac{1}{\text{HVL}} \right)^{\frac{x}{\text{HVL}}} \quad (2)$$

dengan,  $\dot{X}$  laju dosis paparan (Roentgens/jam),  $A$  aktivitas sumber radiasi (Ci),  $r$  jarak sumber ke film (meter),  $\Gamma$  faktor gamma yang untuk Ir-192 nilainya adalah  $0,5 \text{ Rm}^2/\text{Jam Ci}$ ,  $x$  tebal *step wedge*, dan HVL *half value layer*/tebal paro yang nilainya untuk besi adalah 13 mm<sup>[31]</sup>.

Bila dibalik material terdapat suatu sistem film, maka sistem film tersebut akan menerima dosis paparan (X) yang besarnya

bergantung pada laju dosis paparan radiasi yang mengenai film) dan lamanya waktu penyinaran ( $t$ ), yang dirumuskan dengan persamaan:

$$X = X' t \quad (3)$$

Dengan mengetahui besarnya dosis paparan untuk memperoleh densitas yang diinginkan, dan laju dosis paparan radiasi pada lokasi sistem film maka lamanya waktu penyinaran dapat ditentukan. Nilai dosis paparan radiasi pada sistem film untuk mendapatkan densitas tertentu (dalam hal ini 2), diperoleh dari kurva karakteristik yaitu kurva hubungan antara dosis paparan radiasi terhadap densitas film hasil percobaan. Sedangkan laju dosis paparan radiasi pada lokasi sistem film dihitung dengan persamaan 2.

#### TATAKERJA

Percobaan diawali dengan pembuatan kurva karakteristik sistem film untuk memperoleh nilai dosis paparan pada densitas yang diperlukan. Karena radiografi dengan sumber radiasi iridium-192 umumnya dilakukan menggunakan skrin lembaran timbal dengan target densitas 2, maka dalam percobaan ini kurva karakteristik dibuat dengan sistem film yang terdiri atas film AGFA D7 yang diapit dengan sepasang skrin lembaran timbal ukuran 0,125 mm dan dirasukkan dalam

sebuah kaset lentur dari plastik berwarna hitam.

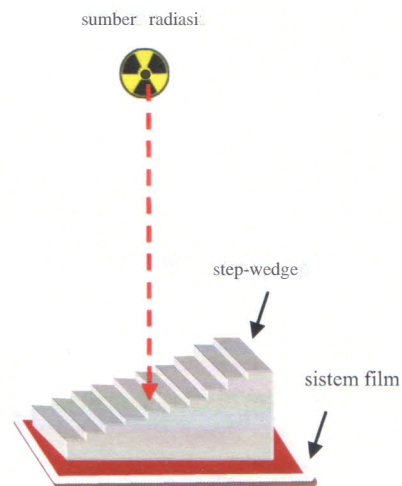
Pembuatan kurva karakteristik dilakukan dengan meradiografi langsung (tanpa penghalang) beberapa sistem film dengan waktu yang berbeda-beda secara coba-coba (*trial and error*). Penyinaran dilakukan pada jarak 610 mm dari sumber radiasi yang memiliki aktivitas 27,1 Ci dengan menggunakan kolimator. Untuk mengukur besarnya dosis paparan yang diterima setiap sistem film, di atas sistem film tersebut ditempatkan *pen-dose* digital merk ALOKA yang telah dikalibrasi oleh PTKMR-BATAN. Penyinaran dilakukan berulang-ulang dengan waktu mulai 50 detik sampai 180 detik. Film hasil radiografi selanjutnya diproses secara bersamaan pada *developer* baru dengan temperatur 20°C selama 5 menit, dan diukur densitasnya menggunakan densitometer *Inovision-Digital*. Hasil pengukuran densitas dan dosis paparan selanjutnya diplot menghasilkan kurva karakteristik. Dari kurva karakteristik tersebut dapat diperoleh nilai dosis paparan untuk menghasilkan densitas 2.

Nilai dosis paparan yang diperoleh dari kurva karakteristik kemudian digunakan untuk menghitung waktu penyinaran yang diperlukan, yaitu dengan menggunakan persamaan 2 dan 3. Untuk menguji keakuratan waktu penyinaran tersebut, dilakukan radiografi sebanyak 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, 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 jarak sumber ke film (SFD) 610 mm menggunakan sumber radiasi Ir-192 yang memiliki aktivitas 41,8 Ci. Sistem film yang digunakan terdiri atas film AGFA D7 dengan skrin lembaran timbal depan dan belakang masing-masing memiliki ketebalan 0,125 mm. Waktu penyinaran dihitung menggunakan persamaan 2 dan 3. 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 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. Gambar 1 menunjukkan susunan penyinaran dengan step 5 menjadi pusat sasaran.

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 step sasaran pada setiap radiograf. Pengukuran densitas menggunakan densitometer *Inovision-Digital*.



Gambar 1: Susunan penyinaran dengan step 5 dari step-wedge berada pada pusat berkas

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil percobaan pembuatan kurva karakteristik disajikan dalam Tabel 1. Sedangkan, kurva karakteristik hasil percobaan dinyatakan dalam gambar 1. Dari kurva karakteristik pada gambar 1, diperoleh nilai dosis paparan untuk mendapatkan densitas 2 adalah 1400 mR. Berdasarkan nilai dosis paparan tersebut, kemudian dilakukan perhitungan waktu penyinaran untuk setiap ketebalan *step-wedge* menggunakan persamaan 2 dan 3. Hasil perhitungan waktu penyinaran dinyatakan dalam Tabel 2.

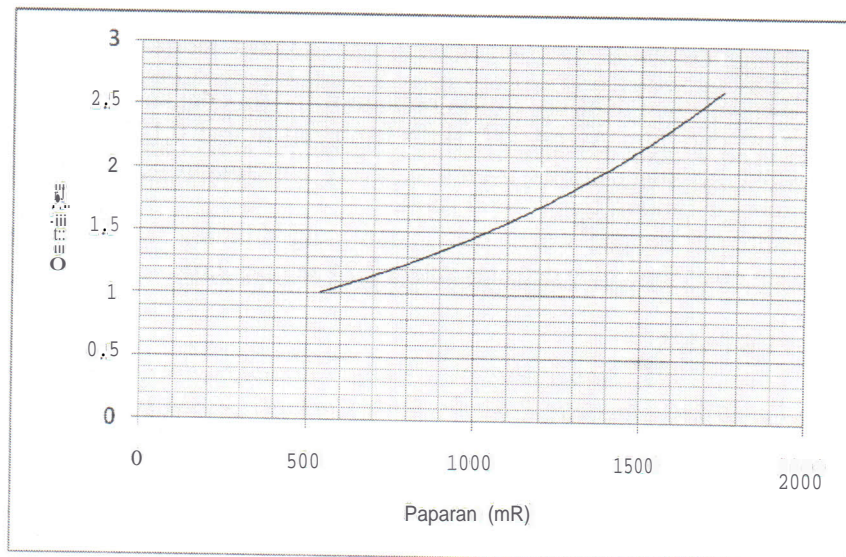
Tabell : Data kurva karakteristik

Waktu (detik)	Dosis Paparan (mRem)	Densitas
50	541,1	0,93
60	634,2	1,05
70	743,1	1,18
80	838,7	1,31
90	919,1	1,41
110	1169,9	1,76
130	1256,1	2,01
150	1376,7	2,06
160	1418,4	2,13
170	1597,9	2,18
180	1751	2,34

Dengan waktu yang telah ditentukan, dilakukan radiografi terhadap step-wedge. Film hasil

radiografi kemudian diproses dan diukur densitasnya menggunakan densitometer. Hasil pengukuran densitas pada step yang menjadi target dinyatakan dalam tabel 2 kolom4.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa radiograf yang dihasilkan memiliki densitas melebihi densitas 2, yaitu antara 2,24 sampai 2,65. Untuk keperluan praktis di lapangan, nilai tersebut masih bermanfaat karena batas densitas yang diizinkan menurut standar ASME V antara 2,0 sampai 4,0. Perbedaan densitas tersebut dapat terjadi kemungkinan disebabkan karena dalam perhitungan tidak dimasukkan faktor koreksi hamburan (*build-up factor*).



Gambar 2: Kurva karakteristik sistem film AGF A-D7 dengan skrin timbal 0,125 mm (depan-belakang)

Tabel 2 : Hasil perhitungan waktu penyinaran step-wedge dan densitas film hasil radiografi

No. Step	Tebal step (mm)	Waktu (menit)	Densitas	Perbedaan Densitas terhadap Densitas Sasaran(2)
1	6,8	2,14	2,24	0,24
2	11,4	2,7	2,29	0,29
3	16,1	3,5	2,35	0,35
4	20,8	4,5	2,53	0,53
5	25,7	5,9	2,55	0,55
6	30,4	7,6	2,65	0,65
7	35,1	9,7	2,53	0,53
8	39,8	12,5	2,62	0,62
9	44,9	16,4	2,47	0,47
1	49,7	21,2	2,31	0,31

#### KESIMPULAN

1. Untuk mendapatkan densitas 2 pada radiografi Ir-I92 dengan sistem film yang terdiri dari film AGFA D7, skrin lembaran timbal 0,125 mm, dan kaset lentur berbahan plastik berwarna hitam diperlukan dosis paparan radiasi sebesar 1400 mRem (14000 IISv).
2. Hasil radiografi dengan waktu penyinaran yang dihitung menggunakan persamaan dosis diperoleh densitas antara 2,24 sampai 2,65.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cartz, Louis, 1995, *Nondestructive Tesing "Radiography, Ultrasonics, Liquid Penetrant, Magnetic Particle, Eddy Current"*, ASM International, First printing
- [2] Cember, Herman, 1992, *Introduction to Health Physics*, McGraw-Hill, Inc., Second Edition
- [3] Anonim, 2004, *Operating and Maintenance Manual - Sentinel 880 Series Source Projector*, AEA Technology plc.
- [4] Davis Joseph R, et all, 1989, *ASM Handbook, Volume 17, Nondestructive Evaluation and Quality Control*, ASM International, USA