

## RADIOGRAFI SINAR-X PADA LAS PIPA DENGAN METODE KETEBALAN GANDA BAYANGAN TUNGGAL

Djoli Soembogo, Harun Al Rasyid R, Namad Sianta  
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi-BATAN, Jalan Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta 12440.  
[Djoli@batan.go.id](mailto:Djoli@batan.go.id)

### ABSTRAK

**RADIOGRAFI SINAR-X PADA LAS PIPA DENGAN METODE KETEBALAN GANDA BAYANGAN TUNGGAL.** Telah dilakukan pengujian radiografi digital pada las pipa dengan metode Ketebalan Ganda Bayangan Tunggal yang menggunakan media pemindai film positif Epson V700 untuk pendigitalisasian hasil radiografi konvensional film dan sinar-X sebagai sumber radiasi dengan parameter pengamatan densitas film radiografi dan bentuk cacat. Radiografi ini menggunakan film Fuji 100 untuk mendapatkan kontras medium, kepekaan medium dan kualitas bayangan yang baik. Radiografi pada las pipa bertujuan untuk mengetahui cacat atau diskontinuitas las pada sambungan pipa berdiameter lebih 3,5 inci seperti pipa *hydrant*, pipa gas bertekanan tinggi yang beresiko tinggi terjadi kegagalan saat beroperasi. Waktu paparan sinar-X adalah 25 detik untuk ketebalan las pipa 18,46 mm dengan menggunakan tegangan tinggi mesin sinar-X Rigaku sebesar 160 kV. Hasil pemindai film positif berupa radiografi digital yang memungkinkan untuk proses transfer data digital atau penyimpanan data digital secara komputerisasi. Hasil pengujian radiografi pada las pipa menunjukkan parameter densitas film radiografi dengan film Fuji 100 pada posisi CD adalah 2,43; 3,03; 2,25, posisi DE 2,68; 3,07; 2,33, posisi EC 2,58; 2,92; 2,43 dan penumbra hasil radiografi didapat 0,079 mm. Sensitivitas film radiografi adalah 2,709%, dan ditemukan cacat retak 120 mm pada posisi DE yang signifikan. Densitas film Fuji 100 dapat diterima, karena sudah sesuai dengan standar yang diacu. Dengan demikian hasil pengujian ini membuktikan bahwa metode Ketebalan Ganda Bayangan Tunggal dapat digunakan untuk mengetahui cacat atau diskontinuitas pada sambungan las pipa berdiameter lebih 3,5 inci seperti pipa *hydrant*, pipa gas bertekanan tinggi, ataupun material lainnya.

**Katakunci:** Radiografi, sinar-X, las pipa

### ABSTRACT

#### **RADIOGRAFI X-RAY IN WELDING PIPE WITH DOUBLE WALL SINGLE IMAGE METHOD.**

There has been carried out the digital radiographic testing on pipe welding with Double Wall Single Image method that used positive film scanner of Epson V700 media to digitalized the result of conventional radiography film and X-ray as the source radiation with observation parameter are density of radiography film and defect type. Radiography uses Fuji film 100 to obtain a contrast medium, medium sensitivity and image quality is good. Radiography in welding pipe aims to find defects or discontinuities welding on joint pipe is more 3.5 inches diameter such as hydrant pipe, high pressure of gas pipe that is high risk failure occurs during operation. X-ray exposure time is 25 seconds for a thickness of 18.46 mm welding pipe by using a high voltage X-ray machine Rigaku of 160 kV. The result of the positive film scanner in the form of digital radiography that allows for the transfer of digital data or digital computerized data storage. The results of radiographic testing on welding pipe obtained the parameter density of radiography film with Fuji film 100 are 2.43; 3.03; 2.25 for a CD position, 2.68; 3.07; 2.33 for position DE, 2.58; 2.92; 2.43 for the EC position and radiographic results obtained penumbra 0.079 mm, the sensitivity radiography film is 2.709%, and found a flaw crack 120 mm at the DE position is significant. Fuji 100 film density is acceptable, because the density of the film is in conformity with the standards referred. Therefore the results of radiographic testing prove that Double Wall Single Image method could be used to know the defect or discontinuity on welding pipe that is more 3.5 inches diameter such as hydrant pipe, high pressure of gas pipe, or other material.

**Keywords:** Radiography, X-ray, welding pipe

## 1. PENDAHULUAN

Pengaplikasian radiografi sinar-X sudah berkembang dan sudah banyak dimanfaatkan di industri seperti las pipa pada jalur pipa dibawah atau diatas tanah. Penelitian ini melakukan pengaplikasian radiografi digital menggunakan sumber sinar-X dan media scanner film positif Epson V700 untuk pendigitalisasian hasil film radiografi konvensional. Benda uji yang digunakan ialah pipa berdiameter diatas 3,5 inci dengan metode Ketebalan Ganda Bayangan Tunggal, dan film Fuji 100 untuk mendapatkan kontras medium, kepekaan medium dan kualitas bayangan (*image*) yang baik. Pipa berdiameter diatas 3,5 inci disambung menggunakan las, karena pipa ini bertekanan untuk itu diperlukan pengujian yang salah satunya teknik radiografi. Teknik radiografi ini diharapkan dapat menjawab permasalahan pada sambungan las pipa berdiameter diatas 3,5 inci.

Radiografi pada las pipa bertujuan untuk mengetahui cacat atau diskontinuitas pada sambungan las pipa berdiameter lebih 3,5 inci seperti pada sambungan pipa *hydrant*, pipa gas bertekanan tinggi, dan sambungan las lainnya yang beresiko tinggi terjadi kegagalan pada saat beroperasi. Adapun cacat yang dapat ditemukan ialah retak (*crack*), penyusupan benda asing (*slag inclusion*), celah antara metal dasar dan las akibat kurang berfusi (*lack of fusion*), penetrasi tidak sempurna (*incomplete penetration*), termakannya metal dasar saat proses pengelasan (*undercut*), atau porositas. Adanya cacat atau diskontinuitas material sangat beresiko tinggi terjadi kegagalan saat beroperasi. Sedangkan penggunaan pemindai film adalah untuk mendigitalisasi hasil radiografi konvensional agar dapat dilakukan proses transfer data dan penyimpanan data secara digital.

## 2. TEORI

Pengujian radiografi merupakan uji tak rusak sehingga sampel uji tidak mengalami kerusakan atau deformasi, dan pengujian radiografi diperlukan prosedur. Prosedur radiografi pada las pipa (diameter diatas 3,5 inci) menggunakan film Fuji 100 dengan mengacu pada *ASME section V* [1] untuk teknik radiografi dan *ASME section VIII division 1 UW51-52* [2] atau *API STANDARD 1104* [3] untuk standar penerimaan hasil radiografi. Sesuai dengan persyaratan standar *ASME section V article 2* [1], code T-282.1, densitas film radiografi untuk sumber sinar-X yang terbaca pada alat densitometer mempunyai rentang 1,80 sampai dengan 4,00 dan

mengacu *ASME section V article 2* [1], code T-282.2, densitas bervariasi pada daerah periksa antara minus 15% dan plus 30%, dibandingkan densitas pada daerah *penetrameter*.

## 3. BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan radiografi pada las pipa adalah sebagai berikut :

1. Sambungan las pipa tebal 9,23 mm, jenis material *Stainlesssteel* 304 dengan ketebalan 5,88 mm.
2. Larutan pemroses film terdiri dari *developer* 20 liter, air *stopbath* 20 liter, *fixer* 20, air bersih pembilas 30 liter @ 1 unit.
3. Film kecepatan sedang Fuji 100 ukuran 101,60 x 254 mm<sup>2</sup> sebanyak 3 film.

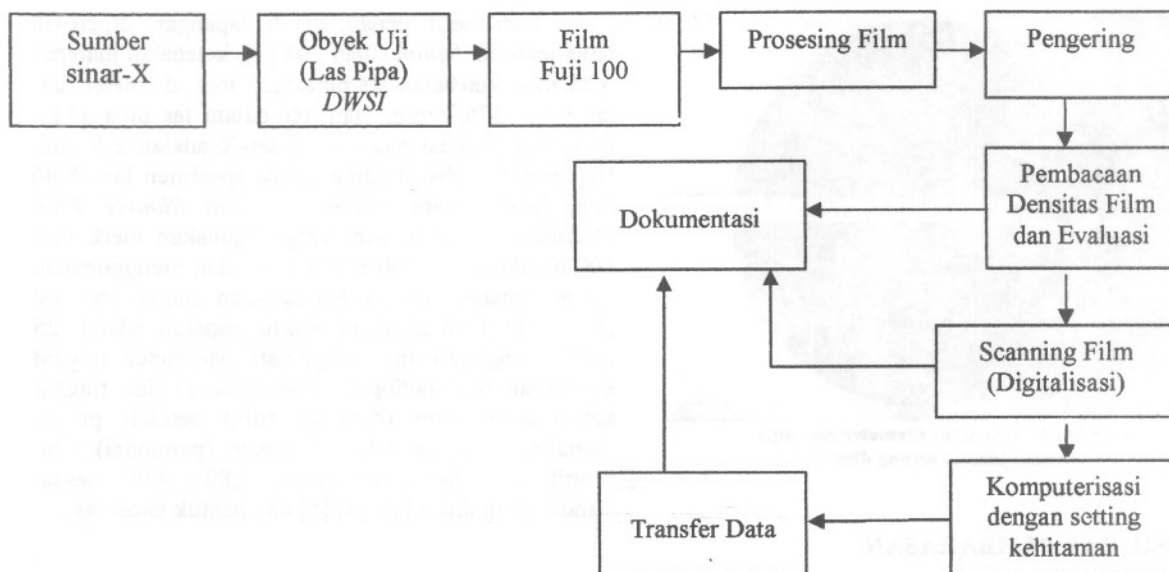
### Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

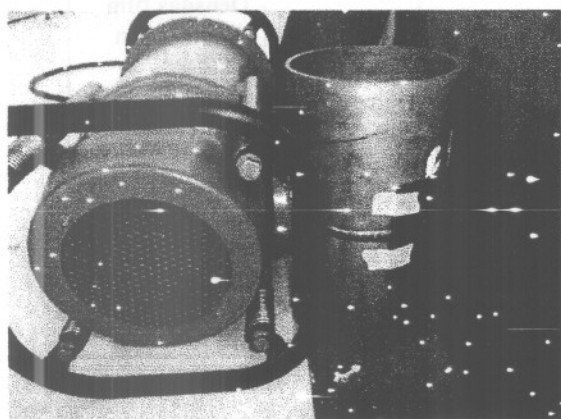
- |  |          |
|--|----------|
| 1. Sumber sinar-X dan panel pengendali | 1 unit   |
| 2. Pb tebal 3 mm                       | 2 lembar |
| 3. Penetrameter <i>DIN 6ISO12 Fe</i>   | 1 set    |
| 4. Penetrameter 1B <i>ASTM Fe</i>      | 1 set    |
| 4. <i>Lead Letter Pb</i>               | 1 set    |
| 5. <i>Hanger 4 x 10"</i>               | 12 set   |
| 6. <i>Stopwatch</i>                    | 1 set    |
| 7. <i>Longtang</i>                     | 1 set    |
| 8. <i>Surveyrometer</i>                | 1 set    |
| 9. <i>Rollmeter</i>                    | 1 set    |
| 10. Statip pendukung                   | 1 set    |
| 11. Pemindai film positif Epson V700   | 1 set    |

## METODE

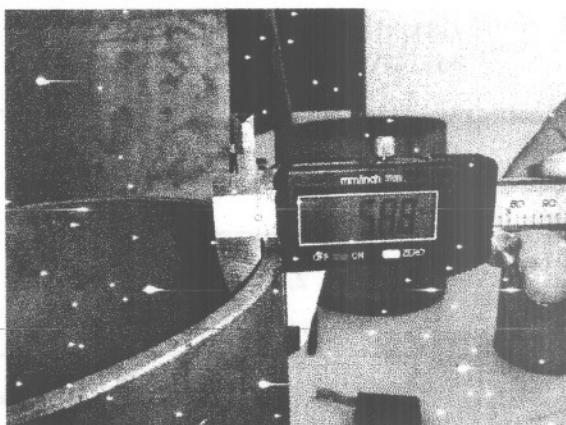
Pengerjaan proses pengelasan *Stainlesssteel* 403 secara manual memerlukan keahlian personal las yang handal. Radiografi ini menggunakan metode Ketebalan Ganda Bayangan Tunggal atau *Double Wall Single Image (DWSI)* dengan 2 penetrameter (1B *ASTM Fe* dan *DIN 6ISO12 Fe*) yang terletak di tengah las menghadap sumber (*source side*) tegak lurus diatas sambungan las pipa. Langkah-langkah kerja, alat pembangkit sinar-X merk Rigaku dan posisi las pipa uji, Panel pengendali dan *Surveyrometer*, mengukur ketebalan pelat pipa dengan jangka sorong digital, mengukur ketebalan *capping* las dengan jangka sorong digital, dan mengukur diameter luar pipa dengan jangka sorong digital masing-masing diperlihatkan pada gambar 1, 2, 3, 4, 5, dan 6.



Gambar 1. Langkah-langkah kerja



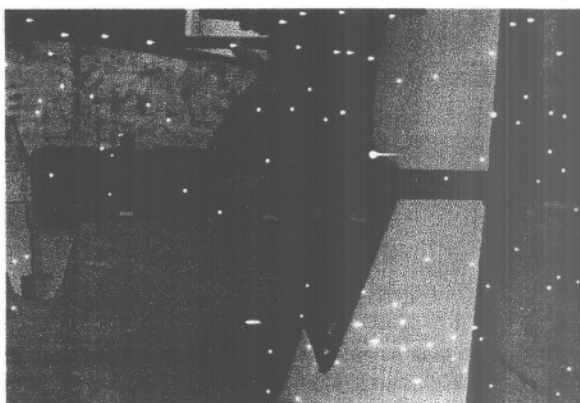
Gambar 2. Pembangkit sinar-X Rigaku dan posisi las pelat uji.



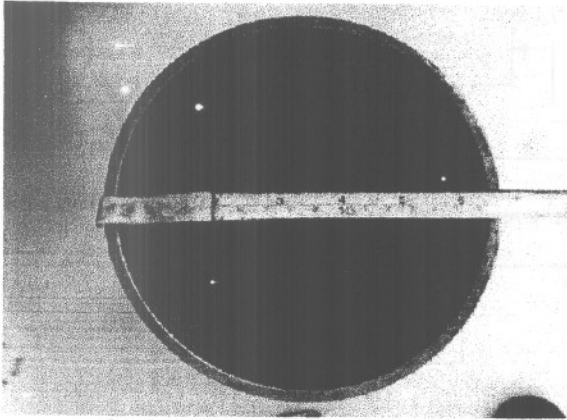
Gambar 4. Mengukur ketebalan pelat pipa dengan jangka sorong digital.



Gambar 3. Panel pengendali dan Surveymeter.



Gambar 5. Mengukur ketebalan capping las dengan jangka sorong digital.



Gambar 6. Mengukur diameter luar pipa dengan jangka sorong digital.

Dari hasil pengujian di lapangan diperoleh jenis material *Stainlesssteel* 304 [4], ketebalan las pipa 9,23 mm, diameter luar las pipa 176,7 mm, diameter dalam las pipa 158,2 mm, dan dimensi *focalspot* sinar-X adalah 2,5 mm. Berdasarkan tebal dinding ganda spesimen las 18,46 mm, jarak antara sumber ke film (*Source Film Distance*) 300 mm, film yang digunakan merk Fuji 100 berukuran 101,60 x 254 mm<sup>2</sup>, dan menggunakan kurva paparan sinar-X bertegangan tinggi 160 kV (Lampiran 1) didapatkan waktu paparan adalah 25 detik. Pengujian ini mengamati parameter tingkat kehitaman film radiografi konvensional dan tingkat kehitaman film (densitas film) setelah proses digitalisasi menggunakan *Scanner* (pemindai) film positif yang bervariasi antara 1,80 - 4,00 sesuai standar yang diacu [1], [5] [6] dan bentuk cacat las.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

No.	Metode/posisi/film	Densitas Film D=1,80-4,00	Sensitivitas S (%)	Penumbra Ug (mm)	Jenis cacat	Status
1	DWSI/CD/ Fuji 100	2,43; 3,03; 2,25	2,708	0,079	ITR	Densitas film diterima dan hasil las diterima
2	DWSI/DE Fuji 100	2,68; 3,07; 2,33	2,708	0,079	Retak 120 mm	Densitas film diterima dan hasil las tidak diterima
3	DWSI/EC/ Fuji 100	2,58; 2,92; 2,43	2,708	0,079	ITR	Densitas film diterima dan hasil las diterima

Tabel 1. Hasil radiografi pada uji sambungan las pipa

Tabel 1 memperlihatkan hasil radiografi pada pengujian las dengan metode Ketebalan Ganda Bayangan Tunggal didapat densitas film Fuji 100 adalah 2,43; 3,03; 2,25 untuk posisi CD, 2,68; 3,07; 2,33 untuk posisi DE, 2,58; 2,92; 2,43 untuk posisi EC dan penumbra hasil radiografi didapat 0,079 mm, sensitivitas film radiografi adalah 2,709% (terlihat 6 kawat penetrometer 1B *ASTM* Fe, 7 kawat penetrometer *DIN 6ISO12* Fe, dan ditemukan cacat retak sepanjang 120 mm pada posisi DE yang signifikan atau dapat dikatakan indikasi relevan. Hasil ini berdasarkan pengamatan di *viewer* (pembaca film positif) secara konvensional dan hasil pemindaian secara digital dan sudah sesuai dengan standar yang diacu. Dengan ditemukan cacat retak 120 mm pada posisi DE yang tidak diijinkan standar yang diacu dapat dikatakan bahwa pengelasan sambungan las pipa berdiameter diatas 3,5 inci ini tidak memenuhi

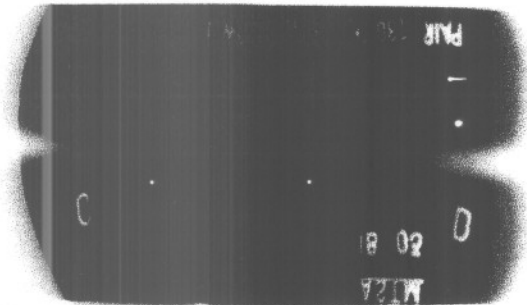
prosedur teknik pengelasan, sehingga harus diperbaiki ulang pengelasannya, dengan cara menggojing menggunakan gerinda pada daerah yang cacat retak hingga cacat retak hilang dan kemudian menutupnya dengan *filler* las. Setelah pengelasan ulang dilakukan pengujian radiografi ulang.

Dengan demikian hasil pengujian ini membuktikan bahwa dengan metode Ketebalan Ganda Bayangan Tunggal dapat digunakan untuk mengetahui cacat atau diskontinuitas sambungan las baik itu pada pipa *hydrant*, pipa gas bertekanan tinggi, ataupun material lainnya.

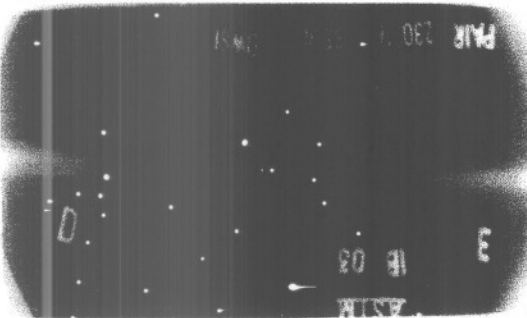
Hasil pemindaian (*scanning*) film positif hasil radiografi konvensional dapat dilihat pada Gambar 7.

Posisi CD:

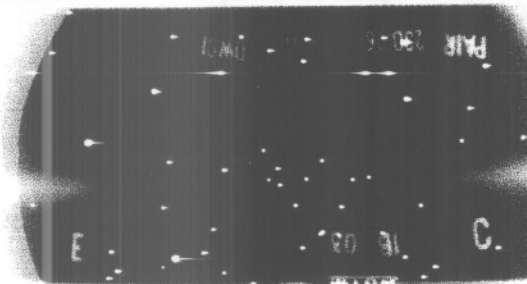




Posisi DE, tampak area yang retak pada garis las sepanjang 120 mm menyebabkan hasil las tidak dapat diterima:



Posisi EC:



Gambar 7. Hasil pemindaian film Fuji 100 radiografi sinar-X pada las pipa.

## 5. KESIMPULAN

Pengujian dengan teknik radiografi sinar-X menggunakan metode Ketebalan Ganda Bayangan Tunggal terbukti dapat digunakan untuk mengetahui cacat atau diskontinuitas pada las pipa berdiameter diatas 3,5 inci atau 88,9 mm yang biasa digunakan pada pipa *hydrant*, pipa gas bertekanan tinggi,

ataupun material lainnya.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

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

## 7. DAFTAR PUSTAKA

1. *ASME, ASME section V, article 2 Radiographic Examination*, New York, (2013).
2. *ASME, ASME section VIII, division 1 UW51-52*, New York, (2013).
3. *API, API STANDARD 1104*, New York, (2013).
4. Komunikasi internet, <http://www.suppliersonline.com/propertypages/304.asp>, tanggal 24 Pebruari 2016.
5. *IAEA, IAEA/RCA Regional Training Course on the Use of Isee and aRTist Software for Digital Industrial Radiography (DIR) Image Analysis and Interpretation*, Kajang, Malaysia, 25-29 July (2011).
6. *PUSDIKLAT BATAN, Radiografi Level II Standar dan Petunjuk Praktikum*, Jakarta (2013).

## 8. LAMPIRAN

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

## PERTANYAAN :

Penanya : Mulyono

Radiografi sinar x pada las pipa dengan metode ketebalan ganda bayangan tunggal. Apakah bisa menggunakan pipa yang lebih kecil dari 3,5 inci.

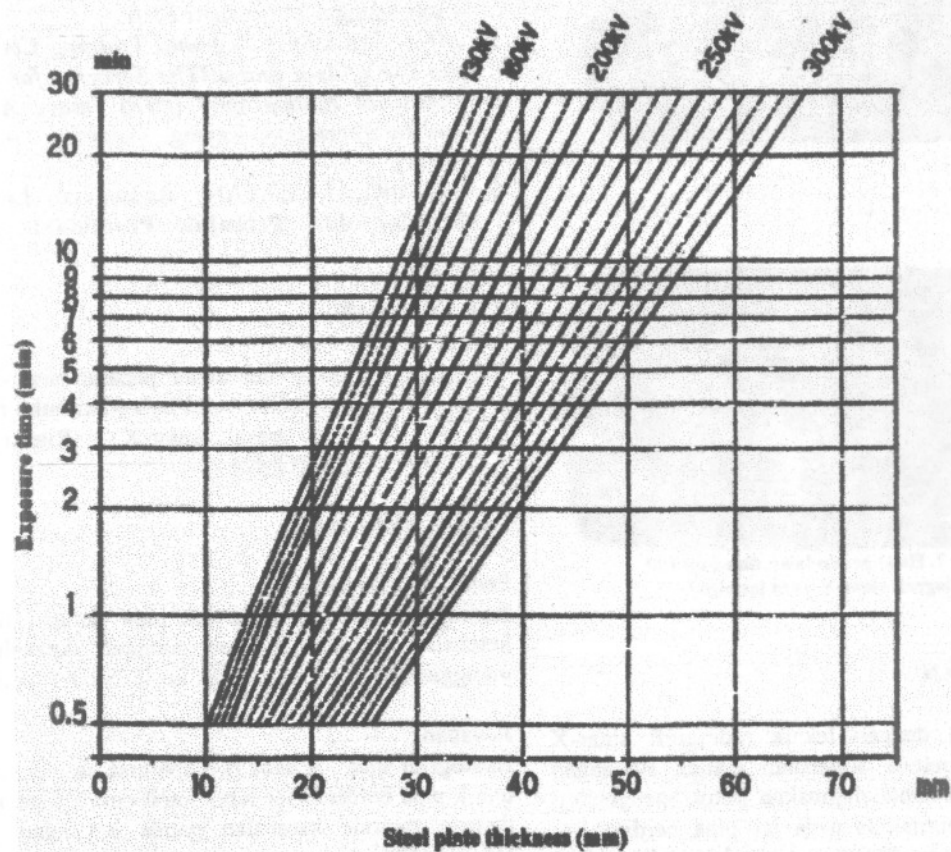
Jawaban :

Radiografi sinar X pada las pipa bisa juga digunakan untuk pipa berdiameter lebih kecil dari 3,5 inci, tapi dengan metode ketebalan ganda bayangan ganda (Metode Ellips).

## Lampiran 1.

## 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



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