

RADIOGRAFI SINAR-X RIGAKU DAN ISOVOLT PADA PENGELASAN LOGAM

RADIOGRAPHY OF X-RAY RIGAKU AND ISOVOLT ON METAL WELDING

Djoli Soembogo

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

Djoli@batan.go.id

Diterima: 22 April 2019, diperbaiki : 10 Mei 2019, disetujui : 13 Mei 2019

ABSTRAK

RADIOGRAFI SINAR-X RIGAKU DAN ISOVOLT PADA PENGELASAN LOGAM. Pengaplikasian radiografi sinar-X telah berkembang dan banyak dimanfaatkan pada bahan metal las. Radiografi ini menggunakan sumber radiasi dari mesin sinar-X Rigaku dan Isovolt. Penelitian ini bermaksud mengaplikasikan radiografi digital menggunakan sumber sinar-X dan menggunakan media pemindai film positif Epson V700 untuk pendigitalisasian hasil radiografi konvensional film pada sampel las. Telah dilakukan pengujian radiografi menggunakan film AGFA D7 untuk mendapatkan kontras medium, kepekaan medium dan kualitas bayangan (image) yang baik, menggunakan metode Ketebalan Tunggal Bayangan Tunggal, dan menggunakan media pemindai film positif dan sumber sinar-X dengan parameter pengamatan densitas film radiografi dan bentuk cacat. Tujuan radiografi ini untuk mengetahui hasil pencitraan yang baik untuk evaluasi cacat atau diskontinuitas sampel las seperti porositas, retak, slag inklusi yang akan mengganggu kelayakan pakai. Waktu paparan sinar-X adalah 50 detik untuk ketebalan sampel las 12,2 mm dan SFD 700 cm dengan menggunakan tegangan tinggi mesin sinar-X Intermiten dan Konstan sebesar 160 kV dan arus listrik 5 mA. Hasil pemindai film positif berupa radiografi digital yang memungkinkan untuk proses transfer data digital atau penyimpanan data digital secara komputerisasi. Hasil pengujian radiografi pada sampel las dengan metode Ketebalan Tunggal Bayangan Tunggal didapat parameter densitas film radiografi untuk film AGFA D7 pada sinar-X intermiten adalah 2,05; 2,03; 2,09 dan pada sinar-X konstan adalah 2,22; 2,25; 2,26, penumbra hasil radiografi didapat 0,044 mm, dan sensitivitas film radiografi adalah 2,049%. Ditemukan cacat IP, LF, dan porositas yang signifikan. Status densitas film sudah sesuai dengan standar yang diacu dan dapat didigitalisasi

Katakunci: Intermiten, konstan, sampel las.

ABSTRACT

RADIOGRAPHY OF X-RAY RIGAKU AND ISOVOLT ON METAL WELDING. The application of X-ray radiography has been developed and widely used in metal welding. This radiography using a source of radiation from X-ray machines of Rigaku and Isovolt. This research intends to apply digital radiography X-ray source and use scanner Epson V700 positive films media for digitization results of conventional radiographic films on welding sample. It has been testing radiography using AGFA D7 film to get the contrast medium, the sensitivity of the medium and image quality (image) is good, using Single Wall Single Image method, and using the media scanner films positive and X-ray sources with observation parameter are density radiographic film and the defect shape. Radiography uses AGFA D7 film to obtain a contrast medium, medium sensitivity and image quality (image) is good. This Radiography aims to find out good imaging results for evaluation defect or discontinuities metal welding such as porosity, cracks, inclusion slag which will interfere with the feasibility of use. X-ray exposure time is 50 seconds for a thickness of 12.2 mm coral reefs by using a high voltage X-ray machine Intermittent and constant of 160 kV and 5 mA electric current. 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 test results of radiographic on welding sample with Single Wall Single Image method obtained radiographic film density parameter for AGFA D7 film on intermitent x-Ray are 2.05; 2.03; 2.09 and on constant x-Ray are 2.22; 2.25; 2.26, unsharpness geometric of radiographic results obtained 0.044 mm, sensitivity radiography is 2.049%. Defect found IP, LF, and Porosity that are significant. The status of film density is in accordance with the standards referenced and can be digitized.

Keywords: Intermittent, constant, weld sample.

1. PENDAHULUAN

Aplikasian radiografi sinar-X telah berkembang dan banyak dimanfaatkan pada bahan metal seperti carbonsteel. Radiografi

sinar-X pada metal menggunakan arus listrik yang kecil dan tegangan tinggi yang besar. Pada kegiatan ini digunakan Radiografi dengan sumber radiasi dari mesin sinar-X Intermiten merek Rigaku EGM-300 dan mesin sinar-X

konstan merek Isovolt.

Pengujian radiografi menggunakan film AGFA D7 bertujuan untuk mendapatkan kontras medium, kepekaan medium dan kualitas bayangan (*image*) yang baik, dan metode Ketebalan Tunggal Bayangan Tunggal. Pada pengujian ini juga digunakan media pemindai film positif dan sumber sinar-X Rigaku dan sinar-X Isovolt, parameter pengamatan densitas film radiografi dan bentuk cacat.

Maksud radiografi pada metal las dengan menggunakan media pemindai film adalah mendigitalisasi hasil radiografi konvensional menggunakan film dengan sumber sinar-X untuk proses transfer data, penyimpanan data secara digital. Pengaplikasian radiografi sinar-X pada metal las bertujuan untuk mengetahui cacat atau diskontinuitas metal las seperti porositas, slag inklusi, atau retak yang akan mengganggu umur dan kelayakan pakai metal las.

2. TEORI

Prosedur radiografi sinar-X pada sampel las menggunakan film AGFA D7 yang mengacu pada *ASME section V article 2* untuk teknik radiografi [1], [2], [3], [4] dan *ASME section VIII division 1 Mandatory Appendix 4* untuk standar penerimaan hasil radiografi [5], [6], [7]. Sesuai dengan persyaratan standar *ASME section V article 2 [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 [2], code T-282.2*, densitas bervariasi pada daerah periksa antara minus 15% dan plus 30%, dibandingkan densitas pada daerah *penetrometer*.

3. TATA KERJA (BAHAN DAN METODE)

Bahan radiografi sinar-X pada metal las dengan proses manual, obyek uji berupa *carbonsteel* berukuran 29,5 x 25,4 cm² adalah sebagai berikut:

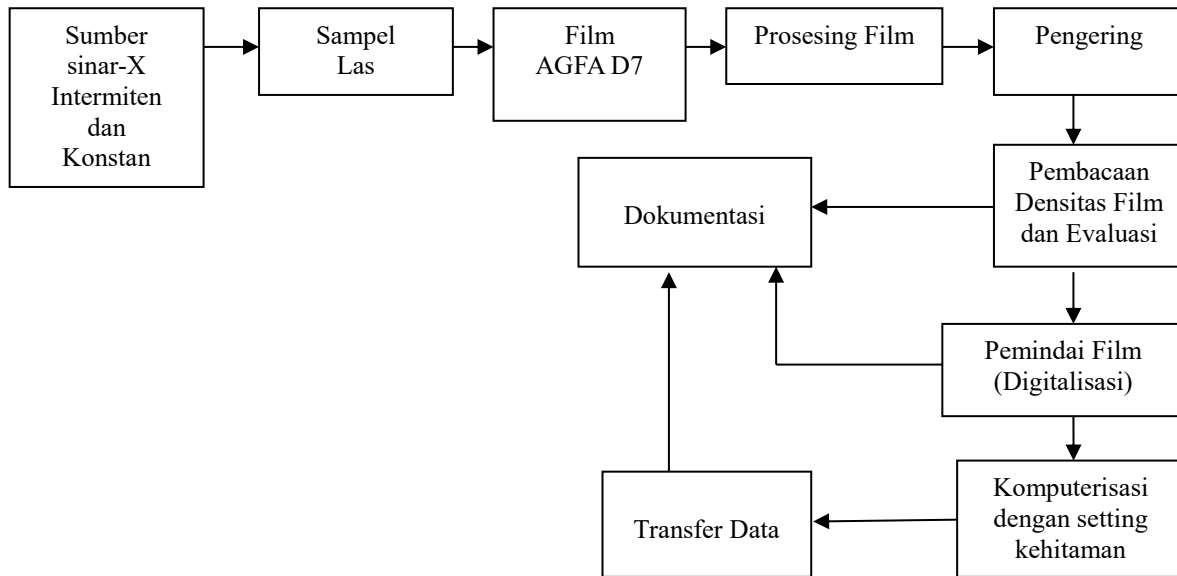
1. Ketebalan sampel las 12,2 mm, sesuai daya tembus sinar-X Rigaku dan Isovolt.

2. Larutan pemroses film terdiri dari *developer* 20 liter, air *stopbath* 20 liter, *fixer* 20, air bersih pembilas 30 liter
3. Film kecepatan sedang AGFA D7 ukuran 101,60 x 254 mm² sebanyak 2 film

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) Mesin sumber sinar-X dan panel pengendali Rigaku 1 unit
- 2) Mesin sumber sinar-X dan panel pengendali Isovolt 1 unit
- 3) Pb tebal 3 mm 2 lembar
- 4) *Penetrometer* kawat DIN Fe 6 ISO 12 2 set
- 5) Duplex 1 set
- 6) *Lead Letter* Pb untuk sinar-X 1 set
- 7) *Hanger* 4 x 10" 12 set
- 8) *Stopwatch* 1 set
- 9) *Longtang* 1 set
- 10) *Surveymeter* 1 set
- 11) *Rollmeter* 1 set
- 12) 12. Statip pendukung 1 set
- 13) Pemindai film positif Epson V700 1 set

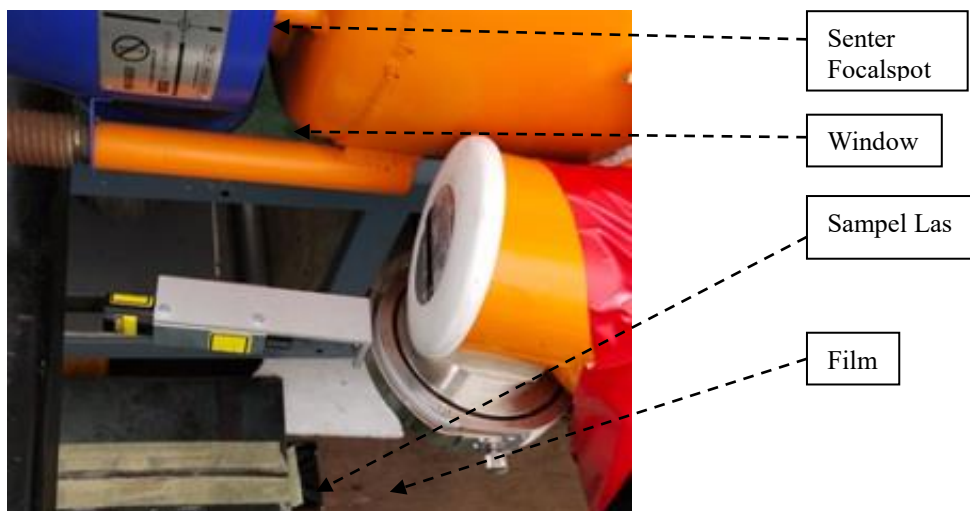
Pengerjaan proses pengelasan metal memerlukan keahlian personal yang andal, teliti, dan akurat. Radiografi ini menggunakan metode Ketebalan Tunggal Bayangan Tunggal atau *Single Wall Single Image (SWSI)* dengan 2 penetrometer kawat DIN Fe 6 ISO 12, di luar sampel las menghadap sumber (*source side*). Metode SWSI digunakan karena sampel uji berupa pengelasan logam pelat dengan ketebalan tunggal dan *Image* yang dihasilkan tunggal. Dalam pengujian ini menggunakan langkah kerja seperti pada Gambar 1, pembangkit sinar-X Rigaku dan posisi sampel las diperlihatkan pada Gambar 2, pembangkit sinar-X Isovolt dan posisi sampel las diperlihatkan pada Gambar 3, panel pengendali sinar-X Rigaku dan *Surveymeter* diperlihatkan pada Gambar 4, panel pengendali sinar-X Isovolt diperlihatkan pada Gambar 5.



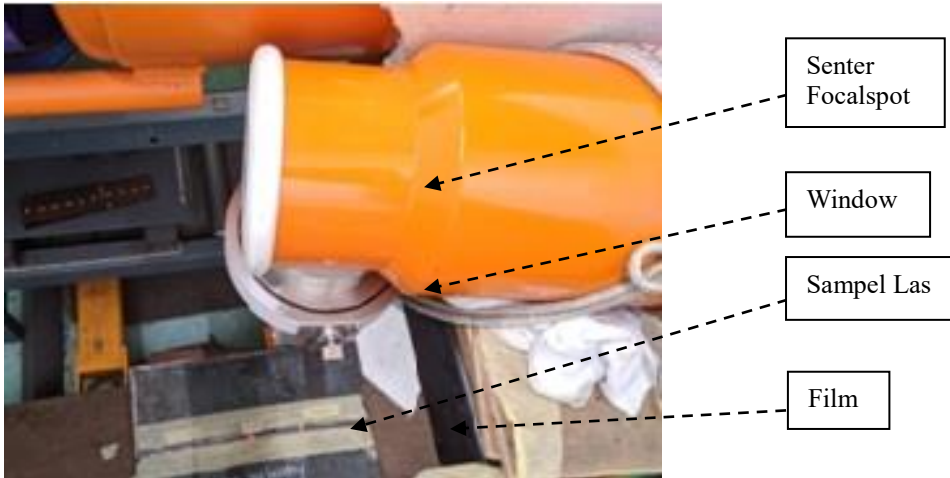
Gambar 1. Langkah kerja pengujian radiografi dengan sinar-X.

Langkah kerja pengujian radiografi dengan sinar-X sebagai berikut :

1. Siapkan peralatan mesin sinar-X Intermiten merek Rigaku dan mesin sinar-X Konstan, lakukan pemanasan sesuai prosedur SOP manual.
2. Siapkan sampel Las diatas film AGFA D7, lakukan sentering pada sampel terhadap *window* pertama di mesin sinar-X Intermiten dan kedua di mesin sinar-X Konstan, ambil jarak antara film dan focal spot (SFD) 700 mm. Lakukan pengamanan area radiasi dengan memasang tanda bahaya radiasi.
3. Pada penembakan pertama dengan mesin sinar-X Intermiten dan penembakan kedua dengan mesin sinar-X Konstan.
4. Lakukan pengamanan area radiasi dengan memasang tanda bahaya radiasi, kemudian lakukan penembakan sampel selama 50 detik pada kV 160 dan 5 mA.
5. Lakukan pemrosesan film di ruang gelap dengan waktu 5 menit di larutan *Developer*, 1 menit di air *stopbath*, 8 menit di larutan *Fixer*, 20 menit di air terakhir, dan kemudian lakukan pengeringan film.
6. Lakukan pembacaan film di *viewer* dan evaluasi data dengan mencatat densitas film pada alat *Densitometer*.
7. Lakukan digitalisasi film dengan pemindai Epson V700 pada komputer dengan menggunakan *software Silverfast*.
8. Lakukan komputerasi dengan setting kehitaman *imaging* jika diperlukan untuk pembacaan cacat material.
9. Lakukan transfer data dan dokumentasi untuk keperluan *database*.



Gambar 2. Pembangkit sinar-X Rigaku [8] dan posisi sampel las.



Gambar 3. Pembangkit sinar-X Isovolt [9], [10] dan posisi sampel las.



Gambar 4. Panel pengendali sinar-X Rigaku [8] dan Surveymeter.



Gambar 5. Panel pengendali sinar-X Isovolt [9], [10].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

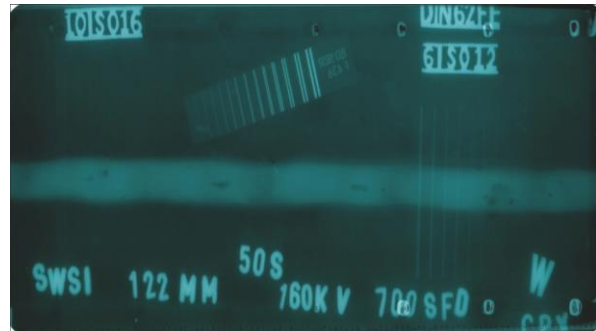
Ketebalan dari sampel las adalah 12,2 mm. Berdasarkan tebal spesimen dengan menggunakan kurva paparan sinar-X bertegangan tinggi 160 kV (Lampiran 1) mendapatkan waktu paparan eksperimen secara berulang (trial and error) selama 50 detik untuk radiografi sampel las dengan jarak tegak lurus antara sumber dan film (*Source Film Distance*) 700 mm dan dimensi *focalspot* sinar-X adalah 2,5 mm. Tegangan tinggi 160 kV dan arus listrik 5 mA diambil berdasarkan tegangan tinggi optimal mesin sinar-X, dan waktu paparan 50 detik berdasarkan eksperimen berulang yang tetap mengacu pada kurva paparan sinar-X. Dilakukan eksperimen berulang karena belum ada data dan eksperimen sebelumnya pada rentang waktu 40 detik dan 70 detik, dan diambil optimal 50 detik karena desitas film. Dalam hal ini film yang digunakan adalah AGFA D7 berukuran 101,60 x 254 mm². Pengujian ini mengamati parameter tingkat kehitaman film radiografi konvensional dan tingkat kehitaman film (densitas film) setelah proses digitalisasi menggunakan pemindai film positip yang bervariasi antara 1,80 - 4,00 sesuai standar yang diacu [1], [2], [3], [4] dan bentuk cacat pada metal las seperti IP (*Incomplete Penetration*), LF (*Lag of Fusion*), porositas, slag inklusi, atau retak [5], [6], [7].

Tabel 1. Hasil radiografi sinar-X pada sampel las.

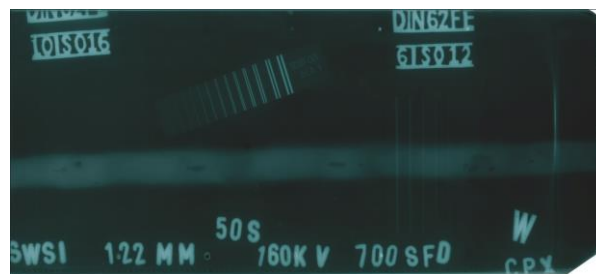
No.	Sampel Las	Densitas Film D=1,80-4,00	Sensitivitas S (%)	Penumbra Ug (mm)	Jenis cacat	Status
1	Rigaku	2,05; 2,03; 2,09	2,049	0,044	ditemukan cacat IP, LF, porositas	Densitas film diterima dan cacat ditolak
2	Isovolt	2,22; 2,25; 2,26	2,049	0,044	ditemukan cacat IP, LF, porositas	Densitas film diterima dan cacat ditolak

Hasil pengujian radiografi pada sampel las dapat dilihat pada Tabel 1. Dari hasil pengujian densitas film berulang sebanyak 3 kali dan pengujian radiografi menggunakan metode Ketebalan Tunggal Bayangan Tunggal diperoleh nilai densitas film AGFA D7. Pada sampel las (tebal 12,2 mm) untuk sinar-X Intermiten [8] didapat densitas film sebesar 2,05; 2,03; 2,09, nilai sensitivitas dan penumbra [1], [4] masing-masing adalah 2,049 dan 0,044. Pada pengujian sampel las (tebal 12,2 mm) untuk sinar-X Konstan [9], [10] didapat densitas film sebesar 2,22; 2,25; 2,26. Nilai sensitivitas dan penumbra [1], [4] masing-masing adalah 2,049 dan 0,044. Berdasarkan rentang densitas film yang diacu yaitu 1,80 - 4,00, status pengujian untuk densitas film dapat diterima dan ditemukan cacat IP, LF, dan porositas ditolak (*reject*).

Dari hasil pengujian radiografi pada sampel las ditemukan cacat IP, LF, dan porositas yang signifikan disebabkan karena metal las mengalami proses penetrasi las tidak sempurna, tidak menyatu, terbentuk rongga las. Pengolahan proses pengerjaan las yang andal, teliti, dan akurat juga dapat mempengaruhi ada tidaknya cacat las, karena hal ini dapat mempengaruhi bentuk cacat las pada permukaan atau di dalam metal las. Status sampel las tidak dapat diterima sesuai standar yang diacu *ASME section VIII division 1 Mandatory Appendix 4* [5]. Sampel metal las harus diperbaiki proses pengelasan ulang dengan prosedur sampel las digerinda sampai ketemu cacat lasnya, kemudian dilakukan proses pengelasan ulang, dan dilakukan radiografi ulang. Hasil ini berdasarkan pengamatan di *viewer* (pembaca film positif) secara konvensional atau monitor komputer secara digital dan sudah sesuai dengan standar yang diacu. Hasil pemindaian film positif produk radiografi konvensional dengan alat pemindai Epson V700 dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Hasil pemindaian film AGFA D7 dengan sinar-X Intermiten.



Gambar 7. Hasil pemindaian film AGFA D7 dengan sinar-X konstan.

Dengan data Tabel 1, Gambar 6 dan Gambar 7 tersebut diatas didapat kerapatan (densitas) film untuk sinar-X Konstan lebih tinggi dibanding kerapatan (densitas) untuk sinar-X Intermiten, karena paparan radiasi yang dihasilkan sinar-X Konstan lebih konstan dan kontinue dibanding Sinar-X Intermiten. Aplikasi sinar-X Konstan lebih menghemat waktu dibanding sinar-X Intermiten. Sinar-X Intermiten memerlukan pendinginan mesin setelah operasi, waktu pendinginan sama seperti waktu operasi. Lain halnya sinar-X Konstan bisa kontinue tidak perlu pendinginan.

5. KESIMPULAN

Hasil pengujian radiografi sinar-X pada sampel las dengan metode Ketebalan Tunggal Bayangan Tunggal didapat parameter densitas film radiografi untuk film AGFA D7 untuk sinar-X Intermiten adalah 2,05; 2,03; 2,09 dan sinar-X konstan adalah 2,22; 2,25; 2,26, status densitas

film sudah sesuai dengan standar yang diacu *ASME section V, article 2 Radiographic Examination* yaitu 1,80-4,00 [2] dan dapat didigitalisasi. Kelemahan digitalisasi film radiografi adalah memungkinkan memalsukan bentuk cacat jika bukan dalam format PDF, keunggulan digitalisasi film radiografi adalah dokumentasi dan tranfer data lebih mudah. Densitas film untuk sinar-X Konstan lebih tinggi dibanding densitas untuk sinar-X Intermiten, karena paparan radiasi yang dihasilkan sinar-X Konstan lebih konstan dan continue dibanding Sinar-X Intermiten.

6. SARAN

Selanjutnya perlu pengujian lanjutan digital radiografi menggunakan *Computed Radiography* dengan melihat *grey value* sebagai tingkat kehitaman pencitraan.

7. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

Sdr. Mahansa Putra dan sdr. Naufal Praditya dari Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia atas bantuannya dalam pelaksanaan penelitian ini.

8. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ASME, *ASME section V, article 2 Radiographic Examination*, New York, (2017).
- [2]. IAEA, *IAEA/RCA Regional Training Course on Digital Industrial Radiology and Computed Tomography Applications in Industry*, Kajang, Malaysia, 2-6 November (2009).
- [3]. 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).
- [4]. Pusdiklat BATAN, *Radiografi Level II Standar dan Petunjuk Praktikum*, Jakarta (2013).
- [5]. ASME, *ASME section VIII division 1 Mandatory Appendix 4*, New York, (2017).
- [6]. PUSDIKLAT BATAN, *Defectology Level I*, Jakarta (2013).
- [7]. PUSDIKLAT BATAN, *Defectology dan Interpretasi Film Level II*, Jakarta (2013).
- [8]. Rigaku Corporation, *Portable Industrial X-Ray Inspection Apparatus Radioflex RF-200/250/300 EGM2 Instruction Manual*, Manual No.ME. 16077A02, Tokyo (2012).
- [9]. Ge Sensing & Inspection Tech Nologies, *Isovolt 160 / 225 / 320 / 450 Titan E*, 22926 Ahrensburg (2014)
- [10]. PT. Pratita Prama Nugraha, *Pe Tunujuk Singkat Pengoperasian Mesin X-Ray Isovolt Titan 225 Kv*, (2018).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kurva hubungan paparan sinar-X dan ketebalan metal baja (dari buku manual alat mesin sinar-X Rigaku RF-300EGM2) [8].

