

UJI TANPA RUSAK PADA SAMBUNGAN LASAN LINER KOLAM IRADIATOR GAMMA

Petrus Zacharias, Harno Garnito, Tri Wahono
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir- BATAN
Gedung 71, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan, 15310

ABSTRAK

UJI TANPA RUSAK PADA SAMBUNGAN LASAN LINER KOLAM IRADIATOR GAMMA.
Untuk menjaga kualitas produk agar sesuai dengan standar yang ditetapkan, maka perlu dilakukan inspeksi atau pemeriksaan terhadap produk tersebut. Untuk mengetahui ada atau tidaknya cacat pada produk sebelum dilakukan proses berikutnya, ataupun sebelum produk dipasarkan maka biasa dilakukan pemeriksaan dengan metode uji tanpa rusak atau Non Destructive Testing (NDT), yaitu pengujian bahan dengan tidak merusak bahan yang diuji. Untuk memeriksa ada tidaknya cacat pada sambungan las dalam liner iradiator, telah dilakukan uji radiografi dan liquid penetrant. Hasil uji menunjukkan adanya beberapa cacat seperti undercut pada base metal dan porosity. Temuan adanya cacat ini telah ditindaklanjuti dengan perbaikan las ulang sebagaimana yang direkomendasikan. Hasil ulang uji radiografi dan penetrant pasca perbaikan menunjukkan bahwa cacat telah berhasil dihilangkan. Dengan demikian, lasan pada liner iradiator dapat diterima.

Kata kunci : Uji Tanpa Rusak, liner kolam iradiator, cacat las.

ABSTRACT

A NON DESTRUCTIVE TESTING ON GAMMA IRADIATOR POOL LINER WELD JOINTS.
To keep the quality of the products to conform to established standards, there should be an inspection or examination of the products. To determine whether there is any defect in the products prior to the next process or before the products to be launched to the market, it is usually the product to be inspected by Non Destructive Testing method (NDT), which is testing the material without spoiling the material being tested. To inspect the absence of defects in the welded joints in iradiator pool liner, the radiographic examination and liquid penetrant have been conducted. The examination obtained some undercuts and porosities defects in welded joints. All of welded defects have been repaired by rewelding according to the recommendation. And all repaired weld in joints have been checked by repeating radiography and liquid penetrant examination and by repeating the original inspection procedure.

Key words: Non Destructive Testing, iradiator pool liner, weld defects.

1. PENDAHULUAN

Sekarang ini Batan sedang membangun fasilitas iradiator gamma yang mempunyai aktivitas awal 200 kCi. Fasilitas utama sebuah iradiator gamma terdiri dari sumber radiasi gamma, perisai radiasi untuk melindungi pekerja atau lingkungan, dan bagian mekanik untuk transportasi produk yang akan diiradiasi. Sumber radiasi terbungkus dan tersimpan di dalam kolam dengan aman. Ketika dioperasikan, sumber radioaktif diangkat ke atas permukaan kolam. Selanjutnya produk yang akan diiradiasi didekatkan dan dijauhkan dengan menggunakan sistem transportasi produk. Ruang iradiasi terkungkung oleh dinding beton dengan spesifikasi khusus. Setelah produk selesai diiradiasi, sumber radiasi dikembalikan ke tempat penyimpanannya di dalam kolam. Air kolam berfungsi sebagai penahan radiasi^[1].

Kolam sumber diisi air jernih bebas mineral/bebas ion yang berfungsi sebagai perisai radiasi maupun pendingin dari panas yang dihasilkan sumber radioaktif. Sumber radiasi ditempatkan ke dalam rak sumber yang dapat dinaikturunkan dari kolam sumber pada saat dipergunakan dan atau disimpan^[2].

Karena air kolam berfungsi sebagai penahan radiasi, maka kolam tidak boleh bocor. Permukaan dinding kolam dilapisi pelat *Stainless Steel* yang disebut dengan *liner*. Tebal pelat dinding liner, sedangkan alasnya 10 mm^[3].

Fungsi *liner* kolam adalah sebagai pemisah antara air kolam dengan dinding beton, karena kontak air dengan beton dapat mengganggu kualitas air bebas mineral, selain itu untuk mencegah kebocoran. *Liner* kolam didesain dan difabrikasi dengan jaminan tahan terhadap korosi dan kebocoran^[2]. *Liner* kolam tidak boleh bocor karena ada kemungkinan air kolam sudah terkontaminasi. Dan untuk mencegah kemungkinan air dari lingkungan (air tanah) masuk ke kolam. Karena itu, sambungan las antar pelat pada *liner* harus benar-benar rapat, tidak boleh ada kebocoran.

Untuk menguji kualitas hasil lasan, sebelum liner dipasang dilakukan pengujian tanpa rusak (*NDT : Non Destructive Testing*). Dengan menggunakan teknik ini, maka cacat yang tidak terdeteksi dengan menggunakan metode pengujian secara visual karena ukurannya yang sangat kecil ataupun posisinya yang berada di bawah permukaan suatu produk dapat diketahui dengan baik sebelum dilakukan proses selanjutnya. Teknik uji tanpa rusak yang banyak dipakai dalam bidang industri antara lain adalah *Liquid Penetrant Testing* (PT), *Magnetic Particle Testing* (MT), *Ultrasonic Testing* (UT), *Radiographic Testing* (RT), *Eddy Current Testing* (ET). Masing-masing teknik ini memiliki kelebihan dan kekurangan antara satu dengan yang lain^[3]. Dalam tulisan ini hanya akan membahas uji tanpa rusak yang diterapkan pada *liner* iradiator, yaitu teknik radiografi (yang menggunakan sinar- γ /Ir-192) dan *liquid penetrant*.

2. DASAR TEORI

2.1. PENGUJIAN DENGAN RADIOGRAFI SINAR- γ

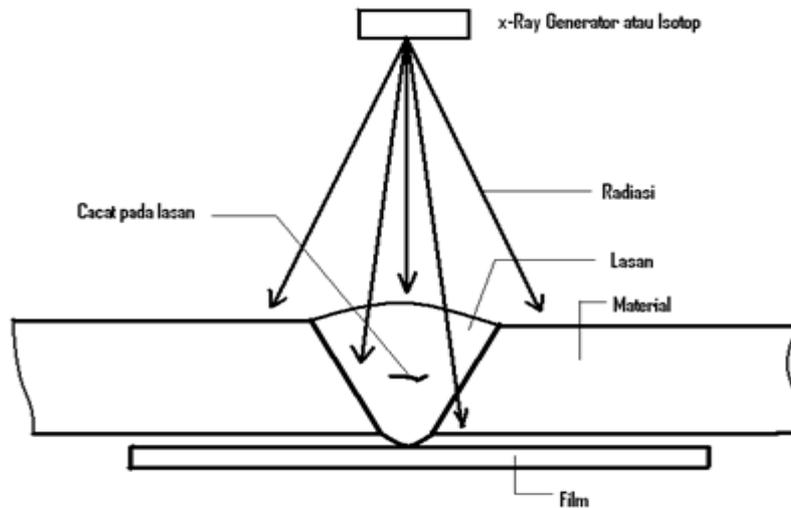
Teknik ini bekerja berdasarkan interaksi antara radiasi nuklir sinar- γ dengan bahan yang diuji. Sinar- γ didapat dari peluruhan isotop radioaktif yang tidak stabil menuju ke keadaan stabil dengan melepaskan energi berupa sinar- γ . Sinar- γ saat berinteraksi dengan bahan akan mengalami tiga kondisi yakni dihamburkan/dipantulkan, diserap, dan ditranmisikan. Dalam hal yang terakhir maka radiasi tidak mengalami interaksi dengan atom dari bahan yang diuji. Untuk keperluan uji tanpa rusak ini kondisi kedua dan ketiga yang dimanfaatkan. Citra benda uji didapat dari perekaman terhadap intensitas radiasi yang ditransmisikan benda uji dan merupakan proyeksi dari keadaan benda uji^[4]. Hubungan antara intensitas radiasi yang datang dengan intensitas radiasi yang ditransmisikan dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan^[5] :

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

dimana :

- I : intensitas radiasi setelah melalui benda uji
- I₀ : intensitas radiasi sebelum melalui benda uji
- μ : koefisien pelemahan linear
- x : tebal benda uji

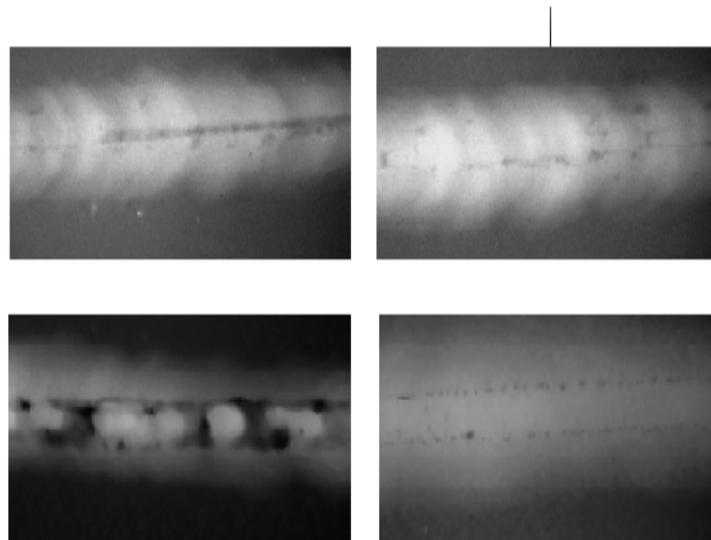
Teknik uji tanpa rusak ini disebut dengan teknik proyeksi karena citra hasil pengujian merupakan citra proyeksi dari cacat yang terdapat di dalam benda uji seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Prinsip Dasar Pengujian dengan Radiografi.

Proses pembentukan citra terjadi pada saat radiasi yang ditransmisikan I sebagai pembawa informasi cacat dari benda uji berinteraksi dengan medium perekam silver bromida yang dilapiskan pada plastik transparan. Energi radiasi ini memecahkan ikatan ionik silver bromida. Banyaknya molekul silver bromida yang terionisasi tergantung pada intensitas radiasi yang ditransmisikan I yang bervariasi sesuai dengan kondisi cacat pada benda uji. Apabila cacat berupa bahan penyerap radiasi maka I kecil dan sebaliknya bila cacat berupa rongga udara maka intensitas I besar. Intensitas I juga bervariasi terhadap ketebalan benda uji. Semakin tebal benda uji, I semakin mengecil mengikuti persamaan (1) di atas^[4].

Citra akan terbentuk pada saat dilakukan pemrosesan film. Proses ini sebenarnya sama dengan proses pencucian foto biasa. Dalam proses ini ion Ag akan dinetralkan dan membentuk atom Ag yang berwarna hitam. Oleh karena itu film yang telah diproses menampilkan variasi kehitaman sesuai dengan besar kecilnya intensitas I sebagai pembawa informasi kondisi benda uji^[4]. Suatu contoh dari hasil pengujian diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Contoh Film Radiografi.

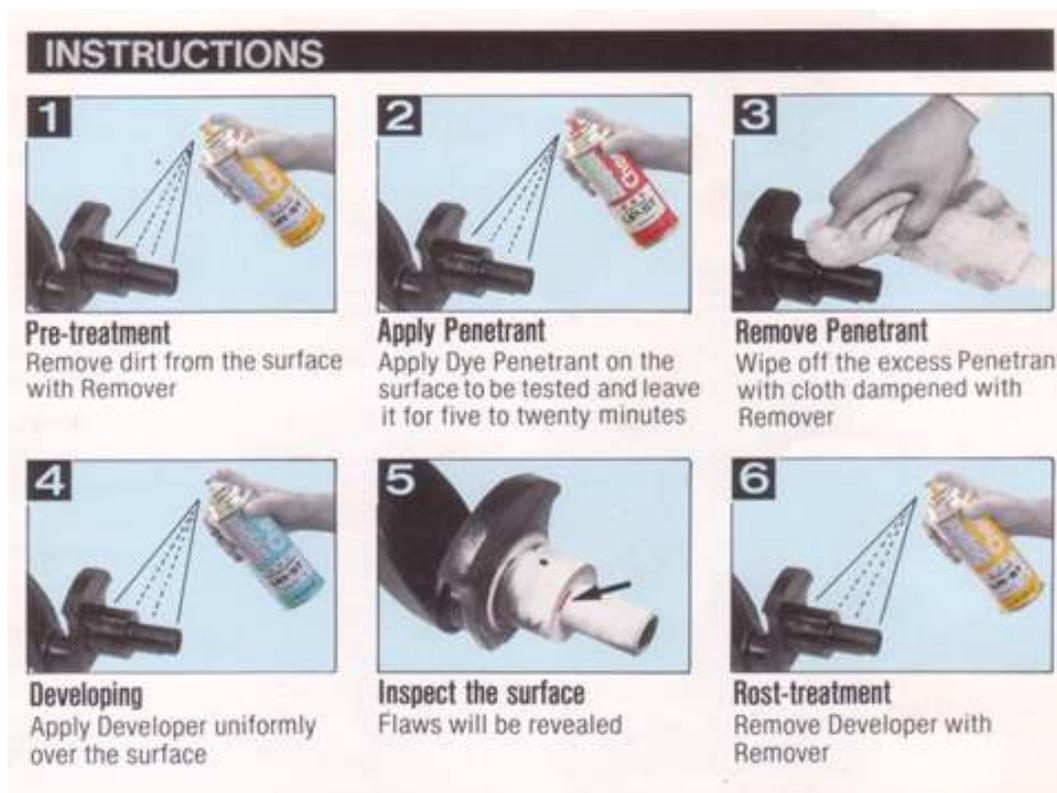
2.2. PENGUJIAN DENGAN LARUTAN *DYE PENETRANT*

Uji larutan *dye penetrant* (*liquid penetrant test*) adalah salah satu metode uji tanpa rusak yang mampu mendeteksi dan menentukan lokasi diskontinuitas/cacat seperti *crack*, *laps*, *seams*, *cold shuts*, *laminations*, *porosity* yang terbuka di permukaan pada suatu material atau komponen. Teknik *penetrant* dapat digunakan pada material yang tidak tergantung pada sifat fisiknya asalkan permukaan tidak menyerap (*nonabsorbent*).

Pengujian ini digunakan untuk mendeteksi cacat luar yang tidak bisa dideteksi dengan menggunakan pengujian radiografi, seperti bentuk lasan *fillet*/sudut. Untuk membantu penglihatan maka digunakan bantuan cairan yang mudah meresap ke dalam cacat, yang berwarna cerah. Agar tidak merusak benda uji, maka cairan yang digunakan juga tidak boleh bersifat korosif.

Prosedur Pengujian dengan larutan *Dye Penetrant* adalah sebagai berikut^[5] :

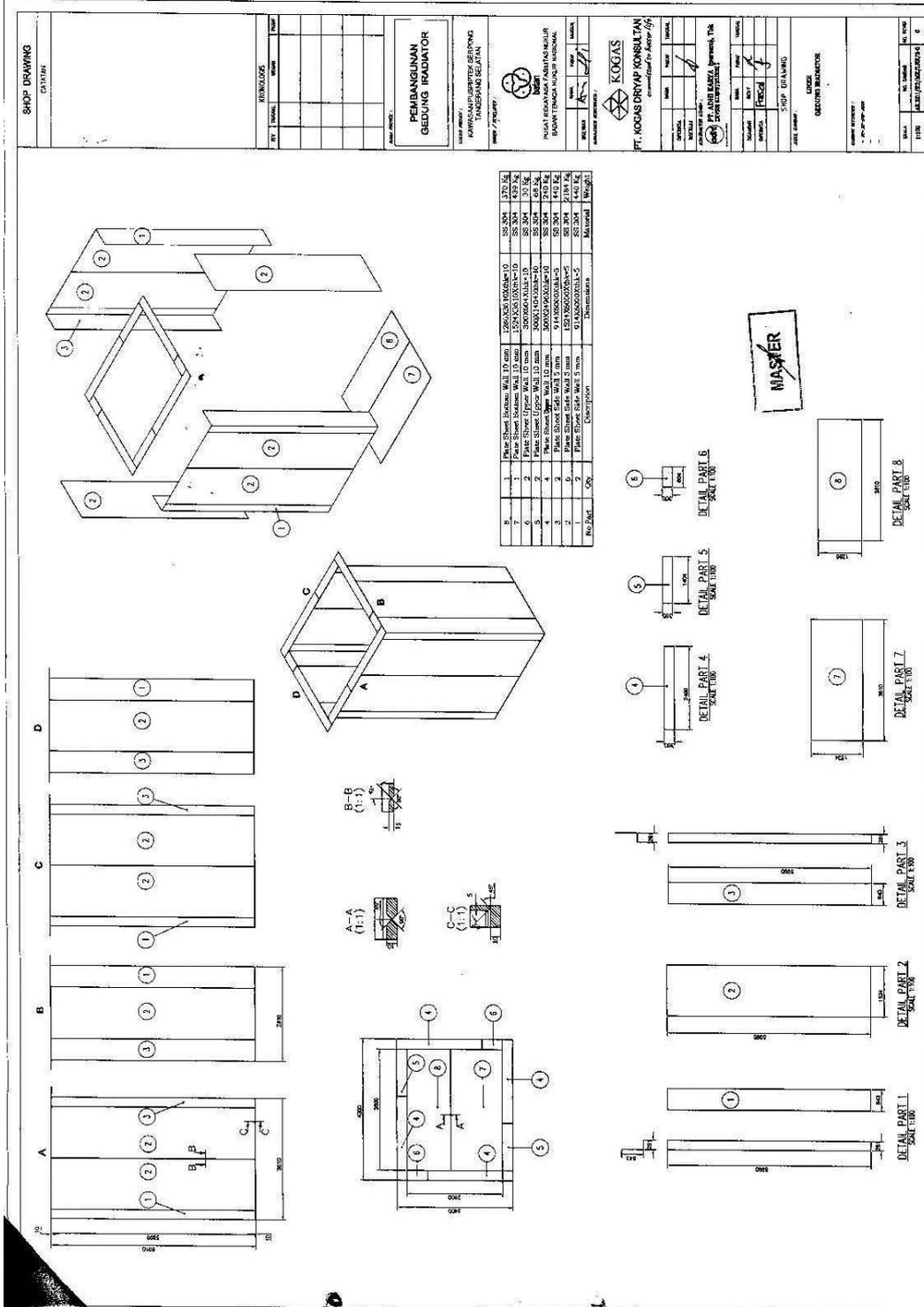
1. Benda uji harus dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran yang menempel baik berupa karat, oli, dan kotoran lain yang menempel. Untuk membersihkan kotoran ini bisa digunakan udara bertekanan, alkohol, ataupun *thinner*.
2. Pada permukaan benda uji diberi cairan *dye penetrant* dengan jalan dicelup atau dioleskan, atau disemprotkan sehingga menutupi semua permukaan yang akan diuji. Benda uji dibiarkan selama 10-20 menit, agar cairan *penetrant* meresap pada cacat. Lamanya tergantung rekomendasi dari pabrik pembuat larutan *dye penetrant*.
3. Kemudian membersihkan permukaan benda uji dengan jalan dilap dengan kain yang dibasahi dengan larutan pembersih.
4. Memberikan cairan *developer* agar cairan penetrant yang masuk pada retakan dapat tertarik dan muncul kepermukaan. Ditunggu selama 5–10 menit untuk memberi kesempatan cairan penetrant tertarik cairan *developer*.
5. Memeriksa cacat yang terlihat pada permukaan.



Gambar 3. Urutan Pengujian dengan Larutan *Dye Penetrant*^[7].

3. METODE

Pembangunan fasilitas iradiator gamma dilaksanakan oleh PT Adhi Karya melalui Surat Perjanjian Nomor : B-183/BATAN/RFN 1.3/HK 00 02/01/2016^[8]. Penyambungan pelat *liner* menggunakan proses las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*). Sedangkan Uji Tanpa Rusak pada sambungan lasan *liner* kolam baik pengujian radiografi dengan sinar- γ maupun pengujian dengan larutan *dye penetrant* dilaksanakan oleh PT Emira Energi. Pemeriksaan ulang film hasil uji radiografi dilakukan oleh tim PRFN Batan. Pengujian radiografi dengan sinar- γ dilakukan pada sambungan las tumpul, sedangkan pengujian dengan larutan *dye penetrant* dilakukan pada sambungan las sudut. Pada *liner* kolam iradiator gamma terdapat 11 jalur sambungan las tumpul dan 4 jalur sambungan las sudut (lihat Gambar 4). Laporan hasil uji dengan radiografi dan larutan *dye penetrant* bisa dilihat pada Gambar 5, 6 dan 7. Laporan tersebut memberitahukan ada-tidaknya cacat dalam hasil lasan. Apabila ditemukan cacat dalam lasan, sambungan las harus diperbaiki berdasarkan rekomendasi solusi dari tim pemeriksa. Hasil perbaikan diperiksa lagi sehingga memenuhi kriteria keberterimaan.



Gambar 4. Liner Iradiator.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini hasil dari pengumpulan laporan hasil uji dengan radiografi dan larutan penetrant yang ada cacatnya serta solusi perbaikannya. Dari uji radiografi pada 11 sambungan las tumpul, terdapat 4 sambungan yang ada cacat, yaitu sambungan nomor 1, 4, 5 dan 10. Sedangkan uji dengan larutan dye penetrant pada 4 sambungan las sudut, terdapat 1 sambungan yang ada cacat.

The figure displays four radiographic examination reports from EMIRA ENERGI, arranged in a 2x2 grid. Each report is for PT ADHI KARYA and includes the following sections:

- Header:** EMIRA ENERGI logo, company name, and report details (Formulir No. 01-RT-03, Report No., Page No.).
- Client/Project Info:** Client: PT ADHI KARYA, Project No.: Liner Sulfuric Button, Date: 30-7-2016.
- Reference Procedure:** BE/PT/03.
- Acceptance Criteria:** ASME VIII.
- Working Process:** SMAW.
- Technique Description:** Max. (DQI): 25°, Sensitivity Requirement: 2%, etc.
- Equipment and Material:** Radiation Source: 60 Co, etc.
- Inspection Results Table:** A table with columns: Order No./DWG No., Item/Mark, Joint No., Welder No./ID, Area of Interest, Interpretation, Result, and Remark. The results are categorized as 'Acc' (Acceptable) or 'Def' (Defect).
- Signature/Stamp:** Handwritten signatures and stamps of the inspectors.
- Footer:** PT EMIRA ENERGI NET DIVISION contact information.

Gambar 5. Laporan Hasil Uji Radiografi pada Liner Radiator.



Gambar 6. Film Hasil Uji Radiografi pada *Liner* Radiator.

		Form No. EE-PF02 This format & Another NDT report format are available in PT EMIRA ENERGI-NDT procedure Report No. <u>01/EE/PT/11/1411-16</u> Page No.					
LIQUID PENETRANT EXAMINATION REPORT							
Client: PT. ADHI KAPTA	Project No. <u>Liner System Bonten</u>	Date: <u>30-9-2016</u>					
Order/DWG No.:	Mark/Item:	Location: <u>U1, V3T</u>					
Reference Procedure Specification: <u>EE/PT/02</u>	Surface Temp: <u>AMBIENT</u>	Material: <u>U1</u>					
Acceptance Criteria: <u>ASME VIII</u>	Welding Process: <input type="checkbox"/> SMAW <input type="checkbox"/> GTAW <input type="checkbox"/> FCAW <input type="checkbox"/> SAW <input type="checkbox"/> Other	Surface Condition: <input checked="" type="checkbox"/> As Welded <input type="checkbox"/> Grind Flush					
Liquid Penetrant Testing Equipment	Thickness: <u>10 mm</u>	Examination Area: <input type="checkbox"/> Base Metal <input type="checkbox"/> Weld Metal					
IPT Technic	WELD JOINT SKETCH						
Penetrant Type: <u>S.E.L - S.P1</u>	Manufacturer: <u>MAGNATEL/UY</u>						
Cleaner (PT Remover): <u>S.E.C - 5</u>	Manufacturer: <u>MAGNATEL/UY</u>						
Developer: <u>Spp - 32</u>	Manufacturer: <u>MAGNATEL/UY</u>						
Method Description							
Pre-Cleaning Method:	Dwell Time:						
Penetrant Application:	Developing Time:						
Developer Application:	Lighting Equipment:						
Light Intensity:							
Order No./DWG No.	Item/Mark	Joint No.	Welder No./ID	Tested Length	Evaluation	Result	Remark
Liner		1	01	5000 mm	N51	ACC	
Insulator		2	01	6000 mm	N51	ACC	
		3	01	3000 mm	N51	ACC	
		4	01	6000 mm	N51	Repair	1/2 x 6"
Note: P: Porosity C: Crack CP: Cluster Porosity S: Slag IP: Incomplete Penetration UF: Lack of Fusion UC: Under Cut							
We, the undersigned, certify that the statements in this record are correct and that the weld/material were prepared and tested in accordance with the requirement applicable code above.							
Examined By:	Reviewed /Witnessed:	Reviewed /Witnessed:	Reviewed /Witnessed:				
NDT LEVEL: <u>Peterson II</u>	PT EMIRA ENERGI NDT DIVISION Naka Metro Cilegon Block A, No. 15 D, Raya Bojongsari Pak, Jombang Kota Cilegon Banten INDONESIA 42411 Phone: +62254 8852023 Fax: +62254 8852050 www.emiraenergi.com						

PENETRANT TESTING PHOTOGRAPH OF INSPECTION	
BEFORE PENETRANT	
AFTER PENETRANT	
SKETCH	

Gambar 6. Laporan Hasil Uji dengan Larutan Dye Penetrant pada Liner Iradiator.

Jenis cacat yang ditemukan dan cara perbaikan dirangkum dalam Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Jenis cacat yang ditemukan dan cara perbaikan

PENGUJIAN	NO. SAMBUNGAN	CACAT	SOLUSI
Radiografi	01	<i>Undercut</i> , yaitu bagian yang turut mencair pada logam dasar dan tidak terisi oleh logam pengisi. Diakibatkan oleh arus listrik terlalu tinggi, busur terlalu tinggi, laju pengelasan terlalu cepat, sudut <i>torch</i> kurang akurat ^[8] .	Tambah lasan
	04	<i>Rounded/Cluster Porosity</i> , yaitu sekumpulan gelembung gas terdapat di dalam hasil las dan permukaan, terjadi akibat terperangkapnya gas di dalam logam hasil las ^[9] .	Bongkar/gerinda, dan las ulang
	05	<i>Cluster Porosity</i>	Bongkar/gerinda, dan las ulang
	10	<i>Re shoot</i> . Gambar kabur, tidak bisa diinterpretasi, bisa disebabkan sumber radiasi atau film bergoyang.	Radiografi ulang
Penetrant	4	<i>Undercut</i>	Tambah lasan
		<i>Cluster Porosity</i>	Bongkar/gerinda, dan las ulang

Rekomendasi pada kolom solusi dari Tabel 1 di atas telah dilaksanakan untuk perbaikan kualitas hasil sambungan las agar memenuhi kriteria keberterimaan. Semua hasil perbaikan sambungan las sudah diperiksa-ulang dengan cara uji radiografi dan larutan *penetrant*. Data hasil uji juga telah diperiksa agar sesuai dengan kriteria keberterimaan dan persyaratan desain.

5. KESIMPULAN

Di dalam pengelasan, Uji Tanpa Rusak merupakan tahapan penting untuk menentukan mutu secara cepat sebelum melangkah ke proses berikutnya, ataupun sebelum produk dipasarkan. Dari hasil pengujian radiografi dan larutan *penetrant* yang diterapkan pada sambungan las pelat *liner* kolam iradiator gamma ditemukan beberapa cacat karena proses pengelasan dan telah diberikan solusi untuk perbaikan sambungan las. Hasil pemeriksaan las terhadap hasil pekerjaan

perbaikan menunjukkan sambungan las sudah dapat diterima. Dengan demikian dari keseluruhan hasil pemeriksaan sambungan las pelat *liner* kolam iradiator dinyatakan dapat diterima karena telah sesuai dengan persyaratan desain *liner* kolam iradiator gamma.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ari Satmoko, 2016, *Evaluasi Desain dan Pengawasan Pembangunan Prototip Iradiator Gamma Tahap I*, Program Manual, Nomor Dokumen : PM01-CE001-RFN-2016-02.
- [2]. Petrus Zacharias, Ari Satmoko, Sutomo, 2013, *Studi Persyaratan Desain Bagian Mekanik Iradiator Gamma 200kCi*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Perencanaan Perangkat Nuklir PRPN-BATAN, 14 November 2013.
- [3]. Ari Satmoko, Hyundianto, Kukuh Prayogo, 2016, *Fabrikasi Liner Kolam Pada Iradiator Gamma Serbaguna*, diajukan pada Seminar Nasional Pendayagunaan Aplikasi Teknologi Nuklir, PRFN – BATAN, 8 November 2016.
- [4]. Mardiyanto, 2008, *Peranan Berbagai Teknik Uji Tidak Rusak Dalam Bidang Industri*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan, 4 November 2008.
- [5]. Sairin Bachri, _____, *Teori Teknik Radiografi*, Pendidikan dan Pelatihan Inspektur Las, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Bahan dan Barang Teknik.
- [6]. Anonim, diunduh 9 September 2016. *Pemeriksaan dan Pengujian Coran*. Sumber: <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/Tiwan,%20Drs.,%20ST.,MT./9.%20Pemeriksaan%20dan%20pengujiancoran.pdf>,
- [7]. Suwanda W., 2006, *Uji Tak Rusak*, Presentasi NDT, PKTN, BATAN.
- [8]. Anonim, 2016, *Surat Perjanjian Nomor : B-183/BATAN/RFN 1.3/HK 00 02/01/2016 Pekerjaan Pengadaan Jasa Konstruksi Pembangunan Iradiator Tahun Anggaran 2016 – 2017, antara Batan dan PT Adhi Karya*.
- [9]. A.C. Suhardi, *Persiapan dan Aplikasi Pengelasan*, Pendidikan dan Pelatihan Inspektur Las, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Bahan dan Barang Teknik.