

## KAJIAN CACAT LAS PADA FABRIKASI PIPA *STEEL PENSTOCK* (Studi Kasus Pada PLTA Aceh Tengah)

Fachrul Ferly Malik<sup>1</sup>, Al Fathier<sup>2\*</sup>, Ariefin<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur  
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Medan - Banda Aceh Km.280 Buketrata

\*Penulis Korespondensi: alfathier@pnl.ac.id

### Abstrak

Penstock pipe adalah inti dari proses pengaliran air bertekanan dari bendungan sampai ke turbin, sehingga diperlukan hasil sambungan pengelasan yang baik tanpa cacat las di daerah hasil pengelasan agar mencapai tingkat efisiensi 0,95. Dalam proses pemasangan Penstock Pipe digunakan material JIS 3106 SM490B. Penulis menganalisa cacat pengelasan khusus untuk sambungan pipa 82-83, berdiameter 2600 mm, ketebalan 26 mm, panjang 7200 mm dan berat kedua pipa adalah 24 ton. Proses penyambungan pipa 82-83 di Side Lower Penstock dengan menggunakan model pengelasan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW). Sebelum dan sesudah pengelasan dilakukan Joint Inspection. Dari hasil pengelasan, dilakukan pengujian Visual Test untuk mengetahui cacat pengelasan pada permukaan, hasilnya tidak ditemukan cacat las. Lalu dilakukannya Radiography Test untuk mengetahui cacat pengelasan pada bagian dalam hasil pengelasan, hasilnya ditemukan cacat pengelasan pada film A-B dan C-D berupa Lack of Root Penetration sepanjang 78 mm pada dua film tersebut. Dari temuan tersebut dilakukan Repair Welding dengan menggerinda terlebih dahulu hasil pengelasan yang terdeteksi cacat las tersebut dan dilakukan Radiography test kembali. Hasil dari film Radiography Test yang telah dilakukan Repair Welding adalah baik (tanpa cacat las), memenuhi efisiensi pengelasan 0,95.

**Kata Kunci :** Pengelasan SMAW, Efisiensi, Cacat Pengelasan

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah suatu pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dan potensial air menjadi energi listrik. PLTA merupakan mesin konversi energi, terdiri dari regulating weir (Bendungan pengatur), diversion weir (bendungan pengalih), penstock (pipa pesat), turbin, power house, dan Electricity terminal. Dalam suatu sistem PLTA, turbin merupakan suatu peralatan utama selain generator. Sistem kerjanya adalah memanfaatkan arus aliran air dari sungai yang kemudian di tampung pada sebuah bendungan pengalih (Diversion Weir), dialirkan melalui pintu masuk (Intake Gate) kedalam rangkaian pipa agar energi potensial air dapat diubah menjadi energi kinetik, akhirnya diubah kembali menjadi energi mekanis untuk memutar turbin [1].

Energi mekanis tersebut menyebabkan generator yang seporos dengan turbin dapat berputar. Dengan proses yang terjadi tersebut,

induksi elektromagnetik menghasilkan energi listrik. PLTA peusangan 1 dan 2 merupakan pembangkit listrik yang akan menghasilkan kapasitas energi listrik 93 MW.

Pipa pesat (*Penstock*) merupakan komponen utama Pembangkit Listrik Tenaga Air yang berfungsi untuk mengalirkan air ke turbin. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terdapat pada pipa baja dan mengetahui metode perbaikan berdasarkan masalah yang ditemukan. Survey dilakukan untuk menemukan permasalahan pada pipa pesat. Hasil observasi lapangan, permasalahan yang ditemukan adalah cacat pada sambungan las. Cacat yang terjadi disebabkan oleh *root gap* terlalu rapat, posisi elektroda terlalu tinggi, *ampere root* terlalu rendah, diameter elektroda terlalu besar, *root face* terlalu besar, kampuh kotor, kecepatan *root* terlalu tinggi. Masalah cacat las mengakibatkan potensi retak takik, potensi karat internal, potensi erosi internal, memperlemah sambungan.

## 1.2 Batasan Masalah

Untuk menghindari terjadinya cacat lasan pada fabrikasi pipa steel penstock, maka dalam penelitian ini diperlukan adanya batasan - batasan masalah sebagai berikut:

1. Proses pengelasan yang digunakan las SMAW berdasarkan WPS tanggal 30-04-2014.
2. Identifikasi cacat las yang terdapat pada pipa *Joint* 82-83 berjenis *Lack of Root Penetration*.
3. Identifikasi cacat las dilakukan pada pipa *Penstock*.
4. Pengujian dengan menggunakan uji visual dan uji radiografi.

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan khusus dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan studi kasus pada pipa *steel penstock*.
2. Memahami *Standard Operational Procedure* (SOP) untuk menentukan cacat las.
3. Bagaimana kajian terhadap hasil radiografi.

## 2. Metodologi

### 2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan lebih kurang selama 1 bulan ( proses magang ). Mulai dari proses pengumpulan data, proses pengelasan, dan pengujian pengelasan dilaksanakan hingga penulisan laporan analisis. Proses pengelasan dan pengujian pengelasan dilaksanakan di *Lower Penstock* PT Amarta Karya (Persero) proyek PLTA Peusangan 1 & 2 Kabupaten Aceh Tengah.

### 2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Persiapan alat-alat yang perlu dilakukan untuk melakukan penelitian ini terlihat pada tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1 Alat-alat yang digunakan

No	Nama Alat
1	Perlengkapan Keselamatan Kerja
2	Mesin Las SMAW
3	Gerinda 4 in
4	Palu terak
5	Jangka sorong
6	<i>Gauge Welding</i>
7	<i>Electrode Dryer</i>
8	Penggaris

9	Mesin Uji ( <i>Radiography test</i> )
10	Alat Gas Cutting
11	Thermometer

Adapun bahan-bahan yang diperlukan dalam melaksanakan pengujian dan penelitian ini adalah sebagai berikut

- 1) Pipa Baja SM490 Grade B (JIS G3106) dengan diameter 2600 mm, panjang 7200 mm, dan tebal 26 mm.
- 2) Elektroda E7018 (JIS D5026) dengan diameter  $\phi$  4.0 mm
- 3) Gas O<sub>2</sub> dan gas LPJ

## 2.3 Proses Pengelasan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah sebagaiberikut:

### 2.3.1 Persiapan Pengelasan

1. Mesin Las Terhubung dengan Arus Listrik.
2. *Electrode Dryer* Terhubung dengan Arus Listrik.
3. *Fit up* Pipa Baja SM490B.
4. *Joint Inspection Before Welding*
5. *Joint Inspection After Welding*

## 2.4 Proses pengujian

Dalam memeriksa hasil pengelasan ada beberapa jenis pengujian yang dilakukan dalam kajian ini yaitu uji visual dan uji tidak merusak ( uji radiografi ). Berikut jenis pengujian yang dilakukan :

### 2.5 Visual Welding Test

Pada hasil lasan harus dilakukan dengan prosedur yang benar agar hasil yang didapatkan akurat dan sesuai prosedur. Selain itu inspector yang melakukan *Visual Test* harus mampu menggunakan dan membaca alat inspeksi dengan baik[2].

Berikut langkah-langkah dalam melakukan uji visual :

1. Cahaya atau penerangan.
2. Posisi saat melakukan inspeksi.
3. Peralatan yang digunakan untuk *visual inspection* :
  - Dedicated Weld Gap Gauges. Untuk mengukur gap atau jarak dari kedua plat.
  - Linier Misalignment atau Hi-Lo Gauges Berfungsi untuk mengetahui perbedaan tinggi rendah dari pelat yang disambung.
  - Welding Gauges

Digunakan untuk mengukur sudut bevel, permukaan las, akar las, ukuran fillet, kedalaman undercut, ketinggian lasandan yang lainnya.

- Jangka Sorong  
Digunakan untuk mengukur panjang dan lebar lasan.
- Lesa Pembesar  
Untuk melihat pembesaran ukuran cacat hingga 2x sampai 5x.

## 2.6 Radiography Test

Salah satu uji tidak merusak yang menggunakan sinar x / sinar gamma yang mampu menembus hampir semua logam sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi cacat atau tidak kesesuaian di balik dinding metal atau di dalam bahan itu sendiri[3]. Berikut langkah kerja dari uji radiografi :

1. Marking pada tempat atau material pengelasan yang akan diuji.
2. Sebelum pemasangan film radiografi di tempat pengelasan, film terlebih dahulu di pasang di antara plat PB (*Lead Screen*) agar radiasi yang ditembakkan ke film dapat terperangkap kedalam film.
3. Kemudian dilakukan pemasangan film di tempat yang sudah dimarking.
4. Siapkan tabung radiasi, *Source tube* dan alat pemantik radiasi.
5. Gunakan *surveymeter* untuk mengetahui jarak aman dari radiasi pada saat penembakan berlangsung.
6. Proses penembakan dilakukan melalui alat pemantik radiasi.
7. Menutup kembali *source tube* setelah penembakan radiasi agar tidak menyebar ke lingkungan sekitar.
8. Operator membawa film yang sudah ditembak ke tim AR (ahli radiografi) untuk dilakukan proses pencucian film dan pembacaan film radiografi menggunakan film viewer sehingga dapat terlihat kecacatan yang terjadi pada material.

### • Pemasangan Film

Pada pemasangan film radiografi pada pipa steel penstock dapat kita lihat pada gambar 1



Gambar 1 Pemasangan Film *Radiography Test*

- Proses *Radiography Test*  
Berikut adalah tahap proses uji radiografi yang terdapat pada gambar 2



Gambar 2 Proses *Radiography Test*

### • Pembacaan Film *Radiography Test*

Dalam proses pembacaan film radiografi, kita perlu memerhatikan beberapa langkah di bawah ini:

1. Siapkan viewer dan densitometer.
2. Nyalakan viewer dan atur kuat penerangannya.
3. Pasang film hasil radiografi yang telah kering, perhatikan bayangan radiograf.
4. Amati bayangan penetrometer, amati kawat terkecil pada las yang tampak dalam radiograf.
5. Dengan densitometer, ukur desitas pada las di sekitar kawat terkecil yang nampak sebagai densitas penetrometer (Dp).
6. Ukur densitas pada base material sebagai densitas material.
7. Ukur densitas pada las pada kondisi paling terang dan gelap.
8. Amati cacat yang tergambar dalam radiograf, tentukan jenisnya.
9. Bila pengamatan telah selesai, matikan densitometer dan viewer.
10. Rapi dan bersihkan ruang film tersebut.

**3. Hasil Dan Pembahasan**

**3.1 Hasil Pengujian**

Setelah pengujian selesai dilakukan, maka di dapatlah data - data yang dapat dijadikan sebagai dasar - dasar untuk menarik kesimpulan yang akan dibahas pada bab ini.

**3.1.1 Visual Welding Test**

Setelah *Visual Welding* dilaksanakan maka didapat hasil yang terpapar pada tabel 2.

**Tabel 2 Visual Welding Test**

No	Jenis Cacat Las	Accept	Reject	Ket
1	<i>No Sign Discontinuity</i>	√	–	Baik
2	<i>Undercut</i>	√	–	Baik
3	<i>Misalignment</i>	√	–	Baik
4	<i>Excess Penetration</i>	√	–	Baik
5	<i>Root Concavity</i>	√	–	Baik
6	<i>Surface Defect</i>	√	–	Baik
7	<i>Crack</i>	√	–	Baik
8	<i>Lack of Root Penetration</i>	√	–	Baik
9	<i>Lack of Fusion</i>	√	–	Baik
10	<i>Wormhole</i>	√	–	Baik
11	<i>Porosity</i>	√	–	Baik
12	<i>Slag Inclusion</i>	√	–	Baik
13	<i>Tungsten Inclusion</i>	√	–	Baik
14	<i>Burn Thourgh</i>	√	–	Baik

Dari data hasil *Visual Welding*, hasil pengelasan pipa *joint* 82 -83 Ø 2600 mm tidak ditemukan cacat las.

**3.1.2 Radiography Test**

**a. Film radiografi pada joint 82**

Adapun hasil film radiografi yang terdapat pada pipa 82 dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3 Hasil Film RT Joint 82 dengan cacat las *Lack of Root Penetration*

**Tabel 3 Joint pipa 82**

No	Jenis Cacat Las	Accept	Reject	Ket
1	<i>No Sign Discontinuity</i>	√	–	Baik
2	<i>Undercut</i>	√	–	Baik
3	<i>Misalignment</i>	√	–	Baik

4	<i>Excess Penetration</i>	√	–	Baik
5	<i>Root Concavity</i>	√	–	Baik
6	<i>Surface Defect</i>	√	–	Baik
7	<i>Crack</i>	√	–	Baik
8	<i>Lack of Root Penetration</i>	–	√	32 mm
9	<i>Lack of Fusion</i>	√	–	Baik
10	<i>Wormhole</i>	√	–	Baik
11	<i>Porosity</i>	√	–	Baik
12	<i>Slag Inclusion</i>	√	–	Baik
13	<i>Tungsten Inclusion</i>	√	–	Baik
14	<i>Burn Thourgh</i>	√	–	Baik

Dari data hasil *Film Radiography Test Welding* di atas, hasil pengelasan pipa *joint* 82 diameter 2600 mm ditemukan cacat las berjenis *Lack of Root Penetration* sepanjang 32 mm.

**b. Film radiografi pada joint 83**

Adapun hasil film radiografi yang terdapat pada pipa 82 dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 4 Hasil Film RT Joint 83 dengan Cacat Las *Lack of Root Penetration*

**Tabel 4 Joint pipa 83**

No	Jenis Cacat Las	Accept	Reject	Ket
1	<i>No Sign Discontinuity</i>	√	–	Baik
2	<i>Undercut</i>	√	–	Baik
3	<i>Misalignment</i>	√	–	Baik
4	<i>Excess Penetration</i>	√	–	Baik
5	<i>Root Concavity</i>	√	–	Baik
6	<i>Surface Defect</i>	√	–	Baik
7	<i>Crack</i>	√	–	Baik
8	<i>Lack of Root Penetration</i>	–	√	46 mm
9	<i>Lack of Fusion</i>	√	–	Baik
10	<i>Wormhole</i>	√	–	Baik
11	<i>Porosity</i>	√	–	Baik
12	<i>Slag Inclusion</i>	√	–	Baik
13	<i>Tungsten Inclusion</i>	√	–	Baik
14	<i>Burn Thourgh</i>	√	–	Baik

Dari data hasil *Film Radiography Test* di atas, hasil pengelasan pipa *joint* 83 diameter 2600 mm

ditemukan cacat las berjenis *Lack of Root Penetration* sepanjang 46 mm.

### 3.2 Pembasan Pengujian

Dari data hasil *Film Radiography Test Welding*, hasil pengelasan pipa joint 82 diameter 2600 mm ditemukan cacat las berjenis *Lack of Root Penetration* sepanjang 32 mm.

#### 3.2.1 Visual Welding Test

Berdasarkan pengujian pengelasan dengan visual (Tabel 3.1) tidak ditemukan adanya cacat las pada permukaan hasil pipa joint 82-83 Ø 2600 mm.

#### 3.2.2 Radiography Test

Pada proses pembacaan film *Radiography Test* ada sedikit kendala dengan *Viewer Film* tidak standard (intensitas cahaya minimumnya 30.000 lux). Hal tersebut terjadi disebabkan *Viewer* yang diperbaiki karena rusak.

Dari tabel 3 dan Tabel 4 di atas dapat diketahui bahwa hasil pengelasan pipa joint 82-83 dengan diameter 2600 mm dengan menggunakan *Radiography Test* terdeteksi cacat pengelasan yaitu *Lack of Root Penetration*.

*Lack of Root Penetration* adalah cacat pengelasan yang terjadi karena gap root kecil, ampere root terlalu kecil, kondisi gap kotor, elektroda terlalu besar dan sudut elektroda pada saat pengelasan salah. *Lack of Root Penetration* dapat mengakibatkan potensi retak, karat internal, erosi internal, dan memperlemah sambungan[4].

## 4. Kesimpulan

Dari analisa cacat pengelasan yang terjadi pada pipa *Penstock Joint* 82-83 menggunakan *Visual Welding Test* dan *Radiography Test* di PT. Amarta Karya (Persero) pada proyek PLTA Peusangan I & II dapat disimpulkan :

- 1) Proses penyambungan pada pipa joint 82-83 di *Side Lower Penstock* dengan menggunakan model pengelasan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW), elektroda E7018 dengan Ø 4.0 mm, berdasarkan WPS tanggal 30-04-2014.
- 2) Hasil film uji radiografi yang telah dilakukan setelah *repair welding* adalah baik ( tanpa cacat las ) atau memenuhi efisiensi pengelasan.
- 3) Pada film uji radiografi A-B pada pipa joint 82 terdapat jenis cacat yaitu *Lack of Root*

*Penetration* sepanjang 32 mm.

- 4) Pada film uji radiografi C-D pada pipa joint 83 terdapat jenis cacat yaitu *Lack of Root Penetration* sepanjang 46 mm.
- 5) *Lack of Root Penetration* disebabkan karena gap root kecil, ampere root terlalu kecil, kondisi gap kotor, elektroda terlalu besar dan sudut elektroda pada saat pengelasan tidak sesuai dengan prosedur pengelasan.

## 5. Daftar Pustaka

- [1] PT. Amarta Karya, 2014, *Welding and Welder Procedure Specification of Gates, Steel Penstock, Raking and Conveyor System*.
- [2] CSWIP 3.0 – Visual Welding Inspector WIS 1 HANDOUT.
- [3] Sri Widharto, “ Radiografi”, Inspeksi Teknik. Jakarta : PT. Pradanya Paramita, 2004, Hal 199.
- [3] Gunawan, Sutiarmo, Suyatno, Setiawan, & Juliyani. (2009). Peningkatan Kualitas Citra Radiografi Netron Menggunakan Film Lapisan Tunggal. *Prosiding Seminar Nasional Hamburan Neutron dan Sinar-X ke 7* (hal. 14-19). Serpong: Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) - BATAN.