

ANALISIS UJI TARIK, UJI IMPAK, DAN UJI BENDINGDARI PENGELASAN SMAW TERHADAP RANCANGAN PIPA *BIFURCATION* PLTA PEUSANGAN

Oleh:

Irfan Sitorus¹⁾

Krismanto Oshikawa Manurung²⁾

Enzo W.B Siahaan³⁾

Sawin Sebayang⁴⁾

Universitas Darma Agung, Medan^{1,2,3,4)}

E-mail:

irfannnsitorus@gmail.com¹⁾

krismantooshikawa@yahoo.com²⁾

enzobattara24434@gmail.com³⁾

sawinsebayang11@gmail.com⁴⁾

ABSTRACT

Bifurcation pipe is a branched pipe from the process of flowing high-pressure water from the dam to the turbine, so it is necessary to have a good welding connection without weld defects in the weld area in order to achieve an efficiency level of 0.95. In the process of designing and installing the penstock pipe, JIS 3106 SM490 is used. Based on the design drawings the pressure that will be experienced by the pipe is 2813 MPa and a minimum tensile test of 490 N/mm². Material samples were carried out at dimensions of 40x180x500mm, 40x180x500mm, and 82x120x500mm. The tensile test results were 581 N/mm² and 575 N/mm². From the design calculations that will occur with the materials and welding used 490 N/mm² ≤ 581 N/mm² and 575 N/mm². The bending test tolerance limit can withstand the lowest force of 38.5 kN and the highest 48 kN, and the impact test result is 1,203 J/mm².

Key Words : Welding, SMAW, Efisiencie, Tensile Test, Impact Test, Bending Test

ABSTRAK

Bifurcation pipe adalah pipa bercabang dari proses pengaliran air bertekanan tinggi 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 perancangan dan pemasangan penstock pipe digunakan material JIS 3106 SM490. Berdasarkan gambar perancangan tekanan yang akan dialami oleh pipa adalah 2813 MPa dan uji tarik minimal 490 N/mm². Material sampel dilakukan pada dimensional 40x180x500mm, 40x180x500mm, dan 82x120x500mm. Hasil uji tarik adalah 581 N/mm² dan 575 N/mm². Dari perhitungan rancangan yang akan terjadi dengan material dan pengelasan yang digunakan 490 N/mm² ≤ 581 N/mm² dan 575 N/mm². Batas toleransi pengujian bending dapat menahan gaya terendah 38,5 kN dan tertinggi 48 kN, dan hasil uji impak 1,203 J/mm²

Kata Kunci : Pengelasan, SMAW, Efisiensi, Uji Tarik, Uji Impak, Uji Bending .

1. PENDAHULUAN

PLTA merupakan mesin konversi energi, terdiri dari regulating weir (Bendungan

pengatur), *diversion weir* (bendungan pengalih), *penstock* (pipa pesat), turbin, *power house* dan *electricity terminal*. Pipa pesat merupakan material utama yang

menahan tekanan air, agar air yang keluar lebih cepat. Tekanan terbesar pipa pesat terdapat pada elevasi terendah dan diameter pipa terkecil. Pipa *Bifurcation* merupakan pipa bercabang yang mengarahkan air kedua arah dan penerima tekanan air tertinggi sebelum menuju sudu-sudu turbin dan pada saat pintu ke turbin ditutup. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan fatal akibat tekanan tinggi dari air ketika PLTA beroperasi dan ketika pintu turbin ditutup untuk perawatan turbin.

Berisi tentang penjelasan latar belakang Penelitian atau kegiatan pengabdian kepada masyarakat, serta memberikan ulasan singkat tentang kondisi situasi rill, menyatakan orisinalitas penelitian/pengabdian dan menyatakan tujuan penelitian/pengabdian. Bagian pendahuluan ini membahas permasalahan yang ada dan masalah tersebut yang menjadi kebutuhan masyarakat sehingga tujuan tujuan penelitian/kegiatan pengabdian perlu

untuk dilakukan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah suatu bentuk perubahan tenaga, dari ketinggian air dan debit tertentu menjadi listrik dengan menggunakan turbin air dan generator. Energi air dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik adalah energi potensial air. Ketinggian air berpengaruh memutar poros turbin di dalam *power house*. Ketinggian air memiliki energi kinetik. Energi kinetik dimanfaatkan untuk memutar turbin. Dalam proses ini terjadi perubahan energi kinetik air menjadi energi mekanik. Selanjutnya energi mekanik tersebut dimanfaatkan memutar generator. Dalam generator terjadi perubahan energi mekanik menjadi energi listrik sebagai akibat dari adanya medan magnet dalam generator. (Arismunandar dan Kuwahara)



Gambar 1. Proyek Konstruksi PLTA Peusangan

(Sumber : Proyek Peusangan PT. Amarta Karya)

B. Pipa Pesat

Pipa pesat lebih dikenal dengan *penstock*. *Penstock* adalah saluran yang menghubungkan sumber air dengan turbin. Bahan yang dipilih untuk membuat pipa ini disesuaikan dengan kondisi dimana pipa tersebut akan dipasang. Akan tetapi pada

umumnya bahan yang digunakan adalah baja.

C. Pengelasan

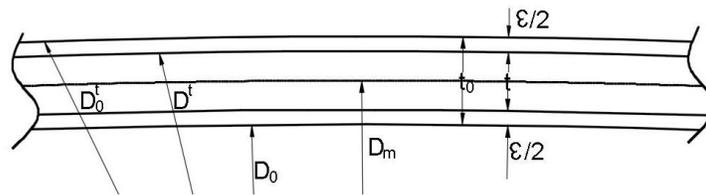
Menurut (DJAMIKO, 2008) pengelasan adalah suatu aktivitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari

keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya.

D. Spesifikasi Material

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si,

Mn, P, S, dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, bila kadar karbon naik maka kekuatan dan kekerasan juga akan bertambah tinggi. Karena itu baja karbon dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya [Wiryosumarto,1996].



Gambar 2 Cangkang Pipa

(Sumber : PT. Amarta Karya, 1986, *Design Steel Shaf Penstock*)

E. Pengujian Pengelasan

Pengujian dan pemeriksaan hasil pengelasan merupakan hal yang sangat penting. Pengujian hasil pengelasan adalah cara untuk mengetahui kualitas hasil lasan. Hasil pengelasan dapat digunakan sebagai suatu acuan perhitungan dalam membuat suatu konstruksi. Untuk pengujian hasil pengelasan dibagi menjadi dua jenis yaitu pengujian tidak merusak dan pengujian merusak, tergantung pada standar keperluan yang ada di industri. Di dalam kedua jenis pengujian tersebut jelas bahwa alat-alat dan cara yang digunakan pada masing masing pengujian sedikit berbeda.

3. METODE PENELITIAN

A. WPS (*Welding Procedur Specification*)

WPS merupakan dokumen berisikan

tentang variabel dan parameter pengelasan, dibuat acuan seorang *welder* atau tukang las dalam melakukan pengelasan. Pelaksanaan pengelasan harus sesuai dengan ketentuan yang terdapat pada standard dan code (ASME, API, AWS) yang digunakan.

a. Posisi Pengelasan

Posisi pengelasan yang digunakan adalah horizontal, vertikal, dan *over head*

b. Material

Materia yang digunakan adalah SM490

c. Pengering Elektroda

Untuk pengeringan elektroda menggunakan pengering tidak lebih dari 12 jam.

d. Persiapan Kampuh

Untuk pembuatan kampuh menggunakan *gas gutting* dan diakhiri dengan gerinda dengan sudut 45° untuk sambungan *butt joint*.

e. Pemanasan Material

Pemanasan material menggunakan gas cutting
f. Pengujian
Pengujian hasil pengelasan menggunakan test pieces menggunakan *tensile test, side*

bend test, dan impact test.

B. Proses Pengelasan *Pieces*
a. Dimensi Bahan



Gambar 3. Dimensional A (40x180x500mm)



Gambar 4. Dimensional B (40x180x500mm)



Gambar 5. Dimensional C (82x120x500mm)

b. Pembuatan Kampuh



Gambar 6. Pembuatan Kampuh

c. Tack Weld



Gambar 7. Tack Weld

d. Pemanasan Material



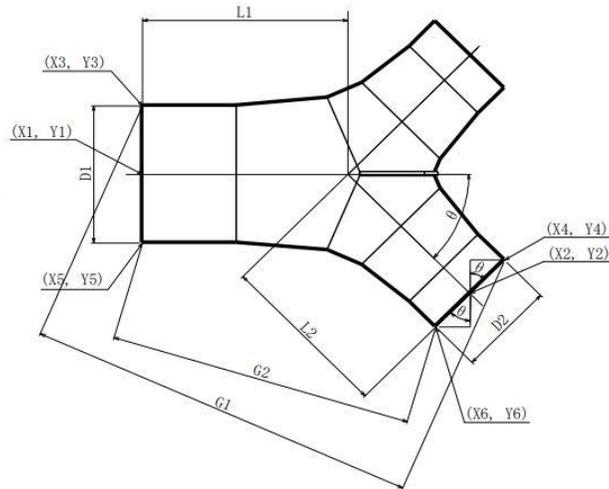
Gambar 8. Pemanasan Material

e. *Permanent Welding*



Gambar 9. Permanent Welding

C. Hasil Pengelasan



Gambar 10. Hasil Pengelasan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain Pipa Bifurcation

Berdasar kan Buku *Test Procedure of Steel Penstock at Shop For No. 1 Power Station*, 2012. Dimensional pipa bifurcation adalah sebagai berikut:



Gambar 11. Detail Pipa Bifurcation

(Sumber :Buku *Test Procedure of Steel Penstock at Shop For No. 1 Power Station*, 2012)

Dimana:

Diameter dalam D_1	: $\text{Ø}2600$ mm
Diameter dalam D_2	: $\text{Ø}1800$ mm
Setengah Pipa θ	: 45°
L_1	: 3800 mm
L_2	: 3200 mm
Tebal D_1	: 31 mm
Tebal D_2	: 23 mm
Koordinat (X_1 , Y_1)	: (0 , 1300)
Koordinat (X_2 , Y_2)	: (6063 , 3563)
Koordinat (X_3 , Y_3)	: (0 , 0)
Koordinat (X_4 , Y_4)	: (6699 , 2926)

Koordinat (X5 , Y5) : (0 , 2600)
 Koordinat (X6 , Y6) : (5426 , 4199)

$$G1 = \sqrt{(X3 - X4)^2 + (Y3 - Y4)^2}$$

$$= \sqrt{(6699)^2 + (2926)^2}$$

$$= 7310$$

$$G2 = \sqrt{(X5 - X6)^2 + (Y5 - Y6)^2}$$

$$= \sqrt{(5426)^2 + (1599)^2}$$

$$= 5657$$

mm
 Jenis Material : SM490B

Adapun general gambar dimensional rancangan pipa Proyek PLTA dapat dilihat pada Lampiran, spesifikasi nomor letak pipa Bifurcation 105.

Berdasar kan Buku *Test Procedure of Steel Penstock at Shop For No. 1 Power Station*, 2012. Adapun perhitungan perancangan minimum *yield strength* dan minimum *tensile strength* terhadap pipa bifurcation adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Minimum Yield Strength dan Tensile Strength

Tebal T mm	Minimum Yield Strength σ_y MPa	Minimum Tensile Strength σ_u MPa	Remarks
$T \leq 16$	325	490	
16 $\leq T \leq 40$	315		
40 $\leq T \leq 100$	295		

(Sumber :Buku *Test Procedure of Steel Penstock at Shop For No. 1 Power Station*, 2012)

Adapun perencanaan perhitungan tegangan izin yang akan dialami pipa bifurcation sebagai berikut:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_y}{2} = \frac{325}{2} = 162,5 \text{ MPa}$$

Dimana :

σ_a : Tegangan izin normal (MPa) (Mega Pascal)

Adapun perencanaan perhitungan tegangan geser izin yang akan dialami pipa bifurcation sebagai berikut:

$$\tau_a = \frac{\sigma_a}{\sqrt{3}} = \frac{162,5}{\sqrt{3}} = 91,8168 \text{ Mpa}$$

Berdasarkan Buku *Test Procedure of Steel Penstock at Shop For No. 1 Power Station*, 2012, Adapun *desain water head* dan *pressure* dari perancangan pipa PLTA Peusangan sebagai berikut:

Tabel 2. Desain Water Head dan desain Pressure

Desain Water Head H m	Desain Pressure P MPa	Remarks
286.797	2.813	

(Sumber :Buku *Test Procedure of Steel Penstock at Shop For No. 1 Power Station*, 2012)

B. Hasil dan Pembahasan Pengujian Sampel

a. Hasil Uji Tarik Statis

Tabel 3. Hasil Uji Tarik Statis

N o	Leb ar	Teb al	A_0 (mm ²)	F_y (k N)	F_m (kN)	Ketera ngan
1	28, 02	39, 59	1109,3 1	-	645, 00	Putus pada MD
2	28, 00	39, 78	1113,8 4	-	640, 00	Putus pada MD

Material SM 490 yang telah selesai melalu proses pengelasan dan persiapan pengujian. Berdasarkan pengujian uji tarik statis menggunakan mesin uji UPM 1000.

Perhitungan kekuatan tarik pada sampel nomor 1

$$\sigma_B = \frac{F_m}{A_0} = \frac{645}{1109,31} = 581 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan kekuatan tarik pada sampel nomor 2

$$\sigma_B = \frac{F_m}{A_0} = \frac{640}{1113,84} = 575 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_{B(\text{Desain})} &\leq \sigma_{B(\text{Material yang dipakai})} \\ 490 \text{ N/mm}^2 &\leq 581 \text{ N/mm}^2 \text{ atau } 575 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Hasil dari pelaksanaan pengujian uji tarik statis mendapat tegangan tarik material dan hasil pengelasan dengan keterangan putus pada MD (*Machine Direction*). Berdasarkan batas izin minimum tegangan tarik untuk pipa *bifurcation* 490 N/mm² lebih kecil dari material yang akan digunakan sebesar 581 N/mm² atau 575 N/mm².

b. Hasil Uji Bending Statis

Tabel Hasil 4. Uji Bending Statis

No	Le ba r (m)	Te ba (m)	Jara k Tu mpu an (m)	Dia met er Pen eka n (m)	Gay a Max imu m (kN)	Sud ut Len gku ng (Der ajat)	Pena mpil an
----	------------------------------	-------------------------	-------------------------------------	--	-------------------------------------	--	--------------------

				m)			
1	40 ,1 1	10 ,4 8	70	40	40	180	Tida k Reta k
2	37 ,1 1	11 ,1 5	70	40	39,5	180	Tida k Reta k
3	36 ,9 5	12 ,0 0	70	40	48	180	Tida k Reta k
4	40 ,1 2	10 ,3 0	70	40	40,5	180	Tida k Reta k
5	30 ,1 4	10 ,3 7	70	40	40	180	Tida k Reta k
6	40 ,1 3	10 ,1 6	70	40	38,5	180	Tida k Reta k

Material SM 490 yang telah selesai melalu proses pengelasan dan persiapan pengujian. Berdasarkan pengujian Bending statis menggunakan mesin uji UPM 200. Berdasarkan hasil uji bending statis dilakukan 6 kali pengujian bending statis dengan gaya

maksimum yang bervariasi dan sudut lengkung dan jarak tumpuan nya sama terlihat permukaan tidak ada retak. Bahan SM 490 dengan dimensional yang masih dalam batas toleransi pengujian bending dapat menahan gaya terendah 38,5 kN dan tertinggi 48 kN

c. Hasil Uji Impak

Material SM 490 yang telah selesai melalui proses pengelasan dan persiapan pengujian. Berdasarkan pengujian impact menggunakan mesin uji PSW 300 mendapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Uji Impak

N o	Le bar (m m)	Te bal (m m)	Dal am Tak ik (m m)	Sudu t (dera jat)	Te mp. °C	Ene rgi (Jou le)
1	8,0 1	9,9 6	2	45	25 °C	96
2	7,6 9	9,9 6	2	45	25 °C	64
3	7,5 9	10, 01	2	5	25 °C	122
4	8,0 2	9,9 7	2	45	25 °C	104
5	7,6 5	9,9 8	2	45	25 °C	110
6	7,6	9,9	2	45	25	90

	1	9			°C	
--	---	---	--	--	----	--

Berdasarkan hasil pengujian impact dilakukan 6 kali percobaan dengan dalam takik 2 mm dengan sudut 45° dan temperatur 25°C mendapatkan energi terendah adalah 64 Joule dan energi tertinggi 122 Joule. Maka perhitungan kekuatannya adalah:

$$HI_1 = \frac{E_1}{A_0} = \frac{96}{8,01 \times 9,96} = \frac{96}{79,7796} = 1,203 \text{ J/mm}^2$$

$$HI_2 = \frac{E_2}{A_0} = \frac{64}{7,69 \times 9,96} = \frac{64}{76,5924} = 0,836 \text{ J/mm}^2$$

$$HI_3 = \frac{E_3}{A_0} = \frac{122}{7,59 \times 10,01} = \frac{122}{75,6756} = 1,6121 \text{ J/mm}^2$$

$$HI_4 = \frac{E_4}{A_0} = \frac{104}{8,02 \times 9,97} = \frac{104}{79,9594} = 1,301 \text{ J/mm}^2$$

$$HI_5 = \frac{E_5}{A_5} = \frac{110}{7,65 \times 9,98} = \frac{110}{76,347} = 1,441 \text{ J/mm}^2$$

$$HI_6 = \frac{E_6}{A_6} = \frac{90}{7,61 \times 9,99} = \frac{90}{76,0239} = 1,184 \text{ J/mm}^2$$

5. SIMPULAN

Pipa Bifurcation menjadi fokus beban terbesar dalam pembangkit ini. Pipa bercabang dan mengalami pengecilan keluarnya air. Pipa ini memerlukan perhatian khusus baik dari material maupun sambungan.

1. Berdasarkan perencanaan PLTA minimum tegangan tarik dari pipa yang digunakan adalah 490 MPa. Hasil uji tarik dari dua percobaan yang dilakukan menggunakan material SM490 dengan sambungan las SMAW adalah 581 N/mm² dan

2. $575 \text{ N/mm}^2 ; 490 \text{ N/mm}^2 \leq 581 \text{ N/mm}^2$ atau 575 N/mm^2 ;
2. Berdasarkan hasil uji bending statis dilakukan 6 kali pengujian bending statis dengan gaya maksimum yang bervariasi dan sudut lengkung dan jarak tumpuan nya sama terlihat permukaan tidak ada retak. Bahan SM 490 dengan dimensional yang masih dalam batas toleransi pengujian bending dapat menahan gaya terendah 38,5 kN dan tertinggi 48 kN;
3. Berdasarkan hasil pengujian impak dilakukan 6 kali percobaan dengan dalam takik 2 mm dengan sudut 45^0 dan temperatur 0^0C mendapatkan energi terendah adalah 64 Joule dan energi tertinggi 122 Joule.

6. DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, A. dan Kuwahara, 1993, Teknik Tenaga Listrik, Pratnya Paramita, Bekasi

AWS, AWS D1, 2010, Struktural Welding Code – Steel, Amerika Welding Society, Miami, 2002.

Bintoro, G.A., 1999, Dasar-dasar pekerjaan las, Jilid 1, Penerbin Kanisius, Yogyakarta.

CSWIP 3.0 – Visual Welding Inspector WIS

1 HANDOUT

Djamiko, Riswan Dwi, M. Pd., 2008, Modul Teori Pengelasan Logam, UNY, Yogyakarta.

Firmansyah, 2020, Bending Test: Pengertian, Jenis, Prosedur, dan Acceptancenya, Tangerang.

Mayasari, Hakiki, 2014, Pemanfaatan Bendung Gerak Mlirip Mojokerto Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, ITS, Surabaya

Patty, O.F., 1995, Tenaga Air, Erlanga, Jakarta.

PT. Amarta Karya, 1986, Design Steel Shaf Penstock, Aceh Tengah.

PT. Amarta Karya, 2014, Welding and Welder Procedure Specification of Gates, Steel Penstock, Raking and Conveyor System, Aceh Tengah

Sitorus, Irfan, 2020, Analisis Cacat Pengelasan Pipa PLTA Kapasitas 93 MW di Peusangan 1 & 2 Aceh Tengah, Politeknik Negeri Medan, Medan.

Slv, 2022, Destructive Test, Cilegon. URL : <https://slv.co.id/destructive-test/>

Slv, 2022, Jenis-Jenis NDT (Non Destructive Test). URL : <https://slv.co.id/jenis-jenis-ndt/>

Slv, 2022, Polaritas Pengelasan, Cilegon. URL : <https://slv.co.id/polaritas-pengelasan>