

MATERI KE - I

# MATERI KULIAH PENGUJIAN LAS

1 SKS TEORI + 1 SKS PRAKTIK

**penyusun:***Heri Wibowo, MT*

Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

2011

# MATERI PENGUJIAN LAS

MATERI KULIAH  
PENGUJIAN LAS

1. PROSEDUR LAS

2. HEAT INPUT DAN  
DISTORSI LAS3. UJI LAS TIDAK MERUSAK  
(NON DESTRUKTIF TEST)4. UJI LAS MERUSAK  
(DESTRUKTIF TEST)

Fakultas Teknik - UNY

## PROSEDUR LAS DENGAN WPS

- WPS (Welding Procedure Specification) merupakan data spesifikasi yang memuat prosedur untuk melaksanakan proses pengelasan pada obyek las.
- WPS digunakan sebagai data standar di industri pengelasan untuk membuat management beberapa prosedur las dari welding project sehingga memudahkan welder dalam melaksanakan project tersebut.
- WPS ini disusun oleh WE (Welding Engineering) dan dilaksanakan oleh Welder.

Dalam pembuatan WPS, mahasiswa dituntut mampu mengisi dan memahami data spesifikasi las antara lain :

- Data utama : welding proses, proses type, position, base metal, thickness, filler metal, weld type dan joint type.
- Gambar Sket tentang Joint detail pada las
- Tabel berisi Welding procedure mulai dari pengelasan layer 1 sampai seterusnya.
- Data tambahan : heat treatment bila menggunakan perlakuan panas, dst.

## Standar penulisan WPS (berdasar standar BS EN 288)

### Membuat welding procedure spesification (WPS) meliputi :

- Planning the tasks (merencanakan form)
- Collecting data (kumpulkan data)
- Writing a procedure for use of for trial (menulis prosedur untuk uji coba)
- Making a test welds (melakukan uji-uji las)
- Evaluating the results (evaluasi hasil uji las)
- Approving the procedure (menuliskan prosedur)
- Preparing the documentation (menyiapkan dokumen)

### KOMPONEN PADA WPS MELIPUTI :

- Parent material (material induk)
  - Type (Grouping)
  - Thickness
  - Diameter (Pipes)
- Surface condition) Welding process (proses pengelasan)
  - Type of process (MMA, MAG, TIG, SAW etc)
  - Equipment parameters
  - Amps, Volts, Travel speed
- Welding process (proses pengelasan)
  - Type of process (MMA, MAG, TIG, SAW etc)
  - Equipment parameters
- Amps, Volts, Travel speed Welding Consumables (konsumsi las)
  - Type of consumable/diameter of consumable
  - Brand/classification
  - Heat treatments/ storage

- Joint design (rancangan sambungan)
  - Edge preparation
  - Root gap, root face
  - Jigging and tacking
  - Type of baking
- Welding Position (posisi pengelasan)
  - Location, shop or site
  - Welding position e.g. 1G, 2G, 3G etc
  - Any weather precaution
- Welding Variables (variabel pengelasan)
  - Run sequences
  - Back gouging
  - Interpass temperatures
- Thermal heat treatments (perlakuan panas)
  - Preheat, temps
  - Post weld heat treatments e.g. stress relieving

### Prosedur persetujuan pada WPS :

- Bila data sudah dikumpulkan, selanjutnya prosedur divalidasi dengan membuat prosedur uji las atau **weld procedure test (WPT)**.
- Secara umum WPT tersebut disyaratkan untuk diuji dengan NDT test dan mechanical testing.
- Ketentuan pengujian disyaratkan mengikuti kode aplikasi standar (standar uji).
- Hasil pengujian yang mengikuti standar uji dituliskan dalam format report yang disediakan.

*Examination and testing requirements of a WPT for procedure approval (Persyaratan pengujian dari WPT untuk prosedur persetujuan)*

Test piece	Type of test	Extent of testing
Butt weld (see figures 1 and 2)	Visual	100 %
	Radiographic or ultrasonic	100 %
	Surface crack detection <sup>1)</sup>	100 %
	Transverse tensile test	Two specimens
	Transverse bend test <sup>2)</sup>	Two root and two face specimens
	Impact test <sup>3)</sup>	Two sets Required
	Hardness test <sup>4)</sup>	One specimen
T-butt joint <sup>5)</sup> (see figure 3)	Visual	100 %
	Surface crack detection <sup>1)</sup>	100 %
Branch connection <sup>6)</sup> (see figure 4)	Ultrasonic <sup>6)</sup> 7)	100 %
	Hardness test <sup>4)</sup>	Required
	Macro-examination	Two specimens
Filllet weld on plate <sup>5)</sup> (see figure 5)	Visual	100 %
Filllet weld on pipe <sup>5)</sup> (see figure 4)	Surface crack detection <sup>1)</sup>	100 %
	Macro-examination	Two specimens
	Hardness test <sup>4)</sup>	Required

### Istilah pada prosedur pengelasan :

- **pWPS:** Preliminary Welding Procedure Specification  
*Before procedure approval (sebelum prosedur disetujui).*
- **WPS:** Welding Procedure Specification  
*After procedure approval (sesudah prosedur disetujui).*
- **WPAR (WPQR):** Welding Procedure Approval Record  
*Welding procedure test record (rekaman tes prosedur las)*

**Contoh :  
Welding Procedure  
Specification  
(WPS)**

**WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) YES**  **PRE QUALIFIED**  **QUALIFIED BY TEST X**  **OR PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR) YES**

Company Name: **TWI-CIBR MALAYSIA** Disc No.: **0** Date: **22<sup>ND</sup> NOV 91**  
WPS No.: **FOR (SMAW) 03-01** Revision: **0** Date: **0**  
Supporting PQR's No.: **FOR (SMAW) 03-01** Type: **Manual**

**JOINT DESIGN USED** **POSITION**  
Type: **Butt** Position of groove: **FLAT (15)** Fillet: **N/A**  
Single: **X** Double: **N/A** Vertical Progression: **N/A**

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS**  
Backing: Yes: **No** No: **X** Transfer Mode (GMAW): **N/A**  
Root Backing Material: **N/A** Root Face: **N/A** Current: **AC** DCEN: **N/A** DCRP: **X**  
Opening: **2.0-3.0mm** Dimension: **N/A** Other: **N/A** Tungsten Electrode (GTAW): Size: **N/A**  
Groove angle: **60-70** Radius: **N/A** Diameter: **N/A**  
Back Gouging: Yes: **No** X Method: **N/A**

**BASE METALS** **TECHNIQUE**  
Nominal Spec.: **SA A36** Stringer or weave bead: **Stringer & Weave Bead**  
Type or Grade: **N/A** Multiple or Single Electrode: **Multitask**  
Thickness: Groove: **3.2mm-18mm** Fillet: **N/A** Electrode Spacing: Longitudinal: **N/A**  
Diameter (GMAW): **N/A** Lateral: **N/A**  
Filler Metal: **N/A** Angle: **N/A**  
AWS Specification: **A 5.1** Contact Tube to Work Distance: **N/A**  
AWS Classification: **E 7018 R 6 7018** Heating: **None**  
Interpass Cleaning: **Wire Brush & Grinding**

**WELDING** **POSTWELD HEAT TREATMENT**  
Flux: **N/A** Gas: **N/A** Temperature: **N/A**  
Electrode: **N/A** Composition: **N/A** Time: **N/A**  
Flux (class): **N/A** Flow Rate: **N/A**  
Gas Cup Size: **N/A**

**PREHEAT**  
Pre Heat Temp. Min: **NONE** Max: **250\_C**  
Interpass Temp. Min: **50\_C** Max: **250\_C**

**WELDING PROCEDURE**

Pass or weld	Process	Filler Metal	Class	Wire	Power or Heat Input	Welds	Shield Metal Thickness	Joint Details
1 (Root Pass)	SMAW	E 7018	2.6	DCRP	60-100	20-23	7.5-8.5	
2 (Hot Pass)	SMAW	E 7018	2.6	DCRP	80-105	21-24	8.0-9.5	
3 (Capping)	SMAW	E 7018	2.6	DCRP	80-105	21-24	8.0-9.5	
4 (Capping)	SMAW	E 7018	2.6	DCRP	80-105	21-24	8.0-9.5	

We, the undersigned, certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded tested in accordance with the requirements of section 4 or AWS/AWS D1.1 (2000) Structural Welding Code Steel.

TWI Examiner: **MOHD FAZAL Yusop** Date: **12/10/91**  
QA Manager: **MARIN ROBERTS** Date: **12/10/91**

Contoh WPS lainnya :

**Welding Procedure Specification (WPS)**  
Code: AWS D1.1

Sheet 1 of 2

Company Name:		Identification #:																						
Address:		GMAW-DEMO																						
		Is WPS Prequalified?																						
		Yes																						
Welding Process:	Process Type:	Position:	Supporting PQR No.(s):																					
GMAW	Semi-Automatic	Flat	Prequalified																					
Base Metal Part I (Material Spec., type or grade):		Base Metal Part II (Material Spec., type or grade):																						
Group I and II of Table 3.1-AWS D1.1		Group I and II of Table 3.1-AWS D1.1																						
Thickness/Pipe Diameter:		Filler Metals:																						
Groove or Fillet Range:		AWS Classification/AWS Specification:																						
T=6 mm (1/4 in.)		E70C-6M H4																						
* If Prequalified, qualified range as shown in Sketch		A5.18																						
		* Electrode-Flux Class. (SAW)																						
Joint Details/Sketch:																								
		<table border="1"> <caption>Table 3.4 of AWS D1.1</caption> <thead> <tr> <th>T</th> <th>S</th> <th>E min</th> </tr> <tr> <th>in</th> <th>in</th> <th>in</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>T \leq \frac{1}{4}</math></td> <td></td> <td><math>\frac{1}{16}</math></td> </tr> <tr> <td><math>T \leq \frac{1}{2}</math></td> <td></td> <td><math>\frac{3}{16}</math></td> </tr> <tr> <td><math>T \leq \frac{3}{4}</math></td> <td></td> <td><math>\frac{1}{4}</math></td> </tr> <tr> <td><math>T \leq 1 - \frac{1}{4}</math></td> <td></td> <td><math>\frac{3}{8}</math></td> </tr> <tr> <td><math>T \geq 2 - \frac{1}{4}</math></td> <td></td> <td><math>\frac{3}{8}</math></td> </tr> </tbody> </table>		T	S	E min	in	in	in	$T \leq \frac{1}{4}$		$\frac{1}{16}$	$T \leq \frac{1}{2}$		$\frac{3}{16}$	$T \leq \frac{3}{4}$		$\frac{1}{4}$	$T \leq 1 - \frac{1}{4}$		$\frac{3}{8}$	$T \geq 2 - \frac{1}{4}$		$\frac{3}{8}$
T	S	E min																						
in	in	in																						
$T \leq \frac{1}{4}$		$\frac{1}{16}$																						
$T \leq \frac{1}{2}$		$\frac{3}{16}$																						
$T \leq \frac{3}{4}$		$\frac{1}{4}$																						
$T \leq 1 - \frac{1}{4}$		$\frac{3}{8}$																						
$T \geq 2 - \frac{1}{4}$		$\frac{3}{8}$																						
<p>BC-P2-GF</p> <p>RF <math>\geq 3\text{mm}</math> (<math>\frac{1}{8}</math> in) G=0 E=S T <math>\geq 6\text{mm}</math> (<math>\frac{1}{4}</math> in)</p>																								
<p>Joint Design Used (Design information for Prequalified WPS as shown in Sketch):</p> <p>Root Opening G: mm (in) 0      Root Face RF: <math>\geq 3\text{mm}</math> (1/8 in.)      Groove Angle: 60°      Radius (R,U): n/a</p>																								
Weld Type:		Joint Type:																						

Sheet 2 of 2

Identification #: GMAW-DEMO

**Electrical Characteristics:**

Current Type/Polarity: DCEP      Gas Composition (Flux for SAW): Ar + 5 to 15% CO<sub>2</sub>

Transfer Mode (GMAW): Spray      Gas Flow Rate: 40 to 50 CFH

Tungsten Electrode (GTAW):      Gas Cup Size: 5/8 in.

Type: N/A

Size: n/a

**Welding Procedure**

Weld Layer(s)	Pass No.	Process	Filler Metal Classification	Filler Metal Diameter (mm/in)	Current Amps	Current Type& Polarity	Wire Feed Speed (in/min)	Volts	Travel Speed (in/min)	Remarks or Heat Input
1	1	GMAW	E70C-6M H4	1.4 mm (0.052)	200-250	DCEP	200-250	25-27	10-14	Root Pass
1 to 2	2 to 3	GMAW	E70C-6M H4	1.4 mm (0.052)	200-250	DCEP	200-250	22-27	10-14	Fill Pass
2 to n	3 to n	GMAW	E70C-6M H4	1.4 mm (0.052)	275-300	DCEP	275-300	26-28	12-18	Weld Size $\geq 10\text{mm}$ (3/8 in.)

**Technique:**

Strigger or Weave Bead: Strigger Bead      Contact Tube to Work Distance: 1 in/1.8 in.

Initial/Interpass Cleaning: Wire Brush, Grid      Peening: n/a

Number of Electrodes: Single

Electrode Spacing: Longitudinal: n/a      Lateral: n/a      Angle: n/a

**Heat Treatment:**

Preheat Temp., Min C (F): 0 to 10 (C)/Table 3.2 of AWS D1.1      Interpass Temp., Min/ Max C (F): 0 to 10 (C)/Table 3.2 of AWS D1.1

Postweld Heat Treatment: Temp. C (F): n/a      Time: n/a

**Additional Notes:**

The end of contact tube recommended to be recessed in the cup nozzle at least 6 mm (1/4 in.)

Manufacturer/ Contractor:      Authorized by:

Welding Engineer:

Video membuat wps dan pqr dengan software










B. Heat Input

- Pengelasan membutuhkan 2 hal (a) energi thermal /panas dan (b) energi mekanik yang berupa tekanan.
- Besarnya energi (Q) dari sumber panas pada las oksid asetilen dirumuskan :
- $Q(w) = (48 \text{ kJ/l asetilen}) \times V \text{ asetilen} \times (h/3600s)$   
 $V \text{ asetilen}$  : debit aliran gas asetilen (l/h), panas pembakaran asetilen = 48 kJ/l, h : waktu dalam jam
- Pada pengelasan dengan las busur listrik dirumuskan :  
 $Q(w) = E \times I$  , E : potensial listrik (volt)  
 I : arus listrik (Ampere)

- **Masukan panas (H)** adalah besarnya energi panas tiap satuan panjang las Masukan Panas :  $H = P \cdot v = E \cdot I / v$   
dengan  $H$  : masukan panas (J/mm),  $P$  : tenaga input (Watt),  $v$  : kecepatan listrik (mm/s),  $E$  : potensi listrik (volt),  $I$  : arus listrik (Ampere)
- Bila efisiensi mesin dimasukkan :  
 $H = \eta \cdot P / v = \eta \cdot E \cdot I / v$  ,  $\eta$  = efisiensi pada Tabel 4.

## Pengaruh heat input pada kemampuan penetrasi

Tabel 2.1. Pengaruh kerapatan energi pada kemampuan penetrasi

Process	Heat Source Intensity ( $Wm^{-2}$ )	Condition	Fused Zone Profile
Flux-shielded arc welding	$5 \times 10^6$ to $5 \times 10^8$		
Gas-shielded arc welding	$5 \times 10^6$ to $5 \times 10^8$	Normal current	
		High current	
Plasma	$5 \times 10^6$ to $5 \times 10^{10}$	Low current	
		High current	
Electron beam and laser	$10^{10}$ to $10^{12}$	Defocused beam	
		Focused beam	

Source: From *Welding of Metallurgy* by J. F. Lancaster, 4th ed., Table 2.2, page 12, Allop & Unwin, London, UK, 1987, with permission from Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.

Tabel 4. Efisiensi beberapa mesin las (Welding Metallurgy, 1987)

Process	Transfer Efficiency
Oxyfuel gas	
Low combustion intensity fuel	0.25-0.50
High combustion intensity fuel	0.50-0.80
Gas-tungsten arc	
Low current DCSP mode	0.40-0.60
High current DCSP mode	0.60-0.80
DCRP mode	0.20-0.40
AC mode	0.20-0.50
Plasma arc	
Melt-in mode	0.70-0.85
Keyhole mode	0.85-0.95
Gas-metal arc	
Globular or short-arc transfer mode	0.60-0.75
Spray transfer mode	0.65-0.85
Shielded-metal or flux-cored arc	0.65-0.85
Submerged arc	0.85-0.99
Electroslag	0.55-0.85
Electron beam	
Melt-in mode	0.70-0.85
Keyhole mode	0.85-0.95
Laser beam	
Reflective surfaces or vapors	0.005-0.50
Keyhole mode	0.50-0.75 +

## Prosedur pengujian heat input

- Sebelum dilakukan pengelasan, tentukan dahulu jenis logam induk dan jenis elektroda yang akan digunakan.
- Kedua benda yang akan dilas (logam induk) harus diletakkan pada tempat yang datar.
- Tentukan arus pengelasan, voltase dan efisiensi alat (alat SMAW yang sudah umur > 10 th gunakan efisiensi = 0,65).
- **Ukurlah panjang** daerah benda yang akan dilas.
- Mengelas bahan mild steel dengan las SMAW (las busur elektroda terbungkus) dengan diameter elektroda menyesuaikan. Pengelasan dilakukan secara multi layer (beberapa lapis) sampai permukaan penuh
- Selama melakukan proses pengelasan, ukurlah waktu saat mulai pengelasan sampai selesai pengelasan dalam satu jalur.
- Hitung kecepatan pengelasan dengan membagi panjang daerah las persatuan waktu (detik).
- Hitunglah heat input dengan rumus :  
dengan :  $E$  = voltase pengelasan,  $I$  = arus pengelasan,  $v$  = kecepatan pengelasan (mm/dt)



Data Hasil Pengujian Heat Input meliputi :

- Bahan logam induk
- Jenis Elektroda
- Diameter elektroda
- Arus las
- Load Voltage pada las
- Panjang jalur las
- Waktu pengelasan 1 jalur
- Kecepatan pengelasan

Video pengukuran heat input

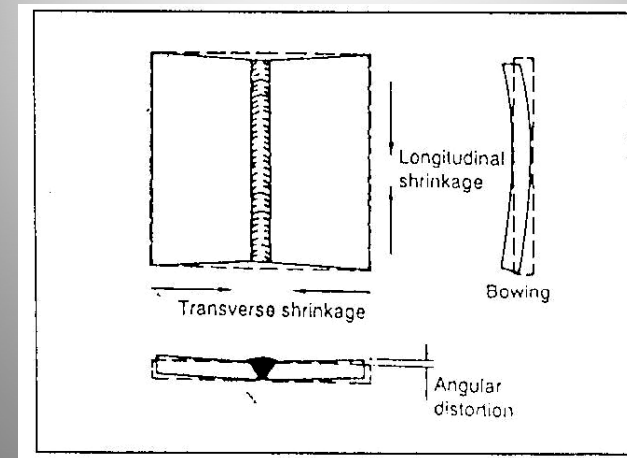


### C. Distorsi pada pengelasan

Tiga jenis perubahan dimensi pada proses pengelasan adalah :

- penyusutan tegak lurus garis las (transverse shrinkage)
- penyusutan searah dengan garis las (longitudinal shrinkage)
- perubahan sudut berupa rotasi terhadap garis las (angular distortion)

Perubahan dimensi pada pengelasan



## Sifat-sifat distorsi

- Penyusutan tegak lurus merata (*uniform*) sepanjang garis las tetapi bervariasi sepanjang ketebalan plat.
- Penyusutan tegak lurus ini dipengaruhi oleh ukuran logam las, jenis pengelasan, masukan panas dan jenis logam induk.
- Penyusutan searah garis las pada sambungan tumpul biasanya lebih kecil dibanding penyusutan arah tegak lurus.
- Distorsi sudut biasanya disebabkan penyusutan tegak lurus sepanjang tebal plat tidak merata.

## Penyusutan tegak lurus

- Penyusutan tegak lurus ( $\Delta_{lr}$ ) dirumuskan :

$$\Delta_{lr} = \frac{(\alpha_T) \cdot (q/v)}{c \cdot \rho \cdot h}$$

- Jika terdapat alur maka ( $\Delta_{lr}$ ) adalah :

$$\Delta_{lr} = \mu_1 \frac{(2 \cdot \alpha_T) \cdot (q/v)}{c \cdot \rho \cdot h}$$

- Dengan  $\mu_1$  adalah faktor kekakuan transversal (transverse stiffness faktor yang harganya sebesar  $\mu_1 = 0,75 - 0,85$ ).

## Penyusutan longitudinal

- Penyusutan longitudinal dirumuskan :

$$\Delta l = \mu_1 \frac{(\alpha_T) \cdot (q/v) \cdot l}{c \cdot \rho \cdot A}$$

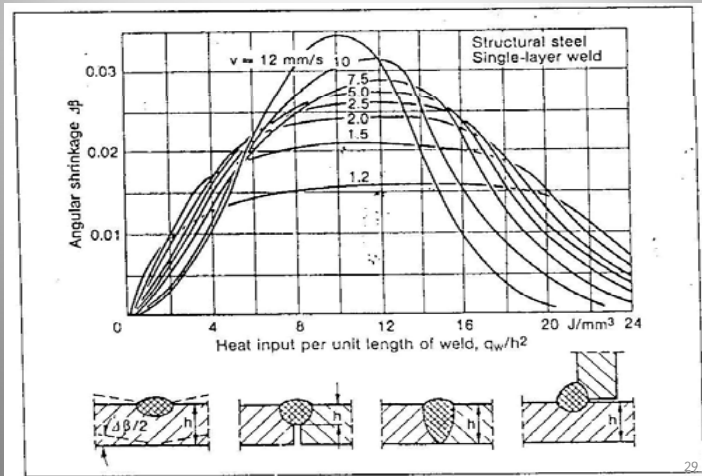
Dengan  $\mu_1$  adalah faktor kekakuan longitudinal (longitudinal stiffness factor yang besarnya  $\mu_1 = 0,335$ ).

- Jika las tidak berimpit dengan sumbu simetri plat, maka plat akan mengalami penyusutan lengkung sebagai akibat penyusutan longitudinal.

## Distorsi sudut

- Distorsi sudut biasanya terjadi pada sambungan tumpul, tumpang, dan T Joint.
- Besarnya distorsi sudut tergantung lebar dan kedalaman las terhadap ketebalan plat, jenis sambungan, dan urutan pengelasan.
- Distorsi sudut ( $\Delta\beta$ ) tergantung pada kecepatan pengelasan, masukan panas dan ketebalan plat.

## Distorsi sudut pada las tunggal untuk baja struktur



## Prosedur pengujian distorsi

- Mengelas bahan mild steel dengan las SMAW (las busur elektroda terbungkus) dengan diameter elektroda menyesuaikan. Pengelasan dilakukan secara multi layer (beberapa lapis) sampai permukaan penuh
- Kedua benda yang dilas harus diletakkan pada tempat yang benar-benar datar.
- **Ukurlah lebar, panjang, dan sudut** benda las yang sudah ditempel (dilas) ujung-ujungnya.
- Amati perubahan bentuk pada benda setelah dilas, akan ada **perubahan sudut** (distorsi sudut), ukurlah derajat sudut yang terjadi dengan alat busur sudut.
- Amati juga perubahan pada lebar melintang daerah las, apakah ada **perubahan panjang** (distorsi transversal) dari logam las.

## Video pengukuran distorsi pada las



## TERIMA KASIH

NB : materi ini disusun dari berbagai sumber dari Internet, digunakan untuk sarana pembelajaran di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta