

# ANALISA PENGARUH JENIS PENGELASAN SMAW DAN FCAW TERHADAP SIFAT MEKANIS BAJA ASTM A36 PADA KONSTRUKSI LANDSIDE UPPER LEG

Dony Perdana<sup>1</sup>, Ahmad Bazy Syarif<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Maarif Hasyim Latif Sidoarjo, Jl. Ngelom Megare, Taman, Sidoarjo 61259, Telp. 031-7885205, Fax. 031-7885205, Jatim, Indonesia<sup>1</sup>

E-mail : dony\_perdana@yahoo.co.id

PT. Dewata Teknik , Engineering – Fabrication & Construction Jl.Raya Gilang 160 Taman, Sidoarjo 61259, Telp. 031-7879859, Fax. 031-7888652, Jatim, Indonesia<sup>2</sup>

E-mail : ahmad.bazy@gmail.com

## ABSTRAK

Proses pengelasan tidak bisa dipisahkan dalam industri konstruksi dan *fabrikasi*. Hasil pengelasan di pengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, operator , prosedur pengelasan, dan metode pengelasan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui metode pengelasan SMAW atau FCAW yang cocok digunakan pada konstruksi *Lanside Upper Leg* yang memiliki panjang 28 meter dengan ketinggian 1,5 meter sehingga posisi pengelasan yang dipakai adalah *3G up hill*. Pada WPS (Welding Procedure and Specification) disebutkan pada produk ini seharusnya dipakai metode pengelasan FCAW namun ada beberapa titik yang menggunakan metode SMAW, untuk itu dilakukan penelitian untuk mengetahui sifat mekanisnya dengan metode uji tarik dan kekerasan serta dilakukan metode uji tidak merusak dengan menggunakan metode *Visual Inspection*, *Penetrant test* dan *magnetic partikel test*. Dari penelitian secara *visual* didapatkan cacat pengelasan pada proses las SMAW yaitu *Undercut*, *stop start* dan *spatters*, sedangkan pada proses las FCAW didapatkan cacat las *spatters* saja. Dari hasil uji tarik pada pengelasan SMAW didapatkan *Yield strength* sebesar  $18,8 \text{ N/mm}^2$  , sedangkan hasil uji tarik pada pengelasan FCAW didapatkan *Yield strength* sebesar  $19,8 \text{ N/mm}^2$  . Hasil uji kekerasan setelah diambil rata – rata yang di ambil dari tiap – tiap hasil pengelasan, untuk las SMAW pada daerah tidak terpengaruh panas logam induk (*Base Metal*) sebesar  $153 \text{ HVN}$  , pada daerah logam las (*Weld Metal*) sebesar  $276 \text{ HVN}$ , dan pada daerah (*HAZ*) sebesar  $228 \text{ HVN}$ . untuk las FCAW pada daerah tidak terpengaruh panas logam induk (*Base Metal*) sebesar  $153 \text{ HVN}$  , pada daerah logam las (*Weld Metal*) sebesar  $289,6 \text{ HVN}$  dan pada daerah (*HAZ*) sebesar  $228 \text{ HVN}$ .

Kata Kunci : *Magnetic Partikel Test*, *Penetrant Test*, Uji Kekerasan, Uji Tarik, *Visual Inspection*

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan kemajuan di bidang konstruksi baja, perlu di dukung dengan adanya teknologi yang menunjang dan memadai, serta untuk memperbaiki kualitas konstruksi baja tersebut. Hal tersebut tidak dapat di pisahkan dari proses pengelasan, karena sektor industri konstruksi baja ini sedikit banyak menggunakan proses pengelasan dalam menghasilkan suatu produk. Luasnya penggunaan proses penyambungan dengan pengelasan disebabkan oleh biaya murah, pelaksanaan relatif lebih cepat, lebih ringan, dan bentuk konstruksi lebih *variatif* [3]. Baja karbon merupakan salah satu jenis logam yang paling banyak digunakan diberbagai bidang teknik terutama untuk keperluan industri seperti konstruksi bangunan, konstruksi pesawat terbang, pembuatan alat-alat perkakas, dan lain-lain [2,4]. Banyaknya pemakaian jenis logam ini tidak terlepas dari sifat-sifat yang dimilikinya diantaranya adalah; mudah diperoleh di pasaran, mudah dibentuk/diproses atau mempunyai sifat

permesinan yang baik dan harganya relatif murah [7]. Pada umumnya bangunan pantai dirancang untuk beroperasi selama 20-25 tahun dan selama itu pula konstruksi *platform* harus terjamin dari segi keselamatan, kinerja dan kekuatan dalam menerima beban lingkungan di sekitarnya. Akan tetapi, selama operasi konstruksi tersebut tidak menutup kemungkinan mengalami kerusakan pada struktur. Sering kali kita temukan di lapangan terjadi kegagalan suatu konstruksi dikarenakan kekuatan sambungan las maupun material yang dipakai. Pada saat bagian-bagian dari konstruksi itu disambung dengan pengelasan, maka yang harus dipahami tidak hanya terjadinya tegangan sisa pada pengelasan tetapi juga *distorsi* [9]. Untuk itu kita harus pastikan bahwasannya standart material yang di pakai, kualitas pengelasannya harus di perhatikan untuk menjaga kualitas yang di dihasilkan, tentunya sudah sesuai dengan standart yang ada, untuk proses harus mengacu pada WPS (*Welding Procedure Standart*) dan WPQ (*Welding Procedure Qualification*). Dalam dunia pengelasan, proses pengelasan yang umum digunakan

dalam industri penyambungan logam dan paduan adalah *Flux-Cored Arc Welding (FCAW)*. *Flux-Cored Arc Welding (FCAW)* memiliki beberapa keuntungan seperti tingginya angka endapan, lebih toleran terhadap karat dan skala besar dari pada *GMAW*, lebih sederhana dan dapat beradaptasi dari pada *SAW*, keahlian operator kurang dibutuhkan dari pada *GMAW*, memiliki produktivitas yang tinggi dari pada *SMAW* dan hasil permukaannya bagus [6]. Bagi industri reparasi yang sangat cocok adalah menggunakan pengelasan (*MMAW*), namun proses *Flux-Cored Arc Welding (FCAW)* lebih banyak keuntungannya serta mendapat apresiasi oleh kalangan industri selama bertahun-tahun [6]. Parameter proses pengelasan untuk *Flux-Cored Arc Welding (FCAW)* dikategorikan sebagai pengelasan busur listrik secara otomatis dan memungkinkan menggunakan robot. Pemilihan prosedur pengelasan harus bersifat spesifik untuk menjamin kualitas yang bagus pada manik-manik las. Untuk mendapatkan kualitas lasan yang diperlukan, adalah penting untuk mengontrol secara penuh terhadap proses parameter yang *relevan* untuk mendapatkan geometri manik-manik las dan bentuknya serta hasil pengelasan [8]. Hasil penelitian dari hubungan antar proses parameter, geometri manik-manik las dan sifat tarik pada sambungan baja karbon rendah oleh robot *FCAW* memperlihatkan bahwa dengan naiknya tegangan busur atau arus pengelasan pada *FCAW* maka mengakibatkan penurunan kekuatan tarik dan kekuatan luluh dari hasil pengelasan. Ketika kecepatan pengelasan meningkat, kekuatan las juga meningkat [5]. *Port Crane* atau *Container Crane* adalah suatu alat produksi yang terlibat dalam proses penanganan bongkar muat petikemas di pelabuhan. Fungsi alat ini adalah untuk memindahkan petikemas dari kapal ke pelabuhan. Terdapat bagian - bagian utama pada *Container Crane*, yang setiap bagiannya mempunyai mekanisme tersendiri, diantara bagian - bagian utamanya yaitu *Boom, Gantry, Spreader, dan trolley*. *Trolley* adalah bagian dari *Container Crane* yang terdiri dari roda yang bergerak pada rel yang fungsinya adalah untuk memindahkan petikemas yang mempunyai beban yang sangat berat ke pelabuhan atau ke darat dengan cepat. Pada konstruksi *Landside Upper Leg – Port Crane* mengalami kerusakan fisik pada bagian *upper leg*, untuk itu *customer* memesan bagian konstruksi daripada *upper leg* ini untuk menggantikan kondisi *upper leg* yang mengalami kerusakan fisik tersebut (*existing*).

## 2. Metode

Metodologi penelitian merupakan cara yang ditempuh untuk mencapai tujuan dari penelitian. Keberhasilan dalam penelitian ini tergantung dari metode yang digunakan. Agar kegiatan penelitian berhasil dengan baik, maka diperlukan suatu metode atau teknik yang ilmiah yang terancang dan dapat dipertanggungjawabkan. Jenis Penelitian ini merupakan

penelitian *diskriptif kualitatif* adalah metode penelitian *eksperimen*, yaitu kegiatan percobaan secara langsung terhadap benda uji untuk melihat hasil yang terjadi perlakuan yang diberikan terhadap obyek, dalam hal ini adalah *base metal plat ASTM A36* dengan tebal 10 mm sebanyak 5 *test pieces* yang dilas dengan las *SMAW 3G* dan *FCAW 3G* dengan menggunakan elektroda *E71T-1* untuk *FCAW* elektroda solid dengan diameter kawat 1mm sedangkan untuk *SMAW* menggunakan elektroda *E7016* dengan diameter kawat 2,6 mm

### 2.1 Metode Pengumpulan Data

Adapun pengumpulan data yang di gunakan dengan mengadakan penelitian secara langsung terhadap objek di PT. Dewata Teknik, metode ini secara singkat terdiri dari:

#### 1. Studi literatur

Dalam menyelesaikan permasalahan yang ada yaitu dengan menggunakan pendekatan secara teoritis baik dari buku-buku, *training book*, maupun dari *browsing*. Sehingga diharapkan hasilnya sesuai dengan tujuan yang diinginkan sesuai dengan prosedur yang dirancang dan tidak terdapat permasalahan dalam penelitian.

#### 2. Pengumpulan data

- Observasi*, yaitu pengumpulan data dengan melakukan penelitian , baik secara langsung maupun tidak langsung.
- Mempelajari jenis plat yang akan diteliti dan mengetahui sifat mekanis dan komposisi kimia pada baja yang akan digunakan.
- Mempelajari metode pengelasan yang akan digunakan, yaitu metode pengelasan *FCAW ( Flux cord Arc Welding )* dan metode pengelasan *SMAW (Shield Metal Arc Welding)*
- Wawancara, yaitu pengumpulan data dengan sistem tanya jawab kepada bagian *workshop* PT. Dewata Teknik.
- Mempersiapkan pembuatan *specimen* dan pengujian yang akan dilakukan

#### 3. Bahan Spesimen Uji

*Spesimen* uji yang digunakan adalah baja carbon rendah jenis *ASTM A36* dengan ketebalan 10 mm dengan data sebagai berikut :

##### a) Komposisi kimia Plat *ASTM A 36*

Kandungan Unsur	Nilai (%)
C	0,18
Si	0,27
Mn	0,81
P	0,026
S	0,030

b) Sifat Mekanik Plat *ASTM A 36*

Tensile Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Elongation (%)
496	340	21

4. Elektroda untuk uji

Sedangkan kawat las yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan karakteristik material dasar yang akan dilas dan metode proses pengelasan yang digunakan yaitu proses las *FCAW* dan *SMAW* dengan data :

- a. Elektroda untuk proses *FCAW* yaitu *KISWEL AWS A5.20 E71T-1* dia 1mm dengan pelindung gas *CO<sub>2</sub>*, berat satu rol 15 kg. dengan data sebagai berikut :

Kekuatan mekanis

Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Yield Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)
580	530	26

Komposisi kimia

Kandungan Unsur	Nilai (%)
C	0,05
Si	0,5
Mn	1,30

- b. Elektroda untuk proses *SMAW* yaitu elektroda *E7016* yang disesuaikan dengan standar *AWS D1.1*

Kekuatan mekanis

Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Yield Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)
565	455	26

Komposisi kimia

Kandungan Unsur	Nilai (%)
C	0,05
Si	0,43
Mn	1,40
S	0,009
P	0,19

2.2 Metode Analisis Data

1. Persiapan eksperimen

Dalam pelaksanaan eksperimen dalam bangku kerja harus dirancang sedemikian rupa sehingga dalam pelaksanaannya data yang diambil akurat dan dapat menekan kemungkinan dari kesalahan. Untuk itu perlu

persiapan yang matang sebelum pelaksanaan antara lain :

- a. Alat yang digunakan :  
Peralatan Las *FCAW* lengkap, Peralatan Las *SMAW* lengkap, *Cleaner*, *Liquid penetrant*, *Developer*, *Yoke*, Gerinda tangan, Kikir persegi dan Mesin Amplas
- b. Peralatan keselamatan kerja  
*Apron*, *Werpak*, Sarung tangan, Tang las, Sepatu las dan *Masker*

2. Pengujian

Bahan sampel hasil pengelasan *FCAW* dan *SMAW* yang telah dilas dan dibentuk specimen sesuai tandart kemudian dilakukan pengujian yang meliputi :

- a. Uji Tidak Merusak (*Non Destructive Test*)

• Pengujian Penetran :

Pengujian ini dilakukan agar dapat melihat kedalaman penembusan dari pengelasan, daerah *HAZ* las, dan ukuran dari *kampuh* las yang terbentuk dari masing-masing posisi pengelasan terhadap hasil las. Untuk melihat kedalaman penembusan digunakan larutan, *liquid penetrant (magnalux SKL-SPI)* berwarna merah dan larutan *cleaner (magnalux SKS-S)* berwarna bening serta larutan *developer (magnalux SKD-S2)* yang berwarna kontras. Larutan ini dioleskan pada bagian logam las (*Weld Metal*) dan heat affective zone (*HAZ*) yang sudah di proses *grinding* dan *sundpaper* sehingga permukaan daerah las rata dan bersih, kemudian diberi *cleaner (magnalux SKS-S)* sebagai larutan pembersih dan larutan *liquid penetrant (magnalux SKL-SPI)* untuk melihat alur-alur pengelasan pada material cairan pengembang atau *developer (magnalux SKD-S2)* yang berwarna kontras. Cacat yang mampu dideteksi oleh uji ini adalah keretakan yang bersifat mikro. Yaitu keretakan yang tidak dapat diamati dengan mata telanjang. Deteksi keretakan dengan cara ini tidak tergantung pada ukuran, bentuk, arah keretakan, struktur bahan maupun komposisinya. *Liquid penetrant* dapat meresap ke dalam celah retakan yang sangat kecil bahkan ke dalam keretakan yang hanya sedalam 4 mikron. Penyerapan *liquid penetrant* ke dalam celah retakan terjadi karena daya *kapiler*. Proses ini banyak digunakan untuk menyelidiki keretakan permukaan (*surface cracks*), kekeroposan (*porosity*), lapisan-lapisan bahan. menurut *ASME (American Society of Mechanical Engineers) Section VIII Division 1* edisi 2010

• *Visual Test*

Pengamatan langsung pada hasil sambungan las-lasan, jadi tidak diperlukan alat ataupun

bahan untuk mengetahui hasil sambungan las-lasan (pengamatan menggunakan penglihatan/mata)

- Pengujian *Magnetik (Magnetic Partikel Test)* Menurut ASME V artikel 7 tentang *magnetic particle examination*, digunakan untuk mengetahui *discontinuity* yang ada pada suatu material uji baik yang ada di permukaan maupun sedikit di bawah permukaan (*sub-surface*). Dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yang berupa *White Contrast Paint* digunakan untuk melapisi permukaan dari material uji sehingga apabila disemprotkan *wet particle* yang berupa *Prepared Bath* pada material uji maka akan tampak cacat-cacat yang ada pada saat *wet particle dimagnetisasi*. Pada *Magnetic particle Test* ini proses *magnetisasinya* juga harus dilakukan dengan posisi yang berbeda-beda agar cacat-cacat yang ada pada material uji tersebut dapat diketahui semua.
- b. Uji Merusak (*Destructive Test*)
- Uji Tarik (*Tensile Test*)  
Pada pengujian uji tarik yang dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* yang dihubungkan langsung dengan *plotter*, sehingga diperoleh grafik tegangan ( $N/mm^2$ ) dan regangan (%) yang memberikan informasi data berupa tegangan *ultimate (sult)*, *modulus elastisitas* bahan (E). Pengujian tarik dilakukan dengan menyiapkan *spesimen* uji yang sudah di las dan dibentuk sesuai dengan standar *ASTM E-8*, kemudian *spesimen* uji di pasang pada alat pencekam (*grip*) pada *upper crosshead* dan mencekam pencekam agar *spesimen* tersebut tidak tergelincir/lepas. Langkah selanjutnya adalah menghidupkan mesin pengujian sehingga pada layar komputer akan tampil koordinat x-y. Pada saat pengujian berlangsung perhatikan perubahan besar beban, hingga terdengar bunyi suara atau melihat *spesimen* putus.
  - Uji Kekerasan (*Hardness Test*)  
Kekerasan (*Hardness*) suatu bahan boleh jadi merupakan sifat mekanik yang paling penting, karena pengujian sifat ini dapat digunakan untuk menguji homogenitas suatu material. Selain itu kekerasan dapat digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik yang lain bahkan nilai kekuatan tarik yang dimiliki suatu material dapat dikonversi dari kekerasannya. Metode pengujian kekerasan *Vickers* menggunakan *indentor*, *indentor* yang digunakan adalah

intan yang berbentuk *pyramid* yang beralas bujur sangkar dengan sudut puncak antara dua sisi yang berhadapan adalah  $136^\circ$  dengan pembebanan 100 kg dengan menekan *indentor* pada permukaan *specimen* selama 10 – 30 detik.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Hasil Uji Tidak Merusak (*Non Destructive Test*)

##### 1. Uji Penetran dan *Magnetic Partikel*

Pada pengujian tidak merusak pengelasan *FCAW* tidak ditemukan cacat/*defect* maupun *discontinuity* pada hasil logam las-lasannya. Hal ini berbanding terbalik dengan pengelasan *SMAW* ditemukannya cacat/*defect* maupun *discontinuity* pada hasil logam las-lasan.

##### 2. Visual Test

Dari hasil *visual test* pada pengelasan *SMAW* didapatkan cacat pengelasan yaitu *Undercut* dan *Stop Start*,

###### A. *Undercut*

Cacat las ini biasanya terjadi karena beberapa hal :

1. Suhu metal terlalu tinggi.
2. Amper *capping* tinggi.
3. *Speed capping* terlalu rendah.

Akibat dari cacat las ini adalah :

1. Melemahkan sambungan .
2. Menghawali karat permukaan
3. Menimbulkan tegangan geser (*Displacement Stress*) yang berpotensi retak

Cara penanggulangannya yakni cukup embersihkannya dengan wire brush sikat kawat dan mengisinya dengan stringer ( pengelasan lajur tunggal tanpa digoyang ) sesuai *WPS Repair*, inovasi *travel speed* juga bisa meminimalisasi terjadinya *undercut*

###### B. *Stop Start* (Salah penggantian elektroda)

Cacat las ini biasanya terjadi karena beberapa hal :

1. Tonjolan berulang disebabkan oleh penggantian elektroda terlalu mundur sehingga terjadi *overlapping* yang menonjol.
2. Bagian yang kosong tanpa *capping* secara berulang disebabkan oleh penggantian elektroda yang terlalu maju.

Akibat dari cacat las ini adalah :

1. Yang menonjol tampak buruk dan tidak efisien.
2. Yang kosong menimbulkan *notch* yang berpotensi retak

Cara penanggulangannya yakni :

1. Yang menonjol cukup digerinda dibentuk standard , yang kosong harus digerinda hingga sisa *slag* hilang, kemudian didisi las sesuai *WPS Repair*
2. Yang menonjol lebih bagus lagi di "*Gouging*" setelah itu digerinda rapi untuk mendapatkan *kampuh* las seperti semula, namun dengan alasan ekonomis metode ini jarang dilakukan karena harga kawat las

*gouging* terbilang mahal, walaupun metode ini dilakukan atas kesepatan pada *Inspection Testing and Procedure (ITP)*

**C. Acceptance Criteria**

Hasil lasan harus terhindar dari:

1. *Coarse ripple, grooves, overlap, abrupt ridges* dan *valleys, visible slag inclusion, porosity* dan *adjacent start* dan *stops*
2. Undercut tidak boleh melebihi 1/32 in ( 0,8 mm ) atau 10 % dari tebal lasan, dimana yang lebih kecil dan tidak boleh melebihi tebal minimum dinding
3. Mahkota lasan tidak boleh melebihi ukuran yang ditentukan dalam lampiran standart visual
4. Semua jenis *crack* atau retak tidak diizinkan

Dari hasil pengamatan visual, hasil pengelasan *FCAW* terdapat cacat pengelasan berupa *Spatters*, namun cacat jenis ini tergolong mudah dalam penanggulangan dan perbaikannya, yaitu dengan cara di *chipping* atau di kikir kasar saja *spatters* ini sudah hilang dari permukaan bidang lasan

**Hasil Uji Merusak ( Destructive Test)**

Perhitungan Uji Tarik untuk pengelasan *SMAW* :

~ Tegangan tarik yield	~ Teg. tarik maksimum
$\sigma_y = P_y/A_0$	$\sigma_u = P_u/A_0$
= 39,6 kN/ 2100 mm <sup>2</sup>	= 70 kN/2100 mm <sup>2</sup>
= 0,0188 kN/mm <sup>2</sup>	= 0,033kN/mm <sup>2</sup>
Regangan maksimum	Modulus elastisitas
$\epsilon_{max} = (\Delta L/L_0) \times 100\%$	$E = \sigma/\epsilon$
= (10/70) x 100%	= 0,033 kN/14,28%
= 14,28 %	= 0,0021 kN

Perhitungan Uji Tarik untuk pengelasan *FCAW* :

~ Tegangan tarik yield	~ Teg. tarik maksimum
$\sigma_y = P_y/A_0$	$\sigma_u = P_u/A_0$
= 41,6 kN/ 2100 mm <sup>2</sup>	= 70 kN/2100 mm <sup>2</sup>
= 0,0198 kN/mm <sup>2</sup>	= 0,033kN/mm <sup>2</sup>
Regangan maksimum	Modulus elastisitas
$\epsilon_{max} = (\Delta L/L_0) \times 100\%$	$E = \sigma/\epsilon$
= (10,3/70) x 100%	= 0,033 kN/14,71%
= 14,71%	= 0,0041 kN

Perhitungan Kekerasan *Vickers* untuk pengelasan *SMAW* :

*Base Metal (BM)*

$DPH = 1,854 P/d^2$

Rata-Rata (5 test piece) *DPH* pada *Base Metal*

$DPH = 153,22 \text{ kgf/mm}^2$

*Weld Metal (WM)*

$DPH = 1,854 P/d^2$

Rata-Rata (5 test piece) *DPH* pada *Weld Metal*

$DPH = 276,448 \text{ kgf/mm}^2$

*Heat Affective Zone (HAZ)*

$DPH = 1,854 P/d^2$

Rata-Rata (5 test piece) *DPH* pada *HAZ*

$DPH = 228,88 \text{ kgf/mm}^2$

Perhitungan Kekerasan *Vickers* untuk pengelasan *FCAW* :

*Base Metal (BM)*

$DPH = 1,854 P/d^2$

Rata-Rata (5 test piece) *DPH* pada *Base Metal*

$DPH = 153,22 \text{ kgf/mm}^2$

*Weld Metal (WM)*

$DPH = 1,854 P/d^2$

Rata-Rata (5 test piece) *DPH* pada *Weld Metal*

$DPH = 289,68 \text{ kgf/mm}^2$

*Heat Affective Zone (HAZ)*

$DPH = 1,854 P/d^2$

Rata-Rata (5 test piece) *DPH* pada *HAZ*

$DPH = 228,88 \text{ kgf/mm}^2$

**3.1 Tabel**

Tabel 1. Hasil Uji Tarik (Tensile Strength)

No	Material	Besaran dan Satuan	Dimensi	Yield Strength	Ultimate Strength
1	Baja (ASTM A36) SMAW	Beban pada skala penuh (KN)	120	18,8 N/mm <sup>2</sup>	33,3 N/mm <sup>2</sup>
		Panjang P (mm)	70		
		Lebar L (mm)	30		
		Beban Yield, Py (KN)	39,6		
		Beban Maksimun, Pu (KN)	70		
2	Baja (ASTM A36) FCAW	Beban pada skala penuh (KN)	120	19,8 N/mm <sup>2</sup>	33,3 N/mm <sup>2</sup>
		Panjang P (mm)	70		
		Lebar L (mm)	30		
		Beban Yield, Py (KN)	41,6		
		Beban Maksimun, Pu (KN)	70		

Tabel 2 Hasil Uji Kekerasan (Hardness) *Vickers SMAW*

KET	INDENTASI DIAGONAL				HVN (kg/mm <sup>2</sup> )
	No	d <sub>1</sub> (mm)	d <sub>2</sub> (mm)	d = d <sub>1</sub> + d <sub>2</sub> /2 (mm)	
Logam Induk	1	1,1	1,1	1,1	153
	2	1,1	1,1	1,1	153
	3	1,1	1,1	1,1	153

	4	1,1	1,1	1,1	153
	5	1,1	1,1	1,1	153
	<b>Rata rata HVN</b>				<b>153</b>
<b>Logam Las</b>	1	0,85	0,85	0,85	256,6
	2	0,8	0,8	0,8	289,6
	3	0,8	0,8	0,8	289,6
	4	0,8	0,8	0,8	289,6
	5	0,85	0,85	0,85	256,6
	<b>Rata rata HVN</b>				<b>276</b>
<b>H A Z</b>	1	0,9	0,9	0,9	228
	2	0,9	0,9	0,9	228
	3	0,9	0,9	0,9	228
	4	0,9	0,9	0,9	228
	5	0,9	0,9	0,9	228
	<b>Rata rata HVN</b>				<b>228</b>

Tabel.3 Hasil Uji Kekerasan (Hardness) Vickers *FCAW*

KET	INDENTASI DIAGONAL				HVN (kg/mm <sup>2</sup> )
	No	d <sub>1</sub> (mm)	d <sub>2</sub> (mm)	d = d <sub>1</sub> + d <sub>2</sub> /2 (mm)	
<b>Logam Induk</b>	1	1,1	1,1	1,1	153
	2	1,1	1,1	1,1	153
	3	1,1	1,1	1,1	153
	4	1,1	1,1	1,1	153
	5	1,1	1,1	1,1	153
	<b>Rata rata HVN</b>				<b>153</b>
<b>Logam Las</b>	1	0,8	0,8	0,8	289
	2	0,8	0,8	0,8	289
	3	0,8	0,8	0,8	289
	4	0,8	0,8	0,8	289
	5	0,8	0,8	0,8	289
	<b>Rata rata HVN</b>				<b>289</b>
<b>H A Z</b>	1	0,9	0,9	0,9	228
	2	0,9	0,9	0,9	228
	3	0,9	0,9	0,9	228
	4	0,9	0,9	0,9	228
	5	0,9	0,9	0,9	228
	<b>Rata rata HVN</b>				<b>228</b>

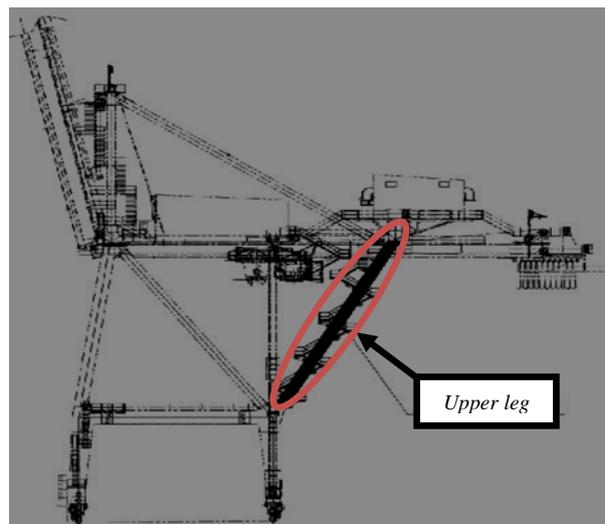
### 3.2 Gambar



Gambar 1. Fasilitas *port crane* di pelabuhan



Gambar 2. Kegiatan bongkar muat di pelabuhan

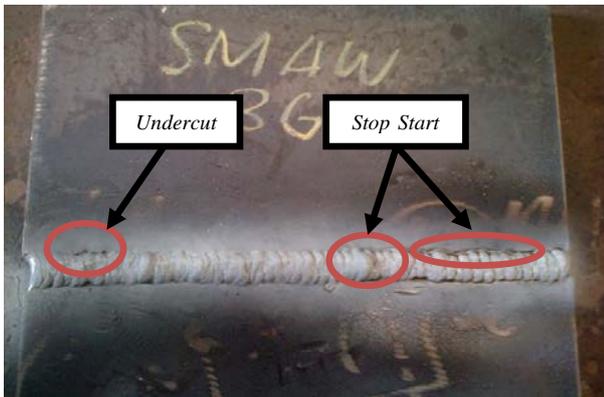


(a)



(b)

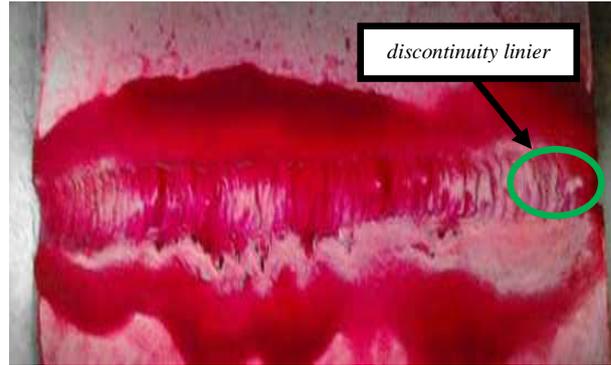
Gambar 3 (a,b). Landside Upper leg yang akan yang akan di teliti



Gambar 4 Hasil Visual Test hasil lasan SMAW



Gambar 5. Hasil Visual Test hasil lasan FCAW



Gambar 6. Hasil Penetrant Test hasil lasan SMAW



Gambar 7. Hasil Uji tarik dengan Pengelasan SMAW



Gambar 8. Hasil Uji tarik dengan Pengelasan FCAW

#### 4. Kesimpulan

Dari beberapa percobaan yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Hasil pengelasan dengan SMAW secara visual terdapat cacat *undercut* dan *stop start*, sedangkan pada pengelasan FCAW hanya terdapat cacat *spatters* yang secara teknis mudah untuk memperbaikinya dengan cara menyikat/ di gerinda,
2. Dari hasil uji tarik, pengelasan FCAW memiliki *Yield Strength* lebih tinggi yaitu  $19,8 \text{ N/mm}^2$  sedangkan SMAW memiliki *Yield Strength*  $18,8 \text{ N/mm}^2$  dan dari hasil uji kekerasan, Pada pengelasan FCAW, area logam induk nilai kekerasannya  $153,22 \text{ kgf/mm}^2$  , pada logas lasan (*Weld Metal*)  $289,68 \text{ kgf/mm}^2$  dan pada area HAZ  $228,88 \text{ kgf/mm}^2$ . Pada pengelasan SMAW, area logam induk nilai kekerasannya  $153,22 \text{ kgf/mm}^2$  , pada logas lasan (*Weld Metal*)  $276,44 \text{ kgf/mm}^2$  dan pada area HAZ  $228,88 \text{ kgf/mm}^2$  .
3. Dari pengujian tidak merusak dengan metode *Penetrant Test* dan *Magnetic Particle Test* diketahui,

terdapat *discontinuity linier* pada pengelasan SMAW sedangkan pada pengelasan FCAW tidak ditemukan defect maupun discontinuity.

## Ucapan Terima Kasih

Peneliti menyampaikan ucapan terima kasih dan rasa hormat kepada;

1. Ketua Yayasan YPM Sidoarjo
2. Bapak Rektor Universitas Maarif Hasyim Latif (UMAHA) Sidoarjo.
3. Bapak Wakil Rektor II (Keuangan) UMAHA Sidoarjo.
4. Bapak Direktur PT. Dewata Tehnik, yang memberikan sarana dan prasarana Fabrication Landside Upper Leg
5. Bapak-bapak di Workshop PT. Dewata Tehnik.
6. Bapak Edy Gunawan selaku Ketua Prodi Teknik Mesin UMAHA Sidoarjo
7. Bapak-bapak Dosen Teknik Mesin UMAHA Sidoarjo

Semua pihak yang telah memberikan bantuan yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

## Daftar Pustaka

- [1] Aloraier A., R.Ibrahim, P.Thomson, *FCAW process to avoid the use of post weld heat treatment*, International Journal of Pressure Vessels and Piping 83 (2006) 394 -398
- [2] Baumer, B.M.J. 1994. "Ilmu Bahan Logam". Bhratara, Jakarta.
- [3] Cary, H.B., 1994, *Modern Welding Technology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- [4] Japrie Sriati. 1996. "Metalurgi Mekanik", Erlangga, Jakarta.
- [5] Ghazvinlo H.R. and A.Honarbaksh, *Effect of Gas-Shielded Flux Cored Arc Welding Parameters on Weld Width and Tensile Properties of Weld Metal in a Low Carbon Steel*, Journal of Applied Science 10 (8): 658-663, 2010.
- [6] Kannan T and N.Murugan, *Effect of Flux Cored Arc Welding Process Parameters on Duplex Stainless Steel Clad Quality*, Journal of Materials Processing technology 176 (2006) 230-239.
- [7] Lawrence H.V.V. 1989. "Ilmu dan Teknologi Bahan". Erlangga, Jakarta
- [8] Palani P.K., N.Murugan, *Development of Mathematical Models for Prediction of Weld Bead Geometry in Cladding by Flux Cored Arc Welding*, International Journal Advanced Manufacturing Technology (2006) 30: 669-676.
- [9] Sorensen. M.B., 1999, "Simulation of Welding Distortion in ShipSection", Department of Naval

Architecture dan Offshore Engineering, Technical University of Denmark.

ASME Section V Article 6

ASME *Section VIII Division 1* edisi 2010

ASME VIII Divisi 1, *Methods For Liquid Penetrant Examination (PT)*

ASME Section IX Welding Specification and Procedure AWS, ANSI/AWS A3.0-94, *Standard Welding Terms and Definitions*, American Welding Society, Miami, 1994

AWS, *Welding Inspection Handbook*, American Welding Society, Miami, 3<sup>rd</sup> Edition, 2000.

