

## PENGARUH VARIASI ARUS LAS PADA PENGELESAAN FCAW DARI MATERIAL BAJA KAPAL ASTM SS 400

Indra Utama<sup>[1]</sup>, Pramudya Imawan S<sup>[1]</sup>, dan Erifive Pranatal<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup>Jurusan Teknik Perkapalan

Fakultas Teknologi Mineral Dan Kelautan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya  
Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117

e-mail: Indrautama63@gmail.com

### **ABSTRAK**

Pada proses pembangunan kapal baja, pengelasan merupakan hal yang harus diperhatikan karena berpengaruh pada kekuatan kapal. Salah satu tipe pengelasan yang sering digunakan adalah FCAW (*Flux Cored Arc Welding*), yaitu proses pengelasan yang menggunakan busur api listrik sebagai sumber panas untuk mencairkan logam, dengan menggunakan gas sebagai pelindung dan elektroda sebagai pengisi. Dalam penelitian ini dilakukan tentang cacat pengelasan yang terjadi pada sambungan *butt joint* posisi *3G Vertical Up* dan *Vertical Down* tipe pengelasan FCAW pada material baja ASTM SS 400. Uji cacat las yang paling banyak terjadi pada pengelasan *3G Vertical Up* adalah cacat las *Undercut* dan *Incomplete Fusion* yang disebabkan oleh kecepatan pengelasan terlalu tinggi dan posisi sudut las yang kurang baik. Pada pengelasan *3G Vertical Down*, cacat las yang paling banyak terjadi di antaranya *Undercut*, *Incomplete Fusion* dan *Porosity* yang disebabkan oleh prosedur pengelasan yang kurang baik terutama pada kecepatan tangan pengelas maupun kotoran pada daerah kampuh.

**Kata Kunci:** Butt Joint, Cacat Las, FCAW, 3G Vertical Up, 3G Vertical Down

### **PENDAHULUAN**

Perkembangan teknologi pada bidang konstruksi yang semakin bertambah dan tidak bisa dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peran yang penting dalam reparasi logam. Pembangunan konstruksi pada logam pada era sekarang banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangun, karena penyambungan pengelasan adalah suatu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan bagi pengelasnya agar diperoleh penyambungan yang berkualitas sangat baik. Proses pengelasan pada umumnya banyak diaplikasikan didalam dunia industri seperti industri otomotif, dan industri perkapalan. Banyaknya penggunaan proses penyambungan logam dengan proses pengelasan dikarenakan pelaksanaannya relatif lebih cepat, pengerjaan lebih ringan, biaya yang murah, dan bentuk konstruksi lebih variatif. (Cary, 1994).

Pengelasan adalah proses penyambungan logam yang dilakukan dengan mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi pada material yang disambung dengan cara dengan atau tanpa menggunakan tekanan, hanya dengan tekanan, dan dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi. Salah satu proses pengelasan yang digunakan dalam industri maritime dan konstruksi baja saat ini salah satunya adalah las busur listrik elektroda terumpan dengan gas pelindung CO<sub>2</sub> murni atau las FCAW (*Flux Cored Arc Welding*), proses pengelasan ini banyak digunakan karena biaya operasi dengan gas pelindung CO<sub>2</sub> lebih murah dari pada menggunakan gas

pelindung Ar, Selain itu sifat mampu lasnya pun cukup baik.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, bahwa penggunaan posisi pengelasan yang paling banyak digunakan terutama pada joint block di kapal pada saat proses erection adalah posisi *3G Vertical Up* & *Vertical Down*. Pada pembangunan kapal baru, jenis material SS 400 bisa digunakan terutama pada bagian bangunan atas kapal (*Superstructure*) karena lebih ringan dan lebih kecil menerima tegangan memanjang kapal.

Las Busur CO<sub>2</sub> biasa disebut FCAW Menurut Harsono Wiryosumarto (1985), pengelasan ini termasuk dalam las MIG, akan tetapi bukan gas mulia yang digunakan, melainkan gas CO<sub>2</sub> atau campuran dari gas-gas dimana CO<sub>2</sub> sebagai komponen utamanya. Karena gas CO<sub>2</sub> adalah oksidator, maka cara ini kebanyakan digunakan untuk mengelas konstruksi baja.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Azary (2019) pada pengelasan *butt joint* SMAW menggunakan metode pengujian *Penetrant Test* (PT), menyatakan bahwa karakteristik cacat las yang terjadi pada sambungan *butt joint* terhadap material A36 dengan arus 80A, 90A dan 100A adalah *slag inclusion*, *incomplete fusion* dan *incomplete penetration*.

Atas dasar hal – hal tersebut yang telah tertulis diatas, maka penulis akan mengambil judul penelitian

tentang “PENGARUH VARIASI ARUS LAS PADA PENGELASAN FCAW DARI MATERIAL BAJA KAPAL ASTM SS 400”.

**TINJAUAN PUSTAKA**

**Pengelasan**

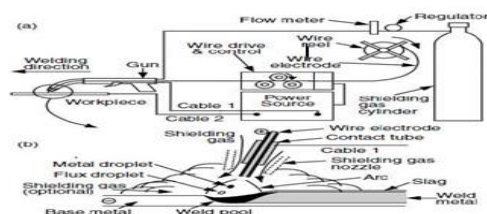
Pengelasan atau *welding* adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan.

Pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu. Wiryosumarto (1996).

Pengelasan menurut Alip (1989) adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh.

**Pengelasan Busur Logam Gas FCAW**

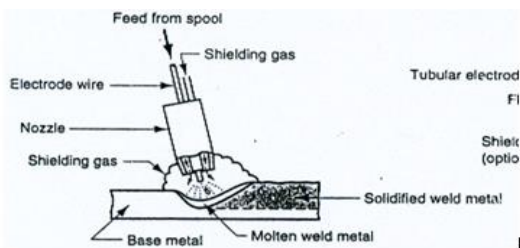
Pengelasan Busur Logam Gas selanjutnya disingkat FCAW ialah satu jenis proses pengelasan yang menggunakan busur api listrik sebagai sumber panas untuk mencairkan logam, dengan menggunakan gas sebagai pelindung dan elektroda sebagai pengisi, oleh karena itu FCAW disebut las elektroda terumpan. Gambar 1.



Gambar 1: Skema Pengelasan FCAW

Sumber: <http://hima-tl.ppnas.ac.id>

Dalam (gambar 2), ditunjukkan keadaan busur dalam las FCAW dimana terlihat ujung elektroda yang selalu runcing. Hal inilah yang menyebabkan butir-butir logam cair menjadi halus serta pemindahannya berlangsung dengan cepat seperti di semburkan.



Gambar 2: Pemindahan Sembur Pada Las FCAW

Sumber: <http://hima-tl.ppnas.ac.id>

Elektroda yang diumpankan melalui *gun* atau *torch* sambil menjaga busur yang terbentuk diantara ujung elektroda dengan *base metal*. Las FCAW menggunakan elektroda yang berbentuk tabung berongga atau tubular dimana terdapat serbuk fluks di dalam batangnya. Butiran – butiran serbuk fluks dalam inti kawat ini menghasilkan sebagian atau semua *shielding* gas yang diperlukan saat proses pengelasan.

**Elektoda FCAW**

Las FCAW adalah salah satu jenis las listrik yang memasok filler elektroda secara mekanis terus ke dalam busur listrik yang terbentuk di antara ujung filler elektroda dan metal induk. Elektroda pada FCAW terbuat dari metal tipis yang berbentuk tabung berongga atau tubular, diisi dengan fluks sesuai kegunaannya.

Proses las FCAW pada dasarnya sama dengan las GMAW dan yang menjadi pembeda utamanya adalah elektrodanya, elektroda FCAW berbentuk tubular yang berisi fluks sedangkan GMAW berbentuk solid atau pejal. Elektroda FCAW-G dapat digunakan untuk mengelas carbon steel, low alloy steel dan stainless steel. Berpedoman pada AWS, elektroda-elektroda yang digunakan pada pengelasan FCAW dibicarakan pada pasal 1.3.3.

Tabel 1: Klasifikasi elektroda FCAW menurut AWS

Klasifikasi AWS	Arus Pengelasan	Gas Pelindung	Pass Tunggal/Ganda
EXXT-1	DCEP	CO <sub>2</sub>	Ganda
EXXT-2	DCEP	CO <sub>2</sub>	Tunggal
EXXT-3	DCEP	Tidak Ada	Tunggal
EXXT-4	DCEP	Tidak Ada	Ganda
EXXT-5	DCEP	CO <sub>2</sub>	Ganda
EXXT-6	DCEP	Tidak Ada	Ganda
EXXT-7	DCEN	Tidak Ada	Ganda
EXXT-8	DCEN	Tidak Ada	Ganda
EXXT-9	DCEN	Tidak Ada	Ganda
EXXT-10	DCEN	Tidak Ada	Tunggal
EXXT-11	DCEN	Tidak Ada	Ganda
EXXT-12	DCEN	Tidak Ada	Ganda
EXXT-13	DCEN	CO <sub>2</sub>	Tunggal
EXXT-GS	Tidak Ditentukan	Tidak Ditentukan	Ganda

Sumber: Achmadi (2019)

Arti kode klasifikasi:

- E : Simbol elektroda atau kawat las
- X : Simbol kekuatan tarik minimum dari kawat las tersebut yaitu dikali 10.000 psi
- X : Simbol posisi pengelasan. Misalkan 0 yang berarti untuk posisi Flat dan Horizontal, namun

jika diganti 1 maka dapat digunakan untuk semua posisi

T : Simbol dari bentuk elektroda tersebut yaitu Tubular, karena pada proses Las FCAW bentuk kawat lasnya adalah tubular karena ada fluks di dalam kawat las

1 : Tipe gas dan performa dari kawat las

Dalam (Gambar 3) contoh kode klasifikasi elektroda FCAW.



Gambar 3: Klasifikasi Elektroda FCAW

Sumber: <https://www.pengelasan.net/>

### Klasifikasi Baja

Baja karbon dapat digolongkan menjadi tiga bagian berdasarkan jumlah kandungan karbon yang terdapat di dalam baja tersebut. Berdasarkan tinggi rendahnya prosentase kandungan karbon di dalam baja, baja dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)  
 Baja karbon rendah mempunyai kandungan karbon berkisar 0,05 – 0,3 %.
2. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)  
 Baja karbon sedang mempunyai kandungan karbon berkisar 0,3 – 0,6 %
3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)  
 Baja karbon tinggi mempunyai kandungan karbon berkisar 0,7 – 1,3 %.

### **Baja ASTM SS 400**

Baja SS 400 merupakan kepanjangan dari structural steel, baja struktural adalah bahan yang digunakan untuk konstruksi. SS400 mempunyai komposisi kimianya karbon (C), Manganese (Mn), Silikon (Si), Sulfur (S) dan Posfor (P) yang dipakai untuk pembuatan jembatan, kapal laut, hal ini dikarenakan SS400 mudah dalam proses pengerjaannya seperti dalam pengelasan, dan proses permesinannya. Baja SS400 yang memiliki kandungan kadar karbon 0.12% C, baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan keuletan yang tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Lihat Tabel 2.

Tabel 2: Komposisi Kimia dan Spesifikasi Material ASTM SS 400.

Komposisi Kimia (%)					
C	Si	Mn	P	S	Al
0,12	0,186	0,623	0,011	0,006	0,0043

Sifat Fisik	
Density	7,87g/cc

Uji Kekerasan	
SS 400	125 BHN

Sumber: Masyrukan (2006)

### Klasifikasi Sambungan Las

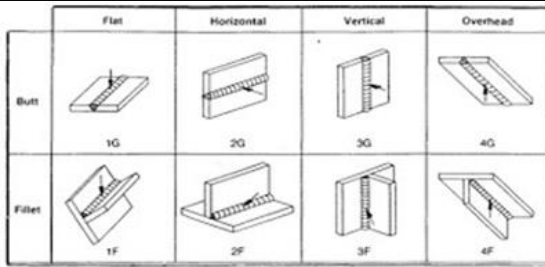
Secara umum jenis sambungan las ada 5 kelompok besar yaitu: Sambungan tumpul (butt joint), sambungan T (T joint), sambungan sudut (corner joint), sambungan sisi (edge joint), dan sambungan tumpang (lap joint).

1. Sambungan Tumpang (*Lap Joint*)  
 Sambungan tumpang yaitu membentuk sambungan dua pelat dengan cara ditumpang satu sama lainnya.
2. Sambungan Bentuk T (*Tee Joint*)  
 Sambungan tee yaitu sambungan las atau pelat yang mempunyai penampang menyerupai huruf T.
3. Sambungan Tumpul (*Butt Joint*)  
 Sambungan tumpul yaitu menghubungkan dua pelat yang mempunyai jarak tertentu dengan cara mendekatkan kedua sisi yang akan disambung.
4. Sambungan Sudut (*Corner Joint*)  
 Sambungan sudut yaitu sambungan pada sudut-sudut las.
5. Sambungan Sisi (*Edge Joint*)  
 Sambungan sisi dibagi menjadi dalam sambungan las dengan alur dan sambungan las ujung. Untuk jenis yang pertama dibuat alur sedangkan yang kedua pengelasan dilakukan pada ujung pelat tanpa alur.

### Posisi Pengelasan

Posisi Pengelasan adalah posisi atau sikap pegelasan yaitu pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengelasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Untuk sambungan fillet maka disimbolkan dengan posisi 1F, 2F, 3F dan 4F, sedangkan untuk sambungan groove atau bevel maka disimbolkan dengan 1G, 2G, 3G dan 4G. Lihat gambar 4.

1. Posisi Di Bawah Tangan (*Downhand*)
2. Posisi Tegak (*Vertical*)
3. Posisi Datar (*Horizontal*)
4. Posisi Di Atas Kepala (*Overhead*)



Gambar 4: Posisi pengelasan pada pelat.  
 Sumber: Wiryosumarto & Okumura (2004)

### Cacat Las

Cacat las atau *weld defect* adalah suatu keadaan hasil pengelasan dimana terjadi penurunan kualitas dari hasil lasan, yang tidak memenuhi syarat yang sudah dituliskan di standart (ASME IX, AWS, API, ASTM). Penyebab cacat las dapat dikarenakan adanya prosedur pengelasan yang salah, persiapan yang kurang dan juga dapat disebabkan oleh peralatan yang tidak sesuai standart. Terjadinya cacat las ini akan mengakibatkan banyak hal yang tidak diinginkan dan mengarah pada turunnya tingkat keselamatan kerja di lingkungan dan perusahaan. Jenis cacat las pada pengelasan ada beberapa tipe yaitu cacat las internal (berada di dalam hasil lasan) dan cacat las visual (dapat dilihat dengan mata).

Jika kita ingin mengetahui cacat pengelasan internal maka kita dapat menggunakan pengujian *Ultrasonic Test* dan *Radiography Test* untuk pengujian yang tidak merusak, sedangkan untuk uji merusak kita dapat menggunakan uji tarik atau makro. Untuk jenis jenis cacat pengelasan visual atau surface Anda dapat menggunakan pengujian *Penetrant Test*, *Magnetic Test*.

## METODOLOGI

### Studi Literatur

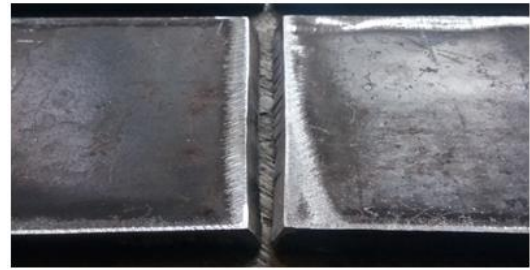
Untuk mempermudah saat proses penelitian harus memperbanyak literatur literatur yang sesuai topik penelitian seperti tugas akhir sebelumnya, jurnal-jurnal, buku panduan yang akan dipakai dalam penelitian ini. Disamping itu mencari sumber informasi dari orang yang sudah berpengalaman seperti teknisi laboratorium sehingga proses yang dilakukan berjalan dengan semestinya.

### Persiapan Spesimen Uji

Persiapan spesimen uji dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

#### Pemilihan Material

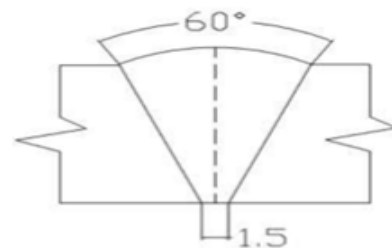
Tahap pertama dalam melakukan pengujian yaitu mempersiapkan material yang akan di las. Material yang digunakan adalah baja ASTM SS 400 dengan ketebalan 10 mm. Lihat Gambar 5.



Gambar 5: Baja ASTM SS 400

### Pembuatan Kampuh

Tahap selanjutnya dalam melakukan pengujian yaitu proses pembuatan kampuh. Material di bevel *Single V-groove* dengan sudut kemiringan 60° yang mengacu pada AWS D1.1, 2002. Lihat Gambar 6.



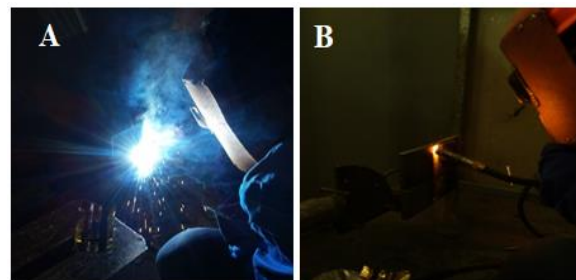
Gambar 6: Single V-groove  
 Sumber: AWS D1.1, (2000)

### Proses Pengelasan

Pengelasan dilakukan di PT. Kampuh Welding Indonesia. Dalam melakukan proses pengelasan diperlukan rancangan prosedur agar hasil pengelasan sesuai dan baik.

#### FCAW (Flux Cored Arc Welding)

- |                      |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
| Spesifikasi Material | : ASTM SS-400                      |
| Proses Pengelasan    | : FCAW                             |
| Tipe Sambungan       | : Single – V                       |
| Posisi Pengelasan    | : 3G Vertical Up dan Vertical Down |
| Kawat Las            | : A5.36 – E71T-1                   |
| Arus Pengelasan      | : DC SP                            |
| Gas Pelindung        | : CO2                              |
| Backing              | : Ceramic                          |



Gambar 7: Proses pengelasan FCAW (a) vertical down, (b) vertical up

### Pengujian Pengelasan

Pengujian pengelasan pada penelitian ini menggunakan pengujian yang tidak merusak material uji (Non-Destructive Test).

#### *Uji NDT (Penetrant Test)*

Dalam tahap ini dilakukan pengujian penetrant test yang merupakan salah satu dari uji NDT dimana pengujian dilakukan untuk mengetahui cacat di permukaan las tanpa merusak material yang sudah di las. Pengujian ini dilakukan dengan penyemprotan cairan penetrant yang dapat meresap kedalam diskontinuitas, kemudian cairan penetrant tersebut dikeluarkan dari dalam diskontinuitas dengan menggunakan cairan pengembang (developer). Sehingga cacat yang tidak terlihat dengan kasat mata bisa terdeteksi.

#### Analisa Data

Hasil dari penelitian akan dianalisa. Sehingga bisa mendapatkan perbandingan dari hasil kedua proses pengelasan setelah uji penetrant test. Data yang didapatkan dari hasil pengujian diolah yang mengacu pada standar atau referensi yang berkaitan dalam penelitian ini sehingga hasil dapat membahas permasalahan yang telah dirumuskan di awal proposal.

#### Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan akan dibuat kesimpulan dari hasil penelitian yang menyangkut perumusan masalah di awal serta memberikan saran yang berguna dalam penelitian selanjutnya untuk menyempurnakan penelitian ini.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, akan di jelaskan mengenai hasil pengelasan FCAW pada posisi 3G *Vertical Up* dan *Vertical Down*, pengujian cacat las menggunakan *Penetrant Test*.

#### Proses Pengelasan

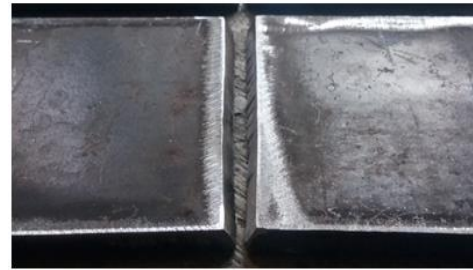
Pada proses pengelasan, diperlukan material, peralatan dan perlengkapan yang harus di persiapan sebagai berikut.

#### *Persiapan Pengelasan*

Pada sebelum proses pengelasan, maka dilakukan persiapan pengelasan yang meliputi persiapan bahan dan persiapan alat pengelasan.

#### Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon SS 400 dengan ukuran panjang 150 mm, lebar 100 mm dengan ketebalan plat 10 mm sebanyak 8 plat. Lihat Gambar 8.



Gambar 8: Material baja ASTM SS 400

#### Persiapan Alat Pengelasan

- Mesin Las FCAW  
Mesin las FCAW menurut arusnya dibedakan menjadi tiga jenis yaitu mesin las arus searah atau *Direct Current (DC)*, mesin las arus bolak-balik atau *Alternating Current (AC)* dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC). Lihat Gambar 9.



Gambar 9: Mesin Las FCAW

- Elektroda Las FCAW  
FCAW menggunakan elektroda yang berbentuk tubular dimana terdapat serbuk fluks di dalam batangnya. Butiran-butiran dalam inti kawat ini menghasilkan sebagian atau semua shielding gas yang diperlukan. Lihat Gambar 10.



Gambar 10: Kawat Las FCAW NSSW E71T-1

- Kap Las  
Kap las adalah alat yang memiliki fungsi melindungi bagian wajah dari percikan las, panas pengelasan dan cahaya las ke bagian mata. Kap las ini terbuat dari bahan plastik yang dapat membendung panas, selain itu terdapat tiga kaca (jernih, hitam, jernih) yang berfungsi untuk melindungi mata dari bahaya sinar

langsung dan ultraviolet ketika melaksanakan proses pengelasan. Lihat Gambar 11.



Gambar 11: Kap Las

Sumber: <https://www.indotara.co.id>

- Sarung Tangan Las  
*Welding gloves* atau sarung tangan las berfungsi untuk melindungi kedua tangan dari percikan las atau spater dan panas material yang dibuat dari proses pengelasan. Sarung tangan las terbuat dari bahan khusus, misalnya dari bahan kulit atau dari bahan sejenis asbes dengan kelenturan yang baik. Lihat Gambar 12.



Gambar 12: Sarung Tangan Las

Sumber: <https://www.indotara.co.id>

- Masker Las  
Masker las berfungsi sebagai alat perlindungan pernapasan dari bahaya asap las, karena asap las ini merupakan hasil pembakaran dari bahan kimia untuk perlindungan lasan dan juga pembakaran atau pelelehan dari material lasan. Lihat Gambar 13.



Gambar 13: Masker Las

Sumber: <https://www.indotara.co.id>

### Proses Pengelasan Benda Uji

Langkah – langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah.

- Mempersiapkan mesin las FCAW dan tabung gas CO<sub>2</sub>.
- Mempersiapkan benda kerja.
- Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi 3G *Vertical Up* & *Vertical Down*

- Arus pengelasan yang digunakan adalah 210A, 220A, 230A, 240A
- Kampuh yang digunakan jenis kampuh V dengan sudut 60° seperti yang sudah digambarkan di Gambar 6.
- Mempersiapkan elektroda las, dalam penelitian ini menggunakan elektroda Nippon Steel Sumikin Welding SF-1 AWS A5.36 jenis E71T-1 dengan diameter 1,2 mm sebagai penembusan, proses *root* dan *finishing*.
- Proses selanjutnya adalah las titik (*Tack Weld*) di setiap ujung bevel / *groove* pada material dengan tujuan untuk mengurangi deformasi saat proses pengelasan.
- Proses selanjutnya adalah pemasangan baking keramik untuk mempermudah proses las penembusan.
- Setelah proses pemasangan backing keramik dilakukan maka langkah selanjutnya adalah memulai proses pengelasan 3G *Vertical Up* dan *Vertical Down*. Proses pengelasan ini dimulai dari penembusan hingga *finishing*.

### Uji Cacat Las

Dalam penelitian ini, pengujian cacat pengelasan menggunakan *Penetrant Test*.

#### *Penetrant Test*

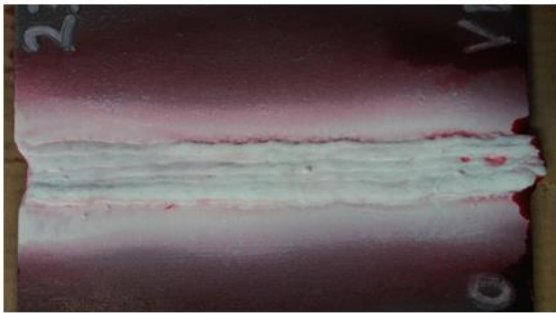
Pengujian dengan *liquid penetrant* merupakan salah satu metoda pengujian tanpa merusak material uji (NDT) yang relatif mudah dan praktis untuk dilakukan. Pengujian dengan *liquid penetrant* ini dapat digunakan untuk mengetahui bagian yang terdapat cacat las halus pada permukaan seperti retak, berlubang atau kebocoran. Pada prinsipnya metoda pengujian dengan *liquid penetrant* memanfaatkan daya kapilaritas. *Liquid Penetrant Test* terdiri dari 3 jenis yaitu *Cleaner / Remover*, *Penetrant* & *Developer* seperti yang di tunjukkan Gambar 14.



Gambar 14: *Cleaner / Remover* (A), *Developer* (B), *Liquid Penetrant* (C)

*Liquid penetrant* dengan warna tertentu (merah) meresap masuk kedalam bagian yang terdapat cacat las, kemudian *liquid penetrant* tersebut dikeluarkan dari dalam bagian yang terdapat cacat las dengan menggunakan cairan pengembang (*developer*) yang warnanya kontras dengan *liquid penetrant* (putih). Terdeteksinya bagian yang terdapat cacat las adalah

dengan timbulnya bercak-bercak merah (liquid penetrant) yang keluar dari dalam bagian yang terdapat cacat las. Contoh pengujian *penetrant test* ditunjukkan pada Gambar 15.

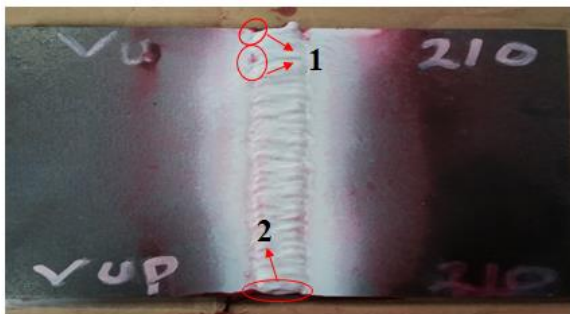


Gambar 15: Hasil Pengujian Menggunakan Penetrant Test

#### Hasil Uji Cacat Las Menggunakan Penetrant Test

Hasil penelitian uji cacat las menggunakan *Liquid Penetrant Test* pada 8 sampel dapat di jelaskan di bawah ini:

#### Sampel 1 A (3G Vertical Up 210A Plat 10 mm)



Gambar 16: Cacat Las Undercut (1), Incomplete Fusion (2), Pada Sampel 1 A

Pada Gambar 16 yaitu Cacat Las pada Sampel 1 A diketahui bahwa terjadinya cacat las dapat dijelaskan sebagai berikut:

Cacat Las yang terjadi:

- *Undercut*.  
*Undercut* adalah cacat las yang berbentuk seperti cerukan yang terjadi dibagian permukaan pada *base metal*.
- *Incomplete Fusion*.  
*Incomplete Fusion* adalah hasil pengelasan yang tidak dikehendaki saat proses penyambungan logam las dan logam induk.

Penyebab:

- Kecepatan las (*travel speed*) terlalu tinggi.
- Posisi sudut las yang kurang baik.

Cara Mengatasi:

- Kecepatan las diturunkan.
- Memperbaiki posisi sudut las.

#### Sampel 1 B (3G Vertical Up 220A Plat 10 mm)



Gambar 17: Cacat Las Undercut (1), Incomplete Fusion (2), pada Sampel 1 B

Pada Gambar 17 yaitu Cacat Las pada Sampel 1 B diketahui bahwa terjadinya cacat las dapat dijelaskan sebagai berikut:

Cacat Las yang terjadi:

- *Undercut*  
*Undercut* adalah cacat las yang berbentuk seperti cerukan yang terjadi dibagian permukaan pada *base metal*.
- *Incomplete Fusion*.  
*Incomplete Fusion* adalah hasil pengelasan yang tidak dikehendaki saat proses penyambungan logam las dan logam induk.

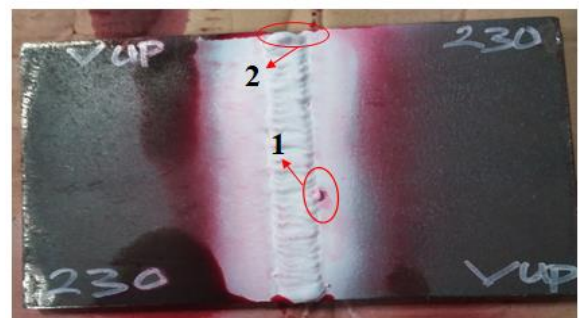
Penyebab:

- Kecepatan las (*travel speed*) terlalu tinggi.
- Posisi sudut las yang kurang baik.

Cara Mengatasi:

- Kecepatan las diturunkan.
- Memperbaiki posisi sudut las.

#### Sampel 1 C (3G Vertical Up 230A Plat 10 mm)



Gambar 18: Cacat Las Over Spatter (1), Undercut (2) pada Sampel 1 C

Pada Gambar 18 yaitu Cacat Las pada Sampel 1 C diketahui bahwa terjadinya cacat las dapat dijelaskan sebagai berikut:

Cacat Las yang terjadi:

- *Over Spatter*.  
*Over Spatter* adalah percikan las yang berlebih pada saat proses pengelasan.
- *Undercut*.  
*Undercut* adalah cacat las yang berbentuk seperti cerukan yang terjadi dibagian permukaan pada *base metal*.

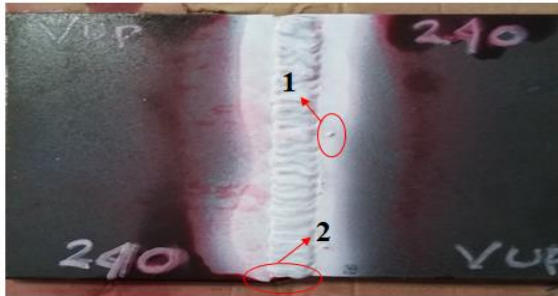
Penyebab:

- Arus pengelasan yang terlalu tinggi.
- Kecepatan las (*travel speed*) terlalu tinggi.

Cara mengatasi:

- Menyesuaikan arus pengelasan sesuai standart yang direkomendasikan di buku elektroda dan di WPS (*Welding Procedure Specification*).
- Kecepatan las diturunkan.

#### Sampel 1 D (3G Vertical Up 240A Plat 10 mm)



Gambar 19: Cacat Las Over Spatter (1), Incomplete Fusion (2) pada Sampel 1 D

Pada Gambar 19 yaitu Cacat Las pada Sampel 1 D diketahui bahwa terjadinya cacat las dapat dijelaskan sebagai berikut:

Cacat Las yang terjadi:

- *Over Spatter*.  
*Over Spatter* adalah percikan las yang berlebihan pada saat proses pengelasan.
- *Incomplete Fusion*.  
*Incomplete Fusion* adalah hasil pengelasan yang tidak dikehendaki saat proses penyambungan logam las dan logam induk.

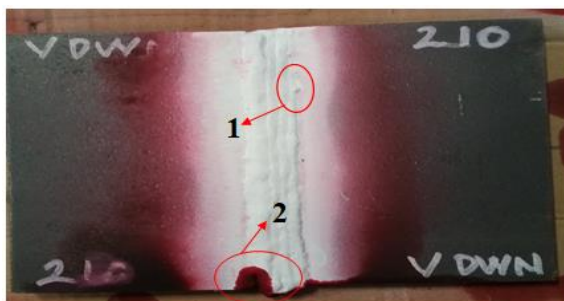
Penyebab:

- Arus pengelasan yang terlalu tinggi.
- Posisi sudut las yang kurang baik.

Cara mengatasi:

- Menyesuaikan arus pengelasan sesuai standart yang direkomendasikan di buku elektroda dan di WPS (*Welding Procedure Specification*).
- Memperbaiki posisi sudut las.

#### Sampel 2 A (3G Vertical Down 210A Plat 10 mm)



Gambar 20: Cacat Las Over Spatter (1), Undercut (2) pada Sampel 2 A

Pada Gambar 20 yaitu Cacat Las pada Sampel 2 A diketahui bahwa terjadinya cacat las dapat dijelaskan sebagai berikut:

Cacat Las yang terjadi:

- *Over Spatter*.  
*Over Spatter* adalah percikan las yang berlebihan pada saat proses pengelasan.
- *Undercut*.  
*Undercut* adalah cacat las yang berbentuk seperti cerukan yang terjadi dibagian permukaan pada *base metal*.

Penyebab:

- Arus pengelasan yang terlalu tinggi.
- Kecepatan las (*travel speed*) terlalu tinggi.

Cara Mengatasi:

- Menyesuaikan arus pengelasan sesuai standart yang direkomendasikan di buku elektroda dan di WPS (*Welding Procedure Specification*).
- Kecepatan las diturunkan.

#### Sampel 2 B (3G Vertical Down 220A Plat 10 mm)



Gambar 21: Cacat Las Incomplete Fusion (1), Over Spatter (2), Undercut (3) pada Sampel 2 B

Pada Gambar 21 yaitu Cacat Las pada Sampel 2 B diketahui bahwa terjadinya cacat las dapat dijelaskan sebagai berikut:

Cacat Las yang terjadi:

- *Incomplete Fusion*.  
*Incomplete Fusion* adalah hasil pengelasan yang tidak dikehendaki saat proses penyambungan logam las dan logam induk.
- *Over Spatter*.  
*Over Spatter* adalah percikan las yang berlebihan pada saat proses pengelasan.
- *Undercut*.  
*Undercut* adalah cacat las yang berbentuk seperti cerukan yang terjadi dibagian permukaan pada *base metal*.

Penyebab:

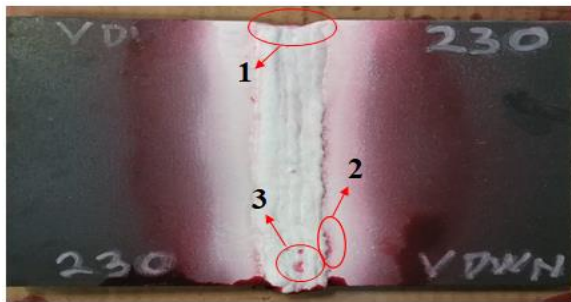
- Posisi sudut las yang kurang baik
- Arus pengelasan yang terlalu tinggi
- Kecepatan las (*travel speed*) terlalu tinggi.

Cara Mengatasi:

- Memperbaiki posisi sudut las.
- Menyesuaikan arus pengelasan sesuai standart yang direkomendasikan di buku elektroda dan di WPS (*Welding Procedure Specification*).
- Kecepatan las diturunkan.



### Sampel 2 C (3G Vertical Down 230A Plat 10 mm)



Gambar 22: Cacat Las Slag Inclusion (1), Undercut (2), Porosity (3) pada Sampel 2 C

Pada Gambar 22 yaitu Cacat Las pada Sampel 2 C diketahui bahwa terjadinya cacat las dapat dijelaskan sebagai berikut:

Cacat Las yang terjadi:

- *Incomplete Fusion*  
*Incomplete Fusion* adalah hasil pengelasan yang tidak dikehendaki saat proses penyambungan logam las dan logam induk.
- *Undercut*.  
*Undercut* adalah cacat las yang berbentuk seperti cerukan yang terjadi dibagian permukaan pada *base metal*.
- *Porosity*.  
*Porosity* adalah cacat pengelasan yang berupa lubang-lubang kecil pada permukaan maupun didalam logam las (*weld metal*).

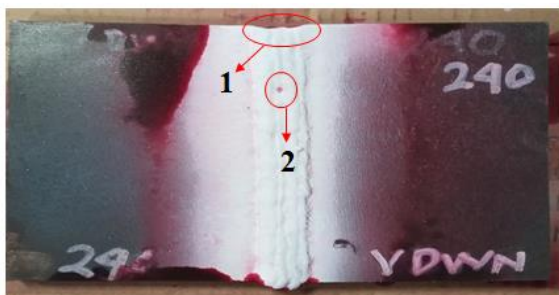
Penyebab:

- Posisi sudut las yang kurang baik
- Kecepatan las (*travel speed*) terlalu tinggi.
- Adanya zat pengotor pada benda kerja (karat, minyak, air dll).

Cara mengatasi:

- Memperbaiki posisi sudut las.
- Kecepatan las diturunkan.
- Persiapan pengelasan yang benar, memastikan tidak ada pengotor dalam benda kerja.

### Sampel 2 D (3G Vertical Down 240A Plat 10 mm)



Gambar 23: Cacat Las *Incomplete Fusion* (1), *Porosity* (2) pada Sampel 2 D

Pada Gambar 23 yaitu Cacat Las pada Sampel 2 D diketahui bahwa terjadinya cacat las dapat dijelaskan sebagai berikut:

Cacat Las yang terjadi:

- *Incomplete Fusion*.  
*Incomplete Fusion* adalah hasil pengelasan yang tidak dikehendaki saat proses penyambungan logam las dan logam induk.
- *Porosity*.  
*Porosity* adalah cacat pengelasan yang berupa lubang-lubang kecil pada permukaan amupun didalam logam las (*weld metal*).

Penyebab:

- Posisi sudut las yang kurang baik.
- Adanya zat pengotor pada benda kerja (karat, minyak, air, dll).

Cara mengatasi:

- Memperbaiki posisi sudut las.
- Persiapan pengelasan yang benar, memastikan tidak ada pengotor dalam benda kerja.

### KESIMPULAN

#### Kesimpulan

Dari hasil pengujian cacat las menggunakan *Penetrant Test*, maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh variasi arus terhadap cacat las pada posisi 3G *Vertical Up* ketebalan *base metal* 10 mm dengan variasi arus 210A, 220A, 230A dan 240A diperoleh hasil cacat las *Undercut* yang terjadi pada Sampel (1A); (1B); dan (1C), cacat las *Incomplete Fusion* pada sampel (1A); (1B); (1D), dan cacat las *Over Spatter* pada sampel (1C); (1D), sedangkan pada hasil pengujian cacat las posisi 3G *Vertical Down* ketebalan *base metal* 10 mm dengan variasi arus 210A, 220A, 230A dan 240A diperoleh hasil cacat las *Undercut* yang terjadi pada sampel (2A); (2B); dan (2C), cacat las *Incomplete Fusion* pada sampel (2B); (2C); dan (2D), cacat las *Porosity* pada Sampel (2C); dan (2D), dan cacat las *Over Spatter* pada sampel (2A); dan (2B).

### DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi. (2019, Oktober 1). Diambil Desember 18, 2019, dari <https://www.pengelasan.net/pengertian-las-fcaw-adalah/>
- American Welding Society. (2000). *Structural Welding Code Steel*. Miami: AWS.
- Azary, F. Q., Margareta, M. Z., & Sinaga, E. P. (2019). Analisa Kekuatan Tarik Dan Cacat Pengelasan Butt Joint Dengan Tipe Pengelasan SMAW Pada Posisi 3G Vertical Up Dan Vertical Down Dari Material Baja ASTM A/SA 36. *SEMINAKEL XIV*, 1(1), 37-43.
- Cary, H. B., & Helzer, S. C. (1994). *Modern Welding Technology* (6 ed.). New Jersey: Pearson.
- Hima TL. (2015, Maret 22). Diambil November 23, 2019, dari <http://hima-tl.ppns.ac.id/flux-cored-arc-welding-fcaw/>
- Indotara. (2020). Diambil April 5, 2020, dari <https://www.indotara.co.id/>

- Masyrukan. (2006). *Penelitian Sifat Fisis Dan Mekanis Baja Karbon Rendah Akibat Pengaruh Proses Pengarbonan Dari Arang Kayu Jati*. Surakarta: Universitas Muhamadiyah.
- Okumura, T. (1996). *Teknologi Pengelasan Logam* (1 ed.). (H. Wiryosumarto, Trans.) Jakarta: Pradnya Paramita.
- Wiryosumarto, H. (1985). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Erlangga.