

PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN SMAW UNTUK POSISI PENGELASAN 1G PADA MATERIAL BAJA KAPAL SS 400 TERHADAP CACAT PENGELASAN

Ranu Yudistira Pratama^[1], Minto Basuki^[1], dan Erifive Pranatal^[1]

^[1]Jurusan Teknik Perkapalan FTMK-ITATS
Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117

e-mail: ranuyudistira666@gmail.com

ABSTRAK

Pengelasan (*welding*) adalah suatu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambahan dan membentuk logam yang kontinyu. Salah satu jenis pengelasan yang paling sering digunakan dalam industri perkapalan adalah SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) yaitu proses pengelasan dengan cara mencairkan material dasar atau logam induk dan elektroda (bahan pengisi). Didalam penelitian ini dilakukan analisa kekuatan tarik dan cacat las yang terjadi pada sambungan *butt joint* dengan tipe pengelasan SMAW pada material baja ASTM SS 400. Uji cacat las yang paling banyak pada pengelasan 1G adalah cacat las *Porosity, Undercut, Spatter* yang disebabkan oleh cepatnya proses pengelasan, tingginya busur pengelasan dan kotoran didaerah kampuh las.

Kata Kunci: Pengelasan, SMAW, Uji tarik, Cacat las.

PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi di bidang perkapalan yang semakin maju tidak bisa dipisahkan dari pengelasan karena pembangunan setiap bagian dari kapal yang banyak melibatkan unsur pengelasan, hampir tidak mungkin untuk proses suatu pembangunan suatu pabrik tanpa melibatkan unsur pengelasan. maka sangat penting dalam menentukan suatu tegangan *Ampere* yang tepat untuk di peroleh hasil pengelasan dengan kualitas yang baik. Teknik pengelasan sangat banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi yang mencakup perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya.

Mesin las SMAW dari arusnya dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau *Direct Current* (DC), mesin las arus bolak-balik atau *Alternating Current* (AC) dan mesin las arus ganda yg merupakan mesin las yang dapat digunakan buat pengelasan menggunakan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC). Mesin las arus DC dapat digunakan menggunakan 2 cara yaitu polaritas lurus & polaritas terbalik. Mesin las DC polaritas lurus (DC-) digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub *negatif* dan logam induk dihubungkan dengan kutub *positif*, sedangkan untuk mesin las DC polaritas terbalik (DC+) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas kecil, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub *positif* dan logam induk dihubungkan dengan kutub *negatif* Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. (Soetardjo 1997).

Pada proses pengelasan bila kuat arus yang digunakan itu terlalu rendah akan menyebabkan sulitnya penyalan busur listrik dan mengakibatkan busur listrik menjadi tidak stabil. Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil pengelasan. Bila kuat arus yang digunakan terlalu tinggi akan menyebabkan cepatnya pelelehan busur listrik sebelum terkena material (benda kerja). Busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil. Panas yang kurang cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya menjadi rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan yang kurang dalam. Sebaliknya bila kuat arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan.

Ultrasonic Test merupakan salah satu pengujian yang digunakan secara luas dan lebih efektif untuk pengujian cacat di dalam material (*Internal Defect*). Sebuah sistem biasanya berbasis sebuah transduser ultrasonik khusus yang mengandung berbagai element pada transduser yang dapat berdenyut secara terpisah dalam pola terprogram. Dari segi bentuknya persegi, persegi panjang, atau bulat, dan frekuensi pengujian yang paling sering dalam kisaran dari 1 sampai 10 MHz yang akan digunakan untuk menembus material dan dipantulkan oleh retakan (cacat las) yang berada didalam material tersebut. Propagasi dari sinyal yang dipantulkan tersebut akan memberikan informasi tentang lokasi dari cacat atau retakan yang berada di dalam material tersebut (Subiyanto, 2012). Manfaat penelitian ini sebagai literatur pada penelitian yang sejenisnya dalam rangka pengembangan teknologi khususnya dalam

bidang pengelasan dan bidang NDT (*Non Destructive Testing*) (Ardiansyah dkk. 2017)

Faktor yang mempengaruhi las ada beberapa hal, yang diantaranya menentukan variasi tegangan *Ampere*, jenis baja yang digunakan untuk proses pengelasan adalah baja SS400 dan elektroda E7018. Kekuatan hasil pengelasan yang dipengaruhi oleh tegangan busur, besar busur, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan polaritas listrik. Untuk menentukan besarnya kuat arus dalam penyambungan logam menggunakan las busur sangat mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. Menentukan besar kuat arus dalam pengelasan ini memilih 80 *Ampere*, 90 *Ampere*, 100 *Ampere* dan 110 *Ampere*.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Las

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu proses teknik penyambungan suatu logam dengan cara mencairkan atau melelehkan dari sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan.

Definisi dari teknik pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Normen*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair, Dengan arti lain, pengelasan merupakan cara penyambungan dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

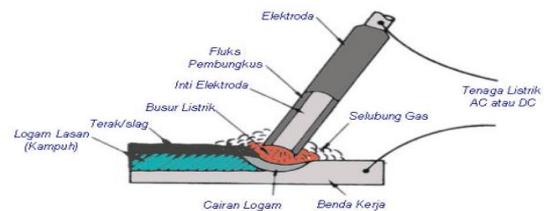
Pengelasan juga bisa diartikan sebagai proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengelasan juga bisa diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan.

Pengertian Las SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

Di dalam pengelasan ini logam induk mengalami pencairan akibat dari pemanasan busur listrik yang timbul dari ujung elektroda dan permukaan material (benda kerja). Elektroda yang digunakan untuk proses pengelasan berupa kawat yang terbungkus pelindung berupa *flux*. Elektroda ini selama proses pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan akan membeku bersama menjadi bagian dari kampuh las.

Pada proses pemindahan logam elektroda yang terjadi pada saat ujung elektroda mencari dan akan membentuk butir-butir yang akan terbawa arus busur listrik yang besar maka butir logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar.

Pola proses pemindahan logam cair yang sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam yang mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila proses pemindahan yang terjadi dengan butir yang halus. Cara pemindahan cairan yang dipengaruhi oleh besar kevilnya arus dan komposisi dari bahan *flux* yang digunakan. Bahan *flux* yang digunakan untuk membungkus elektroda selama proses pengelasan mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi. Pengelasan SMAW terdapat pada gambar dibawah ini:



Sumber: Wiryosumarto (2000)

Gambar 1. Las SMAW.

Elektroda Terbungkus

Fungsi dari sebuah *flux* adalah untuk melindungi suatu logam cair dari lingkungan udara yang menghasilkan suatu gas pelindung dan menstabilkan busur.

Bahan *flux* yang digunakan untuk jenis elektroda E7018 adalah sebuah serbuk besi dan hydrogen yang rendah. Jenis ini kadang juga disebut jenis kapur. Jenis ini akan menghasilkan sambungan dengan kadar hydrogen yang rendah sehingga kepekaan dari sambungan terhadap retak sangat rendah.

Spesifikasi elektroda untuk baja karbon rendah berdasarkan jenis dari lapisan elektroda (*flux*), jenis listrik yang digunakan, posisi untuk pengelasan dan polaritas pengelasan terdapat pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1: Spesifikasi Elektroda Terbungkus Dari Baja Lunak.

Klasifikasi AWS-ASTM	Jenis Flux	Posisi ¹⁾ pengelasan	Jenis Listrik	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Perpanjangan (%)
Kekuatan tarik terendah kelompok E 60 setelah dilaskan adalah 60.000 psi atau 42,2 kg/mm ²						
E6010	Natrium selulosa tinggi	F, V, OH, H	DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6011	Kalium selulosa tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6012	Natrium titanat tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas lurus	47,1	38,7	17
E6013	Kalium titanat tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda	47,1	38,7	17
E6020	Oksida besi tinggi	H-S	AC atau DC polaritas lurus	43,6	35,2	25
E6027	Serbuk besi, oksida besi	H-S F	AC atau DC polaritas ganda	43,6	35,2	25
Kekuatan tarik terendah kelompok E70 setelah dilaskan adalah 70.000 psi atau 49,2 kg/mm ²						
E7014	Serbuk besi, titanat	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda			17
E7015	Natrium hidrogen rendah	F, V, OH, H	DC polaritas balik			22
E7016	Kalium hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik			22
E7018	Serbuk besi, hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	50,6	42,2	22
E7024	Serbuk besi, titanat	H-S, F	AC atau DC polaritas ganda			17
E7028	Serbuk besi, hidrogen rendah	H-S, F	AC atau DC polaritas balik			22

Sumber: Wiryosumarto (2000)

Berdasarkan jenis elektroda dan diameter kawat elektroda dapat ditentukan dalam arus Ampere dari mesin las seperti pada tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2: Spesifikasi Arus Menurut Tipe Elektroda Dan Diameter Dari Elektroda.

Diameter		Tipe elektroda dan Ampere yang digunakan					
Mm	Inch	E 6010	E 6014	E 7018	E 7024	E 7027	E 7028
2,5	3/32	-	80-12	70-100	70-145	-	-
3,2	1/8	80-120	110-160	115-165	140-190	125-185	140-190
4	3/32	120-160	150-210	150-220	180-250	160-240	180-250
5	3/16	150-200	200-275	200-275	230-305	210-300	230-250
5,5	7/32	-	260-340	360-430	275-375	250-350	275-365
6,3	1/4	-	330-400	315-400	335-430	300-420	335-430
8	5/16	-	90-50	375-470	-	-	-

Sumber: Soetardjo (1997)

Elektroda adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian pengantar listrik sebagai sumber panas (Alip, 1989). E7018 adalah suatu jenis elektroda yang mempunyai spesifikasi tertentu. Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan E7018 adalah:

- E : Elektroda las listrik (E7018 diamter 3,2 mm dan diameter 2,6 mm)
- 70 : Tegangan tarik minimum
- 1 : Posisi pengelasan (angka 1 berarti dapat dipakai dalam semua posisi pengelasan).
- 8 : Menunjukkan jenis selaput serbuk besi hydrogen rendah dan interval arus las yang cocok untuk pengelasan.

Besar Arus Listrik

Besarnya arus listrik dari proses pengelasan yang diperlukan harus sesuai dengan diameter elektroda, tebal dan material (benda kerja) yang akan dilas, jenis elektroda yang akan digunakan, jenis sambungan, diameter inti elektroda, posisi pada pengelasan. Disekitar daerah las mempunyai kapasitas panas yang tinggi maka diperlukan juga arus yang tinggi.

Arus pengelasan menjadi parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk. Makin tinggi arus pengelasan makin besar juga penembusan dan kecepatan pencairannya.

Besarnya arus pada pengelasan mempengaruhi hasil pengelasan bila arus terlalu rendah maka proses melelehnya ujung elektroda sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak bisa stabil. Bila panas yang terjadi tidak cukup kuat untuk melelehkan logam dasar, akan menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tifak rata serta penembusan kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan cairan yang melebar, butiran percikan, kecil disamping hasil lasan, penetrasi dalam dan serta penguatan matrik las tinggi.

Baja Paduan Rendah

Baja paduan rendah adalah baja paduan yang mempunyai kadar karbon sama dengan baja lunak, tetapi ditambah dengan sedikit unsur-unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Baja paduan banyak digunakan untuk kapal, jembatan, roda kereta api, ketel uap, tangki-tangi dan dalam permesinan (Wiryosumarto, 2000).

Cacat Las

Cacat pengelasan yaitu dari suatu proses pengelasan yang tidak memenuhi syarat yang sudah ditetapkan di dalam standar (ASME IX, AWS, API, ASTM). Penyebab cacat las dapat dikarenakan adanya prosedur pengelasan yang salah, persiapan yang kurang dan juga dapat disebabkan oleh peralatan serta *consumable* yang tidak sesuai standart.

Jenis-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).

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data Dan Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dan literatur digunakan untuk mencari sebanyak-banyaknya informasi, jurnal dan buku-buku yang membahas tentang Teknik pengelasan SMAW, pengertian pengelasan, posisi pengelasan dan juga jurnal atau penelitian yang berkaitan dengan uji tarik dan cacat las.

Prosedur Penelitian

Prosedur dalam melakukan penelitian ini sebagai berikut:

Persiapan Pembuatan Spesimen

Dalam persiapan pembuatan spesimen ini, yang pertama adalah pemilihan material dan pembuatan kampuh las.

1. Pemilihan material

Di dalam penelitian ini material yang digunakan yaitu baja SS400 dengan ketebalan 10 mm, Panjang 150 mm dan lebar 200mm.

2. Pemilihan Arus
 Variasi arus yang digunakan pada penelitian ini yaitu 80 Ampere, 90 Ampere, 100 Ampere dan 110 Ampere.
3. Posisi Pengelasan
 Posisi pengelasan yang dipakai untuk penelitian ini adalah 1G
4. Pembuatan kampuh las
 - a. Membuat sket bahan dasar dengan alat ukur dan penitik di material dengan ukuran Panjang 150 mm, lebar 200 mm dan ketebalan 10 mm sejumlah 4 set.
 - b. Memasang material pada ragum mesin pemotong (*plasma cutting*), selanjutnya atur alat otomatis pemotongan dengan sudut yang diinginkan dan nyalakan mesin dengan menekan tombol *on/off* dan lakukan pemotongan pada garis pemotongan yang telah ditentukan dengan perlahan - lahan dan hati - hati.
 - c. Membuat kampuh V terbuka dengan ukuran yang telah ditentukan menggunakan mesin pemotong (*plasma cutting*) sesuai prosedur pengoperasian mesin.
 - d. Meratakan sisi - sisi pemotongan dengan mesin gerinda agar rapi dan tidak membahayakan
5. Penggunaan elektroda
 Pada proses pengelasan ini kawat las atau elektroda yang digunakan yaitu KOBE STEEL E7018 dengan diameter elektroda 2,6 mm untuk proses *Root* (tembusan) pada kampuh las dan KOBE STEEL E7018 dengan diameter elektroda 3,2 mm untuk proses pengisian (*Filler*) dan proses *finishing* (*kepping*).

Proses Pengelasan

Berikut ini adalah langkah - langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan:

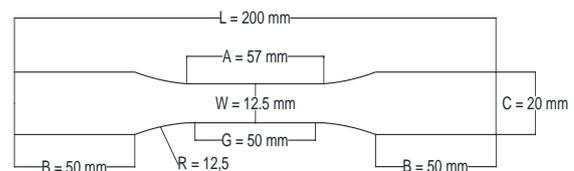
1. Persiapkan mesin las SMAW dengan arus searah (Direct Curent) dengan pemasangan polaritas terbalik.
2. Posisi pengelasan yang digunakan adalah posisi pengelasan mendatar atau 1G.
3. Jenis kampuh yang digunakan adalah jenis kampuh V terbuka, dengan sudut 60° dan lebar celah 2 mm.
4. Mempersiapkan elektroda sesuai dengan arus dan ketebalan plat, dalam penelitian ini dipilih elektroda jenis E 7018 dengan diameter elektroda 2,6 mm untuk *root* (tembusan) dan elektroda dengan diameter 3,2 mm untuk *filler* (pengisian) dan *Kepping* (*finishing*).
5. Menyesuaikan Ampere yang sesuai pada mesin las SMAW, kemudian salah satu penjepitnya dari

kutup negatif ditempelkan pada material (benda kerja) dan penjepit dari kutup positif dikaitkan pada ujung elektroda. Setelah itu mesin las dihidupkan dan elektroda digoreskan pada material (benda kerja) sampai ujung elektroda menyala. Ampere meter diatur pada angka 80 A, 90 A, 100 A, 110 A sesuai dengan penelitian tersebut. Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk *specimen*, bersamaan dengan hal itu dilakukan pencatatan waktu pengelasan.

Pengujian pengelasan

Setelah proses pengelasan selesai proses selanjutnya yaitu pengujian cacat las yang dilakukan dengan metode NDT (*Non Destructive Test*) dimana pengujian tersebut tidak merusak material yang di uji. Pengujian cacat las tersebut menggunakan *liquid penetrant*.

Pembuatan spesimen untuk uji Tarik sesuai standart ASTM (*American Standart for Tension Testing Of Metallic Materials*) No. E8 *Standart Specimen Sheet Type 12,5 mm*.



Sumber: ASTM No.E8 2010

Gambar 2: Spesimen Uji Tarik Standart ASTM No. E8/E8 M-08

Untuk detail dimensi uji Tarik bisa dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3: Tabel Detail Dimensi Pecimen Uji Tarik Standart ASTM.

	Dimensions		
	Standard Specimens		Subsize Specimen
	Plate-Type, 40 mm [1.500 in.] Wide	Sheet-Type, 12,5 mm [0.500 in.] Wide	6 mm [0.250 in.] Wide
	mm [in.]	mm [in.]	mm [in.]
G—Gage length (Note 1 and Note 2)	200.0 ± 0.2 [8.00 ± 0.01]	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	25.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.003]
W—Width (Note 3 and Note 4)	40.0 ± 2.0 [1.500 ± 0.125; 0.250]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]
T—Thickness (Note 5)		thickness of material	
R—Radius of fillet, min (Note 6)	25 [1]	12.5 [0.500]	6 [0.250]
L—Overall length, min (Note 2, Note 7, and Note 8)	450 [18]	200 [8]	100 [4]
A—Length of reduced section, min	225 [9]	57 [2.25]	32 [1.25]
B—Length of grip section, min (Note 9)	75 [3]	50 [2]	30 [1.25]
C—Width of grip section, approximate (Note 4 and Note 9)	50 [2]	20 [0.750]	10 [0.375]

Standart ASME section IX tentang tensile test digunakan untuk memenuhi kriteria standart uji kekuatan Tarik terhadap pengelasan dimana standart tersebut digunakan untuk mengetahui hasil dari kekuatan pengelasan yang dilakukan dengan variasi arus dan posisi pengelasan.

Analisa Data

Setelah data diperoleh selanjutnya adalah menganalisa data dengan cara mengolah data yang sudah terkumpul, sehingga akan memperoleh perbandingan dari 4 spesimen yang berbeda dari uji *penetrant test* yang mengacu pada standart atau referensi dari penelitian ini.

PEMBAHASAN

Proses Pengelasan Benda Uji

Berikut ini adalah langkah – langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan:

1. Persiapkan mesin las SMAW dengan arus searah (*Direct Current*) sesuai dengan pemasangan polaritas terbalik
2. Mempersiapkan benda kerja diatas meja las.
3. Masukkan elektroda ke dalam oven elektroda 10 menit
4. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi 1G
5. Arus Pengelasan yang digunakan adalah 80 Ampere, 90 Ampere, 100 Ampere & 110 Ampere.
6. Kampuh yang digunakan jenis kampuh V dengan sudut 60° seperti yang sudah digambarkan di gambar 4.
7. Mempersiapkan elektroda yang sesuai dengan ketebalan plat dan arus yang digunakan, dalam penelitian ini menggunakan elektroda jenis E7018 dengan diameter 2,6 mm sebagai tembusan (*root*), proses pengisian (*filler*) dan *finishing* (*kepping*) menggunakan elektroda berdiameter 3,2 mm.
8. Setelah proses tek weld dilaksanakan maka langkah selanjutnya adalah memulai proses pengelasan dengan posisi 1G. Proses pengelasan ini dimulai dari tembusan/*root* hingga *finishing/kepping*. Seperti gambar 5 berikut



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 3: Proses Pengelasan Dengan Posisi 1G.

Hasil Pengelasan Dengan Posisi 1G Menggunakan Plat Baja SS 400 Dan Tebal Plat 10 mm

Hasil pengelasan dengan posisi 1G dengan variasi arus pengelasan 80 Ampere, 90 Ampere, 100 Ampere dan 110 Ampere seperti yang ditunjukkan gambar 4.



Sumber: Dokumen pribadi.

Gambar 4: Hasil Pengelasan Dengan Variasi Arus 80,90,100 Dan 110 Ampere

Uji Cacat Las

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

Penetrant Test

Uji menggunakan *liquid penetrant* merupakan salah satu metode pengujian jenis NDT (*Non-Destructive Test*) yaitu pengujian tanpa merusak bahan material (benda kerja) yang cukup mudah dan praktis untuk dilakukan. Untuk pengujian menggunakan *liquid penetrant* ini untuk mengetahui diskontinuitas halus pada permukaan seperti retak, berlubang atau percikan las di sekitar hasil lasan. Pada prinsipnya metode pengujian menggunakan *liquid penetrant* memanfaatkan daya kapilaritas. *Liquid Penetrant Test* terdiri dari 3 jenis yaitu *Cleaner / Remover*, *Penetrant* dan *Developer* seperti yang di tunjukkan gambar 5.



Sumber: Dokumen Pribadi.

Gambar 5: *Cleaner/Remover* (Botol Biru), *Developer* (Botol Abu-abu), *Liquid Penetrant* (Botol Merah).

Kegunaan dari liquid penetrant berbeda-beda. *Liquid penetrant* dengan warna merah yang disemprotkan pertama kali ke material (benda kerja) setelah proses pengelasan dan di biarkan dalam beberapa menit supaya *liquid penetrant* meresap masuk kedalam diskontinuitas, kemudian bersihkan material (benda kerja) menggunakan liquid penetran yang berwarna biru (*cleaner*), yang terakhir semprotkan liquid penetrant pengembang yang berwarna putih (*developer*) supaya cairan liquid penetrant yang berwarna merah keluar dari diskontinuitas dan terdeteksinya diskontinuitas adalah dengan timbulnya bercak-bercak merah (*liquid penetrant*) yang keluar dari dalam diskontinuitas. Contoh pengujian penetrant test ditunjukkan pada gambar 6.



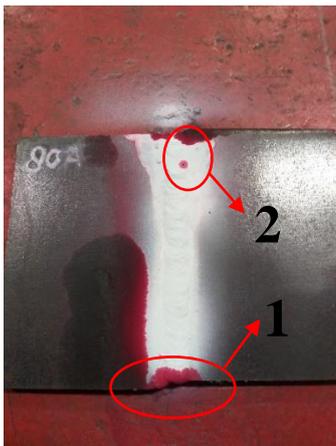
Sumber: Dokumen Pribadi.

Gambar 6: Hasil Pengujian Menggunakan Penetrant Test.

Hasil Uji Cacat Las Menggunakan Penetrant Test

Hasil penelitian uji cacat las menggunakan *Liquid Penetrant Test* pada 4 sampel dapat di jelaskan di bawah ini:

1. Sampel 1 (Posisi 1G Dengan Ampere 80 dan Tebal Plat 10 mm)
Cacat pengelasan yang terjadi pada sampel 1 dapat dilihat pada gambar 7.



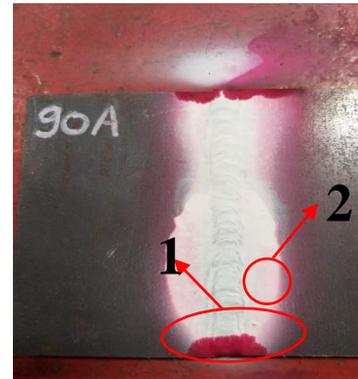
Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 7: Cacat Las Undercut (1), Porosity (2), pada Sampel 1.

Pada Gambar 7 yaitu Cacat Las pada Sampel A diketahui bahwa cacat las yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Cacat Las yang terjadi:
Undercut dan *Porosity*.
 - b. Penyebab:
Ayunan elektroda tidak teratur, kecepatan pengelasan terlalu tinggi dan terdapat kotoran pada saat pengelasan sebelumnya.
 - c. Cara Mengatasi:
Mengupayakan ayunan elektroda dengan teratur, mengurangi kecepatan pengelasan dan membersihkan area pengelasan menggunakan gerinda dan sikat baja terlebih dahulu sebelum proses pengelasan selanjutnya.
2. Sampel 2 (Posisi 1G Dengan Ampere 90 dan Tebal Plat 10 mm)

Cacat pengelasan yang terjadi pada sampel 2 dapat dilihat pada gambar 8.

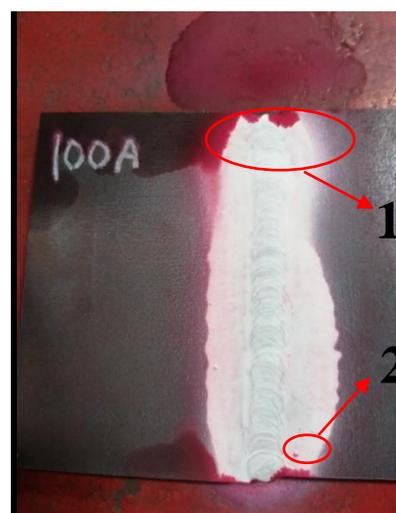


Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 8: Cacat Las Undercut (1), Spatter (2) pada Sampel 2.

Pada Gambar 8, yaitu Cacat Las pada Sampel 2 diketahui bahwa cacat las yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Cacat Las yang terjadi:
Undercut dan *Spatter*.
 - b. Penyebab:
Ayunan elektroda tidak teratur, kecepatan pengelasan terlalu tinggi dan busur las terlalu jauh.
 - c. Cara Mengatasi:
Mengupayakan ayunan elektroda dengan teratur, mengurangi kecepatan pengelasan dan menyesuaikan dengan Panjang busur pengelasan.
3. Sampel 3 (Posisi 1G Dengan Ampere 100 dan Tebal Plat 10 mm)
Cacat pengelasan yang terjadi pada sampel 3 dapat dilihat pada gambar 9.

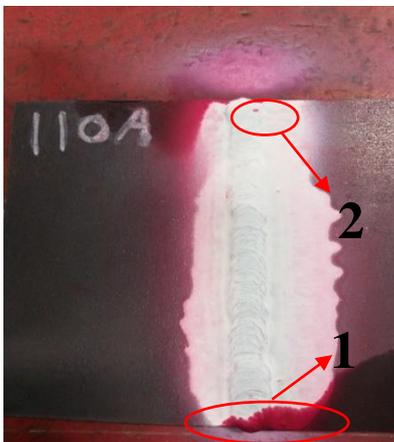


Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 9: Cacat Las Undercut (1) dan Spatter (2), pada Sampel 3.

Pada Gambar 9. yaitu Cacat Las pada Sampel 3 diketahui bahwa cacat las yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Cacat Las yang terjadi:
Undercut dan Spatter.
 - b. Penyebab:
Ayunan elektroda tidak teratur, kecepatan pengelasan terlalu tinggi dan busur las terlalu tinggi.
 - c. Cara Mengatasi:
Mengupayakan ayunan elektroda dengan teratur, mengurangi kecepatan pengelasan dan menyesuaikan dengan Panjang busur pengelasan.
4. Sampel 4 (Posisi 1G Dengan Ampere 80 Tebal Plat 10 mm)
Cacat pengelasan yang terjadi pada sampel 4 dapat dilihat pada gambar 10.



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 10: Cacat Las Undercut (1), Spatter (2) pada Sampel 4

Pada Gambar 10. yaitu Cacat Las pada Sampel 4 diketahui bahwa cacat las yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Cacat Las yang terjadi:
Undercut dan Spatter.
- b. Penyebab:
Ayunan elektroda tidak teratur, Kecepatan pengelasan terlalu tinggi dan busur las terlalu tinggi.
- c. Cara Mengatasi:
Mengupayakan ayunan elektroda dengan teratur, Mengurangi kecepatan pengelasan dan menyesuaikan dengan Panjang busur pengelasan.

KESIMPULAN

Setelah dilakukannya proses pengelasan pada penelitian ini akan dilakukan analisa mengenai cacat las, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pengaruh variasi arus pengelasan SMAW terhadap cacat las pada posisi pengelasan 1G dan material baja kapal

ASTM SS 400 ketebalan 10 mm dengan arus pengelasan 80 Ampere, 90 Ampere, 100 Ampere dan 110 Ampere diperoleh hasil cacat las *Undercut, Over Spatter* dan *Porosity*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. KAMPUH WELDING INDONESIA atas segala bantuannya untuk menyelesaikan proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- AISC. (1986). *Steel Construction Manual* (Fourteenth ed., Vol. 5). USA: American Institute of Steel Construction.
- Ardiansyah, R. T., Basuki, M., & Soejitno. (2017). *Analisa Cacat Las Pada Pengelasan Butt Joint Dengan Variasi Arus & Posisi Pengelasan*. Surabaya: ITATS.
- E23-02, A. (2010). *Standard Test Methods For Impact Testing Of Metallic Material*. Pennsylvania: West Conshohocken.
- Masyrukan. (2006). *Penelitian Sifat Fisis Dan Mekanisme Baja Karbon Rendah Akibat Pengaruh Proses Pengarbonan Dari Arang Kayu Jati*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Santoso, Joko;. (2006). *Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Las Smaw Dengan Elektroda E7018*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Soetardjo. (1997). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Wiryosumarto. (2004). *Teknologi pengelasan logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Wiryosumarto, H. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Erlangga.
- Soetardjo. (1997) *Petunjuk Las Asetilin dan Las Listrik*. Surabaya: SIC Surabaya.