

Analisa Teknomik Proses Pengelasan SMAW Menggunakan Elektroda Jenis E6013 Berbeda Merk Pada Material baja Grade A Marine

Bambang Suhermanto¹, Ali Yusa²,

¹⁻²Jurusan Teknik Konstruksi Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No.101, Gn. Malang, Randuagung, Kec. Kebomas, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61121
E-mail : bambang.shm84@gmail.com

Abstrak

Dalam pembangunan kapal baja, proses pengelasan mutlak diperlukan. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, baik dan bernilai ekonomis rendah, maka diperlukan juru las yang profesional, dan jenis elektroda yang tepat. Penggunaan elektroda dengan harga murah untuk mendapat nilai ekonomis sering dilakukan oleh galangan kapal. Elektroda jenis E6013 paling sering digunakan dalam proses pengelasan di galangan kapal, karena harga yang murah. Penelitian ini sangat diperlukan untuk mempermudah kita mencapai nilai yang paling teknomik. Penelitian ini membandingkan sambungan las butt joint dari material baja grade A marine use ketebalan 12 mm menggunakan elektroda standart E6013 merk XX dengan merk Elektroda YY yang kemudian dilakukan pengujian tarik, pengujian bending dan pengujian tumbuk.

Hasil analisa pengujian pada kedua material tersebut yang menggunakan XX memiliki kekuatan tensile strength 466.92 MPa dan patah pada material induk, tidak ditemukan cacat dan memiliki energi 134.72 Joule, dengan harga Rp 19.000,- / kg, proses pengelasan sedikit asap. Sedangkan yang menggunakan Elektroda YY memiliki kekuatan Tensile Strength 446.07 MPa serta patah pada material induk, ditemukan cacat pada serta memiliki energi 130.72 Joule dengan harga Rp 18.000,- / kg, proses pengelasan banyak asap sehingga hal tersebut juga berpengaruh pada keamanan dan keselamatan dari juru las.

Kata kunci : Perkapalan, Pengelasan, Uji Tarik, Uji bending, uji tumbuk

Abstract

In the world of shipyard, especially steel ships, the welding process is absolutely necessary. To get maximum results, good and low economic value, a professional welder is needed, and the right type of electrode. The use of cheap electrodes to obtain economic value is often done by shipyards. Electrodes of the E6013 type are most often used in the affirmation process in shipyards, because of their low price. Analysis of the results of the SMAW method of welding joints using grade A marine use steel material using two electrodes with the type E6013 but different brands, is very necessary to make it easier for us to reach the most economical value and have stronger resistance.

This study compared the butt joint welding of grade A marine use steel material with a thickness of 12 mm using the standard electrode E6013, XX brand, with the Elektroda YY brand, which then carried out tensile testing, bending testing and impact testing. The results of the test analysis on the two materials using XX have a tensile strength of 466.92 MPa and fracture in the base material, no defects are found and have an energy of 134.72 Joules, at a price of Rp 19,000, - / kg, the welding process is less smoke. Whereas those who use Elektroda YY have Tensile Strength 446.07 MPa and fractures in the base material, defects are found and have 130.72 Joule energy at a price of IDR 18,000 / kg, the welding process is a lot of smoke so that it also helt and safety from the welder.

Keywords: Shipyard, Welding, Tensile Test, Bending Test, impact test.

I. PENDAHULUAN

Pengelasan adalah salah satu teknik rekayasa industri untuk menyambung dua logam menjadi satu dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan yang menghasilkan sambungan yang permanen.

Dalam dunia perkapalan, apalagi kapal baja proses pengelasan mutlak dibutuhkan, sehingga dibutuhkan juru las yang berkualifikasi, jenis sambungan yang sesuai, jenis pengelasan, serta elektroda yang digunakan untuk

mendapatkan hasil sambungan yang bagus dan nilai ekonomisnya tercapai.

Terkadang di galangan kapal untuk mencapai nilai ekonomis dalam pembangunan kapal baja baru ataupun repair kapal baja, mereka menggunakan elektroda dengan harga seekonomis mungkin. Dalam pemilihan elektroda untuk proses pengelasan selain faktor standart atau class dari elektroda tersebut, dari segi brand atau merek juga diperhitungkan untuk mencapai nilai yang seekonomis mungkin.

Berdasarkan uraian diatas, yang menjadi perhatian penulis adalah pemilihan elektroda berdasarkan merk atau brand yang

dimana mempunyai standart atau class yang sama. Untuk mengetahui nilai ekonomisnya maka dilakukan pengujian secara mekanis pada sambungan baja tersebut dimana dilakukan pengelasan dengan elektroda yang mempunyai standart atau class sama tetapi berbeda merk atau brand

II. METODE

2.1 Dasar Teori

Pengelasan (*Welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa tambahan logam lain. Dari definisi tersebut terdapat 3 kata kunci untuk menjelaskan definisi pengelasan yaitu mencairkan sebagian logam, logam pengisi, dan tekanan. Proses penyambungan lain yang telah dikenal lama selain pengelasan adalah penyambungan dengan cara *Brazing* dan *Soldering*. Perbedaannya dengan pengelasan adalah tidak sampai mencairkan logam induk tetapi hanya logam pengisinya saja. Sedangkan perbedaan antara *Brazing* dan *Soldering* adalah pada titik cair logam pengisinya. Proses *Brazing* berkisar $450^{\circ}\text{C} - 900^{\circ}\text{C}$, sedangkan untuk *Soldering*, titik cair logam pengisinya kurang dari 450°C .

2.2 Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

SMAW adalah proses las busur manual dimana panas dari pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda terumpan berpelindung *flux* dengan benda kerja. Bagian ujung elektroda, busur, cairan logam las dan daerah daerah yang berdekatan dengan benda kerja, dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh gas pelindung yang terbentuk dari hasil pembakaran lapisan pembungkus elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan logam *flux* atau *slag* yang terbentuk. *Filler* metal atau logam tambahan disuplai oleh inti kawat elektroda terumpan atau pada elektroda elektroda tertentu juga berasal dari serbuk besi yang di campur dengan lapisan pembungkus elektroda. Gambar 2.1 memperlihatkan prinsip dasar proses SMAW.

2.2.1 Elektroda

Elektroda terdiri dari dua jenis bagian yaitu bagian yang bersalut (*fluks*) dan tidak bersalut yang merupakan pakal untuk menjepitkan tang las. Fungsi *fluks* atau lapisan elektroda dalam las adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur, sumber unsur paduan. Bahan elektroda harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam. Pemilihan elektroda harus benar-benar diperhatikan apabila kekuatan las diharuskan sama dengan kekuatan material. Penggolongan elektroda diatur berdasarkan standart sistem AWS (*American Welding Society*) dan ASTM (*American Society Testing Material*).

Adapun Kodefikasi dari elektroda sebagai berikut , Seperti :
E A B C D

- E** : Menyatakan elektroda busur listrik.
- AB** : Menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam (X1000Psi)
- C** : menyatakan posisi pengelasan.
- D** : Menyatakan jenis selaput atau gas pelindung dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

2.3 Material

Material yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah jenis material baja grade A marine use dengan ketebalan 12 mm, yang memiliki komposisi sebagai berikut ;

TABEL 2.1
NILAI KOMPOSISI KIMIA

Komposisi Kimia (%)					
C	Si	Mn	P/S	Fe	Mo
0.13	0.15	0.5	0.05	98.81	-

TABEL 2.2
NILAI SIFAT MEKANIK

Sifat Mekanik	
YS (N/mm ²)	TS (N/mm ²)
265	410 - 530

2.4 Sifat Mekanik

Sifat mekanik adalah salah satu sifat terpenting, karena sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan (tentunya juga komponen bahan tersebut) untuk menerima beban / gaya / energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan atau komponen tersebut. Sifat logam dapat diketahui dengan cara melakukan pengujian terhadap logam tersebut. Pengujian biasanya dilakukan terhadap spesimen / batang uji dengan bentuk dan ukuran yang standard, demikian juga prosedur pengujian yang dilakukan. Sering kali bila suatu bahan mempunyai sifat mekanik yang baik tetapi kurang baik pada sifat yang lain maka diambil langkah untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan berbagai cara.

Beberapa sifat mekanik yang penting antara lain :

- A. Kekuatan (*strength*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah Kekuatan ini ada beberapa macam, tergantung pada jenis bahan yang bekerja, yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi dan kekuatan lengkung.
- B. Kekerasan (*hardness*) dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk tahan terhadap penggoresan, pengikisan (abrasi), indentasi atau penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan aus (*wear resistance*).

2.5 Uji Tarik

Pengujian untuk mengetahui kekuatan yang terjadi pada sambungan logam hasil pengelasan dapat dilakukan dengan pengujian merusak dan pengujian tidak merusak. Pengujian merusak dapat dilakukan dengan uji mekanik untuk mengetahui kekuatan sambungan logam hasil pengelasan, yang salah satunya adalah uji tarik. Kekuatan tarik sambungan las sangat dipengaruhi oleh sifat logam induk, daerah HAZ, sifat logam las, dan geometri serta distribusi tegangan dalam sambungan. Uji tarik merupakan salah satu dari beberapa pengujian yang umum digunakan untuk mengetahui sifat mekanik dari satu material. Dalam bentuk yang sederhana,

uji tarik dilakukan dengan menjepit kedua ujung spesimen uji tarik pada rangka beban uji tarik. Gaya tarik terhadap spesimen uji tarik diberikan oleh mesin uji tarik (*Universal Testing Machine*) yang menyebabkan terjadinya pemanjangan spesimen uji dan sampai terjadi patah. Dalam pengujian, spesimen uji dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit hingga spesimen uji tersebut patah, kemudian sifat-sifat tariknya dapat dihitung dengan persamaan :

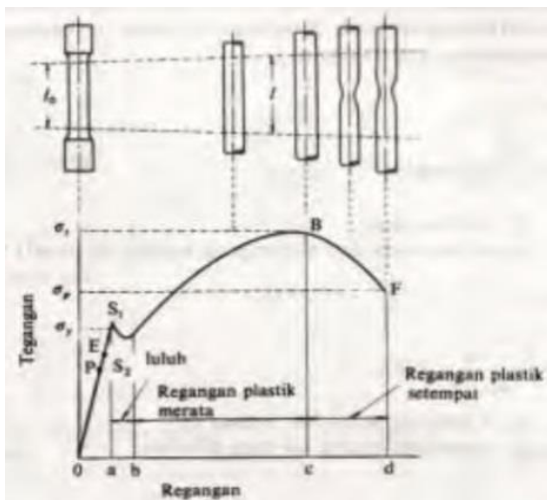
$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Dimana :
 σ = Tegangan N/mm²)
 F = Gaya(N)
 A₀ = Luasan Awal(mm²)

Dimana :
 $\epsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\%$

Lo : Panjang mula dari batang uji (mm)
 L : Panjang Batang uji yang di bebani (mm)

Hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat dalam gambar 2.2



Gambar 2.2 Kurva Tegangan dan Regangan

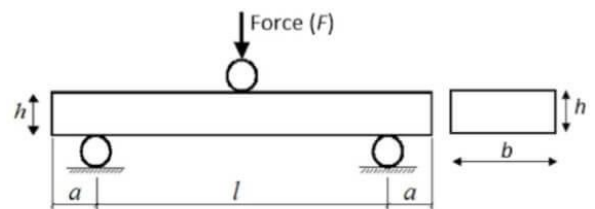
Titik P menunjukkan batas dimana hukum Hooke masih berlaku dan disebut batas proporsional, dan titik E menunjukkan batas dimana bila beban diturunkan ke nol lagi tidak akan terjadi perpanjangan tetap pada batang uji dan disebut batas elastis. Titik E sukar ditentukan dengan tepat karena itu biasanya ditentukan batas elastis dengan perpanjangan tetap sebesar 0,005% sampai 0,01%. Titik S1 disebut titik luluh atas dan titik S2 titik luluh bawah. Pada beberapa logam batas luluh ini tidak kelihatan dalam diagram tegangan-regangan, dan dalam hal ini tegangan luluhnya ditentukan sebagai tegangan dengan regangan sebesar 0,2%.

2.6 Uji Tekuk

Pengertian Uji tekuk (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Proses pembebanan menggunakan mandrel atau pendorong yang dimensinya telah ditentukan untuk memaksa bagian tengah bahan uji atau spesimen tertekuk diantara dua

penyangga yang dipisahkan oleh jarak yang telah ditentukan. Selanjutnya bahan akan mengalami deformasi dengan dua buah gaya yang berlawanan bekerja pada saat yang bersamaan. Dalam pemberian beban dan penentuan dimensi mandrel ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Kekuatan tarik (Tensile Strength).
2. Komposisi kimia dan struktur mikro terutama kandungan Mn dan C pada material.
3. Tegangan luluh (Yield Stress).



Gambar 2.3 Skema Pengujian Tekuk

Setelah menekuk, permukaan spesimen yang berbentuk cembung harus diperiksa dari kemungkinan adanya retak atau cacat permukaan yang lain. Apabila spesimen mengalami patah (*fracture*) setelah ditebuk, maka spesimen dinyatakan gagal uji (*rejected*). Namun jika tidak patah maka kriteria keberterimaan seperti jumlah retak, dimensi retak atau cacat permukaan lain yang terlihat pada permukaan harus disesuaikan dengan standar yang diacu. Adanya retak pada sisi ketebalan atau sudut-sudut spesimen tidak dinyatakan sebagai kegagalan pengujian. Kecuali dimensinya melebihi ukuran yang ditentukan oleh standar.

2.7 Uji Tumbuk

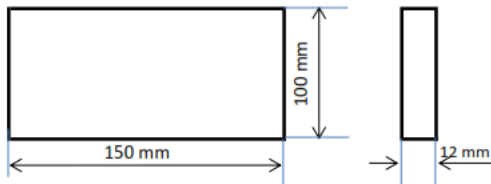
Uji Tumbuk adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Agar dapat memahami uji dampak terlebih dahulu mengamati fenomena yang terjadi terhadap suatu kapal yang berada pada suhu rendah ditengah laut, sehingga menyebabkan materialnya menjadi getas dan mudah patah. Disebabkan laut memiliki banyak beban (tekanan) dari arah manapun. Kemudian kapal tersebut menabrak gunung es, sehingga tegangan yang telah terkonsentrasi disebabkan pembebanan sebelum sehingga menyebabkan kapal tersebut terbelah dua.

Dalam Pengujian Mekanik, terdapat perbedaan dalam pemberian jenis beban kepada material. Uji tarik, uji tekan, dan uji punter adalah pengujian yang menggunakan beban statik. Sedangkan uji dampak (*fatigue*) menggunakan jenis beban dinamik. Pada uji dampak, digunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Perbedaan dari pembebanan jenis ini dapat dilihat pada strain rate. Pada pembebanan cepat atau disebut dengan beban dampak, terjadi proses penyerapan energi yang besar dari energi kinetik suatu beban yang menumbuk ke spesimen. Proses penyerapan energi ini, akan diubah dalam berbagai respon material seperti deformasi plastis, efek histerisis, gesekan, dan efek inersia. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur seberapa tinggi jumlah energi yang diserap oleh material selama fraktur atau dengan kata lain mengukur ketahanan material terhadap beban kejut.

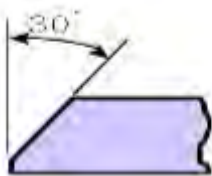
2.8 Pengujian Material

2.8.1 Persiapan material

Material yang digunakan adalah baja Grade A *Marine Use* dengan dimensi 150 mm x 100 mm dan tebal 12 mm. Material tersebut disambung dengan kampuh V menggunakan sudut single V groove 30° seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3.2 Dimensi Material



Gambar 3.3 Sudut Groove 30°



Gambar 3.4 Material dengan kampuh V 30°

TABEL 3.1
PARAMETER PENGELASAN

Parameter	XX	YY
Jenis Layer	Multi	Multi
Proses	SMAW	SMAW
AWS Class	E6013	E6013
Diameter elektroda	3.2 mm	3.2 mm
Ampere	90 A	90 A

2.8.2 Pengelasan

Proses pengelasan dilakukan setelah dilakukannya pembuatan groove kampuh V 30° pada masing-masing plat. Pengelasan dilakukan menggunakan proses SMAW. Dengan pengelasan multi layer, setelah pengelasan pada layer pertama, sebelum melanjutkan ke layer kedua maka layer pertama harus dibersihkan lebih dahulu dari kerak dan kotoran yang ada, dan seterusnya sampai layer berikutnya sampai groove penuh dengan pengelasan.



Gambar 3.5 Proses pengelasan

2.8.3 Persiapan benda uji

Spesimen yang diambil harus dari lokasi sampel, sehingga mereka mewakili bahan yang diuji, namun yang harus diperhatikan adalah benda uji sesuai dengan standart yang berlaku.

2.8.4 Pengambilan Spesimen

Untuk pengambilan spesimen, dilakukan dengan memperhitungkan jumlah pengujian yang akan digunakan. Dalam penelitian ini pengujian yang dilakukan adalah Uji tarik (*Tensile*), Uji Tekuk (*Bending*) dan Uji tumbuk (*Impact*).

2.8.5 Pengujian Tarik

Pengambilan Spesimen uji tarik dengan pengelasan XX elektroda dan YY Electroda masing – masing 3 spesimen dan total ada 6 spesimen Uji tarik . Untuk dimensi spesimen disesuaikan dengan *ASTM E8* untuk *tensile test*.

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 ± 0.006]
T—Thickness (Note 5)		thickness of material	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]

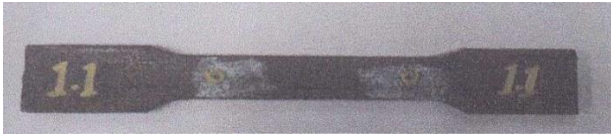
Gambar 3.6 Dimensi material Uji tarik

Langkah-langkah pengujian *Tarik* :

- 1) Menyiapkan specimen
 - Ambil spesimen potong dan bentuk sesuai dengan standart ASTM
 - Ambil spesimen yang sudah di potong dan cekam dengan ragum
 - Bersihkan bekas-bekas machining dengan kikir
 - Lakukan langkah diatas untuk seluruh specimen
- 2) Pengukuran dimensi
 - Ambil spesimen ukur dimensinya
 - Catat dan beri kode untuk masing -masing specimen.

- Lakukan langkah diatas untuk seluruh specimen
- 3) Pengujian pada spesimen.
- Mencatat data mesin pada benda kerja.
 - Ambil specimen dan letakkan pada tempatnya.
 - Amati datanya dan catat.
 - Ulangi langkah diatas unruk seluruh specimen.

Spesimen uji tarik



Gambar 3.7 Spesimen uji tarik T1 (XX)

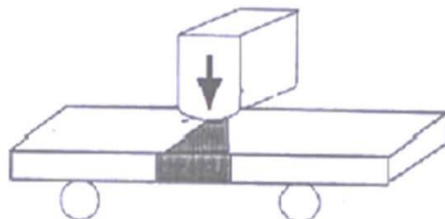


Gambar 3.8 Spesimen uji tarik T2 (YY)

2.8.6 Pengujian Tekuk

Untuk pengujian tekuk dilakukan pengambilan specimen total 8 specimen yang akan diuji, dimana semua specimen tersebut sudah di proses welding menggunakan elektroda yang standart AWSnya tetapi berbeda merk. Setelah menekuk, permukaan specimen yang berbentuk cembung harus diperiksa dari kemungkinan adanya retak atau cacat permukaan yang lain. Apabila specimen mengalami patah (fracture) setelah ditekuk, maka specimen dinyatakan gagal uji (rejected). Namun jika tidak patah maka kriteria keberterimaan seperti jumlah retak, dimensi retak atau cacat permukaan lain yang terlihat pada permukaan harus disesuaikan dengan standar yang diacu. Adanya retak pada sisi ketebalan atau sudut-sudut specimen tidak dinyatakan sebagai kegagalan pengujian. Kecuali dimensinya melebihi ukuran yang ditentukan oleh standar.

Pengujian side bend (bending di sisi las) ini dilaksanakan apabila ketebalan material yang di las lebih besar dari 3/8 inchi. Pengamatan dilakukan pada sisi las tersebut, apakah timbul retak atau tidak, seperti yang di tunjukkan Gambar 4. Jika muncul retak amati dimanakah letaknya, apakah di weld metal, HAZ atau di fusion line (garis perbatasan WM dan HAZ).



Gambar 3.9 Skema Pengujian Side bend

Berdasarkan standard and code ASME sec. IX, ukuran diameter mandril ditentukan berdasarkan P-No. dari material yang diuji. Namun jika P-No. material tidak ditemukan pada referensi di standar tersebut, maka dapat digunakan data elongation material uji untuk mencari diameter mandril atau penekan. Berbeda dengan standard and code ASME sec. IX

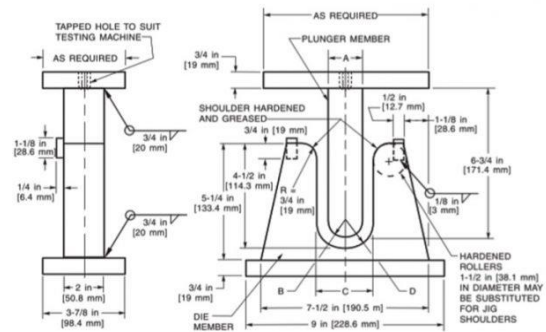
yang menggunakan P-No. dan data elongation material, pada standar yang lain yaitu AWS D1.1 justru menggunakan data kekuatan luluh (yield strength) dari material yang diuji untuk menentukan diameter mandril atau penekan.

Specified or Actual Base Metal Yield Strength	A in [mm]	B in [mm]	C in [mm]	D in [mm]
50 ksi [345 MPa] & under	1-1/2 [38.1]	3/4 [19.0]	2-3/8 [60.3]	1-3/16 [30.2]
over 50 ksi [345 MPa] to 90 ksi [620 MPa]	2 [50.8]	1 [25.4]	2-7/8 [73.0]	1-7/16 [36.6]
90 ksi [620 MPa] & over	2-1/2 [63.5]	1-1/4 [31.8]	3-3/8 [85.7]	1-11/16 [42.9]

Note: Plunger and interior die surfaces shall be machine-finished.

Gambar 3.10 penentuan diameter mandrill

Selain itu juga diatur mengenai jarak antara penumpu dan mandril atau penekan. Skema serta jarak penentuan pengujian dapat dilihat pada Gambar berikut :



Gambar 3.11 penentuan jarak antar penumpu.

Kriteria Keberterimaan Pengujian Tekuk (Acceptance Criteria Bending Test).

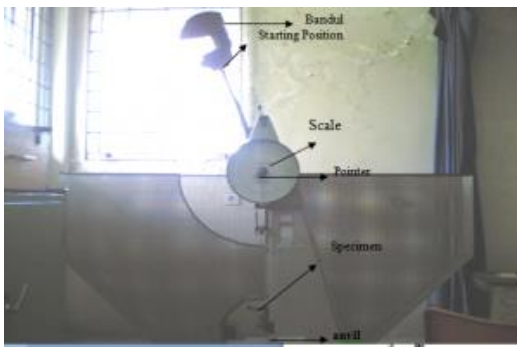
- 1) Syarat Keberterimaan Berdasarkan ASME sec. IX.
Untuk dapat lulus dari uji tekuk (bending) berdasarkan standard and code ASME sec. IX maka hasil pengujian harus memenuhi kriteria berikut ini :
 1. Keretakan pada weld metal atau HAZ maksimal 3 mm diukur dari segala arah pada permukaan cembung yang telah ditekuk.
 2. Retak pada pojok permukaan yang telah ditekuk tidak diperhitungkan. Kecuali yang disebabkan oleh slag inclusion , lack of fusion , atau cacat lainnya.
 3. Pada pengelasan overlay cladding tidak boleh terdapat retak terbuka melebihi 1.5 mm dihitung dari segala arah. Pada interface tidak boleh terdapat retak terbuka melebihi 3 mm.
- 2) Syarat Keberterimaan Berdasarkan AWS D1.1.
Untuk dapat lulus dari uji tekuk (bending) berdasarkan standard and code AWS D1.1 maka hasil pengujian harus memenuhi kriteria berikut ini :
 1. Keretakan maksimal 3 mm diukur dari segala arah pada permukaan cembung yang telah ditekuk.
 2. Jumlah cacat terbesar tidak boleh melebihi 10 mm pada cacat yang ukurannya antara 1 mm sampai 3 mm.

- Retak pada pojok permukaan maksimal 6 mm, kecuali yang disebabkan oleh slag inclusion atau cacat fusi yang lainnya maka maksimal dimensi yang diperbolehkan adalah 3 mm.

2.8.7 Pengujian Tumbuk

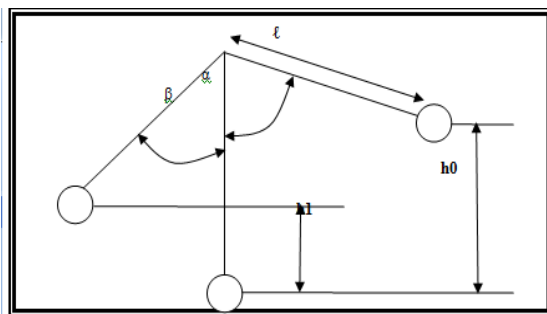
Spesimen pada pengujian tumbuk ini ada 18 pc, yang terbagi menjadi 2 bagian yakni proses welding dengan AWS E6013 XX dan AWS E6013 YY. Setiap bagiannya ada 9 pc yang terbagi untuk pengujian pada daerah pengelasan, daerah antara pengelasan dan base metal (fusion) dan pengujian pada HAZ (Heat Affected Zone).

Impact test bisa diartikan sebagai suatu tes yang mengukur kemampuan suatu bahan dalam menerima beban tumbuk yang diukur dengan besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen dengan ayunan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.12 dibawah ini ;



Gambar 3.12 Mesin Uji Tumbuk

Perhitungan energy *impact* secara teoritis dapat dilihat pada Gambar 3.13 dibawah ini ;



Gambar 3.13 Sketsa Perhitungan Energi

Besarnya energy *impact* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_0 = W \cdot h_0$$

$$E_1 = W \cdot h_1$$

$$\Delta E = E_0 - E_1 = W (h_0 - h_1) \text{ dari gambar 3.13 didapatkan}$$

$$h_0 = l - l \cos \alpha = l (1 - \cos \alpha)$$

$$h_1 = l - l \cos \beta = l (1 - \cos \beta)$$

dengan substitusi persamaan didapatkan :

$$\Delta E = W l (\cos \beta - \cos \alpha)$$

dimana:

E_0 = Energi awal (J)

E_1 = Energi akhir (J)

W = Berat bandul (N)

h_0 = Ketinggian bandul sebelum dilepas (m)

h_1 = Ketinggian bandul setelah dilepas (m)

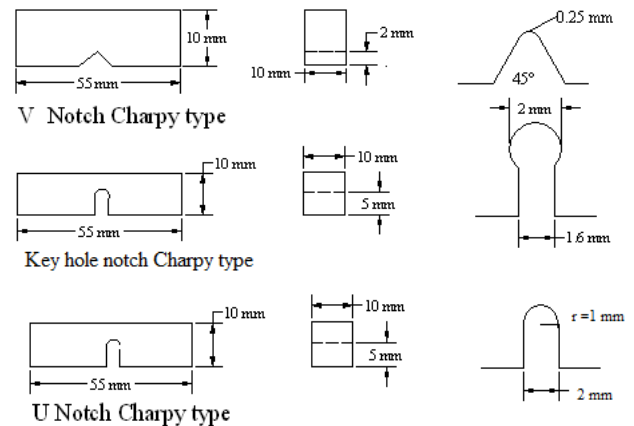
l = panjang lengan bandul (m)

α = sudut awal ($^\circ$) β = sudut akhir ($^\circ$).

Untuk mengetahui kekuatan *impact / impact strength* (I_s) maka energi *impact* tersebut harus dibagi dengan luas penampang efektif spesimen (A) sehingga : $I_s = \Delta E / A = W l (\cos \beta - \cos \alpha) / A$

Pada suatu pengujian, keberadaan takik atau *nocth* memegang peranan yang amat berpengaruh terhadap kekuatan *impact*. Adanya takikan pada kerja yang salah seperti diskontinuitas pada pengelasan, atau korosi lokal bisa bersifat sebagai pemusat tegangan (*stress concentration*). Adanya pusat tegangan ini dapat menyebabkan material *brittle* (getas), sehingga patah pada beban di bawah *yield strength*.

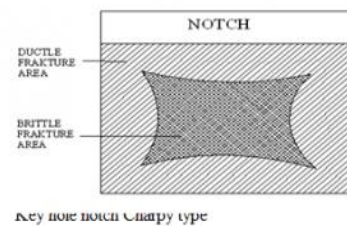
Ada tiga macam bentuk takikan menurut standart ASTM pada pengujian *impact* yakni takikan type A (V), type B (*key hole*) dan type C (U) sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.14



Gambar 3.14 Macam – macam Takikan

Fracture atau kepatahan pada suatu material dapat digolongkan sebagai *brittle* (getas) atau *ductile* (ulet). Suatu material yang mengalami kepatahan tanpa mengalami deformasi plastis dikatakan patah secara *brittle*. Sedangkan apabila kepatahan didahului dengan suatu deformasi plastis dikatakan mengalami *ductile Fracture*. Material yang mengalami *brittle Fracture* hanya mampu menahan energi yang kecil saja sebelum mengalami kepatahan.

Perbedaan permukaan kedua jenis patahan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.15 dibawah ini :



Gambar 3.15 Pola patahan pada penampang

III. HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana pengaruh perbedaan variasi penggunaan elektroda dengan standart E6013 yang berbeda merk pada material baja grade A marine use yang dilakukan proses pengelasan dengan melalui 3 pengujian, yaitu ; uji tarik, uji lengkung dan uji dampak.

3.1 Pengujian Tarik

Pada pengujian tarik ini ada 3 spesimen pada setiap proses welding menggunakan XX elektroda dan YY elektroda, dan didapat hasil pengujian sebagai berikut ;

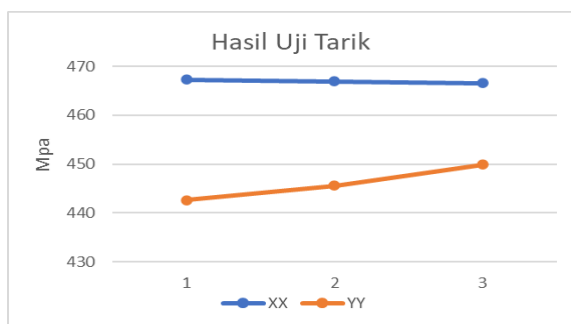
TABEL 4.1
HASIL PENGUJIAN TARIK XX SPESIMEN

Spc	Spesifikasi Spesimen					Hasil Uji Tarik		
	lebar	Tebal	CSA	Fy	Fu	Yield Streng	Tensile Strength	Breakin g
	MM	MM	MM ²	Kgf	Kgf	MPa	MPa	
T1	25.09	12.24	307.10	98	143.5	319.11	467.27	Base Metal
T2	25.08	12.23	306.72	98	143.5	319.31	466.90	Base Metal
T3	25.06	12.23	306.48	98	143.0	319.76	466.59	Base Metal
Rata - Rata Hasil pengujian						319.39	466.92	

TABEL 4.2
HASIL PENGUJIAN TARIK YY SPESIMEN

Spc	spesifikasi spesimen					Hasil Uji Tarik		
	lebar	Tebal	CSA	Fy	Fu	Yield Streng	Tensile Strength	Breaking
	MM	MM	MM ²	Kgf	Kgf	MPa	MPa	
2T1	24.94	12.14	302.77	84	134.0	277.44	442.58	Base Metal
2T2	24.85	12.15	301.93	85	135.5	280.75	445.78	Base Metal
2T3	24.75	12.17	301.21	85	135.5	282.20	449.86	Base Metal
Rata - Rata Hasil pengujian						280.13	446.07	

Dari hasil pengujian diatas nilai rata – rata spesimen XX untuk Yield Strength 319.39 MPa dan Tensile Strength 466.92 MPa. Sedangkan nilai rata – rata spesimen YY untuk Yield strenght 280.13 MPa dan Tensile Strength 446.07 MPa. Dari tabel diatas bisa ditarik dalam grafik seperti berikut ;



Gambar 4.1 Grafik perbandingan hasil pengujian tegangan tarik

3.2 Pengujian Tekuk

Pada pengujian tekuk ini ada 4 spesimen pada setiap proses welding menggunakan elektroda XX dan Elektroda YY, dan didapat hasil pengujian sebagai berikut ;

TABEL 4.3
HASIL PENGUJIAN TEKUK ELECTODE XX SPESIMEN

Test Piece Code		Lebar	Tebal	Hasil Pengujian Open defect (mm)
		mm	mm	
SB 1	Side bend	10.00	12.00	None
SB 2	Side bend	10.01	12.00	none
SB 3	Side bend	10.01	12.00	none
SB 4	Side bend	10.02	12.00	none

TABEL 4.4
HASIL PENGUJIAN TEKUK YY SPESIMEN

Test Piece Code		Lebar	Tebal	Hasil Pengujian Open defect (mm)
		mm	mm	
2SB 1	Side bend	10.01	12.00	0.72
2SB 2	Side bend	10.00	12.00	none
2SB 3	Side bend	10.01	12.00	none
2SB 4	Side bend	10.01	12.00	2.65

Dari hasil pengujian diatas, spesimen XX tidak ditemukan cacat pada spesimen uji, sedangkan pada spesimen YY di temukan adanya cacat (retak) walaupun masih di bawah standart batas maksimal.

3.3 Pengujian Tumbuk

Pada pengujian dampak ini ada 9 spesimen pada setiap proses welding menggunakan XX elektroda dan YY elektroda, dan didapat hasil sebagai berikut ;

TABEL 4.5
HASIL PENGUJIAN TUMBUK XX SPESIMEN

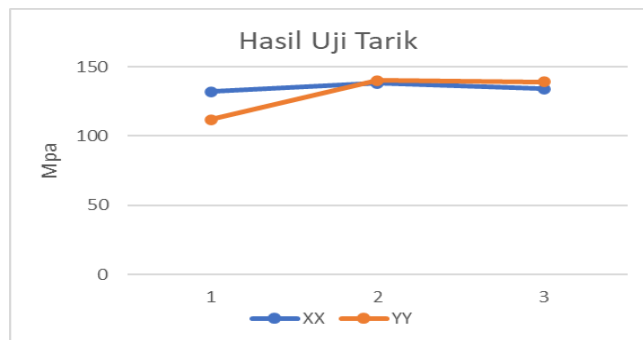
Test Piece Code		Panjang	Lebar	Thickn ess at Notch	Temp	Energy	
		mm	mm	mm	°C	Juole	Rata2
W1	Weld	55.17	10.01	8.00	29	137.00	132.17
W2	Weld	54.14	10.01	8.00	29	131.00	
W3	Weld	55.13	10.00	8.00	29	128.50	
F1	Fusion	55.03	10.02	8.01	29	135.00	138.00
F2	Fusion	55.17	10.00	8.00	29	141.00	
F3	Fusion	55.00	10.01	8.00	29	138.00	
H1	HAZ	55.00	10.02	8.00	29	131.00	134.00
H2	HAZ	55.20	10.00	8.00	29	132.50	
H3	HAZ	55.01	10.00	8.00	29	138.50	

TABEL 4.6
HASIL PENGUJIAN TUMBUK YY SPESIMEN

Test Piece Code		Panjang	Lebar	Thickn ess at Notch	Tem p	Energy	
		mm	mm	mm	°C	Juole	Rata2
2W1	Weld	54.90	9.99	8.00	29	117.00	112.33
2W2	Weld	54.88	10.01	8.00	29	115.00	
2W3	Weld	54.89	9.97	8.00	29	105.00	
2F1	Fusion	55.01	9.99	8.01	29	142.00	140.33
2F2	Fusion	55.00	10.02	8.00	29	140.00	
2F3	Fusion	54.94	10.00	8.00	29	139.00	
2H1	HAZ	55.01	10.00	8.00	29	141.50	139.50
2H2	HAZ	54.96	10.01	8.00	29	140.00	
2H3	HAZ	54.95	10.00	8.00	29	137.00	

Dari data pengujian diatas nilai rata – rata spesimen XX untuk bidang weld 132 Joule, bidang Fusion 138 Joule dan bidang HAZ 134 Joule. Sedangkan nilai rata – rata pada spesimen YY untuk bidang weld 112.33 Joule, bidang Fusion 140 joule dan bidang HAZ 139.5 Joule.

Dari data diatas bisa di lihat dalam grafik berikut ;



Gambar 4.1 Grafik perbandingan hasil pengujian tumbuk

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisa di lapangan dan hasil pengujian tarik, pengujian tekuk dan pengujian tumbuk dapat disimpulkan bahwa sambungan las pada material grade A marine use yang menggunakan elektroda XX dan Elektroda YY adalah sebagai berikut :

1. Pada pengujian tarik, spesimen yang menggunakan elektroda XX memiliki kekuatan tarik lebih besar yakni 466.92 MPa sedangkan spesimen yang menggunakan elektroda Elektroda YY memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah yakni 446.07 MPa, walaupun kedua material putus pada base material.
2. Pada pengujian tekuk, spesimen yang menggunakan elektroda XX tidak terjadi cacat (retak) pada material uji. Sedangkan spesimen yang menggunakan elektroda elektroda YY terjadi cacat (retak) walaupun cacat tersebut masih dibawah batas maksimal standart yang berlaku.
3. Pada pengujian tumbuk, spesimen yang menggunakan elektroda XX memiliki nilai yang lebih tinggi pada titik pengelasan yakni 132.17 Joule dibandingkan dengan spesimen yang menggunakan elektroda elektroda YY dengan nilai 112.33 Joule. Sedangkan pada titik Fusion dan HAZ spesimen XX memilik nilai lebih rendah yakni 138 Joule dan 134 joule bila dibandingkan dengan spesimen Elektroda YY yakni 140.33 Joule dan 139.5 Joule.
4. Pada proses pengelasan elektroda XX sedikit menimbulkan asap jika dibandingkan dengan elektroda Elektroda YY yang asap pengelasannya lebih banyak dan berisiko besar pada keselamatan dan kesehatan kerja juru lasnya.
5. Pada proses pengelasan elektroda Elektroda YY menimbulkan lebih banyak burs (kerak) pada hasil pengelasan dibandingkan dengan elektroda XX, sehingga menambah jam pekerjaan untuk membersihkannya.

6. Menentukan elektroda yang paling teknomik bisa dilihat pada tabel berikut, dengan skor 0 – 1 untuk kriteria yang paling teknomik. Semakin tinggi nilai total skornya maka semakin kuat dan ekonomis.

TABEL 5.1
SKORING PARAMETER TEKONOMIK

No	Kriteria	elektroda XX	elektroda YY
1	Harga	Rp 19.000,- / Kg	Rp 18.000,- / Kg
		0,1	0,2
2	Uji Tarik	466.92 Mpa	446.07 Mpa
		0,93	0,87
3	Uji bending	tidak ada cacat	ada cacat
		1	0,5
4	Uji Impact	134,72 Joule	130,72 Joule
		0,78	0,72
5	Asap	sedikit	banyak
		0,75	0,5
6	burs	sedikit	banyak
		0,75	0,5
Total Skor		4,31	3,29

REFERENCES

- [1] Prasajo Budi, ST, MT, 2002, *Petunjuk Praktikum Uji Bahan*, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [2] Widiyono, Eddy, Suhariyanto, Hadi, Syamsul. 2011. *Teori Dan Praktikum Ilmu Bahan* Surabaya: Program Studi D3Teknik Mesin FTI – ITS Kerjasama PT PLN.
- [3] Schell, Frank R.,1979, *Industrial Welding Prosedures*, Delmar Publishers Inc, Albany, New York USA.
- [4] American Society of Mechanical Engineers Section II, 2010, *Ferrous Material Specifications*.
- [5] American Society of Mechanical Engineers Section IX, 2010, *Welding and Brazing Qualifications*.
- [6] Okumura Toshie, Wiryosumarto Harsono. 2008. *Teknologi Pengelasan* : Balai pustaka.
- [7] Fahad Muhammad, 2008. *Pengaruh jenis elektroda pada pengelasan baja st 32 dengan kampu V terhadap kekuatan tariknya*. Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [8] Riszaldy M, 2019. *Analisa kekuatan sambungan Las SMAW vertikal dan horisontal down Hand pada plat baja dan stanless steel*. Skripsi, Institut teknologi malang