



# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## ANALISA KEKUATAN PADA HASIL PENGELASAN BAWAH AIR BAJA SS400 DENGAN BAHAN ELEKTRODA DARAT LB 52 AWS E7016 TERBUNGKUS SELOTIP

Andy Setya Permadi <sup>1\*)</sup>, Ari Wibawa Budi Santosa<sup>1)</sup>, Imam Pujo Mulyatno<sup>1)</sup>

Laboratorium Las dan Material Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

\*e-mail :Setya1101@gmail.com

### Abstrak

Pada saat ini teknik pengelasan bawah air masih di kategorikan sebagai salah satu metode pengelasan yang mahal baik dari alat kerja, bahan kerja, serta tenaga kerja berkompetensi pengelasan bawah air, sehingga guna mensiasati biaya produksi yang mahal para kontraktor memodifikasi elektroda bawah air (Broco Underwater) menggunakan elektroda darat LB 52 AWS E7016 yang terbungkus selotip. Tujuan penelitian ini adalah guna menguji kelayakan dari hasil pengelasan bawah air baja SS400 menggunakan elektroda LB 52 AWS E7016 terbungkus selotip. Dengan menggunakan metode penelitian langsung, penelitian ini menunjukkan dari uji kekerasan menggunakan metode Uji Impak dan Analisa Struktur material menggunakan foto mikrografi. Dari hasil pengujian Impak elektroda LB 52 AWS E7016 layak di gunakan sebagai pengganti elektroda khusus bawah air (Broco Underwater). Dengan hasil harga impak rata-rata sebesar 1.214 (J/mm<sup>2</sup>) dan untuk elektroda khusus bawah air (Broco Underwater) sebesar 0.354 (J/mm<sup>2</sup>), Serta pada pengujian mikrografi di dapati struktur mikro pada hasil pengelasan bawah air menggunakan elektroda LB 52 dan elektroda Broco Underwater di dominasi dengan struktur pearlite (daerah gelap) yang memiliki kecenderungan keras namun getas, perbedaan yang di dapati adalah pada daerah hasil pengelasan menggunakan elektroda LB 52 susunan struktur pearlite terlihat lebih kasar di bandingkan elektroda Broco Underwater sehingga kekerasannya lebih besar.

**Kata Kunci :** Baja SS400, SMAW, Las Bawah Air, Kekuatan Impak, Broco Underwater, Mikrografi

### 1. PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan sebuah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang di lakukan dalam keadaan cair [1]. Dewasa ini macam teknik pengelasan di temukan untuk memenuhi kebutuhan akan industri dengan harapan nilai minimum kekuatan sambungan logam sama kuatnya dengan logam induknya. Penggunaan teknik pengelasan di anggap paling

efektif untuk penyambungan logam terutama dalam sifat teknisnya di bandingkan dengan teknik penyambungan logam lainnya [2].

Pengelasan bawah air atau biasa di sebut *Underwater Welding* merupakan salah satu metode pengelasan yang di kembangkan untuk memenuhi kebutuhan industri maritime terutama industri perkapalan dan konstruksi lepas pantai [3]. Umumnya metode pengelasan bawah air

digunakan sebagai sambungan darurat pada sebuah insiden dan bersifat sementara [4].

Pada saat ini teknik pengelasan bawah air masih di kategorikan sebuah metode pengelasan yang mahal baik dari alat kerja, bahan kerja, serta tenaga berkompeten. Dalam teknik pengelasan bawah air, sehingga banyak kontraktor konstruksi bawah air yang memodifikasi bahan kerja untuk menekan biaya produksi, umumnya para kontraktor memodifikasi elektroda dengan bahan elektroda darat yang di isolasi dengan bahan selotip dengan harapan akan memiliki fungsi dan kekuatan sambungan yang sama dengan bahan elektroda khusus bawah air.

Dalam satu penelitian sebelumnya di temukan bahwa hasil uji impak pada pengelasan bawah air di media air tawar menggunakan bahan elektroda darat AWS E6013 pada baja 361 L memiliki harga impak rata-rata sebesar 1.59 J/mm<sup>2</sup> dengan hasil analisa struktur mikro kedua elektroda yang memiliki ke cenderung sifat mekanis yang keras dan getas pada daerah las [5].

Dalam pengelasan bawah air pada umumnya menggunakan tipe pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dengan polaritas *Direct Current Electrode Negative* (DCEN) di mana penempatan elektroda pada stang las berada pada arus negatif dan massa berada pada arus positif.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. PENGUMPULAN DATA

Pada penelitian kali ini, data-data di peroleh dari sumber berupa buku, jurnal, internet, hingga sumber langsung dari lapangan. Pada penelitian ini menggunakan material baja SS400 sebagai logam induk, elektroda LB 52 AWS E7016, dan elektroda *Broco Underwater* AWS E70XX. Di bawah ini merupakan tabel dari komposisi material yang di gunakan.

**Tabel 1 Komposisi Baja SS400**

Unsur	Komposisi
C	0.17% max
Mn	0.19% - 0.14% max
Si	0.0% max
P	0.045% max
S	0.045% max
Al	0.015% max
Nb	0.02% - 0.50%
V	0.05% - 0.10%
Ti	0.02 %
Cu	0.35%
Cr	18%
Ni	8%



**Gambar 1 Baja SS400**

Pada Tabel 1 dan Gambar 1 tercatat komposisi material dari baja SS400 adalah gabungan dari dua unsur yaitu Karbon (C) dan Besi (Fe), yang mana karbon memiliki kadar yang cukup rendah. Tidak hanya karbon dan besi, baja SS400 juga memiliki kandungan dari unsur lain yaitu mangan (Mn), Tembaga (Cu), Silikon (Si), Fospor (P), dan Belerang (S). Sehingga memiliki sifat mudah di bentuk dan mudah di las [6].

**Tabel 2 Komposisi Elektroda LB 52 AWS E7016 [7]**

Unsur	Komposisi
C	0.08%
Si	0.60%
Mn	0.94%
P	0.01%
S	0.006%

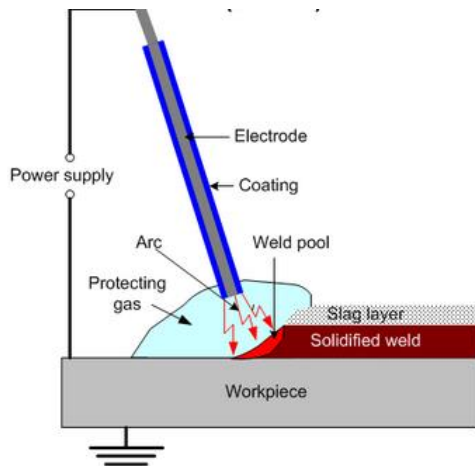


**Gambar 2 Elektroda LB 52 AWS E7016**

Pada Tabel 2 dan Gambar 2 dapat Terlihat bahwa Elektroda LB 52 AWS E7016 merupakan elektroda hidrogen rendah yang biasa di gunakan dalam konstruksi penguat sedang dengan kekuatan tarik sebesar 5200 kg/cm<sup>2</sup>.

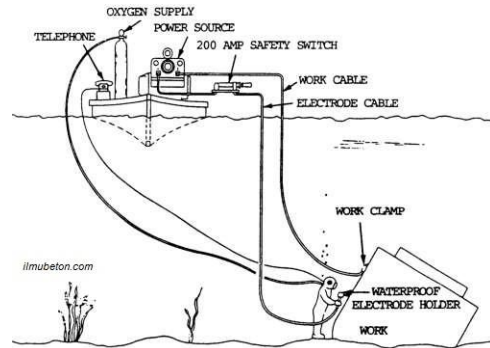
## 2.2. PENGELASAN

Pada pengelasan bawah air jenis pengelasan yang di gunakan adalah jenis pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) yang bekerja dengan cara pencairan busur listrik yang timbul karena interaksi ujung elektroda dan permukaan plat baja.



**Gambar 3 Skema Las SMAW**

Pada gambar 3 Skema Pengelasan SMAW akan di gambarkan dengan busur listrik yang di bangkitkan mesin las dengan tegangan dan kuat arus listrik tertentu. Elektroda yang di gunakan berupa kawat las berpelingung *Fluks* [8].

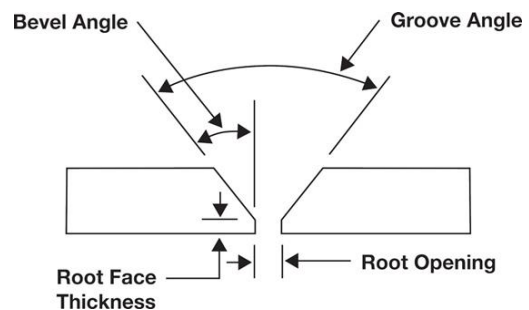


**Gambar 4 Skema Pengelasan Bawah Air**

Pada Gambar 4 di atas terlihat skema pengelasan bawah air, pekerja las menggunakan alat kerja khusus berupa alat selam yang di peruntukan guna menunjang pekerjaan pengelasan. Pada umumnya mesin las di gunakan menggunakan arus DCEN (*Direct Current Electrode Negative*) dengan pengertian arus negatif berada pada elektroda dan arus positif berada pada massa [9].



**Gambar 5 Proses Pemotongan Baja SS 400 dan Pembuatan Sudut Kampuh**



**Gambar 6 Sambungan Las Single V-Butt Joint**

Pada Gambar 5 dan Gambar 6 atas menunjukkan tahapan awal pengambilan sampel, pada tahap awal di lakukan tahap persiapan bahan kerja di mulai dengan pemotongan baja SS400 dengan ukuran 20 x 20 cm dan

pembuatan sudut kampuh untuk sambungan las *single V-Butt Joint* dengan sudut  $60^{\circ}$ ,

Di lanjutkan dengan persiapan elektroda LB 52 yang akan di isolasi menggunakan selotip, elektroda di lilit secara melingkar dan rapat guna mencegah kebocoran air dan arus ketika di gunakan.



**Gambar 7 Elektroda LB 52 Terbungkus Selotip**

Pada Gambar 7 di atas terlihat bentuk elektroda LB 52 yang telah di lilit menggunakan selotip bening.

Penelitian di lakukan di kolam latihan *Underwater Welder Solo Techno Park* dengan kedalaman 5 meter air tawar dengan voltase 25 volt dan arus sebesar 160 A.

### 2.3. UJI MIKROGRAFI

Uji mikrografi bertujuan untuk mendapatkan foto fasa dari material menggunakan mikroskop, dimana koefisien pembesarnya sangat bervariasi. Pengujian ini di lakukan di laboratorium dengan menggunakan mikroskop yang di lengkapi kamera. Material yang telah di las di ambil tiga daerah foto yaitu logam induk, *Heat Affected zone (HAZ)*, dan Logam las.

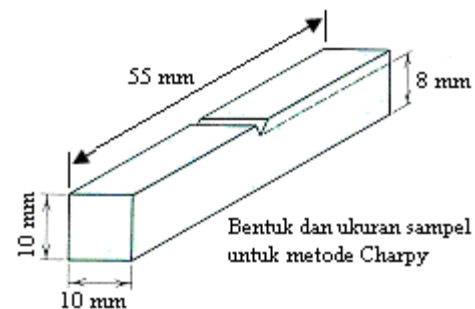
Dalam prosedur pengujian spesimen perlu diberi perlakuan khusus untuk mencapai permukaan yang halus dan bebas kotoran.

Pada umumnya struktur yang terbentuk dari logam rendah karbon adalah struktur *Pearlite* (daerah gelap) campuran antara besi karbida atau besi karbon dan besi murni dan *Ferrite* (daerah terang) yang merupakan logam

besi murni dimana campuran komposisi struktur tersebut menciptakan material dengan sifat yang kuat dan ulet [10].

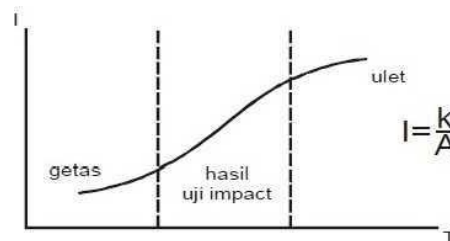
### 2.4 UJI IMPAK

Uji impact di gunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk rapuh atau uletnya suatu material berdasarkan sifat ketangguhannya, pada penelitian ini metode impact mengacu pada metode *Charpy* yang di lakukan dengan cara benda uji di letakan mendatar pada tumpuan, dan arah sudut kampuh berlawanan dengan arah beban.



**Gambar 8 Bentuk Spesimen Uji Impact ASTM E 23**

Pada Gambar 8 di tunjukan ukuran spesimen uji impact menggunakan metode *Charpy* berpacu pada ASTM E 23 yaitu sebesar 55 mm x 10 mm x 10 mm dengan sudut bevel sebesar  $45^{\circ}$  dengan kedalaman 2 mm



**Gambar 9 Grafik Nilai Impact**

Dimana .

I : Nilai Impact (Joule/mm<sup>2</sup>)

K : Energi Impact (Joule)

A : Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)

Terlihat dari Gambar 9 hasil uji impact tersebut akan terbentuk grafik nilai impact dengan besaran (Joule/mm<sup>2</sup>) yang di dapati dari hasil energi impact yang terserap dan luasan penampang spesimen [11].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. UJI MIKROGRAFI

Pengujian ini dilakukan guna mengetahui sifat material terutama sifat mekanik logam berdasarkan struktur mikro logam tersebut. Uji mikro di lakukan dengan menggunakan mikroskop metalurgi yang di lengkapi dengan kamera dengan pembesaran mikroskop sebesar 200x. Pada pengujian ini akan di ambil 3 daerah pada bagian logam induk *Heat Affected Zone* (HAZ) atau daerah yang terpengaruhi panas, dan logam hasil pengelasan.

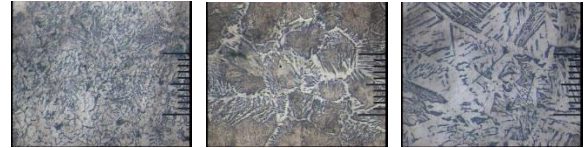
Pada umumnya material SS400 merupakan baja karbon rendah yang memiliki struktur mikro berupa struktur *Pearlite* atau daerah gelap yang terbentuk dari gabungan logam besi murni dan logam gabungan antara besi murni dan karbon, serta struktur *Ferrite* atau struktur besi murni. Paduan dari struktur tersebut ,menciptakan sifat material yang magnetis, keras, dan ulet.



(a)Daerah Las (b)Daerah HAZ (c)Daerah Induk

**Gambar 10 Hasil Uji Mikrografi LB 52  
Pembesaran 200x**

Berdasarkan hasil Gambar 10 di atas untuk hasil pengelasan menggunakan elektroda LB 52 terbungkus selotip pada daerah hasil las di dapati lebih banyak struktur *Pearlite* (daerah gelap) kasar di bandingkan dengan daerah HAZ dan logam induk, sehingga memiliki sifat keras namun getas karena kehilangan keuletannya.



(a)Daerah Las (b)Daerah HAZ (c)Daerah Induk

**Gambar 11 Hasil Uji Mikrografi Broco  
Underwater Pembesaran 200x**

Berdasarkan hasil Gambar 11 di atas di dapati untuk hasil uji mikrografi pengelasan menggunakan *Broco Underwater* tidak jauh berbeda dengan LB 52 secara umum di dominasi dengan struktur *Pearlite* pada daerah pengelasan di bandingkan dengan daerah HAZ dan logam induknya sehingga memiliki kecenderungan keras dan getas. Perbedaan yang terlihat antara *Broco Underwater* dan LB 52 adalah dari susunan struktur *Pearlite* pada LB 52 terlihat lebih kasar dan padat sehingga cenderung lebih keras karena susunan karbon yang lebih rapat di bandingkan dengan hasil pengelasan *Broco Underwater*.

#### 3.2. UJI IMPAK

Pengujian ini di lakukan dengan metode *Charpy* guna mengetahui kegetasan atau keuletan hasil pengelasan dengan cara pemberian beban secara tiba-tiba terhadap hasil pengelasan yang di uji secara statik sehingga di dapatkan besaran harga Impact yang di hasilkan dalam suatu pengelasan

**Tabel 3 Hasil Uji Impact LB 52**

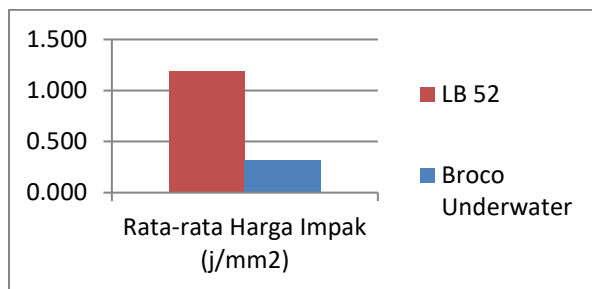
No	Energi (Joule)	Harga Impact (Joule/mm <sup>2</sup> )	Harga Impact Rata-Rata (Joule/mm <sup>2</sup> )
1	128	1.234	
2	126	1.235	
3	122	1.190	1.214
4	108	1.054	
5	138	1.346	

Standar Deviasi = 0.282 – 0.427

**Tabel 4 Hasil Uji Impak *Broco Underwater***

No	Energi (Joule)	Harga Impak (Joule/mm <sup>2</sup> )	Harga Impak Rata-Rata (Joule/mm <sup>2</sup> )
1	36	0.351	0.354
2	32	0.314	
3	32	0.314	
4	32	0.314	
5	48	0.480	

Standar Deviasi = 0.282 – 0.427



**Gambar 12 Diagram Rata-rata Harga Impak**

Berdasarkan Gambar 12 hasil data dari Tabel 3 dan 4 di dapatkan hasil perbandingan dari elektroda LB 52 dan elektroda *Broco Underwater* dengan hasil harga impact rata-rata LB 52 sebesar 1.214 Joule/mm<sup>2</sup> dan *Broco Underwater* Sebesar 0.354 Joule/mm<sup>2</sup>.

Jika di tinjau kembali pada uji mikrografi pada elektroda LB 52 di dapati struktur mikrografinya di dominasi dengan struktur *Pearlite* dengan susunan yang lebih kasar di dibandingkan dengan susunan struktur mikrografi dari elektroda *Broco Underwater* sehingga harga Impact rata-rata yang lebih besar pada elektroda LB 52 karena kecenderungannya yang keras namun getas.

Mengutip dari hasil wawancara dengan salah satu instruktur juru las di instansi pelatihan profesi khusus pekerja bawah air yang memiliki pengalaman di bidang las bawah air bahwa penggunaan elektroda darat secara struktur memang lebih kuat, akan tetapi sangat sulit dalam prosesnya pengelesannya, di dalam klasifikasinya elektroda LB 52 adalah elektroda *Low Hydrogen* yang sensitif terhadap

kelembapan atau air sehingga dalam pengelasan darat pun butuh perlakuan khusus berupa oven pemanasan, sehingga dalam pelaksanaan pengelasan bawah air yang memaksa elektroda LB 52 berada dalam lingkungan basah menyebabkan elektroda tersebut sulit dalam memulai percikan awal dan di kendalikan di banding elektroda *Broco Underwater* yang merupakan elektroda *Soft Touch* yang mudah di kendalikan, serta kemungkinan efek kejut yang terjadi lebih kecil di banding dengan elektroda LB 52 karena lilitan selotip yang kurang rapat, sehingga di perlukan kulasifikasi serta pengalaman khusus dari juru las bawah air yang menggunakannya.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat di simpulkan pada pengelasan bawah air material baja SS400 menggunakan elektroda LB 52 AWS E7016 terbungkus selotip terbukti layak secara kekuatan impact tetapi tidak di rekomendasikan karena tingkat kesulitan dalam pengendalian dan kemungkinan bahaya dari efek kejut karena kebocoran arus yang terjadi akibat lilitan selotip yang kurang rapat.

Untuk hasil dalam penelitian ini di dapatkan pengelasan bawah air menggunakan elektroda LB 52 AWS E7016 terbungkus selotip memiliki harga impact rata-rata lebih besar dari pengelasan menggunakan elektroda *Broco Underwater* dengan harga impact rata-rata LB 52 sebesar 1.214 J/mm<sup>2</sup> dan besaran harga impact rata-rata untuk *Broco Underwater* sebesar 0.354 J/mm<sup>2</sup>.

Pada uji mikrografi tidak terdapat perbedaan mendasar pada komposisi struktur mikro material logam pada area pengelasan namun terdapat sedikit perbedaan pada susunan struktur *Pearlite* pada pengelasan menggunakan LB 52 terlihat lebih kasar di dibandingkan dengan *Broco Underwater* sehingga kekerasan dari elektroda LB 52 Lebih besar.

## Daftar Pustaka

- [1] A. Hamid, "Analisa Pengaruh Arus Pengelasan SMAW Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 7.1, 2016.
- [2] S. A. Jalil, Zulkifli and Trirahayu, "Analisa Kekuatan Impak Pada Penyambungan Pengelasan SMAW Material ASSAB 705 dengan Variasi Arus Pengelasan," *Jurnal Polimesin*, vol. 15.2, pp. 58-63, 2017.
- [3] A. Hariyanto, A. D. Anggoro and T. Prasetyawan, "Karakterisasi Hasil Pengelasan Bawah Air Material Baja ST 37 dengan Media Air Laut dan Air Tawar," *Urecol*, pp. 10-20, 2019.
- [4] Rahman, F. Yanek and H. Supomo, "Analisis Perbandingan Laju Korosi Pelat ASTM A36 antara Pengelasan di Udara Terbuka dan Pengelasan Basah Bawah Air dengan Variasi Tebal Pelat," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 2, no. 1, pp. G73-G77, 2013.
- [5] H.L.Li, L. D, N. Y.T.Guo and J. Feng, "Microstructural Characteristics and Mechanical Properties of Underwater Wet Flux-cored Wire Welded 316L Stainless Steel Joints," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 238, pp. 423-430, 2016.
- [6] J. Anindito, F. Pandura and N.Muhayat, "Pengaruh Aliran dan Kedalaman Air terhadap Hasil Pengelasan dan Kekerasan Sambungan Las Bawah Air Baja SS400," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 15, no. 1, pp. 1-13, 2012.
- [7] Kobelco, *Welding Handbook*, 2004.
- [8] H.Wiryosumanto and T.okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta: Pradnya Paramita, 2000.
- [9] B. A. Kurniyanto, Suharno and N. S. Wardani, "The Effect of Strong Flow Variations on Micro Structure and Violence on the Low Carbon Steel Welding Process Using the SMAW Wet Underwater Welding Method," *Journal of Mechanical Engineering and Vocational Education (JoMEVE)*, vol. 2, no. 2, pp. 54-60, 2019.
- [10] P. Yohanes and N. Muhayat, "Effect of Water Depth on the Microstructure and Mechanical of SS400 Steel in Underwater Welding," *Key Engineering Materials*, vol. 772, pp. 128-132, 2018.
- [11] Zulfikar, "Perancangan Alat Uji Impak Charpy Seerhana Untuk Material Logam Baja ST 30," *Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy*, 2017.
- [12] W. Karmawan, "Analisa Kekuatan Variasi Arus Las SMAW Dengan Elektroda E 7018 Bahan Baja ST 42 Terhadap Sifat Mekanis," *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*, vol. 1.1, 2020.