

**ANALISIS PENGARUH VARIASI HASIL PENGELOASAN FCAW ANTARA MATERIAL GRADE A  
TERHADAP MACRO STRUCTURE TEST  
DI INSERT PLATE SHIP DECK RAMAH LINGKUNGAN**

**Purwanto**

Teknik Mesin

Universitas Maritim AMNI Semarang, Indonesia

Email: [pwtmhd@yahoo.com](mailto:pwtmhd@yahoo.com)

**Mu'izzaddin Wa'addulloh**

Teknik Mesin

Universitas Maritim AMNI Semarang, Indonesia

Email: [muizzabdullah589@gmail.com](mailto:muizzabdullah589@gmail.com)

**Risriki Widdo**

Teknik Mesin

Universitas Maritim AMNI Semarang Indonesia

Email: [risrikiwidodo@gmail.com](mailto:risrikiwidodo@gmail.com)

**ABSTRACT**

*Welding has a very important role in engineering and metal production repairs. This is very reasonable because every construction can hardly be separated from metal which involves welding elements. Metal is widely used because it has several advantages, including being strong, rust-resistant, resistant to wear and tear and the raw materials are very economical. The development of technology and science has also had an impact on the increasing demand for metal connections of different types. Several industries that use joining by welding different types of metal include the transportation industry, car manufacturing, shipping and airplanes. One thing that can be done is connecting different types of metal which can be applied in the shipping industry. This research aims to determine the impact of variations in welding FCAW Grade A material 16 mm thick on ship deck insert plates. The use of Flux Core Arc Welding (FCAW) is often found in the shipping industry. FCAW or what is usually called CO<sub>2</sub> arc welding actually includes Metal Inert Gas (MIG) welding, only the protective gas is not only a noble gas such as Argon (Ar) but also CO<sub>2</sub> gas or it could be a mixture of the two gases. The FCAW welding process is often used because the protective gas used is CO<sub>2</sub> so it is suitable for use in welding steel construction. CO<sub>2</sub> decomposes into CO and O<sub>2</sub> when in contact with high temperatures. As a result of the high freezing speed, the CO gas produced is trapped in the metal which then forms cavities. Efforts are made to prevent this by providing a mixture of Si and Mn to the electrode so that no gas is trapped and no reaction occurs.*

Kata Kunci : FCAW, Grade A, Macro Structure Test, Insert Plate

**ABSTRAK**

Pengelasan memiliki peranan yang sangat penting terhadap rekayasa serta reparasi produksi logam. Hal ini sangat beralasan karena setiap pembangunan suatu konstruksi hampir tidak dapat dilepaskan oleh logam yang melibatkan unsur pengelasan. Logam banyak digunakan karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah kuat, tahan karat, tahan terhadap keausan dan bahan bakunya sangat ekonomis. Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan turut berdampak pada permintaan yang meningkat terhadap penyambungan logam dengan jenis yang berbeda. Beberapa industri yang menggunakan penyambungan dengan pengelasan logam berbeda jenis diantaranya adalah industri pengangkutan, pembuatan mobil, perkapalan serta pesawat terbang. Salah satu hal yang dapat dilakukan yaitu penyambungan berbeda jenis logam yang dapat diaplikasikan pada industri perkapalan. Penelitian ini adalah mengetahui dampak dari variasi pengelasan FCAW material *Grade A* tebal 16 mm pada insert plate geladak kapal. Penggunaan *Flux Core Arc Welding* (FCAW) sering dijumpai pada industri perkapalan. FCAW atau biasa disebut las busur CO<sub>2</sub> sebenarnya termasuk pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG), hanya saja gas pelindungnya bukan hanya gas mulia seperti Argon (Ar) melainkan juga gas CO<sub>2</sub> atau bisa saja campuran dari kedua gas tersebut. Proses pengelasan FCAW sering digunakan karena gas pelindung yang digunakan adalah CO<sub>2</sub> sehingga cocok untuk digunakan pada pengelasan konstruksi baja, CO<sub>2</sub> terurai menjadi CO dan O<sub>2</sub> ketika kontak dengan temperatur tinggi, akibat dari kecepatan pembekuan yang tinggi gas CO yang dihasilkan tersebut terperangkap dalam logam yang kemudian membentuk rongga-rongga. Upaya yang dilakukan untuk mencegah hal tersebut dengan pemberian campuran Si dan Mn pada elektroda sehingga tidak ada gas yang terkandung dan tidak terjadi reaksi.

Kata Kunci : FCAW, Grade A, Macro Structure Test, Insert Plate

## 1. PENDAHULUAN

Industri maritim dan perkapalan merupakan salah satu sektor utama dalam perekonomian global yang memiliki peran penting dalam perdagangan internasional, transportasi barang, pariwisata, serta penjelajahan sumber daya alam di lautan. Industri ini memiliki dampak besar terhadap pertumbuhan ekonomi, penciptaan lapangan kerja, dan mobilitas manusia dan barang di seluruh dunia. Indonesia sebagai negara maritim dengan lebih dari 17.000 pulau memiliki potensi luar biasa dalam industri maritim dan perkapalan. Galangan kapal merupakan suatu tempat yang khusus dibuat untuk mendukung proses pembangunan, perbaikan dan perawatan kapal serta juga dapat digunakan untuk membangun wahana maritim lainnya yang sesuai dengan fasilitas yang tersedia. Teknologi pengelasan merupakan salah satu teknik yang cukup banyak digunakan dalam pembangunan suatu konstruksi khususnya industri maritim dimana pembangunan konstruksi tersebut tentunya melibatkan proses pengelasan. Pada industri pengelasan, penggunaan gas pelindung (shielding gas) merupakan aspek yang sangat penting untuk mencapai hasil pengelasan yang berkualitas tinggi. Gas pelindung digunakan untuk melindungi logam yang sedang dilebur selama proses pengelasan dari pengaruh negatif dari atmosfer sekitarnya. Gas pelindung membentuk lingkungan yang tidak mengoksidasi dan tidak mempengaruhi secara negatif sifat-sifat material yang sedang dilas, seperti kekuatan, ketahanan terhadap korosi, dan lain sebagainya.

Penggunaan gas pelindung telah berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir terutama dengan munculnya teknologi pengelasan yang lebih canggih. Seiring dengan perkembangan ini, ada banyak jenis gas pelindung yang telah dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan pengelasan yang beragam seperti pengelasan baja, aluminium, tembaga, dan berbagai logam lainnya. Akan tetapi dalam penggunaan shielding gas dapat mempengaruhi penetrasi saat proses pengelasan berlangsung.

Penggunaan *Flux Core Arc Welding* (FCAW) sering dijumpai pada industri perkapalan. FCAW atau biasa disebut las busur CO<sub>2</sub> sebenarnya termasuk pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG), hanya saja gas pelindungnya bukan hanya gas mulia seperti Argon (Ar) melainkan juga gas CO<sub>2</sub> atau bisa saja campuran dari kedua gas tersebut. Proses pengelasan FCAW sering digunakan karena gas pelindung yang digunakan adalah CO<sub>2</sub> sehingga cocok untuk digunakan pada pengelasan konstruksi baja, CO<sub>2</sub> terurai menjadi CO dan O<sub>2</sub> ketika kontak dengan temperatur tinggi, akibat dari kecepatan pembekuan yang tinggi gas CO yang dihasilkan tersebut terperangkap dalam logam yang kemudian membentuk rongga-rongga. Upaya yang dilakukan untuk mencegah hal tersebut dengan pemberian campuran Si dan Mn pada elektroda sehingga tidak ada gas yang terkandung dan tidak terjadi reaksi.

Pada proses pengelasan *Flux Core Arc Welding* (FCAW) biasanya perusahaan menggunakan gas pelindung CO<sub>2</sub>. Hal tersebut dikarenakan gas pelindung CO<sub>2</sub> mempunyai peran sebagai pelindung pada *weld metal* sehingga tidak terkontaminasi oleh zat pengotor di atmosfer sekitar. Ketika logam las masih cair, proses oksidasi dihalangi oleh terak dan gas pelindungnya walaupun demikian penyerapan oksigen oleh logam las cair tidak dapat dihalangi sepenuhnya sehingga digunakan gas pelindung yang dicampur yaitu Ar dan CO<sub>2</sub> atau bisa disebut *mixing*. Penggunaan gas *mixing* ini menghasilkan pemindahan butir-butir cairan logam menjadi lebih sering dan hubungan singkat antara butir cairan dan logam cair menjadi berkurang sehingga percikan yang dihasilkan berkurang serta busur menjadi lebih mudah dikendalikan. Adapun banyaknya oksigen yang terserap tergantung dari jenis gas pelindungnya, jika gas pelindung yang digunakan gas *mixing* dengan kadar oksigen rendah, maka oksigen akan menyerap gas pelindung CO<sub>2</sub> lebih tinggi.

Adapun pengerjaan pada lambung kapal maupun lantai kapal melibatkan penggunaan gas pelindung CO<sub>2</sub>, sehingga sering terjadi *welding defect* berupa retak, *porosity*, *burn through* dan *slag inclusion*. Baja adalah logam paduan yang terdiri dari karbon (C) yang mengandung kadar karbon mencapai 2% dengan besi (Fe). Selain kedua unsur tersebut didalam baja juga terdapat unsur-unsur dalam jumlah kecil seperti Mangan (Mn), Fosfor (P), Silikon (Si) dan Belerang (S). Unsur – unsur tersebut dapat juga dipadu dengan unsur-unsur paduan seperti Chromium (Cr), Nikel (Ni), Wolfram (W) dan sebagainya. Selain itu, unsur tersebut juga dapat divariasikan sesuai dengan kebutuhan. Baja dapat dibuat melalui proses pencanaian, pengecoran dan penempaan. Material pelat baja ABS umumnya digunakan dalam industri kelautan untuk pembuatan bagian struktural kapal, tongkang, dan peralatan kelautan. Pelat baja *Grade A* adalah jenis pelat kapal yang digunakan dalam pembangunan *Barge Mounted Power Plant* (BMPP) 60MW.

Pengelasan (*Welding*) adalah penyambungan dua logam atau lebih yang didasarkan pada prinsip-prinsip proses difusi sehingga terjadi penyatuan bagian bahan yang disambung. Dalam proses penyambungan logam

terdapat energi panas yang digunakan untuk penyambungan logam tersebut dan ada kalanya disertai dengan tekanan sehingga logam dapat menyatu dan permanen. Berdasarkan definisi dari *Deutche Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. (Wirjosumarto, 1996)

Pengelasan FCAW merupakan salah satu jenis las listrik yang proses kerjanya memasok *filler* atau kawat las secara mekanis terus menerus ke dalam busur listrik. Kawat las yang digunakan untuk pengelasan FCAW terbuat dari logam tipis yang digulung *cylindrical* kemudian dalamnya diisi dengan *flux* yang sesuai dengan kegunaan. Proses pengelasan FCAW ini sebenarnya sama dengan pengelasan GMAW, namun yang membedakan adalah kawat las yang berbentuk tubular yang berisi *flux* sedangkan GMAW berbentuk solid. (Ichwannuriza, 2020)

Pada umumnya pelindung gas menggunakan gas CO<sub>2</sub> murni atau campuran CO<sub>2</sub> dengan Argon. Namun dengan keberadaan oksigen kadang akan menimbulkan problem baru yaitu dengan *porosity* yang dihasilkan reaksi CO<sub>2</sub> dan oksigen yang ada di udara sekitar pengelasan, sehingga perlu memilih fluks yang mengandung zat yang memiliki sifat mengikat oksigen (O<sub>2</sub>) atau *deoxydizer*. Klasifikasi *wire roll* pada proses pengelasan FCAW mengacu pada peraturan AWS *classification* yang menjelaskan penggunaan elektroda, gas pelindung, posisi pengelasan dan polaritas mesin. Berikut klasifikasi *wire roll* yang digunakan dalam proses pengelasan FCAW.

Tabel 1. Klasifikasi Wire Roll FCAW

Usability Designator	AWS Classification		Position of Welding <sup>a,b</sup>	External Shielding <sup>c</sup>	Polarity <sup>d</sup>	Application <sup>e</sup>
	A5.20	A5.20M				
1	E70T-1C	E490T-1C	H, F	CO <sub>2</sub>	DCEP	M
	E70T-1M	E490T-1M	H, F	75-80 Ar/bal CO <sub>2</sub>		
	E71T-1C	E491T-1C	H, F, VU, OH	CO <sub>2</sub>		
	E71T-1M	E491T-1M	H, F, VU, OH	75-80 Ar/bal CO <sub>2</sub>		
2	E70T-2C	E490T-2C	H, F	CO <sub>2</sub>	DCEP	S
	E70T-2M	E490T-2M	H, F	75-80 Ar/bal CO <sub>2</sub>		
	E71T-2C	E491T-2C	H, F, VU, OH	CO <sub>2</sub>		
	E71T-2M	E491T-2M	H, F, VU, OH	75-80 Ar/bal CO <sub>2</sub>		
3	E70T-3	E490T-3	H, F	None	DCEP	S
4	E70T-4	E490T-4	H, F	None	DCEP	M
5	E70T-5C	E490T-5C	H, F	CO <sub>2</sub>	DCEP	M
	E70T-5M	E490T-5M	H, F	75-80 Ar/bal CO <sub>2</sub>		
	E71T-5C	E491T-5C	H, F, VU, OH	CO <sub>2</sub>		
	E71T-5M	E491T-5M	H, F, VU, OH	75-80 Ar/bal CO <sub>2</sub>	DCEP or DCEN <sup>f</sup>	
6	E70T-6	E490T-6	H, F	None	DCEP	M
7	E70T-7	E490T-7	H, F	None	DCEN	M
	E71T-7	E491T-7	H, F, VU, OH			
8	E70T-8	E490T-8	H, F	None	DCEN	M
	E71T-8	E491T-8	H, F, VU, OH			
9	E70T-9C	E490T-9C	H, F	CO <sub>2</sub>	DCEP	M
	E70T-9M	E490T-9M	H, F	75-80 Ar/bal CO <sub>2</sub>		
	E71T-9C	E491T-9C	H, F, VU, OH	CO <sub>2</sub>		
	E71T-9M	E491T-9M	H, F, VU, OH	75-80 Ar/bal CO <sub>2</sub>		
10	E70T-10	E490T-10	H, F	None	DCEN	S
11	E70T-11	E490T-11	H, F	None	DCEN	M
	E71T-11	E491T-11	H, F, VD, OH			
12	E70T-12C	E490T-12C	H, F	CO <sub>2</sub>	DCEP	M
	E70T-12M	E490T-12M	H, F	75-80 Ar/bal CO <sub>2</sub>		
	E71T-12C	E491T-12C	H, F, VU, OH	CO <sub>2</sub>		
	E71T-12M	E491T-12M	H, F, VU, OH	75-80 Ar/bal CO <sub>2</sub>		
13	E61T-13	E431T-13	H, F, VD, OH	None	DCEN	S
	E71T-13	E491T-13				
14	E71T-14	E491T-14	H, F, VD, OH	None	DCEN	S
G	E60T-G	E430T-G	H, F	Not Specified	Not Specified	M
	E70T-G	E490T-G				
	E61T-G	E431T-G	H, F, VD or VU, OH	Not Specified	Not Specified	M
	E71T-G	E491T-G				
	E60T-GS	E430T-GS	H, F	Not Specified	Not Specified	S
	E70T-GS	E490T-GS				
	E61T-GS	E431T-GS	H, F, VD or VU, OH	Not Specified	Not Specified	S
	E71T-GS	E491T-GS				

(Berikut pengelasan *wire roll* FCAW menurut AWS A5.20 (2005))

### 1.1 Parameter Pengelasan

Parameter pengelasan merupakan variabel yang mempengaruhi hasil pengelasan baik dari segi hasil pengujian mekanik maupun uji visual. Beberapa faktor yang harus dicermati saat melakukan proses pengelasan, hal ini merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi hasil pengelasan mulai dari kedalaman penetrasi

atau *fusi weld metal* dengan benda kerja. Semakin besar arus yang digunakan maka akan semakin dalam penetrasinya dan sebaliknya jika arusnya semakin kecil maka penetrasinya akan semakin dangkal.

Pemilihan besaran arus ini perlu harus diperhatikan secara cermat terutama pada proses pengelasan tidak sejenis. Karena dengan material yang berbeda akan mempunyai titik lebur yang berbeda pula, hal ini akan mempengaruhi tingkat pencairan logam *Arc Voltage* atau tegangan busur ini sangat erat hubungannya dengan panjang busur las atau jarak elektroda dengan benda kerja pada saat proses pengelasan. Untuk proses pengelasan seperti GMAW, SAW dan FCAW, hal ini dipengaruhi oleh sumber listrik dan dapat bervariasi sesuai arus. Penyesuaian tegangan dalam proses pengelasan dapat mempengaruhi hasil dari pengelasan baik kedalaman maupun lebarnya. Polaritas arus (AC dan DC), pada umumnya pengelasan yang dilakukan dengan elektroda tunggal menggunakan arus tipe DC dengan elektroda positif. Saat menggunakan elektroda negatif, penetrasinya cenderung rendah dengan kuantitas las yang tinggi. *Porosity* cenderung terjadi akibat pengaruh arus AC terhadap bentuk butiran las dan kuantitas pengelasan antara anoda dan katoda termasuk sama, oleh sebab itu pada saat melakukan proses pengelasan dengan arus AC harus digunakan fluks yang khusus. Pemilihan polaritas ini mempengaruhi semakin besarnya konsentrasi panas yang dihasilkan pada elektroda atau pada bagian tersebut. Konsentrasipanas pada setiap proses pengelasan mempunyai hasil dan karakteristik yang beranekaragam.

Kecepatan dalam pengelasan juga dapat mempengaruhi hasil, sehingga untuk menentukan kecepatan kita perlu menyesuaikan dengan besarnya arus yang digunakan. Arus dan kecepatan harus seimbang untuk mencapai profil pengelasan yang baik, penetrasi, serta sambungan las yang memenuhi kriteria pengelasan. Makin tinggi arus pengelasan maka kecepatan pengelasan juga akan meningkat, hal ini dikarenakan arus yang tinggi akan menyebabkan elektroda menjadi semakin cepat mencair sehingga *travel speed* juga harus ditingkatkan supaya lebar las tidak berlebihan. Sumber panas terbesar yang dihasilkan selama proses pengelasan busur listrik adalah listrik. Sebagian panas tersebut digunakan untuk melelehkan logam pengisi (*filler metal*). *Heat Input* adalah perpindahan energi panas per unit satuan panjang pada proses pengelasan. *Heat Input* merupakan parameter yang penting karena sama seperti pemanasan awal dan temperatur *interpass*, *heat input* juga mempengaruhi laju pendinginan yang akan berpengaruh pada sifat mekanis dan pembentukan struktur metalurgi dari HAZ dan *base metal*. Sehingga masukan panas dapat dikalkulasikan sebagai berikut:  $HI = V \times I \times t / 60TS$

Pemanasan awal pada proses pengelasan dilakukan untuk mengurangi tegangan sisa dan laju pendinginan serta kelembaban yang berpotensi menyebabkan retak lasan. Faktor yang menentukan apakah suatu material membutuhkan pemanasan awal adalah dari jenis dan ketebalan material tersebut. Pemanasan awal dilakukan hingga suhu 400<sup>0</sup> F. Pemilihan metode pemanasan yang tepat dapat membantu mengoptimalkan efisiensi, kualitas lasan yang tinggi dan mengurangi biaya serta *repair*. Penelitian ini memiliki tujuan mengetahui dampak variasi Pengelasan FCAW untuk material Grade A terhadap pengujian makro, kemanfaatan penelitian ini digunakan untuk pengembangan teknologi pengelasan dalam dunia perkapalan di dunia.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Baja Karbon

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe) dan karbon (C). Unsur besi sebagai unsur dasarnya dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Pada proses pembentukan baja akan ditemukan dengan paduan lain sebagai penambah unsur kimia seperti belerang (S), fosfor (F), silikon (Si), mangan (Mn), dan unsur lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon dari 0,1% hingga 1,7%.

### 2.2 Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan karbon sebesar <0,3%. Baja karbon jenis ini memiliki tingkat keuletan dan kekerasan yang tinggi. Baja ini dalam pengaplikasiannya biasa dijadikan mur, ulir sekrup dan peralatan senjata. Pembentukan dan penyesuaian ukuran baja dapat dilakukan dalam keadaan panas. Hal ini dapat dilihat dari lapisan oksida bagian atasnya berwarna hitam. Namun dapat juga dilakukan pengerjaan dingin dimana baja direndam di larutan asam guna menghilangkan lapisan oksidasinya. Proses ini akan menghasilkan logam baja yang lebih halus dan berkualitas lebih tinggi.

### 2.3 Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang merupakan baja karbon dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59% C. Baja karbon jenis ini memiliki keunggulan bila dibandingkan dengan baja karbon rendah. Baja karbon sedang memiliki sifat mekanik yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi daripada baja karbon rendah. Kandungan karbon yang besar dalam besi memungkinkan baja bisa dikeraskan dengan memberikan perlakuan panas (heat treatment) yang sesuai. Baja karbon sedang biasa digunakan dalam pembuatan poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut, dan komponen mesin lainnya.

**2.4 Baja Karbon Tinggi**

Baja karbon tinggi adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,6% sampai 1,4%. Baja karbon tinggi memiliki ketahanan terhadap panas, kekerasan serta kekuatan tarik yang sangat tinggi namun baja karbon ini memiliki keuletan yang lebih rendah sehingga baja karbon ini menjadi lebih getas. Baja karbon tinggi sulit diberi perlakuan panas untuk meningkatkan sifat kekerasannya, hal ini dikarenakan baja karbon tinggi memiliki kandungan jumlah martensit yang cukup tinggi sehingga tidak akan mampu memberikan hasil pengerasan permukaan yang optimal. Dalam penerapannya baja karbon tinggi banyak digunakan dalam pembuatan alat- alat perkakas seperti gergaji, palu, pisau cukur, pembuatan kikir, dan lain-lain.

**2.5 Material Baja Grade A**

Material baja *Grade A* (*Equivalent* ASTM A 131) merupakan material baja karbon rendah yang biasanya digunakan dalam industri perkapalan. Kelebihan dari pelat kapal ini tentunya terkandung unsur selain baja sebagai unsur utama. Material *grade A* ini lebih cenderung anti korosi karena pada penggunaannya material ini digunakan pada lingkungan air laut yang korosif jika dibandingkan dengan lingkungan air tawar.

Material baja untuk konstruksi kapal biasanya mengandung 0,15% sampai 23% kandungan unsur karbon. Sedangkan untuk sulfur dan fosfor kurang dari 0,05%. Pelat kapal dapat digunakan untuk seluruh bagian bangunan kapal dengan komposisi standar konstruksi kapal yang dikeluarkan oleh biro klasifikasi kapal ( standar ABS, BKI, RINA, dan lain sebagainya ). Dengan kelas baja (*Grade A, B, D, E* dan lain sebagainya).

**2.6 Komposisi Kimia Baja Grade A**

Komposisi kimia menentukan identitas, susunan, dan rasio unsur- unsur kimia yang menyusun suatu senyawa melalui ikatan kimia dan atom. Material baja *Grade A* terdiri dari banyak unsur yang digabungkan, unsur-unsur gabungan pada material umum biasanya disebut dengan komposisi kimia. Komposisi kimia material *Grade A* adalah Karbon, Silikon, Mangan, Fosfor, Belerang, dan lainnya.

Tabel 2. Komposisi Kimia *Grade A*

Elemen	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu
<i>Grade A</i>	0,15%	0,22%	0,67%	0,012%	0,0057%	0,01%	0,007%

( Sumber : ASTM A131, 2004 )

**2.7 Sifat Mekanis Baja Grade A**

Sifat Mekanis adalah sifat suatu material yang berkaitan dengan kelakuan (*behavior*) ketika terkena beban mekanis yang diterapkan pada sebuah logam. Sifat-sifat ini perlu diperhitungkan ketika menentukan bahan material konstruksi berbahan logam mana yang akan digunakan dan serta proses pengolahan mana yang harus dilakukan.

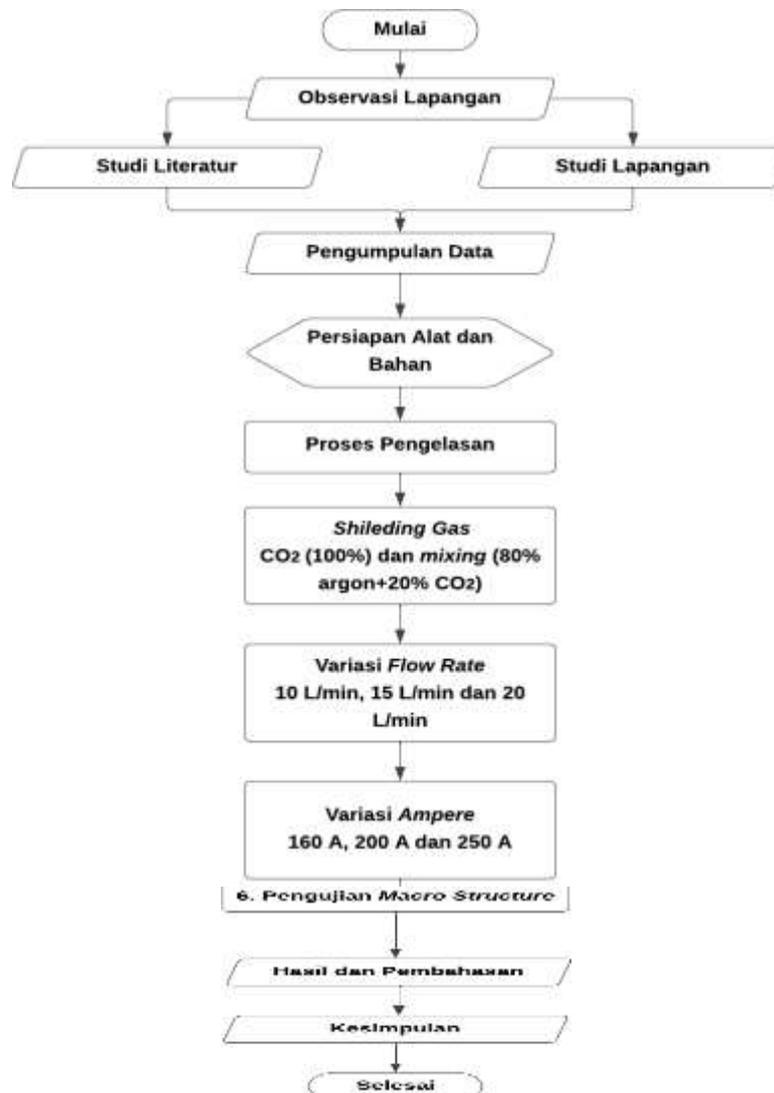
Tabel 3. *Mechanical Properties Grade A*

<i>Mechanical Properties</i>	<i>Yield</i> (Min Mpa)	<i>Tensile</i> (Mpa)	<i>Elongation</i> (Min %)
<i>Grade A</i>	235 (34)	400 – 520 (58 – 75)	22 %

Sumber : ( ASTM A131, 2004 )

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir

### 3.2 Pengumpulan data

Teknik pengumpulan data merupakan langkah yang paling strategis dalam penelitian, karena tujuan utama dari penelitian adalah mendapatkan data. ( Sugiyono, 2009 ).Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan AWS *Welding Handbook* Vol.2 9 th, AWS B4.0 Standar *Methods for Mechanical Testing of Welds*, ASME Sect. IX, ASME Sect. II Part A, ASME Sect. II Part C, *Carbon Steel Handbook*, dan dasar-dasar teori yang mendukung pelaksanaan penelitian serta gambar-gambar dokumentasi pendukung.



Gambar 3. 2 *Insert Plate* belum dilas

### 3.3 Tahap Persiapan

#### 3.3.1 Persiapan Tempat Pengelasan

Proses pengelasan dilakukan di bengkel PHPL Divisi Kapal Selam PT PAL Indonesia



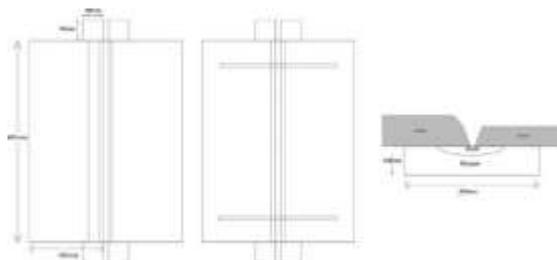
Gambar 3.3 Bengkel PHPL Divisi Kapal Selam

#### 3.3.2 Persiapan Alat dan Bahan Untuk Pengelasan

Saat melakukan penelitian ini dibutuhkan *test coupon* untuk dilakukan pengelasan. Material yang digunakan adalah plat baja EH36 dan *Grade A*. Dibutuhkan juga *filler metal* sebagai bahan penambah pada saat dilakukan pengelasan. Hal-hal yang perlu disiapkan ketika pengelasan antaralain:

#### 3.3.3 Desain *Fit Up* Sambungan

Desain *fit up* sambungan untuk pengelasan menggunakan referensi WPS yang ekuivalen dengan dengan jenis dan ketebalan material.



Gambar 3.5 Desain *Fit Up* Spesimen

### 3.3.4 Persiapan Material

Persiapan pemotongan material yang digunakan sebagai spesimen dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Melaksanakan identifikasi lembaran plat yang akan digunakan dan sesuaikan dengan data *mill certificate* Melaksanakan *marking* pada pelat dengan spesifikasi: Pelat *Grade* EH36 dengan dimensi 400x145x24mm sebanyak 18 buah dengan *bevel* 20° Pelat *Grade* A dengan dimensi 400x145x24mm sebanyak 18 buah dengan *bevel* 20° *Stongback* dengan dimensi 200x100x12mm sebanyak 36 buah *Extension bar* (*identic joint preparation*) dengan dimensi 50x50x16mm sebanyak 108 buah dengan *bevel* 20° Melaksanakan pemotongan sesuai dengan gambar *marking* pada lembaran pelat menggunakan mesin potong gas *oxy-acetylene* Setelah semua spesimen selesai dipotong, berikan jeda waktu pendinginan material dari panas yang dihasilkan pada saat proses pemotongan berlangsung.



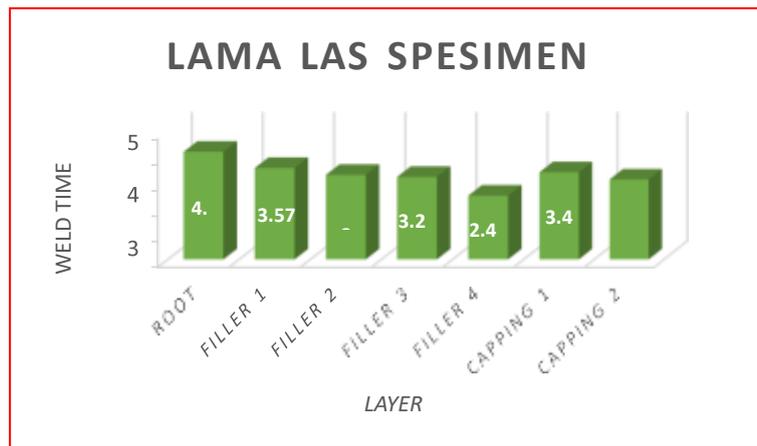
## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Data Pengelasan FCAW

1. Data *Joint* material *Grade* A dengan pengelasan FCAW menggunakan *shielding gas* CO<sub>2</sub> 100% dengan *flow rate* 10 L/min dan *ampere* 160 A dengan diberi identifikasi C1.

Tabel 3. 1 Parameter Spesimen C1

<i>Parameter</i>	<i>Root</i>	<i>Fill 1</i>	<i>Fill 2</i>	<i>Fill 3</i>	<i>Fill 4</i>	<i>Cap 1</i>	<i>Cap 2</i>
<i>Process</i>	FCAW						
<i>Shielding</i>	CO <sub>2</sub>						
<i>Gap</i> (mm)	8	8	8	8	8	8	8
<i>Bevel</i> (°)	20	20	20	20	20	20	20
<i>Flow Rate</i> (L/min)	10	10	10	10	10	10	10
<i>Ampere</i> (A)	160	160	160	160	160	160	160
<i>Voltase</i> (V)	23	23	23	23	23	23	23
<i>Weld Time</i> (minute)	4.06	2.58	3.40	2.50	3.41	4.50	4.02
<i>Preheat Maintenance</i> (°C)	72	121	130	147	165	73	93



Grafik 3. 1 *Weld Time* Spesimen

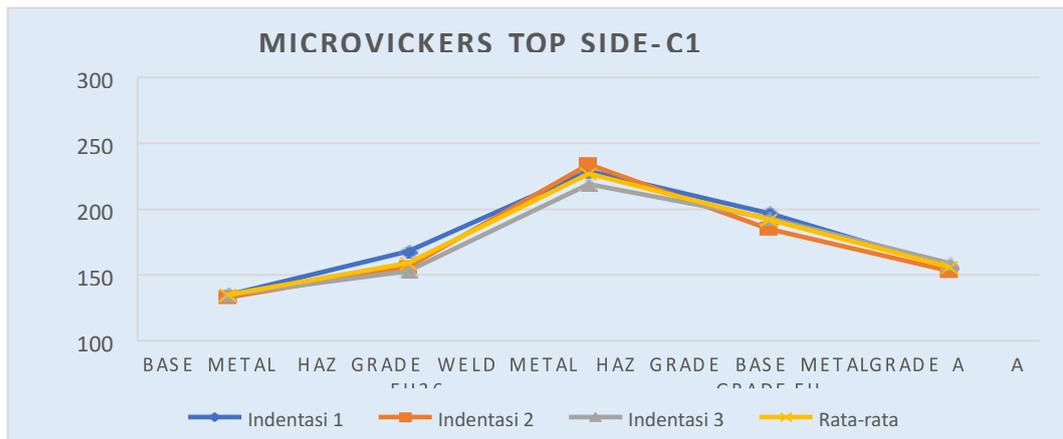
**Hasil Pengujian**

Pengujian ini merupakan salah satu pengujian *destructive test* (DT) yang bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari sebuah spesimen. Pada penelitian ini dalam melakukan uji kekerasan menggunakan metode Vickers (HVN). Beban yang digunakan pada pengujian ini adalah dengan pembebanan gaya 1kgf dan durasi pembebanannya 15 detik. Pengujian dilakukan pada daerah *base metal*, HAZ dan *weld metal* menggunakan pengelasan metode FCAW dengan variasi *shielding gas*, *flow rate* dan *ampere*.

1. Hasil dari pengujian kekerasan dengan *shielding gas* CO<sub>2</sub>, *flow rate* 10 L/min dan *ampere* 160 A menggunakan microvickers dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3.2 Hasil Pengujian *Hardness* Posisi *Top Side*-C1

MICROVICKERS TOP SIDE					Load : 1 Kgf
					Time : 15 s
Spesimen C1	base Metal Grade A	HAZ Grade A	Weld Metal	HAZ Grade EH3B	base Metal Grade EH
HVN1					
Indentasi 1	135	168	229	197	156
Indentasi 2	133	156	234	185	153
Indentasi 3	135	153	219	193	159
Rata-rata	135	159	227	192	156

Grafik 4. 41 *Hardness Top Side-C1*

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian terhadap variasi shielding gas, flow rate dan ampere pada pengelasan FCAW pada material material Grade A ketebalan 16 mm dapat disimpulkan bahwa Hasil analisis masukan panas pengelasan FCAW dengan *shielding gas* CO<sub>2</sub> 100% rata-rata berada pada kisaran 1,40 – 1,67 kJ/mm sedangkan masukan pada *shielding gas mixing* Ar 80% - CO<sub>2</sub> 20% rata-rata berada pada kisaran 1,45 – 1,65 kJ/mm dan Layak dipakai untuk ship deck kapal.

## DAFTAR PUSTAKA

- AWS Welding Handbook. (2004). Welding Processes Part 1 (9th ed., Vol 2). American Welding Society
- Hadi, Eko Sasmiko. 2009. Jurnal: Analisis Pengelasan Mild Steel (ST. 42) dengan Proses SMAW, FCAW dan SAW Ditinjau dari Segi Kekuatan dan Nilai Ekonomis. Teknik Perkapalan: Universitas Diponegoro.
- Ichwannuriza, B. (2020). Analisa Pengaruh Gas Pelindung dan Waktu Terpapar Atmospheric Filler E71T1-CiA2-CS1-H4 pada Demand Critical Joint terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Latif, Samsul. Analisa Teknis Dan Ekonomis Pembangunan Galangan Kapal Untuk Produksi FPU (Floating Production Unit). 2017. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sonawan H., dan Suratman R.2004. Pengantar untuk Memahami Proses Pengelasan Logam,. ALFA BETA, Bandung.
- TWI CSWIP 3.1 – Welding Inspector WIS5
- Wiryosumarto, H., & Toshie, O. (1996). Teknologi PengelasanLogam Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Danial dan Warsiah. (2009). Metode Penulisan Karya Ilmiah. Bandung: Laboratorium Pendidikan Kewarganegaraan UPI.
- Sugiyono. (2009). Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung:Penerbit Alfabeta.