

**PROSES PENGELASAN PIPA ASTM A53 GRADE B DENGAN METODE SMAW PADA  
KAPAL 32M HARBOUR TUG DI PT. DOK BAHARI NUSANTARA  
CIREBON – JAWA BARAT**

Sudiyanto, Anugrah  
Jurusan Teknik Pertambangan, Program Studi Teknik Metalurgi  
Jl. SWK Jl. Ring Road Utara No.104, Ngropoh, Condongcatur, Kec. Depok, Kabupaten Sleman,  
Daerah Istimewa Yogyakarta 55283  
Email: [anton.sudiyanto@upnyk.ac.id](mailto:anton.sudiyanto@upnyk.ac.id), [syahdatiputri22@gmail.com](mailto:syahdatiputri22@gmail.com),

**ABSTRAK**

Dalam proses pembangunan kapal, fabrikasi menjadi salah satu tahap penting yang harus dilewati. Fabrikasi atau pengelasan merupakan kegiatan penyambungan dua material logam dasar dimana logam cair yang berfungsi sebagai material penyambung mengalir mengisi celah material logam dasar secara sempurna. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik yang dihasilkan dari hasil pengelasan pipa ASTM A53 Grade B Diameter 6" Sch.80 dengan menggunakan proses pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dengan jenis elektroda AWS A5.1 E6010. Desain pengelasan yang digunakan yaitu *single* dengan *Root Opening* dan *Root Face* masing-masing 0 - 3 mm, serta *Groove Angle* sebesar 45°. Banyaknya lapisan pengelasan yang digunakan sebanyak 3 lapisan. Arus yang dibutuhkan pada masing-masing lapisannya sebesar 110 A, 140 A, dan 140 A, serta tegangan yang dibutuhkan pada setiap lapisannya sebesar 20 V, 22 V, dan 22 V. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik dihasilkan dari pengelasan ini adalah 577 N/mm<sup>2</sup>. Selain itu ditemukan cacat pada proses pengelasan, seperti cacat *Porosity*, *Undercut*, dan *Incomplete Penetration*.

**Kata kunci:** Pipa ASTM A53 Grade B, *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW), *Porosity*, *Undercut*, dan *Incomplete Penetration*.

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, peningkatan akan kebutuhan sarana transportasi akan meningkat, begitu juga dengan transportasi laut. Transportasi laut yang ada hingga saat ini adalah kapal. Kebutuhan kapal di Indonesia sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena beberapa faktor, seperti letak geografis Indonesia yang berada di jalur perdagangan internasional dan luasnya wilayah perairan Indonesia. Hampir sekitar 77% dari total wilayah Indonesia didominasi oleh wilayah perairan. Dengan terpenuhinya kebutuhan kapal di Indonesia, maka akan meningkatkan ketahanan dan pertahanan Indonesia, kemudahan distribusi logistik antar daerah, serta kemudahan dalam perpindahan manusia.

PT. Dok Bahari Nusantara merupakan perusahaan galangan kapal di Cirebon, dimana pada kegiatan usahanya melakukan pembangunan bangunan kapal baru serta

perbaikan kapal. Perusahaan ini merupakan satu-satunya perusahaan yang melakukan kegiatan pembangunan bangunan kapal baru di Cirebon. Keberadaan PT. Dok Bahari Nusantara sebagai perusahaan galangan kapal dapat membantu negara dalam memenuhi kebutuhan kapal di Indonesia untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat Indonesia.

Dalam proses pembangunan konstruksi kapal, proses pengelasan memegang peranan penting. Pengelasan dibutuhkan untuk menyambungkan dua material logam untuk menghasilkan bagian atau *block* tertentu dari suatu kapal. Penggunaan jenis material sebagai bahan baku, menentukan proses pengelasan yang akan digunakan. Setiap material logam memiliki fenomena yang berbeda-beda yang harus diamati untuk dapat menghasilkan kualitas pengelasan yang sesuai dengan standar yang ditentukan.

Oleh karena itu, pemahaman mengenai

metalurgi dibutuhkan untuk dapat mengamati fenomena metalurgi yang terjadi pada suatu material logam, mengidentifikasi penyebab kegagalan, dan memperbaiki kegagalan yang terjadi sehingga dapat menghasilkan kualitas lasan yang sesuai dengan standar.

### 1.1 SMAW (*Shield Metal Arc Welding*)

SMAW adalah proses *arc welding*, dimana *arc* terbentuk di antara elektroda yang terbungkus dan kampuh las. Nama lain dari SMAW yaitu *stick welding* atau MMA (*manual metal arc welding*). Selama proses logam las dilindungi oleh fluks yang terbakar dan menjadi terak / slag. Selain itu fluks juga berfungsi untuk melindungi *arc* dan logam, cair dari atmosfer disekitarnya sehingga mencegah pembentukan oksida dan nitrida didalam lasan, sebagai deoxidizer logam lasan, dan mampu melarutkan gas-gas yang ada atau terperangkap dalam logam lasan, menstabilkan *arc* dan menjaga kelancaran pemindahan butir-butir cairan logam dan sebagai sumber unsur-unsur padu.

Dalam proses pengelasan SMAW *arc* terbentuk saat ujung dari elektroda digoreskan dengan logam induk, kemudian panas dari *arc* akan mencairkan elektroda dan permukaan logam induk (*molten pool*). Elektroda yang mencair akan tertransfer disepanjang *arc* ke daerah yang akan dilas dan akan membeku menjadi deposit las. Deposit las tersebut akan tertutupi oleh terak yang terbentuk dari fluks yang terbakar.

Dalam proses pengelasan SMAW ini digunakan jenis mesin dengan arus searah atau biasa disebut *Direct Current* (DC) yang dilengkapi dengan komponen yang merubah sifat arus bolak balik (AC) menjadi arus searah yaitu dengan generator listrik. Proses ini menggunakan tipe polarity, yaitu DCEP (*Reversed Polarity*).

### 1.2 Elektroda

*American Welding Society* (AWS) dan beberapa badan lain yang mengatur kualitas elektroda las mengklasifikasikan elektroda berdasarkan komposisi kimia logam las yang tidak diencerkan, atau sifat mekaniknya, atau keduanya. Arus dan posisi pengelasan juga ditunjukkan. Elektroda baja karbon disertakan dalam Spesifikasi AWS A5.1. Ada dua tingkat kekuatan: 60 dan 70 ksi.

Contoh sistem penunjukan elektroda

adalah E6010, yang dijelaskan di bawah ini. Beberapa elektroda lain yang biasa digunakan adalah E7011, E7015, E7018, E7024. Misalnya, dalam elektroda yang ditetapkan sebagai E6010, huruf dan angka memiliki arti sebagai berikut :

- a. Huruf E menunjukkan elektroda
- b. Angka 60 menandakan bahwa kuat tarik logam las yang diendapkan memiliki minimum 60.000 psi
- c. Digit kedua sampai terakhir (1) mewakili posisi pengelasan dimana elektroda cocok untuk digunakan (1 = semua posisi)
- d. Digit terakhir, (0) mengacu pada jenis penutup dan jenis arus, dalam hal ini 0 menunjukkan bahwa penutup adalah selulosa, dan elektroda cocok untuk semua posisi pengelasan.

Syarat-syarat sebuah fluks yaitu : Mempunyai titik cair (*melting point*) lebih rendah dibandingkan logam induk, mempunyai viskositas yang tinggi, mempunyai massa jenis yang rendah, harus mencair seluruhnya pada saat logam pengisi mulai mencair, dapat mengangkat inklusi atau oksida, tetap dalam bentuk cair sampai logam pengisi mulai membeku, dan mudah dilepaskan setelah pengelasan selesai dilakukan.

Elektroda baja paduan rendah disertakan dalam Spesifikasi AWS A5.5. Sistem penomorannya mirip dengan yang digunakan untuk elektroda baja karbon. Akhirnya kombinasi huruf atau huruf / angka ditambahkan untuk menunjukkan konten paduan (misalnya, E7010-A1, E8016-C2). Kekuatan logam las dari elektroda baja paduan berkisar dari kekuatan tarik minimum 70 hingga 120 ksi. Spesifikasi *American Welding Society* (AWS) menggunakan sufiks di akhir penunjukan elektroda untuk mengklasifikasikan elemen paduan, dan dari waktu ke waktu meninjau perkembangan baru dan menambah atau menarik sesuai kebutuhan.

### 1.3 Pipa ASTM A53 Grade B

Pipa adalah bagian utama dari sistem instalasi pipa yang berfungsi menyalurkan fluida, yaitu berupa fluida cair dan fluida gas. PT. DOK Bahari Nusantara menggunakan material pipa dengan jenis ASTM A53 Grade B dengan diameter 6" Sch.80. Material tersebut memiliki komposisi paduan 0,21 C, 0,25 Si, 0,50 Mn, 0,02 S, 0,02 P, 0,05 Cr, 0,02 Ni, dan 0,02

Cu. Untuk kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan elongasi masing-masing yaitu, 472 N/mm<sup>2</sup>, 262 N/mm<sup>2</sup>, dan 29%.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pipa ASTM A53 Grade B Diameter 6" Sch.80, dan elektroda dengan tipe AWS A5.1 E6010.

### 2.2. Alat

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sumber tegangan (*Power Source*)
2. Kabel Masa (*Ground Cable*)
3. Kabel Elektroda (*Electrode Cable*)
4. Penjepit Elektroda (*Holder*)
5. *Claim* Masa
6. Elektroda
7. Gerinda
8. Palu *chipping*
9. Sikat baja
10. Kaca mata las
11. Sarung tangan
12. *Cutting torch*
13. Meteran pita
14. Mesin uji tarik

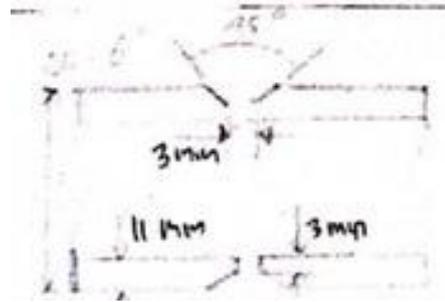
### 2.3 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan- tahapan penelitian ini yang digunakan dalam melakukan pengukuran material yang digunakan sebagai objek penelitian sebagai berikut:

#### 1. Persiapan material

Material yang akan dilas sebelumnya dipersiapkan terlebih dahulu. Persiapan material meliputi permotongan material, pembersihan material, dan pembuatan desain penyambungan. Persiapan material dilakukan untuk mencegah terjadinya cacat pada material sehingga menghasilkan kekuatan yang diharapkan.

Material akan dipotong sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Setelah dipotong, material dibersihkan dari debu dan terak hasil pemotongan dengan menggunakan gerinda, palu *chipping*, dan sikat baja. Setelah material bersih, pembuatan desain sambungan dilakukan dengan desain *single* dengan *Root Opening* dan *Root Face* masing-masing 0 - 3 mm, serta *Groove Angle* sebesar 45°. Pengerjaan pembuatan desain pengelasan dilakukan dengan menggunakan mesin gerinda tangan dan *cutting torch* dan diukur dengan menggunakan busur dan penggaris.



Gambar 1. *single* dengan besar sudut 45°

Ada pun gambar desain sambungan yang digunakan dalam penelitian diilustrasikan pada gambar 1.

## 2. Pengelasan

Pengelasan material pada pipa ASTM A53 Grade B dilakukan dengan proses SMAW menggunakan elektroda AWS A5.1 E6010. Pengelasan dilakukan sebanyak 3 lapisan dengan diameter elektroda masing-masing 3,2 mm, 4 mm, dan 4 mm. Posisi pengelasan yaitu 6G dengan metode *uphill vertical progression*. Besarnya arus dan tegangan yang digunakan untuk masing-masing lapisan, yaitu 110 A dan 20 V untuk lapisan 1, 140 A dan 22 V untuk lapisan 2, dan lapisan 3. Tahapan *post weld heat treatment* (PWHT) tidak dilakukan dalam pengelasan ini. Hasil pengelasan dengan menggunakan SMAW dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Pengelasan SMAW

## 3. Inspeksi

Inspeksi visual merupakan salah satu perangkat paling penting dalam sistem pengendalian kualitas. Untuk beberapa bentuk kegiatan, inspeksi ini menjadi inspeksi yang utama. Inspeksi visual merupakan jenis inspeksi yang paling sederhana. Seringkali inspeksi ini dilakukan secara terstruktur dalam suatu program pengendalian kualitas dan menjadi persyaratan untuk menentukan besarnya kerusakan yang diperloeh sehingga dapat ditentukan pengujian lainnya yang bisa diterapkan.

#### 4. Uji Tarik

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum yang dihasilkan dari pengelasan ini. Uji tarik dilakukan sesuai dengan standar ASTM E.8. Material dipersiapkan terlebih dahulu sesuai dengan prosedur ASTM E.8 sebelum dilakukan pengujian.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Uji Tarik Spesimen

Berdasarkan data yang dihasilkan dari pengujian tarik spesimen nomer 1 dengan dimensi lebar dan tebal masing-masing 25,35 mm dan 15,95 mm, serta luas area 404,33 mm<sup>2</sup> didapatkan nilai kekuatan tarik maksimum yaitu sebesar 577 N/mm<sup>2</sup> dengan total pembebanan yang diterima sebesar 233181 N.

Untuk spesimen nomer 2 dengan dimensi lebar dan tebal masing-masing 25,42 mm dan 15,95 mm, serta luas area 404,70 mm<sup>2</sup> didapatkan nilai kekuatan tarik maksimum yaitu sebesar 582 N/mm<sup>2</sup> dengan total pembebanan yang diterima sebesar 236013 N.

Tabel 1. Data Hasil Uji Tarik

Specimen No.	Width mm	Thickness mm	Area mm <sup>2</sup>	Total load N	U.T.S. N/mm <sup>2</sup>	Character of Failure & location
1	25,35	15,95	404,33	233181	577	Base Metal
2	25,42	15,96	405,70	236013	582	Base Metal

Besarnya kekuatan tarik yang dihasilkan pada spesimen hasil lasan lebih besar dari kekuatan tarik material *Base Metal* yang bernilai 472 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini menandakan bahwa pengelasan material Pengelasan material pada pipa ASTM A53 Grade B dilakukan dengan proses SMAW menggunakan elektroda AWS A5.1 E6010. Pengelasan dilakukan sebanyak 3 lapisan dengan diameter elektroda masing-masing 3,2 mm, 4 mm, dan 4 mm. Posisi pengelasan yaitu 6G dengan metode *uphill vertical progression*. Besarnya arus dan tegangan yang digunakan untuk masing-masing lapisan, yaitu 110 A dan 20 V untuk lapisan 1, 140 A dan 22 V untuk lapisan 2, dan lapisan 3, dapat diterima karena memenuhi persyaratan untuk nilai kekuatan uji tarik, dimana nilai kekuatan tarik minimum spesimen material lasan yang dipersyaratkan sama dengan nilai kekuatan tarik *Base Metal*nya.

Berdasarkan dengan bentuk perpatahannya, perpatahan terjadi pada *Base Metal*. Hal ini menandakan daerah lasan memiliki kekuatan yang lebih besar dari

pada *Base Metal* untuk menahan beban.

#### 3.2 Hasil Inspeksi Visual

Dari hasil inspeksi visual terdapat cacat lasan yang ditemukan pada material lasan. Cacat-cacat tersebut antara lain *Porosity*, *Undercut*, dan *Incomplete Penetration*. Cacat *Porosity* terjadi akibat adanya udara yang terjebak pada daerah lasan. Gambar 3. menunjukkan cacat porositas yang terjadi pada material pipa. Material yang memiliki cacat ini harus diperbaiki dengan melakukan *Tack Weld* karena crack dapat terjadi dimulai pada daerah porositas.



Gambar 3. Cacat *Porosity* pada pengelasan pipa

Cacat *Undercut* terjadi akibat tingginya arus yang digunakan sehingga menyebabkan material *Base Metal* ikut terkikis. Cacat ini dapat mengurangi sifat *Fatigue* pada material, sehingga harus diperbaiki. *Tack Weld* dapat dilakukan untuk mengatasi cacat ini. Gambar 4. menunjukkan cacat *Undercut* pada material pipa.



Gambar 4. Cacat *Undercut* pada pengelasan pipa

*Incomplete Penetration* terjadi akibat tidak sesuai ukuran diameter elektroda dengan ukuran *root*, sehingga *filler metal* tidak meleleh secara sempurna untuk mengisi *root*. Cacat ini dapat menimbulkan crack akibat terkena aliran air bertekanan tinggi yang menyebabkan kebocoran pipa. Cacat ini dapat diperbaiki dengan

melakukan *tack weld* dan dilakukan pengelasan ulang. Gambar 5. menunjukkan cacat *Incomplete Penetration* pada pipa.



**Gambar 5.** Cacat *Incomplete Penetration* pada pengelasan pipa

#### 4. Kesimpulan

Hasil pengelasan pipa ASTM A53 Grade B Diameter 6" Sch.80 dengan menggunakan proses pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dengan jenis elektroda AWS A5.1 E6010. Desain pengelasan yang digunakan yaitu *single* dengan *Root Opening* dan *Root Face* masing-masing 0 - 3 mm, serta *Groove Angle* sebesar 45°. Banyaknya lapisan pengelasan yang digunakan sebanyak 3 lapisan. Arus yang dibutuhkan pada masing-masing lapisannya sebesar 110 A, 140 A, dan 140 A, serta tegangan yang dibutuhkan pada setiap lapisannya sebesar 20 V, 22 V, dan 22 V. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik dihasilkan dari pengelasan ini adalah 577 N/mm<sup>2</sup>. Selain itu ditemukan cacat pada proses pengelasan, seperti cacat *Porosity*, *Undercut*, dan *Incomplete Penetration*.

#### REFERENSI

- B. J. Jürgen, W. C., Robert, and V. Patrick. 2001. "*Encyclopedia of Materials: Science and Technology*". Amsterdam: Elsevier.
- D. Brahma, and B. Rob. 1993. "*Fundamentals of Steelmaking Metallurgy*". New York: Prentice Hall International.
- Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2000. "*Teknologo Pengelasan Logam*". Jakarta: Pradnya Paramita
- S. Ramesh. 2012. "*Applied Welding Engineer: Process, Codes, and Standarts*". English: Elsevier