

**PENGARUH KELEMBABAN *BASE METAL* DAN ELEKTRODA TERHADAP SIFAT MEKANIK HASIL PENGELASAN SMAW BAJA KARBON A36**

**Jefry Eko Waluyo<sup>1)</sup>, Pramudya Imawan Santosa<sup>2)</sup>, Erifive Pranatal<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

<sup>2,3)</sup> Dosen Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

[jefryrianto.je@gmail.com](mailto:jefryrianto.je@gmail.com)

**Abstrak:** Pada kegiatan pembangunan kapal, kualitas hasil las sangat diperhatikan terutama pengkondisian benda kerja yang akan dilas dan pengkondisian elektroda yang akan digunakan. Namun tempat kerja yang terbuka terkadang menyebabkan tingkat kelembaban pada base metal dan elektroda meningkat. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh tingkat kelembaban base metal dan elektroda terhadap sifat mekanik hasil pengelasan SMAW pada baja A36. Pengelasan menggunakan posisi 1G dengan arus 125 A dan tegangan 72 V menggunakan elektroda E6013 berdiameter 4 mm. Dalam penelitian terdapat hasil tegangan tarik plat A36 yang digerindra yang terbesar adalah 640 Mpa dengan regangan tarik 7,5% menggunakan elektroda baru dan hasil uji tegangan tarik yang terkecil adalah 579,2 Mpa dengan regangan tarik 2,5% menggunakan elektroda basah. Sedangkan hasil uji tegangan tarik plat A36 yang digerindra dilembabkan semalam yang terbesar adalah 691,2 Mpa dengan regangan tarik 10% menggunakan elektroda baru dan hasil uji tegangan tarik yang terkecil adalah 153,6 Mpa dengan regangan tarik 2,5% menggunakan elektroda basah. Semakin lembab atau basah pada perlakuan base metal dan elektroda semakin mempengaruhi hasil nilai pada hasil uji tarik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat kelembaban base metal dan perlakuan elektroda mempengaruhi hasil pengelasan SMAW.

**Kata kunci:** *base metal*, elektroda, sifat mekanik.

**PENDAHULUAN**

Pengelasan adalah penyambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Penyambungan dua buah logam menjadi satu dilakukan dengan jalan pemanasan atau pelumeran, dimana kedua ujung logam yang akan disambung di buat lumer atau dilelehkan dengan busur nyala atau panas yang didapat dari busur nyala listrik (gas pembakar) sehingga kedua ujung atau bidang logam merupakan bidang masa yang kuat dan tidak mudah dipisahkan (Arifin ,S .1997).

Pada kegiatan pembangunan kapal, kualitas hasil las sangat diperhatikan. Oleh sebab itu aktifitas persiapan sebelum pengelasan selalu dilakukan guna mendapat hasil pengelasan yang maksimal. Salah satu persiapan yang dilakukan adalah pengkondisian benda kerja yang akan dilas dan pengkondisian elektroda yang akan digunakan. Namun terkadang kondisi tempat kerja yang terbuka dan cuaca hujan menyebabkan pengkondisian benda kerja tidak maksimal. Tempat kerja yang terbuka menyebabkan benda kerja atau base metal yang sudah dikondisikan/digerinda sebelum pengelasan akan mengalami pelembaban saat dibiarkan semalam ataupun terkena hujan. Sedangkan untuk kasus elektroda kelembaban terjadi ketika sisa elektroda yang dibawa pekerja dan belum digunakan disimpan pada tempat penyimpanan elektroda yang terbuka. Pada industri perkapalan, banyak digunakan tipe baja A36 dan elektroda E6013. Baja A36 merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C. Baja karbon A36 memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Jenis ini sangat reaktif dan mudah sekali untuk berubah kembali ke bentuk besi oksida (berkarat) jika terkontaminasi air, oksigen dan ion. Baja karbon A36 mempunyai sifat mampu las yang dipengaruhi oleh kekuatan tarik dan kepekaan terhadap retak las. Pada pemilihan

arus las dipilih arus sebesar 120 A karena sudah terbukti merupakan arus yang optimum untuk pengelasan (Roland, 2017).

Pengelasan SMAW merupakan pengelasan menggunakan busur nyala listrik sebagai panas pencair logam. Busur listrik terbentuk diantara elektroda terlindung dan logam induk. Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar. Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda selama pengelasan mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi (Wiryosumarto, 2004).

Menurut Asyari, (2007), proses pengelasan terdapat jenis-jenis cacat yang biasanya dijumpai antara lain : a) Retak yaitu jenis cacat ini sering terjadi pada logam las (*weld metal*), daerah pengaruh panas (HAZ) atau pada daerah logam dasar (*parent metal*), b) Porositas yaitu cacat las berupa lubang-lubang halus atau pori-pori yang biasanya terbentuk di dalam logam las akibat terperangkapnya gas yang terjadi ketika proses pengelasan, c) Inklusi yaitu Cacat disebabkan oleh pengotor (inklusi) baik berupa produk karena reaksi gas atau berupa unsur-unsur dari luar, seperti: terak, oksida, logam wolfram atau lainnya. Cacat ini biasanya terjadi pada daerah bagian logam las (*weld metal*), d) Kurangnya Fusi atau Penetrasi, kurangnya Fusi Cacat ini merupakan cacat akibat terjadinya discontinuity yaitu ada bagian yang tidak menyatu antara logam induk dengan logam pengisi, sedangkan kurangnya Penetrasi yaitu cacat yang terjadi bila logam las tidak menembus mencapai sampai ke dasar dari sambungan, e) Bentuk yang tidak sempurna, cacat jenis ini memberikan geometri sambungan las yang tidak baik (tidak sempurna) seperti: *undercut, underfill, overlap, excessive reinforcement* dan lain-lain.

Menurut Wiryosumarto (2004) terdapat empat posisi pengelasan, yaitu: a) Posisi Datar (1G), pengelasan yang dilakukan pada permukaan rata atau datar dan dilakukan di bawah tangan. Kemiringan elektroda las sekitar 10°- 20° terhadap garis vertikal dan 70°- 80° terhadap benda kerja, b) Posisi Horizontal (2G), pengelasan merata, dimana kedudukan benda kerja dibuat tegak dan arah elektroda mengikuti horizontal. Sewaktu mengelas elektroda dibuat miring sekitar 5°- 10° terhadap garis vertikal dan 70°- 80° kearah benda kerja, c) Posisi Vertikal (3G), pengelasan yang dilakukan arah pengelasannya keatas atau kebawah. Pengelasan ini termasuk pengelasan yang paling sulit karena bahan cair yang mengalir atau menumpuk diarah dapat diperkecil dengan kemiringan elektroda sekitar 10°- 15° terhadap garis vertikal 70°- 85° terhadap benda kecil, d) Posisi di Atas Kepala atau Over Head, pengelasan dengan posisi benda kerja terletak pada bagian atas juru las dan kedudukan elektroda sekitar 5°- 20° terhadap garis vertikal dan 75°- 85° terhadap benda kerja.

Plat baja ASTM A36 adalah baja karbon rendah yang memiliki kekuatan yang baik dan juga ditambah dengan sifat baja yang bisa dirubah bentuk menggunakan mesin dan juga dilakukan pengelasan. Plat baja ASTM A36 juga dapat dilakukan pelapisan galvanish maupun coating untuk memberikan ketahanan terhadap korosi. Plat baja ASTM A36 dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi, tergantung pada ketebalan plat dan juga tingkat ketahanan korosinya. Beberapa produk yang menggunakan plat baja jenis ini seperti konstruksi bangunan, tanki, maupun pipa (Andik, 2017).

Elektroda E 6013 termasuk elektroda dengan kandungan hidrogen yang rendah dengan slag yang mudah dibuang. Bahan fluks yang digunakan untuk jenis E6013 adalah kalium titania tinggi. Jenis selaput ini dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi, tetapi kebanyakan jenis E6013 sangat baik untuk posisi pengelasan tegak arah ke bawah (Trisma, 2014). E6013 yang mengandung kalium memudahkan pemakaian pada parameter mesin yang rendah dan dipakai untuk mengelas pelat tipis. Untuk komposisi kimia logam las meliputi: C (0,1%), Si (0,27%), Mn (0,37%), Cr (0,006%), Ni (0,06%), Mo (0,01%), S (0,035%) dan V (0,01%) (Febri, 2017).

## **Seminar Nasional Kelautan XIV**

“ Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia”  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

Penandaan menurut AWS (*American Welding Society*) biasanya dengan kode EXXXX. Huruf E menyatakan elektroda terbungkus untuk SMAW, XX setelah E menyatakan kekuatan tarik deposit bahan lasan dalam 1000 psi, X ketiga menyatakan posisi pengelasan yang bisa dilakukan, X keempat menyatakan jenis fluks yang digunakan . Elektroda E 6013 bisa dipakai untuk berbagai posisi pengelasan (Harsono, 1986 ).

Uji tarik (*Tensile Test*) merupakan suatu metode pengujian untuk mengetahui sifat mekanik pada material dengan memberikan beban pada benda uji dengan sebuah tarikan. Proses pengujian dilakukan pada material pada (logam dan non logam) untuk mengetahui perilaku terhadap material pada mekanis seperti tegangan maksimal, regangan dan tegangan luluh. Proses pengujian ini dilakukan dengan cara sederhana yaitu dengan menjepit benda uji/spesimen pada mesin uji tarik, pada mesin uji tarik juga dilengkapi dengan komputer atau kontrol sehingga dapat memudahkan nilai perhitungan pada perubahan panjang yang terjadi akibat penambahan beban secara langsung. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva (Wiryosumarto, 2004).

## **METODE PENELITIAN**

### **Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat sebagai berikut : a) PT. Dok dan Perkapalan Surabaya selama 2 bulan melakukan proses persiapan (pembuatan material uji), b) Laboratorium Material di Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, dilakukan proses pengujian.

### **Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah Plat baja karbon rendah A36 dengan diameter 10 mm dengan 2 kondisi perlakuan, yaitu dengan kondisi setelah digerinda halus dan digerinda halus kemudian dilembabkan dalam waktu semalam, seperti Gambar 1.



**Gambar 1.** Plat A36 yang telah digerinda halus dan digerinda dilembabkan semalam.

Elektroda E6013 dengan diameter 4 mm dengan 3 kondisi, yaitu dengan kondisi baru, basah dan dilembabkan, seperti Gambar 2.



**Gambar 2.** Elektroda E6013 dengan Kondisi Basah, kondisi lembab dan kondisi baru

### **Prosedur Penelitian**

#### Pembuatan Spesimen:

- Mempersiapkan material dengan ukuran lebar 100 mm panjang 200 mm sejumlah 12 buah ( 6 pengelasan ) , salah satu sisi panjang pelat dipotong dengan sudut  $30^\circ$
- Memasang material pada ragum mesin pemotong (bever), selanjutnya atur alat otomatis pemotong dengan sudut yang diinginkan dan nyalakan mesin dengan menekan tombol on atau off dan dilakukan pemotongan pada garis pemotongan yang telah ditentukan dengan perlahan-lahan dan hati-hati
- Membuat kampuh V terbuka dengan ukuran yang telah ditentukan menggunakan mesin bever sesuai prosedur pengoperasian mesin
- Meratakan sisi-sisi pemotong dengan mesin gerinda agar rapi dan tidak membahayakan dan Memastikan sudut potongan plat untuk kampuh sebesar  $30^\circ$

#### Proses Pengelasan Spesimen

- Siapkan baja karbon A36 dengan diameter 10 mm dengan 2 perlakuan, yaitu kondisi setelah digerinda halus dan gerinda halus yang dilembabkan dalam waktu semalam
- Ikat 2 plat yang akan disambung (tack weld) menggunakan plat bantuan di belakang area pengelasan agar tidak terjadi distorsi
- Atur arus dan tegangan pada mesin las, yaitu 125 A dan 72 V
- Pada elektroda disiapkan 3 kondisi elektroda yang berbeda yaitu kondisi basah, kondisi dilembabkan semalam dan kondisi baru
- Pengelasan pertama menggunakan elektroda jenis penembusan atau RB dilakukan dibagian sambungan kampuh V, kemudian pengelasan selanjutnya menggunakan elektroda E6013 beberapa layer sampai penuh.
- Pengelasan dilakukan sesuai dengan kondisi di lapangan, dimana pengerjaan gerinda hanya dilakukan di awal sebelum pengelasan dan di akhir setelah pengelasan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hasil Pengelasan**

Pada awal proses pengelasan menggunakan elektroda basah, busur las sangat susah dinyalakan. Menyalakan busur las pada saat awal pengelasan menggunakan elektroda basah setidaknya membutuhkan 3 sampai 5 kali usaha. Pada saat pengelasan, nyalakan busur las juga tidak stabil sehingga membuat laju *weld metal* yang masih dalam kondisi mencair sangat susah dikendalikan. Busur las yang tidak stabil tersebut bisa jadi dikarenakan kondisi fluks pelapis elektroda telah rusak pada saat pengelasan berlangsung. Fluks pelapis elektroda yang mempunyai

kondisi basah, akan menjadi retak dan akan terpisah dengan kawat inti tepat sebelum terkena nyala busur las seperti pada gambar 3



**Gambar 3.** Kondisi elektroda basah setelah digunakan

Terpisahnya *fluks* pelapis elektroda tepat sebelum terkena nyala busur las menyebabkan *fluks* pelapis yang terlepas jatuh ke cairan *weld metal* dan tidak dapat melebur dengan sempurna sehingga menyebabkan cacat pengelasan seperti pada gambar 4.

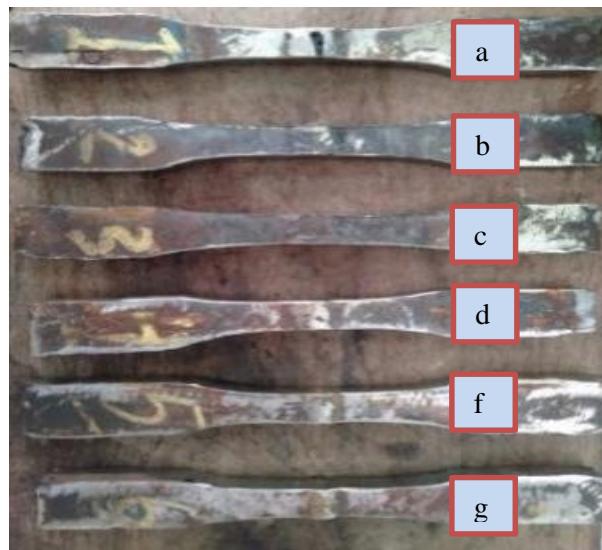


**Gambar 4.** Hasil pengelasan menggunakan elektroda basah

Pada proses pengelasan menggunakan elektroda lembab dan elektroda kering dapat dilakukan tanpa kesulitan. Namun pada hasil pengelasan elektroda lembab, lapisan slag lebih susah dibersihkan. Begitu juga pada hasil pengelasan dengan kondisi base metal yang digerinda namun dilembabkan semalam, lapisan slag lebih susah dibersihkan dibandingkan hasil pengelasan dengan kondisi base metal setelah digerinda

### **Hasil Uji Tarik**

Pada spesimen pelat A36 tebal 10 mm, dilakukan pengelasan dengan Posisi pengelasan, meliputi: a) Elektroda baru dikeluarkan dari kotak pembungkus, elektroda lembab dan elektroda dicelupkan ke dalam air menggunakan posisi pengelasan datar (1G), b) Base metal dengan kondisi digerinda dan kondisi digerinda namun dilembabkan semalam



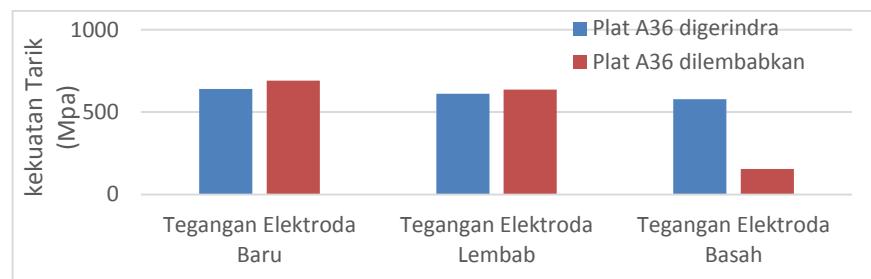
**Gambar 5.** Plat A36 dengan diameter 10 mm (a) pelat dilembabkan electrode basah, (b) pelat dilembabkan electrode lembab, (c) pelat dilembabkan elektroda baru, (d) pelat digerinda elektroda basah, (e) pelat digerinda elektroda lembab, (f) pelat digerinda elektroda baru.



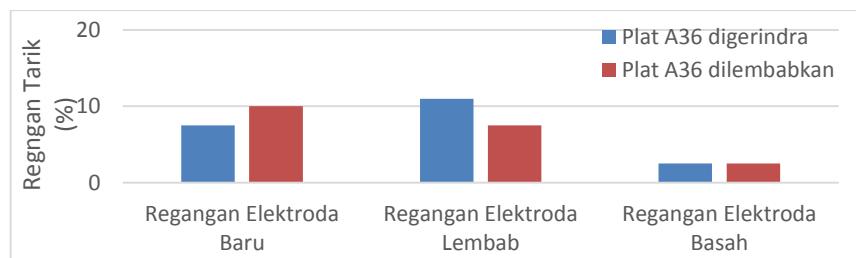
**Gambar 6.** Plat A36 setelah uji tarik

**Tabel 1.** Hasil Uji Tarik Pelat A36 tebal plat 10 mm posisi 1G

<b><math>l_0</math> (mm)</b>	<b>L (mm)</b>	<b><math>\varepsilon</math> (%)</b>	<b><math>\sigma_y</math> (Mpa)</b>	<b><math>\sigma_u</math> (Mpa)</b>	<b><math>\sigma_f</math> (Mpa)</b>
200	205	2,5%	128	153,6	147,2
200	215	7,5%	454,4	636,8	630,4
200	220	10%	457,6	691,2	676,8
200	205	2,5%	480	579,2	576
200	222	11%	326,4	611,2	604,8
200	215	7,5%	361,6	640	636,8



**Gambar 7.** hasil Tegangan Tarik dengan Posisi 1G



**Gambar 8.** hasil Regangan Tarik dengan Posisi 1G

### Pembahasan

Pada gambar 7 pelat A36 yang digerinda memiliki nilai hasil uji tarik terkecil adalah 579,2 Mpa dengan menggunakan elektroda basah dan nilai hasil uji tarik terbesar adalah 640 Mpa dengan menggunakan elektroda baru. Sedangkan pelat A36 yang digerinda kemudian dilembabkan semalam memiliki nilai hasil uji tarik terkecil adalah 153,6 Mpa dengan menggunakan elektroda basah dan nilai uji terbesar adalah 691,2 Mpa dengan menggunakan elektroda baru.

Pada gambar 8 pelat A36 yang digerinda memiliki nilai hasil regangan tarik terkecil adalah 2,5% dengan menggunakan elektroda basah dan nilai hasil uji tarik terbesar adalah 11% dengan menggunakan elektroda baru. Sedangkan plat A36 yang digerinda kemudian dilembabkan semalam memiliki nilai hasil uji tarik terkecil adalah 2,5% dengan menggunakan elektroda basah dan nilai uji terbesar adalah 10% dengan menggunakan elektroda baru.

Dari hasil gambar 6, terlihat hasil uji tarik terjadi patah *weld metal* pada spesimen 1, 2, dan spesimen 4. Hal ini menunjukkan cacat las yang terjadi akibat kombinasi tingkat kelembaban antara base metal dan elektroda cukup tinggi. Sedangkan pada spesimen 3, 5, dan spesimen 6 terjadi patahan pada base metal. Hal ini menunjukkan *weld metal* masih mampu menerima beban uji tarik, meskipun pada spesimen 3 dan spesimen 5 masih terlihat cacat las. Cacat las dapat dilihat pada bagian dalam *weld metal* seperti pada gambar 9 untuk spesimen 3 dan gambar 10 pada spesimen 5. Sedangkan pada spesimen 6 yang dikondisikan tidak lembab, tidak terjadi cacat pengelasan seperti pada gambar 11.



**Gambar 9.** Hasil Uji Tarik Spesimen 3

## **Seminar Nasional Kelautan XIV**

“ Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia”  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019



**Gambar 10.** Hasil Uji Tarik Spesimen 5



**Gambar 11.** Hasil Uji Tarik Spesimen 6

## **KESIMPULAN**

Tegangan tarik plat A36 yang digerindra yang terbesar adalah 640 Mpa dengan regangan tarik 7,5% menggunakan elektroda baru dan hasil uji tegangan tarik yang terkecil adalah 579,2 Mpa dengan regangan tarik 2,5% menggunakan elektroda basah. Sedangkan hasil uji tegangan tarik plat A36 yang digerindra dilembabkan semalam yang terbesar adalah 691,2 Mpa dengan regangan tarik 10% menggunakan elektroda baru dan hasil uji tegangan tarik yang terkecil adalah 153,6 Mpa dengan regangan tarik 2,5% menggunakan elektroda basah. Semakin lembab atau basah pada perlakuan base metal dan elektroda semakin mempengaruhi hasil nilai pada hasil uji tarik. Sehingga disimpulkan bahwa tingkat kelembaban *base metal* dan perlakuan elektroda mempengaruhi hasil pengelasan SMAW, semakin elektroda dan base metal dalam kondisi basah maupun lembab pada saat pengelasan SMAW akan menyebabkan semakin menurunnya nilai tegangan tarik pada hasil pengelasan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Andik S., Prantasi H.T. 2017. *Analisa Surface Preparation Pada Plat Baja ASTM A36*,: jurusan Teknik Mesin . Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- Arifin, S. 1997. *Las Listrik dan Otogen*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Arsyari, D. 2007. *Manajemen Pemeliharaan Mesin*,: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas darma Persada.
- Febri R. 2017. *Pengaruh Jenis Elektroda dan Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Pada Pengelasan Baja ST 41*,: Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas nusantara.
- Harsono W., Toshie O. 1986. *Teknologi pengelasan Logam*,: Pradnya Paramita
- Rolland, T. A. 2017. *Analisa Cacat Las Pada Pengelasan Butt Joint dengan Variasi Arus dan Posisi Pengelasan*,: Teknik Perkapalan ITATS Surabaya
- Wiryosumarto, H., 2004. *Teknologi Pengelasan Logam*,: PT. Pradya Paramita, Jakarta