

**PENGELASAN PLAT KAPAL DENGAN VARIASI JENIS ELEKTRODA DAN MEDIA PENDINGIN****Miftakhul Huda\*, Sri Mulyo Bondan Respati dan Helmy Purwanto**Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang  
JL. Menoreh Tengah X/22, Semarang 645323, Indonesia

\*Email: hudarebell.mh@gmail.com

**ABSTRAK**

*Dalam proses pengelasan, bagian yang di las menerima panas setempat yang mengakibatkan pengembangan termal, sedangkan bagian yang dingin tidak mengalami perubahan sehingga dapat mengakibatkan ketidak seragaman regangan, hal ini juga berpengaruh terhadap perubahan struktur yang terkandung didalamnya. Maka dari itu pemelihan jenis elektroda serta media pendingin sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik benda dan juga perubahan kandungan struktur yang terjadi di dalamnya. Berdasarkan analisa yang dilakukan, untuk jenis elektroda E6013 NK dengan media pendingin berupa oli, udara, dan air laut, nilai kekuatan tarik tertinggi pada media pendinginan udara yaitu sebesar 57.016 kg/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk jenis elektroda E7018 LB, kekuatan tarik rata-rata tertinggi justru pada jenis pendinginan air laut yang mencapai nilai tegangan tarik hingga 55.228 kg/mm<sup>2</sup>. Kandungan Hidrogen rendah sangat baik untuk mencegah deoksidasi pada saat pengelasan, karena baja yang memiliki kadar oksigen tinggi apabila tercampur pada saat proses pengelasan, maka tegangan tariknya akan menurun.*

**Keyword :** pengelasan, media pendingin, elektroda, tegangan tarik, struktur mikro

**PENDAHULUAN**

Kemajuan teknologi pengelasan akhir-akhir ini sangatlah membantu dalam pekerjaan pembuatan konstruksi baik yang sederhana maupun konstruksi yang mempunyai tingkat kesulitan dan persyaratan tinggi. Salah satunya pengelasan SMAW (*shield Metal Arc Welding*) yaitu pengelasan menggunakan logam berselaput sebagai bahan tambah dengan panas yang didapat dari busur listrik.

Menurut Suprijanto (2013) pengelasan merupakan proses penyambungan dua logam paduan atau lebih yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair sehingga setelah membeku akan terbentuk sambungan melalui ikatan kimia yang dihasilkan dari pemakaian energi panas.

Haryadi (2007) media pendingin air tawar dan air laut tidak memberi pengaruh banyak terhadap kekuatan tarik dengan nilai kekuatan tarik antara 29,17 kg/mm<sup>2</sup> - 45,45 kg/mm<sup>2</sup>, namun pengaruh nilai kekerasan antara 137,7 HVN - 244,9 HVN. Akibat proses pengelasan, logam di daerah las mengalami deformasi dan tegangan termal yang berpengaruh pada kekuatan, cacat las dan retak (Supriyanto dkk, 2011)

Pada industri perkapalan, diharapkan seorang juru las haruslah mengetahui tentang kandungan bahan material, serta keadaan logam setelah dilakukan pengelasan termasuk

pada proses pendinginannya. Baja ST 60 termasuk baja karbon menengah dengan kadar karbon 0,3-0,6 % dengan kekuatan tarik maksimum mencapai 60 kg/mm<sup>2</sup>. (Sunaryo, 2008)

Plat kapal diklasifikasikan menurut BKI dengan jenis meliputi SS 400, ASTM A57-2, ST 52-3 dan lain-lain dengan tebal: mulai dari 6 mm s/ d 100 mm, lebar : 1500 mm s/ d 2700 mm, panjang : 6 m s/ d 13 m. Sifat mekanis yang karus dimiliki untuk plat kapal biasa adalah : batas lumer 24 kg/ mm<sup>2</sup>, kekuatan tarik 41 kg/ mm<sup>2</sup> s/ d 50 kg/ mm<sup>2</sup>, dan regangan patah minimal 22%. (Dinariyana, 2011)

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah mengetahui kekuatan tarik plat baja ST 60, serta analisa struktur mikro terhadap jenis elektroda E 6013 NK dan E 7018 LB dengan media pendingin berupa oli, udara dan air laut, juga uji kelayakan baja St 60 sebagai plat kapal berbagai macam media pendinginan yang dapat digunakan dengan berbagai kandungan menurut viskositasnya :

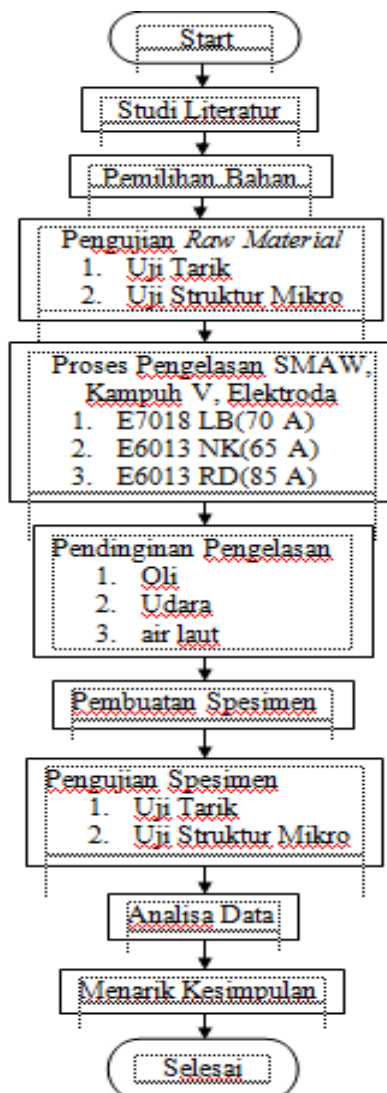
1. Air Garam ( $\rho=1025$  kg/m<sup>3</sup>,  $\nu =1.01$  Pa.s)
2. Air ( $\rho=998$  kg/m<sup>3</sup>,  $\nu =1.01$  Pa.s)
3. Solar ( $\rho=981$  kg/m<sup>3</sup>,  $\nu=3.25$  Pa.s)
4. Oli ( $\rho=981$  kg/m<sup>3</sup>,  $\nu =4.02$  Pa.s)
5. Udara ( $\rho=1,2$  kg/m<sup>3</sup>)

Udara tidak memiliki Viskositas tetapi hanya memiliki massa jenis sehingga laju pendinginannya sangat lambat. (Farida, 2012)

## METODE PENELITIAN

Alur penelitian seperti terlihat pada Gambar 2.

### Diagram alir penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

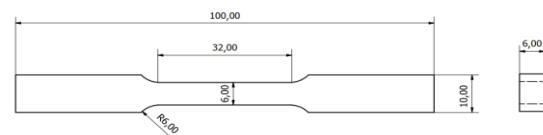
Adapun alat dan bahan pada penelitian kali ini adalah Pesawat/mesin las busur jenis Krisbow Rilon ARC 400 G, alat perkakas meja bangku, untuk ahan yang digunakan berupa plat baja jenis St 60, Elektroda E 7018 LB, E 6013 NK dan E 6013 RD

### Proses Penelitian

Studi literatur merupakan metode pengambilan data sekaligus informasi dari buku-buku atau jurnal ilmiah yang kemudian dijadikan sebagai sumber refrensi.

Proses selanjutnya pemilihan bahan berupa baja jenis ST 60 yang dalam standart Jerman dinyatakan jenis baja karbon menengah dengan kekuatan tarik paling tidak 600 N/mm. Selanjutnya yaitu Pengujian *Raw Material* dengan tujuan untuk mengetahui nilai dan sifat mekanis dari bahan ST 60. Setelah mengetahui kekuatan tarik material awal, selanjutnya dilakukan proses pengelasan dan pendinginan berupa oli, udara dan air laut.

Untuk standart pengujian pada penelitian ini menggunakan dua jenis spesimen uji yaitu, uji tarik menggunakan standar ASTM E8/E8M-09 dan uji struktur mikro.



Gambar 2 Standart uji tarik E8/E8M-09

Setelah dilakukan pengujian selanjutnya dilakukan analisa dari data hasil pengujian tarik dan juga struktur mikro. Untuk tahap akhir yaitu menarik kesimpulan yang berdasarkan dari data hasil pengujian dan analisa

### Variabel Dalam Penelitian

Variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### Variabel Bebas

Spesimen tanpa pengelasan dan perlakuan pendinginan, spesimen dengan pengelasan menggunakan elektroda E7018 LB untuk *root weld* (penembusan) dan E6013 RD sebagai *cuping* (penutup) atau sebaliknya namun, digunakan elektroda E6013 NK sebagai *root weld* dan E7018 LB sebagai *cuping* dengan pendinginan berupa berupa air laut, oli, dan udara.

#### Variabel Terikat

Struktur mikro permukaan, luas penampang, nilai tegangan, nilai regangan, kekuatan tarik

#### Variabel Kontrol

Jenis baja yang digunakan untuk spesimen yaitu jenis ST 60 dengan ketebalan 6 mm, dan arus yang digunakan mulai dari 65 hingga 85 ampere.

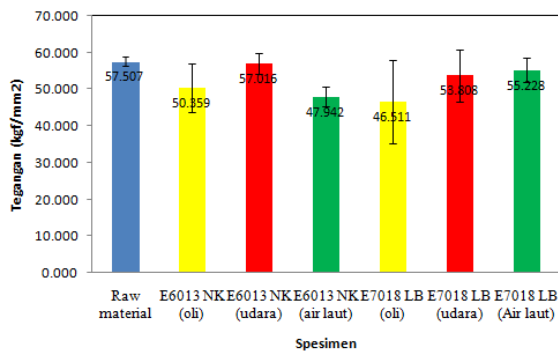
**HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**Hasil Pengujian Tarik**

**Tabel 1 Hasil pengujian tarik**

No. Spesimen	Area (mm <sup>2</sup> )	Yield stress (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Max load (Kgf/mm <sup>2</sup> )	max stress (Kgf/mm <sup>2</sup> )	elongation (%)
1 Raw Material	38.413	48.552	2208.257	57.507	51.200

No. Spesimen	Area (mm <sup>2</sup> )	Yield stress (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Max load (Kgf/mm <sup>2</sup> )	max stress (Kgf/mm <sup>2</sup> )	elongation (%)
1 E6013 NK (oli)	39.307	45.362	1976.400	50.359	38.267
2 E6013NK (udara)	39.307	51.534	2237.580	57.016	45.483
3 E6013 NK (air laut)	41.540	43.362	1991.990	47.942	26.933

No. Spesimen	Area (mm <sup>2</sup> )	Yield stress (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Max load (Kgf/mm <sup>2</sup> )	max stress (Kgf/mm <sup>2</sup> )	elongation (%)
1 E7018 LB (oli)	41.987	40.847	1961.207	46.551	30.667
2 E7018 LB (udara)	44.667	46.856	2490.717	53.808	45.717
3 E7018 LB (air laut)	38.190	50.000	2279.863	55.228	47.433



Gambar 3 grafik hasil uji tarik kekuatan tarik tertinggi pada jenis elektroda E6013 NK yaitu pada pendinginan udara, dimana hasil kekuatan tarik hampir mendekati *raw material* yang sebesar 57.507 Kg/mm<sup>2</sup> dan setelah di lakukan pengelasan serta pendinginan udara, nilai kekuatan tarik berubah menjadi 57.016 Kg/mm<sup>2</sup> sedangkan kekuatan tarik terendah pada media pendingin air laut dengan nilai kekuatan tarik sebesar 47.942 hal itu dikarenakan laju pendinginan sangat berpengaruh terhadap hasil pengujian tarik. (Hanafi, 2012). Dapat disimpulkan jika laju pendinginan semakin cepat, maka akan semakin menurunkan kekuatan tarik. Sedangkan pada jenis elektroda E7018 LB nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi justru terjadi pada jenis pendinginan air laut, hal ini di karenakan kandungan fluks yang terdapat pada tipe elektroda E7018 LB berupa serbuk besi yang juga terdapat pula kandungan hidrogen rendah di dalamnya. Sedangkan air laut juga memiliki kadar hidrogen di dalamnya,

dimana H<sup>2</sup> merupakan reduktor untuk menghilangkan oksigen dari oksida logam contohnya reaksi penghilangan oksigen pada tembaga oksida. (Farida, 2012) sedangkan ketangguhan logam las turun apabila kadar oksigen di dalamnya naik, selain itu bahan utama yang terdapat pada fluks jenis serbuk besi meliputi antara 15-50% adalah silikat dan serbuk besi (Wirjosumarto, 1988).

**Hasil Uji Struktur Mikro**

Dalam sifat mekanik logam, apabila kadar karbon meningkat maka transformasi austenit menjadi ferit akan menurun dan akan mencapai minimum pada titik prosentase karbon 0,8% pada temperatur 723°C.



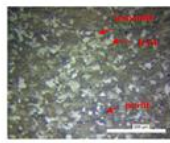
Gambar 4 struktur mikro baja St 60

Gambar 4 menunjukkan struktur mikro dari kandungan baja St 60, di mana butiran martensit sangatlah tinggi, dan juga struktur perlit yang hampir mencapai 45%. Jika di bandingkan dengan struktur martensit selisihnya hanyalah sedikit karena diantara struktur martensit dan perlit, terdapat pula butiran ferit. Kandungan ferit inilah yang membentuk sifat ulet pada material mula, namun kandungan perlit dan juga martensit menjadikan material menjadi keras.

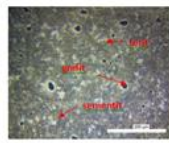
**Struktur mikro pada media pendinginan Oli, Udara, Air laut dengan elektroda E 6013 NK**

Penggunaan oli sebagai media pendingin akan menyebabkan timbulnya selaput karbon pada spesimen yang tergantung pada besarnya viskositas. (Saputra dkk, 2014) seperti yang nampak pada Gambar 5a Dimana struktur ferit lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan perlit dan juga sementit pada logam induk. Pada Gambar 5a dimana terjadi penurunan butiran ferit dan bertambahnya butiran sementit yang lebih banyak sehingga kekerasan material pada daerah logam las lebih tinggi jika dibandingkan dengan logam induknya. untuk daerah HAZ material menjadi

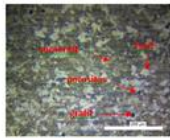
ulet, karena penurunan butir sementit yang sangat banyak.



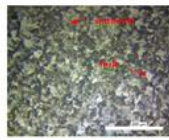
Gambar 5 a



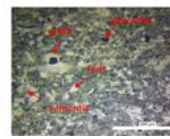
Gambar 6 b



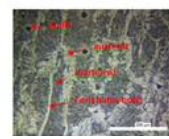
Gambar 5 b



Gambar 6 b



Gambar 5 c

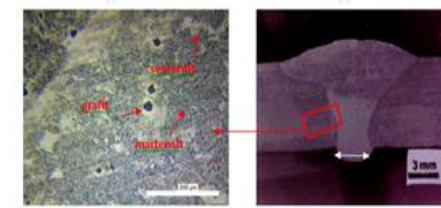
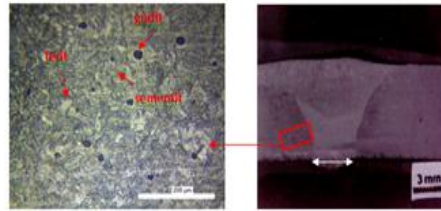
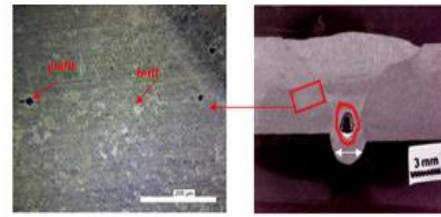


Gambar 6 c

Gambar 5 struktur mikro logam induk dan 6 logam las elektroda E6013 NK

pembahasan struktur mikro pada media pendingin berupa oli, udara dan air laut yang dapat dilihat pada Gambar 5(a)-5(c) logam induk dan 6(a)-6(c) logam las setelah pengelasan dengan media pendingin (a) oli, (b) udara, (c) air laut.

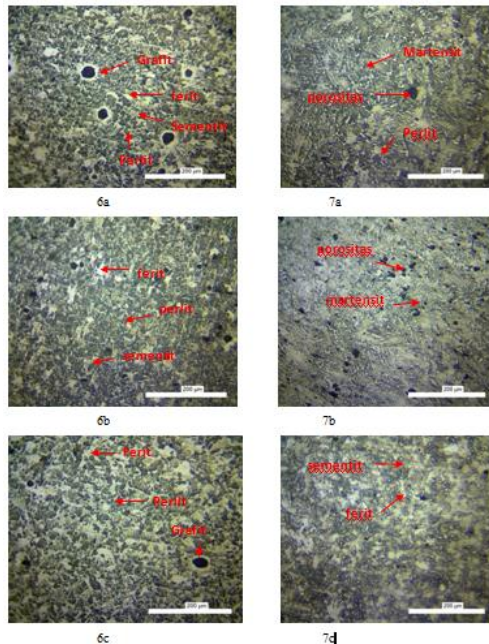
Gambar 5b berupa keadaan logam induk setelah melalui proses pengelasan dan juga pendinginan berupa udara. Dimana struktur ferit lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan perlit dan juga sementit dan terjadi porositas pada logam induk cukup tinggi. Sedangkan pada logam las terdapat butiran sementit namun, terdapat pula butiran ferit yang lebih kasar serta porositas yang menurun, sehingga meskipun material pada logam las sedikit lebih keras akan tetapi tingkat kerapuhannya rendah. Tidak terjadi perubahan yang tinggi pada daerah HAZ, hanya saja pada daerah HAZ struktur ferit yang terbentuk lebih sedikit daripada struktur ferit yang terbentuk pada logam las. Gambar 6c adalah hasil mikro dari pendinginan air laut, Air mengandung garam memiliki viskositas yang rendah sehingga laju pendinginannya cepat. Massa jenisnya juga lebih besar dibandingkan dengan media pendingin lain seperti air, solar, oli dan udara. Hal ini dikarenakan adanya kandungan seperti Sulfur, magnesium dan lainnya yang terdapat pada air laut, Saifullah (2013).



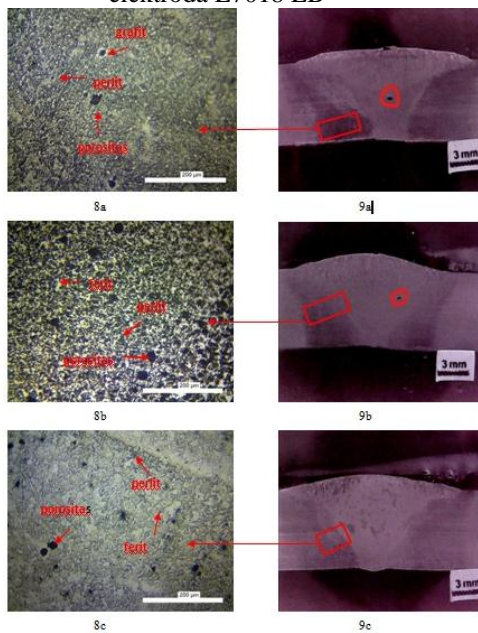
Gambar 7 dan 8 struktur daerah Haz dan foto makro

### Struktur mikro pada media pendingin oli, udara, air laut dengan menggunakan elektroda E7018 LB

metode penjelasan yang hampir sama pada pembahasan sebelumnya. Untuk struktur mikro pada pendinginan oli masih sama dengan penggunaan elektroda E6013 NK dimana dari ketiga media pendingin hasil kekerasan paling tinggi pada pendinginan oli karena terdapat butiran perlit dan juga sementit yang begitu padat Hasil yang mengejutkan terjadi pada kekuatan tarik dengan penggunaan elektroda E7018 LB yang di dinginkan dengan air laut. Jika ditinjau dari hasil mikro, logam induk pada pendinginan air laut memiliki sifat yang cukup ulet karena terdapat butiran ferit yang lebih padat jika dibandingkan dengan butiran perlit.



Gambar 9 dan 10 logam induk dan logam las elektroda E7018 LB



Gambar 11 dan 12 struktur mikro daerah HAZ elektroda E7018 LB

Faktor lain yang menjadikan nilai tegangan tarik pada pendinginan air laut tinggi adalah besar porositas yang terdapat pada material, juga kandungan elektroda E7018 LB berupa serbuk besi yang terdapat 15-50 % adalah silikat yang pada pembahasan hasil uji tarik dijelasn bahwa ketangguhan las akan menurun jika kadar oksigen yang terkandung mengalami kenaikan. Usaha penurunan oksigen ini dapat dilakukan dengan penambahan unsur seperti Si, Mn dan Ti. (Wiriosumarto, 1988) Dan kandungan silikat pada elektroda E7018

LB sangat tepat jika di pertemukan dengan sifat hidrogen yang reaktif.

Seperti yang sudah di ketahui bahwa konstruksi pada kapal sangatlah membutuhkan tingkat persyaratan keamanan yang tinggi, dari beberapa pengujian yang telah dilakukan, perubahan kekuatan tarik baja st 60 setelah dilakukan pengelasan tidak mengalami penurunan yang tinggi untuk nilai kekuatan tariknya.

Jenis plat yang dapat digunakan dalam kontruksi kapal meliputi SS 400, ASTM A572, ST 52-3 dan lain-lain dengan tebal: mulai dari 6 mm s/ d 100 mm, lebar : 1500 mm s/ d 2700 mm, panjang : 6 m s/ d 13 m. Sifat mekanis yang karus dimiliki untuk plat kapal biasa adalah : batas lumer 24 kg/ mm<sup>2</sup>, kekuatan tarik 41 kg/ mm<sup>2</sup> s/ d 50 kg/ mm<sup>2</sup>, dan regangan patah minimal 22% . plat kapal tegangan tinggi (untuk lambung kapal) memiliki sifat mekanis : tegangan lumer minimal 32 kg/ mm<sup>2</sup> dan kekuatan tarik 48 kg/ mm<sup>2</sup> s/d 60 kg/ mm<sup>2</sup> untuk tegangan lumer minimum 36 kg/ mm<sup>2</sup>, kekuatan tariknya 50 kg/ mm<sup>2</sup> s/d 63 kg/ mm<sup>2</sup>, selain itu juga digunakan baja tempa yang memiliki kekuatan tarik minimal 41 kg/ mm<sup>2</sup>. Baja untuk konstruksi kapal biasanya mengandung 0,15-0,23% kandungan unsur karbon. Sedangkan untuk kandungan fosfor dan sulfur kurang dari 0,05%. Jika kandungan fosfor dan sulfur terlalu tinggi dapat merugikan pengelasan dari baja dan dapat terjadi keretakan jika mengandung sulfur yang tinggi (Sanjaya, 2012).

Berdasarkan kutipan dari analisa yang sudah dilakukan. Untuk secara material, kandungan yang terdapat dalam baja st 60 adalah seperti terlihat pada Tabel 2

Tabel 2 Data Hasil Uji Komposisi Baja St 60 (Effendi, 2009)

Unsur	Komposisi (%)	Unsur	Komposisi (%)
Fe	98,46	V	0,00
S	0,011	Mn	0,697
Al	0,000	Mo	0,006
C	0,564	W	0,03
Ni	0,36	P	0,006
Nb	0,01	Cu	0,004
Si	0,142	Ti	0,00
Cr	0,040		

Agar lebih spesifik lagi maka diambil hasil komposisi dari salah satu jenis plat yang tergolong kedalam standart klasifikasi perkapalan Indonesia (BKI) dalam hal ini dapat dilihat hasil uji komposisi baja SS 400 pada Tabel 3

Tabel 3 Data hasil uji komposisi baja ss 400 (Febri, 2011)

C	Si	Mn	S	Ni	Cr	P	Fe
0,20	0,09	0,53	0,04	0,03	0,03	0,1	Balance

Baja st 60 memiliki kekuatan tarik sekitar 60 kg/mm<sup>2</sup>, hal ini cukup baik apabila dijadikan bahan alternatif untuk plat kapal jika di lihat dari syarat batas kekuatan tariknya. Dari segi kandungan materialnya pun untuk nilai fosfor dan sulfur tidak melebihi dari 0,05 %. Itu berarti baja St 60 boleh digunakan hanya untuk konstruksi kapal dengan tekanan yang kecil.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan tentang pengaruh jenis elektroda dan media pendinginan terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro baja St 60, maka dapat di tarik kesimpulan yang sebagai berikut :

1. Jenis elektroda E6013 NK nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 57.016 kg/mm<sup>2</sup> dengan pendinginan udara, hasil tersebut hampir mendekati material asli atau raw material dengan nilai kekuatan tarik sebesar 57.507 kg/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk jenis elektroda E7018 LB, kekuatan tarik rata-rata tertinggi justru pada jenis pendinginan air laut yang mencapai nilai tegangan tarik hingga 55.228 kg/mm<sup>2</sup>
2. Media pendinginan udara dengan Elektroda E 6013 NK merupakan hasil foto mikro yang terbaik karena tidak terjadi porositas yang tinggi.
3. Plat baja St 60 dapat digunakan sebagai bahan alternatif konstruksi kapal hanya di bagian yang terkena tekanan kecil.

### SARAN

1. Juru las haruslah berpengalaman
2. Untuk mengurangi porositas sebaiknya logam yang akan di las harus benar-benar bersih
3. Pada saat pembuatan kampuh "V" hal yang perlu diperhatikan adalah jarak antar dua buah benda kerja (*gap/root gap*) karena hal ini dapat mempengaruhi hasil penembusan las (*root weld*)
4. Sebaiknya gunakan anti defleksi agar spesimen ketika di las tidak mengalami perubahan bentuk atau defleksi yang berlebihan.

5. untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan perlakuan material untuk plat baja St 60 dengan menyesuaikan kebutuhan konstruksi kapal.

### DAFTAR PUSTAKA

- Effendi, N., (2009), "Studi Pengaruh Heat Input Terhadap Ketangguhan Impact Las SMAW Posisi Vertikal Baja ST 60 Temper", *Jurnal Traksi Vol.9* Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Dinariyana, B, A.A., (2011) *Teknik Bangunan Dan Kontruksi Kapal I* Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, Surabaya.
- Febri, B, Y., (2011) "Analisa Sifat Mekanik Hasil Pengelasan GMAW Baja SS400 Studi Kasus di PT.INKA Madiun" *Tugas Akhir* jurusan Teknik Mesin, ITS Surabaya.
- Farida, I., (2012), *Kimia Anorganik I*. Bandung, CV.Insan Mandiri.
- Gapsari, F., Setyarini. P.H., Alamsyah F.A., 2012, "Pengaruh Kekasaran Permukaan Terhadap Porositas Hasil Hot Dipped Galvanizing (HDG)" *Jurnal Rekayasa Mesin Vol.3* Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang
- Hanafy, A., (2012). *Pengaruh Jenis Media Pendingin terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Logam Las Plat Baja St-60 Dengan Pengelasan MIG/MAG*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Malang
- Haryadi, G.D., (2007), "Analisi Kerusakan Hasil Pengelasan Bawah Air Pada Lambung Kapal Dengan Elektroda RB 26 Terselektip", *jurnal Rotasi – Volume 9* Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sanjaya, R.,(2012), *Konstruksi kapal*, Teknik Bangunan kapal ITS, Surabaya.
- Saputra, H., Syarief.A., Maulana.Y., (2014), "Analisis Pengaruh Media Pendinginan Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik", *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam Vol. 03* Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, Kalimantan Selatan.
- Sunaryo, H., (2008), *Pengelasan kapal Jilid II* : Penerbit Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Dirjen Manajemen

- Pendidikan Dasar dan Menengah,  
Departemen Pendidikan Nasional.
- Suprijanto, D., (2013), "Pengaruh Bentuk  
Kampuh Terhadap Kekuatan Banding  
Las Sudut SMAW Posisi Mendatar Pada  
Baja Karbon Rendah". *Seminar nasional  
ke 8*, Jurusan Teknik Mesin STTNAS  
Yogyakarta.
- Saifullah, (2013), *Oceanografi* Fisika kimia air  
laut, Jogjakarta
- Supriyanto, Ismanto., Silva, H.A., (2011)  
*Pengaruh Variasi Cuaca Terhadap  
Ketangguhan Hasil Lasan Pada Baja  
Karbon Rendah*, 1Dosen Jurusan Teknik  
Mesin Fakultas Teknik Universitas  
Janabadra ,Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Janabadra
- Wiryosumarto, H., Okumura.T., (1988),  
*Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya  
Paramita, Jakarta.