

PENGARUH VARIASI KUAT ARUS TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN PADA PROSES PENGELASAN BAJA KARBON RENDAH DENGAN METODE SMAW WET UNDERWATER WELDING

^[1]Baskoro Adi Kurniyanto, ^[1]Suharno, ^[1]Nyenyep Sri Wardani

^[1]Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, UNS, Surakarta, Indonesia

email : adiebask@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan variasi kuat arus pengelasan yang dapat menghasilkan tingkat kekerasan dan stuktur mikro terbaik pada baja karbon rendah, melalui proses pengelasan *Shield Metal Arc Welding Wet Underwater Welding (SMAW wet underwater welding)*.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif, dengan material paduan baja karbon rendah. Bahan tersebut akan dilas dengan variasi kuat arus 60A, 90A dan 120A menggunakan metode pengelasan *SMAW Wet Underwater Welding*. Pada penelitian ini menggunakan kampuh V dengan sudut 60° , mesin *vickers* digunakan untuk pengujian kekerasan, sedangkan untuk uji struktur mikro menggunakan mikroskop Olympus PME (*Metallurgical Microscope with Inverted*). Pengujian komposisi kimia pada spesimen dilakukan dengan menggunakan spesimen spektrum komposisi kimia *Optical Emission Spectrometer*.

Pada daerah *HAZ* struktur mikro *ferrit acicular (AF)*, yang paling dominan spesimen dengan kuat arus 90A, begitu pula pada daerah las struktur mikro *ferrite with aligned second phase (FSP)* paling dominan pada spesimen dengan kuat arus 90A. Terdapat pengaruh kuat arus terhadap tingkat kekerasan hasil pengelasan paduan baja karbon rendah dengan kuat arus 60A, 90A dan 120A. Spesimen dengan variasi kuat arus 90A pada bagian *HAZ* memiliki tingkat rata-rata kekerasan lebih tinggi yaitu 244 VHN jika dibandingkan dengan variasi kuat arus 60A dan 120A. Nilai kekerasan pada daerah *HAZ* paling tinggi jika dibandingkan dengan daerah las dan logam induk. Hal ini didukung pada uji struktur mikro bahwa daerah *HAZ* mengandung kadar *ferrit acicular (AF)* yang dominan jika dibandingkan dengan daerah lainnya. Sedangkan daerah logam las memiliki kadar *ferrite with aligned second phase (FSP)* yang dominan jika dibandingkan dengan daerah lainnya.

Kata Kunci : Kuat Arus, SMAW, Struktur Mikro, Wet Underwater Welding.

Abstract

This study uses a quantitative descriptive method, with low carbon steel material. These materials will be welded with strong stresses 60A, 90A and 120A using the welding method SMAW Wet Underwater Welding. In this study, using seam V with a 60° angle, the machine to test the hardness, while for the microstructure test using an Olympus PME microscope (Metallurgical Microscope with Inverted). The measurement of chemical composition was carried out using specimens of the Optical Chemistry Spectrometer spectrum. (SMAW wet underwater welding). Wet welding underwater welding (SMAW wet underwater welding).

The average level of hardness in raw material is 159 VHN and ferrite micro structures dominate more than pearlite. While the material after going through the welding process of SMAW wet underwater welding in the area of acicular ferrite (AF) microstructure, the most dominant specimen with a current strength of 90A, it is also very much in the ferrite microstructure weld area with the second most dominant phase (FSP) in the specimen with a current strength of 90A.. There is an influence of current strength on the hardness level of welding results of low carbon steel alloys with current strengths of 60A, 90A and 120A. Specimens with a current variation of 90A in the HAZ section have a higher average hardness level of 244 VHN when compared to variations in current strength of 60A and 120A, namely 230 VHN and 218,666 VHN. The hardness value in the HAZ region is highest when compared to weld and metal regions. This is supported in the microstructure test in which the HAZ region shows the dominant level of acicular ferrite (AF) compared to other regions. While the weld metal area has ferrite levels with the second parallel phase (FSP) which is dominant when compared to other regions.

Keywords: Current Strength, SMAW, Micro Structure, Wet Underwater Welding.

1. Pendahuluan

Perkembangan pada dunia produksi saat ini sangat pesat, salah satu proses produksi yang sering dipakai adalah proses penyambungan yang berperan penting untuk menunjang konsumsi sumber daya serta biaya produksi yaitu proses pengelasan. Menurut Wibowo Heri (2016), teknik pengelasan

digunakan secara intensif pada berbagai industri manufaktur seperti: otomotif, perkapalan, pesawat terbang, kereta api, konstruksi jembatan, bejana tekan, dan sebagainya. Teknik pengelasan memiliki keuntungan untuk produksi seperti: waktu proses yang relatif lebih cepat, biaya yang murah, serta bentuk konstruksi yang lebih variatif (Cary, 1989).

Namun proses pengelasan juga memiliki beberapa kelemahan antara lain: timbulnya lonjakan tegangan yang besar dikarenakan terjadinya perubahan struktur mikro di daerah sekitar pengelasan yang mengakibatkan turunnya kekuatan bahan, serta adanya retak akibat proses pengelasan (Jamarsi, 1999). Disamping itu tidak semua logam memiliki sifat mampu las yang baik.

Salah satu bahan yang memiliki sifat mampu las yang baik adalah baja karbon rendah. Baja ini dapat dilas dengan las busur elektroda terbungkus (Wiryosumarto, 2000). Pada tahun 1990-an teknik pengelasan berkembang pesat, karena telah ditemukannya cara pemanfaatan tenaga listrik sebagai sumber panas pada proses pengelasan. Oleh sebab itu saat ini proses penyambungan logam untuk segala macam konstruksi dapat dilakukan dengan proses pengelasan. Salah satu metode pengelasan yang diterapkan saat ini adalah proses pengelasan bawah air atau disebut juga *underwater welding* yang merupakan pengembangan dari metode pengelasan yang sudah ada, untuk memenuhi tuntutan pengerjaan pada proses pengelasan.

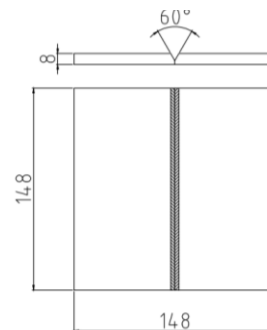
Pengelasan bawah air ini berbeda dengan pengelasan di darat yang sudah banyak diteliti sehingga referensinya dapat ditemukan dengan mudah, sedangkan pengelasan bawah air masih jarang diteliti sehingga referensinya terbatas. Adapun aplikasi teknik pengelasan bawah air di Indonesia adalah sangat luas karena Indonesia mempunyai wilayah perairan yang luas. Pengelasan bawah air dapat digunakan untuk menghemat biaya serta mempercepat proses perbaikan kapal, jika menggunakan pengelasan bawah air maka tidak diperlukan waktu untuk membawa kapal ke dok dan diangkat dari air yang akan memakan waktu yang lama dan biaya pun juga akan bertambah (Gunawan D Haryadi, 2007). Pengelasan bawah air memiliki kekuatan lebih besar jika dibandingkan pengelasan di darat namun keuletannya lebih rendah (X. Chen, Y. Kithne, Y. Itoh, 2010).

Penyetelan kuat arus dalam proses las juga berpengaruh terhadap hasil las. Bila arus yang digunakan terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan

menghasilkan permukaan las yang lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan kerapuhan akan meningkat. Sebaliknya jika arus yang digunakan terlalu rendah maka busur listrik sulit untuk dinyalakan, busur listrik menjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar, sehingga akan kurang baik (Arifin, 1997).

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif, dengan material paduan baja karbon rendah. Bahan tersebut akan dilas dengan variasi kuat arus 60A, 90A dan 120A menggunakan metode pengelasan *SMAW Wet Underwater Welding*. Pada penelitian ini menggunakan kampuh V dengan sudut 60° , mesin *vickers* digunakan untuk pengujian kekerasan, sedangkan untuk uji struktur mikro menggunakan mikroskop Olympus PME (*Metallurgical Microcope with Inverted*). Pengujian komposisi kimia pada spesimen dilakukan dengan menggunakan spesimen spektrum komposisi kimia *Optical Emission Spectrometer*.

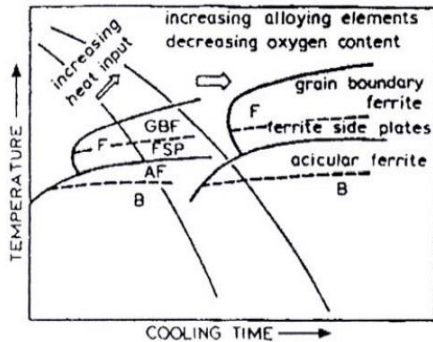


Gambar 1. Dimensi Spesimen Las.



Gambar 2. Spesimen Hasil Las

3. Hasil Penelitian



Gambar 3. Diagram Continuous Cooling Transformations (CCT)
(Sumber : Suharno, 2008)

Pada proses pengelasan baja karbon, struktur ferrite dibagi kedalam tiga kelompok yaitu :

1. *Acicular Ferrite (AF)* struktur ferit ini memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi, struktur ini berbentuk butiran lembut.
2. *Ferrite Side Plate (FSP)* struktur ferit ini memiliki tingkat kekerasan lebih lunak jika di bandingkan dengan struktur *Acicular Ferrite (AF)*, struktur ini memiliki bentuk memanjang.
3. *Grain Boundary Ferrite (GBF)* struktur ferit ini memiliki tingkat kekerasan paling rendah jika dibandingkan dengan *Ferrite Side Plate (FSP)* dan *Acicular Ferrite (AF)*, struktur ini berbentuk butiran besar.

3.1. Hasil Uji Komposisi Kimia

a. Raw Material

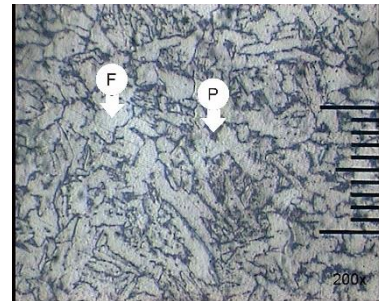
Kandungan	Presentase	Kandungan	Presentase
Fe	95,8	P	0,01
S	0,01	Cu	0,12
Al	0,36	Ti	0
C	0,16	N	0,01
Ni	0,06	B	0
Nb	0	Pb	0
Si	0,28	Sb	0
Cr	0,15	Ca	0
V	0,54	Mg	0
Mn	0,54	Sn	0
Mo	0	Co	0,01
W	0		

b. Daerah Las

Kandungan	Presentase	Kandungan	Presentase
Fe	99,45	P	0,02
S	0,01	Cu	0,09
Al	0	Ti	0,01
C	0,07	N	0,01
Ni	0,04	B	0
Nb	0	Pb	0
Si	0,07	Sb	0
Cr	0,03	Ca	0
V	0,01	Mg	0
Mn	0,16	Sn	0
Mo	0,01	Co	0,01
W	0		

3.2. Hasil Uji Struktur Mikro

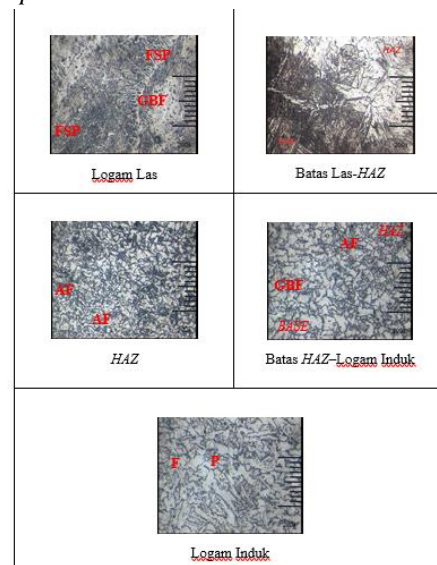
a. Raw Material



Gambar 3. Raw Material

Pada Gambar 2 menunjukkan hasil uji struktur mikro pada raw material (tanpa las). Terlihat struktur ferit lebih mendominasi jika dibandingkan dengan struktur perlit maka raw material cenderung bersifat lunak.

b. Spesimen Las 60 A



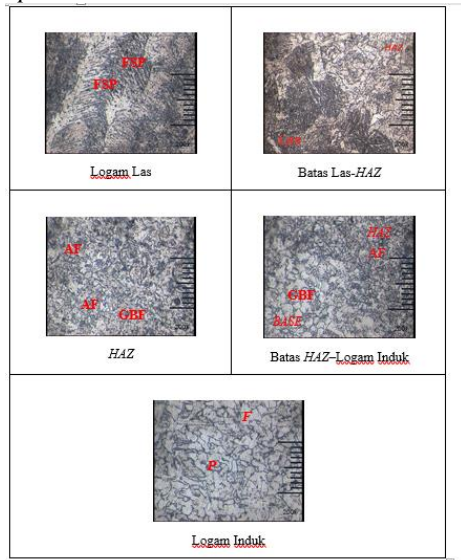
Gambar 4. Daerah HAZ 60 A

Pada gambar 4 diatas menunjukkan hasil uji struktur mikro pada logam las, batas logam las dengan HAZ, daerah HAZ, batas HAZ dengan logam induk dan logam induk dengan kuat arus 60A. Pada logam las terbentuknya struktur mikro *ferrite side plate (FSP)* dan ferit batas butir atau *grain boundary ferrite (GBF)*, namun struktur mikro *grain boundary ferrite (GBF)* lebih mendominasi area dengan ukuran butir kecil dan ukuran struktur mikro *ferrite side plate (FSP)* terlihat kecil.

Pada daerah batas logam las dengan HAZ menunjukkan terbentuknya struktur mikro *ferrite side plate (FSP)*, *grain boundary ferrite (GBF)* dan mulai terbentuknya struktur mikro AF. Struktur mikro FSP dan GBF lebih mendominasi dengan ukuran yang besar.

Pada daerah HAZ menunjukkan struktur mikro *grain boundary ferrite (GBF)* dan ferit *acicular (AF)*. Struktur mikro *grain boundary ferrite (GBF)* lebih mendominasi dan dengan ukuran butir yang kecil jika di bandingkan dengan struktur mikro ferit *acicular (AF)*.

c. Spesimen Las 90 A



Gambar 5. Daerah HAZ 90 A

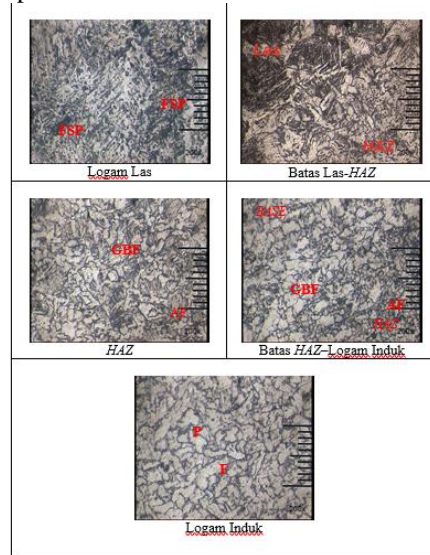
Pada gambar 5 diatas menunjukkan hasil uji struktur mikro pada logam las, batas logam las dengan HAZ, daerah HAZ, batas HAZ dengan logam induk dan logam induk dengan kuat arus 90A. Pada logam las

terbentuknya struktur mikro *ferrite side plate (FSP)* dan ferit batas butir atau *grain boundary ferrite (GBF)*, namun struktur mikro *ferrite side plate FSP* lebih mendominasi area dan ukuran struktur mikro *grain boundary ferrite (GBF)* terlihat kecil jika dibandingkan dengan hasil uji struktur mikro arus 60A dan 120A.

Pada daerah batas logam las dengan HAZ menunjukkan terbentuknya struktur mikro *ferrite side plate (FSP)*, *grain boundary ferrite (GBF)* dan mulai terbentuknya struktur mikro ferit *acicular (AF)*. Struktur mikro *ferrite side plate (FSP)* dan *grain boundary ferrite (GBF)* lebih mendominasi dengan ukuran yang kecil jika dibandingkan dengan hasil uji struktur mikro arus 60A dan 120A.

Pada daerah HAZ menunjukkan struktur mikro *grain boundary ferrite (GBF)* dan ferit *acicular (AF)*. Struktur mikro ferit *acicular (AF)* lebih mendominasi dengan ukuran butir yang kecil jika dibandingkan dengan hasil uji struktur mikro arus 60 A dan 120 A. Struktur mikro *grain boundary ferrite (GBF)* ukuran butirnya kecil.

d. Spesimen Las 120 A



Gambar 6. Daerah HAZ 120 A

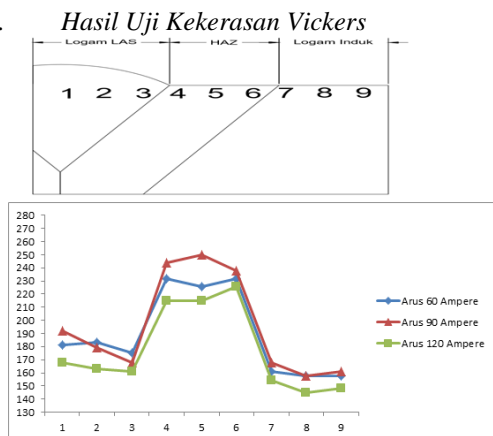
Pada gambar 6 diatas menunjukkan hasil uji struktur mikro pada logam las, batas logam las dengan HAZ, daerah HAZ, batas HAZ dengan logam induk dan logam induk dengan kuat arus 120 A. Pada logam las terbentuknya struktur mikro *ferrite side*

plate (FSP) dan ferit batas butir atau grain boundary ferrite (GBF), namun struktur mikro grain boundary ferrite (GBF) lebih mendominasi area dan ukuran struktur mikro ferrite side plate (FSP) terlihat besar

Pada daerah batas logam las dengan HAZ menunjukkan terbentuknya struktur mikro ferrite side plate (FSP), grain boundary ferrite (GBF) dan mulai terbentuknya struktur mikro ferit acicular (AF). Struktur mikro ferrite side plate (FSP) dan grain boundary ferrite (GBF) lebih mendominasi dengan ukuran butir besar.

Pada daerah HAZ menunjukkan struktur mikro grain boundary ferrite (GBF) dan ferit acicular (AF). Struktur mikro grain boundary ferrite (GBF) lebih mendominasi dengan ukuran butir yang besar jika dibandingkan dengan struktur mikro ferit acicular (AF).

3.3.



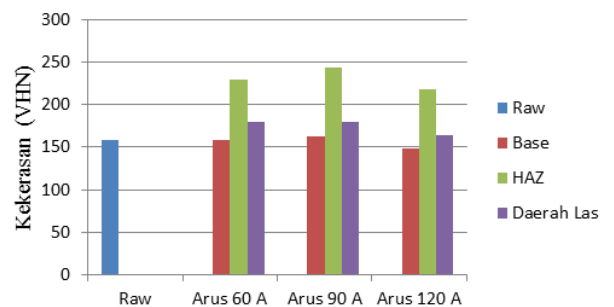
Gambar 7. Grafik Distribusi Nilai Kekerasan

Grafik berwarna biru menunjukkan bahwa pada titik 1 sampai 3 merupakan nilai kekerasan untuk daerah logam las, nilai kekerasan rata-ratanya adalah 179,666 VHN. Titik 4 sampai 6 merupakan daerah HAZ yang memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 230 VHN. Titik 7 sampai 9 merupakan bagian dari daerah logam induk yang memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 159 VHN. Dari grafik berwarna biru dapat disimpulkan nilai kekerasan tertinggi pada spesimen las dengan variasi arus 60 Ampere terletak di daerah HAZ yaitu sebesar 230 VHN.

Grafik berwarna merah menunjukkan bahwa pada titik 1 sampai 3 merupakan nilai kekerasan untuk daerah logam las, nilai kekerasan rata-ratanya adalah 179,666 VHN. Titik 4 sampai 6 merupakan daerah HAZ yang memiliki nilai kekerasan rata-rata

sebesar 244 VHN. Titik 7 sampai 9 merupakan bagian dari daerah logam induk yang memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 162,333 VHN. Dari grafik berwarna merah dapat disimpulkan nilai kekerasan tertinggi pada spesimen las dengan variasi arus 90 Ampere terletak di daerah HAZ yaitu sebesar 244 VHN.

Grafik berwarna hijau menunjukkan bahwa pada titik 1 sampai 3 merupakan nilai kekerasan untuk daerah logam las, nilai kekerasan rata-ratanya adalah 164 VHN. Titik 4 sampai 6 merupakan daerah HAZ yang memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 218,666 VHN. Titik 7 sampai 9 merupakan bagian dari daerah logam induk yang memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 149 VHN. Dari grafik berwarna hijau dapat disimpulkan nilai kekerasan tertinggi pada spesimen las dengan variasi arus 60 Ampere terletak di daerah HAZ yaitu sebesar 218,666 VHN.



Gambar 8. Grafik Nilai Rata-rata Uji Kekerasan Vickers

Dari hasil analisis diatas dapat disimpulkan bahwa spesimen las dengan variasi kuat arus 90 A memiliki rata-rata nilai kekerasan yang paling tinggi jika dibandingkan terhadap spesimen las dengan variasi kuat arus lainnya. Sedangkan spesimen las dengan variasi kuat arus 120A memiliki rata-rata nilai kekerasan yang paling rendah dibandingkan dengan spesimen las dengan variasi kuat arus lainnya.

Nilai kekerasan pada daerah HAZ paling tinggi jika di bandingkan dengan daerah las dan logam induk, hal ini menyebabkan spesimen pada daerah HAZ menjadi keras namun getas. Sedangkan daerah las mengalami peningkatan kekerasan yang tidak terlalu tinggi jika dibandingkan dengan daerah HAZ, hal ini menjadikan daerah las memiliki sifat yang ulet.

Hal ini didukung pada uji struktur mikro bahwa daerah HAZ mengandung

kadar ferit *acicular* (AF) yang dominan jika dibandingkan dengan daerah lainnya. Sedangkan daerah logam las memiliki kadar *ferrite side plate* (FSP) yang dominan jika dibandingkan dengan daerah lainnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh variasi kuat arus pada pengelasan paduan baja karbon rendah dengan metode pengelasan SMAW wet underwater welding maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Terdapat pengaruh kuat arus terhadap struktur mikro hasil pengelasan baja karbon rendah dengan variasi kuat arus 60A, 90A dan 120A. Pada daerah HAZ struktur mikro ferit *acicular* (AF) yang paling dominan spesimen dengan kuat arus 90A, begitu pula pada daerah las struktur mikro *ferrite side plates* (FSP) paling dominan pada spesimen dengan kuat arus 90A.
2. Terdapat pengaruh kuat arus terhadap tingkat kekerasan hasil pengelasan paduan baja karbon rendah dengan kuat arus 60A, 90A dan 120A. Spesimen dengan variasi kuat arus 90A pada bagian HAZ memiliki tingkat rata-rata kekerasan lebih tinggi yaitu 244 VHN jika dibandingkan dengan spesimen variasi kuat arus 60A sebesar 230 VHN dan 120A sebesar 218,666 VHN.

5. Saran

Beberapa saran yang diperlukan untuk perbaikan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya yang sejenis dapat dikaji secara mendalam variabel-variabel lain yang dapat mempengaruhi struktur mikro dan kekerasan spesimen hasil pengelasan SMAW wet underwater welding.
2. Penelitian selanjutnya yang sejenis dapat menggunakan media yang lain seperti air laut sehingga dapat diketahui apakah media tersebut dapat mempengaruhi struktur mikro dan kekerasan spesimen hasil pengelasan SMAW wet underwater welding.

6. Daftar Pustaka

- Arifin, S. (1997). *Las Listrik dan Otogen*. Jakarta : Ghalia Indonesia.
- Cary, H. B., 1989. *Modern Welding Technology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- G.D. Haryadi. (2007). Analisa Kerusakan Hasil Pengelasan Bawah Air Pada Lambung Kapal Dengan Bahan

Elektroda RB 26 Terseloti. ROTASI – Volume 9 Nomor 1 Januari 2007.

- Jamasri & Subarmono. (1999). Pengaruh Pemanasan Lokal terhadap Ketangguhan dan Laju Perambatan Retak Plat Baja. Yogyakarta : Media Teknik UGM.
- Suharno. (2008). Prinsip-prinsip Teknologi dan Metalurgi Pengelasan Logam. Surakarta : UNS Press.
- Wirjosumarto, H. (2000). Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta: Erlangga.
- W. Heri. (2016). Analisa Heat Input Pengelasan terhadap Distorsi, Struktur Mikro dan Kekuatan Mekanis Baja A36. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.7, No.1 Tahun 2016.
- X. Chen, Y.Kithne, Y. Itoh (2010). *Mechanical Properties of Fillet Weld Joints by Underwater Wet Welding in Repairing Corrosion-Damaged Offshore Steel Structures. Journal of Structural Engineering Vol.56A.*