

M3-008 ANALISA SIFAT MEKANIS SAMBUNGAN LAS SMAW (*SHIELD METAL-ARCH WELDING*) PADA PELAT LAMBUNG KAPAL YANG MENGALAMI PELENGKUNGAN DENGAN PROSES *LINE HEATING*

Sulaiman⁽¹⁾, Rusnaldy⁽²⁾, A. P. Bayuseno⁽²⁾

⁽¹⁾Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Mesin
Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro

Email: Sulaiman_naval@yahoo.com

⁽²⁾Dosen Program Studi Magister Teknik Mesin
Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro

Kapal adalah salah satu alat transportasi yang memiliki struktur konstruksi yang sangat rumit, terutama pada bagian lambung kapal dimana pada bagian ini sebagian besar konstruksinya berupa lengkungan, sementara beban yang diterimapun cukup besar baik dari berat kapal sendiri, berat muatan kapal, maupun gaya tekan keatas dari air, pelengkungan pelat baja kapal tersebut umumnya dilakukan dengan cara Line Heating (pemanasan garis). Selain mengalami proses pelengkungan pelat baja kapal juga mengalami proses penyambungan, penyambungan yang sering dilakukan adalah dengan metode las SMAW ((Shield Metal-Arch Welding). Karena banyaknya perlakuan yang terjadi pada pelat baja kapal maka dalam makalah ini akan dianalisa mengenai sifat mekanis sambungan las SMAW pada pelat lambung kapal yang mengalami pelengkungan dengan proses Line Heating.

Keywords: *line heating*, las SMAW, struktur mikro, kekerasan, kekuatan tarik.

A. PENDAHULUAN

Pelat baja yang digunakan untuk membuat suatu kapal harus sesuai dengan ketentuan Biro klasifikasi, baik Biro klasifikasi dalam negeri maupun Biri Klasifikasi luar negeri. Pada umumnya pelat baja yang digunakan pada konstruksi lambung kapal mengalami pelengkungan sesuai dengan gambar rencana garis kapal yang bersangkutan. Proses Pelengkungan tersebut dilakukan dengan cara Pemanasan baik pemanasan merata maupun pemanasan setempat. Metode pemanasan yang sering digunakan pada proses pelengkungan pelat lambung kapal adalah Pemansan garis (*line Heating*), yaitu suatu metode pemanasan yang memanfaatkan nyala api brander pada suhu berkisar antara 600°C untuk membuat bentuk-bentuk lengkung pada garis desain.

Untuk membuat bentuk-bentuk lengkung yang tidak terlalu sulit, sebelum dilakukan pemansan garis, terlebih dahulu pelat dibentuk secara mekanis dengan menggunakan mesin rol sesuai dengan tanda-tanda atau *marking line* yang ada, proses ini biasanya dikenal dengan pembentukan awal. Tujuan dari pembentukan awal ini disamping untuk mempermudah pekerjaan pembentukan juga dimaksudkan untuk mempercepat waktu pengerjaan, karena jika pembuatan bentuk-bentuk pelat seluruhnya dilakukan dengan pemanasan garis, pekerjaan akan membutuhkan waktu yang lama sehingga kurang produktif. Kecuali

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

untuk bentuk-bentuk lengkung yang sulit seperti pada bagian ceruk haluan dan buritan. Selain harus dilengkungkan, untuk menyambung pelat baja yang satu dengan pelat baja yang lain, pelat lambung kapal juga mengalami proses pengelasan. Pengelasan merupakan proses penyambungan antara dua buah logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Proses pengelasan yang umumnya digunakan adalah proses pengelasan sistim SMAW (*Shield Metal-Arch Welding*) atau disebut juga las elektroda terbungkus.

B. PERMASALAHAN

Karena banyaknya perlakuan pada pelat baja lambung kapal baik rol, pemanasan garis, maupun pengelasan maka pada pelat ini terjadi beberapa kali siklus thermal yang memungkinkan terjadinya perubahan mikrostruktur serta perubahan sifat mekanis sehingga berdampak pada menurunnya kekuatan pelat baja lambung kapal, sementara itu pelat lambung kapal menerima beban yang cukup besar baik dari badan kapal sendiri maupun dari luar kapal. Oleh karena hal tersebut dalam makalah ini akan dijelaskan mengenai pengaruh las SMAW (*Shield Metal-Arch Welding*) pada lambung kapal yang mengalami proses pelengkungan dengan metode Pemansan Garis (*Line Heating*).

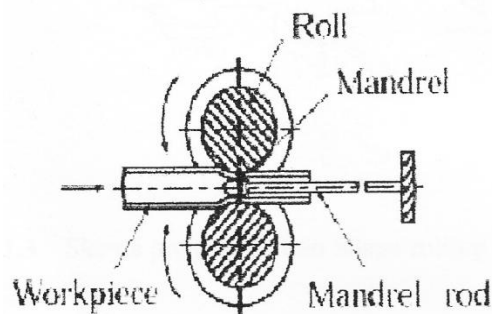
C. DASAR TEORI

Pengerolan logam

Proses ini didefinisikan sebagai proses deformasi tekan secara kontinyu (baik bertahap maupun langsung) dengan satu atau lebih perkakas putar. Selain itu bisa juga didefinisikan sebagai proses pengurangan ketebalan (penampang lintang) benda kerja panjang dengan gaya tekan melalui *roll*.

Dalam proses ini digunakan perkakas tambahan meliputi:

- *Manderl*
- *Guide block*
- *Supprot Bar*



Gambar 1. Ilustrasi Proses Pengerolan

Deformasi Plastis

Proses deformasi dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu deformasi elastis dan plastis. Deformasi elastis terjadi bila sepotong logam atau bahan padat dibebani gaya. Bila beban berupa gaya tarik, benda akan bertambah panjang, setelah gaya ditiadakan benda akan kembali ke bentuk semula. Sedangkan pada deformasi plastis, apabila beban ditiadakan benda tidak akan kembali ke bentuk semula.

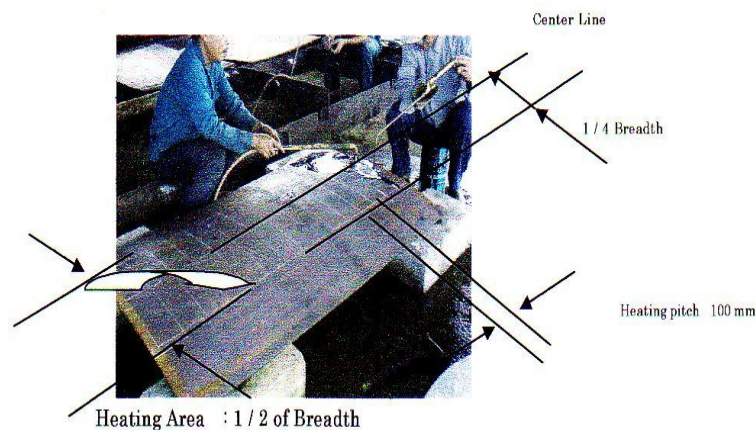
Setiap perpanjangan atau perpendekan struktur kristal dalam satu arah tertentu, karena gaya searah, akan menghasilkan perubahan dimensi dalam arah tegak lurus dengan gaya tadi.

Deformasi plastis merubah struktur intern logam, oleh karena itu deformasi plastis dapat merubah pula sifat-sifat dari suatu logam. Logam yang mengalami deformasi plastis menjadi lebih kuat. Dislokasi merupakan akibat/penyebab deformasi plastis, akan tetapi mereka juga dapat menghambat pergerakan dislokasi lainnya.

Gumpalan dislokasi meningkatkan tegangan geser kritis, τ_s , dengan demikian meningkatkan kekuatan bahan juga. Pertambahan kekerasan sebagai akibat deformasi plastis disebut pengerasan regangan. Pertambahan kekuatan tarik dan kekuatan luluh mengiringi peningkatan kekerasan. Disamping itu pengerasan regangan mengurangi keuletan karena sebagian deformasi terjadi selama pengerjaan dingin.

Line Heating

Proses *Line Heating* merupakan suatu metode yang dilakukan untuk melengkungkan suatu plat dengan cara dipanaskan. Pelengkungan yang disebabkan oleh pemanasan pada garis desain (*line Heating*) diakibatkan oleh perbedaan antara elongasi (penguluran, pemanjangan, dan pemuaian) antara sisi yang dipanaskan dengan sisi yang belakangnya. Selain itu pada saat pendinginan, terdapat elongasi pada sisi belakang yang disebabkan oleh dampak pengerutan sisi yang dipanaskan. Proses *Line Heating* dilakukan pada temperatur sekitar 600 °C.



Gambar 2. Proses *Line Heating* Pelat Baja Kapal.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Faktor-faktor yang merupakan faktor utama antara lain, tipe dan diameter ujung brander, jarak antara ujung brander dengan pelat, kecepatan jalannya brander, metode pendinginan dengan air atau udara, laju pendinginan, jarak antara pusat pemanasan dengan pusat pendinginan. Pelat yang mengalami proses *Line Heating* dengan temperatur berkisar 742-820°C mengalami peningkatan pada kekuatan tarik dibandingkan pelat yang tidak mengalami pemanasan. Hal ini disebabkan karena setelah mengalami proses *Line Heating*, terjadi perubahan struktur pada spesimen pengujian. Ketebalan pelat yang berbeda menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda pula. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan komposisi kimia. Pada tiap-tiap ketebalan tersebut besarnya komposisi kimia tidak sama, dan ini juga berpengaruh terhadap kekuatan mekanisnya

Proses *Thermal*

Proses *thermal* pada logam dapat dikelompokkan dalam beberapa kelompok, yaitu:

1. Proses Anil

Proses anil pada logam, baja khususnya bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa, dan kebanyakan logam tidak mengalami retak thermal seperti halnya yang terjadi pada gelas. Proses anil pada logam tidak mempengaruhi perubahan struktur mikro.

2. Proses Normalisasi

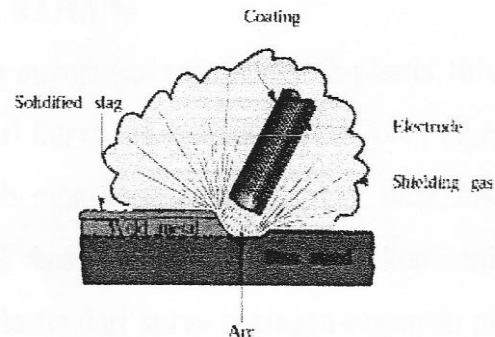
Proses normalisasi pada baja bertujuan untuk membentuk struktur mikro dengan butir halus dan seragam. Proses normalisasi dilakukan dengan cara austenisasi, 50 - 60°C dalam daerah ausenit murni, disusul dengan pendinginan udara. Pendinginan udara mencegah timbulnya segregasi pra-eutektoid yang berlebihan.

3. Proses Sferoidisasi

Proses sferoidisasi biasanya dilakukan pada baja karbon tinggi, dengan tujuan untuk meningkatkan ketangguhan baja yang rapuh.. Proses sferoidisasi dilakukan dengan cara memanaskan pada baja pada temperatur sekitar suhu eutektoid (~700°C) selama beberapa lama, tergantung dari struktur awal.

Las SMAW (*Shield Metal-Arc Welding*)

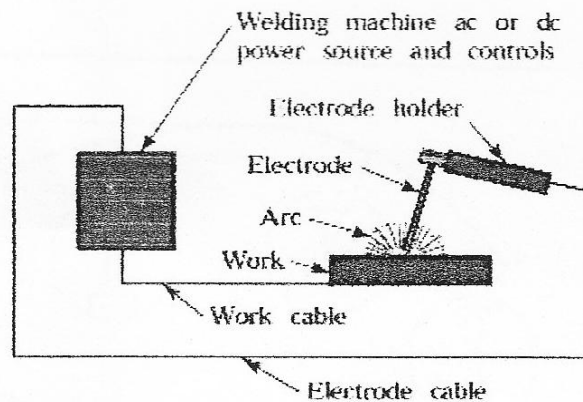
Pengelasan SMAW merupakan salah satu proses penyambungan yang paling tua, paling sederhana dan serbaguna. Busur cahaya dihasilkan dengan cara menyentuh ujung dari elektroda yang telah dilapisi pada benda kerja dan kemudian menariknya dengan cepat pada jarak yang cukup untuk menjaga sudut yang dihasilkan (gambar 3). Elektroda berbentuk tipis sepanjang sticks, jadi proses ini juga disebut *stick welding*.



Gambar 3. Skema Proses *Shielded Metal-arc Whelding*

Panas yang dihasilkan melelehkan sebagian ujung dari elektroda, kemudian melapisi logam dasar pada daerah yang dikenakan busur cahaya. Lasan terbentuk setelah logam yang dicairkan, campuran dari logam dasar, logam elektroda, dan bagian yang dilapisi elektroda mengeras pada daerah lasan. Elektroda melapisi *deoxidizes* dan menghasilkan tameng gas pada daerah lasan untuk melindungi daerah lasan dari oksigen lingkungan sekitar.

Bagian yang tidak dilapisi pada ujung elektroda dijepit pada satu sumber tenaga, dimana sumber tenaga tersebut tersambung pada benda kerja yang akan dilas (Gambar 4).



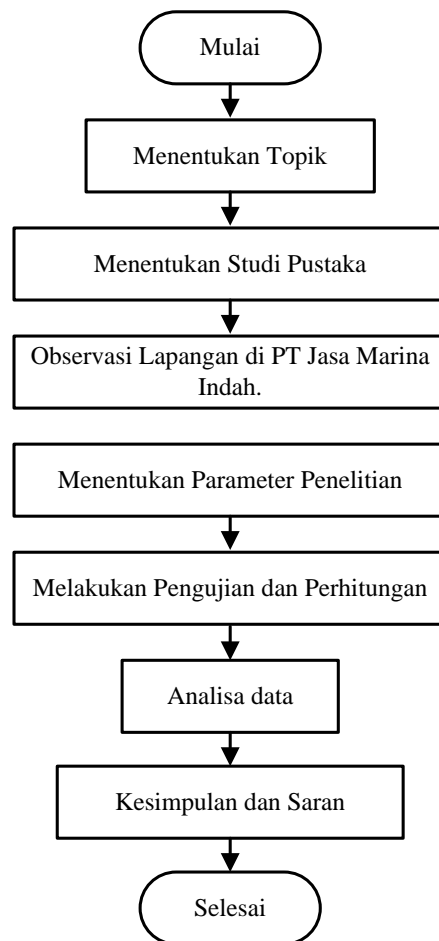
Gambar 4. Skema Pengoperasian *Shielded Metal-arc Whelding*

Sifat Mekanis Bahan

Sifat mekanik suatu bahan dapat diperoleh dari beberapa pengujian diantaranya adalah pengujian kekerasan. Kekerasan suatu bahan menunjukkan ukuran ketahanan bahan terhadap deformasi plastis pada permukaannya.

D. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dengan penentuan topik, kemudian menentukan studi pustaka, observasi lapangan di PT. Jasa Marina Indah Semarang, dilanjutkan dengan penentuan parameter penelitian, melakukan pengujian dan perhitungan, menganalisa data dan diakhiri dengan membuat kesimpulan dan saran. Metode penelitian tersebut dapat dilihat dalam bentuk diagram alir pada gambar 5 berikut:



Gambar 5. Diagram metodologi penelitian

E. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Benda Uji

Untuk mendapatkan kondisi awal yang sama maka semua benda uji dipersiapkan dengan cara yang sama. Benda uji diambil dari pemotongan sambungan pelat baja (marine dengan tebal 10 mm yang telah mengalami proses *Line heating* dan disambung dengan las SMAW (*Shield Metal-Arc Welding*)).

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Komposisi kimia pelat baja marine yang digunakan sebagai benda uji dapat dilihat dari Tabel 1 berikut ini:

Unsur	Komposisi Kimia × 100 (%)
C	6.8
Si	1.7
Mn	74.7
P	0.8
S	1.3
Al	4.7

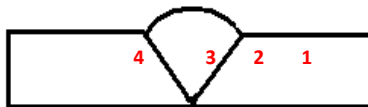
Tabel 1. Elemen paduan pelat baja marine

Pengujian

Untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan yang telah dilakukan terhadap pelat lambung kapal maka dilakukan pengujian. Adapun pengujian yang dilakukan antara lain adalah:

1. Pengujian Metalografi Optik

Pengujian metalografi optik dilakukan di Laboratorium metalurgi Fisik jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang. Pengujian metalografi optik dilakukan terhadap benda uji dengan tujuan untuk mengetahui struktur mikro sambungan pelat baja marine yang telah mengalami proses *Line Heating* dan disambung dengan las SMAW. Benda uji yang digunakan berukuran 4 cm x 2cm x 1 cm. Dari hasil pengujian metalografi optik diperoleh gambar struktur mikro pelat yang diuji.



Gambar 6 : Posisi pengambilan gambar struktur mikro



Gambar 7: Struktur Mikro Daerah Logam Dasar (Posisi 1). Perbesaran 400X dengan etsanital 1%.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



Gambar 8 : Struktur Mikro Daerah Transisi Antara Logam Dasar dengan Daerah Las (Posisi 2). perbesaran 400X dengan etsa nital 1%.



Gambar 9: Struktur Mikro Daerah Las (Posisi 3). Perbesaran 400X dengan etsa nital 1%.



Gambar 10: Struktur Mikro Daerah Transisi Antara Logam Dasar dengan Daerah Las (Posisi 4). Perbesaran 400X dengan etsa nital 1%

Berdasarkan hasil metalografi optik diatas menunjukkan adanya struktur mikro pearlite dan ferrite. Pearlite yang dimaksud adalah struktur yang berwarna gelap sementara ferrite yang berwarna cerah. Ferrite mempunyai sel satuan BCC, mempunyai titik mulur yang baik dan menjadi getas pada temperatur rendah. Stabil pada temperature rendah, kelarutan padat terbatas, dapat berada bersama F1C (cementite) atau yang lainnya. Ferrite dipengaruhi oleh unsur C, dalam pelatbajamarine kandungan C sekitar 16,8% - Ferrite bersifat ulet dan lunak. Sedangkan Pearlite strukturnya terdiri dari lapisan alpha-ferrite dan cementite yang terjadi di beberapa logam baja dan besi. Pearlite terbentuk oleh eutectoid sebagai reaksi austenite yang mengalami pendinginan lambat di bawah suhu 727°C . Dari gambar 7 dan Gambar 9 terlihat perbedaan antara daerah las dengan daerah logam dasar. Terlihat daerah las lebih gelap dibandingkan daerah logam dasar. Hal ini disebabkan karena logam dasar mengandung lebih banyak ferrite dibandingkan logam las. Hal ini dapat terlihat lebih jelas dengan membandingkan antara Gambar 8 dengan Gambar 10.

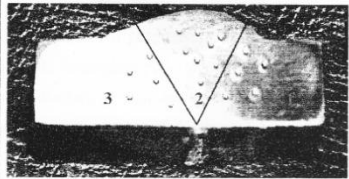
2. Pengujian Kekerasan

Pengujian ini menggunakan metode *Rockwell* skala B dengan penetrator bola baja dengan diameter 1/16 inch, dimana beban minor adalah 10 kgf dan beban mayornya adalah 90 kgf sehingga total beban

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

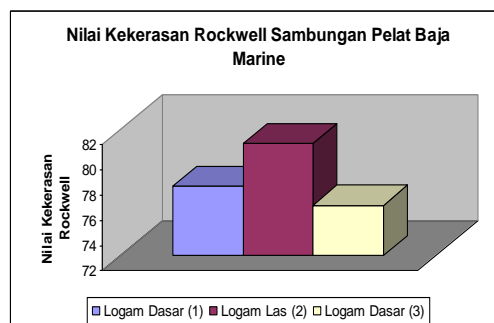
Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

100 kgf. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur nilai kekerasan sambungan pelat baja marine yang mengalami *Line heating* dan disambung menggunakan las SMAW. Pengujian dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang. Benda uji pengujian kekerasan berukuran sama dengan pengujian metalografi optik yaitu berukuran 4 cm x 2cm x 1 cm. Nilai kekerasan dapat dilihat dari tabel berikut.

Peta Indentasi	Nilai kekerasan <i>Rockwell</i> (kg/mm ²)		
	Logam Dasar (1)	Logam Las (2)	Logam Dasar (3)
		78.5	78
	78	78	76.5
	79	80	75.5
	76	79	75.5
	77	85	74
		84	
		83	
		80	
Rata-rata	77.5	80.875	76

Tabel 2. Nilai kekerasan sambungan pelat baja marine

Dari tabel diatas diperoleh bahwa nilai kekerasan rata-rata yaitu untuk logam dasar (1) adalah 77.5 Kg/mm², logam las (2) adalah 80.875 Kg/mm² dan untuk logam dasar (3) adalah 76~77.5 Kg/mm². Nilai kekerasan rata rata tersebut direpresentasikan pada gambar di bawah ini.



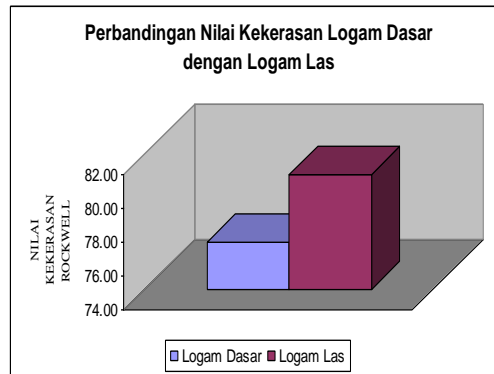
Gambar 11 : Nilai Kekerasan Rata-rata sambungan pelat Baja Marine

Dari Gambar 11 terlihat bahwa nilai kekerasan tertinggi adalah pada daerah logam las. Sedangkan nilai kekerasan terendah adalah pada daerah logam dasar (3). Hal ini dapat disebabkan karena pada daerah logam las paling sedikit mengandung struktur mikro ferrite seperti yang terlihat pada gambar 8, dimanaferrite mempunyai sifat ulet dan lunak. Sedangkan pada logam dasar (3) mengandung struktur mikro ferrite paling banyak diantara ke tiga daerah tersebut, seperti yang terlihat pada Gambar 9, pada daerah transisi tersebut pada (bagian bawah) logam dasar dekat dengan fusion line

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

terlihat mengandung banyak struktur mikro ferrite. Secara keseluruhan nilai kekerasan rata-rata logam las lebih besar daripada logam dasar, dan dapat dilihat pada gambar 12 di bawah ini.



Gambar 12 : Perbandingan nilai kekerasan rata-rata logam dasar dengan logam las

3. Pegujian tarik

Uji Tarik dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang. Standar acuan yang digunakan pada uji tarik ini adalah ASTM E 8. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik sambungan pelat baja kapal yang telah mengalami proses *line heating* dan disambung dengan pengelasan SMAW.



Gambar 13: patahan spesimen uji tarik.

Data mengenai kekuatan tarik sambungan pelat baja marine dapat dilihat pada tabel 4.

Kekuatan Tarik Sambungan Pelat Baja Marine	
Yield Strength (YS)	347 N/mm ²
Tensile Strength (TS)	401 N/mm ²
Elongation	24 %

Tabel 3. Kekuatan Tarik Sambungan Pelat Baja Marine

Dari tabel 3 di atas terlihat bahwa kekuatan sambungan pelat tidak terlalu berbeda dengan kekuatan pelat baja marine (pelat logam dasar). Nilai YS sambungan sedikit lebih besar dari nilai YS pelat yaitu 347 N/mm², sedangkan nilai YS pelat adalah 327 N/mm². Untuk nilai TS sambungan besarnya

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

lebih kecil daripada nilai TS pelat yaitu 401 N/mm^2 , sedangkan nilai TS pelat adalah 449 N/mm^2 . Sedangkan perbedaan *Elongation* (perpanjangan) sangat kecil hanya 1 %. Jadi dapat dikatakan bahwa adanya proses *Line Heating* dan pengelasan SMAW tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik sambungan pelat.

Proses *Line Heating* pada penelitian ini dengan temperatur $400 \text{ }^\circ\text{C}$, tidak merubah struktur mikro akan tetapi dapat berfungsi untuk menghilangkan tegangan sisa. Logam cenderung mengalami distorsi dan pelengkungan pada pemessinan yang menghilangkan tegangan sisa secara tidak simetris. Proses tersebut dinamakan Anil. Dari Gambar 13 terlihat bahwa sambungan patah pada bagian lasan. Hal ini dapat disebabkan karena elektrode yang digunakan pada proses pengelasan SMAW tidak sesuai dengan pelat (logam dasar).

F. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan cara pengujian metalografi optic diperoleh hasil struktur mikro yang terbentuk adalah ferrite dan pearlite. Nilai kekerasan rata-rata logam dasar adalah 80,75 HRB sedangkan nilai kekerasan logam las adalah 76,75 HRB. Dari hasil pengujian tarik dapat disimpulkan bahwa proses line heating tidak memiliki pengaruh yang signifikan, dimana Yield Strength sambungan pelat sebesar 347 N/mm^2 , Tensile Strength sambungan sebesar 401 N/mm^2 dan elongation sambungan adalah 24 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonymous "*Effect of Alloying Element*" , Literatur Bahan, <http://www.pvsteel.com>. Akses 5 September 2007.
2. Anonymous. " Hot Roll CoiUPlate", Literatur Bahan, www.krakatausteel.com.
3. Anonymous "Steel Alloys", Lincoln Machine Inc.
4. Bramfitt, L Bruce, "Material Part I ", International Steel Group Inc, Research Laboratories Bethlehen, Pennsylvania.
5. Callister Jr, William. D, " Material Science And Engineering ",3rd edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 1994.
6. Furunaka JICA SV Team, "Fairing Work Guide Worlf", Plambang. 2002.
7. H. E. Pattee, R. M. Evans, and R. E. Monroe, "Flame Straightening and Its Effect on Base Metal Properties", Baffle Memorial Institute, Columbus, Ohio. 1969.
8. Hanus Frank, Hubo Rall, " Flame Straigthening of Thermomechanically Rolled Structurall Steef", Verlag Stahleisen GmbH, Dusseldorf. 1999.
9. Kalpakjian, Serope, "Manufacturing Engineering and Technolog,,"3rd edition, Addison-Wesley Publishing Company. 2001.
10. Narli Ebru, Sari"OZ Kadir, "The Automated Fairing of Ship Hull Lines Using Formal Optimisation Methods", Istanbul Technical University, Faculty of Naval Architecture and Ocean Engineering, Istanbul, TURKEY. 2003.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

11. Vlack Van H Lawrence, "ILmu Dan Teknologi Bahan", Edisi Ke-5, PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta. 1995.
12. W. Pribadi Triwilaswandio, Hendroprasetyo Wing, "Pengaruh Proses Pembentukan Cara Panas (Flame Heating Technique) pada Kekuatan Mekanis Pelat Baja Kelas A - BKI Produksi Kraknta Steel ", JURNAL TEKNOLOGI KELAUTAN Vol. 1, No. 1, hal. 3 - 1 1. 1997.
13. Wiryosumarto, Harsono, " Teknologi Pengelasan Logam ", PT Pradnya Paramita, Jakarta. 2000.