

# PENGARUH PROSES FAIRING TERHADAP SIFAT MEKANIS SAMBUNGAN PELAT PADA BAGIAN LAMBUNG KAPAL

Sulaiman \*

\* Program Studi D III Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

## ABSTRAK

*This research studied the fairing process effect on mechanical properties of plate joint of ship. The plate used in this research is marine steel plate, grade A of BKI, thickly 10 mm. By metalografi testing obtained the microstructure of plate joint are ferrite and pearlite. The hardness number of basemetal is 80.75 HRB, while the hardness number of weld is 76.75 HRB. From tensile test obtained fairing process have not significant effect, where the Yield Strength of plate joint is 347 N/mm<sup>2</sup>, the Tensile Strength is 347 N/mm<sup>2</sup>, and the elongation is 24 %.*

*Keywords : fairing process, microstructure, hardness, mechanical properties*

## PENDAHULUAN

Baja kapal yang digunakan dianjurkan mempunyai susunan kimia, deoksidasi pengelolaan panas atau sifat mekanik yang sudah mendapat persetujuan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

Di perusahaan galangan-galangan kapal, pelat baja pada konstruksi lambung mengalami pelengkungan/pembengkokan disesuaikan dengan gambar rencana garis kapal yang bersangkutan (Lines Plan). Untuk pelengkungan dilakukan dengan proses Fairing. Teknik Pelengkungan pelat baja dengan cara panas (fairing) atau flame heating technique banyak dipergunakan pada proses produksi kapal. Teknik ini memanfaatkan pemanasan dengan menggunakan nyala api brander untuk membuat bentuk-bentuk lengkung atau menghilangkan deformasi pada pelat baja.

Proses fairing 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.

Teknik fairing dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pemanasan garis (line heating) dan pemanasan setempat (spot heating). Di perusahaan Dok dan Galangan Kapal PT. Jasa Marina Indah, Pelabuhan Tanjung Mas Semarang, proses pembuatan bentuk-bentuk lengkung kebanyakan dilakukan dengan menggunakan metode pemanasan garis (line heating).

Manfaat penggunaan teknik pemanasan garis pada proses pelengkungan pelat baja adalah sebagai berikut :

- Mengurangi pekerjaan yang menggunakan peralatan penekan yang berat.
- Mendapatkan hasil yang lebih akurat pada proses pembuatan bentuk lengkung pelat.
- Dapat diaplikasikan untuk pembentukan pelat-pelat dengan ukuran besar.
- Memudahkan pekerjaan perakitan konstruksi dengan menghilangkan deformasi yang terjadi pada setiap tahap pekerjaan.

Untuk membuat bentuk-bentuk lengkung yang tidak terlalu sulit seperti pelat-pelat untuk dasar ganda, sebelum dilakukan pemanasan garis, terlebih dahulu pelat-pelat tersebut dibentuk secara mekanis dengan menggunakan mesin rol

sesuai dengan tanda-tanda (*marking line*) yang ada pada pelat tersebut. Tujuan pembentukan awal dengan mesin rol disamping untuk mempermudah pekerjaan pembentukan dengan pemanasan garis, juga dimaksudkan untuk mempercepat waktu pekerjaan, karena bila pembuatan bentuk-bentuk pelat seluruhnya dilakukan dengan pemanasan garis, pekerjaan akan lama sehingga kurang produktif. Kecuali untuk bentuk-bentuk lengkung yang sulit seperti pada bagian ceruk belakang (dekat poros kemudi), pembentukan pelat seluruhnya dilakukan dengan pemanasan garis. Ini disebabkan karena bentuk-bentuk tersebut tidak bisa dilengkungkan terlebih dahulu dengan mesin rol.

Di Amerika, Jepang dan Inggris penggunaan teknik ini telah diijinkan oleh *American Bureau of Shipping (ABS)*, *Lloyd Register of Shipping (LR)* & *Nippon Kaiji Kokkan (NKK)* sejak tahun 1982. Di Indonesia pelat baja kelas A yang diproduksi oleh PT. Krakatau Steel banyak dipergunakan dalam pembuatan kapal dan harus mengalami proses pembentukan dengan cara panas.

Pada proses *fairing* ini material akan mengalami perubahan mikrostruktur dan kekuatan mekanis. Suatu material jika dibiarkan dipanasi beberapa lama, dapat terjadi suatu perubahan molekul dan pertumbuhan butir-butir kristal. Dapat terjadi pula proses-proses transformasi metalurgi yang tergantung pada laju pendinginan. Oleh karena itu dalam penerapan praktis *fairing*, pemanasan dan pendinginan dilakukan dalam selang waktu yang sangat pendek sehingga hanya ada sedikit waktu yang memungkinkan terjadinya perubahan molekul dan pertumbuhan butir-butir. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemanasan dan pendinginan pada proses *fairing* adalah temperatur pemanasan dan media pendingin yang digunakan. Apabila *fairing* dikontrol dengan baik tidak akan terdeteksi adanya transformasi struktur kristal. Struktur mikro baja mempengaruhi sifat-sifat mekanik yang dimiliki. Pada umumnya struktur mikro dari baja tergantung dari kecepatan pendinginan dari suhu daerah austenit sampai ke suhu kamar. Karena perubahan struktur ini maka dengan sendirinya sifat-sifat mekanik yang dimiliki juga berubah.

Pada konstruksi lambung kapal, proses yang digunakan untuk menyambung antar pelat baja yaitu pengelasan. Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Karena proses ini maka logam disekitar lasan mengalami siklus thermal cepat yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan metalurgi yang rumit, dimana pada akhirnya sifat-sifat dari baja tersebut termasuk sifat mekanis dapat berubah. Proses pengelasan yang umumnya digunakan adalah Las SMAW (*Shielded Metal-Arc Welding / Las Elektroda Terbungkus*), yaitu suatu cara pengelasan dengan menggunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks.

Pada bagian konstruksi lambung ini, pelat baja mengalami beberapa kali siklus thermal yaitu proses *fairing* dan pengelasan. Hal ini memungkinkan terjadinya perubahan sifat mekanik. Oleh karena itu pada penelitian ini ingin membahas "pengaruh proses *fairing* terhadap sifat mekanis sambungan pelat pada bagian lambung kapal".

## BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Benda uji diambil dari pemotongan sambungan pelat baja marine dengan tebal 10 mm yang telah mengalami proses *fairing* dan disambung dengan las SMAW. Komposisi kimia dan kekuatan tarik pelat baja marine yang digunakan sebagai benda uji dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 di bawah ini.

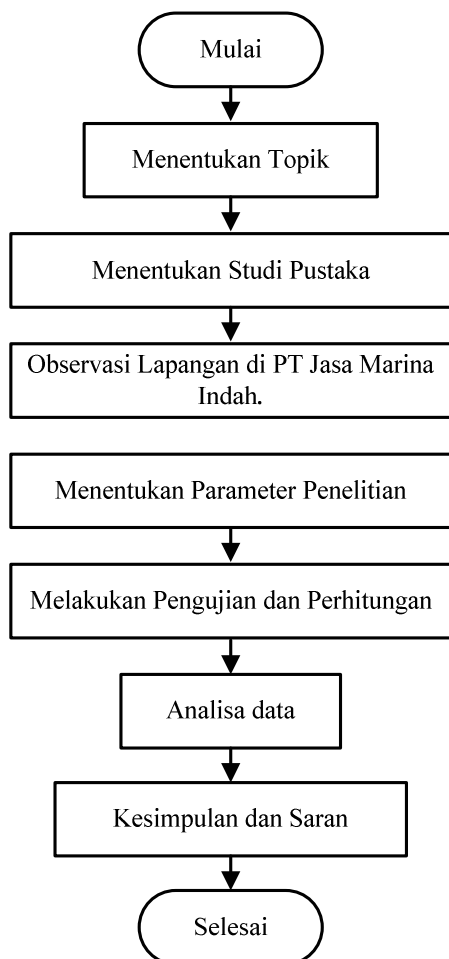
**Tabel 1** Elemen Paduan Pelat Baja Marine

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

**Tabel 2** Kekuatan Tarik Pelat Baja Marine

Kekuatan Tarik	
Yield Strength	327 N/mm <sup>2</sup>
Tensile Strength	449 N/mm <sup>2</sup>
Elongation	23 %

Diagram alir proses penelitian dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.



**Gambar 1.** Diagram alir proses penelitian.

**Proses Fairing**

Pelat baja yang akan dijadikan benda uji terlebih dahulu mengalami proses perlakuan panas, disimulasikan seperti halnya proses *fairing* yang terjadi di lapangan. Simulasi proses *fairing* tersebut dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Pelat baja dipanasi dengan menggunakan brander dengan diameter 2.5 mm. Efek pemanasan dihasilkan dari variasi pengaturan tekanan / aliran gas asetilen dan oksigen. Pendinginan dilakukan dengan menggunakan media udara, tidak menggunakan media air atau lainnya. Suhu pemanasan yang digunakan adalah sekitar 400 °C.

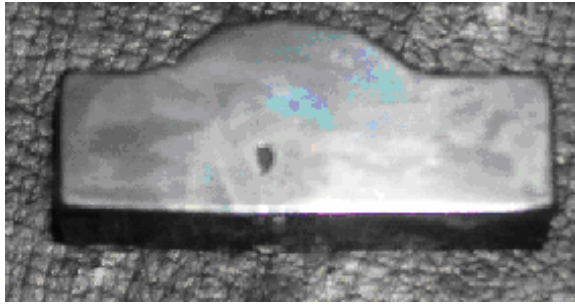
Dua buah pelat yang telah mengalami proses *fairing* disambung dengan las SMAW. Peralatan las SMAW yang digunakan diantaranya adalah mesin las merk KRISBOW TRA 160 dan menggunakan elektrode dengan diameter 2,6 mm. Sedangkan arus yang digunakan adalah 115 A pada 220 V.

**Pengujian Benda Uji**

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian metalografi optik, pengujian kekerasan *Rockwell*, dan pengujian tarik.

**a. Pengujian Metalografi Optik**

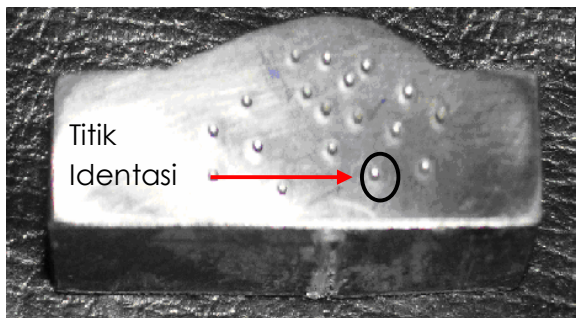
Pengujian metalografi optik dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang. Pengujian metalografi optik dilakukan terhadap benda uji dengan tujuan untuk mengetahui struktur mikro sambungan pelat baja marine yang telah mengalami proses *fairing* dan disambung dengan las SMAW.



**Gambar 2.** Benda uji pengujian metalografi optik.

### b. Pengujian Kekerasan

Penelitian 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 100 kgf. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur nilai kekerasan sambungan pelat baja marine yang di *fairing* dan disambung menggunakan las SMAW. Pengujian dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang. Benda uji yang digunakan untuk pengujian kekerasan sama dengan benda uji pengujian metalografi optik.



**Gambar 3.** Benda Uji Pengujian Kekerasan.

### c. Pengujian 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.

Ukuran benda uji menurut ASTM E 8 dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 4.** Sample Uji Tarik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. ELEMEN PADUAN PELAT BAJA MARINE.

Dari hasil observasi lapangan ke PT. Jasa Marina Indah Semarang diperoleh data mengenai komposisi elemen paduan pelat baja marine seperti yang dapat dilihat pada tabel 1 sebelumnya.

Berdasarkan data komposisi elemen paduan pada tabel 1. pelat baja marine mempunyai kandungan karbon  $\pm 16.8$  %. Karbon (C) adalah unsur yang menstabilkan austenite dan dengan cara demikian, meningkatkan rentang pembentukan austenite dalam baja. Unsur karbon adalah elemen intersisi yang menempati celah antara atom-atom pada struktur kristal. Pada prosentase 0.022 %, kelarutan maksimum karbon pada temperatur ruang dapat meningkatkan kekuatan dengan cara penguatan larutan padat intersisi (*Interstitial Solid Solution Hardening*). Jika kandungan karbon lebih banyak, yaitu diatas 0.022 %, akan terbentuk karbida besi yang disebut cementite ( $Fe_3C$ ). Karbon mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap karakteristik baja. Karbon merupakan elemen utama pengerasan baja. Kekerasan dan kekuatan tarik meningkat dengan meningkatnya kadar karbon, akan tetapi keuletan dan kemampuan menurun dengan meningkatnya karbon. Oleh karena itu, kandungan karbon harus dijaga. Kandungan karbon yang tinggi akan meningkatkan kepekaan terhadap retak hydrogen (*hydrogen cracking*) dalam HAZ.

Silikon pada pelat baja marine mempunyai kadar 1.7 %, dimana silikon berfungsi sebagai

*deoksidizer* karena menghilangkan oksigen terlarut dalam baja cair selama proses penghalusan baja. Oksigen dalam baja bisa membentuk inklusi oksida yang menurunkan keuletan, ketangguhan dan ketahanan *fatigue*. Silikon juga berfungsi sebagai penstabil *ferrite*. Silikon kurang efektif dibandingkan mangan dalam usaha meningkatkan kekuatan dan kekerasan.

Unsur mangan dapat berfungsi untuk menaikkan kekuatan dari baja yaitu dengan bereaksi dengan sulfur, untuk membentuk inklusi lunak MnS yang menaikkan kekuatan luluh. Dengan meningkatkan kadar mangan, dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan. Dan dengan meningkatnya kadar mangan, maka keuletan dan kemampulan menurun. Akan tetapi efek mangan tidak sebesar efek karbon. Mangan mempunyai efek yang signifikan terhadap kemampukan baja. Selain itu, mangan memperlambat transformasi *austenite* sewaktu dalam proses pendinginan. Mangan ditambahkan ke dalam baja dengan rasio mangan-sulfur standar sebesar 20 : 1. Tanpa mangan, sulfur akan berkombinasi dengan besi dan membentuk sulfida besi (FeS), yang merupakan paduan getas dimana ketangguhan dan keuletan yang dimilikinya sangat rendah sehingga mengakibatkan *hot shortness*. *Hot shortness* adalah kondisi dimana paduan seperti FeS atau elemen-elemen tidak larut mempunyai titik leleh rendah (energi ikatan rendah) sehingga menyebabkan terbentuknya kondisi permukaan retak yang tidak dapat diterima selama pengerolan panas. Mangan termasuk elemen substitusi dan bisa mengganti atom besi dalam *lattice* BCC atau FCC.

Phosfor merupakan elemen sisa dalam baja dan secara hati-hati dibatasi sampai kandungan di bawah 0,02 %. Phosfor meningkatkan kekuatan dan kekerasan, tetapi menurunkan keuletan dan ketangguhan impact baja.

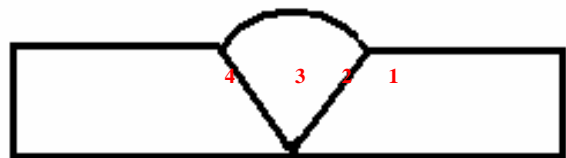
Kandungan 0-0,05 % sulfur, apabila mangan tidak cukup, sulfur akan bereaksi dengan besi pada batas butir, sehingga akan mengakibatkan retak selama proses kerja. Sulfur menurunkan keuletan dan ketangguhan impact. Selain itu juga, kemampuan las menurun dengan

meningkatnya kadar sulfur. Sulfur umumnya ditemukan dalam bentuk *sulfide inclusions*. Kandungan sulfur dikontrol pada kadar yang rendah. Keuntungan penambahan sulfur diantaranya adalah meningkatkan *machineability*. Dari data komposisi, pelat baja marine mengandung sulfur 1.3 % dan perbandingan antara mangan-sulfur di atas 20 : 1. Sulfur berperan membentuk inklusi dan tidak memberikan banyak pengaruh terhadap temperatur transisi, tetapi menurunkan keuletan matriks atau menurunkan keuletan pada arah tegak lurus terhadap arah pengerolan, sebab inklusi tersebut memanjang pada arah pengerolan.

Aluminium digunakan sebagai deoksidan dan juga untuk mengontrol pertumbuhan butir *austenite*. Aluminium merupakan paduan yang sangat efektif untuk mengontrol pertumbuhan butir pada proses *quenching*.

## B. UJI METALOGRAFI OPTIK.

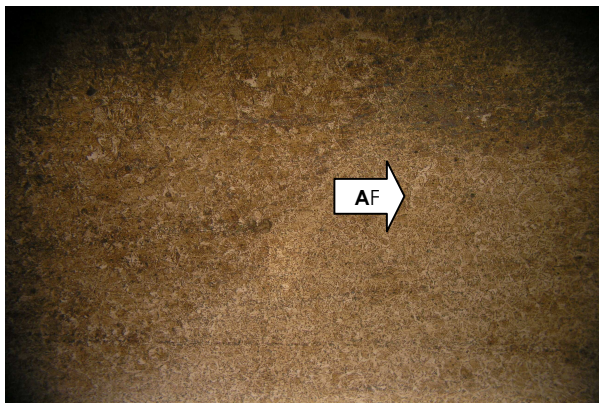
Dari hasil pengujian metalografi optik diperoleh gambar struktur mikro sambungan pelat baja marine yang telah mengalami proses *fairing* dan di sambung dengan las SMAW.



**Gambar 5.** Posisi Pengambilan Gambar Struktur Mikro.



**Gambar 6.** Struktur Mikro Daerah Logam Dasar (Posisi 1). Perbesaran 400X dengan etsa nital 1%.

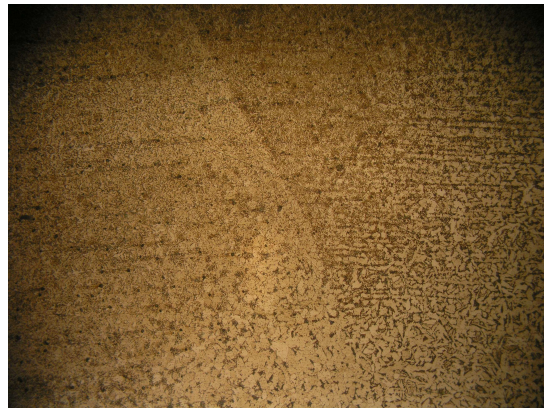


\*Keterangan : AF = *Acicular Ferrite*

**Gambar 7.** Struktur Mikro Daerah Transisi Antara Logam Dasar dengan Daerah Las (Posisi 2). Perbesaran 400X dengan etsa nital 1%.



**Gambar 8.** Struktur Mikro Daerah Las (Posisi 3). Perbesaran 400X dengan etsa nital 1%.



**Gambar 9.** 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 temperatur rendah, kelarutan padat terbatas, dapat berada bersama  $Fe_3C$  (*cementite*) atau yang lainnya. *Ferrite* dipengaruhi oleh unsur C, dalam pelat baja marine 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  $727^{\circ}C$ .

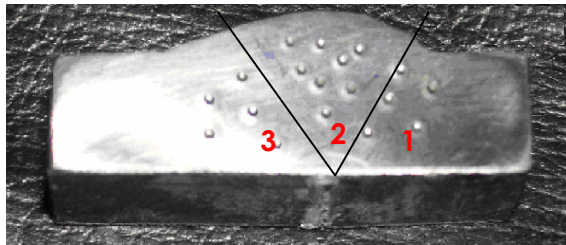
Dari gambar 7 dan Gambar 9 terlihat perbedaan antara daerah las dengan daerah logam dasar. Terlihat daerah las lebih gelap dibandingkan daerah logam dasar. Hal ini disebabkan karena logam dasar mengandung lebih banyak *ferrite* dibandingkan logam las. Hal ini dapat terlihat

lebih jelas dengan membandingkan antara Gambar 6 dengan Gambar 8.

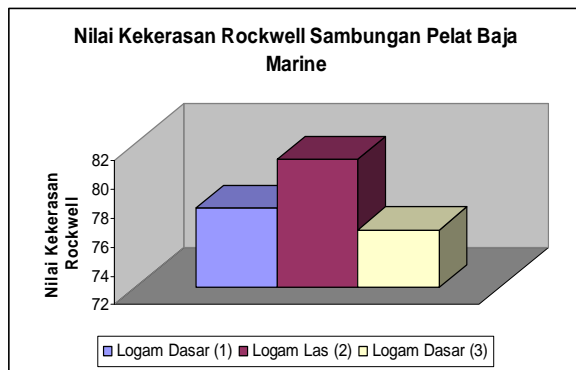
Dalam pelat baja marine mengandung unsur-unsur penstabil, misalnya Si yaitu unsur penstabil *ferrite*. Unsur ini berfungsi meningkatkan tempratur *eutectoid*, transformasi *pearlite* cenderung lebih dini pada temperature tinggi dalam baja.

**C. UJI KEKERASAN ROCKWELL.**

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Rockwell* skala B dengan gaya indentasi total 100 kgf. Pengujian ini dilakukan pada lima titik pada daerah logam dasar dan delapan titik pada daerah logam las. Nilai kekerasan direpresentasikan pada gambar 10.

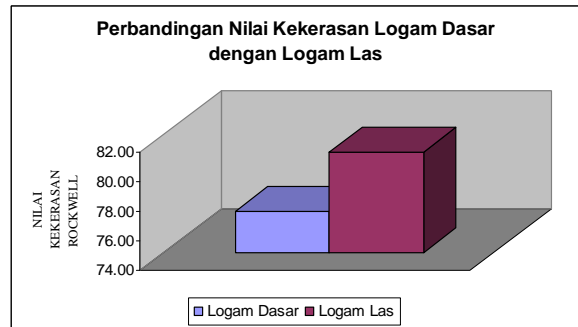


**Gambar 10.** Peta Indentasi.



**Gambar 11.** Nilai Kekerasan Rata-rata Sambungan Pelat Baja Marine yang mengalami Proses *Fairing* dan Disambung dengan Las SMAW.

Dari Gambar diatas 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*, dimana *ferrite* mempunyai sifat ulet dan lunak. Sedangkan pada logam dasar (3) mengandung struktur mikro *ferrite* paling banyak diantara ke tiga daerah tersebut, pada daerah transisi tersebut pada (bagian bawah) logam dasar dekat dengan *fusion line* 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.

**D. UJI TARIK.**



**Gambar 13.** Gambar patahan spesimen uji tarik.

Data mengenai kekuatan tarik sambungan pelat baja marine dapat dilihat pada tabel 3.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Struktur mikro yang terbentuk adalah *ferrite* dan *pearlite*, dimana pada bagian logam las mempunyai struktur mikro *pearlite* yang lebih banyak dibandingkan dengan logam dasar.
2. Nilai kekerasan rata-rata logam las lebih besar daripada logam dasar, yaitu 80,75 HRB, sedangkan nilai kekerasan rata-rata logam dasar adalah 76,75 HRB.
3. Proses *fairing* pada sambungan pelat yang disambung dengan las SMAW tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik. *Yield Strength* sambungan pelat sebesar 347 N/mm<sup>2</sup>, *Tensile Strength* sambungan sebesar 401 N/mm<sup>2</sup> dan *elongation* sambungan adalah 24 %.

### B. SARAN

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan variasi temperatur pada proses *fairing*.
2. Elektroda yang digunakan disesuaikan dengan pelat logam dasar.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Anonimous, ....., "Effect of Alloying Element", Literatur Bahan, <http://www.pvsteel.com>.
2. Anonimous, ..., "Hot Roll Coil/Plate", Literatur Bahan : [www.Krakatausteel.com](http://www.Krakatausteel.com)
3. Anonimous, ....., "Steel Alloys", Lincoln Machine Inc.
4. Bramfitt, L Bruce, "Material Part 1", International Steel Group Inc, Research Laboratories Bethlehen, Pensylvania.
5. Callister Jr, William. D, 1994, "Material Science And Engineering", 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
6. Furunaka JICA SV Team, 2002, "Fairing Work Guide Work", Plambang.
7. H. E. Pattee, R. M. Evans, and R. E. Monroe, 1969, "Flame Straightening and Its Effect on Base Metal

**Tabel 3** Kekuatan Tarik Sambungan Pelat Baja Marine

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

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/mm<sup>2</sup>, sedangkan nilai YS pelat adalah 327 N/mm<sup>2</sup>. Untuk nilai TS sambungan besarnya lebih kecil daripada nilai TS pelat yaitu 401 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan nilai TS pelat adalah 449 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan perbedaan *Elongation* (perpanjangan) sangat kecil hanya 1 %. Jadi dapat dikatakan bahwa adanya proses *fairing* dan pengelasan SMAW tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik sambungan pelat.

Proses *fairing* pada penelitian ini dengan temperatur 400 °C, tidak merubah struktur mikro akan tetapi dapat berfungsi untuk menghilangkan tegangan sisa. Logam cenderung mengalami distorsi dan pelengkungan pada pemesinan yang menghilangkan tegangan sisa secara tidak simetris. Proses tersebut dinamakan Anil.

Dari Gambar 12 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).

- Properties*”, Battelle Memorial Institute, Columbus, Ohio
8. Hanus Frank, Hubo Ralf, 199, “*Flame Straightening of Thermomechanically Rolled Structural Steel*”, Verlag Stahleisen GmbH, Dusseldorf.
  9. Kalpakjian, Serope, (2001), “*Manufacturing Engineering and Technology*”, 3rd edition, Addison-Wesley Publishing Company.
  10. Narli Ebru, Sari OZ Kadir, 2003, “*The Automated Fairing of Ship Hull Lines Using Formal Optimisation Methods*”, Istanbul Technical University, Faculty of Naval Architecture and Ocean Engineering, Istanbul, TURKEY
  11. Vlack Van H Lawrence, 1995, “*Ilmu Dan Teknologi Bahan*”, Edisi Ke-5, PT Gelora Aksara Pratama, Jakarta.
  12. W. Pribadi Triwilaswandio, Hendroprasetyo Wing, 1997, “*Pengaruh Proses Pembentukan Cara Panas (Flame Heating Technique) pada Kekuatan Mekanis Pelat Baja Kelas A – BKI Produksi Krakata Steel*”, JURNAL TEKNOLOGI KELAUTAN Vol. 1, No. 1, hal. 3 – 11.
  13. Wiryosumarto, Harsono, 2000, “*Teknologi Pengelasan Logam*”, PT Pradnya Paramita, Jakarta.