

Studi Proses *Flame Straightening* untuk Pelat Baja Karbon AH36 yang Terdeformasi Berdasarkan IACS No. 47 Rev.5 2010 pada Dua Proses Pengelasan yang Berbeda

Stephen Giovano, Hanifah Widiastuti, Muhammad Andi Nova

* Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknik Mesin

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

¹E-mail: giovanoaritonang@email.com

Abstrak

Proses *flame straightening* adalah suatu metode perlakuan panas yang umum digunakan dalam konstruksi perkapalan untuk memperbaiki baja karbon yang terdeformasi dan menghilangkan *stress* akibat proses pengelasan. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil distorsi dari dua jenis pengelasan berbeda dengan material yang sama, terhadap hasil proses *flame straightening* yang menggunakan parameter berdasarkan acuan IACS No. 47 Rev.5 2010. Pengujian dilakukan pada material baja karbon AH36 dengan dimensi 30 mm x 15 mm x 11 mm. Dua jenis pengelasan yang digunakan adalah *FCAW* dan *SMAW*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *flame straightening* dapat mengurangi distorsi pada material baja karbon AH36. Namun, nilai pengurangan distorsi pada kedua jenis pengelasan berbeda. Pada specimen *FCAW* nilai distorsi berkurang sebesar 2°, sedangkan pada specimen *SMAW* hanya berkurang sebesar 1°. Hal ini menunjukkan bahwa proses *flame straightening* memiliki hubungan yang penting terhadap jenis pengelasan yang berbeda.

Kata kunci: *Flame straightening*, *SMAW* dan *FCAW*, *IACS*

Abstract

Flame straightening process is a method heat treatment that use general in shipyard construction for repairing deformation at carbon steel and release stress in material after welding process. This study aims to investigate the difference in distortion results from two different welding types on the same material, in response to the flame straightening process using parameters based on IACS No. 47 Rev.5 2010. The test was conducted on AH36 carbon steel material with dimensions of 30 mm x 15 mm x 11 mm. The two welding types used were FCAW and SMAW. The results showed that flame straightening can reduce distortion in AH36 carbon steel. However, the distortion reduction values for the two welding types were different. For the FCAW specimen the distortion value decreased by 2°, while for the SMAW specimen, it only decreased by 1°. This indicates that the flame straightening process has an important relationship to different types of welding.

Keywords: *Flame straightening*, *SMAW* and *FCAW*, *IACS*

1 Pendahuluan

Konstruksi kapal umumnya menggunakan material plat baja, terutama material baja karbon AH36 yang tergolong dalam baja karbon rendah dengan kandungan besi (*Fe*) dan mengandung kurang dari 0,3% karbon, oleh karena itu material ini bukan baja yang keras. Kelebihan material ini memiliki tingkat elastisitas tinggi yang sangat memadai untuk pembentukan dan penyesuaian material sesuai bentuk yang diperlukan [1], namun hal itu juga yang sekaligus menjadi kelemahan material tersebut dalam pembuatan konstruksi kapal karena dapat berubah bentuk dengan tidak sengaja akibat proses pengelasan maupun berbenturan dengan alat berat sekitar yang dapat merubah bentuk material. Saat proses pembuatan kapal terdapat penyambungan plat dan konstruksi yang menggunakan material baja karbon di konstruksi kapal dengan menggunakan proses pengelasan, jenis proses pengelasan pada perkapalan umumnya menggunakan jenis pengelasan *shield metal arc welding (SMAW)* dan *flux cored metal arc welding (FCAW)* yang keduanya sama memiliki zat pelindung, karena pada saat proses pengelasan pada kapal biasanya dilakukan di luar ruangan, proses tersebut akan terdampak angin yang dapat mempengaruhi hasil lasan, oleh karena itu kedua jenis proses pengelasan ini yang sangat memadai untuk pengelasan kapal di luar ruangan.

setelah proses pengelasan itu akan terjadi proses pendinginan yang akan meninggalkan *stress* dan dapat menyebabkan deformasi pada material [2].

Stress pada material baja karbon setelah pengelasan disebut *stress* tarik, karena di saat pengelasan ada gaya tarik yang terjadi antara dua material yang di las, stres pada material dapat menyebabkan perubahan pada sifat mekanik suatu material seperti kekuatan, kekakuan, dan ketangguhannya. Deformasi pada material baja karbon yaitu perubahan bentuk material yang dihasilkan akibat pengelasan dan gaya eksternal yang diberikan ke material baja karbon, deformasi pada material baja karbon ada dua bagian yaitu deformasi elastis dan deformasi plastis, deformasi elastis adalah perubahan bentuk sementara pada material, sedangkan deformasi plastis adalah perubahan bentuk permanen pada material [3]. Pada produksi perkapalan adalah hal yang umum untuk terjadinya deformasi pada material baja karbon, namun saat deformasi plastis dan *stress* terjadi pada material baja karbon saat pengelasan maupun akibat benturan hingga penyok, ada proses yang dipakai untuk menghilangkan *stress* dan deformasi pada material baja karbon tersebut yaitu *flame straightening*.

Flame straightening umumnya digunakan pada industri perkapalan, biasanya digunakan untuk meluruskan plat atau blok baja yang bengkok akibat kurangnya perhatian dan penanganan pada saat produksi kapal. Namun karena metode *flame straightening* ini termasuk proses pemanasan material, sehingga metode ini juga dapat digunakan untuk mengurangi dan menormalisasikan *stress* maupun deformasi pada material. *Flame straightening* adalah sebutan pada proses penghilangan deformasi pada material dengan menggunakan alat yang dinamakan *torch* dengan sumber gas *oxy-acetylene* yang disalurkan menggunakan *hose* antara tabung gas dan *torch* untuk proses pemanasan pada material yang stres maupun terdeformasi [4]. *Torch flame straightening* ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. *Torch flame straightening*

Pada industri perkapalan aturan dan standar acuan untuk setiap proses pembuatan dan perbaikan kapal dinaungi lembaga klasifikasi yang disebut *International Association of Classification Societies (IACS)*. Pada penelitian ini proses perbaikan deformasi dan normalisasi stres pada material akibat pengelasan menggunakan proses *flame straightening*, menggunakan acuan parameter dan proses pengerjaan yang terdapat di *IACS No. 47 Rev.5 2010 "Shipbuilding and Repair Quality Standard"* yang terdapat pada tabel 6.5 "*Maximum Heating Temperature on Surface for Line Heating*" ditunjukkan pada tabel 1.

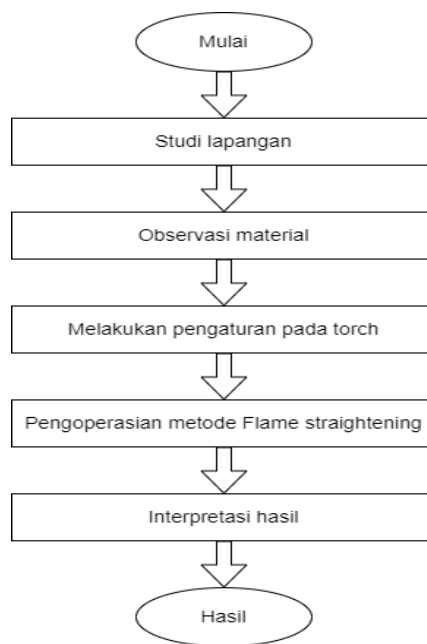
Tabel 1. *IACS No. 47 Rev.5 2010 table 6.5 [5]*.

| Item | Standard | Limit |
|---|--|---|
| Conventional Process AH32-EH32 & AH36-EH36 | Water cooling just after heating | Under 650°C |
| TMCP type AH32-EH32 & AH36-EH36 (Ceq.>0.38%) | Air cooling after heating | Under 900°C |
| | Air cooling and subsequent water cooling after heating | Under 900°C (starting temperature of water cooling to be under 500°C) |
| TMCP type AH32-DH32 & AH36-DH36 (Ceq. ≤ 0.38%) | Water cooling just after heating or air cooling | Under 1000°C |
| TMCP type EH32 & EH36 (Ceq. ≤ 0.38%) | Water cooling just after heating or air cooling | Under 900°C |

Dengan adanya perbedaan jenis pengelasan pada produksi perkapalan, maka pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil distorsi dari dua jenis pengelasan berbeda dengan material yang sama, terhadap hasil proses *flame straightening* yang menggunakan parameter berdasarkan acuan *IACS No. 47 Rev.5 2010*. Penelitian ini memiliki batasan masalah hanya pada studi proses, parameter, serta hasil material yang sama dengan proses pengelasan yang berbeda terhadap proses *flame straightening*.

2 Metodologi Penelitian

Semua tahapan yang dikerjakan dalam penelitian ini ditampilkan pada tabel yang sudah disusun pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram alur penelitian

2.1 Studi lapangan

Studi lapangan berkaitan pada proses *flame straightening* sesuai standar *IACS No. 47 Rev.5 2010* untuk lebih memahami konsep dasar dan pengaplikasian di lapangan yang relevan. Hal yang meliputi yaitu dengan melakukan riset terlebih dahulu melalui ahli, dan sumber informasi pendukung lainnya dari perusahaan yang sesuai dengan konsep penelitian. Bagian metode dan parameter proses yang digunakan pada pengujian ini sesuai standar *IACS No. 47 Rev.5 2010* adalah pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Metode dan parameter yang digunakan

| | Item | Standard |
|---|----------------------------------|------------|
| Conventional Process AH32-EH32 & AH36- EH36 | Water cooling just after heating | Under 650° |

2.2 Observasi material

Hal yang perlu dilakukan pada observasi material ini yaitu melakukan proses pengelasan *FCAW* dan *SMAW* dengan material yang sama yaitu AH36, dan ukuran material *specimen* yang sama per *pieces* dengan ukuran panjang material 30mm, lebar 15mm, dan tebal 11mm. Pengelasan dilakukan sampai mendapatkan hasil deformasi dan pola distorsi yang mendekati sama antara hasil pengelasan di kedua *specimen* tersebut. Untuk mendapatkan hasil distorsi yang sama antara kedua *specimen SMAW* dan *FCAW* dilakukan dengan cara melakukan pengelasan pada salah satu *specimen* pengelasan yaitu *SMAW* terlebih dahulu sampai terdistorsi, lalu menjadikan nilai hasil distorsi pada *specimen SMAW* tersebut menjadi patokan besar distorsi yang harus didapat saat melakukan pengelasan pada *specimen FCAW*. Setelah itu lakukan penandaan pada bagian yang terdeformasi, dan pendataan besar nilai distorsi antara dua material tersebut, hal ini dilakukan agar mendapat nilai perbandingan untuk sebelum dan sesudah pengoperasian metode *flame straightening* pada material. Pengukuran deformasi pada *specimen* yang sudah menggunakan pengelasan *FCAW* dan *SMAW* yang diukur menggunakan *welding gauge* yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Pengukuran kedua *specimen* menggunakan *welding gauge*

2.3 Melakukan pengaturan pada *torch*

Setelah selesai observasi pada material selanjutnya mengatur *torch* sesuai kebutuhan mulai dari memasang *hose* ke regulator tabung gas *acetylene* dan regulator tabung *oxygen*, setelah itu menyambungkan *hose* tersebut dengan *torch* yang sudah terpasang *nozzle* yang sesuai untuk proses *flame straightening* dan mengatur komposisi tekanan antara *oxygen* dan *acetylene*.

2.4 Pengoperasian metode *flame straightening*

Saat melakukan pengoperasian *flame straightening*, harus sesuai dengan tanda deformasi yang telah ditandai, dengan cara mendekatkan *nozzle* ke material baja karbon, lalu menggerakkan *torch* secara berkala dan perlahan-lahan, sampai seluruh material yang di tandai sudah dilalui dengan batas suhu sesuai standar *IACS No. 47 Rev.5 2010* tabel 6.5. Dengan menggunakan metode pendinginan yang sama yaitu *water cooling after heating*, proses pengoperasian ini dilakukan pada kedua material yang terdeformasi akibat jenis pengelasan yang berbeda yaitu *FCAW* dan *SMAW*. Proses *flame straightening* dan pendinginan menggunakan air ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Proses *Flame straightening* dan Pendinginan menggunakan air

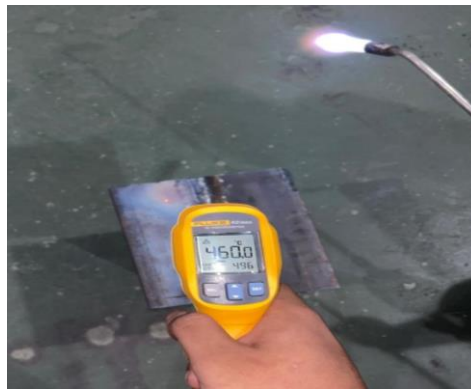
2.5 Interpretasi hasil

Interpretasi hasil merupakan membandingkan hasil deformasi dari pengoperasian *flame straightening* menggunakan parameter yang sama, dengan acuan standar yang sama dan dari dua material yang sama dengan jenis proses pengelasan yang berbeda.

3 Analisa Data dan Pembahasan

3.1 Proses pengoperasian *flame straightening*

Berdasarkan pengumpulan data pada saat studi lapangan, metode dan parameter yang digunakan adalah pengoperasian *flame straightening* dengan suhu saat pengoperasian pada *specimen* yang terdistorsi masing – masing sampai di 400°C - 650°C. Penggunaan *flame straightening* pada kedua *specimen* FCAW dan SMAW di suhu yang sudah ditentukan tertera pada gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 5. *Flame straightening* pada *specimen* FCAW di suhu 400°C - 650°C

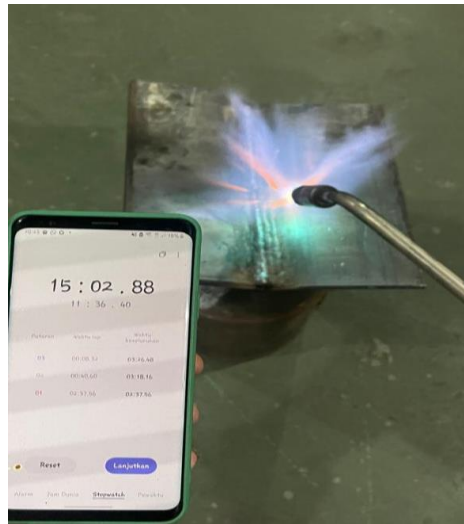


Gambar 6. *Flame straightening* pada *specimen* SMAW di suhu 400°C - 650°C

pada saat suhu *specimen* tepat 400° C, penguji langsung memulai menghitung waktu dengan menggunakan *stopwatch* selama 15 menit, untuk membuat batasan durasi yang sama pada kedua *specimen*. Penggunaan waktu selama 15 menit ini ditentukan karena pada saat melakukan studi lapangan penguji mendapatkan durasi umumnya penggunaan proses *flame straightening* ini dilakukan berkala dan berulang kali selama 15 menit sampai hasil pengurangan distorsi pada material sesuai yang diinginkan. Hitungan waktu selama 15 menit menggunakan *stopwatch* ketika penggunaan *flame straightening* di suhu 400°C - 650°C tertera pada gambar 7 dan gambar 8.



Gambar 7. *Flame straightening* pada *specimen FCAW* di suhu 400°C - 650°C selama 15 menit



Gambar 8. *Flame straightening* pada *specimen SMAW* di suhu 400°C - 650°C selama 15 menit

Setelah selesai melakukan *flame straightening* pada kedua *specimen FCAW* dan *SMAW* lalu kedua *specimen* tersebut didinginkan menggunakan air yang disiram ke *specimen* secukupnya. Proses pendinginan *specimen FCAW* dan *SMAW* menggunakan air ditunjukkan pada gambar 9 dan gambar 10.



Gambar 9. Pendinginan *specimen FCAW* menggunakan air

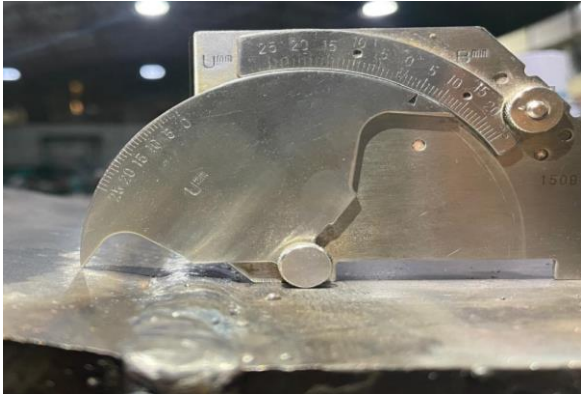



Gambar 10. Pendinginan *specimen SMAW* menggunakan air

3.2 Interpretasi Hasil



Setelah mendapatkan hasil kedua *specimen* pengelasan *FCAW* dan *SMAW* yang pola distorsinya homogen saat proses observasi material. Lalu dilakukan pengukuran nilai distorsi di kedua *specimen* menggunakan *welding gauge* yang mendapatkan hasil distorsi pada *specimen* masing-masing sebesar 5° pada kedua *specimen* sebelum dilakukan proses *flame straightening* pada kedua *specimen*. Hasil nilai distorsi yang ditunjukkan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Nilai distorsi *specimen* sebelum *flame straightening*

| Specimen | Nilai distorsi |
|---|----------------|
| <p style="text-align: center;"><i>FCAW</i></p>  | 5° |
| <p><i>SMAW</i></p>  | 5° |

Setelah melakukan proses *flame straightening* pada kedua *specimen SMAW* dan *FCAW*, kemudian kedua *specimen* tersebut diukur kembali menggunakan *welding gauge*, untuk mendapatkan perbandingan nilai distorsi kedua *specimen* setelah proses *flame straightening* yang ditunjukkan pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Nilai distorsi *specimen* setelah *flame straightening*

| Specimen | Nilai distorsi |
|--|----------------|
| <p style="text-align: center;"><i>FCAW</i></p>  | 3° |
| <p style="text-align: center;"><i>SMAW</i></p>  | 4° |

Flame straightening ini dapat mengurangi distorsi pada material karena saat proses pendinginan, penyusutannya akan jauh lebih besar daripada pemuaian logam tersebut pada saat dipanaskan, sehingga material yang terdistorsi tersebut dapat diluruskan kembali [6]. Pada saat proses *flame straightening* dilakukan maka material akan memuai akibat perlakuan panas yang diberikan, ketika material sudah memuai dilakukan proses pendinginan yang berfungsi untuk mendapatkan konfigurasi baru dari material yang sudah memuai tersebut. Proses penggunaan *flame straightening* dapat dilakukan berulang kali untuk mengurangi distorsi pada material, sampai mendapatkan hasil distorsi yang sesuai dengan kriteria keberterimaan pada standar yang telah ditetapkan. Namun perlu dicatat proses pengulangan tersebut harus tetap dilakukan sesuai metode yang sudah ditetapkan sebelumnya, agar tidak banyak mengubah sifat mekanik pada material tersebut.

4 Kesimpulan

Pada hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan berdasarkan data yang didapat, nilai distorsi kedua *specimen* sebelum *flame straightening* diterapkan adalah sama yaitu 5° di *specimen SMAW* dan *FCAW*. Pada saat penerapan *flame straightening* dengan parameter yang sama selama 15 menit tepat saat suhu di atas 400°C pada kedua material *specimen* lalu menggunakan air sebagai metode pendinginnya, namun menghasilkan pengurangan distorsi yang berbeda pada masing-masing *specimen*. Hasil yang didapat dalam pengurangan distorsi pada *specimen FCAW* berkurang sebesar 2° dengan nilai akhir sebesar 3°, sedangkan pada *specimen SMAW* distorsi hanya berkurang sebesar 1° dengan nilai akhir sebesar 4°. Dengan demikian, selisih perbandingan yang didapat antara kedua pengelasan *SMAW* dan *FCAW* adalah 1°. Namun perlu diketahui bahwa pada pengujian ini proses *flame straightening* hanya dilakukan dalam skala durasi yang singkat, dan tidak menutup kemungkinan jika skala durasi dalam proses *flame straightening* ditambah nilai hasil pengurangan distorsi akan berbeda dari hasil pengujian ini.

5 Daftar Pustaka

Penulisan referensi menggunakan urutan angka seperti berikut, dimana nomor urut disesuaikan dengan nomor referensi yang ditulis di dalam isi paper.

- [1] Xometry, T. 2022. All about carbon steel as a manufacturing material. Xometry. <https://www.xometry.com/resources/materials/carbon-steel/>. (Diakses 06 Maret 2024)
- [2] Syahroni, N., Fatkurokhim, B. I., & Handayanu, H. (2017). Analysis of the Effect of Welding Sequence Variations on Residual Stresses and Distortions for Welding Pressure Vessels Structures at PT. Petrokimia Gresik using the Finite Element Method. International Journal of Offshore and Coastal Engineering (IJOCE), 1(2). <https://iptek.its.ac.id/index.php/ijoce/article/view/7053/4739>. (Diakses 06 Maret 2024)
- [3] Deformation: Beyond the surface: Exploring elastic deformation in solids. (n.d.). FasterCapital. <https://fastercapital.com/content/Deformation--Beyond-the-Surface--Exploring-Elastic-Deformation-in-Solids.html>. (Diakses pada 14 Maret 2024)
- [4] Leksonowati, N. F. P. (2021). Studi pengaruh flame straightening terhadap kekerasan material high strength low alloy (HSLA). Jatra, 3(1), 27–31. <https://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JATRA/article/download/3109/1441>. (Diakses pada 15 Maret 2024)
- [5] International Association of Classification Societies, IACS No. 47 Rev.5 (2010). https://maritimeexpert.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/01/rec_47_quality-standard_pdf193.pdf. (Diakses pada 18 Juni 2024)
- [6] BOC, Fundamentals of flame straightening. Guildford, Surrey GU2 7XY,: The Linde Group, 2009. https://www.boconline.co.uk/en/images/Fundamentals-of-Flame-Straightening_tcm410-113398.pdf. (Diakses pada 18 Juni 2024)