

STUDI METODE *STATIC THERMAL TENSIONING* (STT) UNTUK MEMINIMALKAN DISTORSI LAS MIG ALUMINIUM AA5083 DAN PENGARUHNYA TERHADAP SIFAT MEKANIS

M. Leon Habibi¹, M.N Ilman²

Mahasiswa S2 teknik mesin, Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gajah Mada¹
Muhamad_leon@ymail.com

Dosen Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gajah Mada²
Ilman_noer@ugm.ac.id

Abstrak

Aluminium dan paduannya merupakan logam *non-ferrous* yang banyak digunakan di industri perkapalan karena beberapa alasan, yaitu aluminium merupakan logam ringan, memiliki kekuatan tarik relatif tinggi dan ketahanan terhadap korosi yang baik. Pengelasan pada pelat tipis (3mm) menimbulkan masalah distorsi pada hasil pengelasan. Distorsi akan menyebabkan perubahan dimensi sehingga hasil las tidak presisi dan menurunkan *structural integrity*. *Static thermal tensioning* (STT) merupakan salah satu metode untuk mengurangi distorsi yang terjadi. Pengelasan dilakukan menggunakan las MIG dengan parameter las: kuat arus 100 A, tegangan listrik= 20 Volt dan kecepatan las 10 m/s dengan variasi temperatur STT yaitu 100, 200 dan 300 °C. selanjutnya dilakukan pengukuran distorsi dan uji sifat mekanis meliputi pengamatan struktur mikro, kekerasan dan uji tarik. Hasil penelitian menunjukkan temperatur STT 200 °C merupakan temperatur optimal untuk meminimalkan distorsi dan meningkatkan sifat mekanik hasil pengelasan

Kata Kunci: Distorsi, structural integrity, teknologi, industri, kapal.

1. Pendahuluan

Aluminium dan paduannya adalah logam *non-ferrous* yang banyak digunakan di industri seperti industri otomotif, perkapalan, perminyakan dan pesawat terbang. Aluminium merupakan material teknik yang penting mengingat kebutuhan aluminium dunia per tahun mencapai 24 juta ton. Aluminium murni memiliki kekuatan yang relatif rendah, sehingga untuk meningkatkan sifat mekanisnya aluminium murni ditambahkan unsur paduan (*aluminium alloy*). Aluminium paduan seri 5xxx (Al-Mg) banyak digunakan di industri perkapalan. Salah satu dari kelompok aluminium seri 5xxx yang banyak digunakan adalah aluminium paduan AA5083 yang merupakan paduan Al- (4-5,5%)Mg (Polmear, 1995). Aluminium seri 5xxx khususnya 5083 memiliki kekuatan tarik tinggi, ketangguhan yang baik pada temperatur kriogenik (dibawah 0°C), sifat mampu las (*weldability*) yang baik, tahan terhadap korosi bahkan pada kondisi lingkungan air laut (Mandall, 2005), sehingga banyak di aplikasikan pada konstruksi kapal, bejana tekan (*pressure*

vessel) pada kapal, kapal berkecepatan tinggi dan pelat pada lambung kapal.

Teknik las *gas Metal Inert Gas (MIG)* merupakan salah satu jenis pengelasan yang biasa digunakan dalam pengelasan Aluminium seri 5083, karena sesuai untuk pelat aluminium yang tipis (3mm) (Mandall, 2005).

Penggunaan pelat tipis pada kapal sangat penting untuk mengurangi berat kapal, sehingga konsumsi bahan bakar akan berkurang dan dapat meningkatkan kecepatan kapal. Namun demikian, pengelasan pelat tipis (3mm) menimbulkan masalah seperti distorsi dan tegangan sisa yang terjadi akibat distribusi temperatur yang tidak merata karena panas lokal las dan adanya perbedaan laju pemanasan dan pendinginan selama proses pengelasan. Karena distorsi ini dapat menyebabkan hasil pengelasan tidak presisi akibat perubahan dimensi yang terjadi, sehingga perlu dilakukan perlakuan tambahan untuk mengurangi distorsi yang terjadi (Michaleris, 2011).

Static thermal tensioning (STT) merupakan salah satu metode yang sedang dikembangkan untuk mengurangi distorsi dan tegangan sisa yang

terjadi pada hasil pengelasan. Prinsip kerja metode ini berupa pemberian tegangan termal (*thermal tensioning*) untuk melawan tegangan termal akibat pengelasan.

Penelitian tentang STT telah dilakukan oleh Burak, dkk (1979) menggunakan efek termal pada pelat dengan ketebalan lebih dari 4 mm dan untuk penggunaan pesawat luar angkasa dengan ketebalan pelat yang tipis (4 mm), maka penelitian tentang STT dilanjutkan oleh Guan dkk (1988) dengan mengembangkan pengendalian distorsi dan tegangan sisa yang sebelumnya dilakukan oleh Burak, dkk (1979). Hasil penelitian menunjukkan bahwa efek termal tensioning dapat mengurangi distorsi yang terjadi secara signifikan pada pelat 4 mm.

Deo dan Michaleris (2003) melaporkan bahwa penentuan temperatur pemanasan awal (*preheating*) merupakan faktor yang sangat kritis dimana temperatur yang tidak sesuai berakibat distorsi yang terjadi tidak akan hilang secara maksimal.

Michaleris, dkk (1997) melakukan simulasi menggunakan *finite element analysis* (FEA) pada teknik pengelasan *transient thermal tensioning* (TTT) dan menghasilkan bahwa tegangan sisa termal yang terjadi berkurang secara signifikan.

Ilman, dkk (2013) mempelajari pengaruh TTT terhadap sifat statis dan dinamis pada las gesek (FSW) aluminium paduan AA2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan teknik TTT dapat meningkatkan kemampuan menahan laju perambatan retak.

Dari penelitian-penelitian yang dilakukan, objek yang dikaji terutama tentang pengembangan teknik pengendalian distorsi masih sedikit yang melakukan kajian tentang pengurangan distorsi pada aluminium AA5083 sehingga topik ini menjadi objek penelitian ini.

2. Material dan metode eksperimen

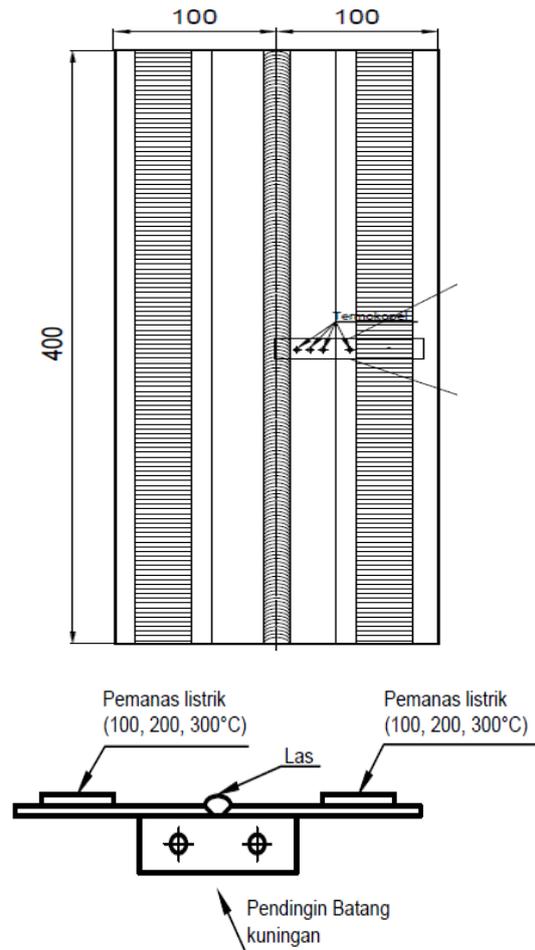
2.1 Material

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah pelat 3mm aluminium AA 5083 yang merupakan paduan Al- (4-5,5%) Mg.

2.2 Proses pengelasan dan perlakuan STT

Dua plat aluminium AA5083 dengan panjang 400mm dan lebar 100mm dilas menggunakan teknik pengelasan *metal inert gas* (MIG) dengan kecepatan las 10 mm/s, kecepatan kawat pengumpan 9 mm/s, arus 100 Ampere, tegangan 20 volt dan gas pelindung Argon (Ar).

Static Thermal Tensioning (STT) merupakan salah satu cara mengurangi distorsi dengan memberi sumber panas dan pendingin pada saat proses pengelasan. Adapun skema dari STT ditunjukkan pada Gambar 1

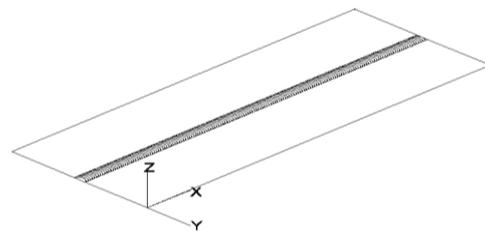


Gambar 1. Skema STT dalam penelitian

Skema penelitian ditunjukkan oleh gambar diatas, dimana pada daerah samping las diberikan pemanas dan di daerah las diberikan pendingin. Pemanas listrik disekitar las di setting dengan variasi temperatur pemanasan awal 100 °C, 200 °C dan 300 °C.

2.3 Pengukuran distorsi

Pengukuran distorsi pada penelitian ini menggunakan jangka sorong agar hasil yang didapat dengan ketelitian 0,01mm seperti Gambar 2 dibawah ini



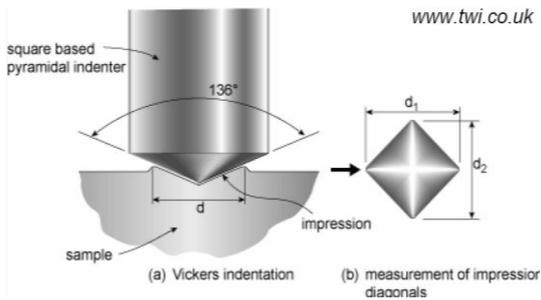
Gambar 2 arah pengukuran distorsi

Gambar 2 memperlihatkan arah pengukuran distorsi yang terjadi searah sumbu Z di sepanjang sumbu X spesimen.

2.4 Uji Kekerasan

Peralatan uji kekerasan menggunakan *Beuhler microhardness tester* dengan metode Vickers. Uji kekerasan pada permukaan material dari

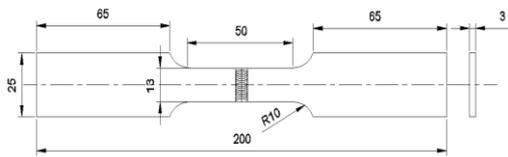
daerah logam induk, HAZ dan daerah las dengan jarak antara injakan 100µm (0,1 mm). Proses pengujian dengan metode Vickers dapat terlihat pada Gambar 3



Gambar 3 Proses pengujian kekerasan dengan metode vickers

2.5 Uji tarik

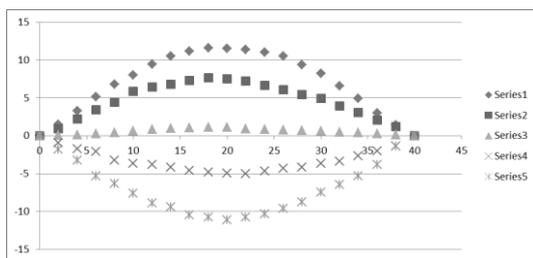
Persiapan spesimen uji tarik dilakukan berdasarkan standar ASTM E8, dimana spesimen dipotong dan dibuat gauge length berdasarkan ketebalan sampel yang akan diuji. Uji tarik dilakukan searah pengerolan pada material. Spesimen uji tarik sesuai ASTM E8 seperti terlihat pada Gambar 3



Gambar 4 spesimen uji tarik

3. Hasil dan Pembahasan

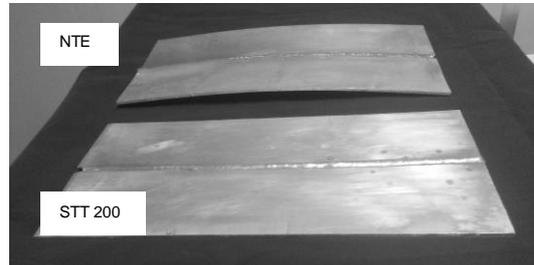
Berdasarkan penelitian sebelumnya, temperatur pemanasan awal sangat berpengaruh terhadap pengurangan distorsi yang terjadi. Sehingga Pada penelitian ini, dilakukan tiga variasi temperatur yaitu 100°C , 200°C , 300°C dengan hasil pada Gambar 5



Gambar 5 Pengurangan distorsi pengelasan tanpa perlakuan dan perlakuan STT dengan variasi pemanasan awal (100°C, 200°C dan 300°C)

Gambar 5 di atas memperlihatkan perbedaan pengurangan distorsi berdasarkan variasi perlakuan. Series 1 menunjukkan hasil tanpa perlakuan, series 2 menunjukkan hasil dengan perlakuan STT 100, series 3 menunjukkan hasil STT 200 dan series 4 menunjukkan hasil STT 300. Pengurangan distorsi hasil pengelasan yang

terjadi sangat signifikan. Pengelasan tanpa perlakuan mengalami distorsi yang paling tinggi dan perlakuan STT dengan pemanasan awal 200°C mengalami distorsi yang paling kecil. Gambar 5 menunjukkan perbandingan hasil tanpa perlakuan dan perlakuan STT 200



Gambar 6 Perbandingan hasil pengelasan dengan STT 200 dan tanpa perlakuan

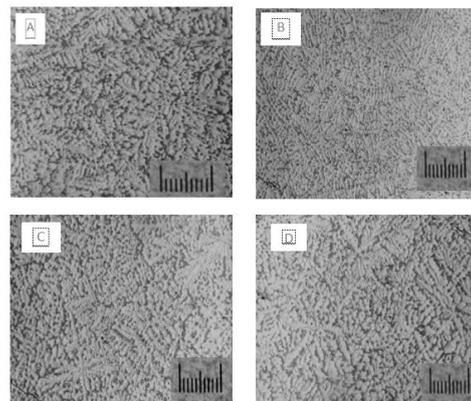
Gambar 6 memperlihatkan pengurangan distorsi yang signifikan pada temperatur pemanasan awal STT 200°C.

3.1 Pengaruh STT terhadap distorsi

Berdasarkan hasil yang diperoleh, perlakuan STT pada pelat tipis (3mm) aluminium AA5083 dapat mengurangi distorsi yang terjadi secara signifikan. Pengurangan ini disebabkan efek tegangan termal pemanas melawan efek tegangan termal akibat proses pengelasan, sehingga deformasi plastis yang terjadi pada material dapat berkurang. Pendingin yang dipasang juga mengurangi masukan panas (*heat input*) yang diberikan, sehingga tegangan termal hasil pengelasan berkurang akibat *heat input* yang berkurang pada proses pengelasan berkurang.

3.2 Pengaruh STT terhadap struktur mikro

Metode STT yang dilakukan pada pengelasan akan mempengaruhi struktur mikro yang terbentuk dan akan mempengaruhi sifat mekanik. Struktur mikro yang terbentuk terlihat pada Gambar 7



Gambar 7 struktur mikro pada daerah las

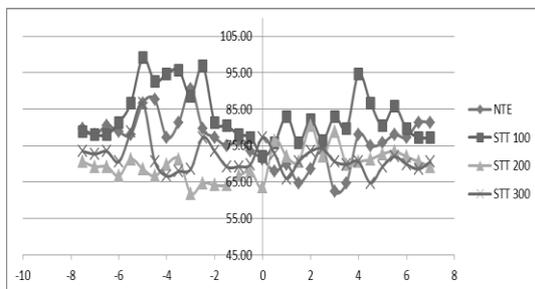
Gambar 7 di atas memperlihatkan struktur mikro yang terbentuk pada daerah las dengan perbesaran 200x. Gambar 7 (a) terlihat struktur mikro yang terjadi kasar, pada Gambar 7 (b) terlihat struktur mikro lebih halus. Hal ini

disebabkan oleh pendinginan yang terdapat pada STT lebih dominan dibandingkan temperatur pemanasan sehingga laju pendinginan menjadi lebih cepat. Gambar 7 (c) memperlihatkan struktur mikro yang terbentuk lebih kasar karena pemanasan yang terjadi lebih dominan dibandingkan dengan pendinginan, sehingga laju pendinginan pada STT 200 lebih lama dibandingkan dengan STT 100 sehingga struktur mikro yang terbentuk menjadi lebih kasar. Gambar 7 (d) terlihat struktur mikro yang terjadi sangat kasar, hal ini dikarenakan temperatur STT 300 °C tinggi, sehingga pendinginan terjadi lebih lama dibandingkan STT 100 dan STT 200.

3.3 Pengaruh STT terhadap sifat mekanis

3.3.1 Uji kekerasan

Metode STT yang dilakukan mempengaruhi struktur mikro yang terjadi, sehingga akan mempengaruhi sifat mekanis. Gambar 8 memperlihatkan hasil uji kekerasan

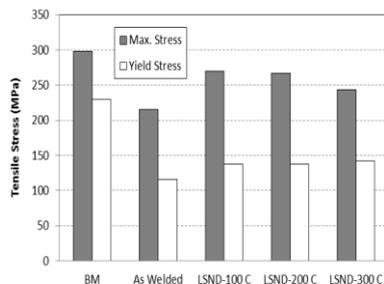


Gambar 8 Hasil uji kekerasan

Gambar 8 memperlihatkan hasil uji kekerasan yang dilakukan, terlihat pada kondisi STT 100 memiliki nilai kekerasan paling tinggi. Kondisi ini sesuai dengan struktur mikro yang terjadi, pada STT 100 memiliki struktur mikro paling halus sehingga nilai kekerasan yang terjadi paling tinggi. Kekerasan paling tinggi terdapat pada daerah HAZ dan fusion zone.

3.3.2 Uji Kekuatan Tarik

Hasil uji tarik pada pengujian terlihat pada Gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9 hasil uji kekuatan tarik

Gambar 9 memperlihatkan kondisi STT 100 memiliki nilai kekuatan tarik paling tinggi, diikuti STT 200, 300 dan tanpa perlakuan. Kekuatan tarik dipengaruhi oleh perubahan struktur mikro yang terjadi, dimana pada STT

100 memiliki struktur mikro paling halus sehingga kekuatan tarik paling tinggi. Pada kondisi tanpa perlakuan memiliki kekuatan tarik paling rendah karena memiliki struktur mikro paling kasar.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di atas, diperoleh hasil yaitu:

1. Metode *Static thermal tensioning* (STT) dapat meminimalisasi distorsi yang terjadi pada pelat aluminium AA5083 dengan ketebalan 3mm
2. Metode STT dapat meningkatkan sifat mekanik material baik kekerasan dan kekuatan tarik material, hal ini dapat terlihat pada peningkatan kekuatan tarik material dan peningkatan kekerasan material
3. Metode *static thermal tensioning* (STT) dengan pemanasan 200 °C dapat meminimalkan distorsi yang terjadi secara maksimal
4. Metode *static thermal tensioning* (STT) dengan pemanasan 100 °C memiliki nilai kekerasan paling tinggi dan nilai kuat tarik paling tinggi, hal ini dipengaruhi oleh perubahan struktur mikro yang terjadi pada perlakuan STT.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pembimbing penelitian Prof. M. Noer Ilman, ST., MSc., Phd, pihak laboratorium UGM, dan pihak-pihak yang telah membantu

Daftar Pustaka

- Burak, Ya.I., Bisijina, L.P., Romanjuk, Ya.P., Kazimirov, A.A., and Morgun, V.P. (1977). *Controlling the longitudinal plastic shrinkage of metal during welding*. Avtom: Svarka,
- Feng, Z. (2005). *Processes and mechanisms of welding residual stress and distortion*. Woodhead Publishing Ltd: England
- Guan, Q., Guo, D.L., Cao, Y., Li, C.Q., Shao, Y.C., and Liu, J.D. (1988). *Method and apparatus for low stress no-distortion welding of thin-walled structural elements*. China
- Ilman, M.N., Kusmono, Iswanto, P.T. (2013). *Fatigue crack growth rate behaviour of friction-stir aluminium alloy AA2024-T3 welds under transient thermal tensioning*. International journal Materials and Design 50 (2013) 235–243
- Kou, S. (2003). *Welding Metallurgy*. John Wiley & son: US
- Lamaitre, J., Demostat, R. (2005). *Engineering Damage Mechanics*. Springer: New York

- Mandall.N.R (2005). *Aluminium welding*. Narosa Publishing House: Kharagpur India
- Mathers. G. (2002). *The Welding of Aluminium And Its Alloys*. Woodhead Publishing Ltd: Cambridge England
- Michaleris,P, (2011). *Minimization of Welding And Buckling*. Woodhead Publishing Ltd: England
- Michaleris,P., Tortovelli, D.A., and Vidal, C.A. (1997). *Analysis and optimization of weakly coupled thermo-elasto-plastic systems with application to weldment design*. *Int. J. Num. Meth. Engng*
- Pazooki.A.M.A., (2014). *Distortion Control during welding*. Phd Thesis of Delft University of technology: Nedherlands
- Takeno, S. (1992). *Method for preventing welding distortion of sheet metals*. Japanese Patent
- Wen.Y.G, Zheng.Z, Hang.Z, Tao.P.(2013). *Evolution Micro structure and hardness of aluminium after friction stir procesings*. ScienceDirect: China
- Winkler.2003. *The welding engineerscurrent knowledge*. SLV Duisburg: German