

# Pengaruh Bentuk Probe Pada Tool Shoulder Terhadap Metalurgi Aluminium Seri 5083 Dengan Proses Friction Stir Welding

Zulkifli Edward, Wing Hendroprasetyo AP, S.T, M.Eng.

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: wing@na.its.ac.id

**Abstrak**— Penyambungan Aluminium dengan GTAW dan GMAW menghasilkan suhu yang sangat tinggi pada saat proses pengelasan sehingga menghasilkan distorsi yang besar. Untuk mengatasi kekurangan tersebut dilakukan pengelasan yang suhu pengelasannya berada di bawah titik leleh Aluminium yaitu *Friction Stir Welding*.

Pada tugas akhir ini dilakukan modifikasi *tool* dari K-100 Bohler dan menggunakan mesin frais sebagai pengganti mesin *Friction Stir Welding* pada Aluminium paduan 5083 dengan tebal 4 mm dengan ukuran 30 mm x 15 mm menggunakan tiga variasi pin yaitu lingkaran (*straight cylindrical*), segitiga (*triangle*) dan segi empat (*square*) dengan *travel speed* sebesar 0.33 mm/detik serta sudut inklinasi 2°. Kemudian dilakukan analisa terhadap perubahan metalurgi, dan *defect* yang terjadi.

Dari hasil percobaan dengan uji Makro etsa, foto Mikro serta Radiografi diketahui bahwa variasi pin berbentuk segi empat (*square*) menimbulkan suhu yang paling besar dari variasi pin lingkaran (*straight cylindrical*) dan segitiga (*triangle*) menyebabkan bentuk butir semakin besar, *surface irregulariti* semakin pendek, tidak ditemukan *tunnel defect*, kekerasan material bertambah serta diskontinuitas berupa *weld flash* semakin besar..

**Kata Kunci**— *Friction Stir Welding* (FSW), Bentuk Pin, Distorsi, *Defect* dan Metalurgi.

## I. PENDAHULUAN

Aluminium merupakan unsur metal yang berlimpah di dalam kerak bumi. Karena sifatnya yang mudah dibentuk, lentur, dan tahan korosi inilah Aluminium banyak digunakan untuk berbagai aspek industri termasuk di bidang industri perkapalan. Akan tetapi untuk Aluminium murni memiliki kekuatan yang rendah. Hal ini bisa ditingkatkan dengan pemaduan Aluminium dengan komposisi lainnya untuk peningkatan sifat dari Aluminium murni tersebut. Salah satu pemaduan Aluminium adalah pada seri 5083.

Aluminium seri 5083 merupakan Aluminium paduan yang paling banyak digunakan di dunia perkapalan. AA 5083 merupakan paduan Aluminium dengan komposisi Magnesium 0.47%, Mangan 0.1%, Chromium 0.1%, yang memiliki sifat tidak dapat diperlakukanaskan, tetapi memiliki sifat yang baik dalam segi kekuatan dan daya tahan korosi terutama korosi oleh air laut serta sifat mampu las yang sangat baik.

Pada umumnya cacat yang sering terjadi pada pengelasan aluminium adalah porositas, faktor yang menyebabkan porositas yang paling mendasar adalah larutnya udara kedalam logam las selama proses pengelasan berlangsung. Karena porositas adalah cacat jenis lubang yang terbentuk karena adanya gas yang terperangkap selama proses pengelasan yang

umumnya disebabkan oleh elektroda basah atau jarak elektroda dengan benda kerja terlalu jauh sehingga fungsi shielding gas pada elektroda tidak efektif [1]. Porositas sering terjadi pada pengelasan aluminium dengan proses GTAW dan GMAW selain itu proses pengelasan dengan GTAW atau GMAW juga rawan terjadinya deformasi.

Untuk meminimumkan kerugian akibat pengelasan dengan GTAW dan GMAW pada pengelasan Aluminium maka digunakan proses friction stir welding. Friction stir welding adalah salah satu teknik yang memanfaatkan gaya gesek (*friction*) untuk memperbaiki struktur mikro dan komposisi permukaan. Karena pada proses ini tidak menimbulkan panas yang dapat menyebabkan terbukanya lapisan oksida sehingga hasil kualitas sambungan akan tetap tahan korosi dan tidak terjadi porositas karena tidak ada udara yang terperangkap seperti pada pengelasan GTAW dan GMAW [2].

Pada tugas akhir ini dibahas tentang modifikasi suatu tool yang dapat digunakan untuk aplikasi pengelasan dengan proses *friction stir welding* dengan biaya yang relatif terjangkau. Modifikasi tool dengan bahan K-100 Bohler yang berbentuk *straight cylindrical*, *triangle*, dan *square* ini akan digunakan pada mesin frais (*milling machine*) sebagai sumber tenaga penggerak. Parameter tetap yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah tekanan tool yang digantikan dengan adanya *depth plunge*, RPM, kecepatan *travel*, dan sudut inklinasi. Sementara yang akan diamati adalah perubahan struktur metalografi yang dihasilkan dari variasi diameter *shoulder tool*.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Aluminium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia. Aluminium merupakan logam non-ferrous, dengan sifat istimewa yaitu tahan terhadap korosi, mudah di fabrikasi, penghantar listrik dan panas yang baik.

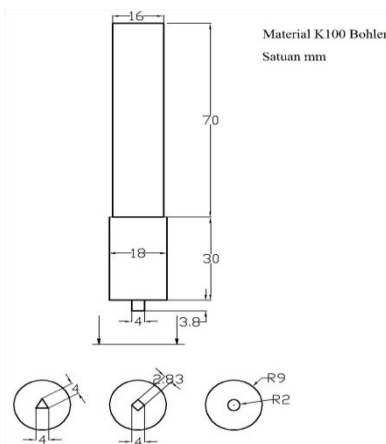
Adanya pelapisan oksida pada Aluminium ini mengakibatkan Aluminium memiliki keandalan yang baik terhadap korosi sekalipun tanpa penambahan pelapisan perlindungan lagi. [3].

Logam ini memiliki kekuatan tinggi, tahan terhadap korosi, dan merupakan konduktor panas dan listrik yang cukup baik. Aluminium dipakai secara luas dalam bidang kimia, listrik, bangunan, transportasi, dan alat-alat penyimpanan [4].

Tabel 2.1 Jenis paduan Aluminium [5]

Series	Paduan utama
1xxx	Al > 99%
2xxx	Al + Cu
3xxx	Al + (Si-Mg), (Si-Cu) or (Si-Mg-Cu)
4xxx	Al + Si
5xxx	Al + Mg
6xxx	Al + (Mg <sub>2</sub> Si)
7xxx	Al + Zn
8xxx	Al + Sn
9xxx	Penamaan Aluminium untuk masa mendatang

Aluminium paduan seri 5083 yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah material pelat Aluminium Alloy seri 5083 dengan ketebalan 4 mm dengan ukuran dimensi 300mm x 150mm. Tool yang akan digunakan pada penelitian tugas akhir ini terbuat dari spesial K-100 yang dimodifikasi untuk dapat digunakan pada mesin frais sebagai pengganti mesin *Friction Stir Welding* sehingga dapat menyambung Aluminium yang akan dilakukan penyambungan dengan FSW lihat pada gambar 2. Tool terdiri dari 2 bagian, yaitu *shoulder* dan *pin* berbentuk lingkaran (*cylindrical*), segitiga (*triangle*) dan segi empat (*square*) dengan ukuran seperti gambar 1. Parameter tetap yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah tekanan *tool* yang digantikan dengan adanya *depth plunge*, diameter *shoulder tool* (18mm) dan sudut inklinasi 2°. Dari parameter-parameter tersebut kemudian akan diamati kualitas sambungan las dan perubahan sifat metalurgi sepanjang *joint line* akibat pengaruh dari variasi bentuk pin dengan uji makro etsa, mikro etsa dan radiografi akibat perubahan metalurgi di sepanjang *joint line*. Sehingga akan ditemukan parameter-parameter yang tepat untuk proses *pre fabrication panel* bangunan atas kapal aluminium dengan menggunakan proses pengelasan *friction stir welding*.



Gambar 1. Sketsa Tools yang digunakan

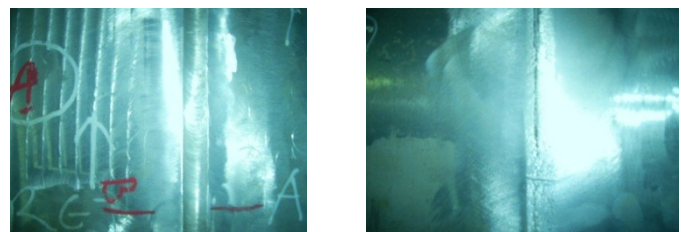


Gambar 2. Proses Pengelasan FSW

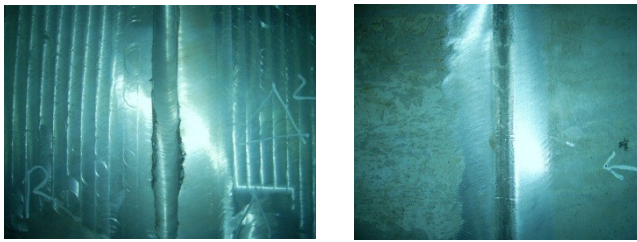
### III ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### A. Pemeriksaan Visual

Proses pengelasan *Friction Stir Welding* dilakukan dengan parameter yang sama (*depth plunge*, RPM, kecepatan *travel*, dan sudut inklinasi) dengan variasi bentuk probe *tool shoulder* yaitu berbentuk lingkaran (*straight cylindrical*), segi empat (*square*), dan segitiga (*triangle*). Setelah proses FSW telah selesai dilakukan sesuai dengan prosedur pada maka tahap selanjutnya adalah pemeriksaan hasil pengelasan. Pada pemeriksaan ini pada bagian face pada semua variasi pin lingkaran (*cylindrical*), segitiga (*triangle*) dan segi empat (*square*) terdapat cacat berupa *welding flash* karena suhu pengelasan yang tinggi. Selain itu terdapat cacat berupa surface irregularities hal ini dikarenakan adanya beberapa material permukaan yang ikut teraduk pada saat awal pengelasan serta suhu pengelasan yang masih lebih rendah yang dipengaruhi oleh *dwell time*. Pada variasi pin lingkaran bagian *root* ditemukan cacat pengelasan berupa *incomplete penetration* di sepanjang *joint line*. Pada pin segitiga (*triangle*) bagian *root* terlihat sudah fusi secara sempurna ini dikarenakan *heat input* yang dihasilkan cukup. Hal ini juga berlaku ketika menggunakan pin segi empat (*square*) hasil pengelasan tidak ditemukan *incomplete penetration* sepanjang *joint line*.



Gambar 3. Visual face dan root hasil pin lingkaran



Gambar 4. Visual face dan root hasil pin segitiga



Gambar 5. Visual face dan root hasil pin segi empat

C. Pengujian Radiografi

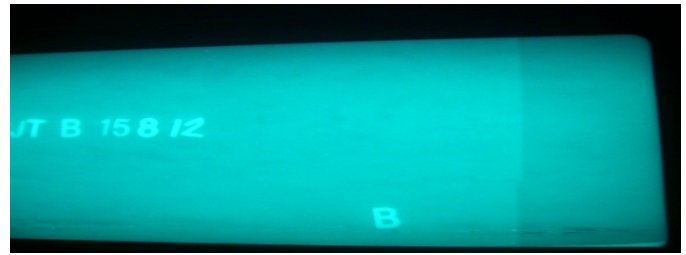
Pengujian radiografi adalah salah satu pengujian tidak merusak yang menggunakan sinar elektromagnetik untuk mendeteksi adanya cacat-cacat pengelasan pada *sub-surface* maupun cacat internal seperti *voids*, *incomplete penetration* dan *tunnel defect*. Pada pengujian radiografi variasi pin lingkaran terdapat indikasi cacat sepanjang *joint line*. Indikasi cacat berupa *incomplete penetration*. Pada variasi pin segitiga (*triangle*) seperti pada gambar (7) pengujian radiografi tidak ditemukan indikasi cacat berupa IP (*incomplete penetration*) hal ini menurut acuan acceptance criteria ASME sect V article 2 radiographic examination. Pada variasi pin segi empat (*square*) seperti pada gambar (8) pengujian radiografi ditemukan indikasi cacat berupa IP (*incomplete penetration*) di awal dan akhir pengelasan hal ini menurut acuan acceptance criteria ASME sect V article 2 radiographic examination.



Gambar 6 Hasil uji radiografi menggunakan pin lingkaran



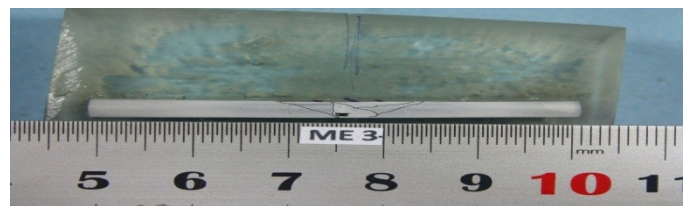
Gambar 7 Hasil uji radiografi menggunakan pin segitiga (*triangle*)



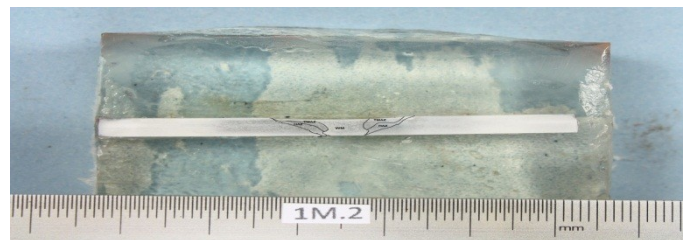
Gambar 8. Hasil uji radiografi menggunakan pin segi empat (*square*)

D. Pengujian Makro Etsa

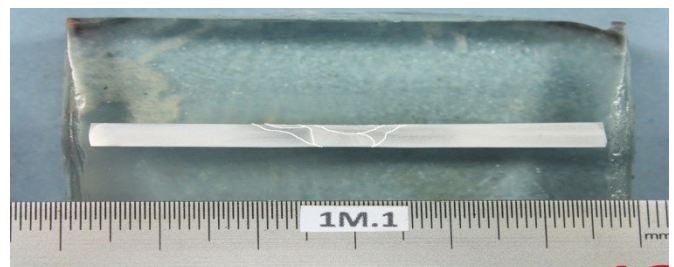
Pemeriksaan makro adalah pemeriksaan spesimen dengan mata telanjang atau menggunakan alat bantu kaca pembesar yang memiliki pembesaran rendah (*low magnification*). Tujuan dilakukannya pengujian foto makro adalah untuk mengetahui besarnya *weld zone*, serta *diskontinuitas* pada potongan melintang spesimen. Dari makroetsa ini *diskontinuitas* yang dapat diketahui adalah *incomplete penetration* hal ini dikarenakan kurangnya penekanan serta suhu pengelasan yang rendah serta suhu pengelasan yang terlalu tinggi. Untuk tahap persiapan, spesimen dicelupkan ke dalam larutan reagent keller's yang terdiri dari 25 ml Hydrofluorid Acid (HF), 100 ml HCl, 100 ml HNO<sub>3</sub>, dan 100 ml Aquades. Setelah dicelup ke larutan, dicelup ke alkohol 90% hingga terlihat bentuk daerah pengelasan. Spesimen disiram dengan air dan dikeringkan dengan hair dryer. Selanjutnya spesimen siap dilakukan proses foto makro. Pada pemeriksaan makro etsa pada variasi pin lingkaran terdapat *tunnel defect* Sedangkan pada variasi pin yang lain tidak ditemukan cacat pengelasan..



Gambar 9 Hasil pengelasan pada pin berbentuk lingkaran



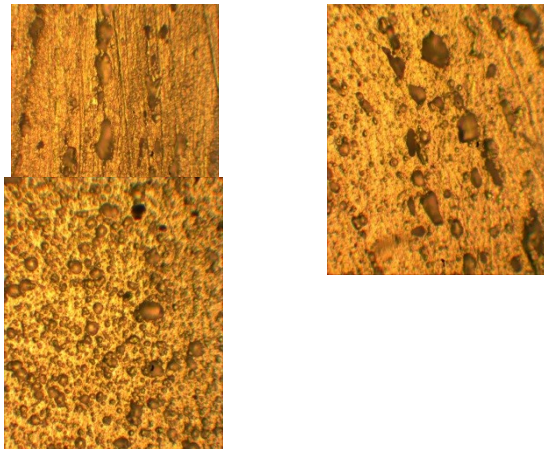
Gambar 10 Hasil pengelasan pada pin berbentuk segi empat (*square*)



Gambar 11 Hasil pengelasan pada pin berbentuk segitiga (*triangle*)

### E. Pengujian Mikro Etsa

Untuk tahap persiapan, spesimen dicelupkan ke dalam larutan reagent keller's yang terdiri dari 1 ml Hydrofluorid Acid (HF), 1.5 ml HCl, 2.5 ml HNO<sub>3</sub>, 95 ml Aquades. Setelah dicelup ke larutan, dicelup ke alkohol 90% hingga terlihat bentuk daerah pengelasan. Spesimen disiram dengan air dan dikeringkan dengan hair dryer. Selanjutnya spesimen siap dilakukan proses foto mikro. Pemeriksaan mikro adalah pemeriksaan struktur Kristal logam dengan menggunakan mikroskop. Karena struktur Kristal logam sangat kecil maka angka pembesaran yang diperlukan antara 50 kali sampai 3000 kali atau lebih. Pengamatan hasil pengelasan dengan menggunakan foto mikro meliputi Base Metal, HAZ dan *weld nugget*.



Gambar 12. Kontur Daerah Base Metal, HAZ dan Weld Metal

Partikel penyusun Aluminium seri 5xxx berbeda tergantung cara pembuatan dan perlakuan yang dikenakan padanya. Karena material yang digunakan untuk penelitian ini adalah 5083 H116 dimana merupakan paduan tempa (wrought alloys) yang mendapat perlakuan berupa strain hardening, maka partikel penyusunnya adalah Mg<sub>2</sub>Si, dan Al<sub>3</sub>Ni. Adapun karakteristik partikel tersebut adalah sebagai berikut :

- Partikel Mg<sub>2</sub>Si

Mg<sub>2</sub>Si adalah partikel hitam yang terpisah merata pada matrik aluminium yang cenderung membuat material semakin ulet atau tangguh. Partikel ini memiliki kisi kristal berbentuk cubic, fcc dengan sel parameter  $a=6.351$ . Komposisi partikel ini terdiri dari 63.2% Mg dan 38.8% Si. Semakin banyak komposisi partikel ini maka semakin tinggi ductile dan tingkat kekerasan semakin rendah.

- Partikel Al<sub>3</sub>Ni

Al<sub>3</sub>Ni memiliki kisi kristal berbentuk Orthorhombic dengan sel paramater  $a=6.611$  ;  $b=7.366$  ;  $c=4.812$ . Komposisinya terdiri dari 42% Nikel dengan bentuk endapan berupa branched polyhedra.

## IV KESIMPULAN

Dari analisa yang telah dilakukan terhadap variasi bentuk pin pada pengelasan friction stir welding dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil pengujian radiografi menunjukkan penggunaan variasi pin lingkaran (*straight cylindrical*) terdapat cacat di

sepanjang pengelasan. Sedangkan pada pin segi empat (*square*) terdapat cacat di awal dan akhir pengelasan. Dan pada pin segitiga (*triangle*) tidak terdapat cacat pengelasan.

- Untuk pengujian makro etsa terdapat *tunnel defect* ketika menggunakan pin lingkaran (*straight cylindrical*) sementara pada pin segitiga (*triangle*) dan segi empat (*square*) tidak ditemukan cacat pengelasan.

- Untuk pengujian mikro etsa, penggunaan pin segi empat memiliki ukuran butir paling besar. Sedangkan pada penggunaan pin lingkaran (*straight cylindrical*) dan segitiga (*triangle*) perbedaan ukuran butir tidak terlihat signifikan.

- Dari ketiga pengujian yang dilakukan didapati bahwa pin segitiga memiliki hasil yang terbaik, karena tidak terdapat cacat pengelasan dan ukuran butir lebih kecil sehingga memiliki nilai kekuatan (*strength*) tinggi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih para dosen pembimbing yang telah memberikan waktu dan pemikirannya dalam membantu menyelesaikan penelitian ini, yaitu bapak Wing Hendroprasetyo AP, S.T, M.Eng. Tidak lupa ucapan terimakasih pada orang tua yang memberikan dukungan dalam pengerjaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Welding society. (1997). part D1.2, 550 N.W. Lejeune Road. Miami, FL 33126 United States of America.
- [2] Zhan W, Chen., T, Pasang., Q, Yin and R, Peris. ( 2007). *Metallurgical at the Interface between Tool Shoulder and Workpiece during Friction Stir Welding*. School of Engineering, AUT University. Auckland, New Zealand
- [3] Mathers, Gene. ( 2002). *The Welding Of Aluminium And Its Alloy*. CRC Press, Cambridge. England.
- [4] Wiryosumarto, Harsono, dan Toshie Okumura. (2008). *Teknologi Pengelasan Logam*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [5] Schneider, J.A. (1996). *Temperatur Distribution and Metal Flow*. United States of America.
- [6] Rajakumar, S., Muralidharan, C., Balasub., V. (2010). *Influence of Friction Stir Welding Process and Tool Parameters on Strenght Properties Aluminium Alloy Joints*. Annamalai University. India.
- [7] Van Haver, W. (2007). *Friction Stir Welding*.BWI. Belgia.
- [8] Nelson, T.W. (2009). *Friction Stir Welding for Naval Application*. Brigham young University Provo, UT.
- [9] ASME. (2004). Sect V *article 2 radiographic examination*. United States of America.