

PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN *TOOL* TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN PELAT AA5083 PADA PROSES *FRICITION STIR WELDING*

Wisnu Wijayanto¹, Kuncoro Diharjo², Triyono²

¹Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

²Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

Keywords :

FSW
Tool tilt angle
Mechanical properties
Microstructural

Abstract :

The aim of this research is to study the effect of welding tool tilt in friction stir welding (FSW) process on the mechanical properties and micro structural of weld joint on aluminium sheet 5083. FSW process used milling machine and the welding tool material is Bohler K100 with hardness 59HRc.

This welding process had rotation of spindle 1125 rpm, welding rate 30mm/minute, and depth of plunge 3,9 mm. The welding tool tilt were varied in 1°, 2°, 3° and 4°. The specimens were tested for tensile test, bending test, hardness test, macro and micro photograph.

The results shows that the highest tensile strength (312.5MPa) occurs on the tool tilt angle of 3°. The highest buckling strength for face bending (655.1MPa) and root bending (651.8MPa) occurs on the tool tilt angle of 2°. The retreating side on average has a higher hardness than the advancing side. Until tool tilt angle until 3°, the tensile strength increases and after that the tensile strength decreases. However, the buckling strength has the highest value at the tilt angle 2°. On the micro photograph, the higher value of tool tilt angle, the bigger at the grain size in HAZ area. Unfortunetelly, the tilt angle does not influence to grain size in nugget area.

1. PENDAHULUAN

Friction Stir Welding (FSW) adalah salah satu metode pengelasan dengan memanfaatkan panas yang timbul akibat gesekan antara putaran *tool* dengan benda kerja. FSW banyak diaplikasikan untuk menyambung material aluminium dan salah satunya adalah *aluminium alloy 5083* (AA5083).

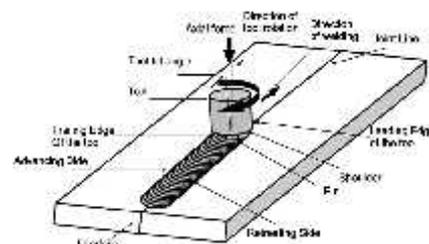
Parameter pengelasan FSW yang tepat dapat meningkatkan kekuatan sambungan dan meminimalisir terjadinya cacat. Salah satu parameter tersebut adalah *tool tilt angle*. Penelitian terhadap pengaruh kemiringan *tool* pada hasil sambungan pengelasan FSW tersebut dengan menggunakan beberapa variasi sudut kemiringan *tool*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kesimpulan mengenai *tool tilt angle* terhadap sifat mekanik dan struktur mikro material pelat AA5083.

2. TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *tool tilt angle* terhadap hasil sambungan las FSW, kekuatan tarik, kekuatan tekuk, kekerasan dan struktur mikro material AA5083.

3. TINJAUAN PUSTAKA

Pengelasan FSW ditemukan oleh Wayne Thomas dari The Welding Institute dan dipatenkan di United Kingdom pada bulan Desember 1991 (Mishra, dkk, 2005). Gambar 3.1 memperlihatkan proses FSW. Panas yang terjadi ini dipengaruhi oleh faktor geometri *tool* dan parameter proses pengelasan yaitu: putaran *tool*, kecepatan pengelasan, *tool tilt angle* dan kedalaman pembedaman *tool* (Chien, dkk, 2009).



Gambar 3.1. Prinsip kerja FSW

Zhang, dkk (2009) menyebutkan bahwa semakin besar diameter *shoulder* akan menghasilkan temperatur yang semakin tinggi. Pada saat proses rekristalisasi, temperatur yang terjadi menjadi faktor utama tumbuhnya

butir di sekitar *welding line*, sedangkan di batas luar *stirring zone* lebih didominasi akibat adanya deformasi material. Parida, dkk (2011) didalam penelitiannya menyebutkan bahwa hasil pengelasan mempunyai kekuatan tarik yang lebih baik daripada material induk dan di daerah HAZ memiliki kekerasan yang lebih rendah dibandingkan material induk.

4. METODE PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan:

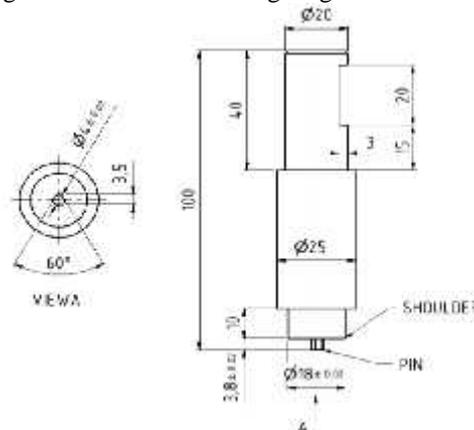
Pengelasan menggunakan mesin *milling* merk Mikron WF 3SA dan bahan yang digunakan adalah:

- Base metal* dari material pelat aluminium alloy 5083 H116 tebal 4mm sebanyak 4 buah dengan ukuran 150x400 mm seperti pada gambar 4.1.



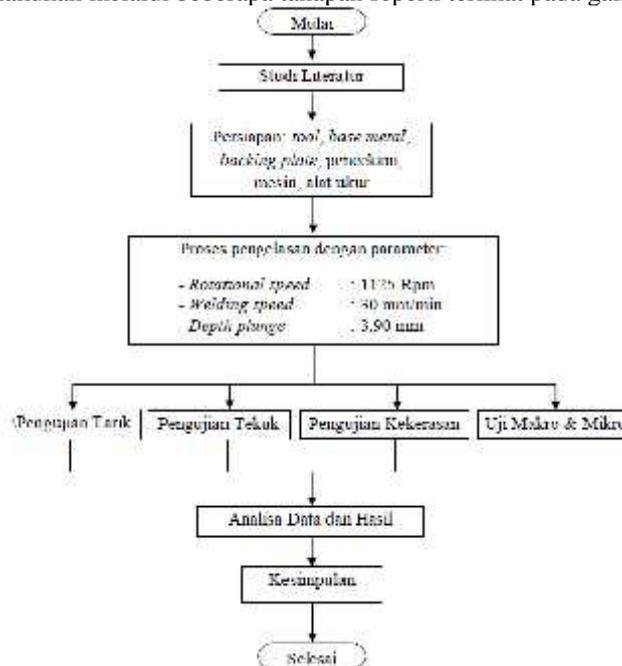
Gambar 4.1. *Base metal*

- Tool* dari baja Bohler K100 yang dikeraskan 59HRC dengan geometri *tool* seperti pada gambar 4.2



Gambar 4.2. *Tool*

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan seperti terlihat pada gambar 4.3 berikut:



Gambar 4.3. Diagram alir penelitian

5. HASIL DAN ANALISA

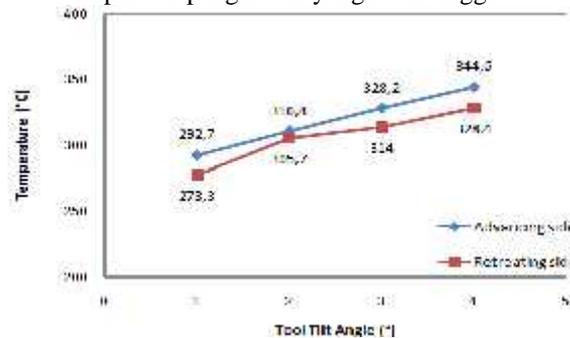
5.1 Hasil Pengelasan

Perbandingan hasil pengelasan untuk masing-masing *tool tilt angle* tampak pada gambar 5.1. Gambar menunjukkan bahwa semakin besar *tool tilt angle* maka *weld flash* yang terbentuk juga semakin banyak. Dengan *tilt angle* yang semakin besar akan mengakibatkan ujung dari *tool shoulder* yang menekan ke benda kerja akan semakin dalam sehingga material yang terdorong keluar pada saat proses pengelasan juga akan semakin banyak. Selain itu, dengan *tilt angle* yang semakin besar juga menyebabkan penekanan bidang *tool* terhadap permukaan material semakin besar sehingga akan menghasilkan gesekan yang semakin tinggi yang pada akhirnya panas yang terbentuk juga semakin tinggi.



Gambar 5.1. Hasil pengelasan FSW

Hasil pengujian menunjukkan data temperatur pengelasan seperti ditunjukkan pada gambar 5.2. Semakin tinggi *tool tilt angle* menghasilkan temperatur pengelasan yang lebih tinggi.

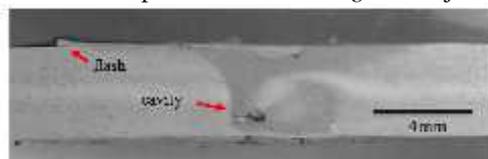


Gambar 5.2. Hubungan antara sudut kemiringan *tool* dan temperatur pengelasan

Grafik hubungan temperatur pengelasan dan sudut kemiringan *tool* menunjukkan temperatur pada bagian *advancing side* cenderung lebih tinggi daripada bagian *retreating side*. Hal ini dikarenakan gesekan yang terjadi pada *advancing side* lebih tinggi daripada *retreating side*.

5.2 Analisa Foto Makro

Hasil foto makro spesimen untuk setiap variasi *tool tilt angle* ditunjukkan pada gambar 5.3 berikut ini.



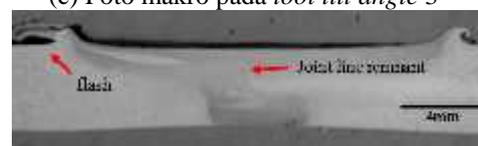
(a) Foto makro pada *tool tilt angle* 1°



(b) Foto makro pada *tool tilt angle* 2°



(c) Foto makro pada *tool tilt angle* 3°



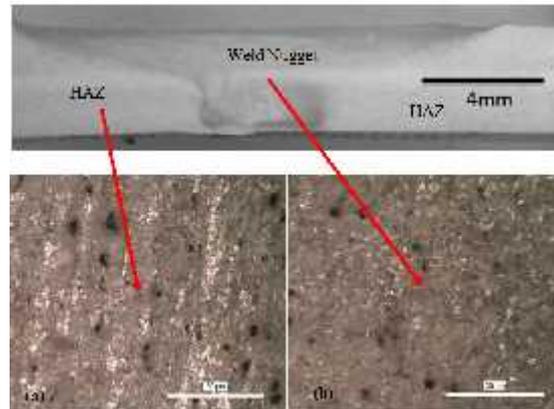
(d) Foto makro pada *tool tilt angle* 4°

Gambar 5.3. Foto makro spesimen

Foto makro pada *tool tilt angle* 1° terdapat cacat las berupa rongga di sepanjang *weld joint* akibat input panas kurang dan pada *tool tilt angle* 4° juga terdapat cacat berupa *joint line remnant*. Dari keempat variasi terdapat cacat *weld flash* pada sisi luar *tool shoulder*. Semakin besar *tool tilt angle* maka *flash* yang terjadi semakin banyak dan pada bagian *advancing side* lebih banyak daripada bagian *retreating side*.

5.3 Analisa Struktur Mikro

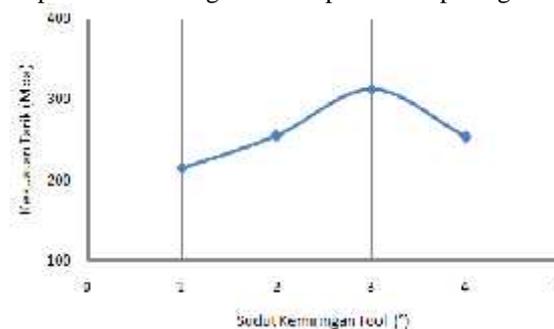
Struktur mikro pada daerah *weld zone* mempunyai bentuk dan ukuran yang berbeda dengan *base metal*. Pada daerah HAZ (gbr. 8a), butir mengalami *grain growth* akibat temperatur pengelasan yang diterimanya tetapi tidak berubah orientasinya karena bagian ini tidak terdeformasi. Pada daerah *weld nugget* (Gbr. 5.4 b), butir berubah bentuk menjadi *fine equiaxed* yaitu mempunyai besar yang sama. Ukuran butir menjadi halus dan rapat karena dideformasi oleh adukan *tool*.



Gambar 5.4. Foto struktur mikro

5.4. Analisa Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik untuk setiap sudut kemiringan *tool* dapat dilihat pada gambar 5.5



Gambar 5.5. *Tool tilt angle* vs kekuatan tarik

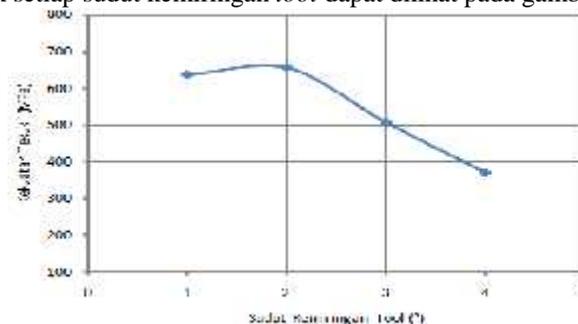
Hasil pengujian menunjukkan kekuatan tarik pada *tool tilt angle* 1° sampai 3° mengalami peningkatan yaitu dari 214,5MPa menjadi 312,5MPa, tetapi pada *tool tilt angle* 4° mengalami penurunan menjadi 252,5MPa. Hal ini dipengaruhi oleh struktur mikro maupun cacat las yang terdapat pada sambungan las. Pada *tool tilt angle* 1° terdapat cacat las sehingga menyebabkan kekuatannya rendah, sedangkan untuk pengelasan dengan *tool tilt angle* 2° dan 3° dipengaruhi oleh ukuran butir di daerah *nugget*. Untuk kekuatan tarik pada *tool tilt angle* 4° terlihat mengalami penurunan akibat adanya cacat las berupa *joint line remnant*.

5.5 Analisa Kekuatan Tekuk

Pengujian ini menggunakan metode *three point bending* terdiri dari:

a. Face Bending

Kekuatan tekuk untuk setiap sudut kemiringan *tool* dapat dilihat pada gambar 5.6

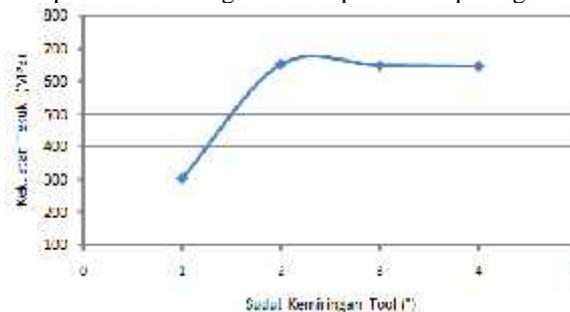


Gambar 5.6. *Tool tilt angle* vs kekuatan tekuk uji *face bending*

Kekuatan tekuk uji *face bending* pada *tool tilt angle* 1° dan 2° relatif sama. Setelah itu dari *tool tilt angle* 2° sampai ke 4° mengalami penurunan. Kekuatan tekuk uji *face bending* dipengaruhi oleh *residual stress* yang dihasilkan pada saat proses FSW karena dengan adanya *residual stress* tersebut akan mengurangi kekuatan dari material tersebut. *Residual stress* tertinggi pada bagian atas *nugget* dan semakin ke bawah nilainya akan semakin turun.

b. Root Bending

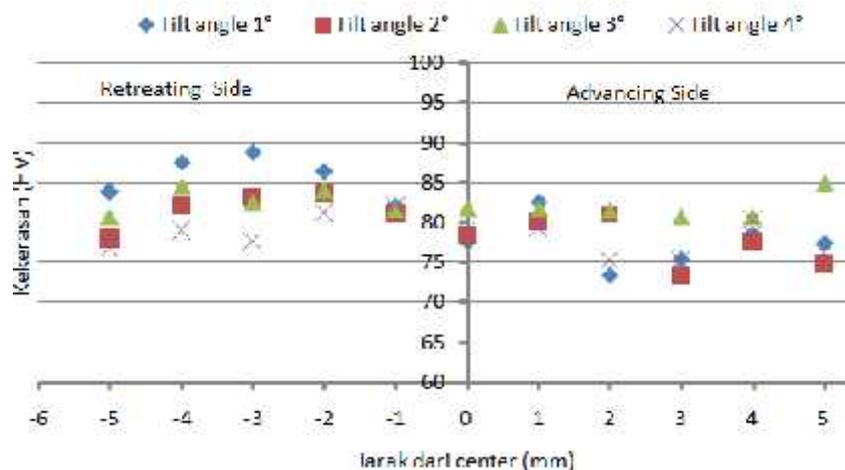
Kekuatan tekuk untuk setiap sudut kemiringan *tool* dapat dilihat pada gambar 5.7



Gambar 5.7 *Tool tilt angle* vs kekuatan tekuk uji *root bending*

Kekuatan tekuk pada *tool tilt angle* 2° , 3° dan 4° relatif sama, tetapi pada *tool tilt angle* 1° mempunyai perbedaan yang cukup signifikan. Hal ini terjadi karena pada variasi *tool tilt angle* 1° terdapat cacat memanjang searah *joint line* sehingga menurunkan kekuatannya. Kedalaman celah tergantung dari kedalaman pembenaman *tool* pada saat proses FSW. Semakin dalam pembenaman *tool*, maka celah yang terbentuk akan semakin sedikit tetapi juga akan beresiko *pin tool* bisa patah akibat bertabrakan dengan *backing plate*.

5.6 Analisa Kekerasan



Gambar 5.8 Grafik hubungan nilai kekerasan dan posisi titik uji

Gambar 5.8 menunjukkan nilai kekerasan pada setiap titik uji mempunyai nilai yang hampir sama, tetapi pada bagian *retreating side* cenderung lebih tinggi bila dibandingkan dengan bagian *advancing side*. Pada proses FSW, arah aliran material berupa *asymetric streamlines* karena adanya pengaruh dari putaran *tool*. Saat proses pengelasan material terdeformasi ke arah *retreating side* sehingga cenderung terjadi penekanan material pada sisi ini. Hal inilah yang menyebabkan kekerasan daerah *retreating side* lebih tinggi dari *advancing side*.

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi terjadi pada *tool tilt angle* 3° , yaitu sebesar 312,5MPa. Uji *face bending*, nilai tertinggi terjadi pada *tool tilt angle* 2° yaitu 655,1MPa; sedangkan pada uji *root bending* nilai tertinggi pada *tool tilt angle* 2° yaitu 651,8MPa. Untuk uji *micro vickers*, daerah *retreating side* mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah *advancing side*. Sudut kemiringan *tool* sampai batas 3° meningkatkan kekuatan tarik dan di atas sudut tersebut membuat kekuatan tarik menurun, sedangkan nilai kekuatan tekuk optimal terjadi pada sudut 2° .
2. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sudut kemiringan *tool* pada proses pengelasan mempengaruhi struktur mikro. Hasil foto pada daerah *base metal*, HAZ dan *nugget* menghasilkan tampilan yang berbeda. Struktur mikro pada daerah HAZ mengalami *grain growth* akibat temperatur pengelasan yang diterima, sedangkan pada *nugget* menunjukkan tampilan struktur mikro yang lebih kecil dan rapat. Sudut kemiringan

tool tidak terlalu berpengaruh terhadap struktur mikro di daerah *nugget* tetapi lebih dipengaruhi oleh adanya deformasi material akibat adukan *tool*.

7. DAFTAR PUSTAKA

- American Welding Society, *Structural Welding Code-Aluminium*, AWS D1.2/D1.2M: 2008.
- Chien, C., Lin, W., Chen, T., 2011, *Optimal FSW process parameters for aluminum alloys AA5083*, Journal of the Chinese Institute of Engineers Vol. 34, No. 1: 99–105.
- Fujii, H., Cui, L., Maedadk, M., 2006, *Effect Of Tool Shape On Mechanical Properties and Microstructure Of Friction Stir Welded Alluminium Alloys*, Materials Science and Engineering A 419: 25–31.
- Kima, Y.G., Fujii, H., Tsumura T., Komazaki T., Nakata, K., 2006, *Three defect types in friction stir welding of aluminum die casting alloy*, Materials Science and Engineering A 415: 250–254.
- Mathers, G., 2002, *The Welding of Aluminium and Its Alloys*, Woodhead Publishing Limited. ISBN 1-85573-567-9.
- Mishra, R.S., Ma, Y.z., 2005, *Friction Stir Welding And Processing Materials Science and Engineering*, R 50: 1–78.
- Neto, D.M., Neto, P., 2013, *Numerical modeling of the friction stir welding process: a literature review*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 65, Issue 1-4, pp 115-126
- Parida, B., Pal, S., Biswas, P., Mohapatra, MM., Tikader, S., 2011, *Mechanical and Micro-structural Study of Friction Stir Welding of Al-alloy*, International Journal of Applied Research In Mechanical Engineering, ISSN: 2231 –5950 Volume-1, Issue-2.
- Rajakumar, S., Balasubramanian, V., 2012, *Correlation between weld nugget grain size, weld nugget hardness and tensile strength of friction stir welded commercial grade aluminium alloy joints*, Materials and Design 34: 242–251.
- Sutton, M. A., Reynolds, A. P., Wang, D. –Q., Hubbard, C. R., 2002, *A Study of Residual Stresses and Microstructure in 2024-T3 Aluminum Friction Stir Butt Welds*, Journal of Engineering Materials and Technology, Vol. 124:215-221.
- Zhang, Z., Liu, Y.L., Chen, J.T., 2009, *Effect of shoulder size on the temperature rise and the material deformation in friction stir welding*, Int J Adv Manuf Technol 45:889–895.