

.DISTRIBUSI NILAI KEKERASAN PADA LAS *FRICITION STIR WELDING* (FSW) PADA PADUAN ALUMINIUM DENGAN APLIKASI *TRANSIENT THERMAL* (TT)

Pujono

Dosen Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Cilacap

Email : djovent@yahoo.com

Abstrak

Logam aluminium paduan merupakan salah satu logam paduan yang sangat penting dibidang teknik, diantaranya untuk bahan struktur pesawat terbang, otomotif, kapal dan industri lain. Logam aluminium mempunyai karakteristik yang menguntungkan, diantaranya adalah mempunyai sifat mampu bentuk yang baik (*formability*), tahan korosi, ringan, dan kekuatan mekaniknya dapat ditingkatkan dengan pengerjaan dingin atau panas. Paduan aluminium seri 2024-T3 merupakan paduan aluminium yang mempunyai sifat mampu las (*weldability*) rendah, salah satu upaya untuk memperbaiki hasil pengelasannya adalah dengan menggunakan metode las *friction stir welding* (FSW) dan bisa dikombinasikan dengan *transient thermal* (TT). Proses *transient thermal* (TT) merupakan proses pemberian panas lokal pada daerah sekitar las dengan menggunakan sumber panas bergerak. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan sifat mekanik las. Metodologi penelitian yang digunakan adalah dengan las FSW tanpa TT (*as welded*) dan las FSW dengan TT dengan posisi pemanas berada ditengah *tool*. Selanjutnya dilakukan beberapa pengujian, yaitu pengujian struktur mikro dan pengujian kekerasan (*microhardness*) dengan metode *microVickers*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi nilai kekerasan bervariasi sesuai dengan daerah metalurgi las, yaitu *weld*, TMAZ, HAZ dan *Base Metal* (BM). Rata-rata nilai kekerasan pada daerah las (*weld*) untuk *as welded* adalah 85 VHN lebih rendah dibandingkan nilai kekerasan rata-rata daerah las dengan TT yaitu 88 VHN.

Kata kunci : Aluminium, FSW, transient thermal (TT)

I PENDAHULUAN

Latar Belakang

Paduan aluminium seri 2xxx merupakan paduan Al-Cu dengan sifat mekanis yang cukup tinggi, yaitu tegangan tarik maksimum 470 MPa dan tegangan luluh 280 MPa. Aluminium pada umumnya merupakan salah satu logam yang sangat penting dibidang teknik, diantaranya untuk bahan struktur atau mesin, sebagai contoh pada struktur otomotif, kapal, pesawat terbang dan industri lain. Aluminium mempunyai berbagai keunggulan antara lain ringan, mempunyai sifat mampu bentuk (*formability*) yang baik, tahan korosi, dan kekuatan tariknya dapat ditingkatkan dengan pengerjaan dingin atau perlakuan panas. Peningkatan kekuatan tarik ini dilakukan dengan memberikan perlakuan panas berupa pemanasan di atas garis *solvus* diikuti pencelupan (*quenching*) dan selanjutnya ditahan pada temperatur tertentu antara 160°C sampai 200°C.

Aluminium paduan seri 2000 secara umum dengan perlakuan T3 mempunyai sifat mampu las rendah karena kandungan tembaga (Cu) cukup tinggi yang menyebabkan mudah terjadi

retak panas dan porositas. Paduan aluminium seri 2024-T3 merupakan logam paduan yang memiliki tingkat mampu las yang rendah sehingga sulit dilas karena kecenderungan mengalami retak panas (*hot cracking*) dan terjadi pengerasan endapan (*precipitation hardening*) saat pengelasan akibat adanya segregasi unsur paduan tembaga. Salah satu upaya untuk memperbaiki sifat mampu las adalah dengan menggunakan teknik las *friction stir welding* (FSW).

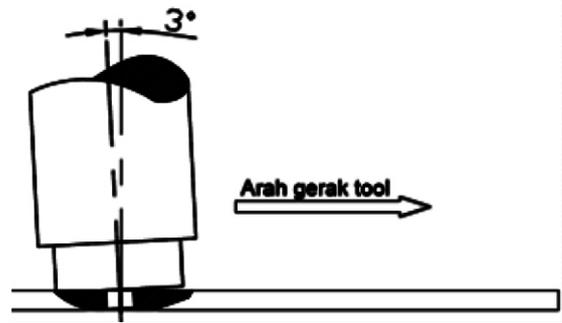
Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan meningkatkan sifat mekanik las terutama distribusi nilai kekerasannya.

Tinjauan Pustaka

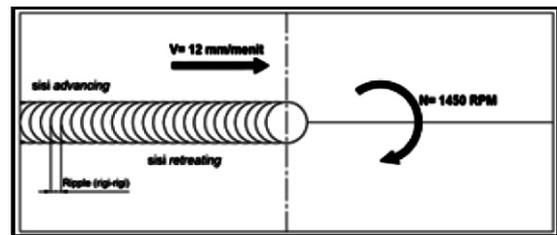
Friction stir welding (FSW) telah dipatenkan oleh *The Welding Institute* (TWI) pada tahun 1991. FSW merupakan proses penyambungan dalam keadaan lumer yang akan dipakai secara luas dan sangat menguntungkan melebihi dari teknik penyambungan yang telah ada. Proses FSW dapat diharapkan karena rendahnya distorsi sepanjang garis las dan sifat mekanik yang baik sekali seperti pada daerah pengaruh panas (HAZ), penyusutan rendah, pada saat

proses pengelasan tidak ada asap atau percikan, tidak memerlukan peralatan banyak, hemat energi serta biaya operasional rendah. FSW tidak membutuhkan bahan tambah/pengisi dan relatif mudah untuk dibentuk namun masih mempunyai batasan yaitu benda harus kaku, bentuk pengelasan lurus, kondisi harus terjepit saat proses pengelasan, kecepatan pengelasan tetap dijaga untuk memperkecil terjadinya keropos serta lubang-lubang kecil sepanjang garis las. Proses pengelasan dengan *friction stir welding* (FSW) termasuk metode proses penyambungan yang baru, teknik penyambungan ini energinya efisien, ramah lingkungan dan bisa untuk berbagai kegunaan (Mishra, 2005). Pengelasan pada aluminium 2024-T3 dengan las konvensional *tungsten inert gas* (TIG) dan dengan metode baru FSW (Squillace dkk,2004), dihasilkan bahwa nilai *microhardness* pada las TIG secara umum mengalami penurunan drastis yang ditunjukkan pada manik las dan HAZ, sedangkan nilai *microhardness* pada las FSW bervariasi terhadap zonanya, yaitu *weld*, HAZ, TMAZ, dan *unaffected zone*.



Gambar 2.1 Proses Friction Stir Welding

Kecepatan maju tool yang digunakan adalah 12 mm/menit, dengan kecepatan putaran 1450 rpm, ditunjukkan pada Gambar 2.2. Dimensi tool, pin Ø 3,6mm dan shoulder Ø16mm, pada Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Proses FSW dengan TT

II METODOLOGI

Material Penelitian

Material yang dipakai adalah lembaran aluminium paduan seri 2024-T3 dengan komposisi yang ditunjukkan pada Tabel 1 (dalam % wt):.

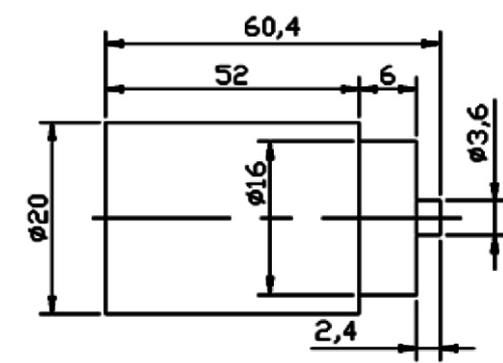
Tabel 1. Komposisi kimia

| Material | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Ni | Zn |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2024-T3 | 0,09 | 0,34 | 0,38 | 0,86 | 1,10 | 0,03 | 0,01 | 0,17 |

| Sn | Ti | Pb | Be | Ca | Sr | V | Zr |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,02 | 0,39 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,08 | 0,12 |

2.2 Proses Friction Stir Welding

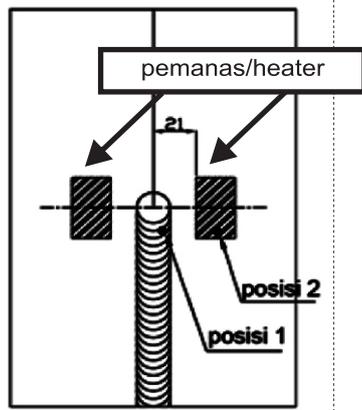
Pada proses FSW, *tool* dimiringkan antara 2-4° terhadap benda kerja pada arah gerak *tool* (Khaled, 2005). Peneliti menggunakan sudut kemiringan *tool* 3°, sesuai Gambar 2.1.



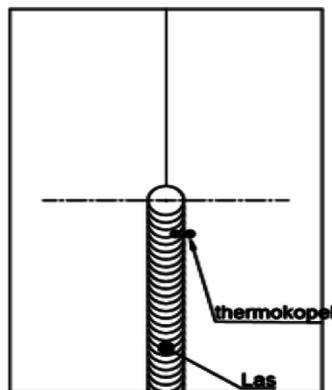
Gambar 2.3 Dimensi tool.

2.3 Prosedur Pengelasan

Proses pengelasan menggunakan mesin *milling* (*frais*). Proses TT dilakukan dengan menggunakan panas lokal yang bergerak bersama *tool*, dengan posisi pemanas (*heater*) berada ditengah *tool* FSW (Huang dkk, 2006), ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Las FSW dengan TT



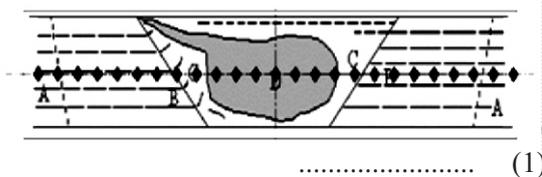
Gambar 2.5 Las FSW tanpa TT (*as welded*)

2.4 Pengujian Stuktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan pada penampang melintang yang meliputi daerah las, TMAZ, HAZ dan logam induk. Spesimen dietsa menggunakan cairan kimia HF.

2.5 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan metode pengujian kekerasan *microVickers* (VHN), dengan posisi pengujian seperti pada Gambar 2.6, jarak antar titik pengujian adalah 300µm :



$$HV = 1,854 [P_i / D^2]$$

Dengan, HV = nilai kekerasan spesimen
 P_i = Beban indentasi (i= 1, 2,..)
 D = Diagonal injakan sisa.

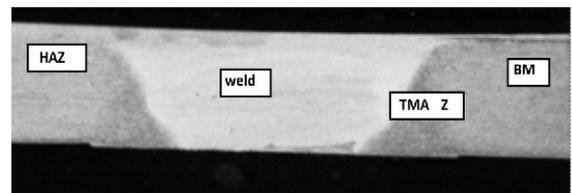
III HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Siklus termal

Pada siklus termal pengelasan FSW terlihat bahwa ketika *tool* mendekati pengukur suhu (*thermokopel*) terjadi kenaikan suhu, dan mencapai maksimal saat *tool* mencapai jarak terdekat dengan *thermokopel*. Temperatur las dengan TT lebih tinggi dibandingkan dengan *as welded*.

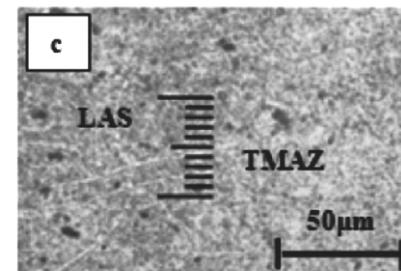
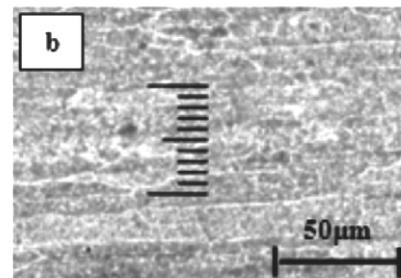
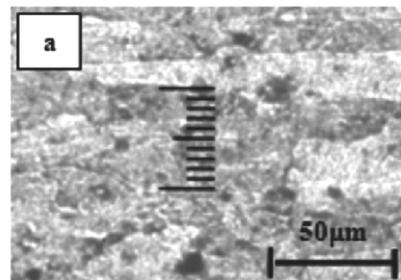
3.2 Struktur Makro dan Struktur Mikro

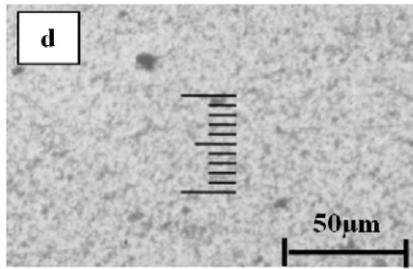
Foto struktur makro pengelasan *friction stir welding* ditunjukkan pada Gambar 3.1.



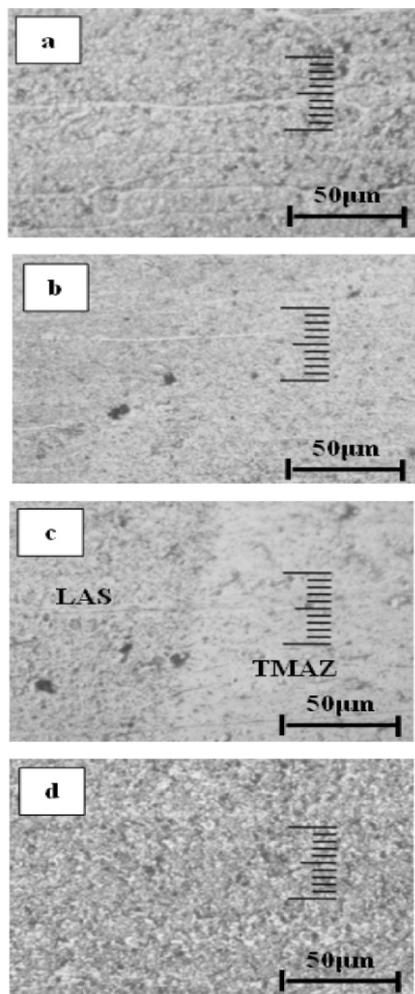
Gambar 3.1. Struktur makro FSW

Hasil foto struktur mikro pengelasan *friction stir welding* (FSW) pada spesimen *as welded* ditunjukkan pada Gambar 3.2





Gambar 3.2. Struktur mikro spesimen *as welded* : (a) logam induk, (b) HAZ, (c) batas TMAZ-las, (d) las (*weld*),



Gambar 3.3. Struktur mikro spesimen dengan TT : (a) logam induk, (b) HAZ, (c) batas TMAZ-las, (d) las.

Dari foto struktur makro pada Gambar 3.1 terlihat bahwa daerah lasan berbentuk trapesium, bentuk struktur mikro yang terjadi pada masing-masing spesimen dengan pengelasan FSW dipengaruhi oleh arah

putaran *tool* FSW. Putaran *tool* searah dengan arah gerak maju *tool*, sisi ini dinamakan *advancing side*, sedangkan dibagian seberangnya dinamakan *retreating side*. Dari foto struktur mikro pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3, dapat dijelaskan sebagai berikut :

Daerah *Weld* : Daerah las (*weld*) adalah daerah mengalami deformasi plastis dan pemanasan selama proses F S W sehingga menghasilkan rekristalisasi yang menghasilkan butiran halus di daerah pengadukan. *Weld* bentuknya bergantung pada parameter proses, geometri *tool*, temperatur, benda kerja dan konduktivitas termal material

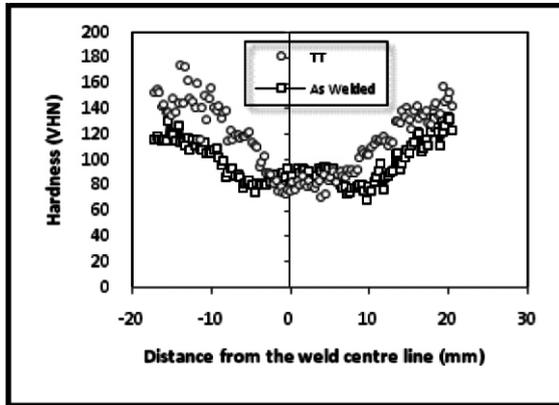
Daerah TMAZ : *Thermomechanically affected zone* (TMAZ) daerah transisi antara logam induk dan daerah las yang mengalami deformasi struktur tetapi tidak terjadi rekristalisasi.

Daerah HAZ : Daerah pengaruh panas (HAZ) adalah daerah yang mengalami siklus termal tetapi tidak mengalami deformasi plastis dan perubahan sifat mekanik. Pada daerah ini terjadi perubahan struktur mikro.

Daerah BM : *Base Metal* (BM) atau *unaffected material* atau logam induk merupakan daerah yang tidak terpengaruh terhadap siklus termal, mikrostruktur maupun sifat mekanik. Struktur mikro berupa butiran halus memanjang searah dengan arah rol.

Uji Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan *microVickers* ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Distribusi nilai kekerasan(VHN).

Hasil uji kekerasan dengan metode *microVickers* didapatkan distribusi nilai kekerasan yang berbeda pada masing-masing daerah pengelasan. Untuk spesimen *as welded*, kekerasan rata-rata pada daerah *weld* adalah 85 VHN, sedangkan nilai kekerasan rata-rata pada daerah *weld* untuk spesimen dengan TT yaitu 88 VHN. Kekerasan pada daerah *weld* spesimen *as welded* lebih rendah daripada daerah *weld* pada spesimen dengan TT, hal ini kemungkinan disebabkan adanya proses rekristalisasi yang tingkat kerapatannya rendah, walaupun bentuk strukturnya bulat dan halus, sedangkan nilai kekerasan pada daerah HAZ dan TMAZ untuk spesimen dengan TT lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kekerasan HAZ dan TMAZ pada spesimen *as welded*.

IV KESIMPULAN

1. Dengan adanya perlakuan TT terjadi sedikit kenaikan nilai kekerasan logam daerah las (*weld*) pada las FSW (spesimen TT) dibandingkan dengan logam las tanpa TT (*as welded*).
2. Pada *as welded*, nilai rata-rata kekerasan di daerah las HAZ dan TMAZ lebih rendah dibandingkan dengan nilai rata-rata kekerasan pada spesimen dengan perlakuan TT.

Daftar Pustaka

1. Mishra, R.S., Ma. Z.Y., 2005, Friction stir welding and processing, Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China ME 3701, Materials of Engineering Laboratory, LSU
2. Squillace, A., Defenzo. A., Giorleo, G., Bellucci, F., 2004, A Comparison Between FSW and TIG Welding Techniques, Modification of Microstructure And Pitting Corrosion Resistance in AA2024-T3 Butt Joints, Journal of Materials Processing Technology.
3. Khaled, T., 2005, *An Out sider looks at FSW*, ANM- 11 2N-05-06, Federal Aviation Administration, 3960 Paramount Boulevard, Lakewood CA 90712.
4. Huang, T.D., Conrardy, C., Dong, P., Kvidahl, L., Decan, L., 2006, Distortion Mitigation Technique for Lightweight Ship Structure Fabrication, Northrop Grumman Ship Systems, Society of Naval Architects and Marine Engineers, US.