

PENGARUH KEDALAMAN PIN (*DEPTH PLUNGE*) TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAS PADA PENGELASAN GESEK AL.5083

Bibit Sugito¹⁾, Agus Dwi Anggono²⁾ Damas Prasetyana³⁾

¹⁾Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta 1)

email: Bibit.Sugito@ums.ac.id

Abstract

Friction stir welding (fsw) is a welding method that takes benefit of the heat released by the friction of two metals. The objective of this work was to investigate the effect of depth plunge on the physical and mechanical properties of double sided friction stir welding. The experiment was carried out using vertical milling machine on the material of Al 5083 with size of 200 x 100 x 3 mm. The rotational speed of spindle was 1250 rpm, the speed of feeding was 12,5 mm/mnt, and the pin depth variations were 0,9 mm, 1,9 mm and 2,9 mm. The results showed that the maximum tensile stress obtained in the depth plunge of 1,9 mm was 177,78 MPa. The Vickers test showed that the hardness of weld zone was lower than that of the base metal, but the lowest hardness was found in the HAZ. The joining area showed a good adhesion, but the void defect was obtained in the product welded using a depth plunge of 2,9 mm. In the stir zone, the grain size of the phase became smaller.

Keywords: Friction Stir Welding, panas gesekan, Al 5083, Depth Plunge

1. PENDAHULUAN

Pengelasan dalam industri manufaktur memiliki peranan penting pada proses penyambungan logam. Pada hakekatnya proses las atau pengelasan adalah penyambungan dua material atau lebih biasanya material metal yang menyebabkan peleburan diantara material yang disambungkan. Ini biasanya dilakukan dengan cara mencairkan kedua material dan memberikan bahan tambah pada material yang mencair sehingga pada saat material sudah dingin menjadi sambungan permanen yang kuat.

Proses pengelasan dikelompokkan menjadi dua, yaitu : *Liquid State Welding* (LSW) dan *Solid State Welding* (SSW). LSW adalah proses pengelasan logam dengan cara mencairkan dua buah logam induk secara bersamaan, sedangkan SSW merupakan proses pengelasan logam yang dilakukan pada kondisi logam induk tidak mencapai titik leburnya pada saat tersambung. Salah satu metode SSW ini adalah pengelasan adukan gesek / *Friction Stir Welding* (FSW), yaitu pengelasan dengan memanfaatkan panas yang timbul akibat

putaran dari *tool* yang bergesekan dengan material induk atau benda kerja

Friction Stir Welding (FSW) sudah banyak diaplikasikan dalam dunia industri, biasanya diaplikasikan untuk menyambungkan material aluminium dan paduannya. Di negara maju telah mengaplikasikan pengelasan FSW ini pada industri pembuatan kapal, kereta api, pesawat terbang, pesawat luar angkasa, bahkan di dunia otomotif pun sudah mengaplikasikan metode pengelasan ini

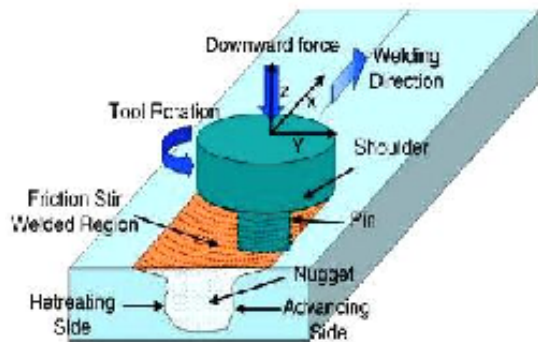
Tetapi untuk mendapatkan kualitas dan kekuatan sambungan yang baik tidak mudah dilakukan. Karena parameter – parameter proses pengelasannya harus disesuaikan dengan jenis sambungan yang diinginkan, material yang disambung, desain dan material *tool*. Dan parameter tersebut sangat berbeda antara yang satu dengan yang lainnya sehingga tidak dapat diaplikasikan pada semua material. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan sifat fisis dan mekanis dari hasil pengelasan adukan gesek sisi ganda (*double sided friction stir welding*) dengan cara :

1. Pengujian Kekuatan Tarik.
2. Pengujian Microvickers Hardness.

3. Pengujian Makro dan Mikro Struktur

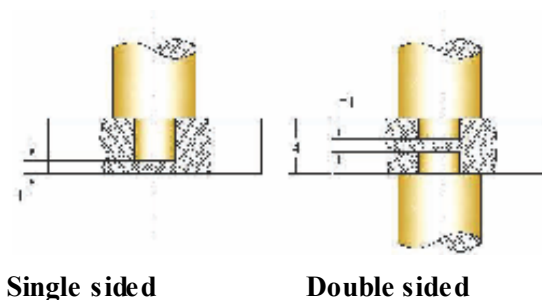
2. KAJIAN LITERATURE

Pada proses *Friction Stir Welding*, sebuah *tool* berupa *cylindrical shoulder* yang dilengkapi dengan pin berputar dan dibenamkan diantara dua buah plat yang akan dilas. Pin harus lebih pendek daripada tebal plat yang akan dilas supaya tidak mengenai alas benda kerja (*backing plate*). Gesekan antara *tool* dengan benda kerja mengakibatkan panas dan melunakkan didaerah sekitarnya. Dengan kondisi lunak ini maka *welding tool* dapat digerakkan di sepanjang jalur pengelasan (*joint line*) sehingga terjadi proses pengelasan. Prinsip kerja FSW ditunjukkan pada gambar 1.



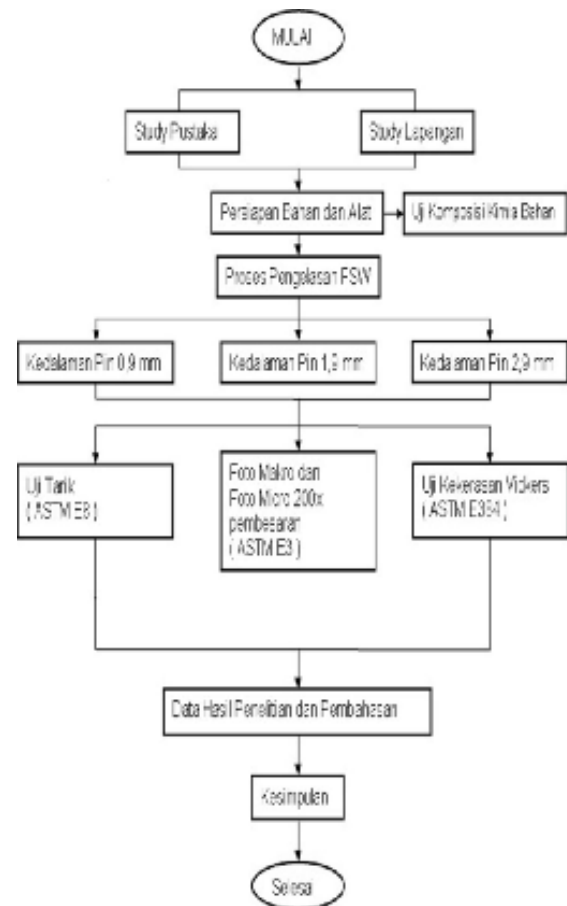
Gambar 1. Prinsip Kerja FSW

Dalam proses pengerjaannya FSW dibedakan menjadi dua. Pertama proses FSW sisi tunggal (*single sided friction stir welding*) yaitu proses pengerjaannya hanya pada satu bidang pengelasan, dan yang kedua FSW sisi ganda (*double sided friction stir welding*) yaitu proses pengerjaannya pada kedua bidang pengelasan. Proses pengerjaan FSW ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Proses Pengerjaan FSW

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Uji Komposisi Kimia

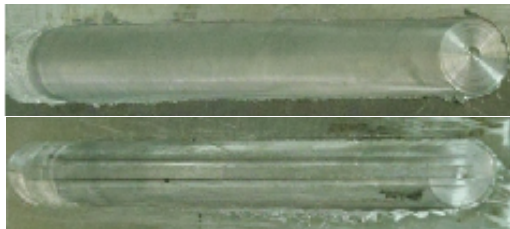
Tabel 1. Data hasil uji komposisi kimia

| Unsur | % | Unsur | % |
|-------|--------|-------|--------|
| Si | 0.1949 | Zn | 0.0115 |
| Fe | 0.3577 | Ti | 0.0145 |
| Cu | 0.0658 | Ca | 0.0032 |
| Mn | 0.0843 | P | 0.0002 |
| Mg | 4.0468 | Pb | 0.0012 |

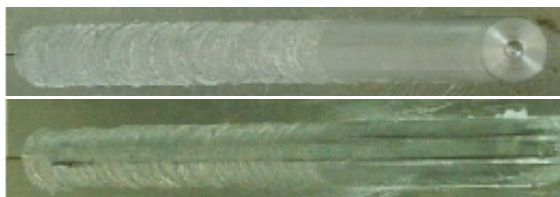
| | | | |
|-----------|---------------|-----------|---------------|
| Cr | 0.1971 | Sb | 0.0002 |
| Ni | 0.0050 | Sn | 0.0022 |
| | | Al | 95.87 |

Hasil pengelasan
 Parameter pengelasan :
 - Rotation speed : 1250 Rpm
 - Welding speed : 12,5 mm/ mnt
 - Kemiringan tool : 1°
 - Depth plunge : 0,9 mm, 1,9 mm, 2,9 mm

a. variasi *depth plunge* 0,9 mm



b. variasi *depth plunge* 1,9 mm



c. Spesimen I variasi *depth plunge* 2,9 mm



Gambar 4. Hasil las dengan *depth plunge* 0.9,1.7.,2,9 mm

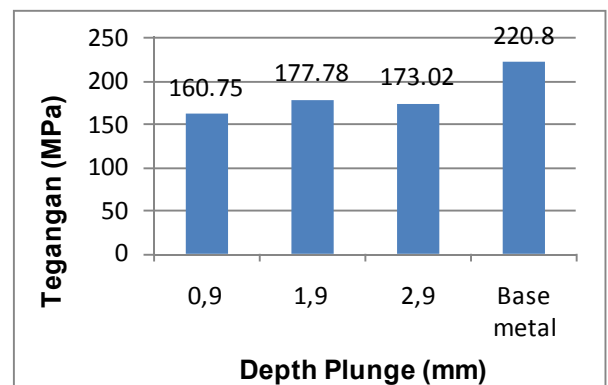
1. Hasil uji tarik

Tabel 2. Tabel Tegangan Hasil Uji Tarik

| Depth Plunge (mm) | A ₀ (mm ²) | Tegangan (Mpa) | | | Rata-rata σ (MPa) |
|-------------------|-----------------------------------|----------------|------------|------------|--------------------------|
| | | σ_1 | σ_2 | σ_3 | |
| 0,9 | 18 | 171,63 | 164,45 | 146,17 | 160,75 |
| 1,9 | 18 | 132,05 | 205,17 | 196,12 | 177,78 |
| 2,9 | 18 | 186,56 | 186,35 | 146,14 | 173,02 |
| Base Metal | 18 | 221,95 | 220,31 | 220,15 | 220,80 |

| | | | | | |
|------------|----|--------|--------|--------|--------|
| 0,9 | 18 | 171,63 | 164,45 | 146,17 | 160,75 |
| 1,9 | 18 | 132,05 | 205,17 | 196,12 | 177,78 |
| 2,9 | 18 | 186,56 | 186,35 | 146,14 | 173,02 |
| Base Metal | 18 | 221,95 | 220,31 | 220,15 | 220,80 |

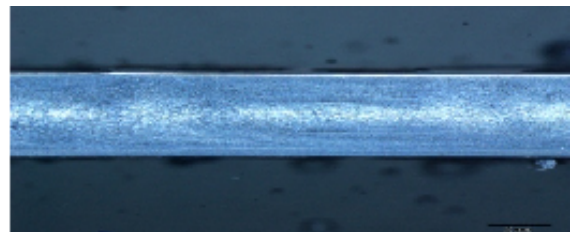
Dari tabel diatas didapatkan grafik hubungan antara *depth plunge* terhadap tegangan tarik.



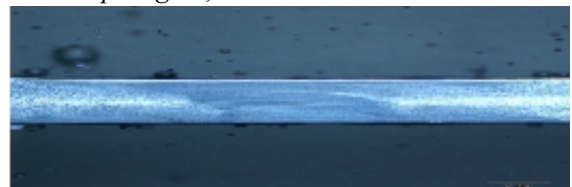
Gambar 5. Grafik tegangan tarik

2. Hasil Foto Makro

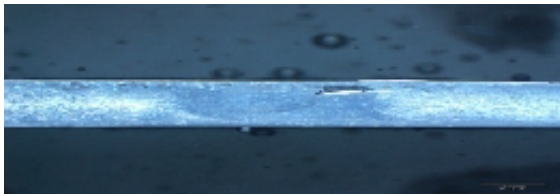
a. Foto makro dengan variasi *depth plunge* 0,9 mm



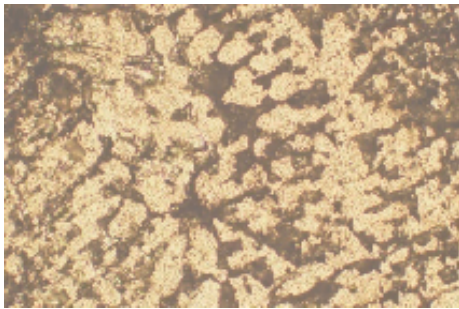
b. Foto makro dengan variasi *depth plunge* 1,9 mm



c. Foto makro dengan variasi *depth plunge* 2,9 mm

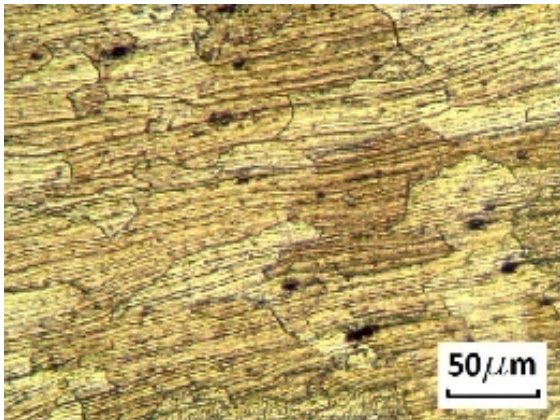


3. Hasil Foto Mikro

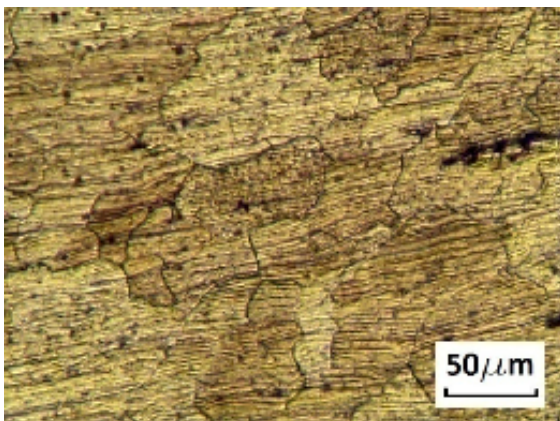


Gambar 6. Foto struktur mikro Al 5083 (MatWeb)

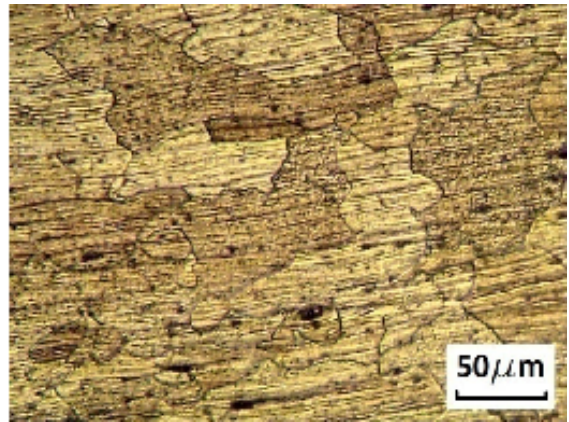
a. Daerah Base Metal



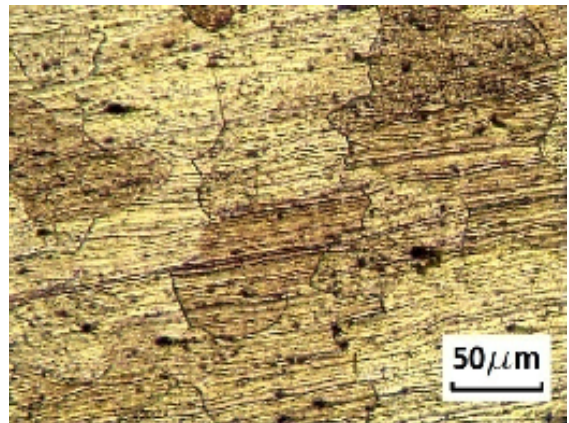
Gambar 7. Struktur mikro pada *base metal*
b. Daerah HAZ



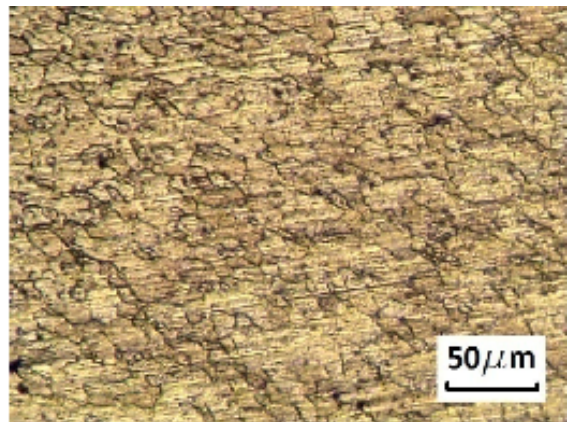
Gambar 8. Struktur mikro dengan variasi *depth plunge* 0,9 mm



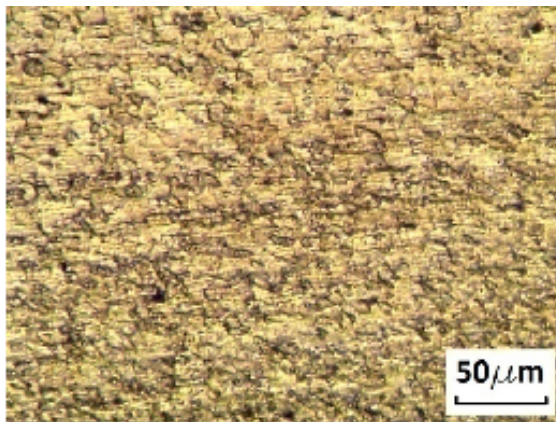
Gambar 9. Struktur mikro dengan variasi *depth plunge* 1,9 mm



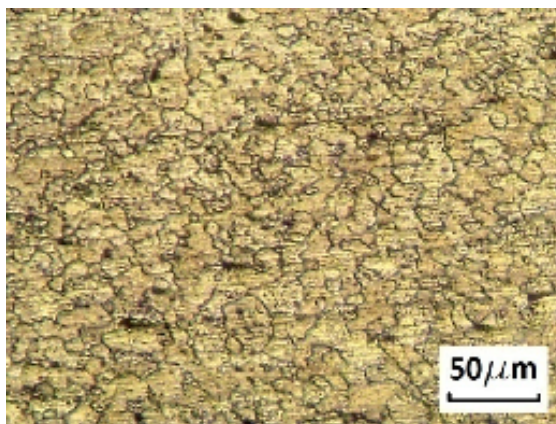
Gambar 10. Struktur mikro dengan variasi *depth plunge* 2,9 mm
c. Daerah Stir Zone



Gambar 11. Struktur mikro dengan variasi *depth plunge* 0,9 mm



Gambar 12. Struktur mikro dengan variasi *depth plunge* 1,9 mm



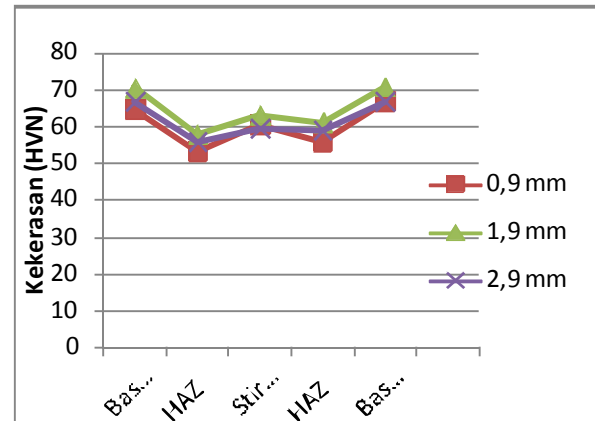
Gambar 13. Struktur mikro dengan variasi *depth plunge* 2,9 mm

1. Uji Kekerasan

Tabel 5. Data uji Vickers (HVN)

| Dept plunge | Base metal | HAZ | Stir zone | HAZ | Base metal |
|-------------|------------|-------|-----------|-------|------------|
| 0,9 mm | 64,76 | 53,34 | 60,66 | 56,14 | 66,96 |
| 1,9 mm | 70,58 | 57,7 | 63,12 | 61,08 | 70,72 |
| 2,9 mm | 66,62 | 55,76 | 59,44 | 58,72 | 66,64 |

dapat dibuat grafik sebagai berikut:



Gambar 14. Grafik Uji Kekerasan (HVN)

Dari data pengujian tarik terlihat perbedaan tegangan tarik diantara variasi kedalaman pembenaman (*depth plunge*) 0,9mm, 1,9mm dan 2,9mm. Pada variasi kedalaman pembenaman 1,9 mm mempunyai tegangan tarik rata – rata paling tinggi yaitu 177,78 MPa dan tegangan tarik rata – rata paling rendah terjadi pada variasi kedalaman pembenaman 0,9 mm yaitu 160,75 MPa. Diduga hal ini terjadi karena proses pengadukan dan penempaan yang tepat pada variasi 1,9 mm, dimana pembenamannya tidak terlalu dalam dan tidak terlalu dangkal sehingga panas yang dihasilkan lebih stabil.

Pengamatan struktur mikro menunjukkan didaerah *stir zone*, HAZ dan *base metal* . Pada pengelasan *friction stir welding* paduan Al 5083 hanya terjadi penghalusan partikel – partikel pada daerah *stir zone* dan tidak terjadi perubahan fase karena pada pengelasan ini tidak menggunakan logam pengisi. Struktur mikro pada *base metal* seperti yang ditunjukkan pada gambar, mempunyai bentuk pipih dan dan relatif seragam. Hal ini dikarenakan material Al 5083 merupakan salah satu jenis aluminium yang mengalami perlakuan *cold working* atau *strain hardening* di dalam proses pembuatannya. Perlakuan ini mendeformasi bentuk butir sampai ukuran tertentu melalui proses rol atau tekan

sampai diperoleh kekuatan dan kekerasan yang diinginkan. Bentuk butir setelah mengalami *cold working* akan terdeformasi dan mengalami perpanjangan menjadi pipih sesuai dengan arah proses pengerjaannya.

Pada daerah HAZ terjadi perubahan bentuk struktur mikro, dapat dilihat pada gambar 22 - 24. bentuk strukturnya menjadi lebih kotak jika dibandingkan dengan base metal yang cenderung pipih atau lonjong. Hal ini terjadi karena pengaruh panas gesekan dari proses pengelasan. Sedangkan pada daerah *stir zone* sangat terlihat perubahannya, bentuk butiran menjadi lebih kecil dan susunannya menjadi rata. Hal ini terjadi karena pengaruh puntiran pin pada proses pengelasan.

Pada grafik gambar 28. dapat dilihat bahwa tren dari *base metal*, HAZ dan *stir zone* menunjukkan penurunan kekerasan pada setiap variasi *depth plunge* dan *depth*. Hal ini disebabkan pada pengelasan tidak dimasukkan logam baru (*electrode*) pada saat pengelasan. Pada pengelasan *friction stir welding*, penyambungan logam dilakukan dengan gesekan dan tidak memasukkan logam baru di antara material. Dan hasil pengelasan pada daerah *stir zone* tentu saja tidak bisa lebih kuat dari base metal. Sifat yang kurang baik dari proses ini adalah terjadi penyalutan pada daerah *stir zone* sebagai akibat panas yang timbul. Penurunan nilai kekerasan pada daerah lasan, selain karena karakteristik dari paduan itu sendiri juga disebabkan karena proses pengerasan tidak bisa terjadi ketika proses pengelasan berlangsung. Wiryosumarto, 1996, menyatakan bahwa pengerasan akan tercapai bila terjadi pendinginan pada fase kedua pada temperatur 160-185°C dan waktu 6 sampai 20 jam.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian proses pengelasan adukan gesek sisi ganda (*double sided friction stir welding*) yang telah dilakukan pada material Al 5083 dengan variasi kedalaman pembenaman

(*depth plunge*) maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengelasan Aluminium seri 5083 dengan metode pengelasan adukan gesek sisi ganda (*double sided friction stir welding*) dapat dilakukan dengan baik.
2. Hasil pengujian tarik diperoleh bahwa tegangan tarik rata – rata untuk pengelasan adukan gesek sisi ganda (*double sided friction stir welding*) dengan variasi kedalaman pembenaman (*depth plunge*) 0,9 mm adalah 160,75 MPa, untuk kedalaman pembenaman (*depth plunge*) 1,9 mm adalah 177,78 MPa dan kedalaman pembenaman (*depth plunge*) 2,9 mm adalah 173,02 MPa. Dengan hasil ini dapat diketahui tegangan tarik rata – rata tertinggi pada variasi kedalaman pembenaman (*depth plunge*) 1,9 mm dan tegangan tarik rata – rata terendah pada variasi kedalaman pembenaman (*depth plunge*) 0,9 mm. Terlalu dangkal pembenaman pada pengelasan dengan variasi *depth plunge* 0,9 mm adalah hal utama yang mengurangi tegangan tarik pada penelitian ini.
3. Dari pengamatan foto makro pengelasan terlihat tersambung dengan baik.
4. Dari pengamatan mikro diketahui bahwa bentuk butir pada daerah *stir zone* menjadi lebih halus dan merata yang disebabkan adanya proses puntiran pin pada saat pengelasan berlangsung.
5. Pengujian kekerasan menunjukkan daerah *stir zone* lebih lunak daripada logam induk (*base metal*). Sedangkan daerah HAZ mempunyai kekerasan paling rendah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Kumar, R.A., Varghese, S., Sivapragash, M., 2012, A Coparative Study Of The Mechanical Properties Of Single And Double Sided Friction Stir Welded Aluminium Joint, *Procedia Engineering* 38 (2012), p, 3951 – 3961.
- Mishra, R.S., Ma, Y.z, 2005, *Friction Stir Welding And Processing Materials Science and Engineering*, R 50: 1–78.

- Nurdiansyah, F., Soewefy, Zubaydi, A., 2012, Pengaruh Rpm Terhadap Kualitas Sambungan Dan Metalurgi Las Pada Joint Line Untuk Aluminium Seri 5083 Dengan Proses Friction Stir Welding, Jurnal Teknik ITS Vol. 1 (September 2012) p. G55 - G58.
- 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.
- Smallman, R.E., Bishop, R.J., 2000, Metalurgi Fisik Modern Dan Rekayasa Material, Erlangga, Jakarta.
- Sudrajat, A., 2012, "Analisa Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Aluminium AA 1100 Dengan Metode Friction Stir Welding (FSW)", Tugas Akhir S -1, Teknik Mesin Universitas Jember, Jember.
- Wijayanto, W., 2015, "Pengaruh Sudut Kemiringan Tool Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Sambungan Pelat Aa5083 Pada Proses Friction Stir Welding", Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Wirjosumarto, H., Okumura, T., 1994, Teknologi Pengelasan Logam, Cetakan Ke-6, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.