

Analisa Variasi Putaran *Friction Welding* Terhadap Kekerasan Logam Aluminium Paduan Seri 1100-H18

Daryono¹, Dwi Handoko², Topan Prihantono³, Ady Setiawan⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, PSDKU Politeknik Negeri Pontianak Kampus Sanggau

Email: ¹daryono.ref@gmail.com, ²dwihandokopb@gmail.com

³topan.prihantoro@gmail.com, ⁴adys62409@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian dalam hal penyambungan aluminium terus ditingkatkan, agar dalam proses penyambungannya menjadi lebih mudah dan untuk meningkatkan kekerasan Pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan salah satu solusi dalam memecahkan permasalahan penyambungan logam yang sulit dilakukan dengan *fusion welding* (pengelasan cair). Proses penyambungan aluminium *Friction stir welding* (FSW). Bertujuan untuk mengetahui lebih jelas mengenai sifat mekanik kekerasan dari spesimen. Bahan yang digunakan aluminium paduan seri 1100-H18 Metode pengelasan gesek dengan *Vertikal Milling* sebagai alat pemutar tool. Pengujian dilakukan putaran yang berbeda yaitu; 660 rpm; 1115 rpm; 1750 rpm dan 2720 rpm dengan kecepatan *feed rate tool* tetap yaitu 20 mm/menit. Hasil pengujian *Vickers*, kekerasan daerah *Base Metal* (BM) pada putaran 660 rpm adalah yang paling tinggi yaitu 101,4 dan terendah 97,62 terjadi pada putaran 1115 rpm. Nilai rata-rata kekerasan tertinggi 94,98 terjadi pada putaran 1115 rpm dan terendah 75,18 pada putaran 2720 rpm Pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan benda uji akibat kecepatan putaran tool *spindle* (elektroda), semakin tinggi putaran, maka panas yang dihasilkan tinggi dan laju pendinginan lambat di daerah HAZ dan SZ akan semakin besar, akibatnya kekerasan di daerah HAZ dan SZ menjadi turun.

Kata Kunci: HAZ, *Solid zone*, *Base metal*, mikrostruktur

ABSTRACT

Research in aluminum splicing continues to be improved, so that the joining process becomes easier and to increase hardness. Friction stir welding (FSW) aluminum joining process. The purpose of this study was to find out more clearly about the mechanical properties of the hardness of the specimen. The material used is aluminum alloy 1100-H18 series. The research method is friction welding with Vertical Milling as a turning tool. The tests were carried out in different rounds, namely; 660 rpm; 1115 rpm; 1750 rpm and 2720 rpm with a fixed tool feed rate of 20 mm/minute. The results of the Vickers test show that the hardness of the Base Metal (BM) area at 660 rpm is the highest at 101.4 and the lowest is 97.62 at 1115 rpm. The highest average hardness value of 94.98 occurs at 1115 rpm and the lowest is 75.18 at 2720 rpm. A significant effect on the hardness of the specimen due to the rotational speed of the tool spindle (electrode), the higher the rotation, the higher the heat generated and the rate of The slow cooling in the HAZ and SZ regions will be greater, as a result the hardness in the HAZ and SZ regions will decrease.

Keywords: HAZ, *Solid zone*, *Base metal*, mikrostruktur

1. Pendahuluan

Pengelasan gesekan tergantung pada banyak parameter proses seperti gaya aksial, kecepatan dan energi rotasi awal, jumlah gangguan dan waktu kerja, simulasi elemen hingga dilakukan. Kemudian dilakukan eksperimen las gesek dengan kondisi parameter proses optimal yang dihasilkan dari simulasi. Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi sifat mekanik dari zona las gesekan [1]. Pengelasan memiliki peran utama pada bidang teknik dan perbaikan produksi. *Friction stir welding* (FSW) adalah proses pengelasan baru dimana biaya produksi rendah dan sambungan yang dihasilkan berkualitas baik. Proses FSW menggunakan sebuah tool yang berputar ditekan pada material yang akan disatukan. Gesekan *tool* yang berbentuk silindris yang dilengkapi pin/probe mengakibatkan pemanasan setempat yang mampu melunakkan bagian tersebut. Parameter proses menggunakan putaran pada mesin 3600rpm dengan variasi laju kecepatan proses (*feed rate*); 40, 64, 93, 200 dan 320 mm/menit. Hasil proses FSW menunjukkan terjadi penurunan nilai kekerasan yang signifikan pada daerah logam las, HAZ dan logam induk terhadap material induknya, tetapi untuk variabel 320 mm/mnt terjadi penyempitan daerah lasan. Nilai kekerasan raw material adalah ± 55 VHN dan pada pusat las ± 37.5 VHN [2].

Metode las gesek dapat diterapkan untuk proses penyambungan pipa baja karbon rendah. Struktur mikro pada sambungan tidak banyak mengalami perubahan struktur mikro, yang berarti tidak banyak terjadi perubahan sifat mekanik [3]. las gesek dioperasikan dengan memvariasi tekanan tempa sebesar 1040, 1127, 1214 dan 1300kg/cm². Pembuatan sampel uji dilakukan dengan kecepatan putar 4215 Rpm, waktu gesek 45 detik dan tekanan gesek 173 kg/cm uji puntir tertinggi nilainya 150 N.m. Sedangkan produk as roda sepeda motor di industri kecil nilainya 20 N.m. Teknologi *friction welding* sangat baik digunakan untuk menghasilkan produk as sepeda motor [4].

Pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan salah satu solusi dalam memecahkan permasalahan penyambungan logam yang sulit dilakukan dengan fusion welding (pengelasan cair). Proses penyambungan logam dilakukan tanpa pencairan (*solid state* proses) yang mana proses pengelasan terjadi sebagai akibat penggabungan antara laju putaran salah satu benda kerja yang

berputar. Gesekan yang diakibatkan oleh pertemuan kedua benda kerja tersebut akan menghasilkan panas yang dapat melumerkan kedua ujung benda kerja yang bergesekan sehingga mampu melumer dan akhirnya terjadi proses penyambungan.

Salah satu teknik pengelasan yang relatif baru adalah *Friction Stir Welding* (FSW). FSW dikembangkan oleh TWI (*The Welding Institute*) dan mendapatkan hak paten pertama pada Desember 1991 di UK. Teknik pengelasan FSW sebetulnya berawal dari keingintahuan dan percobaan laboratorium, tetapi dalam perkembangannya FSW menjadi teknik pengelasan yang banyak sekali memberikan manfaat terutama untuk logam aluminium.

Prinsip dasar dari proses pengelasan FSW sangat sederhana yaitu dengan menggunakan sebuah *tool* yang terdiri dari pin dan *shoulder* yang diputar pada kecepatan putaran tertentu. Tool tersebut kemudian melakukan penetrasi pada 2 buah ujung pelat atau lembaran logam yang akan disambung. Setelah penetrasi pada tingkat kedalaman tertentu, *tool* akan bergerak sepanjang garis sambungan antara logam yang disambung. *Shoulder* dan *probe* merupakan komponen atau bagian dari *tool*. *Shoulder* berfungsi untuk menggesek benda kerja supaya menjadi panas dan memaksa logam yang sudah menjadi plastis untuk mengalir di sekitar *probe*. *Probe* dirancang dengan bentuk yang khusus. *Probe* digunakan untuk mengaduk logam secara mekanis sepanjang permukaan ujung (*butt*).

Dalam pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW), *tool* memiliki 2 peranan utama yaitu memanaskan logam induk yang disambung dan menggerakkan/menggesekkan material untuk menghasilkan sambungan. Panas yang dihasilkan pada pengelasan FSW tercipta akibat adanya gesekan antara *tool* FSW dan benda kerja. Panas lokal yang terjadi mengakibatkan adanya pelunakan logam induk bagian adukan *tool*. Kombinasi putaran dan translasi *tool* FSW memungkinkan material bergerak dari sisi depan pin hingga sisi belakang pin.

Kelebihan *Friction Stir Welding* (FSW): bebas porositas dan crack, dapat menyambung material berbeda, mikrostruktur butir halus sehingga memiliki sifat mekanik yang baik, aman dan ramah lingkungan, prosesnya efisien dan memakan biaya yang rendah, dapat digunakan untuk mengelas semua jenis material. Dibutuhkan *backing plate* /

backing bar, adanya lubang pada akhir pengelasan, dibutuhkan plat penjepit, dibutuhkan meja kerja saat melakukan pengelasan, posisi pengelasan tidak bebas, kecepatan pengelasan relatif lebih rendah dari pada jenis pengelasan yang lain [5].

Pengaruh parameter gesekan *stir welding* (FSW) pada karakteristik fisik dan mekanik paduan 6063 T6 Al telah diselidiki. Pelat dari paduan yang diselidiki dilas bersama di bawah kecepatan rotasi pahat (v) dan pengelasan (ω) yang berbeda ketangguhan menunjukkan bahwa logam las dengan kecepatan translasi 12,5 mm/menit memiliki nilai ketangguhan tertinggi ($0,54\text{J/mm}^2$) [6].

Dengan mengevaluasi kekuatan tarik sambungan dan struktur mikro sambungan serta uji kekerasan, uji kelelahan dapat disimpulkan bahwa dihasilkan kekuatan sambungan yang sangat baik, menyambungkan dua jenis logam yang berlainan (HSS dan baja karbon medium) dapat dilakukan dengan teknologi pengelasan gesek. Kekuatan sambungan mencapai maksimum ketika temperatur siap tempanya optimal. Temperatur tersebut dicapai dengan mengatur variasi tekanan gesek dan durasi gesek, dimana temperaturnya tidak boleh terlalu rendah maupun terlalu tinggi. Karakterisasi sifat fisik dan mekanik sambungan las friksi aluminium Seri 6063 T6 dengan variasi parameter pengelasan hasilnya dari uji ketangguhan terlihat kecepatan potong hasil pengelasan yang terbaik adalah 12,5 mm/min.

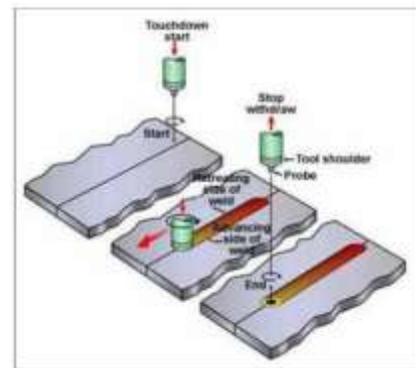
Dengan penelitian ini diharapkan dapat dihasilkan suatu rancang bangun untuk praktikum pengelasan gesek di bengkel produksi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak sebagai materi tambahan dalam pembelajaran praktik pengelasan. Selain itu manfaat penelitian : bagi Institusi Politeknik Negeri Pontianak penelitian ini diharapkan dapat mengoptimalkan hasil-hasil penelitian Politeknik Negeri Pontianak khususnya dalam rangka menambah materi praktikum sebagai sarana pembekalan bagi mahasiswa sebelum terjun ke dunia industri. bagi masyarakat penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan kerja sama dalam memanfaatkan dan mengembangkan teknologi.

2. Metodologi Penelitian

Dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah: melakukan studi literatur dan survey lapangan untuk mendapatkan data dan

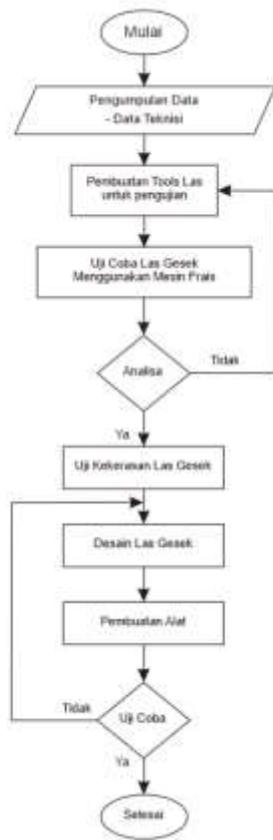
referensi yang dibutuhkan, membuat rancangan alat, melakukan pengujian, melakukan pengolahan data, melakukan rancang bangun dan pengujian, membuat laporan hasil analisis.

Plat yang akan disambung diletakkan berjejer dan di cekam, kemudian tool yang berputar digerakan secara kontinyu dan dengan gerakan aksial yang konstan. Prinsip dasar dari proses pengelasan FSW sangat sederhana yaitu dengan menggunakan sebuah tool yang terdiri dari pin dan shoulder yang diputar pada kecepatan putaran tertentu seperti ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1. *Friction Welding*

Dalam pengelasan FSW, tool memiliki 2 peranan utama yaitu memanaskan logam induk yang disambung dan menggerakkan material untuk menghasilkan sambungan. Adapun diagram alir dalam penelitian dan uji komposisi kimia las gesek (*friction welding*) gambar 2 dan Tabel 1 dapat di tunjukan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Variasi Putaran *Friction Welding* Terhadap Kekerasan dan Mikrostruktur Logam Aluminium

Gambar 1 Merupakan *flowchart* penelitian ini meliputi metode penelitian yang dilakukan. Dimulai dengan pengumpulan data teknis jenis aluminium yang di gunakan sebagai penelitian, jenis aluminium yang di gunakan Aluminium paduan seri 1100-H18, dilanjutkan dengan pembuatan *tools* las untuk pengujian Las Gesek Aluminium Setelah pembuatan *tools* dilakukan uji coba las gesek pada mesin frais Untuk parameter yang digunakan dalam pengujian las gesek adalah kecepatan gerak tool (V dalam mm/menit) dengan kecepatan tetap dan gerak putar tool (N dalam rpm) yang berbeda-beda (4 kecepatan putar; 660 rpm; 1115 rpm; 1720 rpm dan 2720 rpm) dan di Analisa hasil las gesek dari pengujian kekerasan yang di gunakan metode *Vickers* selanjutnya proses pembuatan Desain Las Gesek dan di lanjutkan uji coba proses penyambungan las gesek, Tempat Penelitian kspерimen dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Politeknik Negeri Pontianak.

Tabel. 1. Pengujian Komposisi Kimia Aluminium

Unsur	Material Aluminium
AL	87,5
Si	0,538
Fe	1,85
Cu	> 0,700
Mn	0,285
Mg	0,0391
Zn	1,84
Cr	0,156
Ni	0,341
Ti	0,0857
Be	< 0,0001
Ca	0,0106
Li	0,0026
Pb	0,326
Sn	< 0,250
Sr	0,0033
V	0,0357
Na	0,0186
Bi	0,0374
Zr	0,519
B	> 0,0250
Ga	> 0,0600
Cd	0,0199

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari ekperimen *Friction Welding* Gesekan yang diakibatkan oleh pertemuan kedua benda kerja tersebut akan menghasilkan panas yang dapat mencairkan kedua ujung logam yang bergesekan sehingga mampu melumer dan akhirnya terjadi proses penyambungan.



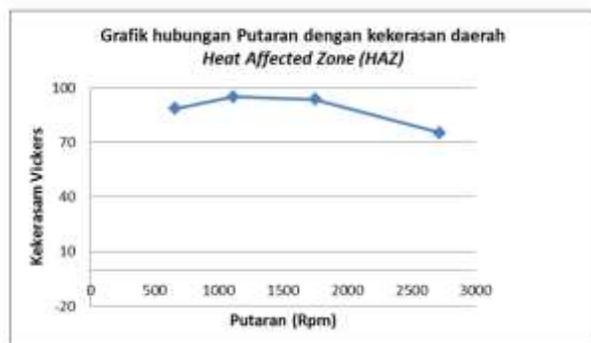
Gambar 3. Hasil Las *Friction Welding*



Gambar 4 Grafik hubungan kekerasan dan putaran base metal



Gambar 5 Grafik hubungan kekerasan dan putaran solid zone



Gambar 6 Grafik hubungan kekerasan dan putaran HAZ

Hasil eksperimen yang telah dilakukan dengan metode Vickers tabel bawah ini

Tabel 1. Data Hasil Uji Kekerasan Vickers Material Las

No	Temperature °C	Base metal	HAZ	Solid Zone	Feeding (rpm)
1	200	101.7	87.8	69.1	660
2	200	101.6	87.6	76.5	660
3	200	99.3	87.6	61.6	660
4	200	100.3	90.9	68.8	660
5	200	104.1	88.5	63.1	660
Σ	200	101.4	88.4	67.82	660

Setelah dilakukannya proses FSW dengan 4 kali percobaan pada putaran masing-masing (660 rpm, 1115 rpm, 1750 rpm dan 2720 rpm) dengan, kecepatan pemakanan (*Feeding speed*) sebesar 20 mm/menit), didapatkan gambar visual hasil pengelasan Al 1100-H18,

Selanjutnya dilakukan pengujian mekanik untuk menentukan kualitas sambungan las berupa pengujian kekerasan dengan menggunakan alat uji *hardness Tes* dengan metode *Vickers* pada material induk (*Base Metal*), daerah transisi panas (*HAZ*) dan daerah las (*Solid Zone*), dimana masing-masing daerah tersebut dilakukan pengujian sebanyak 4 (empat) kali.

Dari pengujian kekerasan Vickers yang telah dilakukan pada sampel material uji terlihat pada bagian base metal memiliki kekerasan lebih tinggi dibandingkan daerah HAZ dan bagian las (SZ), Sedangkan nilai kekerasan terendah terjadi pada bagian las (SZ). Hal ini disebabkan saat proses gesekan antara 2 material

Aluminium dengan probe tools terjadi leleh logam cair pada temperature berkisar 2000C, kondisi ini menyebabkan penurunan kekuatan dalam hal ini energi dalam akibat strain hardening. Berdasarkan putaran yang diberikan, memperlihatkan bahwa semakin tinggi putaran yang diberikan justru menurunkan harga kekerasan bahan, secara mikro struktur butir yang terjadi semakin kasar.

Dari grafik nilai rata-rata kekerasan daerah *Base Metal* (BM) pada putaran 660 rpm adalah yang paling tinggi yaitu 101,4 dan terendah 97,62 terjadi pada putaran 1115 rpm. Kemudian nilai rata-rata kekerasan daerah *Solid Zone* (SZ) tertinggi 67,82 terjadi pada putaran 660 rpm dan 1115 rpm dan terendah 60,6 pada putaran 1750 rpm, sedangkan pada daerah HAZ nilai rata-rata kekerasan tertinggi 94,98 terjadi pada putaran 1115 rpm dan terendah 75,18 pada putaran 2720 rpm.

4. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan analisa terhadap sifat mekanis (kekerasan Vickers) pada sambungan las friksi pada Aluminium paduan seri 1100-H18 maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut : Terjadi pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan benda uji akibat kecepatan putaran tool spindle (elektroda), semakin tinggi putaran, maka panas yang dihasilkan tinggi dan laju pendinginan lambat sehingga ukuran butir struktur mikro di daerah HAZ dan SZ akan semakin besar, akibatnya kekerasan di daerah HAZ dan SZ menjadi turun.

Dalam penelitian ini dari ke empat variasi kecepatan putar tool maka pada kecepatan 1115 rpm merupakan titik optimum karena tingkat penurunan kekerasan logam tidak terlalu signifikan, terjadi penurunan tingkat kekerasan pada daerah *solid zone* (SZ) dari masing-masing variasi putaran, pada penelitian ini peneliti belum sampai kepada pembuatan alat tetapi baru pada tahapan modifikasi perangkat tool las (elektroda) yang digunakan untuk las gesek, bahwa mesin frais vertikal dapat digunakan sebagai media pengelasan gesek. Untuk mendapatkan akurasi terhadap hasil penelitian sebaiknya dilakukan pengujian mekanis yang lain seperti uji tarik, kekuatan impak, uji puntir dan uji mikro struktur.

Daftar Pustaka

- [1] H. S. Jeong, J. R. Cho, J. S. Oh, E. N. Kim, S. G. Choi, and M. Y. Ha, "Inertia friction welding process analysis and mechanical properties evaluation of large rotor shaft in marine turbo charger," *Int. J. Precis. Eng. Manuf.*, vol. 11, no. 1, pp. 83–88, 2010, doi: 10.1007/s12541-010-0010-7.
- [2] J. Wijayanto, "Pengaruh Feed Rate Terhadap Sifat Mekanik Pada Friction Stir Welding Aluminium," *Pros. Semin. Nas. Apl. Sains Teknol. Periode III*, pp. 325–331, 2012.
- [3] M. Sahin, "Joining with friction welding of high-speed steel and medium-carbon steel," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 168, no. 2, pp. 202–210, 2005, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2004.11.015.
- [4] P. Sathiya, S. Aravindan, and A. N. Haq, "Friction Welding of Austenitic Stainless Steel and," *Metall. Mater. Eng.*, no. Aisi 304, 2004.
- [5] D. E. Spindler, "What industry needs to know about friction welding," *Weld. J.*, 1994.
- [6] Y. Purwaningrum, "Karakterisasi Sifat Fisik dan Mekanik Sambungan Las Friksi Aluminium Seri 6063 T6 Dengan Variasi Parameter Pengelasan," *J. Tek. Mesin*, vol. 12, no. 1, 2012.