

## Evaluasi Desain Probe pada Proses Pengelasan Gesek Aluminium 6061

Djarot B. Darmadi<sup>1,\*</sup>, Widia Setiawan<sup>2</sup>, Eko Siswanto<sup>1</sup> dan Anindito Purnowidodo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya – Malang

<sup>2</sup>Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada – Yogyakarta

\*Korespondensi: b\_darmadi\_djarot@ub.ac.id

**Abstrak.** Pada artikel ini dievaluasi 4 macam desain pahat gesek (*probe*) yang diaplikasikan pada proses las gesek (*Friction Stir Welding – FSW*), yakni *probe* nomor 1, 2, 3 dan 4. Pertama dievaluasi *probe* nomor 1. Setelah *probe* nomor 1 diaplikasikan, ditemukan bahwa *probe* bengkok dan pin mengalami kerusakan disebabkan desain *probe* yang terlalu ramping dan panjang. Pada *probe* nomor 2 dilakukan perbaikan berdasar pengalaman saat menggunakan *probe* nomor 1 yakni dengan memperbesar diameter bodi serta pin dan panjang pin serta lengan diperpendek. Saat *probe* nomor 2 digunakan, diketahui torsi yang dibutuhkan terlalu besar terutama akibat diameter body yang besar. Maka dikembangkan *probe* nomor 3, dengan memperkecil diameter *probe* dan pin (tapi masih lebih besar dibanding *probe* nomor 1) dan dilakukan perlakuan panas pada *probe* untuk meningkatkan kekerasannya. Evaluasi terhadap hasil las menunjukkan bahwa dengan menggunakan *probe* nomor 3 diperoleh hasil lasan yang cukup baik tetapi tidak pada seluruh panjang lasan yang diinginkan. Diduga hal ini disebabkan oleh panas yang hilang lewat kontak dengan meja kerja. Pada percobaan ke-empat, benda kerja diisolasi terhadap meja kerja dan diameter bodi ditingkatkan untuk meningkatkan momen inertiannya tetapi dilakukan chamfer pada ujungnya untuk menjaga permukaan yang bergesekan tidak terlalu besar. Perlakuan panas juga diaplikasikan pada *probe* nomor 4. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa dengan menggunakan *probe* nomor 4 dapat dihasilkan sambungan yang cukup baik sepanjang lasan.

**Kata kunci:** friction stir welding, *probe*, Al 6061

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### Pendahuluan

Aluminium diprediksi akan menggantikan posisi baja sebagai logam yang paling banyak digunakan. Kelebihan aluminium dibanding baja antara lain: aluminium dikenal sebagai “logam abadi” yakni bisa didaur ulang tanpa pengurangan sifat-sifat mekanik yang berarti [1]. Penggunaan aluminium daur ulang bahkan dapat menghemat energi hingga 90% dibanding mengolah biji bauksit menjadi aluminium. Aluminium memiliki kekuatan persatuan berat yang bahkan lebih tinggi dibanding baja meskipun kekuatan absolutnya masih dibawah baja. Aluminium juga dianggap lebih ramah lingkungan dan tidak mudah terkorosi karena terbentuknya film aluminium oksida secara cepat pada permukaan aluminium yang terpapar dalam atmosfer.

Salah satu kendala penggunaan aluminium secara luas adalah kemampulannya yang rendah, yakni sulit untuk disambung menggunakan proses pengelasan konvensional (las fusi).

Aplikasi pengelasan konvensional pada aluminium menghadapi kendala-kendala seperti: terjadinya *porosity* akibat perbedaan signifikan antara daya larut hidrogen dalam aluminium cair dan aluminium padat [2]. Aluminium oksida yang memiliki titik cair yang jauh lebih tinggi dibanding logam induknya [3], terjadinya fenomena *hot cracking* akibat adanya unsur paduan yang sengaja ditam-

bahkan pada aluminium untuk memperbaiki sifat mekanik [4] dan hilangnya kekuatan pada logam induk akibat logam induk mengalami pencairan pada proses las fusi [5], yakni sifat mekanik yang meningkat pada aluminium bisa diperoleh dengan proses perlakuan panas atau pengerjaan dingin, efek penguatan yang terjadi menjadi hilang saat logam tersebut mencair.

*Friction Stir Welding (FSW)* merupakan proses penyambungan yang diharapkan dapat menutupi kekurangan dari proses pengelasan konvensional tersebut [6, 7]. Untuk menghasilkan sambungan hasil proses FSW yang baik, salah satu faktor yang menentukan adalah desain dari pahat gesek (*probe*) yang sesuai. Oleh karena itu pada tulisan ini dievaluasi berbagai jenis pahat gesek baik geometri maupun perlakuan panasnya.

### Prosedur Penelitian

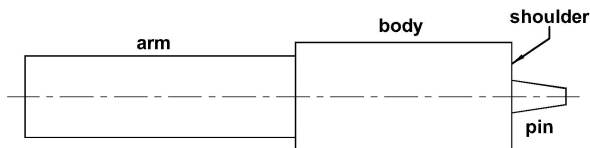
Proses FSW pada penelitian ini diaplikasikan untuk melakukan sambungan tumpul (*butt joint*) pada plat aluminium 6061 dengan tebal 10 mm. Pertama dibuat bahan dari aluminium 6061 dengan tebal 10 mm berupa segiempat dengan ukuran 50 mm × 150 mm. Kemudian pada sisi 150 mm dilakukan proses penyambungan dengan FSW sehingga diperoleh segiempat berukuran 100 mm × 150 mm dengan sambungan ditengahnya seperti terlihat pa-

da gambar 1.



**Gambar 1.** Bahan plat aluminium (kiri) dan plat aluminium dengan sambungan FSW (kanan).

Proses penyambungan dilakukan di laboratorium proses produksi jurusan teknik mesin menggunakan mesin FSW dengan variabel dibuat konstan yakni kecepatan putar pahat gesek 2000 rpm dan kecepatan pemakanan 15 mm/menit. Pahat gesek terbuat dari silinder baja EMS-45 dan divariasikan baik geometri maupun perlakuan panasnya untuk mendapatkan sambungan FSW yang terbaik. Nomenklatur dari pahat gesek ditunjukkan pada gambar 2.



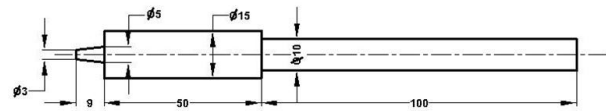
**Gambar 2.** Nomenklatur pahat gesek.

Metode penelitian menggunakan metode eksperimen murni (*try and error*). Desain pertama dari pahat dibuat berdasar pengalaman dan studi literatur. Kemudian pahat desain pertama ini diaplikasikan untuk menyambung plat aluminium menggunakan proses FSW. Aplikasi dari pahat pertama tersebut dievaluasi dan dicoba dibuat desain kedua, ketiga dan seterusnya hingga diperoleh sambungan dengan proses FSW yang cukup representatif.

### Hasil dan Pembahasan

Pertama dibuat pahat dengan ukuran seperti terlihat pada gambar 3 dan diaplikasikan untuk melakukan sambungan tumpul pada spesimen. Penetrasi didesain pada 9 mm yakni 0.9 dari tebal plat yang disambung. Hasil proses FSW kemudian dievaluasi untuk menilai efektifitas probe yang dibuat.

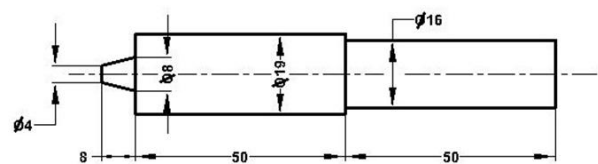
Aplikasi pahat 1 pada proses FSW sambungan tumpul aluminium dengan tebal 10 mm menyebabkan pahat bengkok dan pin patah seperti ditunjukkan pada gambar 4. Berdasar pengalaman aplikasi pahat 1 maka dilakukan perbaikan desain untuk pahat 2 seperti terlihat pada gambar 5, yakni lengan dibuat lebih pendek dengan diameter yang lebih besar dan untuk *shoulder* diameter juga diperbesar. Modifikasi juga dilakukan pada pin, yakni diameter diperbesar serta diperpendek.



**Gambar 3.** Geometri pahat 1

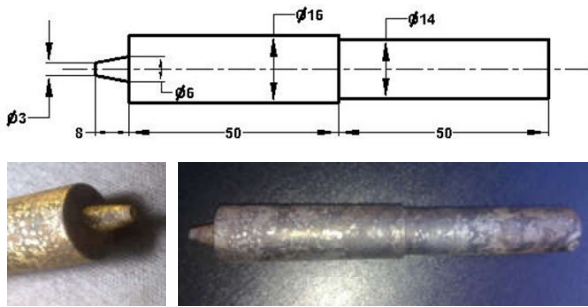


**Gambar 4.** Aplikasi pahat 1.



**Gambar 5.** Geometri pahat 2.

Dengan menggunakan pahat 2 ini, gesekan yang terjadi pada shoulder terlalu besar yang pada akhirnya menyebabkan sabuk pada puley yang menggerakkan pahat gesek slip dan proses FSW tidak dapat berjalan dengan baik. Berdasar pengalaman menggunakan pahat pahat 2 ini, maka diameter shoulder dan pin diperkecil seperti terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Geometri pahat 3 dengan *quenching*.

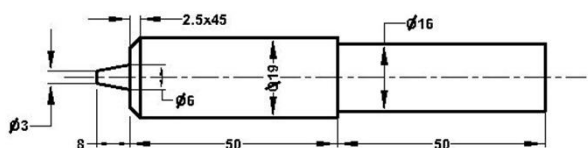
Berdasar pengalaman saat menggunakan pahat 1, dikuwatirkan diameter pin yang lebih kecil ini akan menyebabkan pin patah. Oleh karena itu dilakukan perlakuan panas *quenching* yakni pertama bahan pahat dipanaskan didapur pada suhu 920 °C dan ditahan selama 2 jam untuk mendapatkan suhu yang merata. Setelah dipanaskan didapur bahan pahat didinginkan secara cepat dengan mencelupkannya kedalam oli.

Kemudian pahat 3 diaplikasikan pada proses FSW untuk melakukan sambungan tumpul pada plat aluminium yang telah dipersiapkan. Hasil proses FSW menggunakan pahat 3 ditunjukkan pada gambar 7. Sambungan hanya terjadi pada seperempat panjang yang direncanakan. Sambungan yang hanya seperempat panjangnya disebabkan panas yang dihasilkan banyak yang dipindahkan kemeja, sehingga panas yang diperlukan untuk melakukan penyambungan kurang. Kadang-kadang terjadi slip, ini diakibatkan ukuran diameter *shoulder* yang masih terlalu besar.



Gambar 7. Hasil sambungan menggunakan pahat 3.

Berdasar pengalaman menggunakan pahat 3 maka diameter *shoulder* sedikit diperkecil agar tidak terjadi slip, namun diameter body tetap dibuat agak besar agar diperoleh inerti yang cukup sehingga tidak mudah terjadi slip pada sabuk. Untuk itu dibuat chamfer pada bagian *shoulder*. Perlakuan panas *quenching* tetap dilakukan untuk mempertahankan kekuatan dari pahat. Untuk mencegah panas dipindahkan pada meja, maka plat aluminium diisolasi terhadap meja dengan menggunakan papan kayu. Geometri pahat 4 ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Desain pahat 4.

Hasil proses FSW menggunakan pahat 4 ditampilkan pada gambar 9. Secara visual dapat dikatakan menggunakan pahat 4, dan menggunakan isolator untuk mencegah panas berpindah melalui meja pada saat proses FSW dihasilkan sambungan yang baik dengan permukaan yang cukup rata.



Gambar 9. Hasil sambungan FSW dengan pahat 4.

## Kesimpulan

Untuk menghasilkan sambungan yang baik pada proses FSW perlu desain probe yang sesuai. Perlakuan panas pada probe diperlukan untuk meningkatkan kekuatannya. Agar panas yang diberikan kepada benda kerja tidak hilang maka benda kerja perlu diisolasi dari meja. Setelah melalui proses *try and error*, dapat diperoleh sambungan FSW yang cukup baik yakni dengan menggunakan pahat 4 dan dengan mengisolasi benda kerja terhadap meja agar panas tidak berpindah secara konduksi ke meja kerja.

## Referensi

- [1] Kucharikova, L., Tillova, E., Bokuvka, O., 2016. Recycling and properties of recycled aluminium alloys used in the transportation industry, *Transport Problems*. Vol. 11, Issue 2, 117 – 122.
- [2] Ulanovskiy, I.B., 2015. Hydrogen diffusion and porosity formation in aluminium, Moscow.
- [3] Olabode, M., Kah, P., Hiltunen, E. and Martikainen, J., 2015. Effect of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> film on the mechanical properties of a welded high-strength (AW 7020) Aluminium alloy. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* Vol. 227, No. 8, 1129 – 1137.

- [4] Ploshikhin, V., Prihodovsky, A. and Ilin, A., 2011. Experimental investigation of the hot cracking mechanism in welds on the microscopic scale, *Frontiers of Materials Science*, Vol. 5, Issue 2, 135 – 145.
- [5] Singh, G., Kanga, A.S., Singh, K. and Singh, J., 2017. Experimental comparison of friction stir welding process and TIG welding process for 6082-T6 Aluminium alloy, *Materials Today*, Vol. 4, 3590 – 3600.
- [6] Bhadeshia, H.K.D.H. and DebRoy, T., 2009. Critical assessment: friction stir welding of steels, *Science and Technology of Welding and Joining*, Vol. 14, No.3, 193 – 196.
- [7] Ismail, A., Awang, M. and Rojan, M.A., 2015. An Effective Jig for Friction Stir Welding of Pipe Butt Joint, *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 752 – 753, 491 – 495.