

PENGARUH VARIASI WAKTU GESEK *FRICITION WELDING* PADA BAJA AISI 1045 DENGAN SUDUT *CHAMFER* 15° TERHADAP SIFAT MEKANIKNYA

Rahma Rei Sakura^{1*}, Salahuddin Junus¹, Gaguk Jatisukamto¹, Riko Septian²

¹Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Universitas Jember

² Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Universitas Jember

E-mail : *rahmareisakura@unej.ac.id

Naskah diterima: 03 Desember 2017 ; Naskah disetujui: 28 Desember 2017

ABSTRAK

Komponen mesin dapat diproduksi dengan variasi metode manufaktur seperti, penempaan, permesinan, pengecoran, atau metode pengelasan. Pemilihan metode manufaktur berdasarkan biaya produksi untuk setiap bagian pada komponen tertentu. *Friction welding* sebagai proses produksi masal merupakan metode manufaktur yang diminati untuk penggabungan dua material. Proses *friction welding* pada baja AISI 1045 dilakukan dengan menggesekkan kedua permukaan baja. Variasi waktu gesek yang digunakan yaitu 25, 35, 45, dan 55 detik kemudian dilakukan pengujian tarik, kekerasan, dan metalografi. Kekuatan tarik tertinggi yaitu 703,84 N/mm² pada waktu gesek 45 detik. Kekerasan yang terbaik didapat pada waktu gesek 55 detik dengan nilai kekerasan 270 BHN. Struktur kristal dengan butiran halus akan menghambat dislokasi, sehingga mendapatkan sifat mekanik baja yang baik.

Kata Kunci: *friction welding*, variasi waktu gesek, baja AISI 1045, sifat mekanik

PENDAHULUAN

Las gesek (*friction welding*) merupakan salah satu metode pengelasan logam yang terbaik diantara metode pengelasan lainnya. *Friction welding* adalah metode yang paling ekonomis dan menghasilkan produktivitas tinggi pada penyambungan dua logam yang berbeda jenis dan paduannya untuk penggunaan peralatan industri [1,2]. Pada prosesnya, pemanasan dihasilkan oleh konversi dari energi mekanis dalam energi termal pada permukaan benda kerja selama berotasi di bawah tekanan. Beberapa keuntungan dari metode *friction welding* yaitu meminimalkan penggunaan material, waktu produksi singkat, dan membuat las-an dari bagian material yang dapat diperoleh dari material yang berbeda atau material paduan [1,2].

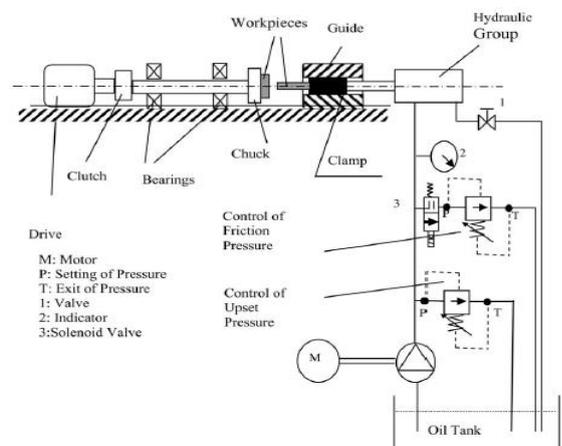
Friction welding adalah proses penyambungan yang memproduksi peleburan pada material itu sendiri, menggunakan panas yang dihasilkan antar permukaan melalui kombinasi dari gerakan rotasi dan memberikan beban tekan. *Friction welding* diaplikasikan untuk pengelasan material dengan nilai elastisitasnya rendah [3]. Parameter yang digunakan pada *friction welding* yaitu waktu gesekan, tekanan gesek, waktu tempa, tekanan tempa dan kecepatan rotasi. Pada umumnya, mesin las gesek yang digunakan dapat bekerja pada dua tipe, sebagai *continuous drive* dan *inertia welding*.

Pada metode *continuous drive*, satu dari bagian yang akan dilakukan pengelasan pada kecepatan konstan (s), dilakukan pemutaran (berotasi). Sedangkan

bagian lain ditekan terhadap bagian yang berputar dengan aksi geser. Kedua komponen akan bergabung di bawah tekanan axial (P_f) untuk waktu gesek tertentu (t_f). Setelah selesai dan komponen yang berputar berhenti, sementara tekanan axial ditingkatkan sampai mencapai tekanan tinggi (P_u) untuk waktu yang telah ditentukan (t_u).

METODOLOGI

Persiapan alat yang digunakan untuk eksperimen las gesek dapat dilihat pada Gambar 1. Desain alat dan dikonstruksi sebagai *continuous drive* [1,2].



Gambar 1. Konstruksi alat pada *continuous drive* las gesek

Baja yang memiliki elastisitas tinggi dapat digabungkan dengan menggunakan las gesek tanpa dilakukan perlakuan panas apapun, seperti preheating atau post heating [4]. Nilai kekuatan tarik dari las gesek spesimen baja ferit bahkan melebihi 445 MPa [5]. Baja AISI 1045 merupakan logam yang terdiri dari perlit dan ferit. Struktur ferit terdistribusi sepanjang batas butiran perlit secara homogen. Logam ini memiliki sifat mekanik yang unggul dalam kekerasan dan keuletan [6].

Penggunaan sudut *chamfer* yang tepat pada spesimen las gesek memberikan peningkatan kekuatan tarik sambungan las dibandingkan dengan spesimen tanpa sudut *chamfer*. Kekuatan tarik tertinggi rata-rata terjadi pada sambungan las gesek dengan sudut 30° dan gaya tekan sebesar 123.38 MPa [7]. Pada penelitian ini, dilakukan penyambungan baja AISI 1045 dengan metode las gesek (*friction welding*) menggunakan sudut *chamfer* 15° . Hasil yang didapat, akan diuji sifat mekaniknya menggunakan pengujian tarik, pengujian kekerasan, dan foto struktur mikro.

Penelitian ini menggunakan material baja AISI 1045. Material tersebut memiliki kadar karbon 0.47%. Baja AISI 1045 dipreparasi dengan dimensi $d = 16$ mm dan kedua ujung benda kerja yang akan disambung, dibentuk *chamfer* dengan sudut 15° . Pada pengelasan ini, perlu penentuan parameter yaitu kecepatan rotasi (s) = 3000 rpm, tekanan axial (P_f) = 5 MPa untuk variasi waktu gesek (t_{f1}) = 25 detik, (t_{f2}) = 35 detik, (t_{f3}) = 45 detik, dan (t_{f4}) = 55 detik. Setelah proses las gesek dilakukan dengan variasi waktu tersebut, mesin dimatikan dan dilakukan pengereman agar putaran berhenti. Kemudian meningkatkan tekanan axial mencapai tekanan tinggi (P_u) = 35 MPa untuk waktu selama 30 detik. Material uji dilepas dari mesin dan dilakukan *finishing* agar dimensi sesuai dengan yang kita inginkan.

Pengujian pada material uji menggunakan pengujian tarik dan kekerasan *brinell*. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui elastisitas pada sambungan las yang terbentuk. Pengujian tarik menggunakan standar ASTM E8 / E8M. Pada pengujian tarik, dilakukan tiga kali repetisi untuk setiap variasi waktu gesek pada pengelasan. Sedangkan pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui kemampuan logam las dalam menerima beban. Pengujian kekerasan menggunakan standar ASTM E10 dengan alat uji *universal hardness tester*. Dilakukan tiga kali repetisi pula untuk setiap variasi waktu geseknya. Foto struktur mikro dilakukan menggunakan Olympus Microscope U-MSSP4 dengan perbesaran 400 kali.



Gambar 2. Material uji dengan dimensi $p = 200$ mm dan sudut *chamfer* 15°

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Visual

Visual test merupakan pengujian yang dilakukan pada hasil sambungan las dengan cara melihat dan mengamati hasil sambungan secara kasat mata, sehingga hanya dapat terlihat bagian luar dari material uji. Pengujian visual dilakukan untuk mendeteksi adanya cacat pada material di daerah yang terjangkau oleh mata normal tanpa menggunakan alat bantu. Analisa visual digunakan untuk mengamati perubahan yang terjadi akibat pengelasan gesek. Analisa ini dilakukan dengan mengamati pola sambungan pada baja AISI 1045. Hasil yang didapat yaitu material uji memiliki sambungan las yang sempurna, terdapat pada gambar 3 hasil sambungan las gesek tampak depan.

Dua logam tersebut tersambung membentuk *upset* yang menjadi salah satu pembeda dengan sambungan *fusion welding*. *Upset* yang terbentuk merupakan bagian logam yang mengalami deformasi plastis akibat gesekan dua permukaan material pada temperatur tinggi dan tekanan tempa yang diberikan [8]. Sambungan las gesek yang didapat yaitu dimensi *upset* yang bervariasi. Semakin besar tekanan tempa yang dilakukan, maka semakin besar *upset* yang terbentuk. Dimensi *upset* yang terbentuk semakin besar, akan mengakibatkan sisa material uji semakin berkurang. Pengamatan visual dilakukan pada luasan *upset* yang terbentuk bervariasi sesuai dengan variasi waktu gesek pada *friction welding*.



Gambar 3. Konstruksi alat pada *continuous drive* las gesek

Pengujian

Pengujian tarik digunakan untuk mengetahui elastisitas material uji yang telah dilakukan penyambungan menggunakan las gesek. Berdasarkan hasil pengujian tarik, dapat diketahui nilai kekuatan tarik maksimum dan kekuatan tarik terendah. Variasi waktu gesek mempengaruhi nilai kekuatannya. Dapat dilihat melalui pola patahan yang terjadi pada saat pengujian tarik. Pada variasi waktu gesek 25 dan 35 detik, daerah patah berada pada daerah logam las. Pada waktu gesek 45 detik, daerah patah berada pada logam induk. Sedangkan pada waktu gesek 55 detik, daerah patah berada pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*).

Hasil nilai kekuatan tarik maksimum terdapat pada material uji dengan variasi waktu gesek 45 detik, dengan nilai kekuatan tarik 703.835 N/mm². Hal tersebut disebabkan karena temperatur waktu gesek yang telah memenuhi, tidak adanya porositas pada sambungan las, sambungan yang dihasilkan dengan bentuk simetris, dan memiliki daerah *fully plasticized* yang lebar. Semakin luas daerah *fully plasticized*, maka sambungan yang terbentuk semakin baik dan kekuatannya bertambah [9]. Hasil dari las gesek dikatakan baik bila pada sambungan rapat dengan kontak yang sempurna dan hasil kekuatan tarik hampir menyerupai kekuatan tarik logam induk [10].

Variasi waktu gesek 25 detik mendapatkan nilai kekuatan tarik terendah dari variasi waktu gesek lainnya, yaitu 429.671 N/mm². Pada pengujian tarik dapat diketahui bahwa material uji dengan variasi waktu gesek 25 detik memiliki pola patahan pada daerah logam las. Hal tersebut disebabkan oleh panas yang didapatkan tidak memenuhi temperatur las gesek, sehingga daerah *fully plasticized* menjadi lebih sempit. Penyebab lainnya yaitu temperatur yang belum memenuhi pada tekanan tempa, akan menyebabkan atom tidak mampu berikatan dengan baik pada daerah *interface* atau deformasi yang terjadi kurang maksimal pada saat dilakukan tekanan tempa.

Pengujian Kekerasan

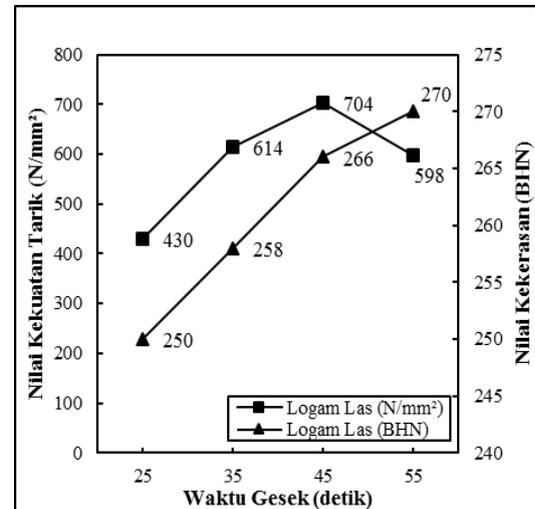
Material uji dilakukan pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui beban maksimal yang dapat diberikan pada material tersebut. Kekerasan pada material uji dapat diketahui dari ukuran butir kristal dan batas butir kristal yang terbentuk. Kekerasan pada sambungan las dipengaruhi oleh temperatur yang diberikan saat melakukan pengelasan dan juga tekanan tempa dengan variasi waktu geseknya.

Pengujian kekerasan pada material uji dilakukan pada lima daerah, yaitu logam induk 1, daerah HAZ 1, logam las, daerah HAZ 2, dan logam induk 2. Nilai kekerasan tertinggi sebesar 270 BHN terletak pada daerah sambungan las dengan waktu gesek 55 detik. Sedangkan nilai kekerasan terendah yaitu 250 BHN terdapat pada sambungan las dengan waktu gesek 25 detik.

Perbedaan nilai kekerasan tersebut disebabkan oleh semakin lama waktu gesek yang dilakukan, maka temperatur yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal tersebut menghasilkan ukuran butir kristal pada sambungan las semakin kecil yang mengakibatkan jumlah butir kristal bertambah dan area batas butir semakin luas. Semakin luas daerah batas butir, maka semakin banyak terjadi penumpukan dislokasi pada batas butir yang mengakibatkan sambungan las memiliki nilai kekerasan yang tinggi.

Pada variasi waktu gesek 25 detik, panas yang didapatkan tidak mencapai titik panas tertinggi, logam las tidak mampu meleleh dengan sempurna. Faktor tersebut menghambat kesempurnaan tekanan tempa,

sehingga butir yang dihasilkan tidak halus dan daerah *fully plasticized* sempit. Sedangkan pada variasi waktu gesek 35 dan 45 detik, dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata kekerasan pada setiap sisinya lebih rendah dibanding nilai rata-rata kekerasan dengan variasi waktu gesek 55 detik.



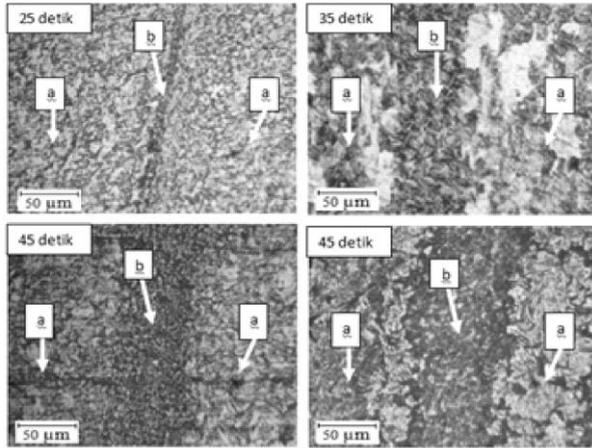
Gambar 4. Grafik korelasi antara waktu gesek, kekuatan tarik, dan kekerasan pada *friction welding* baja AISI 1045

Foto Struktur Mikro

Struktur mikro merupakan faktor pendukung untuk memperkuat analisa yang dihasilkan pada *destructive test*. Foto struktur mikro bertujuan untuk menentukan hubungan antara struktur yang dihasilkan dengan sifat dan pengelasan yang dilakukan pada material uji. Struktur mikro dilihat pada daerah logam las dan daerah HAZ. Hasil yang didapat yaitu terlihat lebar daerah logam las dan daerah HAZ.

Variasi waktu gesek 25 detik mendapatkan hasil foto mikro dengan luasan daerah *fully plasticized* paling sempit. Luas daerah *fully plasticized* yang sempit disebabkan oleh waktu gesek yang diberikan sangat singkat, sehingga akan menurunkan kekuatan mekanik walaupun luas daerah HAZ relatif kecil. Luas daerah *fully plasticized* menunjukkan seberapa besar material dapat menyatu satu dengan yang lainnya selama proses pengelasan dan seberapa besar kekuatan dari logam las [11].

Hasil foto mikro pada variasi waktu gesek 55 detik memiliki daerah *fully plasticized* yang lebih lebar dibanding foto mikro pada variasi waktu gesek lainnya, namun kekuatannya di bawah kekuatan tarik logam induk. Faktor penyebab kekuatan tarik berada di bawah kekuatan tarik logam induk karena memiliki daerah HAZ yang lebar. Masukan panas yang sangat tinggi pada variasi waktu gesek 55 detik menyebabkan pelebaran daerah HAZ.



Gambar 5. Foto struktur mikro material uji (a) daerah HAZ, (b) logam las

KESIMPULAN

Friction welding pada baja AISI 1045 dengan variasi waktu gesek, memiliki hasil terbaik kekuatan tarik yaitu pada waktu gesek 45 detik. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh waktu gesek 55 detik dan nilai kekerasan terendah terdapat pada waktu gesek 25 detik. Perbedaan sifat dan karakter pada masing-masing variasi waktu gesek disebabkan oleh terbentuknya daerah *fully plasticized* pada *friction welding*. Faktor penyebab lain yaitu terjadinya pemanasan pada material uji yang lama, sehingga daerah HAZ akan semakin lebar dan berpengaruh terhadap sifat mekanisnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V.I. Vill. 1962. *Friction Welding of Metals*. AWS. New York.
- [2] R.Y. Tylecote. 1968. *The Solid Phase Welding of Metals*. Edward Arnold Ltd. London. pp. 1–50.
- [3] Lancaster, J., 1987. *Metallurgy of Welding*. Allen and Unwin. London.
- [4] Shinoda, T., Endo, S., Tanada, K., 1996. *Friction welding of cast iron and stainless steels*. *Welding Internship* 10 (12), 929–936.
- [5] Shinoda, T., Endo, S., Kato, Y., 1999. *Friction welding of cast iron and stainless steels*. *Welding Internship* 13 (2), 89–95.
- [6] Ma, Hong, et al. 2015. *Microstructure characterization and properties of carbon steel to stainless steel dissimilar metals joint made by friction welding*. 10.1016/j.matdes.2015.07.068
- [7] Irawan, Wirohardjo, Ma'arif, Setiawan. 2010. *Penggunaan Sudut Chamfer untuk Peningkatan Kekuatan Tarik Sambungan Las Gesek Linier Aluminium Paduan A6061*, *Prosiding SNPs X*.
- [8] Jenney, Cynthia L., O'Brien, Annette. 2001. *Welding Hand book Ninth Edition Volume 1 Welding Science and Technology*. United States of America : American Welding Society.
- [9] Lin, C. B., et. al. 1999. *The Effect of Joint Design and Volume Fraction on Friction*. *Welding Properties of A360/SiC Composites*. *Welding Journal* 78(3). 100-108.
- [10] Tiwan dan Aan, Ardian. 2005. *Penyambungan Baja AISI 1040 Batang Silinder Pejal Dengan Friction Welding*. Yogyakarta : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Yogyakarta.
- [11] Kuswandi, Ari. Skripsi. 2010. *Pengaruh Friction Time Terhadap Kekuatan Impak Sambungan Las Gesek Pada Paduan Al-Mg-Si*. Malang : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.