

Pengaruh Double Chamfer Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Hasil Sambungan Las Gesek Al 6061

Andi Priambudi^{1*}, Iman Dirja², Rizal Hanifi³

Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur,
Karawang, Jawa Barat 41361

*Penulis korespondensi: 1710631150037@student.unsika.ac.id

Histori artikel: diserahkan 4 Juli 2024, direviu 18 Agustus 2024, direvisi 8 Oktober 2024

ABSTRACT

Aluminum, with a thermal conductivity close to 2/3 that of copper, can utilize friction welding effectively. Chamfer angles improve the welding quality by increasing the generated heat, resulting in higher mechanical properties. This study investigates the impact of chamfer angles (15°, 30°, and 45°) on the microstructure and tensile strength of friction-welded Al 6061 under conditions of 1600 rpm rotation, 50 MPa forging pressure, 20 MPa friction pressure, and 45 seconds of welding time. Microstructure and tensile strength tests were conducted on three specimens for each chamfer angle. Results show that increased friction time, friction pressure, and forging pressure lead to greater material loss due to flash formation. Microstructure analysis revealed that chamfer angles of 30° and 45° achieved better welding at the interface due to sufficient heat generation. In the heat-affected zone (HAZ), all angles (15°, 30°, and 45°) showed phase structure changes, with broader and more uniform Mg₂Si and Fe₃SiAl₁₂ phases, attributed to the cooling process and relatively low heat. Tensile testing showed the highest tensile strength (177.9 MPa) and strain (6.42%) for the 30° chamfer angle, outperforming the 15° and 45° angles. The smallest strain (3.72%) was observed in the 15° chamfer angle, indicating the significant influence of chamfer geometry on friction welding outcomes.

Keywords: *Alumunium 6061, friction welding, microstructure, tensile strength, chamfer angle*

DOI : <https://doi.org/10.18196/jqt.v6i1.23039>

WEB : <https://journal.umy.ac.id/index.php/qt/article/view/23039>

PENDAHULUAN

Penggunaan teknologi *friction stir welding* (FSW) dalam industri modern, inovasi teknik penyambungan aluminium terus menjadi pilihan yang populer untuk dikembangkan. Penyambungan aluminium dengan teknik gesekan mampu menghasilkan sambungan yang kuat tanpa memerlukan panas tinggi (Koesgi & Wicaksono, 2021). Alumunium tidak bisa dilakukan pengelasan menggunakan pengelasan fusi biasa karena alumunium merupakan konduktor panas yang mempunyai konduktivitas termal hampir 2/3 konduktivitas termal tembaga. Hal tersebut mengakibatkan hasil lasan aluminium sulit dikonsentrasikan apabila hanya pengelasan dengan menggunakan las gas atau las busur. Salah satu solusi yang telah dikembangkan untuk mengatasi masalah ini adalah pengelasan gesekan. (Eka Setyawan, Surya Irawan, and Suprpto 2014; Tsamroh dan Riza Fauzy 2022). Keunggulan lain dari teknik pengelasan ini yaitu memiliki

temperatur operasi di bawah titik lebur logam dan waktu yang diperlukan pengelasan cenderung singkat. Keunggulan lainnya yaitu tidak membutuhkan fluks, logam pengisi dan gas pelindung sehingga dapat meminimalisir penggunaan bahan. (Solihin *et al.*, 2018; Sugianto, 2016). Dengan memanaskan dan mendinginkan logam secara berulang-ulang saat masih padat, prosedur yang dikenal sebagai perlakuan panas dapat memberikan kualitas tertentu pada logam. Ketika logam dipanaskan, logam dapat mengalami transisi fase, perubahan mikrostruktur, dan variasi kristalografi. Ada beberapa sifat mekanis yang dapat ditingkatkan dengan perlakuan panas, termasuk kekerasan, kekuatan luluh, kekuatan tarik, keuletan, dan ketahanan benturan (Ridono *et al.*, 2024).

Pemberian sudut chamfer merupakan salah satu inovasi yang sedang dikembangkan dalam proses pengelasan gesekan. Memberikan sudut kemiringan pada permukaan benda kerja berkontribusi terhadap kenaikan suhu selama pengelasan. Semakin tinggi

temperatur, semakin tinggi sifat mekanik pengelasan gesekan (Eka Setyawan *et al.*, 2014; Faruq & Rasyid, 2020; Tsamroh & Riza Fauzy, 2022).

Berdasarkan penelitian Hakim (2017) yang mempelajari pengaruh tekanan gesek pada sambungan material SS 304 dengan metode las gesek. Menurut temuan penelitian, uji kekuatan tarik berkisar antara 402 MPa pada fluktuasi tekanan gesekan 20 MPa hingga 685 MPa pada variasi 120 MPa (Hakim, Lukman *et al.*, 2018).

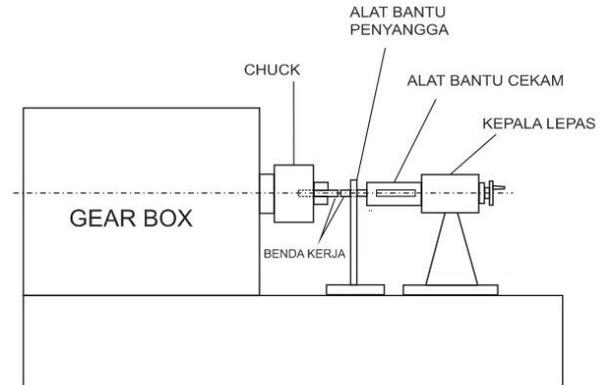
Kasijanto *et al.*, (2018) melakukan penelitian yang melihat bagaimana prosedur pengelasan gesek mempengaruhi material aluminium 6061 tergantung pada sudut talang jantan-betina dan waktu gesekan. Hasil penelitiannya melaporkan bahwa pemberian sudut chamfer sebesar 30° dan Dengan kekuatan tarik $33,92 \text{ kg/m}^2$, spesimen dengan waktu pengelasan terlama yaitu 2 menit. Semakin kecil pemberian sudut chamfer dan semakin banyak waktu gesek yang diperlukan mengakibatkan nilai kekuatan tariknya akan semakin rendah, sebaliknya. Tujuan utama penelitian ini yaitu mengidentifikasi bagaimana perubahan sudut talang selama pengelasan gesekan pada Al 6061 mempengaruhi struktur mikro dan kekuatan tarik material.

METODE

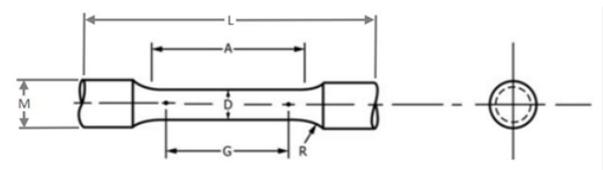
Temperatur panas yang dihasilkan oleh gesekan saat satu permukaan logam berputar di atas permukaan logam lainnya sebagai respons terhadap tekanan yang diberikan adalah apa yang sebenarnya menyebabkan penyambungan yang terjadi pada pengelasan gesekan. Permukaan logam satu dengan yang lainnya yang bergesekan tersebut akan menimbulkan panas, bahkan menyamai temperatur titik didih logam tersebut. Dengan demikian, kedua permukaan logam di dekatnya telah mengalami plastisasi. Tekanan menghentikan gesekan relatif antara kedua logam las dalam keadaan suhu panas ini, sehingga menghasilkan sambungan las. Besarnya gaya tekan tersebut, bisa sama atau lebih tinggi dari gaya tekan saat pemanasan, tergantung dari jenis material yang akan dilas. Skema alat las gesek pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Parameter kerja penelitian ini yaitu pada putaran 1.600 rpm, tekanan gesek 20 MPa, tekanan tempa 50 MPa, dan waktu pengelasan 45 detik.

Spesimen diuji struktur mikro dan kekuatan tariknya setelah proses pengelasan untuk semua sudut 15, 30, dan 45 derajat. Spesimen uji kekuatan

tarik adalah benda kerja yang telah dibentuk sebelumnya untuk memenuhi standar internasional untuk tujuan ini. Spesimen yang akan dilakukan uji kekuatan tarik dibentuk sesuai standar ASTM yakni poros dengan diameter 15 mm sesuai Gambar 2 dan ukurannya pada Tabel 1.



GAMBAR 1. Alat Pengelasan Gesek



GAMBAR 2. Spesimen uji Tarik standar ASTM E8

TABEL 1 Dimensi Spesimen Benda Kerja Uji Tarik standar ASTM E8

Material Al 6061	
Simbol	Dimensi (mm)
G	36.0 ± 0.1
D	9.0 ± 0.005
R	8
A	45
L	250
M	15

Pengujian metalografi dilakukan setelah proses *friction welding* untuk menganalisa struktur mikro yang terbentuk diperlukan pengamatan mikro. Pertama lakukan persiapan spesimen untuk pengujian sesuai standar ASTM E3-95. Kemudian membuat pegangan spesimen uji berbahan resin polyester menggunakan 50 gram resin polyester yang dicampur 3 ml larutan pengeras lalu, setelah itu dibiarkan selama ± 48 jam. Setelah itu menghaluskan permukaan spesimen uji dengan menggunakan mesin *grinding polishing*. Selanjutnya melakukan pengetsaan dengan pemberian larutan HNO_3 , HCl , dan tujuan HF untuk mengekstrak fase yang terjadi sesuai dengan standar ASTM E 340-00. Dengan menggunakan mikroskop

optik 500X, area logam las, HAZ, dan logam dasar diamati selama pengujian struktur mikro.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab akan dijelaskan hasil pengamatan pengaruh pemberian variasi sudut *chamfer* menggunakan metode *friction welding* dilanjutkan pengujian pengamatan struktur mikro dan pengujian kekuatan tarik. Metode pengelasan gesek digunakan dalam investigasi ini, dan proses pengelasan dilakukan pada 1.600 rpm, tekanan tempa 20 MPa, tekanan gesek 50 MPa, dan 45 detik pada sudut talang yang berbeda (15°, 30°, dan 45°). Pengujian perubahan struktur mikro dilakukan pada 3 spesimen dan pengujian kekuatan tarik juga dilakukan pada 3 spesimen.

Pengamatan Struktur Mikro Pada Permukaan

Fasa yang terbentuk pada permukaan spesimen setelah pengelasan dapat diamati melalui pemeriksaan struktur mikro hasil pengelasan. Untuk investigasi ini, struktur mikro diperiksa pada spesimen yang dipotong pada 15°, 30°, dan 45° dengan menggunakan penampang zpl, zpd, dan zud. Berdasarkan hasil pengujian mikro dengan perbesaran 500x diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Gambar 3.

1. *Struktur mikro hasil pengelasan pada daerah weld line*

Pengujian mikro pada penelitian ini dilakukan pada spesimen sudut 15°, 30°, 45°. Gambar yang dihasilkan dari uji mikro menunjukkan dari hasil sambungan las. Fasa Mg₂Si partikel yang berwarna abu-abu adalah Fe₃SiAl₁₂ yang berupa titik hitam menunjukkan paling banyak terdistribusi pada variasi 30° (Kido et al., 2021), semakin banyak titik hitam maka semakin tinggi juga kekuatannya. Pada welding line dapat dilihat bahwa pada sudut chamfer 15° butir butir atom masih terlihat besar, hal ini menandakan proses panas pada saat pengelasan masih kurang dan proses pendinginannya cepat. Pada welding line sudut chamfer 30° dan 45° terjadi proses pengelasan yang

lebih baik sehingga terjadi penghalusan butir atom dikarenakan pemanasan yang cukup.

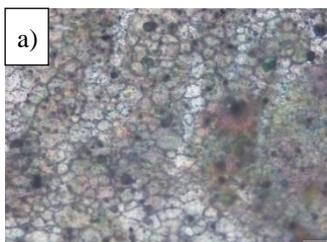
2. *Struktur mikro hasil pengelasan pada daerah HAZ*

Struktur fasa pada semua variasi sudut chamfer mengalami perubahan. Dapat dilihat adanya fasa Mg₂Si dan Fe₃SiAl₁₂ yang strukturnya lebih luas dan halus. Hal tersebut diakibatkan karena pada zona HAZ temperatur yang digunakan saat proses pemanasan lebih rendah serta proses pendinginan yang lebih lambat. Penggunaan temperatur yang rendah pada saat oengelasan mengakibatkan laju pendinginan yang semakin rendah pula. Hal tersebut mengakibatkan ukuran fasa pada zona HAZ menjadi halus dan luas. Ukuran fasa yang terlihat dari struktur mikro berhubungan dengan kekuatan dari logam induk pada zona HAZ dan zona di sekitar sambungan. Pernyataan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Jack Carol Adolf Pah dkk (Aldolf, jack *et al.*, 2018). Material mengalami perubahan struktur mikro setelah dilakukan pengelasan gesek (Gambar 4). Hal tersebut karena pada proses pengelasan gesek timbul panas dari gesekan dan adanya pemberian tekanan tempa (Husodo *et al.*, 2013).

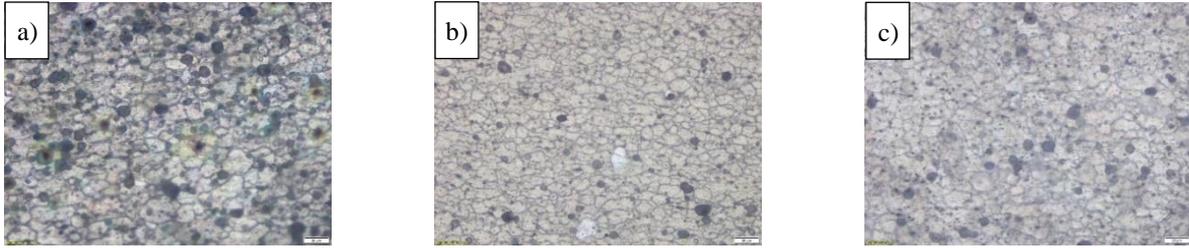
Hasil Uji Tarik

Mengikuti prosedur pengelasan gesek, pengujian kekuatan tarik dilakukan pada ketiga sampel, yang bervariasi dalam sudut talang (15°, 30°, dan 45°). Pengujian kekuatan tarik material yang dilas adalah salah satu cara untuk melihat bagaimana sudut talang yang berbeda mempengaruhi nilai kekuatan tarik akhir. Semua spesimen mengalami patah getas setelah pengujian tarik. Porositas pada setiap sambungan las merupakan akar penyebab patah getas. Hasil pengujian kekuatan tarik dan hasil perhitungannya disajikan dalam bentuk grafik.

Pada proses uji kekuatan tarik, seluruh spesimen diberikan tekanan hingga spesimen patah. Hasil uji kekuatan tarik dapat dipengaruhi oleh sudut talang, menurut penelitian ini, dimana pada penelitian ini kekuatan tarik yang memiliki nilai terbesar dihasilkan oleh sudut chamfer 30° dengan nilai 177,9 MPa (Gambar 5).

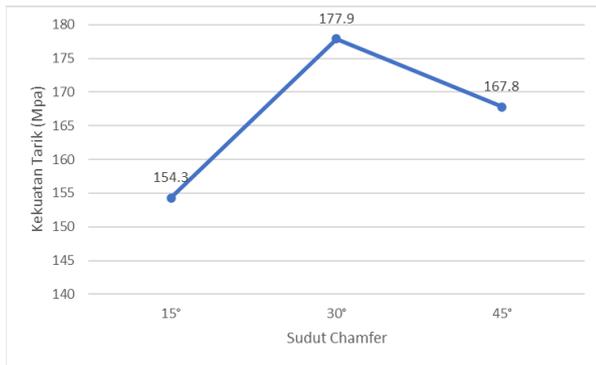


GAMBAR 3. Struktur mikro hasil pengelasan pada daerah *weld line* dengan sudut chamfer a) 15°, b) 30° dan c) 45°.

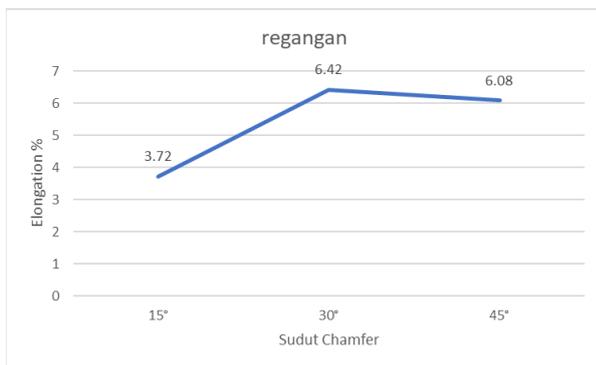


GAMBAR 4. Struktur mikro hasil pengelasan pada daerah HAZ dengan sudut chamfer a) 15°, b) 30° dan c) 45°.

Pada penelitian ini, pemberian sudut chamfer dapat memengaruhi nilai regangan dimana pada penelitian ini nilai regangan terbesar dihasilkan oleh sudut chamfer 30° dengan nilai 6.42% dan yang terkecil pada spesimen variasi sudut *chamfer* 15° dengan nilai regangan 3,72% (Gambar 6).



GAMBAR 5. Pengujian kekuatan tarik



GAMBAR 6. Hubungan antara regangan dengan sudut chamfer

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa proses pengelasan pada material Al 6061 dengan metode

friction welding yang telah dilakukan dengan variasi sudut *chamfer* yaitu:

Pemberian sudut *chamfer* pada pengelasan gesek Al 6061 berpengaruh terhadap kekuatan tariknya. Nilai kekuatan tarik Al 6061 tertinggi dihasilkan oleh sudut chamfer 30° sebesar 177,9 MPa. Sementara nilai kekuatan tarik Al 6061 terendah dihasilkan oleh sudut *chamfer* 15° sebesar 154.3 MPa.

Pemberian sudut *chamfer* pada pengelasan gesek Al 6061 berpengaruh terhadap perubahan struktur mikro. Struktur mikro yang terlihat pada daerah las yaitu fasa Mg₂Si dan Fe₃SiAl₁₂, pada zona HAZ kedua fasa tersebut berukuran lebih besar dan halus. Struktur mikro pada zona las dan zona HAZ mengandung fasa Fe₃SiAl₁₂ yang berjumlah lebih banyak daripada fasa Mg₂Si pada semua variasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldolf, Jack, C., Irawan, Yudy, S., & Suprpto, W. (2018). *Sambungan Paduan Aluminium Dan Baja Karbon Pada Pengelasan Gesek Continuous Drive*. 9(1), 51–59.
- Eka Setyawan, P., Surya Irawan, Y., & Suprpto, W. (2014). Kekuatan Tarik dan Porositas Hasil Sambungan Las Gesek Aluminium 6061 dengan Berbagai Suhu Aging. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 5(2), 141–148.
- Faruq, A., & Rasyid, A. (2020). Pengaruh Sudut Chamfer Male – Female Dan Tekanan Gesek Pada Proses Friction Welding Baja Karbon S45c Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Unesa*, 1(1), 0–216.
- Fatkhurrohman, F., Ismail, I., & Yudhanto, F. (2022). Analisis Kekuatan Bending Komposit Lamina Serat Ijuk Anyam dan Serat Ijuk Acak bermatriks Polyester.

Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan, 4(1), 55–61.

- Hakim, Lukman et al., 2018. (2018). *Pengaruh Variasi Tekanan Gesek Terhadap Kekuatan Tarik Struktur Mikro Dan Kekerasan Sambungan Las Metode Continuous Drive Friction Welding Bahan Silinder Pejal Logam Stainless Steel 304*. 1–10.
- Husodo, N., Sanyoto, B. L., Setyawati, S. B., & Mursid, M. (2013). Penerapan Teknologi Las Gesek (Friction Welding) dalam Rangka Penyambungan Dua Buah Logam Baja Karbon St41 pada Produk Back Spring Pin. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 6(1), 43–52.
- Kasijanto, K., Wahjudi, S., & Listiono, L. (2018). Pengaruh Konfigurasi Sudut Chamfer Male-Female dan Lama Gesek Terhadap Karakteristik Hasil Pengelasan dan Kekuatan Tarik Paduan Aluminium 6061. *Jurnal Energi Dan Teknologi Manufaktur (JETM)*, 1(02), 01–08.
- Koesgi, D. P., & Wicaksono, D. (2021). Pengaruh Pemanasan Awal Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Spot Friction Stir Welding Dalam Pemasangan Rivet Aluminium 2024. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 7(1), 140-153.
- Kido, M. I., Sugiarto, S., & Darmadi, D. B. (2021). Perubahan Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Gesek Aluminium 6061 Akibat Perubahan Temperatur Lingkungan. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(1), 95.
- Ridono, T. W., Zaenudin, M., & Gamayel, A. (2024). Simulasi Dan Analisis Desain Mold Dengan Software Autodesk Fusion 360 Untuk Produk Aksesoris. *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 25(1), 11–20.
- Solihin, Sukmana, I., & Ummah, K. (2018). Pengaruh waktu kontak terhadap kualitas sambungan hasil las gesek (Friction Welding) Magnesium AZ-31. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 10(1), 4–7.
- Sugianto, H. (2016). *Pengaruh Waktu Gesek Dan Sudut Chamfer Terhadap Sifat Mekanik Hasil Lasan Aluminium 6061 Pada Proses Friction Welding*. 1–61.
- Tsamroh, D. I., & Riza Fauzy, M. (2022). Peningkatan Sifat Mekanik Al6061 Melalui Heat Treatment Natural-Artificial Aging. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 6(1), 8–13.