

---

## Pengaruh Variasi Tekanan Torsi Terhadap Uji Kekerasan *Brinell* Dan Uji Mikrostruktur Pada Aluminium 6061 Menggunakan Metode *Friction Welding*

Muhammad Nasoha<sup>(1)</sup>, Imran<sup>(2)</sup>

Jl. Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau, Indonesia, 28711  
[muhammadnasoha23@gmail.com](mailto:muhammadnasoha23@gmail.com), [imran@polbeng.ac.id](mailto:imran@polbeng.ac.id)

---

---

### ABSTRAK

Friction Welding (Las Gesek) merupakan teknologi pengelasan modern yang menawarkan biaya produksi yang lebih rendah dengan hasil sambungan berkualitas tinggi. Metode ini menggunakan kombinasi panas yang dihasilkan dari gesekan dan tekanan untuk menyatukan dua logam, baik yang sejenis maupun berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi tekanan torsi 3, 4, dan 5 N/mm terhadap hasil uji kekerasan Brinell dan uji mikrostruktur pada aluminium 6061 berdiameter 14 mm. Proses dilakukan dengan kecepatan putar konstan 1255 rpm dan tekanan gesek 2 N/mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tekanan torsi 3 N/mm, daerah Weld Zone memiliki nilai kekerasan tertinggi sebesar 54,79 HB pada spesimen ketiga, sedangkan nilai terendah sebesar 51,05 HB ditemukan pada spesimen kedua. Hasil mikrostruktur di daerah Weld Zone menunjukkan butiran yang halus dan masih baik, namun sambungan las tidak menyatu dengan sempurna dan terdapat retakan di daerah inti las. Pada variasi tekanan torsi 5 N/mm, sambungan las di daerah Weld Zone terlihat lebih homogen dengan butiran halus dan merata, menghasilkan nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan tekanan torsi 3 dan 4 N/mm, yaitu sebesar 61,22 HB pada spesimen pertama, dan nilai terendah sebesar 58,82 HB pada spesimen kedua.

**Kata kunci:** *Friction Welding, Variasi Tekanan Torsi, Uji Brinell, Uji Mikrostruktur*

---

### PENDAHULUAN

Aluminium 6061 merupakan salah satu paduan aluminium yang paling sering digunakan di industri karena kekuatannya yang tinggi, ketahanannya terhadap korosi, dan kemudahan dalam pembentukan. Metode friction welding telah menjadi topik penelitian penting dalam usaha meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas sambungan logam. Teknik ini memanfaatkan gesekan antara dua permukaan logam untuk menghasilkan panas yang cukup agar kedua permukaan tersebut dapat menyatu. Salah satu parameter kunci dalam proses friction welding adalah tekanan torsi, yang dapat mempengaruhi kekerasan dan karakteristik mikrostruktur dari sambungan yang dihasilkan.

Penggunaan friction welding pada aluminium 6061 menimbulkan sejumlah tantangan. Adanya variasi tekanan torsi dalam proses tersebut dapat mempengaruhi kekerasan material, yang merupakan parameter kunci dalam menilai kualitas sambungan. Dengan demikian, pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan antara variasi tekanan torsi dan

kekerasan menjadi esensial untuk mengoptimalkan proses friction welding pada material ini. Selain itu, uji mikrostruktur digunakan untuk mendeteksi cacat atau retak yang mungkin terbentuk selama proses pengelasan, sehingga memerlukan perhatian khusus dalam konteks penelitian ini.

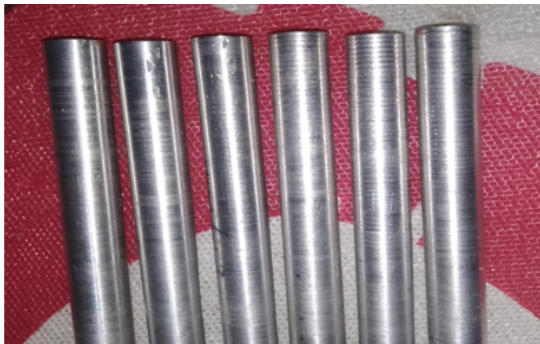
Penelitian sebelumnya dalam bidang friction welding, khususnya pada logam aluminium 6061, dapat memberikan landasan teoritis dan pemahaman yang lebih baik terhadap fenomena yang terlibat. Karya-karya dari para ahli dalam proses friction welding, karakteristik material aluminium, dan metode pengujian non-destruktif seperti uji mikrostruktur dapat memberikan wawasan yang berharga.

Pentingnya penelitian ini sangat terkait dengan kebutuhan industri akan material yang memiliki kekuatan dan integritas struktural yang tinggi. Aluminium 6061 sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri, dan peningkatan kualitas sambungan dapat menghasilkan produk yang lebih handal dan efisien. Dengan memahami pengaruh variasi tekanan torsi terhadap kekerasan

Brinell dan uji mikrostruktur pada friction welding, penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi pengelasan logam yang lebih canggih dan efektif.

**1. METODE**

**1.1. Spesimen Las Gesek**

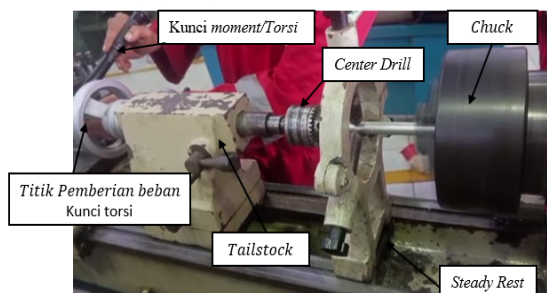


**Gambar 1** : Spesimen Las gesek  
(Sumber : Dokumentasi)

Pada penelitian ini, material yang digunakan adalah Aluminium 6061 dengan diameter 14 mm, panjang 100 mm pada bagian chuck, dan panjang 100 mm pada bagian drill chuck.

**1.2. Proses Las gesek**

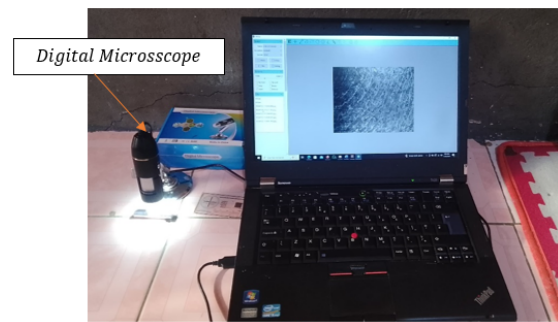
Sebelum Melakukan *Friction Welding*, Maka Perlu diketahui terlebih dahulu jarak penekanan sebesar 2 N/mm dan waktu gesekan selama 80 detik. Sedangkan yang di varisaikan tekanan tempa atau tekanan aksial yang asumsikan menjadi tekanan torsi mulai dari 3, 4, dan, 5 N/mm.



**Gambar 2** : Proses Las Gesek  
(Sumber : Dokumentasi)

**1.3. Uji Mikrostruktur**

Uji mikrostruktur adalah salah satu metode yang dapat diterapkan pada material logam maupun non-logam. Metode ini berguna untuk mengamati perubahan struktur yang terjadi akibat proses Friction Welding pada suatu material, seperti munculnya inklusi, retakan, ferrit, atau perlit.



**Gambar 3** Pengujian Mikrostruktur  
(Sumber : Dokumentasi)

**1.4. Pengujian Kekerasan Brinell**

Uji kekerasan Brinell adalah teknik untuk mengukur kekerasan material dengan menekan bola baja atau karbida berdiameter 2,5 mm ke permukaan material menggunakan beban 60 Kgf. Metode ini sangat efektif untuk mengukur kekerasan material yang relatif lunak, sedang, hingga keras, termasuk aluminium.



**Gambar 4** Pengujian Kekerasan Brinell  
(Sumber : Dokumentasi)

1. Perhitungan Diameter Rata-Rata Bekas Tekan (d)

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2} \dots \dots \dots (1)$$

$d_1$  = Diameter bekas tekan pertama  
 $d_2$  = Diameter bekas tekan kedua

2. Kekerasan Brinell (HB) dihitung menggunakan rumus:

$$HB = \frac{2 \times f}{\pi \times D \times (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots \dots \dots (2)$$

Ket :

$f$  = Gaya yang diberikan (Kgf)  
 $D$  = Diameter bola penekan (mm)  
 $d$  = Diameter bekas tekan (mm)  
 $\pi$  = 3.14

3. Perhitungan Rata-Rata Nilai Kekerasan Brinell

Untuk menghitung rata-rata nilai kekerasan Brinell dari hasil pengujian, digunakan rumus:

$$HB \text{ rata-rata} = \frac{\sum HBi}{n} \dots\dots\dots(3)$$

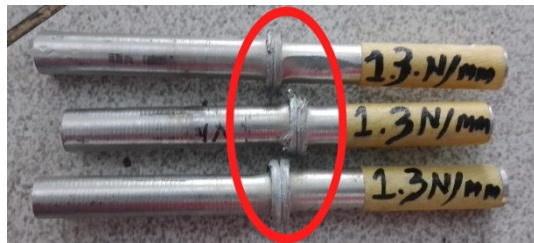
Ket :

$\sum HB$  = Jumlah total nilai kekerasan Brinell  
 $n$  = Jumlah sampel

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1. Hasil Pengelasan Dengan Metode *Friction Welding*

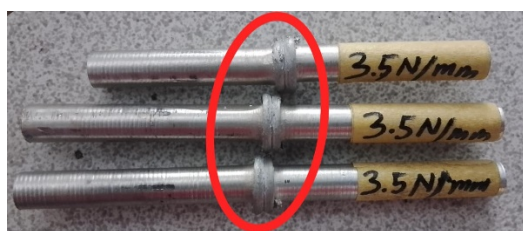
Berdasarkan hasil penyambungan menggunakan metode *friction welding* dengan variasi tekanan torsi 3, 4, dan 5 N/mm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 :



a. Penyambungan Dengan Variasi tekanan Torsi 3 N/mm



b. Penyambungan Dengan Variasi tekanan Torsi 4 N/mm



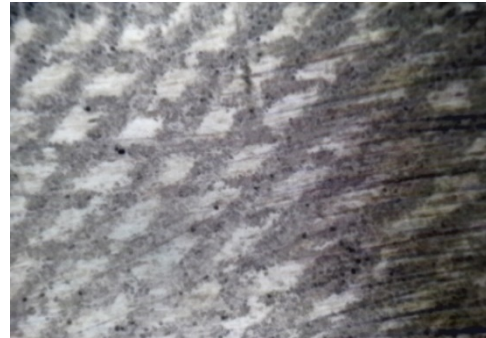
c. Penyambungan Dengan Variasi Tekanan Torsi 5 N/mm

**Gambar 5** Hasil Penyambungan *Friction Welding* Dengan Tiga Variasi tekanan Torsi (Sumber : Dokumentasi)

Berdasarkan dari Gambar 4.1 dapat dilihat sangat jelas perbedaan bentuk *flash* (lelehan) dari hasil penyambungan tersebut, semakin besar tekanan torsi yang di berikan maka *flash* (lelehan) Hasil yang diperoleh juga semakin meningkat, hal ini disebabkan oleh kenaikan suhu akibat gesekan selama proses penyambungan, yang dipengaruhi oleh variasi tekanan torsi.

2.2. Hasil Pengujian Mikrostruktur

Setelah melakukan penyambungan dengan menggunakan metode *friction welding*, maka hasil lasan tersebut diratakan kembali dengan cara dibubut. Hal ini dilakukan supaya pada saat melakukan pengujian *mikro struktur* spesimen bisa dibentuk datar dan di poles untuk di uji mikro struktur nya



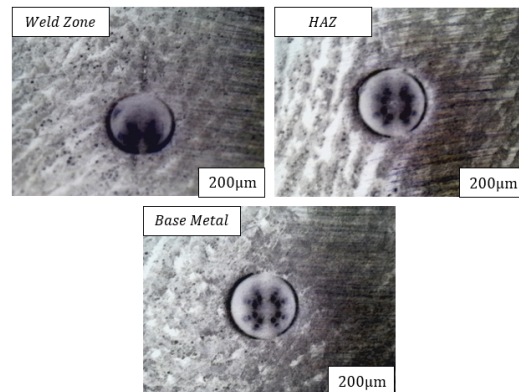
**Gambar 6** Hasil Uji Mikrostruktur tanpa Perlakuan Apapun

(sumber : Dokumentasi)

Dari hasil pengamatan visual mikrostruktur dengan pembesaran 200 $\mu$ m pada aluminium 6061 tanpa perlakuan apapun terlihat butiran yang relatif besar dan tidak terikat terlihat pada material aluminium 6061 tersebut. dan nilai kekerasan tanpa perlakuan apapun yaitu sebesar 30 HB.

1. Hasil Uji Mikrostruktur Dengan Variasi Tekanan Torsi 3 N/mm

Dari hasil pengujian mikro struktur dengan variasi Tekanan torsi 3 N/mm seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

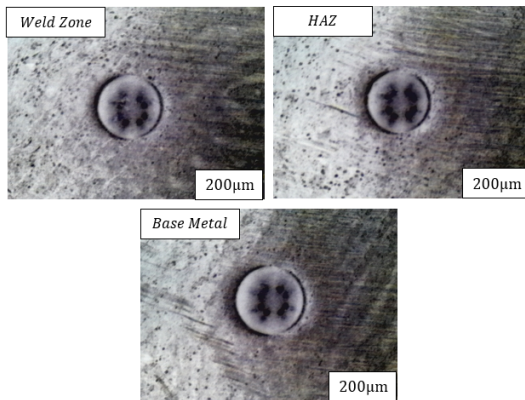


**Gambar 6** Hasil Uji Mikrostruktur dengan variasi Tekanan Torsi 3 N/mm (Sumber : Dokumentasi)

Dari hasil pengamatan visual mikrostruktur dengan pembesaran 200 $\mu$ m pada aluminium 6061 dengan variasi tekanan torsi 3 N/mm, pada sambungan las terlihat butiran halus yang masih baik tetapi lebih rendah dibandingkan dengan variasi tekanan torsi 4 dan 5 N/mm, pada daerah las variasi tekanan torsi 3 N/mm terdapat cacat seperti retakan sehingga menyebabkan menurunnya sifat mekanik dan kekerasan pada maaterial.

2. Hasil Pengujian Mikrostruktur Dengan Variasi Tekanan Torsi 4 N/mm

Dari hasil pengujian mikro struktur dengan variasi Tekanan torsi 4 N/mm seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

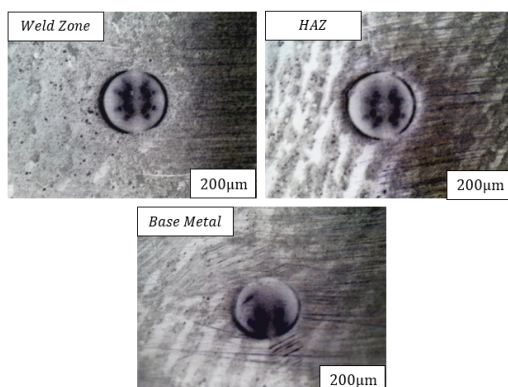


**Gambar 7** Hasil Uji Mikrostruktur dengan variasi Tekanan Torsi 4 N/mm (Sumber : Dokumentasi)

Dari hasil pengamatan visual mikrostruktur dengan pembesaran 200µm pada aluminium 6061 dengan variasi tekanan torsi 4 N/mm berbeda dengan variasi tekanan torsi 3 N/mm Terlihat bahwa variasi tekanan torsi mempengaruhi daerah inti las secara berbeda. Pada daerah inti las, dengan variasi tekanan torsi yang berbeda, terlihat perbedaan yang signifikan. 4 N/mm, yang mana bentuk sambungan las yang homogen serta butiran yang halus dan merata tanpa adanya retakan didaerah Weld Zone meskipun ada sedikit variasi dalam ukuran butiran yang mempengaruhi sifat mekanik dan kekerasan material dibandingkan dengan tekanan torsi 5 N/mm.

3. Hasil Pengujian Mikrostruktur Dengan Variasi Tekanan Torsi 5 N/mm

Dari hasil pengujian mikro struktur dengan variasi Tekanan torsi 5 N/mm seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 8** Hasil Uji Mikrostruktur dengan variasi Tekanan Torsi 5 N/mm (Sumber : Dokumentasi)

Dari hasil pengamatan mikrostruktur dengan pembesaran 200µm pada aluminium 6061 dengan variasi tekanan torsi 5 N/mm, Terlihat bahwa setiap

variasi tekanan torsi menghasilkan perbedaan pada daerah inti las. Di daerah inti las, variasi tekanan torsi menghasilkan perbedaan yang jelas. 5 N/mm, yang mana bentuk sambungan las yang homogen serta butiran yang halus dan merata sehingga menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi dibandingkan dengan tekanan torsi 3 dan 4 N/mm. Hal ini menunjukkan variasi tekanan torsi 5 N/mm menghasilkan sambungan las yang baik sehingga menghasilkan sifat mekanik dan kekerasan yang tinggi dari tiga variasi tekanan torsi.

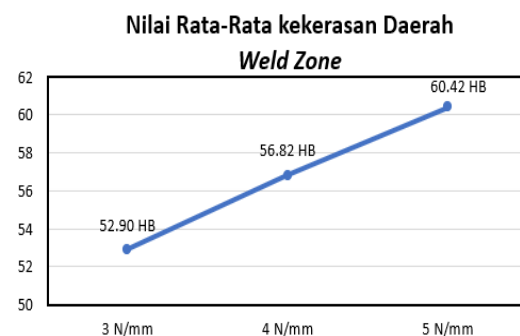
2.3. Hasil Pengujian Kekerasan Brinell

2.3.1. Nilai Rata-Rata Hasil Pengujian Kekerasan Brinell

Berdasarkan perhitungan kekerasan untuk ketiga variasi tekanan torsi, terdapat nilai rata-rata yang tercantum pada Tabel 1:

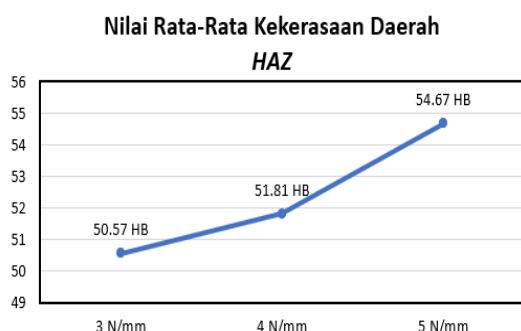
Tekanan torsi (N/mm)	Daerah Pengujian	Nilai Kekerasan Spesimen 1	Nilai Kekerasan Spesimen 2	Nilai Kekerasan Spesimen 3	Nilai Rata-Rata Kekerasan Brinell (HB)
3 N/mm	Weld Zone	52.86	51.06	54.79	52.90
	HAZ	51.06	47.80	52.86	50.57
	Base Metal	30	30	30	30
4 N/mm	Weld Zone	58.82	56.87	54.79	56.82
	HAZ	54.79	52.86	47.80	51.81
	Base Metal	30	30	30	30
5 N/mm	Weld Zone	61.22	58.82	61.22	60.42
	HAZ	54.97	56.87	52.17	54.67
	Base Metal	30	30	30	30

Berdasarkan Tabel 1, diperoleh nilai rata-rata dari ketiga variasi tekanan torsi yang mewakili setiap spesimen las gesek, dan perbandingan kekerasannya dapat dilihat sebagai berikut.



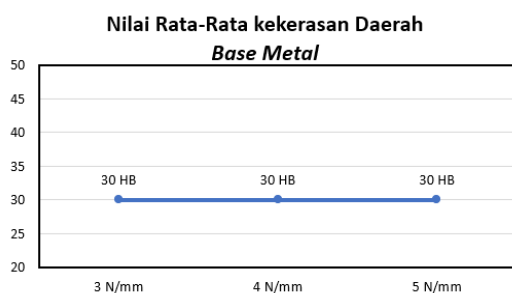
**Gambar 9** Grafik Nilai rata-Rata daerah Weld Zone (Sumber : Dokumentasi)

Berdasarkan Gambar 9 setelah mencari nilai rata-rata kekerasan dari ketiga variasi tekanan torsi pada daerah Weld Zone tertinggi terdapat pada variasi tekanan torsi 5 N/mm yaitu sebesar 60.42 HB, sedangkan nilai rata-rata terendah dari ketiga variasi tekanan torsi pada daerah Weld Zone terdapat pada variasi tekanan torsi 3 N/mm, yaitu sebesar 52.90 HB.



**Gambar 10.** Grafik Nilai rata-Rata daerah *Weld Zone*  
(Sumber : Dokumentasi)

Berdasarkan Gambar 4.16 setelah mencari nilai rata-rata kekerasan dari ketiga variasi tekanan torsi pada daerah *HAZ* tertinggi terdapat pada variasi tekanan torsi 5 N/mm yaitu sebesar 54.67 HB, sedangkan nilai rata-rata terendah dari ketiga variasi tekanan torsi pada daerah *HAZ* terdapat pada variasi tekanan torsi 3 N/mm, yaitu sebesar 50.57 HB.



**Gambar 11.** Grafik Nilai rata-Rata daerah *Weld Zone*  
(Sumber : Dokumentasi)

Berdasarkan gambar 11 nilai rata-rata kekerasan dari tiga variasi tekanan torsi yaitu 3, 4 dan 5 N/mm rata-rata sebesar 30 HB yang mana daerah *Base Metal* tidak terjadi perubahan pada saat proses *Friction Welding* Berlangsung.

### 3. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan serta pembahasan dan analisa data yang telah diuraikan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1). Hasil foto pengujian mikrostruktur dapat mengidentifikasi jenis cacat pada hasil sambungan dari proses las gesek. pada penyambungan dengan variasi tekanan torsi 3 N/mm, pada sambungan las terlihat butiran halus yang masih baik tetapi lebih rendah dibandingkan dengan variasi tekanan torsi 4 dan 5 N/mm, pada daerah las variasi tekanan torsi 3 N/mm terdapat cacat seperti retakan sehingga menyebabkan menurunnya nilai kekerasan pada material yaitu dengan rata-rata kekerasan daerah *Weld Zone* sebesar 52,90 HB. Sedangkan di variasi tekanan torsi 5

N/mm yang mana bentuk sambungan las yang homogen serta butiran yang halus dan merata sehingga menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi dibandingkan dengan tekanan torsi 3 dan 4 N/mm. Hal ini menunjukkan variasi tekanan torsi 5 N/mm menghasilkan sambungan las yang baik dengan rata-rata kekerasan 60.42 HB.

- 2). Hasil las gesek pada aluminium 6061 dengan tiga variasi tekanan torsi menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi di daerah *Weld Zone* terdapat pada penyambungan dengan tekanan torsi 5 N/mm, yakni 61,22 HB, sementara nilai kekerasan terendah ditemukan pada tekanan torsi 3 N/mm, yaitu 51,06 HB. Di daerah *HAZ*, nilai kekerasan tertinggi juga tercatat pada tekanan torsi 5 N/mm dengan angka 54,67 HB, sedangkan nilai terendah ada pada tekanan torsi 3 N/mm, yaitu 50,57 HB. Di daerah *Base Metal*, nilai kekerasan untuk variasi tekanan torsi 3, 4, dan 5 N/mm adalah rata-rata 30 HB. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa variasi tekanan torsi membuat perbedaan yang jelas antara sembilan spesimen.

### DAFTAR PUSTAKA

- "Microstructural and Mechanical Characterization of Friction Stir Welded Aluminum 6061-T6" by C. A. Rodriguez, J. E. Indacochea, J. J. Coronado (Journal of Materials Engineering and Performance, 2011).
- Ardianto, alfianferry. Kekuatan puntir sambungan las gesek *al-mg-si* dengan variasi sudut *chamfer* dua sisi dan kekasaran. 2015. Phd thesis. Universitas brawijaya.
- DZULFIKAR, Muhammad; PURWANTO, Helmy; MUNIF, Muhammad Abdul. Pengaruh Tekanan terhadap Sifat Mekanik dan Mikrostruktur pada Sambungan Las Gesek Aluminium AA1100. *Pros. Semin. Nas. Teknoka ke*, 2020, 5.
- Gama, A. P. (2013). Analisis sifat mekanik dan struktur mikro aluminium paduan seri 6061 hasil pengelasan friction welding dengan variasi sudut.
- Hakim, L., Suwanda, T., & Nugroho, A. W. (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.
- HEIDARZADEH, Akbar, et al. Tensile behavior of friction stir welded AA 6061-T4 aluminum alloy joints. *Materials & Design*, 2012, 37: 166-173.
- Iswar, M., Salam, A., Aminuddin, F., & Fahrudin, F. (2019). ANALISA SIFAT

- MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO HASIL PENGELASAN GESEK PIPA STAINLESS STEEL AISI 304L. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 15(1), 84-97.
- Laksono, H. W., & Sugiyanto, S. (2017). Pengujian Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada sambungan Pengelasan Gesek Sama Jenis Baja St 60, Sama Jenis Aisi 201, Dan Beda Jenis Baja St 60 Dengan Aisi 201. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(2), 124-136.
- Maulana, N. B. (2018). Pengaruh variasi beban indenter *vickers hardness tester* terhadap hasil uji kekerasan material aluminium dan besi cor. *Jurnal Teknik Mesin MERC (Mechanical Engineering Research Collection)*, 1(1).
- Pitalokha, R. A., Mulyana, C., Hamdani, M. R., & Muhammad, F. (2016, October). Inspeksi cacat (diskontinuitas) pada material dengan menggunakan uji ultrasonik dan uji radiografi. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* (Vol. 5, pp. SNF2016-MPS).
- sukmana, irza. Las gesek (*friction welding*) logam tidak sejenis (*dissimilar metals*) magnesium az-31 terhadap aluminum al-13.
- sunyoto, budi luwar. Penerapan teknologi las gesek *friction welding* dalam proses penyambungan dua buah pipa logam baja karbon rendah. 2017.
- TABAN, Emel; GOULD, Jerry E.; LIPPOLD, John C. Dissimilar friction welding of 6061-T6 aluminum and AISI 1018 steel: Properties and microstructural characterization. *Materials & Design (1980-2015)*, 2010, 31.5: 2305-2311.
- tanuwijaya, vansen alexander; rasyid, akhmad hafizh ainur. Analisa kekuatan tarik dan struktur mikro sambungan *friction welding* al alloy 6061 t6 dan *carbon steel* aisi 1018. *Jurnal teknik mesin*, 2023, 11.01: 111-118.
- XUE, P., et al. Effect of friction stir welding parameters on the microstructure and mechanical properties of the dissimilar Al–Cu joints. *Materials science and engineering: A*, 2011, 528.13-14: 4683-4689.
- yenaldi, sebri; alfansuri, alfansuri. Analisa pengaruh variasi waktu penyambungan terhadap kekuatan tarik dan uji *liquid penetrant test* pada aluminium 6061 menggunakan metode *friction welding*. *Inovtek-seri mesin*, 2020, 1.1.