

PENGARUH VARIASI TEKANAN TORSI TERHADAP UJI KEKERASAN BRINELL DAN UJI MIKROSTRUKTUR PADA ALUMINIUM 6061 MENGGUNAKAN METODE *FRICITION WELDING*

Muhammad Nasoha *¹
Imran ²

^{1,2} Politeknik Negeri Bengkalis

*e-mail: muhammadnasoha23@gmail.com , imran@polbeng.ac.id

Abstrak

Las gesek (Friction Welding) merupakan salah satu teknologi pengelasan terbaru dimana biaya produksinya lebih rendah dan sambungan yang dihasilkan juga berkualitas baik. Dengan mengkombinasikan panas yang diakibatkan gesekan dan tekanan maka dua buah logam yang sama maupun tidak sama bisa tersambung. Dalam penelitian ini akan menganalisa pengaruh variasi Tekanan Torsi 3, 4, dan 5 N/mm terhadap uji kekerasan Brinell dan uji mikrostruktur pada aluminium 6061 dengan diameter 14 mm. Proses penelitian ini dengan bervariasi tekanan torsi 3, 4 dan 5 N/mm dengan kecepatan putar konstan yaitu 1255 rpm dan tekanan gesek 2 N/mm, Hasil Friction Welding pada variasi tekanan torsi 3 N/mm daerah Weld Zone memiliki nilai kekerasan tertinggi, yaitu sebesar 54.79 HB pada spesimen ketiga dan nilai terendah terdapat pada spesimen kedua yaitu sebesar 51.05 dari hasil mikrostruktur pada daerah Weld Zone terlihat butiran yang halus dan masih baik namun pada daerah las tidak tersambung dengan baik yang mana terdapat retakan pada daerah inti las. pada variasi tekana torsi 5 N/mm daerah Weld Zone 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. nilai kekerasan yang tinggi yaitu sebesar 61.22 HB pada spesimen pertama dan nilai kekerasan terendah terdapat pada spesimen kedua yaitu sebesar 58.82 H.

Kata kunci: Friction Welding, Variasi Tekanan Torsi, Uji Brinell, Uji MikroStruktur.

Abstract

Friction welding is one of the newest welding technologies where production costs are lower and the joints produced are also of good quality. By combining the heat caused by friction and pressure, two metals that are the same or dissimilar can be connected. This research will analyze the effect of Torque Pressure variations of 3, 4, and 5 N/mm on the Brinell hardness test and microstructure test on aluminum 6061 with a diameter of 14 mm. This research process involves varying the torque pressure of 3, 4 and 5 N/mm with a constant rotational speed of 1255 rpm and friction pressure of 2 N/mm. The results of Friction Welding at varying torque pressure of 3 N/mm in the Weld Zone area have the highest hardness value, namely amounting to 54.79 HB in the third specimen and the lowest value is in the second specimen, namely 51.05. From the microstructure results in the Weld Zone area, it looks like the grains are smooth and still good, but in the weld area it is not well connected and there are cracks in the weld core area. at a torque pressure variation of 5 N/mm in the Weld Zone area where the shape of the weld joint is homogeneous and the grains are smooth and even, resulting in a high hardness value compared to torque pressures of 3 and 4 N/mm. The highest hardness value is 61.22 HB in the first specimen and the lowest hardness value is in the second specimen, namely 58.82 HB.

Keywords : Friction Welding, Forging Pressure Variations, Brinell Test, MicroStructure Test.

PENDAHULUAN

Aluminium 6061 adalah salah satu paduan aluminium yang paling umum digunakan dalam industri karena memiliki kekuatan yang tinggi, ketahanan terhadap korosi, dan kemampuan untuk diubah bentuk dengan mudah. Metode *friction welding* telah menjadi fokus penelitian yang signifikan dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas sambungan logam. Teknik ini melibatkan gesekan dua permukaan logam yang berlawanan untuk menghasilkan panas yang cukup

untuk menyatukan kedua permukaan tersebut. Salah satu parameter penting dalam *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. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih baik 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. Batasan Masalah

- a. Metode pengelasan yang digunakan pada penelitian ini adalah *friction welding* (pengelasan gesek) menggunakan mesin bubut KRISBOW KW 15-979
- b. Penelitian ini menggunakan alat uji kekerasan *Brinell*
- c. Penelitian ini menggunakan alat uji mikrostruktur
- d. Penelitian ini menggunakan bahan aluminium 6061 dengan diameter 14 mm
- e. Penelitian ini dilakukan pada putaran 1255 Rpm
- f. Penelitian ini dilakukan dengan tekanan gesek 2 N/Mm
- g. Penelitian ini dilakukan dengan waktu 80 detik
- h. Adapun pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji kekerasan *Brinell* dan uji mikrostruktur
- i. Adapun variasi tekanan torsi antara lain :
 - 3 N/Mm
 - 4 N/Mm
 - 5 N/Mm

2. Tujuan Penelitian

- a. Untuk mengetahui pengaruh variasi tekanan torsi terhadap kekerasan *Brinell* dan uji mikrostruktur pada aluminium 6061 menggunakan metode *friction welding*.
- b. Untuk mencapai kesempurnaan sambungan pada pengelasan gesek dengan menggunakan material aluminium 6061
- c. Untuk menentukan parameter yang sangat berpengaruh pada pengelasan gesek (*Friction Welding*)

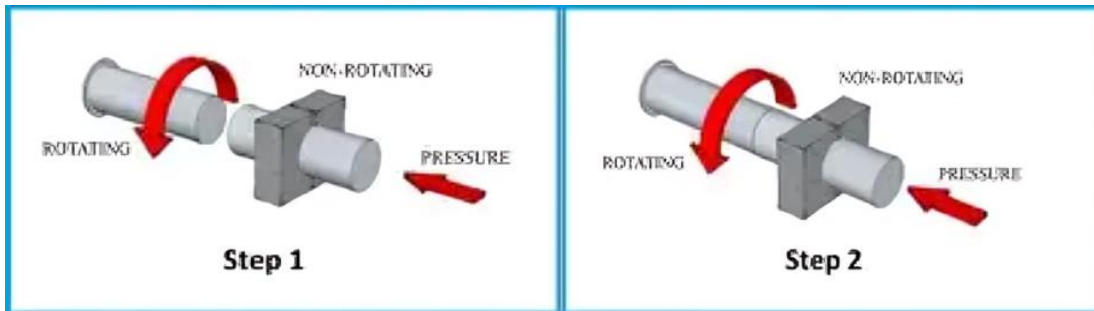
3. Friction Welding (FW)

Friction Welding adalah suatu metode pengelasan yang dilakukan untuk memperoleh hasil lasan dengan cara melakukan penggesekan pada ujung dua bahan. Pada pengelasan gesek,

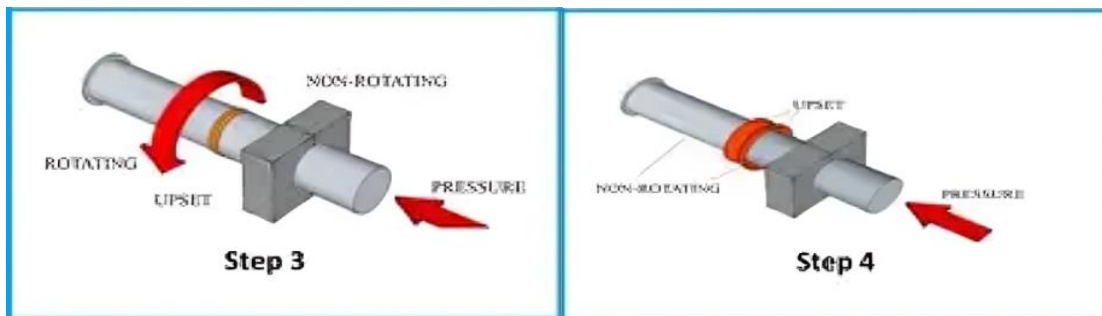
penyambungan terjadi oleh adanya panas yang ditimbulkan oleh gesekan akibat perputaran satu dengan yang lain antara logam induk di bawah pengaruh gaya aksial. Kemudian salah satu diputar sehingga pada permukaan kontak akan timbul panas, bahkan mendekati titik didih logamnya, sehingga permukaan logam di daerah tersebut menjadi cair. Dalam kondisi panas tersebut, pergerakan/pergesekan relatif antar kedua logam dihentikan, kemudian diaplikasikan gaya tekan arah aksial, sehingga terjadi sambungan las (Satoto, 2002).

A. Tahapan proses pengelasan gesek

Adapun tahapan yang dilakukan dalam pengelasan gesek dimana salah satu material yang di cekam berputar dan satu material lagi diam. Lalu kedua material di gesekkan dengan diberi penekanan.



Gambar 1. Step Material Sebelum Digesek dan Step 2 Awal Penekanan



Gambar 2. Step 3 Gaya Tekan Dan Daerah Pengelasan dan Step 4 Hasil Pengelasan

B. Pengujian Kekerasan *Brinell*

Uji kekerasan *Brinell* adalah metode untuk menentukan kekerasan material dengan menekan bola baja atau karbida dengan diameter 2.5 mm ke permukaan material menggunakan beban 60 Kgf. metode ini sangat efektif untuk mengukur kekerasan material yang relatif lunak, sedang dan keras, termasuk aluminium.

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

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

d_1 = Diameter bekas tekan pertama

d_2 = Diameter bekas tekan kedua

2. Kekerasan Brinell (HB) dihitung menggunakan rumus:

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

Ket :

- f = Gaya yang diterapkan (Kgf)
- D = Diameter bola indenter (mm)
- d = Diameter rata-rata bekas tekan (mm)
- π = 3.14

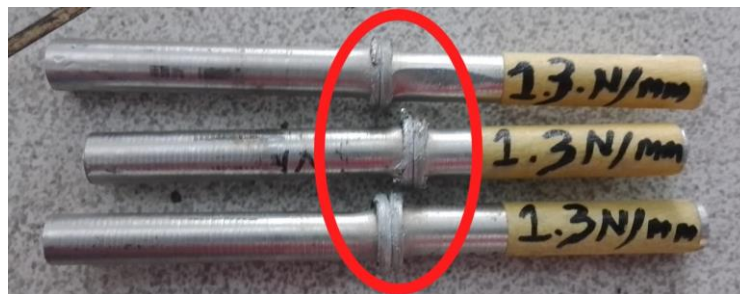
METODE

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan metode observasi dimana pengukuran dilakukan secara langsung terhadap objek yang diteliti secara berkala. Data yang diperlukan dari metode observasi ini adalah data kuantitatif, yaitu data yang berbentuk angka. Pengumpulan data dilakukan secara berkala (*time series*), yaitu data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu untuk menggambarkan perubahan peristiwa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengelasan Friction Welding

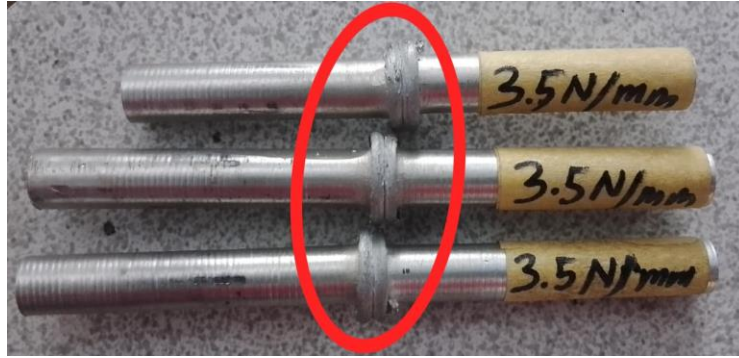
Bedasarkan dari hasil penyambungan dengan menggunakan metode friction welding dengan variasi tekanan torsi 3, 4, Dan 5 N/Mm, sebagai berikut :



Gambar 3. Penyambungan dengan variasi tekanan torsi 3 N/mm



Gambar 4. Penyambungan dengan variasi tekanan torsi 4 N/mm



Gambar 5. Penyambungan dengan variasi tekanan torsi 5 N/mm

Berdasarkan dari Gambar pengujian dapat dilihat sangat jelas perbedaan bentuk *flash* (lelehan) dari hasil penyambungan tersebut, semakin besar tekanan torsi yang di berikan maka *flash* (lelehan) yang dihasilkan juga semakin besar, hal ini disebabkan karena meningkatnya suhu yang diakibatkan gesekan pada saat proses penyambungan dan di beri tekanan torsi yang di variasikan.

B. Hasil Pengujian Mikrostruktur

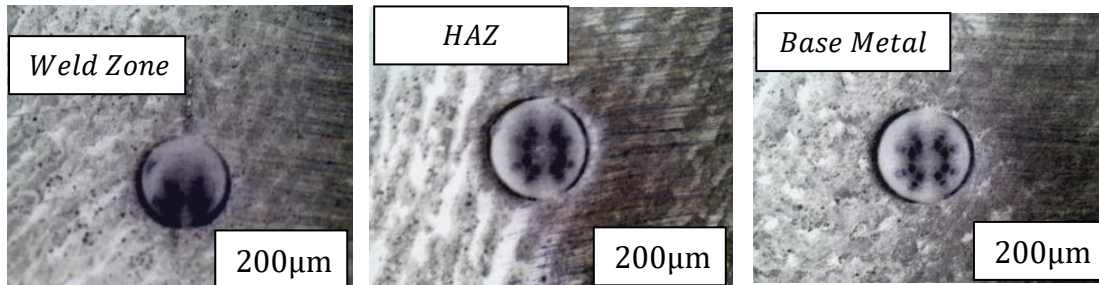
Setelah melakukan penyambungan dengan menggunakan metode *friction welding*, maka hasil lasan tersebut diratakan kembali dengan cara dibubut. Hal ini dilakukan supaya pada saat melakukan pengujian *mikro struktur* spesimen bisa dibentuk datar dan di poles untuk di uji mikro struktur nya.



Gambar 6. Hasil Uji Mikrostruktur Tanpa Perlakuan Apapun

Dari hasil pengamatan visual mikrostruktur dengan pembesaran 200µm 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.

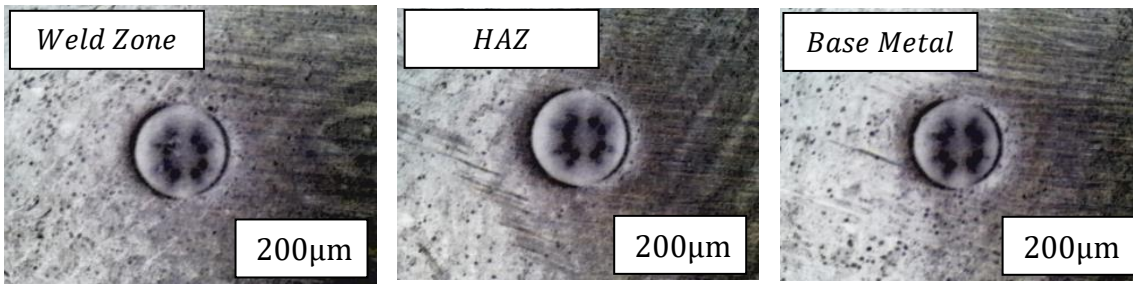
1. Hasil Pengujian Mikro struktur dengan Variasi Tekanan Torsi 3 N/mm



Gambar 7. Hasil Pengujian mikrostruktur Pada Variasi Tekanan Torsi 3 N/mm

Dari hasil pengamatan visual mikrostruktur dengan pembesaran 200µm 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 material.

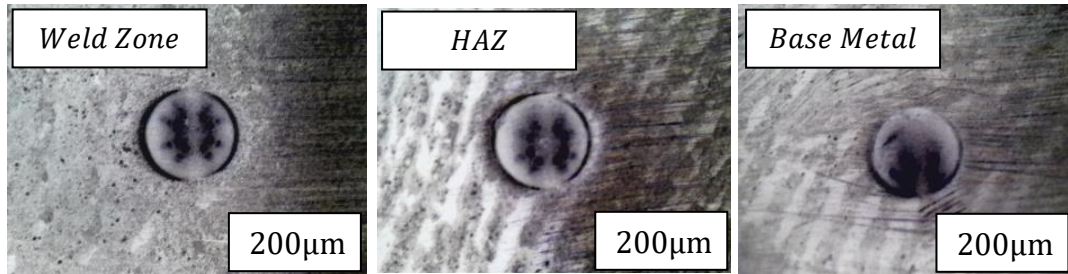
2. Hasil Pengujian Mikro struktur dengan Variasi Tekanan Torsi 4 N/mm



Gambar 8. Hasil Pengujian mikro Struktur Pada Variasi Tekanan Torsi 4 N/mm

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 setiap variasi tekanan torsi akan berbeda pada daerah inti las. Pada daerah inti las dengan variasi tekanan torsi 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 Mikro struktur dengan Variasi Tekanan Torsi 5 N/mm



Gambar 9. Hasil Pengujian mikro Struktur Pada Variasi Tekanan Torsi 5 N/mm

Dari hasil pengamatan mikrostruktur dengan pembesaran 200µm pada aluminium 6061 dengan variasi tekanan torsi 5 N/mm, Terlihat bahwa setiap variasi tekanan torsi akan berbeda pada daerah inti las. Pada daerah inti las dengan 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 sehingga menghasilkan sifat mekanik dan kekerasan yang tinggi dari tiga variasi tekanan torsi.

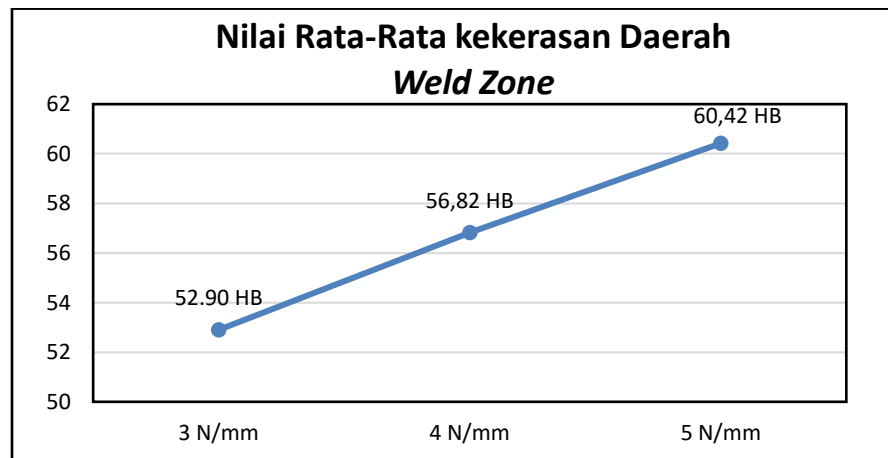
C. Nilai Rata-Rata Hasil Uji Kekerasan Brinell Dengan 3 Variasi Tekanan Torsi

Berikut nilai rata-rata diatas dari ketiga variasi tekanan torsi :

Table 1 Nilai Rata-rata Dengan Tiga Variasi Tekanan Torsi

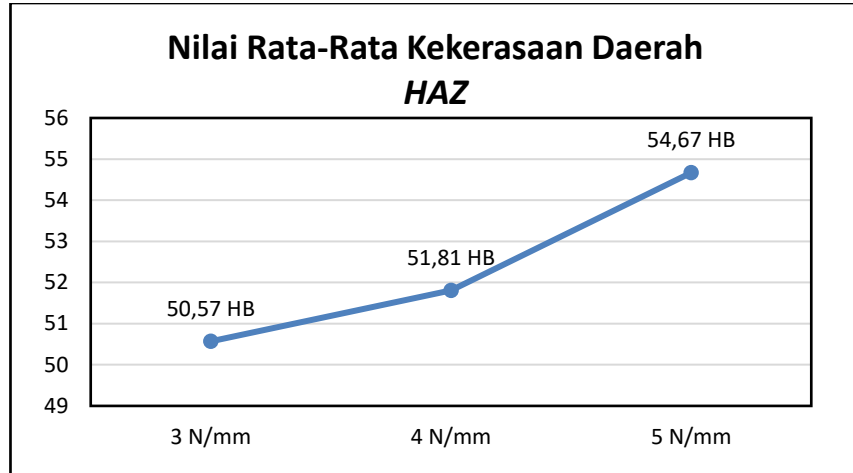
| Tekanan torsi (N/mm) | Daerah Pengujian | Nilai Kekerasan Spesimen 1 | Nilai Kekerasan Spesimen 2 | Nilai Kekerasan Spesimen 3 | Nilai Rata-Rata Kekerasan Brinell (HB) |
|----------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
| 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 |
| 5N/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 didapatkan nilai rata-rata dari ketiga variasi tekanan torsi yang mewakili dari setiap spesimen *friction welding* dan dapat dilihat perbandingan kekerasan seperti terlihat sebagai berikut.



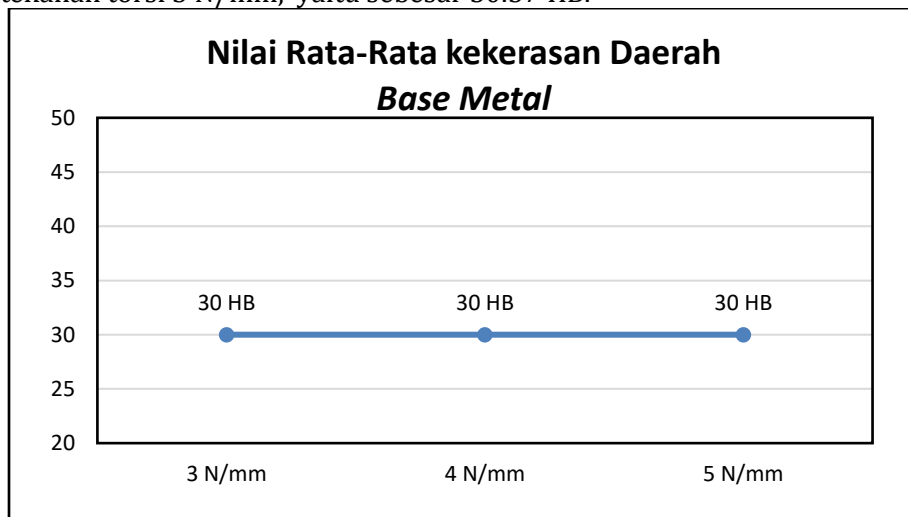
Gambar 10. Nilai Kekerasan

Berdasarkan Gambar 10 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, sebesar 52.90 HB.



Gambar 11. Nilai Kekerasan

Berdasarkan Gambar 11 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 12. Nilai Kekerasan

Berdasarkan Gambar 12 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 *Frictin Welding* berlangsung.

KESIMPULAN

Hasil foto pengujian mikrostruktur dapat mengetahui bentuk cacat hasil sambungan pada pengelasan *friction welding*. 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 meterial 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. Hasil pengelasan *Friction Welding* pada aluminium 6061 dengan tiga variasi tekanan torsi pada saat penyambungan dapat diketahui perbandingan nilai kekerasan tertinggi pada daerah *Weld Zone* terdapat pada penyambungan dengan variasi tekanan torsi 5 N/mm, yaitu sebesar 61.22 HB sedangkan nilai kekerasan terendah terdapat pada penyambungan dengan variasi tekanan torsi 3 N/mm, yaitu sebesar 51.06 HB. Sedangkan nilai kekerasan tertinggi pada daerah *HAZ* terdapat pada penyambungan dengan variasi tekanan torsi 5 N/mm, yaitu sebesar 54.67 HB. Sedangkan nilai terendah pada daerah *HAZ* terdapat pada variasi tekanan torsi 3 N/mm, yaitu sebesar 50.57 HB. Sedangkan pada daerah *Base Metal* nilai kekerasan pada variasi tekanan torsi 3, 4 dan 5 N/mm, memiliki nilai rata-rata sebesar 30 HB. Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa jelas perbedaan dari sembilan spesimen dengan memvariasikan tekanan torsi.

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 alumunium 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 indentor *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 aluminium al-13.
- sunyoto, budi luar. 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.