



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

PENGARUH KEDALAMAN PIN (*DEPTH PLUNGE*) TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN IMPAK PADA SAMBUNGAN LAS ALUMINIUM 6061 HASIL PENGELASAN *DOUBLE SIDED FRICTION STIR WELDING*

Rio Wahyu Prabowo¹⁾, Sarjito Jokosisworo¹⁾, Berlian Arswendo Adietya¹⁾
¹⁾Laboratorium Pengelasan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
*)e-mail :riowahyup23@gmail.com, jito_sar@yahoo.com,berlian@undip.ac.id

Abstrak

Dalam dunia perkapalan, aluminium 6061 banyak digunakan untuk konstruksi kapal. Pengelasan *Friction Stir Welding (FSW)* menggunakan prinsip gesekan dari benda kerja yang berputar dengan benda kerja lain yang diam sehingga mampu melelehkan benda kerja yang diam dan akhirnya tersambung menjadi satu. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil kekuatan Tarik dan harga Impak dengan feed rate 10 mm/menit dengan variasi kedalaman pin (3 mm, 5 mm, 7 mm, dan 9 mm) terhadap pengelasan *Double Sided Friction Stir Welding* dengan jenis penyambungan butt joint. Hasil penelitian menunjukkan sambungan las FSW pada kedalaman 3 mm memiliki kekuatan uji tarik 48.28 MPa, regangan 0.0622%, dan kekuatan uji impak 0.12 J. Pada kedalaman 5 mm memiliki kekuatan uji tarik 59.54 MPa, regangan 0.0872%, dan kekuatan uji impak 0.12 J. Pada kedalaman 7 mm memiliki kekuatan uji tarik 51.51 MPa, regangan 0.0698%, dan kekuatan uji impak 0.18 J. Pada kedalaman 9 mm memiliki kekuatan uji tarik 11.87 MPa, regangan 0.0216%, dan kekuatan uji impak 0.08 J. Nilai kekuatan Tarik rata-rata terbesar dihasilkan dengan pengelasan variasi kedalaman 5 mm yaitu sebesar 59.54 Mpa dan harga impak rata-rata terbesar dihasilkan dengan pengelasan variasi kedalaman 7 mm yaitu sebesar 0.18 J.

Kata Kunci : Aluminium 6061, *Double Sided Friction Stir Welding*, Kedalaman pin, Impak, Tarik

1. PENDAHULUAN

Aluminium adalah jenis logam karbon rendah yang banyak digunakan sebagai bahan konstruksi setelah baja, karena aluminium memiliki kelebihan dibandingkan logam karbon rendah lainnya, yaitu jika aluminium tersebut ditambah unsur paduan yang tepat dapat meningkatkan sifat mekanik aluminium tersebut. Paduan aluminium diklasifikasikan dalam tiga metode, yaitu berdasarkan pembuatan dengan klasifikasi paduan cor dan paduan tempa, perlakuan panas dengan klasifikasi dapat dan tidak dapat diperlakukan, dan berdasarkan unsur-unsur paduannya[1].

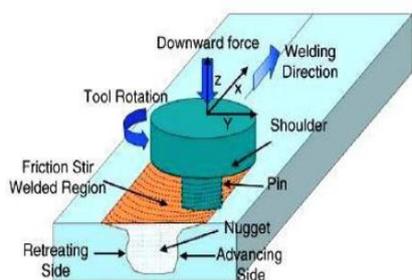
Aluminium 6061 merupakan logam paduan antara aluminium dengan magnesium dan silikon yang memiliki sifat ulet, mampu dibentuk ketika

ditempa, anti korosif, dan sifat mekanik lainnya sehingga aluminium jenis ini sangat cocok digunakan sebagai rangka konstruksi, seperti rangka pada konstruksi stiffener, konstruksi panel dan dek pada kapal cepat aluminium, dan juga konstruksi pada bangunan lepas pantai[2].

Proses pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan kontinu[3]. Kebanyakan penyambungan atau pengelasan aluminium dilakukan dengan proses GMAW dan GTAW. Akan tetapi kedua proses ini memungkinkan terjadinya deformasi dan porositas pada material lebih banyak. Untuk meminimalisir hal tersebut,

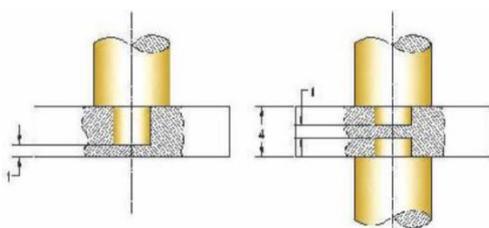
maka dapat digunakan proses *Friction Stir Welding*(FSW).

Friction Stir Welding (FSW) merupakan proses pengelasan yang dipromosikan dengan sedikit biaya dan kualitas sambungan yang baik. Hal itu dikarenakan tidak membutuhkan logam pengisi dan bisa menghilangkan atau memperkecil jumlah cacat retak dan porositas. Prinsip FSW menggunakan tools yang berotasi dan bergerak melintas sehingga material terjadi penempaan pada pusat lasan dan akhirnya melebur. Variabel proses pengelasan FSW yaitu parameter tool dan parameter pengelasan. Parameter pengelasan meliputi kecepatan putar, kemiringan tool, kecepatan tempuh, penetrasi shoulder, penetrasi probe, bentuk dan dimensi probe, bentuk dan dimensi shoulder, material tool, dll [4].



Gambar 1. Prinsip Kerja FSW

Dalam proses pengerjaannya FSW dibedakan menjadi dua. Pertama FSW sisi tunggal (*single sided friction stir welding*) yaitu proses pengerjaannya hanya pada satu bidang pengelasan, dan yang kedua FSW sisi ganda (*double sided friction stir welding*) yaitu proses pengerjaannya pada kedua bidang pengelasan



Gambar 2. Proses FSW 1 sisi dan 2 sisi

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan kajian tentang “Analisa Pengaruh Perbedaan Diameter Pin Tool Terhadap Kekuatan Tarik, Impak, Dan Mikrografi Pada Aluminium 6061 Terhadap Kekuatan Tarik, Impak, Dan Mikrografi Pada Aluminium 6061 Dengan Metode Pengelasan Friction Stir Welding (FSW)” dimana pada penelitian tersebut menggunakan diameter pin tools berbentuk silinder: 6 mm, 7 mm, dan 8 mm dengan sudut *tool tilt angle* sebesar 2° . Hasil penelitian menunjukkan sambungan las FSW pada diameter 6 mm memiliki kekuatan uji tarik 85,82

MPa, regangan 10,89%, dan kekuatan uji impak 0,37 J. Pada diameter 7 mm memiliki kekuatan uji tarik 89,90 MPa, regangan 11,47%, dan kekuatan uji impak 0,38 J. Pada diameter 8 mm memiliki kekuatan uji tarik 143,17 MPa, regangan 13,71%, dan kekuatan uji impak 0,46 J. Hasil uji struktur mikrografi menunjukkan perubahan bentuk dan ukuran butir pertikel struktur mikro sehingga mempengaruhi sifat mekanik, dan pada diameter pin 8 mm memiliki tingkat kerapatan yang lebih baik dibandingkan diameter pin 7 mm, dan 6 mm. Hasil tersebut diakibatkan semakin lebar diameter pin pengelasan maka semakin lebar jalur pengelasan yang dihasilkan, serta semakin banyak aluminium yang dapat diaduk sifat mekaniknya semakin baik[5].

Penelitian lain mengenai “Pengaruh Kedalaman Pin (*Depth Plunge*) Terhadap Kekuatan Sambungan Las Pada Pengelasan Gesek Al.5083” dengan variasi kedalaman 0.9 mm, 1.9 mm, dan 2.9 mm. hasilnya bahwa kekuatan Tarik maksimum didapat pada pengelasan dengan variasi kedalaman 1.9 mm yaitu sebesar 177.78 MPa[13]

Penelitian lain yang dilakukan oleh (Gema 2017) tentang “Analisis Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Hasil Pengelasan dengan Proses *Friction Stir Welding* pada Aluminium 6061 Menggunakan Modifikasi *Tool Shoulder*” dengan variasi bentuk probe siku(90°) dan bentuk probe tirus (120°) didapatkan hasilnya bahwa Penggunaan bentuk tool paling optimal yaitu tool dengan bentuk tirus (120°) menghasilkan kekuatan tarik sebesar 56,51 N/mm² serta regangan rata-rata sebesar 6,31%, dan tool dengan bentuk tirus (120°) menghasilkan nilai kuat impak terbaik sebesar 0,21 J/mm². [14]

Pada penelitian ini akan diteliti perbandingan kekuatan tarik dan impak pada aluminium 6061 menggunakan variasi kedalaman pin (*Depth Plunge*), dimana sebelumnya material di las dengan pengelasan *Double Sided Friction Stir Welding* dengan kedalaman yang berbeda dan di uji dengan pengujian Tarik, dan uji Impak.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui hasil perbandingan kekuatan uji tarik, dan kekuatan uji impak, pada Aluminium 6061 setelah dilakukan pengelasan *Double Sided Friction Stir Welding* dengan perbedaan variasi kedalaman pin (*Depth Plunge*).

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan sumbangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi material kapal terhadap dunia pendidikan terutama di bidang perkapalan. Memberi tambahan informasi bagi lembaga dan instansi sebagai bahan pertimbangan atau literatur pada penelitian sejenisnya dalam rangka

pengembangan teknologi pengelasan pada bidang perkapalan.

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilakukan di laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Pengelasan dilakukan di Balai Pengembangan Mutu Pendidikan Kejuruan (BPM DIKJUR) Semarang. Pengumpulan data diperoleh dari buku-buku, majalah, modul, jurnal, artikel dan melalui internet. Sehingga dapat mempelajari karakteristik Aluminium 6061, *Double Sided Friction Stir Welding*, serta mempelajari pengujian Tarik, dan dampak setelah dilakukan pengelasan dengan variasi kedalaman las.

2.1. Bahan

Bahan penelitian yang digunakan adalah material Aluminium 6061 yang di dapatkan dari galangan kapal aluminium dengan ketebalan 10 mm.

Tabel 1. Material Properti Aluminium 6061 [6]

| Aluminium 6061 | |
|------------------------------|------------------------|
| <i>Poisson's Ratio</i> | 0,33 |
| <i>Modulus Of Elasticity</i> | 68,9 GPa |
| <i>Density</i> | 2700 kg/m ³ |
| <i>Yield stress</i> | 276 MPa |
| <i>Fatigue Strength</i> | 633 MPa |
| <i>Failure Strain</i> | 0,39 |
| <i>Tensile Strength</i> | 324 MPa |

2.2. Las *Double Sided Friction Stir Welding* (FSW)

Prinsip *Double Sided friction stir welding* yang ditunjukkan pada gambar 1, dengan gesekan dua benda pada dua sisi benda kerja yang terus-menerus akan menghasilkan panas, ini menjadi suatu prinsip dasar terciptanya suatu proses pengelasan gesek. Pada proses *Double Sided friction stir welding*, sebuah *tool* yang berputar ditekan pada material yang akan disatukan. Gesekan tool yang berbentuk silindris (*cylindrical shoulder*) yang dilengkapi pin/probe dengan

material baja KNL 110 Extra yang dilakukan proses hardening sampai dengan 61 HRC, mengakibatkan pemanasan setempat yang mampu melunakkan bagian tersebut. Tool bergerak pada kecepatan tetap dan bergerak melintang pada jalur pengelasan (*joint line*) dari material yang akan disatukan [7].

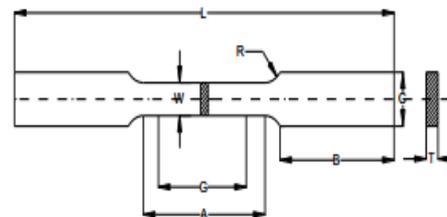
Pada pengelasan dengan metode *Double Sided friction stir welding* (FSW) menggunakan mesin milling dengan variasi kedalaman pin (*Depth Plunge*) 3 mm, 5 mm, 7 mm, dan 9 mm terhadap sumbu tegak lurus pada permukaan benda kerja dengan n kecepatan *feed rate* 10 mm/menit dan kecepatan putar *tool* sebesar 1640 rpm.



Gambar 3. *Friction Stir Welding*

2.3. Pengujian Tarik

Pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa fenomena perpatahan ulet dan getas, perpatahan ini dapat dilihat dengan mata telanjang. perpatahan ulet umumnya lebih disukai karena bahan ulet dan tangguh dan memberikan peringatan lebih dahulu sebelum terjadinya kerusakan. Sedangkan perpatahan getas memiliki ciri-ciri yang berbeda dengan patah ulet, yaitu tidak ada atau sedikit sekali terjadi deformasi plastis pada material. Patahannya merambat sepanjang bidang. [8]



Gambar 4. Bentuk Spesimen Uji Tarik (ASTM E8/E8M-09) [9]

Keterangan :

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| <i>Gage length (G)</i> | : 50,0 mm |
| <i>Length of reduced section (A)</i> | : 57 mm |
| <i>Width (W)</i> | : 12,5 mm |
| <i>Thickness (T)</i> | : 10 mm |
| <i>Radius of fillet (R)</i> | : 12,5 mm |
| <i>Overall length (L)</i> | : 200 mm |
| <i>Width of grip section (C)</i> | : 20 mm |
| <i>Length of grip section (B)</i> | : 50 mm |

Rumus untuk mendapatkan nilai tegangan adalah:

$$\sigma = P / A_0 \quad (1)$$

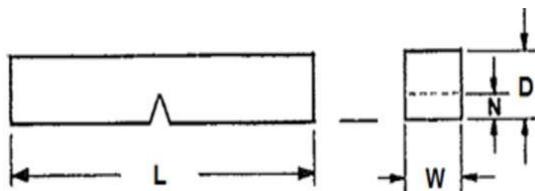
Dan rumus nilai regangan tarik adalah :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \% \quad (2)$$

Dimana, P adalah beban (N), A_0 adalah luas penampang awal (mm^2), ΔL adalah selisih pertambahan panjang, L_0 adalah panjang mula-mula

2.4. Pengujian Impak

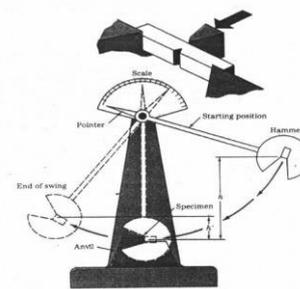
Informasi lain yang dapat dihasilkan dari pengujian *impact* adalah temperatur transisi bahan. Temperatur transisi adalah temperatur yang menunjukkan transisi perubahan jenis perpatahan suatu bahan bila diuji pada temperatur yang berbeda-beda. Pada pengujian dengan temperatur yang berbeda-beda maka akan terlihat bahwa pada temperatur tinggi material akan bersifat ulet (*ductile*) sedangkan pada temperatur rendah material akan bersifat rapuh atau getas (*brittle*). [10]



Gambar 5. Bentuk Spesimen Impak (ASTM E23) [11]

Keterangan :

| | |
|---------------------------|---------|
| <i>Overall length (L)</i> | : 55 mm |
| <i>Width (W)</i> | : 10 mm |
| <i>Thickness (T)</i> | : 10 mm |
| <i>Notched Charpy</i> | : 45° |



Gambar 6. Ilustrasi Skematis Pengujian Impak Dengan Benda Uji Charpy.

Nilai Impak suatu bahan yang di uji dengan metode charpy diberikan oleh :

$$HI = E / A \quad (3)$$

Dimana, E adalah Energi yang diserap (J), A adalah Luas penampang dibawah takik (mm^2)

2.5 Pelaksanaan Penelitian

Metode penelitian menggunakan hasil data pada saat dilakukan pengujian tarik, dan impact. Tahapan yang dilakukan untuk memperoleh data yaitu : Pertama melakukan pembuatan pin *tools* sesuai dengan kebutuhan. Kedua melakukan pengelasan FSW dengan *milling machine* sebagai penggerak utama, dimana untuk pengelasan dilakukan di BPM DIKJUR Kota Semarang Jawa Tengah. Ketiga melakukan pembuatan spesimen, dimana untuk uji tarik menggunakan ASTM E8, dan uji impact menggunakan ASTM E23, dan uji mikrografi menggunakan spesimen uji impact. Keempat melakukan pengujian tarik, dan impact pada hasil pengelasan Aluminium 6061 di Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gadjah Mada.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

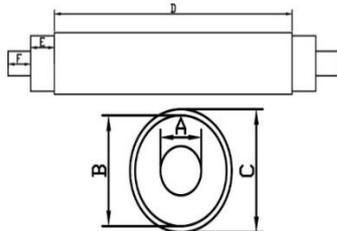
3.1 Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dimulai dengan pemotongan plat aluminium 6061 yang akan dilas dan digunakan sebagai spesimen uji. Lembaran plat aluminium 6061 dipotong menggunakan mesin potong menjadi beberapa ukuran sesuai dengan dimensi ukuran jumlah spesimen yang akan dilas dan diuji. Lembaran plat aluminium 6061 di potong menjadi dimensi ukuran 150 x 100 mm sebanyak 8 lembar untuk spesimen uji tarik dan 95 x 30 mm sebanyak 8 lembar untuk spesimen uji impact. Lembaran plat pada masing-masing uji dipotong menjadi 4 pasang untuk selanjutnya dilas menggunakan pengelasan *Double Sided Friction Stir Welding* dengan variasi

kedalaman pin (*Depth Plunge*) pada tiap pasang lembarnya.

3.2 Pembuatan Pin Tools

Material *tools* adalah KNL extra 110. Material tersebut dibentuk berdasarkan rancangan yang telah dibuat dengan proses bubut dan dilanjutkan dengan melakukan *heat treatment* untuk mendapatkan kekerasan yang diinginkan (62 HRC).



Gambar 7. Dimensi Tools

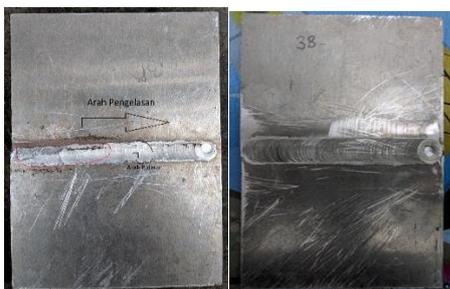
Keterangan :

| | |
|--------------------|-----------------|
| Material Pin | : KNL 110 Extra |
| Kekerasan | : 62 HRC |
| Diameter Pin (A) | : 8 mm |
| Diameter Probe (B) | : 18 mm |
| Diameter Tools (C) | : 20 mm |
| Panjang Tools (D) | : 70 mm |
| Panjang Probe (E) | : 10 mm |
| Panjang Pin (F) | : W, X, Y, Z mm |
| Keterangan | : |
| - W = 2.8 mm | - Y = 6.8 mm |
| - X = 4.8 mm | - Z = 8.8 mm |

3.3 Hasil Pengelasan

Dari proses pengelasan FSW didapatkan hasil sebagai berikut :

a. Variasi Kedalaman pin 3 mm



Gambar 8 Hasil Pengelasan Variasi Kedalaman pin 3 mm

Pengelasan untuk kedalaman pin 3 mm pada sisi A terdapat kecacatan pada lajur pengelasannya. Hal ini disebabkan karena kecepatan yang tidak konstan yang mengakibatkan suhu yang dibangun pada lajur pengelasan juga bisa terlalu tinggi atau terlalu rendah. Pada sisi B, hasil pengelasan cukup baik.

b. Variasi Kedalaman pin 5 mm



Gambar 9 Hasil Pengelasan Variasi kedalaman pin 5 mm

Pengelasan pada variasi kedalaman 5 mm cukup stabil namun, terjadi pengelupasan kulit plat pada daerah tengah lajur las. Hal itu dikarenakan tidak rataanya plat saat dilas yang mengakibatkan terjadinya penekanan saat pengelasan berlangsung.

c. Variasi Kedalaman pin 7 mm



Gambar 10 Hasil Pengelasan Variasi Kedalaman pin 7 mm

Pengelasan variasi kedalaman 7 mm pada sisi pertama cukup baik dan stabil sedangkan pada sisi kedua terdapat keretakan pada daerah lajur las. Hal ini diakibatkan karena pengadukan belum sempurna sehingga mengakibatkan cacat pada bagian lajur pengelasan.

d. Variasi Kedalaman pin 9 mm



Gambar 11 Hasil Pengelasan variasi kedalaman pin 9 mm

Pengelasan variasi kedalaman 9 mm pada sisi pertama cukup baik dan stabil dengan permukaan sedikit agak kasar sedangkan pada sisi kedua terjadinya keretakan yang memanjang

sepanjang lajur las. Hal ini diakibatkan karena pengadukan yang tidak sempurna sehingga mengakibatkan keretakan disepanjang lajur pengelasan

3.4 Hasil Pengujian Tarik

Plat aluminium 6061 yang telah dilas FSW dibentuk spesimen sesuai standar ASTM E8. Dan proses pengujian tarik pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gajah Mada. Mesin yang digunakan untuk pengujian tarik ini adalah mesin "ContraLab France".

3.4.1. Hasil Pengujian Tarik

Dari pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Tarik Kedalaman 3

| Spesimen | Teg Luluh (Mpa) | Teg Max (Mpa) | Regangan (%) | Regangan luluh (%) |
|-----------|-----------------|---------------|--------------|--------------------|
| 1 | 35.76 | 50.39 | 6.58 | 0.0612 |
| 2 | 21.76 | 24.66 | 6.6 | 0.0372 |
| 3 | 39.85 | 58.24 | 6.14 | 0.0681 |
| 4 | 55.41 | 74.17 | 7.5 | 0.0948 |
| 5 | 33.43 | 36.22 | 8.28 | 0.0572 |
| Rata-rata | 36.35 | 48.28 | 7 | 0.0622 |

Ket : Spesimen 2 dan 4 tidak masuk dalam perhitungan rata-rata karena memiliki simpangan yang terlalu besar/terlalu kecil

Berdasarkan tabel 2, maka dapat diketahui nilai modulus elastisitas adalah sebagai berikut :

$$E = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}}$$

$$E = \frac{36.35}{0,000622}$$

$$E = 58.476 \text{ Gpa}$$

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Tarik Kedalaman 5

| Spesimen | Teg Luluh (Mpa) | Teg Max (Mpa) | Regangan (%) | Regangan luluh (%) |
|-----------|-----------------|---------------|--------------|--------------------|
| 1 | 57.97 | 64.45 | 13.16 | 0.0909 |
| 2 | 53.13 | 56.45 | 5.76 | 0.0879 |
| 3 | 49.98 | 57.73 | 9.78 | 0.0826 |
| 4 | 59.77 | 68.07 | 9.2 | 0.0988 |
| 5 | 49.23 | 54.15 | 8.44 | 0.0814 |
| Rata-rata | 52.69 | 59.54 | 9.57 | 0.0872 |

Ket : spesimen 4 dan 5 tidak masuk dalam perhitungan rata-rata karena memiliki simpangan yang terlalu besar/terlalu kecil

Berdasarkan tabel 3, maka dapat diketahui nilai modulus elastisitas adalah sebagai berikut :

$$E = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}}$$

$$E = \frac{52.69}{0,000872}$$

$$E = 60.427 \text{ Gpa}$$

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Tarik Kedalaman 7

| Spesimen | Teg Luluh (Mpa) | Teg Max (Mpa) | Regangan (%) | Regangan luluh (%) |
|-----------|-----------------|---------------|--------------|--------------------|
| 1 | 45.02 | 50.02 | 8.32 | 0.0759 |
| 2 | 78.55 | 96.61 | 12.74 | 0.1324 |
| 3 | 44.74 | 58.51 | 13.74 | 0.0754 |
| 4 | 90.37 | 97.6 | 11.42 | 0.1523 |
| 5 | 34.5 | 46 | 7.9 | 0.0581 |
| Rata-rata | 41.42 | 51.51 | 9.99 | 0.0698 |

Ket : spesimen 2 dan 4 tidak masuk dalam perhitungan rata-rata karena memiliki simpangan yang terlalu besar/terlalu kecil

Berdasarkan tabel 4, maka dapat diketahui nilai modulus elastisitas adalah sebagai berikut :

$$E = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}}$$

$$E = \frac{41.42}{0,000698}$$

$$E = 59.349 \text{ Gpa}$$

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Tarik Kedalaman 9

| Spesimen | Teg Luluh (Mpa) | Teg Max (Mpa) | Regangan (%) | Regangan luluh (%) |
|-----------|-----------------|---------------|--------------|--------------------|
| 1 | 6.57 | 11.5 | 10.72 | 0.0175 |
| 2 | 10.28 | 11.75 | 13.64 | 0.0274 |
| 3 | 8.22 | 13.15 | 16.6 | 0.0219 |
| 4 | 7.55 | 12.36 | 11.82 | 0.0201 |
| Rata-rata | 8.14 | 11.87 | 12.06 | 0.0216 |

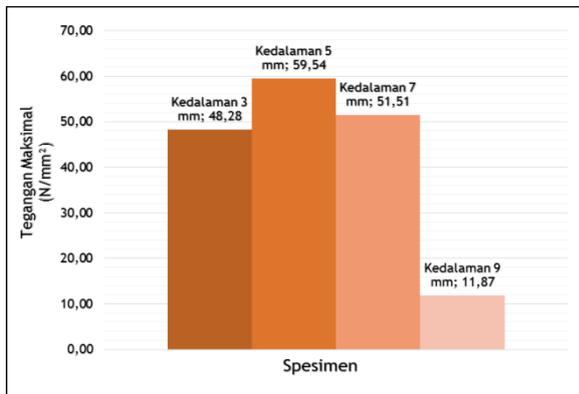
Ket : spesimen 3 tidak masuk dalam perhitungan rata-rata karena memiliki simpangan yang terlalu besar/terlalu kecil

Berdasarkan tabel 5, maka dapat diketahui nilai modulus elastisitas adalah sebagai berikut :

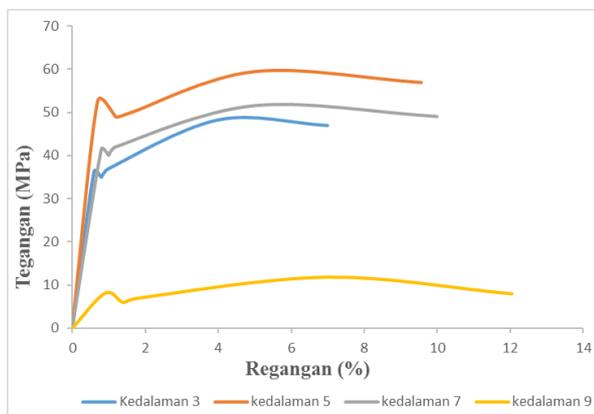
$$E = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}}$$

$$E = \frac{8.14}{0,000216}$$

$$E = 37.591 \text{ Gpa}$$



Gambar 12. Diagram Nilai Kekuatan Tarik



Gambar 14. Grafik Tegangan Regangan

Berdasarkan hasil pengujian, nilai kekuatan tarik rata-rata terbesar hasil pengelasan *Double Sided Friction Stir Welding* dihasilkan pengelasan dengan variasi kedalaman 5 mm yaitu sebesar 59.54 N/mm², dan nilai kekuatan tarik rata-rata terkecil dihasilkan oleh pengelasan dengan variasi kedalaman 9 mm yaitu sebesar 11.87 N/mm²

Dari hasil pengujian tarik didapatkan juga nilai modulus elastisitas dari Aluminium 6061 dengan variasi kedalaman pengelasan 3 mm sebesar 58.476 GPa, variasi kedalaman 5 mm sebesar 60.427 GPa, variasi kedalaman pengelasan 7 mm sebesar 59.349 GPa dan variasi kedalaman 9 mm sebesar 37.591 GPa.

3.5 Hasil Pengujian Impak

Plat aluminium 6061 yang telah dilas FSW dibentuk spesimen sesuai dengan standar uji impak ASTM E23 di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. Mesin yang

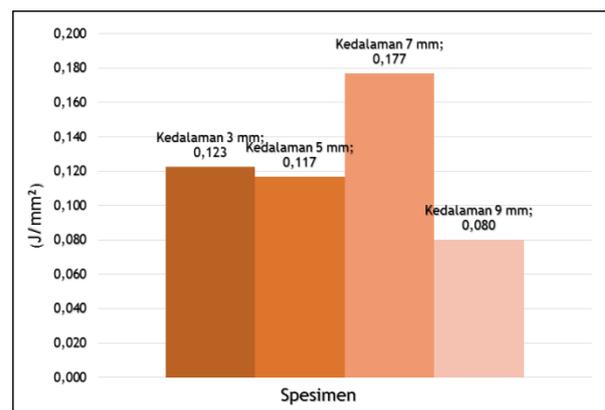
digunakan untuk melakukan pengujian impak pada penelitian ini adalah mesin uji impak "Frank" dengan *notched* impak charpy.

Hasil yang diperoleh dari pengujian impak pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Data Hasil Uji Impak

| Variabel | Harga Impact (J/mm ²) | Rata-rata Harga Impact (J/mm ²) | |
|-------------|-----------------------------------|---|------|
| Kedalaman 3 | Spes 1 | 0.15 | |
| | Spes 2 | 0.12 | |
| | Spes 3 | 0.11 | 0.12 |
| | Spes 4 | 0.24 | |
| | Spes 5 | 0.11 | |
| Kedalaman 5 | Spes 1 | 0.12 | |
| | Spes 2 | 0.22 | |
| | Spes 3 | 0.12 | 0.12 |
| | Spes 4 | 0.05 | |
| | Spes 5 | 0.11 | |
| Kedalaman 7 | Spes 1 | 0.19 | |
| | Spes 2 | 0.18 | |
| | Spes 3 | 0.21 | 0.17 |
| | Spes 4 | 0.16 | |
| | Spes 5 | 0.15 | |
| Kedalaman 9 | Spes 1 | 0.09 | |
| | Spes 2 | 0.08 | |
| | Spes 3 | 0.08 | 0.08 |
| | Spes 4 | 0.08 | |
| | Spes 5 | 0.07 | |

Keterangan : Untuk spesimen yang ditandai dengan warna kuning tidak masuk dalam perhitungan rata-rata karena memiliki nilai simpangan yang terlalu besar/terlalu kecil.



Gambar 18 Diagram Harga Impak

Dari teori uji impak makin keras benda maka akan mendapatkan nilai impak yang makin keras pula. Pengaruh variasi kedalaman pin terhadap kekuatan impak. Hasil pengujian dengan metode pengelasan *Double Sided Friction Stir Welding* menggunakan variasi Kedalaman pin (*Depth Plunge*) menghasilkan kekuatan impak yang berbeda. Harga impak rata-rata tertinggi

dihasilkan oleh spesimen yang dilas dengan variasi kedalaman pin 7 mm sebesar 0.18 J/mm², sedangkan untuk harga impact terendah dihasilkan oleh spesimen yang dilas dengan variasi kedalaman pin 9 mm yaitu 0.08 J

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis hasil pengujian tarik, impact dan mikrografi pada aluminium 6061 dengan pengelasan *double sided friction stir welding* menggunakan variasi kedalaman pin yang dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu Hasil pengujian kekuatan tarik aluminium 6061 hasil pengelasan *Double Sided Friction Stir Welding* menggunakan variasi kedalaman pin menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda. Nilai kuat tarik rata-rata terbesar dihasilkan dengan menggunakan kedalaman pin 5 mm yaitu sebesar 59.54 N/mm² dan nilai kuat tarik rata-rata terkecil dihasilkan oleh kedalaman pin 9 mm yaitu sebesar 11.87 N/mm².

Hasil pengujian impact aluminium 6061 hasil pengelasan *Double Sided Friction Stir Welding* menggunakan variasi kedalaman pin menghasilkan harga impact yang berbeda. Harga impact rata-rata terbesar dihasilkan dengan menggunakan kedalaman pin 7 mm yaitu sebesar 0,18 J/mm² dan harga impact rata-rata terkecil dihasilkan oleh kedalaman pin 9 mm yaitu sebesar 0.08 J/mm².

Berdasarkan poin 1 dan 2 dapat kita peroleh hasil pengelasan dengan kedalaman yang paling optimal. Untuk uji kekuatan tarik ini dengan kedalaman pin 5 mm dengan memberikan kekuatan tarik terbesar yaitu 59.54 N/mm² dan harga regangan 0.0872 %. Dari uji impact pengelasan dengan kedalaman pin 7 mm menghasilkan harga impact optimal yaitu sebesar 0,18 J/mm².

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Orang Tua dan Keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan penulis, Bapak Sugeng selaku Kepala Lab Mesin BPM DIKJUR Kota Semarang, dan Bapak Lilik selaku Kepala Lab Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM, serta teman-teman yang sudah membantu dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R.B. Majanasastra, "Analisa Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Hasil Proses Hydroforming Pada Material Tembaga (Cu) C84800 dan Aluminium Al 6063" Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Islam 45 Bekasi, 2016
- [2] A. Nurhafid, "Analisa Pengaruh Perbedaan Feed Rate Terhadap Kekuatan Tarik dan Impact Aluminium 6061 Metode Pengelasan Friction Stir Welding," 2017.
- [3] M. R.S and M.Z.Y, "Friction Stir Welding and Processing," Materials Science and Engineering, p. 2, 2005
- [4] S.Wartono, "Pengaruh Shoot Peening Terhadap Kekerasan Kakuatan Tarik dan Struktur Mikro Pada Material Aluminium," Institut Teknologi Sepuluh November, 2010
- [5] Y. Rizka A, J. Sarjito and H. Eko S, "Analisa Pengaruh Perbedaan Diameter Pin Tool Terhadap Kekuatan Tarik, Impact, dan Mikrografi Pada Aluminium 6061 Dengan Metode Pengelasan Friction Stir Welding (FSW)," Universitas Diponegoro, p.1, 2018
- [6] ASM Aerospace Specification Metals Inc, "ASM Material Data Sheet," 2018. [Online]. Available: <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=ma6061t6>. [Accessed: 26-Jul-2018].
- [7] R. Nandan, T. Debroy, and B. H.K.D.H, "Recent advances in friction-stir welding – Process, weldment structure and properties, Progress in Materials Science 53," pp. 980–1023, 2008
- [8] R. Setiaji, *Pengujian Tarik*. Jakarta: Laboratorium Metalurgi Fisik FTUI, 2009.
- [9] ASTM E8/E8M-09. 2009. Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate. USA
- [10] A. H. Yuwono, *Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material 1 Pengujian Merusak (Destructive Testing)*. Jakarta: Departemen Metalurgi Dan Material Fakultas Teknik UI, 2009. Putaran Tool Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Kekuatan Tarik Pada Sambungan Las FSW Tak Sejenis Antara AA5083 dan AA6061-T6," Yogyakarta: Departemen Teknik Mesin dan Industri UGM, 2015.
- [11] A. E23-07a, *Standard Test Method for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*, USA, 2007.

- [12] Biro Klasifikasi Indonesia, “*Rules for the Classification and Construction: Volume VI Rules for Welding*,” Jakarta, 2013.
- [13] B. Sugito, A. D. Anggono and D. Prasetyana, “Pengaruh Kedalaman Pin (Depth Plunge) Terhadap Kekuatan Sambungan Las pada Pengelasan Gesek Aluminium AL.5083,” p. 94, 2016
- [14] G.M. Habiebie, S. Jokosisworo and A. W. B. Santosa, “Analisis Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Hasil Pengelasan dengan proses Friction Stir Welding Pada Aluminium 6061 Menggunakan Modifikasi Tool Shoulder,” vol. 6, p.1, 2018