

Pengaruh Kecepatan Putar Pada Pengelasan Gesek Dissimiliar Aluminium

M. Fajar Sidiq⁽¹⁾, Bagus Setiawan⁽²⁾, Rusnoto⁽³⁾, M. Agus Shidiq⁽⁴⁾,
Galuh Rengani W.⁽⁵⁾, M. Yusuf⁽⁶⁾, Marsono⁽⁷⁾

^(1,2,3,4,5)Prodi Teknik Mesin, Universitas Pancaaskti Tegal

⁽⁶⁾ Prodi Teknik Sipil, Universitas Pancasakti Tegal

⁽⁷⁾ Politeknik Ahli Usaha Perikanan

Email sesuai dengan: fajarsidiq@upstegal.ac.id ⁽¹⁾

Abstrak

Indonesia adalah Negara maritime dengan ribuan pulau yang tersebar diseluruh wilayahnya. Kebanyakan kapal yang digunakan oleh masyarakat kita masih menggunakan bahan dari kayu dalam pembuatan rangka dan bodynya. Peristiwa terbakarnya kapal kayu di pelabuhan tegal juga mengindikasikan bahwa sebaiknya masyarakat mulai beralih pada material lain pengganti kayu dalam pembuatan kapalnya. Bahan yang dapat digunakan sebagai pengganti kayu dalam pembuatan kapal adalah Aluminium dan paduannya. Pemilihan penggunaan aluminium dikarenakan ketahanan korosinya yang tinggi dan berat jenisnya yang rendah jika dibandingkan dengan besi. Dalam penelitian kali ini akan difokuskan pada pengaruh parameter pengelasan FSW terhadap material hasil lasannya dimana dilakukan proses penyambungan dua buah material yang berbeda yaitu Aluminium seri 5xxx dan seri 6xxx dengan menggunakan proses FSW. Dari hasil pengujian pada sambungan pengelasan paduan aluminium menggunakan variasi kecepatan rotasi, menunjukkan bahwa nilai rata – rata kekerasan mengalami peningkatan, dimana pada variasi kecepatan rotasi RPM 2280 diperoleh nilai rata - rata kekerasan brinell tertinggi yaitu sebesar 51,59 kg/mm². Pada pengujian impak, nilai impak rata – rata juga mengalami peningkatan, dimana pada variasi kecepatan rotasi RPM 2280 nilai kuat impak rata - rata tertinggi yaitu sebesar 0.494 J/mm². Dari hasil pengujian laju korosi pada sambungan pengelasan, menunjukkan bahwa pada variasi kecepatan rotasi RPM 910 diperoleh nilai laju korosi rata - rata terendah yaitu sebesar 0,034 mpy.

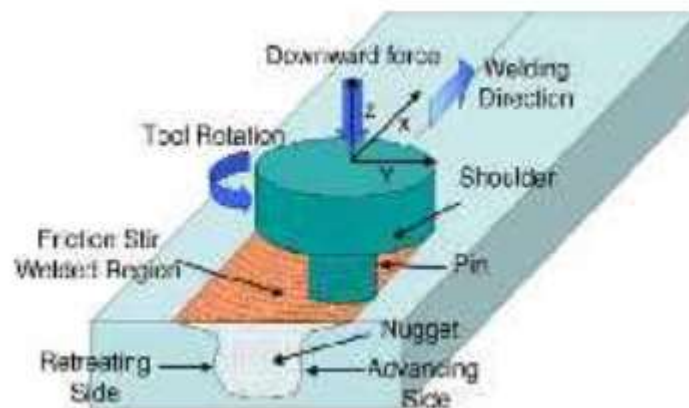
Kata Kunci: gesekan, las friksi, logam disimiliar, panas

Pendahuluan

Indonesia adalah Negara maritime dengan beribu-ribu pulau yang tersebar diseluruh wilayahnya. Kondisi ini membuat aktifitas masyarakat sebagian besar juga bersandarkan pada wilayah perairan dalam kehidupannya. Sebagai sarana dalam mencari ikan di laut, kebanyakan kapal yang digunakan oleh masyarakat kita masih menggunakan bahan dari kayu dalam pembuatan rangka dan bodynya. Bahan dari kayu sendiri sudah mulai dirasakan kurang maksimal oleh nelayan itu sendiri. kapal kayu membutuhkan perawatan yang sangat kompleks, harga yang mahal dan masa penggunaannya terbatas. Peristiwa terbakarnya kapal kayu di pelabuhan tegal juga mengindikasikan bahwa sebaiknya masyarakat mulai beralih pada material lain pengganti kayu dalam pembuatan kapalnya.

Aluminium dan paduannya seringkali mendapat tempat sebagai bahan utama atau bahan pengganti utama dalam proses pembuatan sesuatu benda, ini dapat dipahami karena aluminium dan paduannya dikategorikan dalam jenis logam ringan yang mempunyai ciri kekuatan tinggi, kemuluran yang baik, mampu bertahan dalam lingkungan yang korosif, kekonduksian panas yang

baik dan lebih ringan jika dibandingkan dengan jenis logam dan paduan lainnya. Jenis aluminium yang sering digunakan dalam pembuatan kapal biasanya menggunakan paduan seri 5xxx dan seri 6xx. Walau bagaimanapun juga, jika dibandingkan dengan baja dan paduannya, aluminium mempunyai sifat yang lebih lemah, seperti mudah untuk mengoksidasi, yang menghalang percantuman antara logam las dan logam induk, jadi jika ia mengalami proses pembekuan dalam waktu yang singkat, maka akan rusak terlalu cepat karena tercipta rongga kecil yang membentuk bekas kantung hidrogen. Namun perbedaan yang paling membedakan dari aluminium adalah nilai keuletan logam dalam proses las yang selalu lebih tinggi untuk logam las baja dibandingkan dengan logam dasar, dan cenderung lebih kecil untuk logam las aluminium daripada logam dasar. Nilai keuletan logam dasar. Oleh karena itu, proses penyambungan paduan aluminium menggunakan pengelasan friction stir welding (FSW). Dalam pelaksanaannya, FSW menggunakan gesekan yang terjadi antara benda kerja yang diputar dan benda kerja lain yang dalam posisi diam untuk menghasilkan panas dan melelehkan kedua benda kerja tersebut dan akhirnya menyatukannya.



Gbr. 1 Prinsip Kerja FSW
(Pratisna et al., 2016)

Meskipun demikian ada beberapa masalah yang selalu terjadi pada proses FSW diantaranya cacat pada logam las. Cacat ini termasuk tunnel defect, kissing bond, weld flash, and lack of penetration. Kondisi ini biasanya disebabkan oleh ketidaktepatan parameter pengelasan yang ditentukan oleh kecepatan proses pemakanan dan kecepatan putaran. Dalam studi ini, kami membahas sifat fisik dan mekanik sambungan las FSW sebagai fungsi dari kecepatan rotasi probe untuk mencegah munculnya cacat tersebut. Penelitian ini menjadi penting agar diperoleh kapal ikan yang kuat dan tahan dalam menghadapi gelombang karena sambungan pengelesannya yang baik.

Landasan Teori

Pesatnya perkembangan dunia industri telah mendorong munculnya berbagai inovasi dan ide-ide baru, seperti teknologi las. Pengelasan logam tak sejenis (dissimilar metal welding) sendiri sejatinya hasil dari banyaknya kebutuhan untuk menyambung material dari berbagai jenis logam dan paduannya sehingga mengakibatkan pengembangan dari teknologi pengelasan modern. Pengelasan dua bahan yang berbeda atau diketahui berbeda banyak digunakan dalam industri kimia serta dalam struktur mekanik dan elektronik. Perpaduan kedua material ini akan memunculkan sifat yang baru dari material tersebut. Namun, proses pengelasan dua material yang berbeda sulit dilakukan dengan proses konvensional karena sifat kedua material yang berbeda. Menggunakan proses konvensional menghasilkan ikatan yang keras dan rapuh yang dapat menyebabkan keretakan

Pengelasan dua material yang berbeda secara konvensional menjadi sulit dilakukan karena perbedaan sifat-sifat yang dimiliki oleh kedua material tersebut. Perbedaan tersebut meliputi titik lebur, koefisien perluasan termal, konduktivitas termal, konduktivitas listrik, dan lain sebagainya. Ketika material dengan sifat-sifat yang berbeda ini disambungkan, dapat terjadi masalah seperti kekerasan, kerapuhan, dan munculnya retakan pada daerah pengelasan.

Untuk mengatasi masalah ini, beberapa metode pengelasan dissimilar metal telah dikembangkan. Beberapa metode yang umum digunakan antara lain:

1. Pengelasan dengan elektroda khusus: Dalam metode ini, elektroda dengan komposisi khusus digunakan untuk menyambungkan kedua material. Elektroda ini biasanya mengandung logam tambahan yang membantu menyatukan dan mengkompensasi perbedaan sifat-sifat material.
2. Pengelasan dengan pengisi logam: Metode ini melibatkan penggunaan logam pengisi yang memiliki sifat-sifat yang kompatibel dengan kedua material yang akan disambungkan. Logam pengisi digunakan untuk mengisi celah antara dua material dan membentuk ikatan kuat.
3. Pengelasan menggunakan teknologi tambahan: Beberapa teknologi tambahan seperti ultrasonik, friksi, atau laser juga digunakan dalam pengelasan dissimilar metal. Teknologi ini dapat membantu mengurangi perbedaan sifat-sifat material dan mencapai hasil pengelasan yang lebih baik.

Pengelasan dissimilar metal membutuhkan pemahaman yang mendalam tentang sifat-sifat material yang akan disambungkan serta pengetahuan tentang teknik dan parameter pengelasan yang tepat. Dalam beberapa kasus, perlakuan panas atau perlakuan pasca pengelasan juga diperlukan untuk mengurangi tegangan dan memperkuat sambungan. Dengan perkembangan teknologi pengelasan dissimilar metal, industri dapat menggabungkan material-material dengan sifat-sifat yang berbeda, sehingga menghasilkan produk dengan kinerja yang lebih baik dan aplikasi yang lebih luas.

Las gesek atau Friction Welding adalah metode pengelasan yang menggunakan gerakan putaran dan tekanan untuk menghasilkan panas. Dalam proses las gesek, dua permukaan yang akan disambungkan digesekkan satu sama lain dengan tekanan yang tinggi. Gesekan tersebut menghasilkan panas akibat perubahan energi mekanis menjadi panas. Ketika suhu mencapai titik leleh, material akan meleleh dan menyatu saat tekanan tetap diberikan. Setelah proses pendinginan, terbentuklah sambungan yang kuat antara dua permukaan tersebut.

Metode pengelasan gesekan diklasifikasikan oleh American Welding Society sebagai metode pengelasan solid state (Shubharvardhan, 2012, p. 201). Proses penyambungan pengelasan gesekan terjadi pada suhu di bawah suhu leleh logam dasar, dan panas yang dihasilkan selama proses ini disebabkan oleh adanya tekanan antara permukaan benda kerja dan gerak relatif antara kedua permukaan yang bersentuhan (Shubharvardhan, 2012, 201), (Ilbas, 1995, 431).

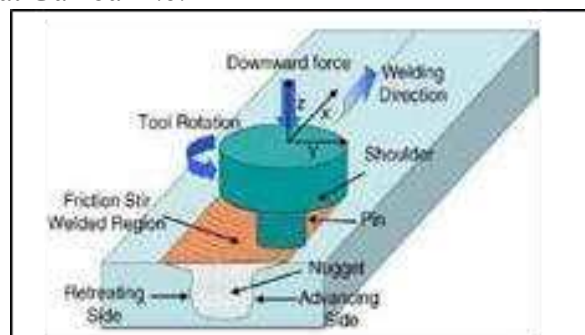
Salah satu dari 40 jenis pengelasan yang berkembang sejak ditemukannya energi listrik adalah proses pengelasan Friction Stir Welding (FSW), pertama kali ditemukan dan dikembangkan pada tahun 1991 oleh Wayne Thomas (Dawes) dari Welding Institute (TWI) di Inggris. . , 1999). Pengertian FSW sendiri adalah suatu teknik penyambungan logam yang tidak meleleh (solid state las) yang memanfaatkan gesekan atau gesekan antara alat atau probe dengan bahan yang disambung. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.5 yang merupakan gambar mesin FSW.



Gambar 2.5 Salah Satu Jenis Mesin FSW (Sumber : Haver, 2011)

a) Prinsip Kerja FSW

Prinsip kerja mesin las gesek adalah dengan memanfaatkan gaya gesek yang dihasilkan antara material dengan pengelasan aduk gesek sebagai energi panas, panas yang dihasilkan harus mencapai 0,8 atau lebih dari suhu leleh material sebelum dapat digunakan untuk menyambung. bahan. bahan (Sonawan dan Suratman, 2003). Untuk pemahaman yang lebih baik tentang cara kerja tukang las gesekan, lihat Gambar 2.6.



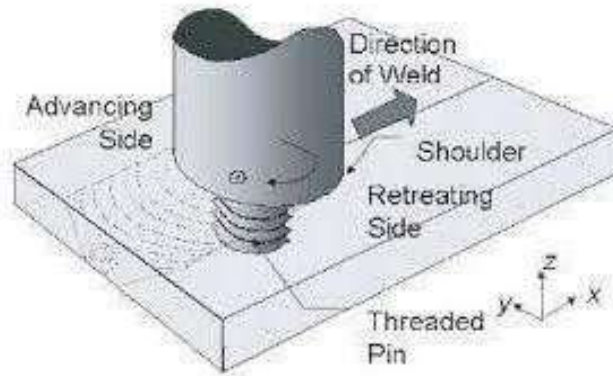
Gambar 2.6 Ilustrasi Proses Penyambungan Pada Mesin Las Friksi
(Sumber : Samir and Ali, 2009)

Seperti terlihat pada Gambar 2.6, prinsip kerja mesin las gesek tidak jauh berbeda dengan mesin las pada umumnya, semuanya menggunakan panas untuk melakukan proses penyambungan, namun yang membedakan proses mesin ini adalah panasnya. sumber FSW adalah dari gesekan. Sumber panas yang diperoleh secara gesekan, besarnya panas yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa komponen pada mesin las gesekan yaitu: geometri pahat, kecepatan putar, tekanan dan pergerakan pahat geser.

b) Geometri Tool

Perkakas merupakan bagian atau bagian utama dari mesin las gesek, selain alat ada pula yang menyebutnya dengan peniti. Geometri alat/pin inilah yang mempengaruhi energi yang dihasilkan. Bagian pemotong dibagi menjadi dua bagian, yaitu pemotong bahu dan poros pin. Dimana bahu dan peniti mempunyai geometri yang dipertimbangkan pada saat menghasilkan panas, yaitu jari-jari bahu dilambangkan dengan r_0 , jari-jari pen dilambangkan dengan r_1 , dan

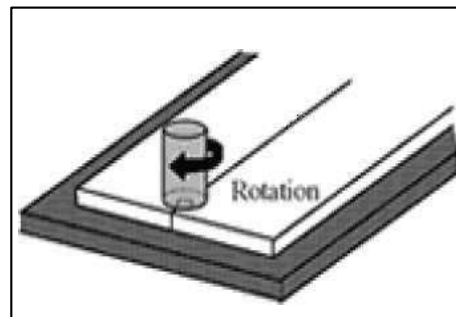
tinggi dari pen dilambangkan dengan h . Untuk pemahaman yang lebih baik tentang geometri pahat, lihat Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Geometri Pin/Tool
(Sumber : Samir and Ali, 2009)

c) Kecepatan Putar

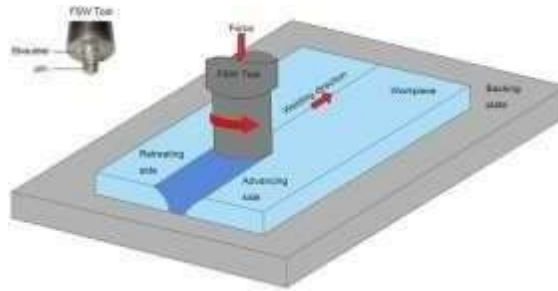
RPM adalah kecepatan putaran pahat selama pekerjaan FSW. Pada penelitian ini, kecepatan putaran alat menjadi salah satu parameter untuk memperoleh energi FSW. Diantaranya, kecepatan dilambangkan dengan “N”, dan satuan yang digunakan adalah putaran per menit (rpm). Kecepatan putar inilah yang akan digunakan untuk menentukan kecepatan sudut yang dihasilkan oleh putaran alat. Untuk gambaran lebih jelas mengenai gerakan rotasi pahat dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 . Ilustrasi Gerak Rotasi Tool FSW
(Sumber : Dawes, 1999).

d) Gaya Tekan

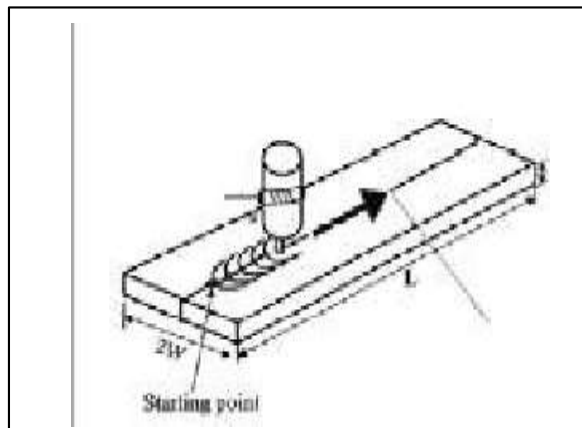
Gaya tekan yang dihasilkan mesin FSW berasal dari setting mesin las gesek yang ada, dan besar kecilnya gaya tekan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan proses pengelasan. Gaya tekan yang dihasilkan pada pahat ditandai dengan “F” dalam N (Newton). Gambar 2.9. adalah representasi grafis dari gaya tekan selama FSW



Gambar 2.9 Ilustrasi gaya tekan FSW (Sumber : Chao dkk, 2003)

e) Kecepatan Gerak Translasi

Kecepatan gerak translasi adalah pergerakan pahat dari suatu titik (titik awal) ke titik lain (titik akhir) yang searah dengan permukaan benda kerja material. Kecepatan gerak translasi dilambangkan dengan “v” dan satuannya meter per sekon (m/s). Untuk pemahaman yang lebih baik tentang kecepatan gerak translasi lihat Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Ilustrasi kecepatan translasi FSW (Sumber : Chao dkk, 2003)

Aluminium dan paduan aluminium memang termasuk dalam logam ringan dengan kekuatan yang tinggi. Mereka juga memiliki konduktivitas listrik yang baik dan tahan terhadap korosi. Hal ini membuat aluminium dan paduan aluminium menjadi pilihan yang populer dalam berbagai industri, termasuk industri otomotif, pesawat terbang, dan konstruksi.

Kemajuan terkini dalam teknologi pengelasan menyederhanakan pengelasan aluminium dan paduannya, yang menyebabkan perkembangan aluminium dan paduannya di banyak bidang. Aluminium seri 5083 dan 6061 diklasifikasikan sebagai elemen paduan utama yaitu magnesium dan silikon, dan paduan ini termasuk dalam jenis paduan dengan kemampuan mesin, kemampuan las, dan ketahanan korosi yang baik. Namun, sifat yang kurang baik dari paduan aluminium ini adalah zona las menjadi lunak akibat panas pengelasan yang dihasilkan. Penulis akan coba meneliti lebih lanjut perpaduan aluminium seri 5083 dan 6061 terhadap kekuatan tarik, bending dan impak.

Metode Penelitian

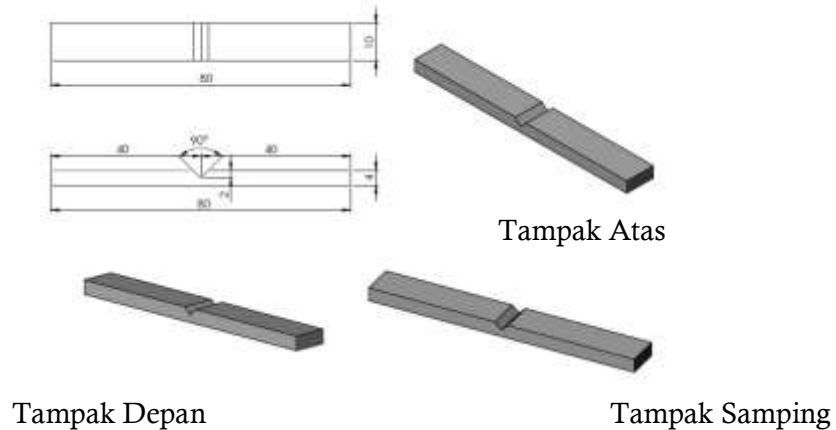
1. Proses Pembuatan Spesimen

Dalam penelitian ini diawali dengan persiapan alat dan bahan berupa Pelat Aluminium seri 5083 dan seri 6061 dengan ketebalan 6 mm yang berdimensi 360 mm x 110 mm dengan metode pengelasan friction stir welding.

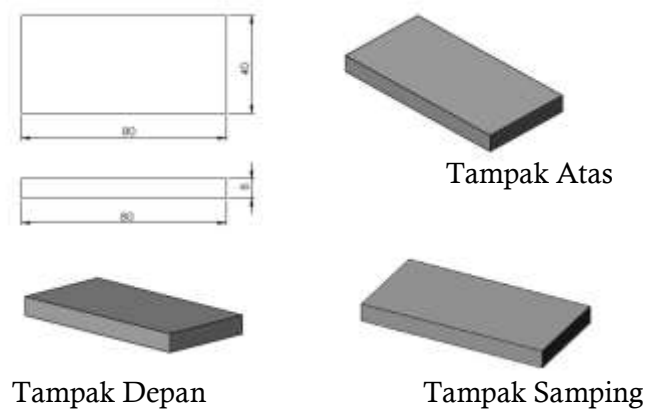


Gambar 3. 1 Alumunium Seri 5083 dan 6061

Selanjutnya proses pembentukan sampel sesuai kriteria masing-masing pengujian. Standar uji tarik mengacu pada standar ASTM D638, standar uji impak mengacu pada standar ISO 179, dan standar uji tekuk mengacu pada standar ASTM D79002.



Gambar 2. sampel uji impak



Gambar 3. Sampel Uji Kekerasan Dan korosi

2. Variabel Penelitian

Adapun variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah Variasi Kecepatan putar dari spindle.

2. Variabel Terikat

Sedangkan variabel terikat pada penelitian ini adalah analisa terhadap sifat mekanik material yaitu pengujian tarik, dan kekuatan impak dan pengujian Kekerasan.

Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Setelah didapatkan data hasil pengujian spesimen di Laboratorium, maka dibuatlah hasil analisa dan grafik sebagai berikut ;

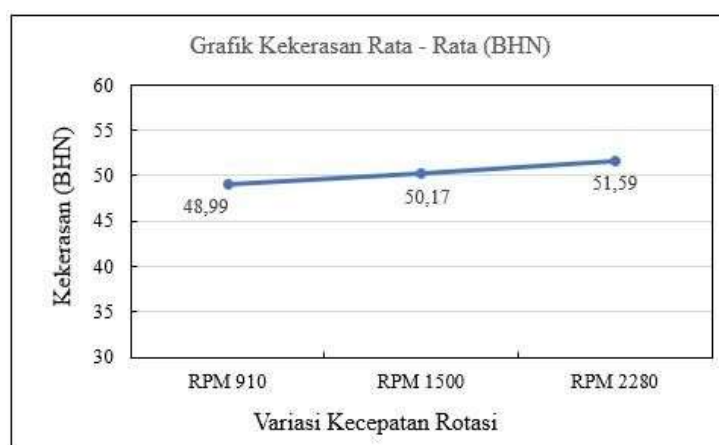
1. Pengujian kekerasan *brinell*

Pada pengujian kekerasan ini menggunakan metode *Brinell* dengan diameter indenter 2,5 mm. Standar spesimen uji yang dipakai adalah ASTM E10. Pengujian dilakukan sebanyak 3 titik pada permukaan untuk setiap spesimen uji tersebut. Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kekerasan *Brinell*

No	Variasi Spesimen	Titik Uji	Diameter (mm)	Kekerasan Brinell (BHN)	Kekerasan Rata - Rata
1	RPM 910	1	1,25	47,5	48,99
		2	1,20	51,9	
		3	1,25	47,1	
2	RPM 1500	1	1,26	46,7	50,18
		2	1,20	51,9	
		3	1,20	51,9	
3	RPM 2280	1	1,20	51,9	51,59
		2	1,21	51,0	
		3	1,20	51,9	

Dari hasil pengujian kekerasan pada sambungan pengelasan dengan las friksi paduan aluminium menggunakan variasi kecepatan rotasi, didapatkan grafik kekerasan rata - rata sebagai berikut :



Gambar 4.4 Grafik rata – rata kekerasan

Dari grafik diatas, menunjukkan nilai rata - rata kekerasan *brinell* pada sambungan pengelasan dengan las friksi paduan alumunium menggunakan variasi kecepatan rotasi mengalami peningkatan. Dimana pada variasi kecepatan rotasi RPM 910 diperoleh nilai rata - rata kekerasan *brinell* sebesar 48,99 kg/mm². Kemudian untuk variasi kecepatan rotasi RPM 1500 diperoleh nilai rata - rata kekerasan *brinell* sebesar 50,18 kg/mm². Sedangkan untuk variasi kecepatan rotasi RPM 2280 diperoleh nilai rata - rata kekerasan *brinell* sebesar 51,59 kg/mm². Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan rotasi saat pegelasan friksi mengakibatkan semakin semakin besar nilai kekerasannya.

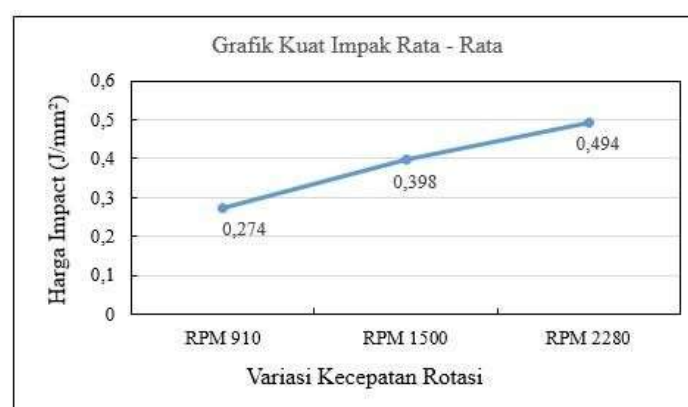
2. Pengujian Impak

Pada pengujian impak ini dilakukan dengan menggunakan metode *Charpy*. Standar spesimen uji yang dipakai mengacu ASTM E23. Panjang lengan palu 0.8 meter dan berat palu 20 kg. Hasil pengujian impak dapat dilihat pada tabel berikut ini yaitu :

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Impak

No	Variasi Spesimen	Sudut α (°)	Energi (J)	Sudut β (°)	Energi Terserap (J)	Luas (mm ²)	Harga Impact (J/ mm ²)	Impact Rata - Rata
1	Rpm 910 - 1	151	300	138,00	21,0	73,4	0,287	0,274
	Rpm 910 - 2	151	300	140,00	17,4	71,3	0,244	
	Rpm 910 - 3	151	300	139,00	19,2	65,8	0,292	
2	Rpm 1500 - 1	151	300	136,00	24,8	65,8	0,377	0,398
	Rpm 1500 - 2	151	300	135,00	26,8	71,6	0,375	
	Rpm 1500 - 3	151	300	133,00	30,8	69,6	0,443	
3	Rpm 2280 - 1	151	300	137,00	22,9	54,0	0,425	0,494
	Rpm 2280 - 1	151	300	131,00	35,0	69,2	0,506	
	Rpm 2280 - 1	151	300	131,00	35,0	63,5	0,551	

Dari hasil pengujian impak pada sambungan pengelasan dengan las friksi paduan alumunium menggunakan variasi kecepatan rotasi, didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.5 Grafik kuat impak rata - rata

Dari grafik diatas, menunjukkan nilai kuat impak rata - rata pada sambungan pengelasan dengan las friksi paduan alumunium menggunakan variasi kecepatan rotasi mengalami peningkatan. Dimana pada variasi kecepatan rotasi RPM 910 diperoleh nilai kuat impak rata - rata sebesar 0.274 J/mm². Kemudian untuk variasi kecepatan rotasi RPM 1500 diperoleh nilai kuat impak rata - rata

sebesar 0.398 J/mm². Sementara untuk variasi kecepatan rotasi RPM 2280 nilai kuat impak rata - rata sebesar 0.494 J/mm². Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan rotasi saat pengelasan friksi mengakibatkan semakin semakin besar kuat impak nya.

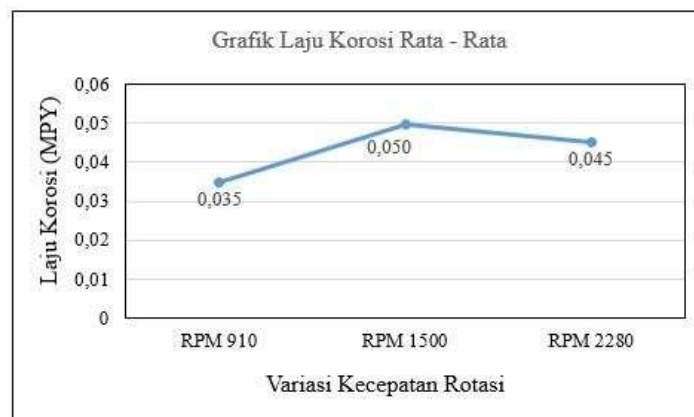
3. Pengujian Laju Korosi

Pengujian laju korosi menggunakan metode *weight loss* dengan perendaman selama 100 jam. Cairan perendaman menggunakan media korosif HCl 3,5 %. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur awal berat sampel dan mengukur berat akhir sampel setelah terkorosi dengan media korosif. Hasil pengujian laju korosi dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Laju Korosi

No	Variasi Spesimen	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kehilangan Berat (gr)	Luas Korosi (mm ²)	Laju Korosi (mpy)	Laju Korosi Rata - Rata
1	Rpm 910 - 1	5,563	5,532	0,03	1160	0,034	0,035
	Rpm 910 - 2	6,306	6,270	0,04	1200	0,038	
	Rpm 910 - 3	4,747	4,717	0,03	1140	0,033	
2	Rpm 1500 - 1	5,141	5,103	0,04	1200	0,040	0,050
	Rpm 1500 - 2	5,517	5,478	0,04	1180	0,042	
	Rpm 1500 - 3	5,747	5,694	0,06	1180	0,067	
3	Rpm 2280 - 1	6,338	6,263	0,08	1200	0,079	0,045
	Rpm 2280 - 1	6,137	6,103	0,03	1200	0,036	
	Rpm 2280 - 1	6,301	6,281	0,02	1200	0,021	

Dari hasil pengujian laju korosi pada sambungan pengelasan dengan las friksi paduan alumunium menggunakan variasi kecepatan rotasi, didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.6 Grafik laju korosi rata – rata

Dari grafik diatas, menunjukkan laju korosi rata - rata dari hasil pengelasan friksi pada alumunium dengan variasi kecepatan rotasi mengalami fluktuasi. Dimana pada variasi kecepatan rotasi RPM 910 diperoleh nilai laju korosi rata - rata terkecil yaitu sebesar 0,034 mpy. Kemudian untuk variasi kecepatan rotasi RPM 1500 mengalami peningkatan nilai laju korosi rata - rata yaitu sebesar 0,050 mpy. Sementara untuk variasi kecepatan rotasi RPM 2280 justru mengalami penurunan nilai laju korosi rata - rata yaitu sebesar 0,045 mpy, hal dikarenakan pada spesimen uji 1 dan 2 mengalami kehilangan berat yang kecil sehingga menurunkan nilai rata – rata laju korosinya.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa pada sambungan pengelasan dengan las friksi paduan alumunium menggunakan variasi kecepatan rotasi, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil pengujian kekerasan *brinell* pada sambungan pengelasan dengan las friksi paduan alumunium menggunakan variasi kecepatan rotasi, menunjukkan bahwa nilai rata – rata kekerasan mengalami peningkatan. Dimana pada variasi kecepatan rotasi RPM 910 diperoleh nilai rata - rata kekerasan *brinell* terendah yaitu sebesar 48,99 kg/mm². Kemudian untuk variasi kecepatan rotasi RPM 1500 diperoleh nilai rata - rata kekerasan *brinell* sebesar 50,18 kg/mm². Sementara untuk variasi kecepatan rotasi RPM 2280 diperoleh nilai rata - rata kekerasan *brinell* tertinggi yaitu sebesar 51,59 kg/mm².
2. Dari hasil pengujian impak pada sambungan pengelasan dengan las friksi paduan alumunium menggunakan variasi kecepatan rotasi, menunjukkan bahwa nilai kuat impak rata – rata mengalami peningkatan. Dimana pada variasi kecepatan rotasi RPM 910 diperoleh nilai kuat impak rata - rata terendah yaitu sebesar 0.274 J/mm². Kemudian untuk variasi kecepatan rotasi RPM 1500 diperoleh nilai kuat impak rata - rata sebesar 0.398 J/mm². Sementara untuk variasi kecepatan rotasi RPM 2280 nilai kuat impak rata - rata tertinggi yaitu sebesar 0.494 J/mm².
3. Dari hasil pengujian laju korosi pada sambungan pengelasan dengan las friksi paduan alumunium menggunakan variasi kecepatan rotasi, menunjukkan bahwa laju korosi rata – rata mengalami fluktuasi. Dimana pada variasi kecepatan rotasi RPM 910 diperoleh nilai laju korosi rata - rata terendah yaitu sebesar 0,034 *mpy*. Kemudian untuk variasi kecepatan rotasi RPM 1500 mengalami peningkatan nilai laju korosi rata - rata tertinggi yaitu sebesar 0,050 *mpy*. Sementara untuk variasi kecepatan rotasi RPM 2280 mengalami penurunan nilai laju korosi rata - rata yaitu sebesar 0,045 *mpy*.

Daftar Pustaka

- Pratisna, P., Anggertyo, I., A, P. A. N., Induk, L., Labinkimat, M., & Al, T. N. I. (2016). *Sifat Fisik dan Mekanik Sambungan Las Friction Stir Welding (FSW) AA 5083 dengan Variasi Bentuk dan Kecepatan Putar Probe Pada Konstruksi Kapal Physical and Mechanical Properties of Welded Joints Friction Stir Welding (FSW) AA 5083 with a Variation of the Shape and Rotational Speed Probe On Ship Construction*.
- Endartyana, R.F. *Studi perbandingan sifat mekanik pada pengelasan satu sisi dan dua sisi friction stir welding aluminium 5083 kapal Katamaran*”, Tugas Akhir S-1, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh (ITS).Surabaya, (tidak dipublikasikan); 2013.
- Mahmoud, T.S., Gaafer, A.M., & Khalifa, T.A.,2008 , *Effect of Tool Rotational and Welding Speeds on Microstructural and Mechanical Characteristics of Friction Stir Welded A319 Cast Al Alloy*, Materials Science and Technology 2008 Vol. 24 no 5, 553-559.
- Muhammad Irfan Maulana , Akhmad Hafizh Ainur Rasyid.,2022. *Simulasi Parameter Pengelasan Gesek Rotari Pada Al Alloy 6061 T-6 Dan Aisi 1018 Dengan Finite Element Method (Fem)*. Otopro Volume 17 No. 2 Mei 2022.
- Napitupulu, Rsimanjuntak , Smanurung C Et Al.,2019. *Friction stir welding of aluminium alloy 6061-6651*. IOP Conference Series: Materials Science And Engineering 2019.
- Nugroho, F., 2017. *Studi Komparasi Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Impak*,

- Kekerasan, Dan Struktur Mikro Sambungan Las Pegas Daun Baja Sup 9 Pada Proses Las Smaw.* Angkasa J. Ilm. Bid. Teknol. 9,57.
- Sawaldi, A., Fathier, A., Ibrahim, A., 2019. *Pengaruh PWHT terhadap struktur mikro pada lasan pipa baja ASTM A106 grade B.* J. Weld. Technol. 1, 31–35.
- Setyowati, V. A. & Restu Widodo, W. E., 2017. *Analisis Kekuatan Tarik Dan Karakteristik XRD Pada Material Stainless Steel Dengan Kadar Karbon Yang Berbeda.* Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan, Volume V, pp. 57-62.
- Tarmizi, Odi Buana Hutapea.,2015. *Desain dan pembuatan perkakas untuk prses friction stir welding Pada Maeterial Alumunium 5052.* JRTI Vol. 9 No. 2 Desember 2015.
- Threadgill, P. Leonard, Shercliff Het Al ., 2009. *Friction stir welding of aluminium.* International Materials Reviews, 49-93, 54(2) 2009.
- Yustiasih Purwaningrum., 2012. *Karakterisasi Sifat Fisik dan Mekanik Sambungan Las Friksi Aluminium Seri 6063 T6 Dengan Variasi Parameter Pengelasan.* Jurnal Teknik Mesin, Volume 12, Nomor 1, Januari 2012.