

ANALISIS SIFAT FISIK DAN MEKANIK PADA SAMBUNGAN LAS GESEK DUA JENIS MATERIAL ALUMINIUM DAN TEMBAGA DENGAN VARIASI PUTARAN**Andika Dwi Putra*, Helmy Purwanto dan Imam Syafa'at**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim

Jl. Menoreh Tengah X/22. Sampangan, Semarang 50236

*Email: andikadwip2123@gmail.com

Abstrak

Teknologi pengelasan saat ini menjadi salah satu hal yang diutamakan dalam proses produksi industri. Salah satu metode pengelasan yang perlu dilakukan penelitian lebih lanjut adalah pengelasan gesek (*friction welding*). Tipe *friction welding* yang sering digunakan dalam industri manufaktur untuk menyambungkan benda bulat adalah *continuous drive friction welding (CDFW)*. Proses pengelasan *solid state* dimana penggabungan diperoleh dari panas akibat gesekan dan tekanan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji variasi putaran dalam tekanan konstan 3 Mpa dengan material aluminium dan tembaga terhadap sifat fisik dan mekanik. Pengelasan dilakukan dengan variasi putaran 900 rpm, 1400 rpm dan 2000 rpm. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa pada variasi putaran 900 rpm memperlihatkan struktur mikro lebih rapat dan butiran halus merata. Pada putaran 900 rpm memperlihatkan uji tarik tertinggi sebesar 83,689 Mpa dan kekerasan tertinggi pada sambungan las yaitu sebesar 87,3 HRB.

Kata kunci : las gesek, struktur mikro, uji tarik, uji kekerasan.

PENDAHULUAN

Teknologi pengelasan saat ini menjadi salah satu hal yang diutamakan dalam proses produksi industri. Las gesek (*friction welding*) proses penyambungan logamnya tanpa pencairan, yang mana proses penyambungan terjadi akibat penggabungan laju putaran salah satu benda kerja dengan ujung benda kerja lainnya yang diberi tekanan dan akan menghasilkan panas yang akan melumerkan kedua permukaan yang bergesekan. Kecepatan putar, durasi gesek dan tekanan merupakan variabel yang sangat penting dalam pengelasan gesek karena variabel tersebut akan menentukan kualitas dan hasil pengelasan (Firmansah dkk., 2018).

Pengelasan gesek adalah proses pengelasan *solid state* dimana penggabungan diperoleh dari panas akibat gesekan dan tekanan. Gesekan biasanya terjadi pada dua permukaan benda yang berputar. Kedua permukaan yang bersinggungan terjadi panas mendekati titik cair sehingga permukaan yang bersinggungan menjadi plastis dan bercampur (Sahoo dan Samantaray, 2007).

Menurut Haryanto, dkk. (2017) Las gesek (*Friction welding*) merupakan proses pengelasan yang memanfaatkan panas yang ditimbulkan akibat gesekan pada kedua permukaan batang yang akan disambung. Gesekan yang berlangsung terus menerus akibat tekanan pada kedua permukaan, panas akan meningkat sampai

mencapai pada temperatur leleh (*melting*). Las gesek sangat baik digunakan untuk mengelas dua bahan yang berbeda (*disimilar materials*) dan batang yang mempunyai bentuk geometris yang berbeda.

Dalam dunia teknologi saat ini Aluminium sering digunakan dalam proses pembuatan kendaraan yaitu mobil, dan kapal. Aluminium dan paduannya memiliki sifat mampu las yang kurang baik (Romadhoni, 2015). Hal ini disebabkan oleh sifat aluminium sebagai konduktivitas panas yang tinggi dan titik cairnya yang rendah (Tarmizi, 2016).

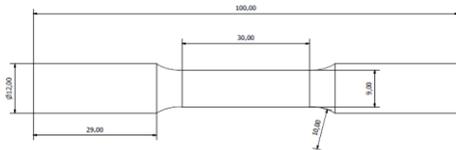
Menurut Groover dan Mikell (1996) Keuntungan dari pengelasan yaitu memberikan sambungan yang permanen, sambungan las dapat lebih kuat dari pada material induknya jika logam pengisi (*filler metal*) yang digunakan memiliki sifat-sifat kekuatan yang lebih tinggi dari pada material induknya dan pengelasan merupakan cara yang paling ekonomis.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur mikro, kekuatan tarik, dan kekerasan pada metode las gesek terhadap sifat fisis dan mekanik dengan variasi kecepatan putar pada Aluminium dan tembaga.

METODE PENELITIAN

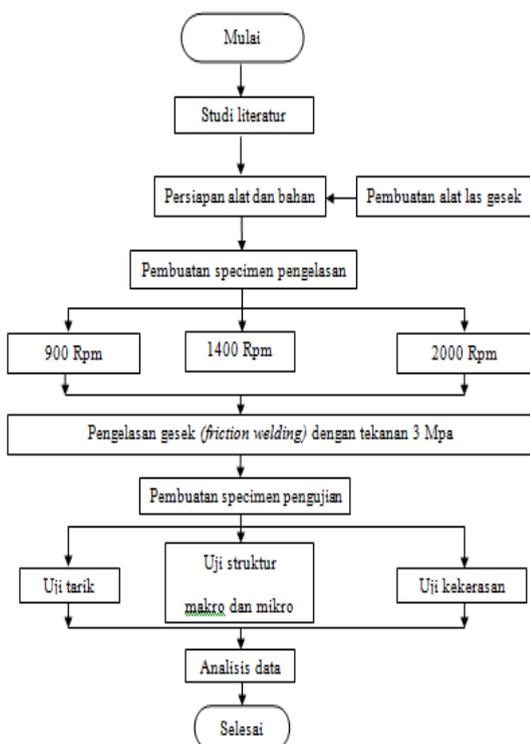
Bahan dipakai dalam penelitian ini adalah material aluminium dan tembaga berdiameter 12 mm, dengan variasi kecepatan putar 900 rpm, 1400 rpm, 2000 rpm dan tekanan 3 Mpa.

Proses selanjutnya pembuatan spesimen yang akan dilas dengan menggunakan mesin las gesek yang telah didesain dan pembuatan spesimen untuk uji tarik dengan mesin bubut dengan ukuran sesuai standar ASTM E8 seperti Gambar 1.



Gambar 1. Spesimen uji tarik dengan standar ASTM E8.

Proses selanjutnya pembuatan spesimen untuk uji kekerasan dengan pembelahan melintang menggunakan ampelas setelah pembelahan melintang memberikan resin pada spesimen selanjutnya pengujian mikro, sebelum pengujian mikro dilakukan penghalusan pada permukaan yang dengan cara pengamplasan setelah itu diberikan proses etsa dengan cara pelarutan kimia untuk memperlihatkan hasil uji struktur mikro. Adapun diagram alir dalam penelitian dan uji komposisi kimia las gesek (*friction welding*) dapat ditunjukkan pada Gambar 2 dan tabel 1.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Tabel 1. Pengujian komposisi kimia aluminium dan tembaga

Unsur	Material	
	Tembaga	Aluminium
Al	0,17	98,52
Si	0,053	0,36
Fe	<0,0050	<0,0500
Cu	99,1	0,17
Mn	0,0041	<0,0200
Mg	<0,0050	<0,0500
Cr	0,0149	0,19
Ni	0,0853	0,0323
Zn	0,14	0,0496
Sn	0,227	<0,0500
Ti		<0,0100
Pb	0,0389	<0,0300
Be	<0,0020	0,0001
Ca	-	0,0036
Sr	-	<0,0005
V	-	<0,0100
Zr	0,0013	0,0038
Cr	0,149	-
As	0,0076	-
Cd	0,0129	-
Co	0,0355	-
Ag	0,0076	-

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perbandingan pengelasan gesek dengan variasi kecepatan putar 900 rpm, 1400 rpm, dan 2000 rpm pada tekanan 3 Mpa ditunjukkan pada Gambar 3.



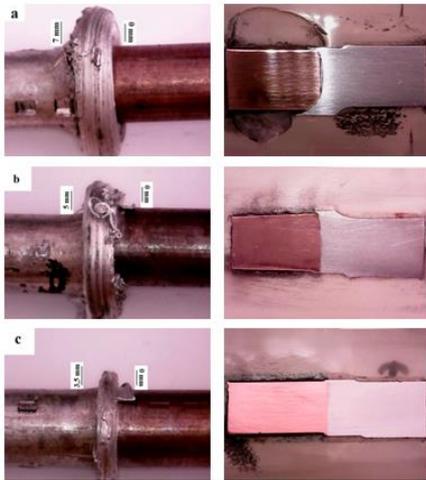
Gambar 3. Hasil pengelasan gesek a). 900 rpm, b).1400, c). 2000 rpm pada tekanan 3 Mpa.

Dari hasil pengelasan gesek pada variasi kecepatan putar 900 rpm, 1400 rpm, dan 2000 rpm pada tekanan 3 Mpa. Menunjukkan bahwa pada kecepatan putar 900 rpm kondisi material pada sambungan las tebal dan tinggi luberannya. Pada kecepatan putar 1400 rpm kondisi material pada sambungan las daun luberan tebal dan melebar. Pada kecepatan putar 2000 rpm kondisi material pada sambungan las semakin tebal dan semakin melebar daun luberan karena kecepatan putar yang semakin tinggi.

Hasil Foto Makro

Dari hasil foto makro pada hasil pengelasan gesek dengan bahan material

aluminium dan tembaga yang berbentuk silinder pejal pada variasi 900 rpm, 1400 rpm, 2000 rpm dengan tekanan 3 Mpa. Pada kondisi material aluminium berputar dan tembaga menekan. setelah dilakukan pembelahan melintang, hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Foto makro tekanan 3 Mpa.
a) 900 rpm b) 1400 rpm c) 2000 rpm

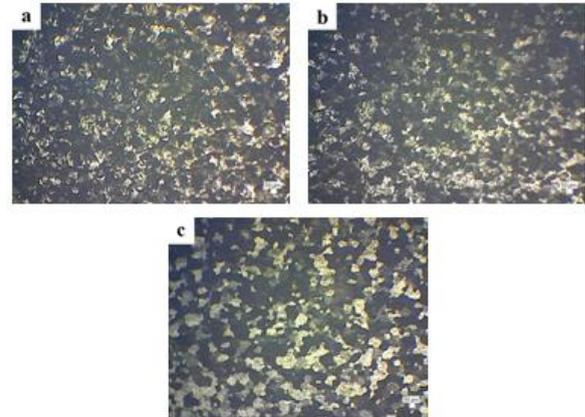
Pengelasan dengan metode las gesek (*friction welding*) mengakan dua material yang berbeda yaitu aluminium dan tembaga, dua bahan tersebut memiliki titik leleh yang berbeda dan mengakibatkan tinggi daun luberan yang berbeda di setiap variasi tekanan yang digunakan, tembaga memiliki titik leleh yang tinggi sedangkan aluminium memiliki titik leleh yang rendah sehingga luberan hanya terjadi di material aluminium .

HASIL FOTO MIKRO Logam Induk Aluminium

Hasil pengamatan struktur mikro pada material silinder pejal jenis material aluminium. Pada struktur mikro logam induk, material yang digunakan sebagai bahan penelitian pada metode las gesek dengan pembesaran optik 50 kali seperti yang di tunjukan pada Gambar 5.

Pada Gambar 5. a. Struktur partikel mengalami perubahan mengecil dan tersebar, disebabkan tingginya panas karena gesekan yang ditimbulkan dari putaran torsi dan tekanan yang terjadi. Gambar 5. b. menunjukkan struktur aluminium mengalami perubahan struktur partikel melebar akibat panas disebabkan gesekan yang ditimbulkan dari kecepatan putar

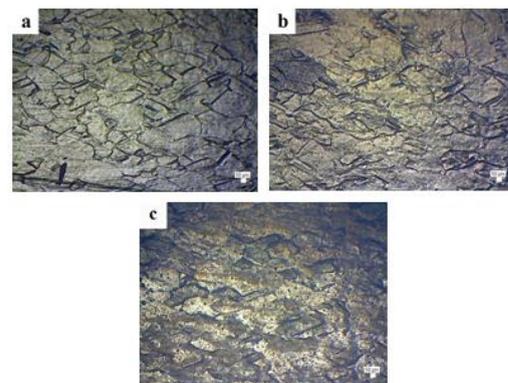
dan tekanan yang terjadi. Gambar 5. c. struktur aluminium tidak mengalami perubahan, disebabkan panas yang rendah akibat tingginya kecepatan putar menjadikan torsi menurun dan gesekan melambat.



Gambar 5. Foto mikro logam induk aluminium
a) 900 rpm; b) 1400 rpm; dan c) 2000 rpm.

Logam Induk Tembaga

Hasil pengamatan struktur mikro pada daerah logam induk tembaga, daerah terkena panas atau *heat affective zone*. Pada Struktur mikro logam induk, material yang digunakan sebagai bahan penelitian pada metode las gesek dengan pembesaran optik 50x dan seperti yang di tunjukan pada Gambar.

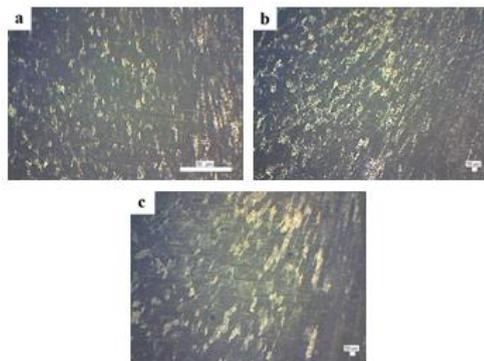


Gambar 6. Foto mikro logam induk tembaga
a) 900 rpm; b) 1400 rpm; dan c) 2000 rpm.

Pada Gambar 6. a. Menunjukkan perubahan struktur butiran mengecil akibat terkena panas, karena gesekan yang ditimbulkan dari putaran torsi dan tekanan yang terjadi. Gambar 6. b. struktur partikel melebar akibat panas disebabkan gesekan yang ditimbulkan dari kecepatan putar dan tekanan yang terjadi. Gambar 6. c. struktur tembaga semakin melebar disebabkan panas yang tinggi akibat panas yang ditimbulkan dari kecepatan putar dan tekanan.

HAZ Alumunium

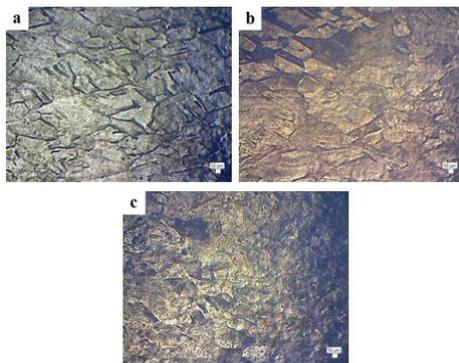
Hasil pengamatan struktur mikro daerah HAZ alumunium pada putaran 900 rpm, 1400 rpm, 2000 rpm dan tekanan 3 Mpa dengan per besaran lensa 50x seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. pada daerah HAZ terlihat struktur mikro tidak terjadi perubahan fase karena pada pengelasan ini tidak menggunakan logam pengisi. Ketiga daerah (sambungan las, HAZ, dan logam induk) itu mendapatkan perlakuan yang berbeda pada saat proses pengelasan berlangsung, dengan adanya perlakuan yang berbeda maka ketiganya memiliki struktur mikro yang berbeda. Hanya terjadi pada struktur mikro memiliki persebaran partikel $FeAl_3$ yang memanjang, dikarenakan panas yang tinggi dan kecepatan putar yang tinggi dalam pengelasan las gesek dan juga pengelasan tidak menggunakan logam tambahan maka tidak mempengaruhi susunan partikel atau perubahan yang terkandung dalam logam induknya.



Gambar 7. Foto mikro daerah HAZ Alumunium a) 900 rpm; b)1400 rpm; dan c) 2000 rpm.

HAZ Tembaga

Hasil pengamatan struktur mikro daerah HAZ tembaga pada putaran 900 rpm, 1400 rpm, 2000 rpm dan tekanan 3 Mpa dengan per besaran lensa 50 kali seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

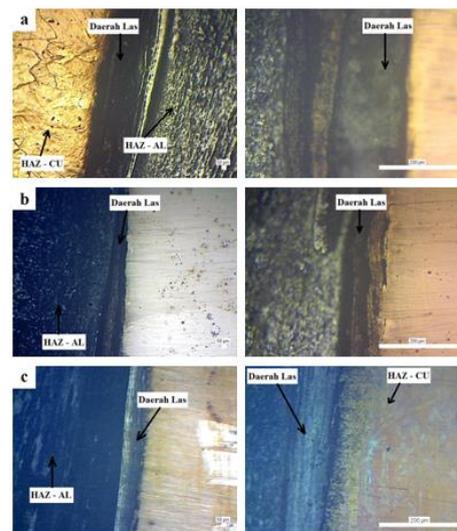


Gambar 8. Foto mikro daerah HAZ tembaga

a) 900 rpm; b) 1400 rpm; dan c) 2000 rpm.

Gambar 8a. struktur mikro mengalami pengasaran dan pembesaran butiran dikarenakan pengaruh panas yang berlangsung saat pengelasan. Gambar 8. b. struktur mikro memiliki ukuran agak berjauhan dan memanjang persebaran butiran agak berjauhan. Gambar 8. c. struktur mikro memiliki jarak berjauhan dan memanjang mengecil sebaran partikelnya berjauhan.

Struktur Mikro Sambungan



Gambar 9. Foto mikro hasil las gesek 900 rpm; b) 1400 rpm; dan c) 2000 rpm

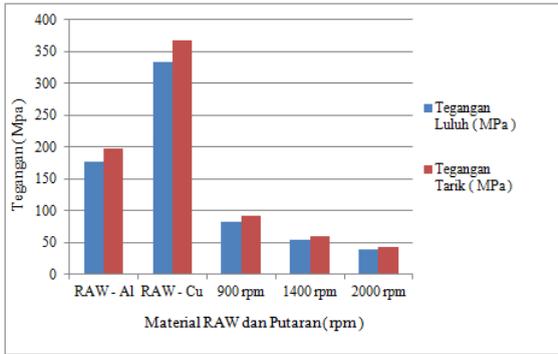
Hasil pengamatan struktur mikro pada sambungan las dengan menggunakan metode pengelasan gesek. Dengan variasi kecepatan putar 900 rpm, 1400 rpm, dan 2000 rpm dan tekanan konstan 3 Mpa dengan per besaran lensa 50x dan 200x. Hasil pengujian pada sambungan las gesek seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.

Pada Gambar 9. a. sambungan las mengalami perubahan akibat terkena pengaruh panas struktur mikro pengecilan butiran partikel menjadi lebih rapat dari daerah HAZ sambungan bergelombang ke arah putaran. Gambar 9. b. Sambungan las mengalami perubahan akibat terkena pengaruh panas struktur mikro pada Alumunium mengecil dan menempel pada tembaga, sedangkan tembaga tidak meleleh dikarenakan mempunyai titik leleh yang tinggi daripada Alumunium. Gambar 9. c. struktur mikro hasil pengelasan terlihat bahwa setiap variasi putaran gesekan berbeda pada daerah sambungan (*interface*). Pada sambungan las gesek dengan putaran 2000 rpm, sambungan

terlihat rapi lurus yang disebabkan adanya tekanan yang besar sehingga susunan partikelnya menjadi sangat padat.

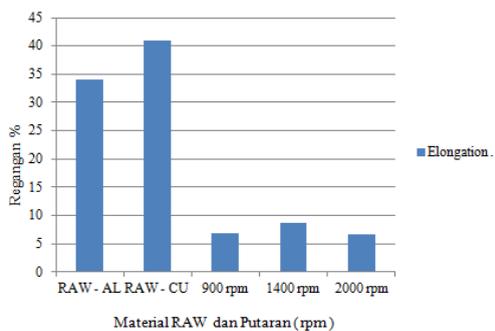
Hasil Uji Tarik

Nilai hasil uji tarik material *raw* dan sambungan las gesek variasi kecepatan putar dan tekanan 3 Mpa dengan dua jenis material aluminium dan tembaga.



Gambar 10. Perbandingan tegangan luluh dan tegangan puncak pada variasi kecepatan putar.

Pada Gambar 10. Menunjukkan hasil tegangan tarik paling tinggi pada putaran 900 rpm sebesar 83.689 Mpa, sedangkan tegangan tarik nilai terendah pada putaran 2000 rpm sebesar 39.720 Mpa. Uji tarik mengalami penurunan yang signifikan, karena panas yang dihasilkan dari gesekan berbeda. Pada variasi putaran 1400 rpm memiliki nilai tegangan tarik 55.402 Mpa.



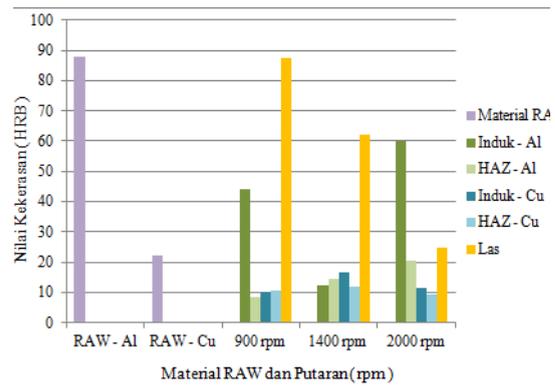
Gambar 11. Regangan terhadap variasi tekanan gesek.

Pada Gambar 11. Grafik regangan menunjukkan bahwa hasil perpanjangan bahan persentase yang paling tinggi pada sambungan hasil las gesek adalah 8.750 % terletak pada pengelasan dengan putaran 1400 rpm, sedangkan nilai terendah adalah 6.602 % terletak pada pengelasan putaran 2000 rpm. Sedangkan pengelasan pada kecepatan putar 900 rpm mendapatkan nilai persentase 6.797 %. Pada material hasil pengelasan gesek memiliki

perbedaan nilai regangan yang sangat jauh, untuk logam aluminium nilai persentase 34.081 % dan tembaga 40.944 %.

Hasil Uji Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan material *raw*, induk, HAZ, dan sambungan dari pengelasan gesek dua jenis material dengan variasi kecepatan putar dan tekanan 3 Mpa. Hasil pengujian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Nilai kekerasan

Dari Gambar. Pada *raw* Aluminium memiliki nilai kekerasan 88,3 HRB, dibanding logam induk pada putaran 900 rpm memiliki nilai 44 HRB sedangkan pada putaran 1400 rpm memiliki nilai kekerasan 12,3 HRB dan pada putaran 2000 memiliki nilai 60 HRB. Pada daerah HAZ spesimen memiliki kekerasan yang berbeda, pada daerah HAZ putaran 900 rpm memiliki kekerasan 8,3 HRB, pada putaran 1400 rpm memiliki kekerasan 14,6, sedangkan pada putaran 2000 rpm mempunyai kekerasan 20,6 HRB.

Dari Gambar 12. Pada *raw material* tembaga mempunyai kekerasan 22,3 HRB, dibanding pada daerah logam induk putaran 900 rpm memiliki nilai kekerasan 10 HRB, pada putaran 1400 rpm memiliki nilai kekerasan 16,5 HRB dan pada putaran 2000 rpm memiliki kekerasan 11,3 HRB. Pada daerah HAZ putaran 900 rpm memiliki kekerasan 10,6 HRB, pada putaran 1400 rpm memiliki kekerasan 11,8, sedangkan pada putaran 2000 rpm mempunyai kekerasan 9,5 HRB.

Pada daerah las juga memiliki kekerasan yang berbeda di setiap variasi, pada daerah las dengan putaran 900 rpm memiliki kekerasan 87,3 HRB, dan putaran 1400 rpm memiliki kekerasan 62 HRB, sedangkan daerah las dengan putaran 2000 rpm memiliki kekerasan 24,6 HRB.

KESIMPULAN

1. Semakin tinggi gesekan semakin tinggi juga luberan yang di hasilkan, material Alumunium yang memiliki luberan sedangkan tembaga tidak memiliki luberan, pada putaran 900 rpm tinggi luberan pada Alumunium adalah 7 mm, dan pada putaran 1400 rpm tinggi luberan pada Alumunium adalah 5 mm sedangkan pada putaran 2000 rpm tinggi luberan pada Alumunium adalah 3,5 mm. Perbedaan jenis material tersebut mengalami ke tidak setimbangan pada titik lelehnya mengakibatkan tinggi luberan hanya terjadi pada material alumunium.
2. Pada hasil foto mikro dua material yang berbeda hasil las gesek pada variasi putaran akan mempengaruhi bentuk partikel kandungan pada material induk Alumunium, akan tetapi struktur mikro pada daerah yang terkena panas mengalami perubahan didaerah HAZ material Alumunium mengalami perubahan yaitu kerapatan butiran kecil yang memanjang. Pada daerah las terlihat semakin rapat dan padat yang disebabkan adanya tekanan akan tetapi hal tersebut menurunkan nilai kekerasan. Penurunan tersebut dipengaruhi panas dari tekanan dan gesekan yang digunakan pada saat pengelasan.
3. Raw material alumunium memiliki kekuatan tarik sebesar 197,259 Mpa dan material tembaga memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 368,672 Mpa. Setelah dilakukan pengelasan gesek nilai kekuatan tarik tertinggi ada pada variasi putaran 900 rpm dengan nilai tarik 83,689 Mpa, dan nilai tarik pada variasi putaran 1400 rpm kekuatan tarik paling rendah dengan nilai kekuatan tarik sebesar 55,402 Mpa, sedangkan pada variasi putaran 2000 rpm memiliki nilai tarik sebesar 39,720 Mpa. Kekerasan pada material raw tembaga memiliki nilai kekerasan 22,3 HRB dan pada material raw alumunium memiliki nilai kekerasan sebesar 88,3 HRB. Lamanya waktu gesek dan tingginya putaran gesek pada saat pengelasan mempengaruhi nilai kekerasan.

DAFTAR PUSTAKA

Sahoo, R. dan Samantaray P., 2007, *Study of Friction Welding. Unpublished Thesis*. Rourkela: Department of Mechanical Engineering National Institute of Technology Rourkela India.

Haryanto P. (2017), Rancang Bangun Mesin Las Gesek untuk Skala Laboratorium, Seminar Jurusan Teknik Mesin, Universitas Diponegoro.

ASTM Internasional (E8/E8M - 09). *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. 2010. United States of America.

Romdhoni, 2015. Pengaruh Kecepatan Putar Tool Terhadap Kekuatan Mekanik Sambungan Las Alumunium 1xxx Ketebalan 2 mm dengan Metode *friction stir welding*.

Tarmizi, 2016. Analisa Sifat Mekanik dan Struktur G Mikro pada Proses *Friction Stir Welding* Alumunium 5052.

Groover dan Mikell P. 1996. *Fundamental Of Modern Manufacturing, Material, Proses And System*. Penerbit Prentice-Hall Inc. USA.

Firmansyah Gita Rizka M, Sholichin dan Puspitasari Poppy Rr (2018). Analisis Kecepatan Putar, Durasi Gesek dan Tekanan Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Gesek (*Friction Welding*). Jurnal Teknik Mesin dan Pembelajaran, 1 – 5.