

PENGARUH TEKANAN GESEK TERHADAP KEKUATAN TARIK STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN SAMBUNGAN LOGAM SILINDER PEJAL ALUMINIUM 6061 T6 MENGGUNAKAN METODE *CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING*

Arizona Aditya Saputra^{1a}, Totok Suwanda^{1b}, Aris Widyo Nugroho^{1c}

¹Program Studi Teknik mesin, Fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183

^aArizonaadityasaputra@gmail.com, ^bsuwanda@umat.ac.id, ^cnugrohoaris@gmail.com

INTISARI

Las gesek (*friction welding*) adalah penyambungan secara metalurgi. panas yang timbul dari gesekan dua material yang akan disambung. Kualitas sambungan las gesek dipengaruhi oleh berbagai parameter yang digunakan. Salah satu parameter yang sangat berpengaruh pada hasil sambungan parameter tekanan gesek. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh besarnya tekanan gesek terhadap kekuatan tarik, struktur mikro dan kekerasan dari hasil sambungan.

Pada penelitian ini dilakukan pengelasan *Continuous drive friction welding* CDFW terhadap material aluminium 6061 T6. Penelitian dilakukan dengan memvariasi tekanan gesek. Pengelasan dilakukan menggunakan mesin *friction welding* putaran mesin 1000 rpm dengan tekanan upset 70 MPa. Variasi tekanan gesek 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa, 40 MPa, 45 MPa, 50 MPa, 55 MPa, 60 MPa, 65 MPa. Waktu gesek dan waktu upset 2 detik. Pengujian struktur mikro yang diamati yaitu pada daerah sambungan, HAZ dan logam induk. Pengujian kekerasan vikers dilakukan pada kedua material. Pada material yang diam dilakukan pada jarak 0, 0.5, 1.5, 3.5, 5.5, 7.5, 9.5, 15.0. Sedangkan pada material yang berputar dilakukan pada jarak 0, -0.5, -1.5, -3.5, -5.5, -7.5, -9.5, -10.0, dan pengujian tarik menggunakan standar *JIS 2201*.

Pengujian struktur mikro dilakukan pada sambungan dengan tekanan gesek 50 MPa dan 25 MPa. Pengujian struktur mikro dilakukan pada spesimen las dengan tekanan gesek 50 MPa dan 25 MPa. berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa pada daerah sambungan terlihat butiran-butiran Mg yang menumpuk dan merapat sedangkan daerah HAZ terlihat alur garis melengkung yang akan keluar membentuk *flash*. Pada pengujian kekerasan variasi tekanan gesek 50 MPa dan 25 MPa nilai kekerasannya tertinggi terdapat pada daerah logam induk sedangkan pada daerah sambungan nilai kekerasannya menurun. Karena terjadinya pelunakan pada daerah sambungan akibat panas yang timbul dari gesekan. Pengujian tarik didapatkan hasil tertinggi sebesar 243.3903 MPa pada tekanan gesek 50 MPa dan kekuatan tarik terendah didapat pada tekanan gesek 25 MPa dengan nilai 82.22897 MPa.

Kata kunci : *Friction welding, AA 6061 T6, Tekanan gesek, Struktur mikro, Kekerasan, Kekuatan tarik*

1. Pendahuluan

Pengertian pengelasan menurut DIN (*Deuth Industrie Normen*) adalah suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair. Berdasarkan kondisi bahan, pengelasan dikelompokkan menjadi dua yaitu: las fusi (*fusion welding*) dan las padat (*solid state welding*). Metode pengelasan fusi adalah cara mencairkan bahan dasar bersamaan bahan tambahan. Sedangkan las *solid* adalah penggabungan dua logam pada temperatur dibawah titik leleh. Material disambung tanpa pemberian bahan tambah. Jenis pengelasan fusi merupakan yang paling banyak di gunakan untuk saat ini seperti *Shield Metal Arc Welding* (SMAW), *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW), *Metal Inert Gas* (MIG). Jenis-jenis *solid state welding* antara lain *explosion welding*, *forge welding*, *friction welding*. Las fusi digunakan untuk pengelasan plat-plat datar, pipa-pipa dan lain-lain sedangkan untuk pengelasan *solid*

digunakan untuk mengelas benda-benda silinder.

Friction welding merupakan proses pengelasan *solid*. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk penyambungan material dalam keadaan padat dengan cara memanfaatkan panas yang timbul dari gesekan. Penyambungan material menggunakan Fw dilakukan dengan cara salah satu material diputar dengan putaran tertentu, sedangkan material yang satunya dalam keadaan diam. Putaran dihentikan setelah mencapai waktu tertentu. Berdasarkan jenis-jenisnya Fw terbagi atas *continus drive friction welding* (CDFW), *stir friction welding* (SFW), *linear friction welding* (LFW). Kelebihan Fw dibanding las lain yaitu: menyambung bahan beda jenis, cepat, hemat energi, tanpa bahan tambah. Keterbatasan Fw adalah hanya bisa menyambung dengan beda-beda tertentu seperti beda silinder, mesin masih diproduksi dalam skala kecil.

Penelitian tentang *friction welding* untuk

material similer telah banyak dilakukan. *Similer* antar alumunium 6061 telah diteliti oleh Pungky, dkk (2014) parameter yang digunakan temperatur suhu aging, kecepatan spindle, tekanan gesek konstan, waktu gesek, tekanan tempa, waktu tempa. Kekuatan tarik tertinggi mencapai 186.65 MPa. Kekuatan tarik yang didapat baru mencapai 60 % dari logam induknya. Dari variasi tersebut kekuatan tariknya masih rendah oleh karna itu perlu dilakukan penelitian dengan variasi yang berbeda agar diharapkan nanti mendapatkan kekuatan tarik yang lebih tinggi.

2. Metode Penelitian

Persiapan yang dilakukan sebelum melakuakan penelitian atau percobaan ini yaitu menentukan alat-alat yang digunakan dalam keadaan baik. Supaya hasil data penelitian atau percobaan dapat memeproleh data yang baik dan akurat. Alat ukur yang digunakan untuk penelitian ini yaitu jangka sorong, *stop watch*, *lotsel*, dan mistar sebelum alat digunakan harus diperiksa dalam kondisi baik atau normal dan standar atau disebut dengan kalibrasi alat.

Untuk mendapatkan hasil pengujian sesuai parameter yang diinginkan menggunakan kalibrasi mesin *friction welding*. Sehingga variasi yang diberikan pada saat pengeujian dapat ditentukan. Variasi yang digunakan pada saat pengujian yaitu variasi tekanan gesek 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 MPa. Kalibrasi mesin *friction welding* dilakukan dengan cara penekanan pegas untuk mengukur besar tekanan yang diberikan dengan mengukur *pressure gaug*. Penyetelan ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar tekanan yang dilakukan setiap pembukan katub secara bervariasi.

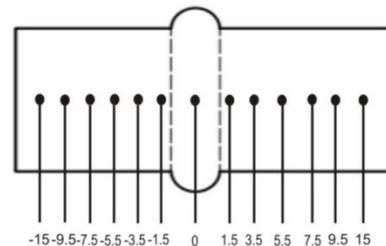
Langkah-langkah untuk melakukan proses pengelasan antara lain : pemotongan dan pembubutan alumunium 6061 T6 dibuat dengan menggunakan standar *Japan Industrial Standard (JIS) 2201*, membubut ujung alumunium T6 untuk meratakan benda kerja agar pada saat pengelasan kedua benda rata. Hal tersebut dapat mengurangi getaran kedua benda kerja yang tidak rata, memasang benda kerja dichuke mesin dengan posisi senter agar tidak banyak koncangan, mengatur putaran mesin dengan putaran 1000 rpm, lalu nyalakan mesin kemudian atur tekanan gesek sebesar 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 Mpa dan tekanan upset 70 MPa, setel waktu gesek 2 detik dan waktu tempa 2 detik, kemudian menghentikan putaran mesin setelah waktu gesek selesai dan menghentikan mesin setelah waktu tempa selesai, setelah benda kerja tersambung bubut kembali untuk menghilangkan *flase* pada sambungan las gesek.

Tabel 1 Parameter pengelasan gesek

No	Tekanan Gesek (Mpa)	Waktu Gesek (Detik)	Tekanan Up set (Mpa)	Waktu Tempa (Detik)
1	25	2	70	2
2	30	2	70	2
3	35	2	70	2
4	40	2	70	2
5	45	2	70	2
6	50	2	70	2
7	55	2	70	2
8	60	2	70	2
9	65	2	70	2

Pengujian mikro adalah proses pengujian bahan kristal logamnya tergolong sangat halus. Mengingat sangat halusnya kristal logam tersebut, maka pengujian struktur mikro menggunakan alat mikroskop kualitas pembesarannya 10-50 kali. Bahan-bahan dan perlengkapan untuk proses pengujian mikro adalah: spesimen atau benda uji, spesimen hasil pengelasan gesek dipotong melintang, meresin beda kerja yang sudah dipotong melintang, mesin *Grinding belt*, mengamplas menggunakan seri 120, 320, 1000, 1500, 2000 dan autosol, *metallographic polishing table* (memoles), *etching reagent* alumunium 6061 T6 menggunakan NaOH 50% dan H2O 50%, setelah itu lihat struktur mikro mrnggunakan mikroskop optik.

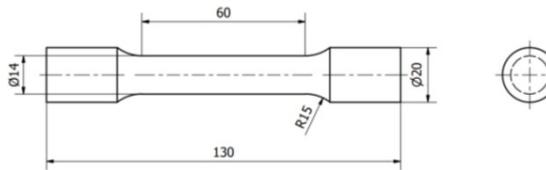
Pengujian kekerasan pada penelitian ini dilakukan dilab Material Testing D3 Vokasi UGM. Dengan menggunakan metode kekerasan vikers. Dalam pengujian kekerasan ini spesimen yang sudah dipotong melintang kemudian dicetak dengan resin dan juga diampals sampai halus, supaya mendapatkan hasil yang baik. Beban yang digunakan pada kekerasan vikers menggunakan bebean 30kg.



Gambar 2 Titik pengujian kekerasan

Pengujian tarik dilakukan di Lab. Material Teknik S1 Jurusan Teknik Mesin UMY. Uji tarik adalah salah satu uji *stress-strain* mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji. Pada penelitian pengujian tarik spesimen hasil penelasan gesek. Spesimen yang digunakan

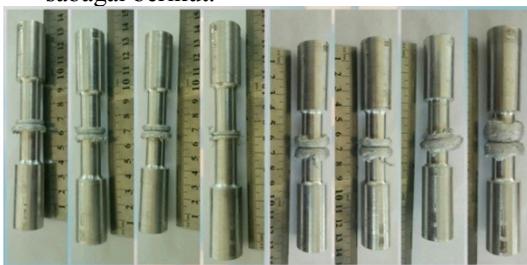
untuk pengujian tarik menurut standar JIS Z 2201. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik universal bermerek Universal Testing Machine (UTM).



Gambar 3 Spesimen uji tarik standar JIS 2201

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

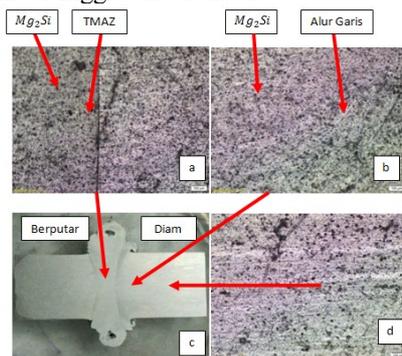
Setelah dilakukan pengelasan gesek pada bahan aluminium 6061 T6, didapatkan hasil sabagai berikut.



Gambar 4 Hasil pengelasan gesek

Hasil Struktur Mikro

Pada penelitian ini pengamatan struktur mikro dilakukan pada beberapa titik yaitu sambungan las, HAZ, dan logam induk. Untuk mengetahui struktur mikro pada sambungan aluminium 6061 T6. Pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui daerah-daerah yang akan diuji kekerasannya. Pengujian ini akan dilakukan pada hasil sambung kekuatan tarik tertinggi dan terendah.



Gambar 5 Hasil struktur mikro variasi tekanan gesek 50 MPa (a) daerah sambungan, (b) daerah HAZ, (c) foto makro, (d) logam induk. Pengujian pada variasi tekanan gesek 50 MPa ini ada tiga titik yang akan diuji yaitu daerah sambungan, HAZ dan logam induk. Pengamatan mikrostruktur dari setiap daerah diamati menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 100x. Hasil dari foto mikro terlihat didaerah sekitar sambungan kandungan Mg menumpuk dan merapat dikerenakan terjadinya

deformasi plastis.

Pada daerah HAZ perubahan Mg tidak terlalu menumpuk dibandingkan pada daerah sambungan, sedangkan pada daerah HAZ juga terlihat alur garis melengkung yang akan mengalir keluar membentuk *flash* aliran.



Gambar 6 Hasil struktur mikro variasi tekanan gesek 25 MPa (a) aluminium yang berputar, (b) aluminium yang diam, (c) foto makro, (d) daerah logam induk.

Pengujian struktur mikro pada variasi tekanan gesek 25 MPa ini diambil 3 titik yaitu pada daerah aluminium yang berputar, aluminium yang diam dan daerah logam induk. Dari hasil pengamatan pada aluminium yang berputar butiran-butiran Mg lebih terlihat banyak dibandingkan dengan aluminium yang diam. Sedangkan pada aluminium yang diam lebih terlihat aliran-aliran yang akan membentuk *flash* dan terdeformasi.

Perbandingan pengelasan gesek variasi tekanan gesek 50 MPa dan 25 MPa menjelaskan bahwa pengaruh tekanan gesek sambungan aluminium 6061 T6 terlihat tidak banyak terjadi perubahan pada setiap variasi.

Hasil Pengujian Kekerasan

Proses pengujian kekerasan dilakukan pada 2 hasil pengelasan gesek. 2 variasi dipilih dari analisis hasil pengujian tarik 9 spesimen. Data dipilih dari hasil kekuatan tariknya paling tinggi dan yang paling terendah. Hasil pengelasan dipotong membujur atau melintang kemudian diresin dan permukaan diampas agar mendapatkan permukaan yang halus untuk pengujian kekerasan. Pengujian kekerasan akan ditentukan posisi titik kekerasannya untuk pengambilan data. Ada 13 titik yang akan diambil kekerasannya, penentuan titik kekerasannya di mulai dari 0 ke kanan 0.5, 1.5, 3.5, 5.5, 7.5, 9.5, 15 setelah itu ke kiri -0.5, -1.5, -3.5, -5.5, -7.5, -9.5, 15.

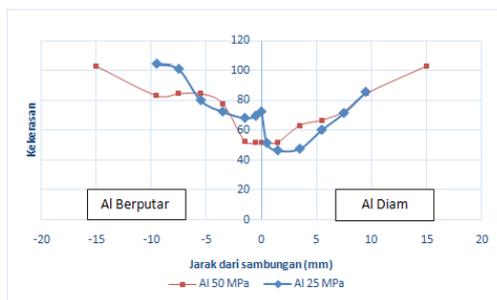
Tabel 2 Hasil kekerasan variasi 50 MPa

No	Variasi	Jarak dari sambungan	d_1 (μm)	d_2 (μm)	$d_{rata-rata}$ (μm)	Kekerasan (VHN)	
1	Tekanan gesek 50 MPa	Diam	15.0 mm	60.0	60.0	60.00	103.0
			9.5 mm	66.0	66.5	66.25	84.5
			7.5 mm	71.0	72.0	71.50	72.5
			5.5 mm	75.0	74.0	74.50	66.8
			3.5 mm	75.0	78.0	76.50	63.4
		1.5 mm	85.0	84.0	84.50	51.9	
		0 mm	84.0	85.0	84.50	51.9	
		Berputar	0 mm	85.0	84.0	84.50	51.9
			0.5 mm	84.0	85.0	84.50	51.9
			1.5 mm	85.0	83.0	84.00	52.6
	3.5 mm		71.0	67.0	69.00	77.9	
	5.5 mm		66.5	66.0	66.25	84.5	
	Diam	7.5 mm	67.5	65.0	66.25	84.5	
		9.5 mm	67.5	66.0	66.75	83.2	
		15.0 mm	60.0	60.0	60.00	103.0	

Tabel 3 Hasil kekerasan variasi 25 MPa.

No	Variasi	Jarak dari sambungan	d_1 (μm)	d_2 (μm)	$d_{rata-rata}$ (μm)	Kekerasan (VHN)	
2	Berputar	9.5 mm	66.5	66.5	65.75	85.8	
		7.5 mm	71.0	73.0	72.00	71.5	
		5.5 mm	80.0	77.0	78.50	60.2	
		3.5 mm	86.0	91.0	88.50	47.4	
		1.5 mm	92.0	87.0	89.50	46.3	
		0.5 mm	86.0	84.0	85.00	51.3	
		0 mm	72.0	71.0	71.50	72.5	
		Diam	0.5 mm	75.0	71.0	73.00	69.6
			1.5 mm	76.0	71.5	73.75	68.2
			3.5 mm	73.0	70.0	71.50	72.5
	5.5 mm		69.0	67.0	68.00	80.2	
	7.5 mm		61.0	60.0	60.50	101.3	
	9.5 mm	60.0	59.0	59.50	104.8		

Dua variasi diatas memiliki tekanan gesek yang berbeda yaitu tekanan gesek 50 MPa dan 25 MPa. Maka dari itu ada dua pokok pembahasan yang akan di bahas pada penelitian ini. Agar kita dapat mengklarifikasi hasil kekerasan sambungan antara alumunium 6061 T6.



Gambar 7 Variasi tekanan gesek 50 MPa

Dari pengamatan grafik diatas menjelaskan bahwa variasi tekanan gesek 50 MPa nilai VHN tertinggi didapatkan pada daerah logam induk yaitu pada jarak 15.0 nilai kekerasannya 103.0 VHN. Sementara itu pada daerah sambungan tingkat nilai kekerasannya menghasilkan nilai yang sama mulai dari 0 sampai 0.5 menghasilkan nilai kekerasan 51.9 VHN. Hal ini menjelaskan bahwa semakin jauh dari sambungan maka nilai kekerasannya semakin meningkat, karena pada saat proses pengelasan gesek terjadinya deformasi plastis menyebabkan bahwa Mg dari alumunium 6061 T6 mengumpul atau menumpuk pada daerah sambungan. Dengan adanya tumpukan Mg yang mengumpul pada sambungan, diindikasikan hal tersebutlah yang menurunkan

nilai kekerasan pada daerah sambungan.

Pengamatan grafik diatas menjelaskan pada variasi tekanan gesek 25 MPa nilai kekerasan tertinggi didapatkan pada alumunium yang dalam keadaan diam yaitu sebesar 104.8 VHN dengan jarak -9.5. Sementara itu pada kekerasan terendah diperoleh pada alumunium yang berputar pada jarak 1.5 dengan nilai kekerasannya sebesar 46.3 MPa. Titik sambungan 0 sampai titik -0.5 kekerasan cenderung menurun dan dari titik -1.5 sampai -9.5 kekerasannya naik, sedangkan dari titik 0 sampai 3.5 kekerasannya menurun dan dari titik 3.5 sampai 9.5 kekerasannya mulai menaik.

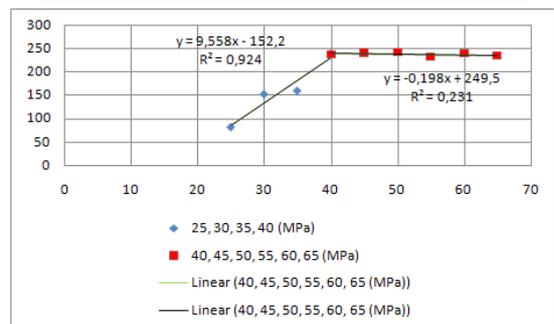
Dari grafik diatas dapat dijelaskan bahwa pada daerah sambungan nilai kekerasannya cenderung menurun. Pada variasi tekanan gesek 50 MPa titik 0 sampai 3.5 dan 0 sampai -0.5 nilai kekerasannya sama. Sedangkan pada variasi tekanan gesek 25 MPa titik 0 sampai 3.5, dan 0 sampai -3.5 nilai kekerasannya berbeda-beda. Penelitian sebelumnya hendry, dkk (2016)

Hasil pengujian tarik

Pengujian tarik dilakukan di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta menggunakan mesin bertipe GT-7001-LC50. Pengujian ini dilakukan pada material alumunium 6061 T6 pada logam hasil pengelasan. Dimensi spesimen uji tarik untuk material pengelasan gesek menggunakan standar ASTM. Hasil yang diperoleh dari proses pengujian tarik berupa nilai tegangan dan regangan dari hasil pengelasan masing-masing parameter.

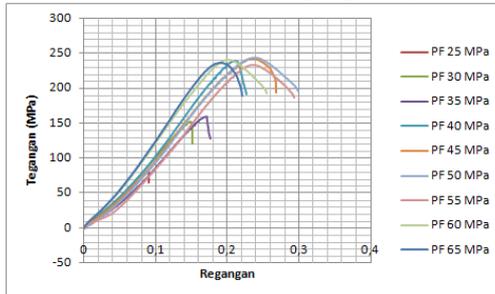
Tabel 4 Hasil kekuatan tarik

No	Tekanan Gesek (MPa)	Waktu Gesek (Detik)	Tekanan Upset (MPa)	Waktu Upset (Detik)	Hasil Kekuatan Tarik (MPa)
1	25	2	70	2	82,22897
2	30	2	70	2	152,5103
3	35	2	70	2	159,8032
4	40	2	70	2	239,1077
5	45	2	70	2	242,5627
6	50	2	70	2	243,3903
7	55	2	70	2	233,7669
8	60	2	70	2	240,4023
9	65	2	70	2	235,3864



Gambar 9 Grafik parameter pengelasan gesek

Pada grafik diatas menjelaskan bahwa Semakin besar tekanan gesek yang digunakan maka semakin tinggi juga nilai kekuatan tarik yang didapatkan, namun apabila sudah mencapai nilai maksimum semakin besar tekanan gesek yang digunakan maka akan menurunkan kekuatan tarik yang didapatkan.



Gambar 10 Grafik tegangan regangan

Kekuatan tarik tertinggi sambungan las gesek aluminium didapatkan pada variasi tekanan gesek 50 MPa dengan nilai 243.3903 MPa, sedangkan pada kekuatan tarik terendah terdapat pada variasi tekanan gesek 25 MPa dengan nilai 82.22897 MPa. Pada gambar 10 grafik tegangan dan regangan menjelaskan bahwa semakin tinggi tegangannya maka semakin panjang juga regangannya.

Hasil patahan pengujian tarik

Setelah dilakukan pengujian tarik, didapatkan hasil patahan dari masing-masing sambungan.



Gambar 11 Hasil patahan uji tarik

Hasil patahan spesimen uji tarik dilihat dengan menggunakan foto makro dengan perbesaran 200x. Foto makro hasil patahan uji tarik diambil 2 variasi yaitu variasi tekanan gesek 50 MPa dan variasi tekanan gesek 25 MPa.



Gambar 11 Hasil patahan uji tarik variasi tekanan gesek 50 MPa

Dari hasil patahan pengujian tarik variasi tekanan gesek 50 MPa terlihat bahwa hasil

patahan tidak putus pada sambungan pengelasan gesek. Hal tersebut dikarenakan pada saat terjadi gesekan aliran panas mengalir merata sehingga paduan kedua aluminium menyatu. Maka dari itu pada saat ditarik patahan tidak terjadi dibagian sambungan. Sambungan aluminium 6061 T6 variasi tekanan gesek 50 MPa menghasilkan patahan yang ulet, maka menghasilkan kekuatan tarik yang tinggi.



Gambar 12 Hasil patahan uji tarik variasi tekanan gesek 25 MPa.

Patahan pengelasan gesek aluminium 6061 T6 variasi 25 MPa terlihat hasil patahan terjadi pada sambungan. Hal tersebut dikarenakan pada saat proses pengelasan panas yang timbul dari gesekan kurang merata, maka paduan kedua aluminium ini tidak menyatu dan terlihat hanya menempel.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian, hasil dan pembahasan data yang telah dilakukan pada pengaruh variasi tekanan gesek terhadap kekuatan tarik, struktur mikro, dan kekerasan sambungan logam aluminium 6061 T6 menggunakan metode *continuous drive friction welding* dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Variasi tekanan gesek 50 MPa dan 25 MPa akan mempengaruhi hasil struktur mikro. struktur mikro pada kedua variasi tersebut mengalami perubahan yaitu kandungan Mg menumpuk pada daerah sambungan.
2. Nilai kekerasan sambungan las gesek aluminium 6061 T6 mengalami penurunan kekerasan pada daerah sambungan.
3. Pada variasi tekanan gesek 50 MPa menunjukan hasil kekuatan tarik tertinggi dengan nilai 243.3903 MPa, sedangkan pada variasi tekanan gesek 25 MPa menunjukan hasil kekuatan tarik terendah dengan nilai 82.22897. Semakin besar tekanan gesek yang digunakan maka semakin tinggi juga nilai kekuatan tarik yang didapatkan, namun apabila sudah mencapai nilai maksimum semakin besar tekanan gesek yang digunakan maka akan menurunkan kekuatan tarik yang didapatkan.

5. Daftar Pustaka

Japanese Industrial Standards Association, 1980, Satandard Book of JIS: JIS Z 2201. Tokyo.



Pungky, dkk, 2014. "Kekuatan Kekuatan Tarik Dan Porositas Hasil Sambungan Las Gesek Alumunium 6061 Dengan Berbagai suhu Aging" Teknik Mesin. UMB. Malang

Sahin dan Misirli, 2012 "*Mechanical and Metalurgical Properties of Friction Welding Alumunium Joints*"

Subiyanto, dkk, 2016. "Studi Eksperimen Pengruh Durasi Gesek, Tekanan Gesek, dan Tekanan Tempa Pengelasan Gesek (Friction Welding) Terhadap Kekuatan Tarik dan Impact Pada Baja AISI 1045". Teknik Mesin. ITS

