

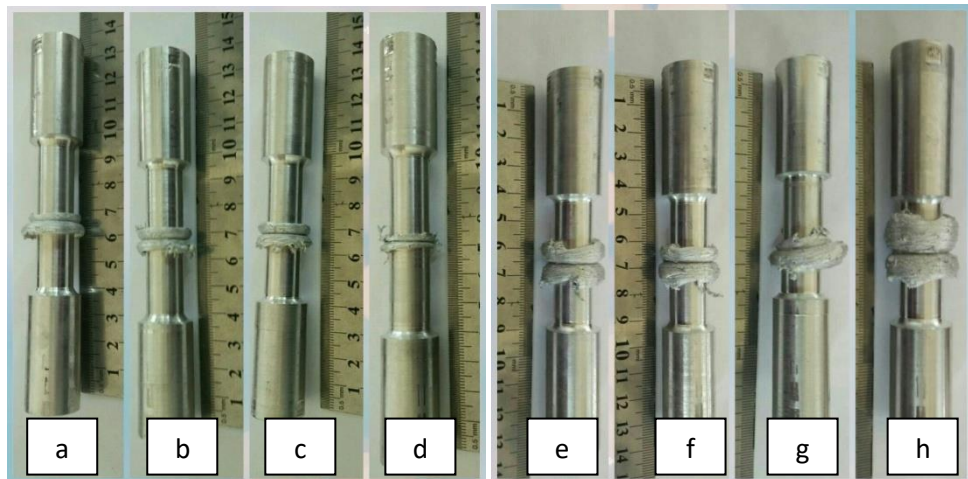
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas tentang pengamatan, pengukuran, dan pengujian yang telah dilakukan, beserta dengan pembahasan pada masing-masing benda uji.

4.1 Hasil Pengelasan Gesek

Setelah dilakukan proses pengelasan gesek pada bahan aluminium 6061 T6 maka didapatkan hasil ditunjukkan gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil pengelasan gesek berbagai variasi tekanan gesek (a) variasi 25 MPa, (b) variasi 30 MPa, (c) variasi 35 MPa, (d) variasi 40 MPa, (e) variasi 45 MPa, (f) variasi 50 MPa, (g) variasi 55 MPa, (f) variasi 60 MPa

Dari hasil yang sudah didapatkan pada setiap sambungan aluminium 6061 terdapat adanya *flash*. Ketika proses penggesekan berlangsung panas akan meningkat sampai mencapai temperatur termoplastis, pada kondisi termoplasti akibat adanya tekanan maka material akan mengalir keluar membentuk *flash*. Pada setiap sambungan digunakan parameter tekanan gesek yang berbeda-beda. Parameter yang digunakan yaitu 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 MPa. Hasil sambungan yang didapatakn menunjukan bahwa

semakin besar tekanan gesek yang digunakan maka semakin pendek hasil sambungan yang didapatkan. Tabel 4.1 menunjukkan hasil pemendekan pada masing-masing sambungan yang telah dilakukan.

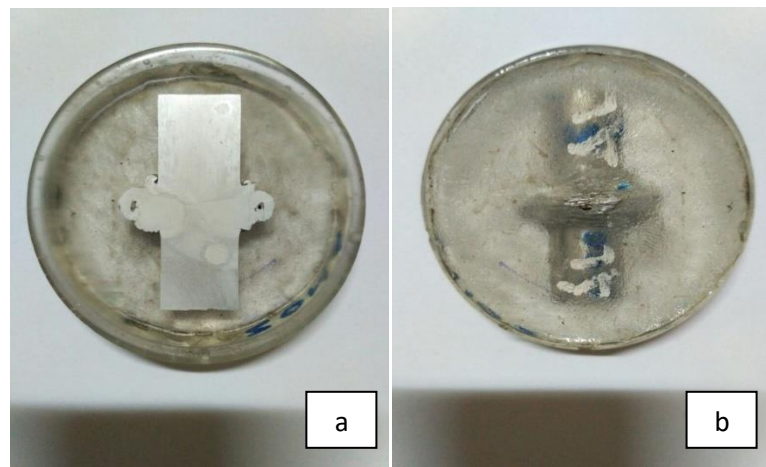
Tabel 4.1 Pemendekan spesimen setelah pengelasan

No	Tekanan gesek (MPa)	Panjang awal (mm)	Panjang ahir (mm)	Perpendekan	
				mm	%
1	25	60	55	5	8.33
2	30	60	53	7	11.66
3	35	60	50	10	16.66
4	40	60	45	15	25
5	45	60	43	17	28.3
6	50	60	40	20	33.33
7	55	60	39	21	35
8	60	60	37	23	38.33
9	66	60	35	25	41.66

4.2 Pengujian struktur mikro dan makro

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.

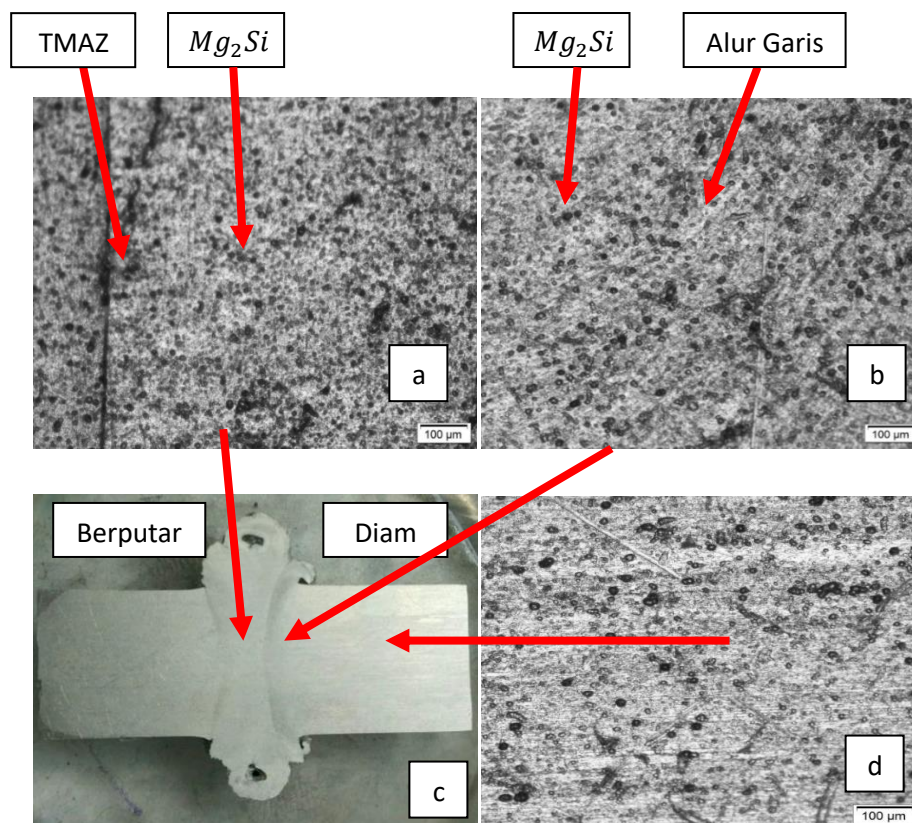
Persiapan pengujian struktur mikro, hasil sambungan dipotong membujur atau melintang kemudian dicetak menggunakan resin untuk digunakan sebagai spesimen foto mikro. Selanjutnya spesimen dipoles dan di *etch* agar terlihat struktur mikro dari aluminium 6061 T6. Spesimen uji mikro dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Spesimen pengujian mikro (a) bagian dalam, (b) bagian dalam

4.2.1 Hasil struktur mikro dan makro

1. variasi sambungan tekanan gesek 50 MPa, tekanan upset 70 MPa, waktu gesek 2 detik, waktu upset 2 detik.

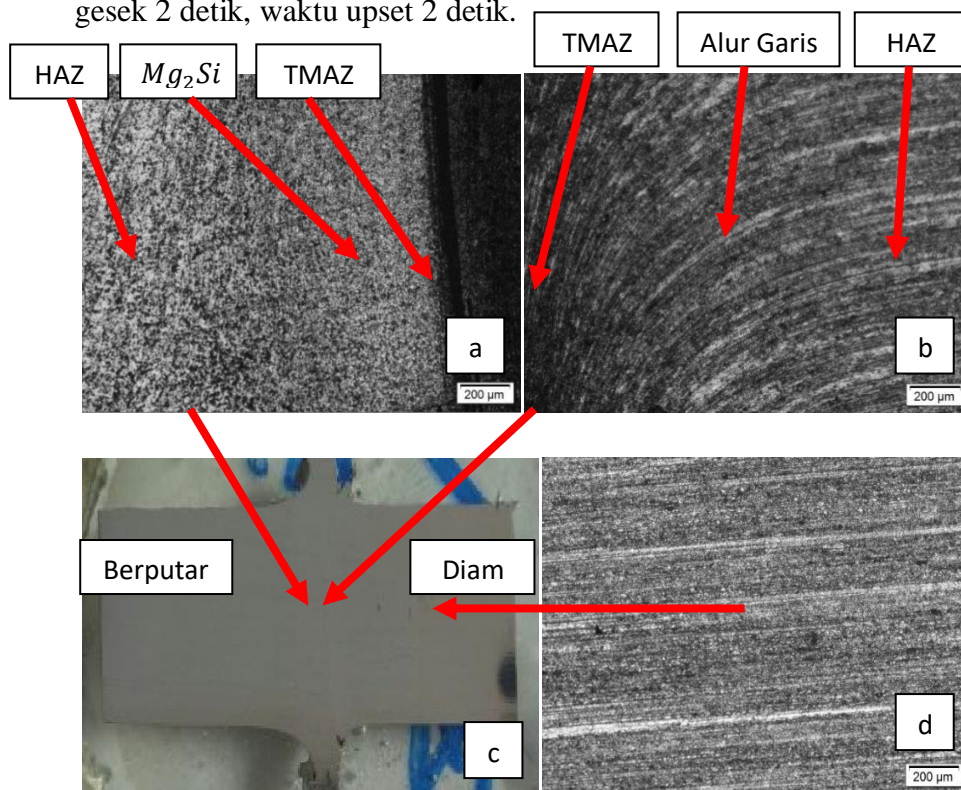


Gambar 4.3 Hasil struktur mikro variasi tekanan gesek 50 MPa (a) daerah sambungan, (b) daerah HAZ, (c) foto makro, (d) daerah logam induk

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 dikarenakan terjadinya deformasi plastis.

Pada daerah HAZ perubahan Mg tidak terlalu menumpuk dibandingkan pada daerah sambungan, sedangkan pada daerah HAZ juga terlihat alur garis melengkung pada kondisi termoplasti akibat adanya tekanan material akan mengalir keluar membentuk *flash*. Hasil struktur mikro variasi tekanan gesek dapat dilihat pada gambar 4.3

2. variasi sambungan tekanan gesek 25 MPa, tekanan upset 70 MPa, waktu gesek 2 detik, waktu upset 2 detik.



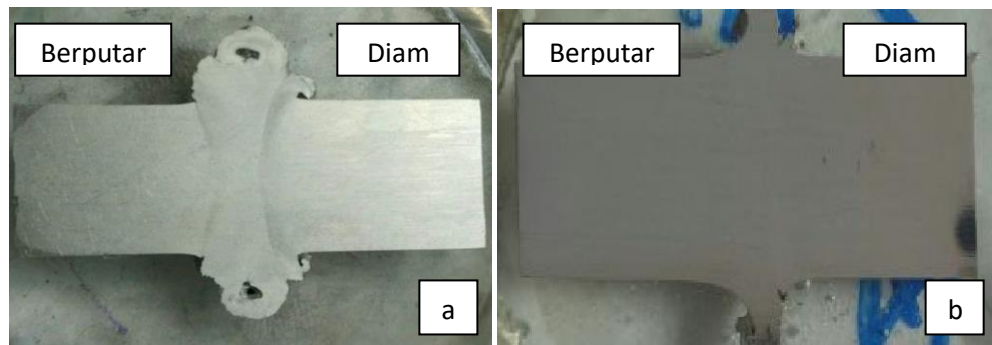
Gambar 4.4 Hasil struktur mikro variasi tekanan gesek 25 MPa (a) aluminium yang berputar, (b) aluminium yang diam, (c) foto makro, (d) daerah logam induk

Pengujian struktur mikro pada variasi tekanan gesek 25 MPa ini diambil 3 titik yaitu pada daerah alumunium yang berputar, alumunium yang diam dan daerah logam induk. Dari hasil pengamatan pada alumunium yang diam butiran-butiran Mg lebih terlihat banyak dibandingkan dengan alumunium yang berputar. Sedangkan pada alumunium yang berputar lebih terlihat aliran-aliran yang menuju keluar akan membentuk *flash*. Pada gambar 4.4 (a) adalah alumunium yang berputar, sedangkan gambar 4.4 (b) merupakan alumunium yang diam.

Perbandingan pengelasan gesek variasi tekanan gesek 50 MPa dan 25 MPa menjelaskan bahwa pengaruh tekanan gesek sambungan alumunium 6061 T6 terlihat tidak banyak terjadi perubahan pada setiap variasi. Penelitian sebelumnya Hendry, dkk (2016) pada daerah lasan struktur mikronya terlihat adanya porositas, hal tersebut dikarenakan gas hidrogen tidak dapat terdorong keluar pada saat pengelasan berlangsung. Terlihat juga ada material yang retak karena pemanasan awal yang kurang atau laju pendinginan yang cepat.

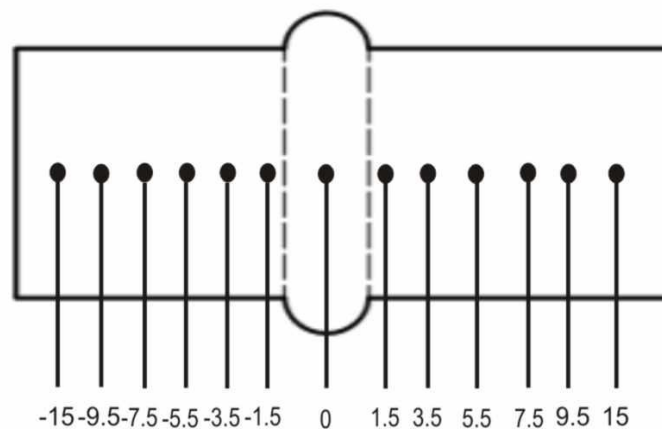
4.3 Hasil dan pembahasan uji kekerasan

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. Permukaan yang terlihat kasar akan mempengaruhi hasil pengujian kekerasan.



Gambar 4.5 Spesimen uji kekerasan (a) variasi tekanan gesek 50 MPa, (b) variasi tekanan gesek 25 MPa

Pengujian kekerasan akan ditentukan posisi titik kekerasan untuk pengambilan data. Ada 15 titik yang akan diambil kekerasannya, penentuan titik kekerasan 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. Pada gambar 4.7 menunjukkan penentuan titik spesimen. Nilai kekerasan pada sambungan las gesek aluminium 6061 T6 dengan variasi tekanan gesek 50 MPa dilihat pada tabel 4.2, sementara itu nilai kekerasan dengan variasi tekanan gesek 25 MPa dapat dilihat pada tabel 4.3.



Gambar 4.6 Titik pengujian kekerasan

Pengambilan jarak antar titik pada pengujian kekerasan ini menggunakan standar ASTM E 92. Dikarenakan pada standar ASTM E 92 minimal jarak antar titik pengujian 2 mm.

Tabel 4.2 hasil kekerasan variasi tekanan gesek 50 MPa

No	Variasi	Jarak dari sambungan	d_1 (μm)	d_2 (μm)	$d_{rata-rata}$ (μm)	Kekerasan (VHN)	
1	Tekanan gesek 50 MPa	Berputar	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
			0.5 mm	84.0	85.0	84.50	51.9
		0 mm	85.0	84.0	84.50	51.9	
		Diam	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
			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 4.3 hasil kekerasan variasi tekanan gesek 25 MPa

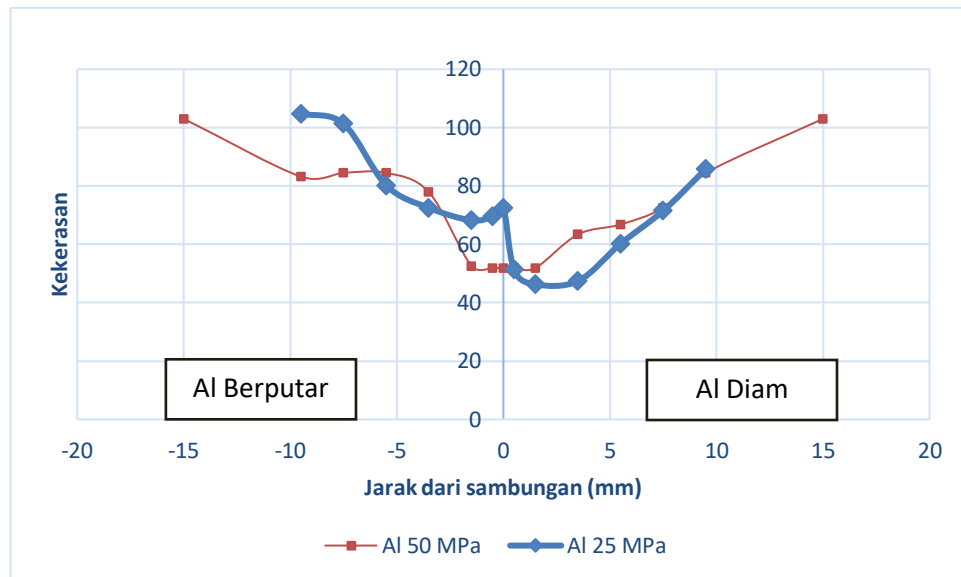
No	Variasi	Jarak dari sambungan	d_1 (μm)	d_2 (μm)	$d_{rata-rata}$ (μm)	Kekerasan (VHN)	
2	Tekanan Gesek 25 MPa	Berputar	9.5 mm	66.5	66.5	65.75	85.8
			7.5 mm	71.0	73.0	72.00	71.5
			5.5 mm	80.0	77.0	78.50	60.2
			3.5 mm	86.0	91.0	88.50	47.4
			1.5 mm	92.0	87.0	89.50	46.3
			0.5 mm	86.0	84.0	85.00	51.3
			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

Pada penelitian ini mempunyai variasi tekanan gesek yang menjadi pokok pembahasan. Dari pengujian tarik diperoleh 2 variasi yang akan dilakukan uji kekerasan. Variasi tersebut diantaranya sebagai berikut:

1. Variasi tekanan gesek 50 MPa, tekanan upset 70 MPa, waktu gesek 2 detik, waktu upset 2 detik.
2. Variasi tekanan gesek 25 MPa, tekanan upset 70 MPa, waktu gesek 2 detik, waktu upset 2 detik.

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 grafik kekerasan variasi tekanan gesek 50 MPa dan 25 MPa dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik kekerasan variasi tekanan gesek 50 MPa dan 25 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 mm 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 dekat dari sambungan maka nilai kekerasannya menurun, karena terjadinya pelunakan pada daerah sambungan sebagai akibat panas yang timbul dari gesekan. Alumunium yang mampu perlakuan panasa cenderung akan mengalami pelunakan, diindikasikan hal tersebutlah yang menurunkan nilai kekerasan pada daerah sambungan (Kristanti 2017).

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 VHN. 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.

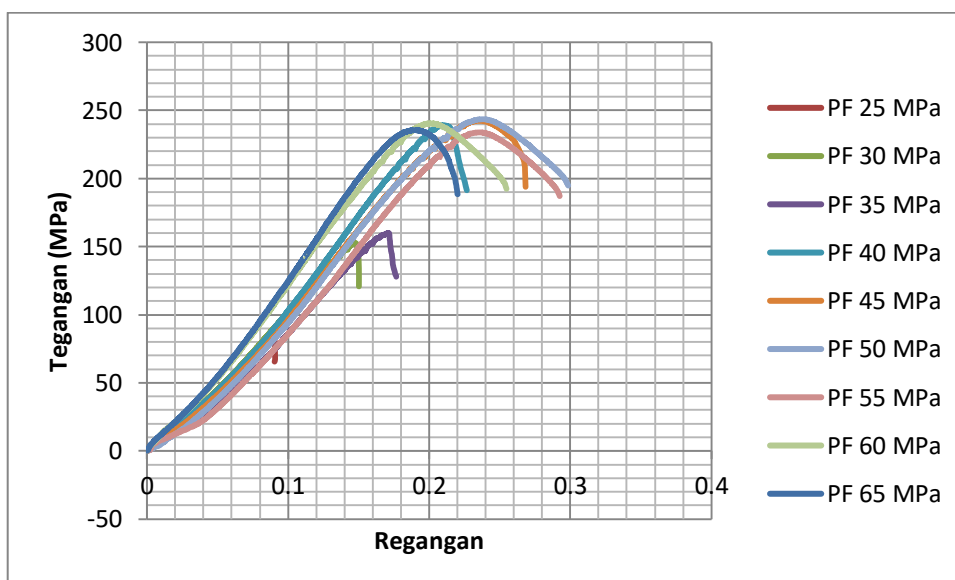
Dari grafik diatas dapat dijelaskan bahwa pada daerah sambungan niali kekerasannya cenderung menurun. Pada variasi tekanan gesek 50 MPa titik 0 sampai 3.5 dan 0 sampai -0.5 nilai kekerasannya sama. Sedangkan pada variasi tekanan gesek 25 MPa titik 0 sampai 3.5, dan 0 sampai -3.5 nilai kekerasannya berbeda-beda. Penelitian sebelumnya hendry, dkk (2016) niali kekerasannya pada weld metal 91 VHN dan HAZ 99 VHN. Nilai kekerasan pada penelitian sebelumnya lebih tinggi.

4.4 Hasil Pengujian kekuatan 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 matreial pengalasan gesek menggunakan standar ASTM. Hasil yang diperoleh dari proses pengujian tarik berupa nilai tegangan dan regangan dari hasil pengelasan masing-masing parameter. Gambar tabel parameter pengelasan gesek dapat dilihat pada tabel 4.4, dan grafik tegangan regangan dapat dilihat pada gambar 4.8.

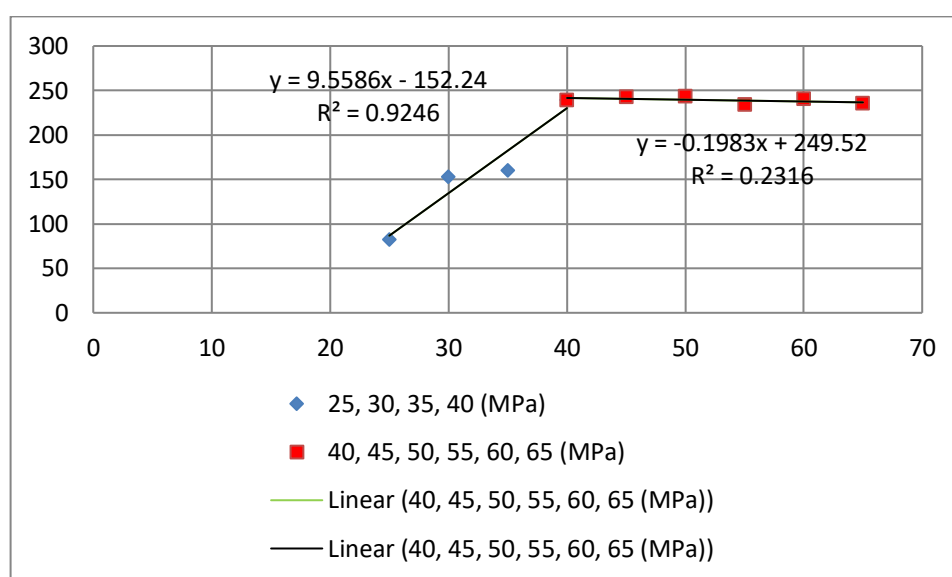
Tabel 4.4 Parameter Pengelasan Gesek Dan Hasil Kekuatan Tarik

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 4.8 Grafik tegangan regangan

Dari pengamatan tabel 4.4 dapat dilihat kekuatan tarik tertinggi sambungan las gesek alumunium 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 4.10 grafik tegangan dan regangan menjelaskan bahwa semakin tinggi tegangannya maka semakin panjang juga regangannya.



Gambar 4.9 Grafik parameter pengelasan gesek

Pada tabel 4.4 dapat juga digunakan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan tekanan gesek terhadap kekuatan tarik yang didapatkan grafik hubungan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.9. grafik diatas menjelaskan bahwa pada variasi tekanan gesek 40 MPa, 45 MPa, 50 MPa, 55 MPa, 60 MPa, dan 65 MPa menghasilkan kekuatan tarik yang cukup tinggi. 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.

Dari penelitian sebelumnya Pungky, dkk (2014) penelitian tentang friction welding material similar yang berjudul kekuatan tarik dan porositas hasil sambungan las gesek aluminium 6061 dengan berbagai suhu aging didapatkan hasil kekuatan tarik tertinggi 186.65 MPa. Pada penelitian ini didapatkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 243.3903 MPa pada variasi tekanan gesek 50 MPa. dapat dijelaskan bahwa variasi dalam penelitian ini bisa meningkatkan kekuatan tarik dari penelitian sebelumnya.

4.4.1 Hasil patahan spesimen uji tarik

Setelah dilakukan pengujian tarik, didapatkan hasil patahan dari masing-masing sambungan. Hasil patahan dapat dilihat pada gambar 4.10.



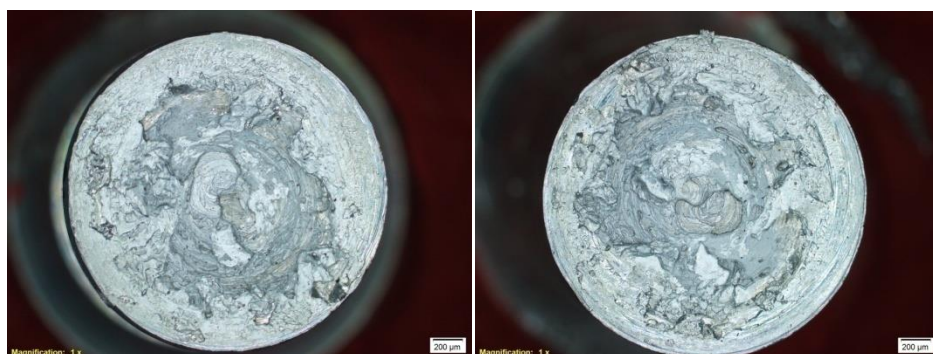
Gambar 4.10 Hasil patahan uji tarik (a) variasi 25 MPa, (b) variasi 30 Mpa, (c) variasi 35 MPa, (d) variasi 40 MPa, (e) variasi 45 MPa, (f) variasi 50 MPa, (g) variasi 55 MPa, (h) variasi 60 MPa, (i) variasi 65 MPa

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. Foto makro hasil patahan uji tarik variasi tekanan gesek 50 MPa dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 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 4.12 menunjukkan hasil patahan uji tarik variasi tekanan gesek 25 MPa.



Gambar 4.12 Hasil patahan uji tarik variasi tekanan gesek 25 MPa

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