

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengelasan Gesek Secara Fisual

Setelah dilakukannya pengelasan dengan metode *CDFW* pada bahan aluminium 6061 dan stainless steel 304 maka diperoleh hasil sambungan sebagai berikut ditunjukkan pada gambar 4.1.

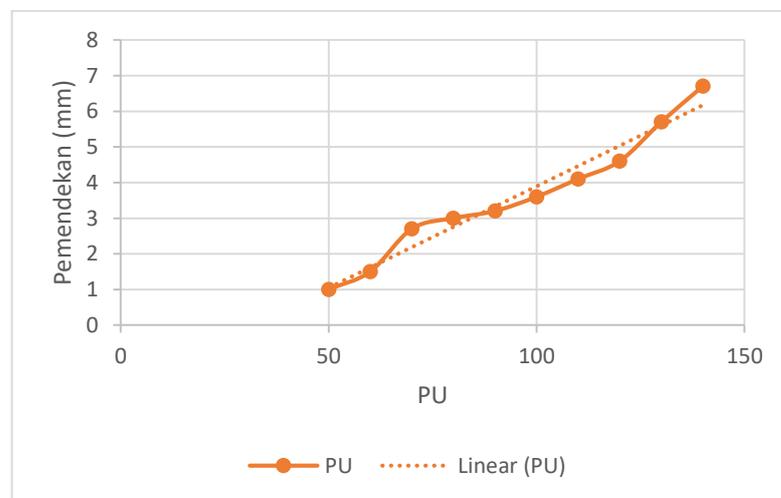


Gambar 4.1. Hasil pengelasan *CDFW* pada bahan AL 6061 T6 dan SS 304.

Dari gambar 4.1 Aluminium 6061 dan stainless steel 304 yang selesai disambungkan telah diperoleh hasil bahwa pada logam aluminium 6061 terjadi pemendekan dan terjadi flash, sedangkan pada logam stainless steel 304 tidak terjadi flas. Hal ini disebabkan karena aluminium 6061 memiliki karakteristik yang lebih termoplastis dibanding dengan stainless steel 304. Pada penyambungan ini digunakan parameter tekanan tempa yang bervariasi. Tekanan tempa yang digunakan yaitu 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 130, dan 140 MPa.. Data hasil pengukuran pemendekan dengan variasi tekanan upset dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Pemendekan sambungan Al 6061 dan SS 304

No	Tekanan Tempa (MPa)	Panjang Awal (mm)	Panjanag Akhir (mm)	Pemendekan	
				mm	%
1	50	60	59	1	1,6
2	60	60	58,5	1,5	2,5
3	70	60	57,3	2,7	4,5
4	80	60	57	3	5
5	90	60	56,8	3,2	5,3
6	100	60	56,4	3,6	6
7	110	60	55,9	4,1	6,8
8	120	60	55,4	4,6	7,6
9	130	60	54,3	5,7	9,5
10	140	60	53,6	6,4	10,6



Gambar 4.2. Grafik pemendekan Aluminium 6061 T6 dan Stainless steel

304

Dari data hasil pengukuran pemendekan setelah dilakukanya pengelasan, diperoleh grafik seperti yang ditunjukkan gambar 4.2. Semakin besar tekanan upset yang di gunakan maka akan semakin pendek hasil sambungan yang didapatkan.

4.2. Hasil Analisa Pengujian Struktur Mikro dan Makro

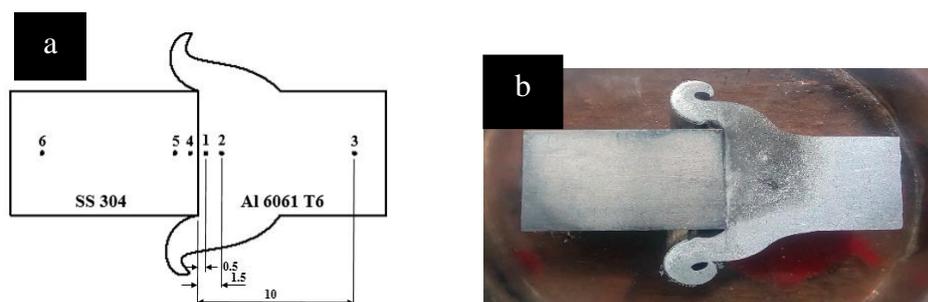
Dalam penelitian ini pengamatan struktur mikro dilakukan pada beberapa titik untuk melihat perubahan - perubahan struktur logam akibat proses *friction welding*. Pengujian ini akan dilakukan pada hasil kekuatan tarik tertinggi dan kekuatan tarik terendah. Pengamatan yang dilakukan meliputi logam induk, daerah sambungan dan daerah HAZ pada sambungan aluminium 6061 dan stainless steel 304. Pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui daerah - daerah yang akan diuji kekerasannya.

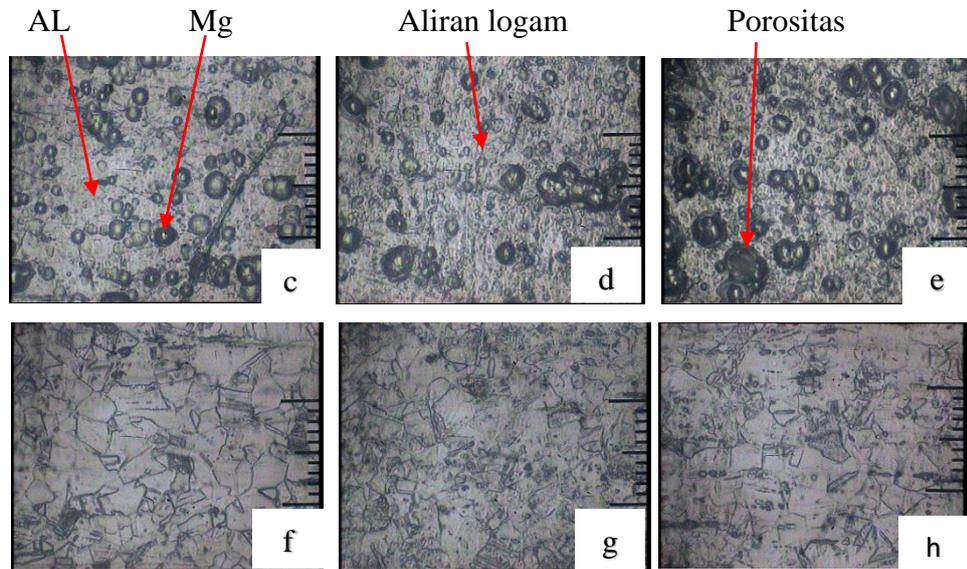
Proses pengujian struktur mikro dilakukan terhadap 2 hasil pengelasan gesek. Hasil sambungan terbaik dan terjelek dibelah dan diresin untuk dilakukan pemolesan untuk dijadikan sebagai spesimen foto mikro. Ditunjukkan pada gambar 4.3.

4.2.1. Struktur mikro dan makro

1. Tekanan gesek 35 MPa, waktu gesek 5 detik, tekanan tempa 130, dan waktu tempa 5 detik.

Pada pengambilan struktur mikro pada variasi ini dilakukan di beberapa titik untuk mengetahui perubahan struktur mikronya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3.

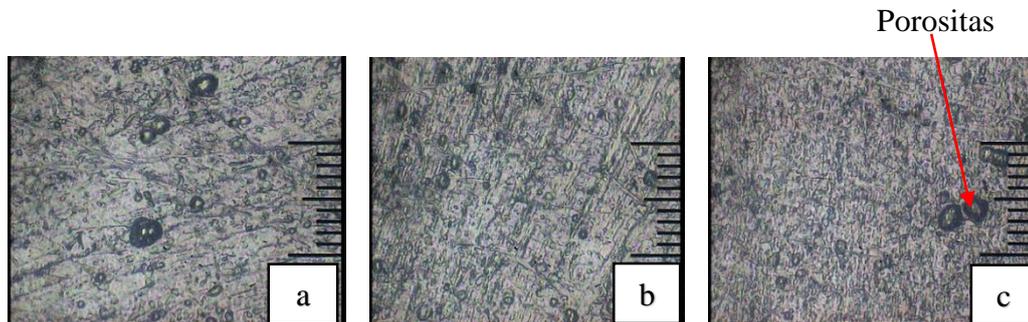




Gambar 4.3. (a). Posisi pengujian mikro (b). Foto makro (c). Logam induk AL 6061 T6 (d). Daerah HAZ AL 6061 T6 (e). Daerah sambungan AL 6061 T6 (f). Logam induk SS 304 T6 (g). Logam SS 304 (h). Daerah sambungan SS 304.

Dari gambar 4.3 menunjukkan bahwa logam induk aluminium 6061 T6 terlihat butiran – butiran Mg_2Si pada daerah gelap dan AL pada daerah yang terang yang merupakan paduan aluminium 6061 T6. Pada daerah HAZ terlihat alur aliran logam yang berubah dengan butiran – butiran kristal kasar yang tidak beraturan, hal ini terjadi akibat deformasi plastis karena panas yang ditimbulkan pada saat pengelasan. Daerah sambungan *stainless steel* 304 menunjukkan bahwa struktur mikro yang tidak berubah hal ini disebabkan karena panas yang terjadi pada saat penyambungan tidak mencapai titik lebur *stainless steel* 304 yaitu 1300^0 .

2. Tekanan gesek 35 MPa, waktu gesek 5 detik, tekanan tempa 50 MPa, dan waktu tempa 5 detik.



Gambar 4.4. (1). Posisi pengujian mikro (2). Foto makro (a). Logam induk AL 6061 T6(b). Daerah HAZ AL 6061 T6 (c). Daerah sambungan AL 6061 T6

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4. pengujian pada variasi ini terdapat 3 titik pengujian yaitu daerah HAZ aluminium 6061 T6, daerah sambungan aluminium 6061 T6, dan pada daerah sambungan stainless steel 304.

Pada uji struktur mikro diatas biasa dilihat bahwa daerah HAZ terlihat aliran – aliran logam dengan butiran – butiran kristal yang tidak beraturan yang diakibatkan karena deformasi plastis. Butiran – butiran kristal yang kasar dan tidak beraturan akan mengurangi nilai kekerasan logam tersebut.

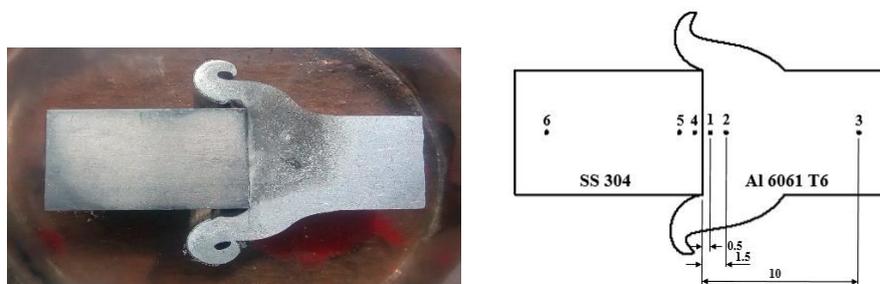
Dari hasil pengujian struktur mikro diatas dapat dilihat bahwa perubahan struktur mikro pada proses *Friction welding* CDFW dengan variasi tekanan tempa 50 MPa pada daerah HAZ aluminium 6061 T6 terjadi perubahan butiran kristal yang tidak begitu banyak. Pada daerah HAZ terlihat adanya porositas, akan tetapi pada daerah las itu sendiri butiran kristal kecil sangat mendominasi yang akan menaikkan nilai kekerasan walaupun terdapat porositas yang kecil. Hal tersebut diakibatkan karena panas yang terjadi lebih sedikit dibandingkan dengan tekanan tempa 130, dan waktu tempa 5 detik.

Shubhavardhan (2012), Struktur mikro pada pengelasan gesek AISI 304 dan Aluminium 6082 menunjukkan bahwa aluminium 6082 sangat cacat dengan butiran memanjang. Pada daerah sambungan terdapat deformasi yang meningkat. Pada AISI 304 menunjukkan bahwa pada daerah sambungan AISI 304 terlihat sedikit cacat dan butir – butir kristal pada permukaan berubah dari austenit ke martensit. Sedangkan dari data yang diperoleh dalam penelitian tugas akhir ini

dihasilkan bahwa struktur mikro pada stainless steel 304 tidak mengalami perubahan.

4.3. Hasil Dan Pembahasan uji kekerasan

Proses pengujian kekerasan dilakukan pada 2 buah hasil pengelasan *Friction welding* CDFW. Data yang dipilih dari hasil sambungan yang terbaik dan hasil sambungan yang terjelek. Hasil sambungan terbaik dan jelek dibelah kemudian permukaannya diampelas hingga halus agar memperoleh hasil kekerasan yang akurat karena permukaan yang kasar akan mempengaruhi hasil pengujian kekerasan. Penentuan titik secara mikro dilihat dari profil hasil pengelasan gesek, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5.

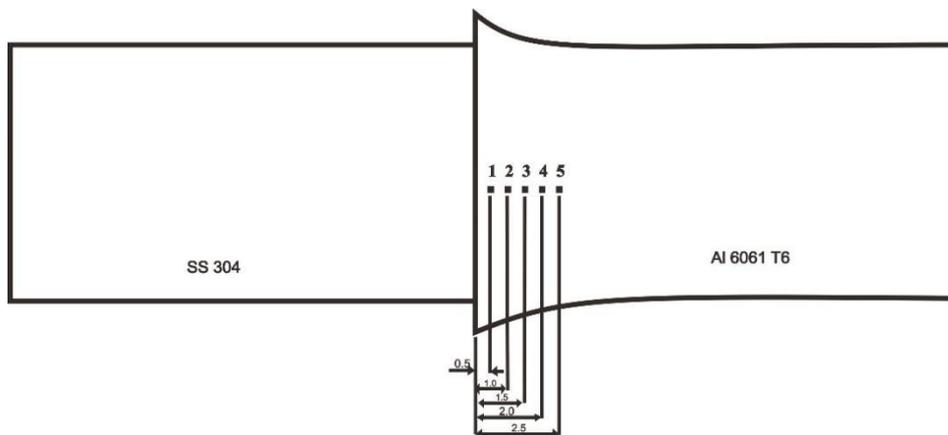


Gambar 4.5. Spesimen pengujian kekerasan Aluminium 6061 T6 dan Stainless Steel 304

Pada pengujian kekerasan dengan variasi tekanan gesek 35 MPa, waktu gesek 5 detik, tekanan tempa 130 MPa, dan waktu tempa 5 detik diperoleh hasil bahwa pada sambungan aluminium 6061 T6 mengalami kekerasan yang berbeda dibandingkan dengan logam induk. Tingkat kekerasan yang berkurang dikarenakan struktur mikro yang berubah akibat terjadinya deformasi plastis yang diakibatkan karena pemanasan. Namun pada sambungan stainless steel tidak mengalami perubahan kekerasan karena Stainless steel 304 tidak mengalami perubahan struktur mikro. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil pengujian kekerasan Alumunium 6061 T6 dan Stainless steel 304 dengan vareasi tekanan gesek 35 MPa, waktu gesek 5 detik, tekanan tempa 130, dan waktu tempa 5 detik.

No	Kode	Jarak dari sambungan		d_1 (μm)	d_2 (μm)	$d_{rata\ rata}$ (μm)	Kekerasan (VHN)	
1	130	Al	10.0	mm	67.0	65.0	66.00	85.1
			1.5	mm	82.0	86.0	84.00	52.6
			0.5	mm	86.0	82.0	84.00	52.6
		SS	0.5	mm	40.0	39.0	39.50	237.7
			1.5	mm	40.0	39.0	39.50	237.7
			10.0	mm	40.0	39.0	39.50	237.7



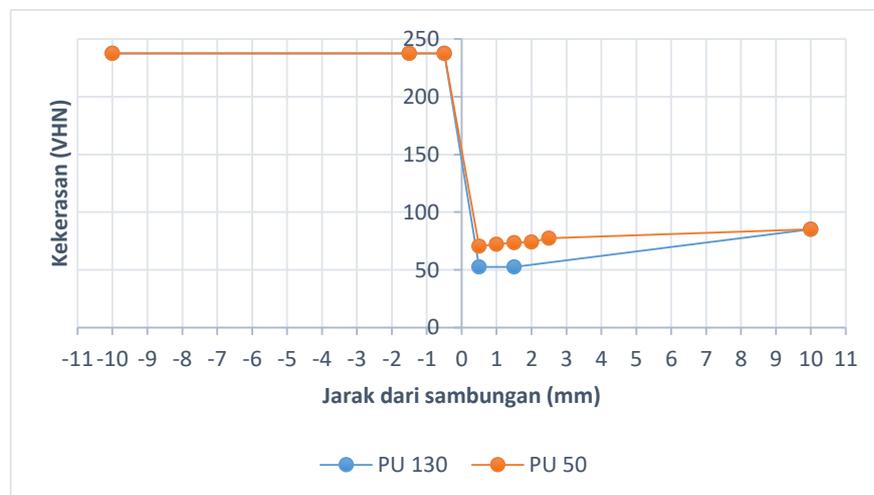
Gambar 4.6. Posisi pengujian kekerasan tekanan upset 50 MPa Alumunium 6061 T6 dan Stainless Steel 304

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6 pengujian kekerasan dengan variasi tekanan gesek 35 MPa, waktu gesek 5 detik, tekanan tempa 50 MPa, dan waktu tempa 5 detik diperoleh hasil bahwa pada sambungan alumunium 6061 T6 mengalami kekerasan yang berbeda dibandingkan dengan logam induk. Tingkat kekerasan yang berkurang dikarenakan struktur mikro yang berubah akibat terjadinya deformasi plastis yang diakibatkan karena pemanasan. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil pengujian kekerasan Aluminium 6061 T6 dengan vareasi tekanan gesek 35 MPa, waktu gesek 5 detik, tekanan tempa 50 MPa, dan waktu tempa 5 detik.

No	Kode	Jarak dari sambungan		d_1 (μm)	d_2 (μm)	$d_{rata\ rata}$ (μm)	Kekerasan (VHN)	
1	50	Al	0.5	mm	71.0	74.0	72.50	70.6
			1.0	mm	71.0	72.0	71.25	72.0
			1.5	mm	70.0	72.0	71.00	73.6
			2.0	mm	70.5	71.0	70.75	74.1
			2.5	mm	68.5	70.0	69.25	77.3

Dari hasil pengamatan kedua tabel uji kekerasan variasi tekanan tempa 130 MPa dan variasi tekanan tempa 50 MPa diperoleh grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Grafik distribusi kekerasann material di sekitar sambungan logam beda jenis Al 6061 T6 - AISI 304 dengan tekanan tempa 130 MPa dan 50 MPa.

Pada hasil pengamatan gambar 4.5. dapat dilihat bahwa stainless steel 304 memiliki nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan aluminium 6061 T6. Pada logam Al 6061 T6 pada sambungan dengan tekanan tempa 50 MPa terjadi

peningkatan kekerasan pada logam Al pada jarak 1.5 mm sampai 2.5 mm dari sambungan. Pada variasi tekanan tempa 130 MPa nilai kekerasannya lebih rendah dibandingkan dengan variasi tekanan tempa 50. Meskipun demikian semakin menjauhi sambungan nilai kekerasannya tetap naik dari jarak 1.5 sampai 10.

Berdasarkan grafik pada gambar 4.7 kekerasan dari variasi tekanan tempa 50 MPa dan 130 MPa dapat disimpulkan bahwa logam aluminium 6061 T6 tingkat kekerasan paling tinggi terjadi pada variasi tekanan tempa 50 MPa pada jarak sambungan 2.5 mm dengan nilai kekerasan 77.3 VHN dan nilai kekerasan terendah terdapat pada variasi tekanan tempa 130 MPa pada jarak 0.5 mm – 1.5 mm dengan nilai kekerasan 52.6 VHN. Pengaruh variasi tekanan tempa yang berbeda - beda dapat mempengaruhi nilai kekerasan logam.

Shubhvardhan (2012), didapat kesimpulan bahwa kekerasan pada daerah sambungan logam Aluminium 6082 mengalami peningkatan dengan nilai 100VHN sedangkan semakin menjauhi sambungan nilai kekerasannya menurun, hal ini terjadi akibat aluminium 6082 terdeformasi. Sedangkan pada daerah HAZ AISI 304 kekerasan semakin meningkat namun semakin menjauhi sambungan nilai kekerasannya menurun. Sedangkan dari data yang diperoleh dalam penelitian tugas akhir ini dihasilkan bahwa kekerasan pada stainless steel 304 tidak mengalami perubahan. Pada daerah dekat sambungan aluminium 6061 mengalami pelukan dan semakin menjauhi sambungan nilai kekerasan aluminium 6061 semakin meningkat.

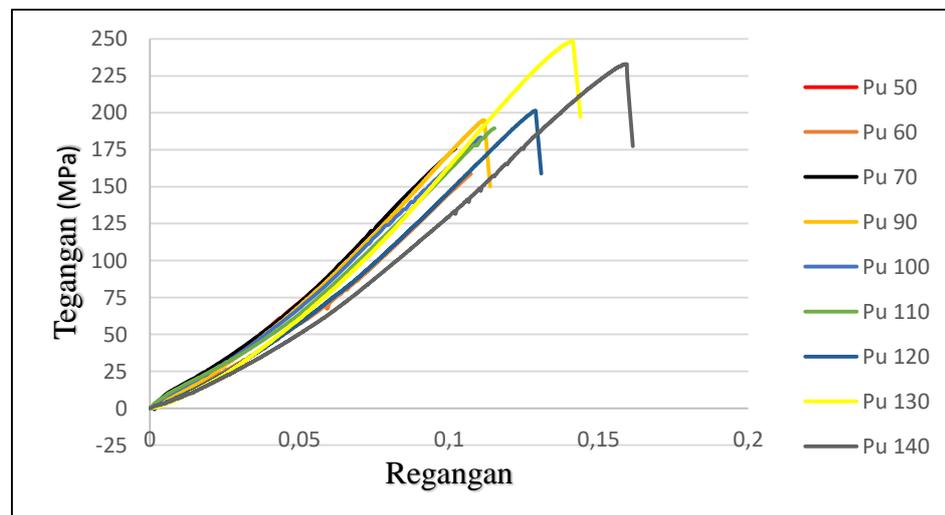
4.4. Hasil Analisa pengujian tarik

Setelah dilakukannya pembubutan spesimen sesuai standar JIS Z 2201 dan penyambungan dua buah logam dengan metode pengelasan *friction welding* yang dilakukan, menimbulkan *flash* pada spesimen benda uji. *Flash* yang timbul pada spesimen kemudian dibubut untuk menghilangkan *flash* serta untuk membentuk kembali spesimen agar sesuai standar JIS Z 2201. Proses pembubutan spesimen uji diratakan untuk memperoleh hasil spesimen yang lurus dan supaya mendapatkan hasil uji tarik yang akurat. Berikut hasil pembubutan di tunjukan pada gambar 4.8.



Gambar 4.8. Spesimen Uji Tarik Aluminium 6061 T6 dan stainless steel 304

Setelah proses pembubutan dilanjutkan dengan proses pengujian tarik. Hasil pengujian tarik dapat dilihat pada tabel 4.4. Pada hasil pengujian tarik terlihat bahwa spesimen yang diuji tidak mengalami pertambahan panjang. Semua spesimen mengalami patah pada sambungan lasan dengan hasil patahan getas.



Gambar 4.9. Grafik tegangan dan regangan sambungan Alumunium 6061 T6 dan Stainless Steel 304

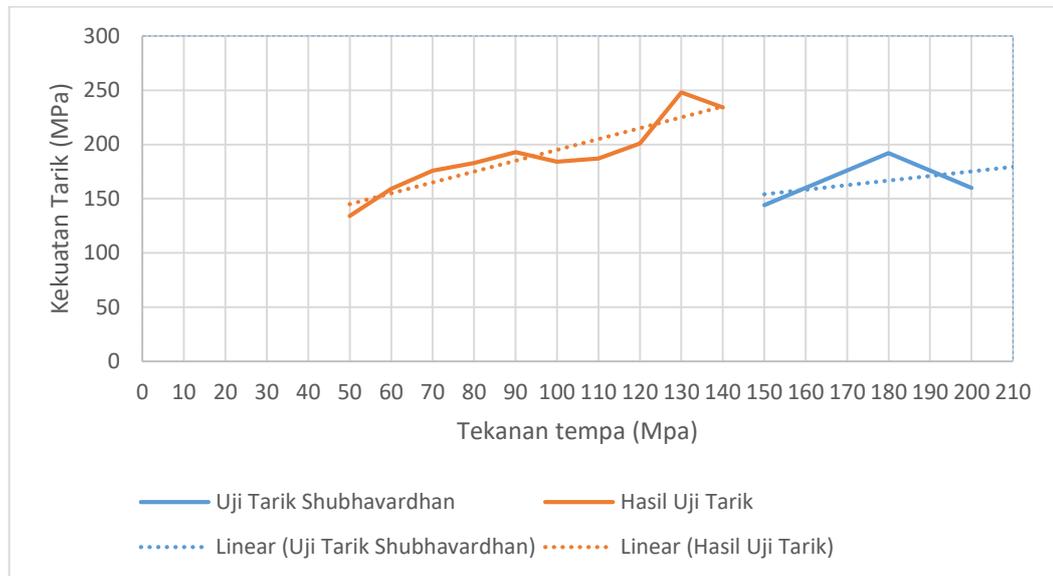
Dari grafik tegangan regangan pada gambar 4.9. terlihat grafik perpanjangan pengujian tarik, titik yang menunjukkan perubahan dari deformasi

elastis ke deformasi plastis yang tinggi. Hasil terbaik dalam penelitian terdapat pada variasi tekanan gesek 35 MPa dengan waktu gesek 4 detik dan variasi tekanan tempa 130 MPa dengan waktu tempa 5 detik. Grafik pada variasi tekanan tempa 130 MPa memiliki UTS sebesar 248,39 MPa.

Tabel 4.4. Data hasil pengujian tarik pada sambungan bahan aluminium 6061 T6 dengan stainless steel 304.

No	Tekanan Gesek (Mpa)	Waktu Gesek (Detik)	Tekanan Up Set (Mpa)	Waktu Tempa (Detik)	Kekuatan Tarik (Mpa)
1	35	4	50	5	134
2			60		159
3			70		176
4			80		183
5			90		193
6			100		184
7			110		187
8			120		201
9			130		248
10			140		234

Dari tabel 4.4 data uji tarik diperoleh hasil kekuatan tarik dengan variasi tekanan upset mendapatkan hasil yang berbeda - beda. Hasil pengujian tarik terbaik terlihat pada variasi tekanan upset 130 MPa dengan kekuatan tarik sebesar 248 MPa. Sedangkan hasil pengujian tarik terendah terlihat pada variasi tekanan upset 50 MPa dengan kekuatan tarik sebesar 134 MPa. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4.10. Grafik perbandingan pengaruh tekanan tempa terhadap kekuatan tarik Alumunium 6061 T6 dan Stainless Steel 304

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi tekanan tempa mempengaruhi hasil kekuatan tarik. Variasi tekanan tempa yang semakin besar akan menaikkan kekuatan tarik, namun jika tekanan tempa yang diberikana terlalu besar dengan waktu tempa yang sama akan menguragi kekuatan tariknya. Hasil terbaik dalam penelitian terdapat pada variasi tekanan gesek 35 MPa dengan waktu gesek 4 detik dan variasi tekanan tempa 130 MPa dengan waktu tempa 5 detik.

Shubhavardhan (2012) meneliti tentang *Friction Welding to Join Dissimilar Metals* AISI 304 dan Alumunium 6082. Proses yang dilakukan menggunakan paramater tekanan gesek, waktu gesek, tekanan upset. Dari penelitian tersebut diperoleh kekuatan tarik terbaik 188,40 MPa pada vareasi tekanan gesek 80 MPa, waktu gesek 5 detik, tekanan upset 180 MPa dan waktu upset 6 detik. Sedangkan dari data yang diperoleh dalam penelitian tugas akhir ini kekuatan tarik terbaik 248 MPa terlihat pada tekanan gesek 35 MPa, waktu gesek 4 detik, variasi tekanan upset 130 MPa, dan waktu upset 5 detik.

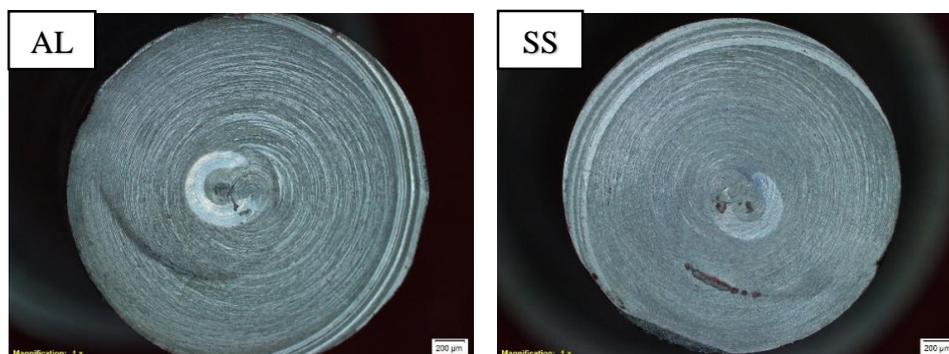
4.4.1. Hasil patahan spesimen uji tarik

Setelah dilakukan uji tarik diperoleh hasil patahan pada masing – masing sambungan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.11.



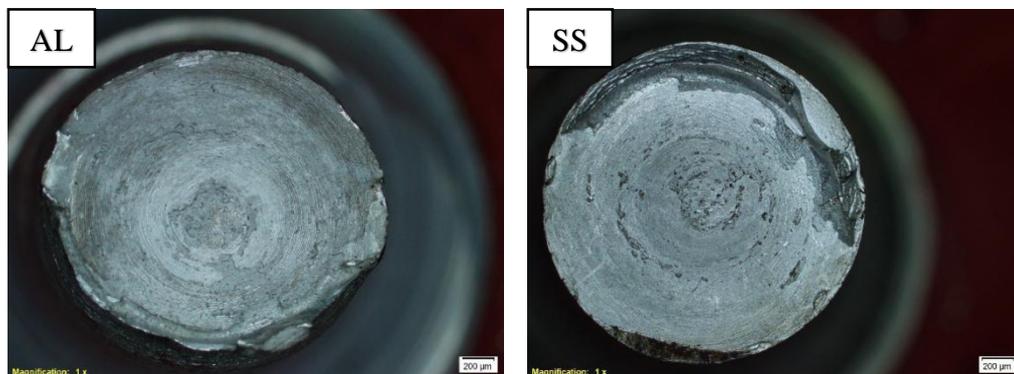
Gambar 4.11. Hasil pengujian tarik tekanan gesek 130 MPa, waktu gesek 4 detik, waktu tempa 5 detik dengan variasi tekanan tempa (a) 50 MPa, (b) 60 MPa, (c) 70 MPa, (d) 80 MPa, (e) 90 MPa, (f) 100 MPa, (g) 110 MPa, (h) 120 MPa, (i) 130 MPa, (j) 140 MPa Aluminium 6061 T6 dan Stainless Steel 304

Hasil patahan spesimen uji tarik dilihat menggunakan foto makro dengan pembesaran 200x. Foto makro hasil uji tarik diambil 2 variasi yaitu variasi tekanan tempa 50 MPa dan tekanan tempa 130 MPa. Foto makro hasil uji tarik variasi tekanan tempa 50 MPa dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12. Penampang patahan pengujian tarik dengan variasi tekanan tempa 50 MPa, waktu tempa 4 detik, tekanan gesek 35 MPa dan waktu gesek 5 detik sambungan Aluminium 6061 T6 dan Stainless Steel 304

Dari hasil patahan pengujian tarik variasi tekanan tempa 50 MPa terlihat bahwa hasil patahan putus pada sambungan alumunium 6061 T6 dan AISI 304. Hal tersebut dikarenakan pada saat terjadi gesekan panas yang dihasilkan tidak merata. Maka dari itu pada saat ditarik patahan terjadi dibagian sambungan. Sambungan alumunium 6061 T6 dan AISI 304 variasi tekanan gesek 50 MPa terlihat alumunium hanya sedikit menempel pada permukaan sambungan, maka menghasilkan kekuatan tarik yang rendah. Gambar 4.13. menunjukkan hasil patahan uji tarik variasi tekanan tempa 130 MPa.



Gambar 4.13. Penampang patahan pengujian tarik dengan variasi tekanan tempa 130 MPa, waktu tempa 4 detik, tekanan gesek 35 MPa dan waktu gesek 5 detik sambungan Alumunium 6061 T6 dan Stainless Steel 304

Patahan sambungan pengelasan gesek pada alumunium 6061 T6 dan AISI 304 terlihat patah pada sambungan. Pada sambungan alumunium 6061 T6 dan AISI 304 dengan variasi tekanan tempa 130 MPa terlihat bahwa alumunium 6061 menyatu pada AISI 304, maka menghasilkan kekuatan tarik yang tinggi.

