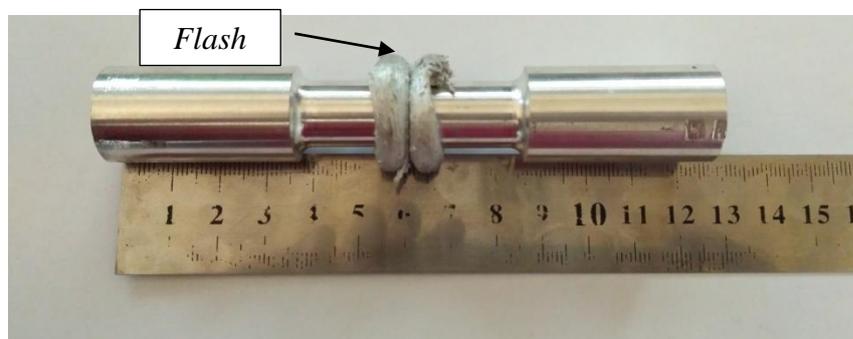


## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukannya pengamatan, pengukuran dan pengujian terhadap benda uji, maka didapat data seperti yang akan ditampilkan pada bab ini beserta dengan pembahasannya.

### 4.1 Hasil Penyambungan Aluminium 6061 T6 dengan Metode CDFW

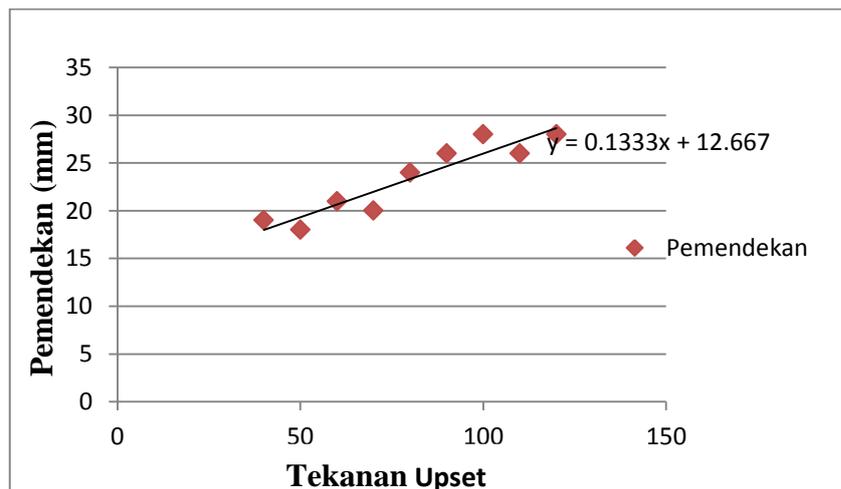


Gambar 4.1 Hasil Sambungan

Gambar 4.1 adalah hasil penyambungan dari aluminium 6061-T6 dengan metode *continuous drive friction welding*. Penyambungan dilakukan menggunakan parameter tekanan *upset* yang bervariasi. Tekanan *upset* yang digunakan yaitu 40 MPa, 50 MPa, 60 MPa, 70 MPa, 80 MPa, 90 MPa, 100 MPa, 110 MPa, dan 120 MPa. *Flash* terjadi karena adanya gaya aksial pada kondisi *thermoplastis* dan gaya sentrifugal secara bersamaan sehingga mengarahkan *flash* ke permukaan luar material. Besarnya *flash* yang terjadi menyebabkan adanya pemendekan dari hasil penyambungan. Pemendekan hasil sambungan dapat dilihat pada tabel 4.1 dan Gambar 4.2.

Tabel 4.1 Pemendekan hasil sambungan

No.	Tekanan <i>upset</i> (Mpa)	Panjang awal (mm)	Panjang akhir (mm)	Pemendekan (mm)
1	40	60	41	19
2	50	60	42	18
3	60	60	39	21
4	70	60	40	20
5	80	60	36	24
6	90	60	34	26
7	100	60	32	28
8	110	60	34	26
9	120	60	32	28



Gambar 4.2 Grafik pemendekan hasil sambungan

Pemendekan yang terjadi pada proses pengelasan dengan tekanan *upset* yang divariasikan menunjukkan tekanan *upset* yang semakin besar akan menyebabkan pemendekan yang semakin besar pula. Hal itu ditunjukkan pada Grafik 4.2.

#### 4.2 Pengujian Struktur Mikro

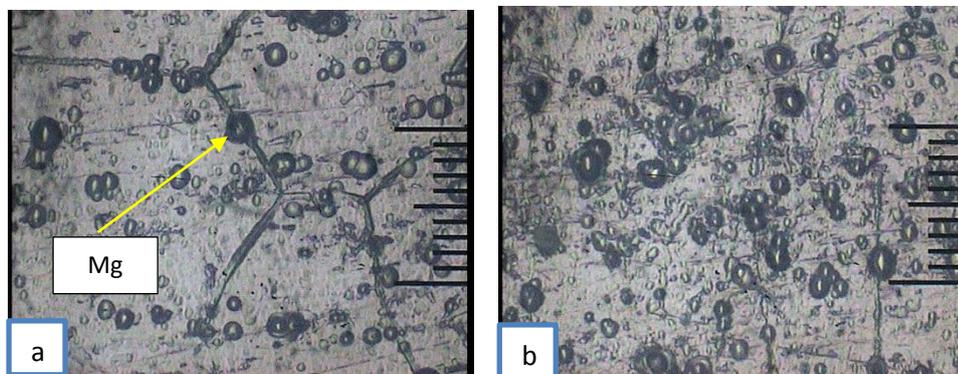
Pada penelitian ini pengujian struktur mikro dilakukan pada sambungan dengan tekanan *upset* 60 MPa dan 90 MPa. Dilakukannya pengamatan struktur mikro bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur mikro yang terjadi pada hasil sambungan aluminium 6061-T6. Setelah diketahui daerah yang terjadi

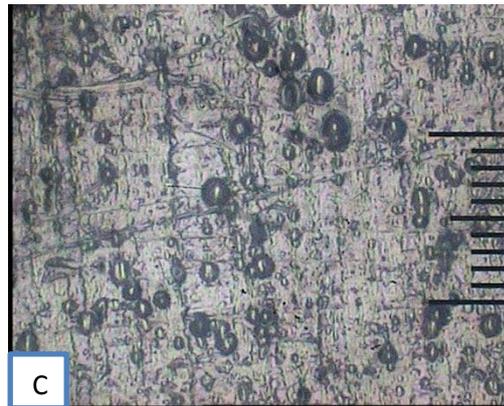
perubahan, dan mengetahui jarak masing-masing dari sambungan, data tersebut kemudian digunakan untuk pengujian kekerasan. Gambar 4.3 adalah spesimen pengujian struktur mikro.



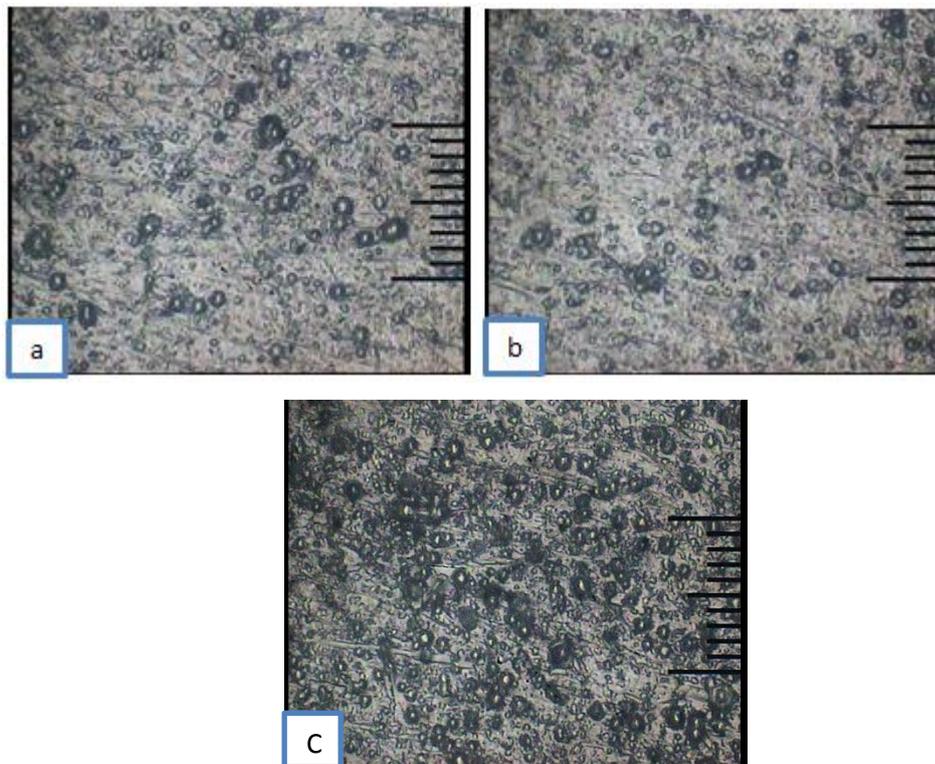
Gambar 4.3 Spesimen pengujian struktur mikro

Setelah dilakukan pengamatan dengan mikroskop optik pada spesimen hasil dari penyambungan, pada daerah HAZ terdapat Mg yang ditunjukkan dengan butiran hitam pada spesimen dikarenakan pengetsaan pada spesimen uji yang jaraknya berdekatan tidak seperti keadaan pada logam induk dimana Mg tersebut terlihat lebih berjauhan dan tidak saling menumpuk, sedangkan pada daerah sambungan Mg tersebut lebih berdekatan ataupun bertumpuk dimana daerah tersebut merupakan daerah dengan nilai kekerasan yang kecil, atau bisa dikatakan semakin banyaknya tumpukan Mg maka akan menurunkan nilai kekerasan pada hasil sambungan material aluminium. 6061-T6 dapat dilihat pada Gambar 4.4 & 4.5.





Gambar 4.4 Struktur mikro sambungan dengan variasi *upset* 60 MPa (pembesaran 200x). a) daerah dekat logam induk, b) daerah HAZ, dan c) daerah sambungan.

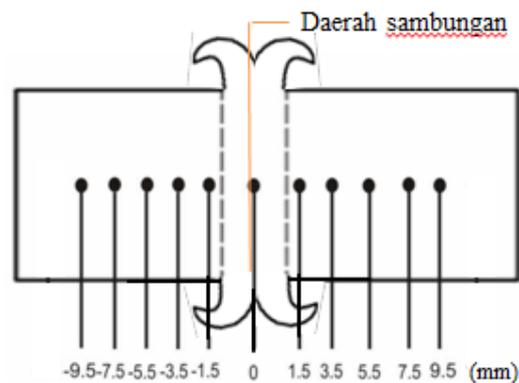


Gambar 4.5 Struktur mikro sambungan dengan variasi *upset* 90 MPa (pembesaran 200x). a) daerah HAZ 1 (diam) spesimen tekanan *upset* 90 MPa, b) daerah HAZ 2 (berputar), c) daerah sambungan

Parameter variasi tekanan *upset* 90 MPa, pada daerah sambungan lebih banyak terdapat tumpukan Mg jika dibandingkan dengan variasi tekanan *upset* 60 MPa.

### 4.3 Pengujian Kekerasan Mikro Vickers

Dari pengujian struktur mikro dilakukan maka dapat diketahui posisi untuk melakukan pengujian kekerasan. Posisi pengujian kekerasan dapat dilihat pada Gambar 4.6. Spesimen yang digunakan untuk pengujian kekerasan digunakan hasil sambungan dengan parameter tekanan *upset* 60 MPa dan 90 MPa. Hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan pada daerah yang mengalami perubahan struktur mikro.



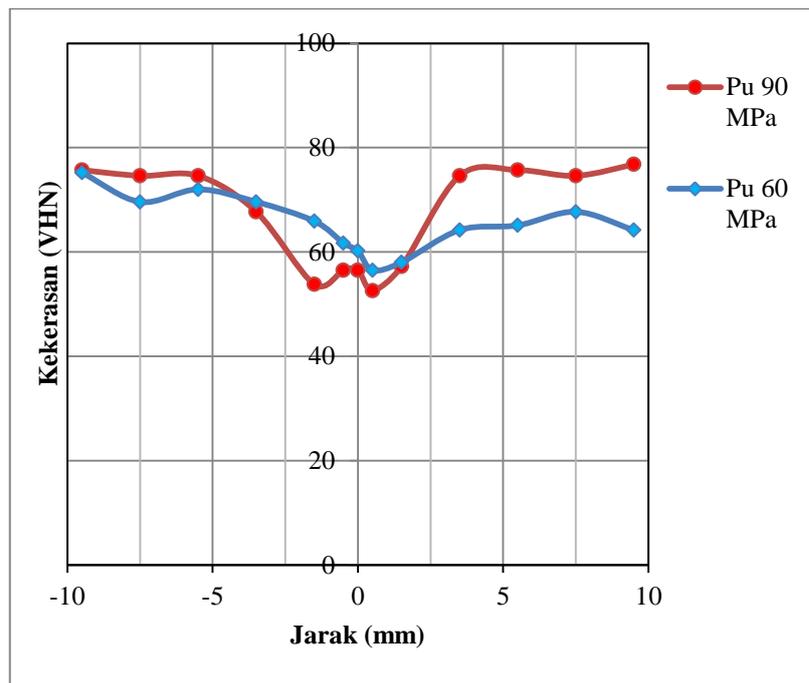
Gambar 4.6 Posisi uji kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode mikro vickers. Pengujian dimulai dari titik 0 sebagai daerah sambungan sampai 9.5 mm, kemudian ke arah kiri dengan jarak sama.

Setelah dilakukan pengujian kekerasan pada masing-masing spesimen didapat hasil yang ditampilkan pada Tabel 4.2. Dari data Tabel 4.2 dapat dibuat grafik antara nilai kekerasan dengan jarak pada masing-masing titik (Gambar 4.7).

Tabel 4.2 Nilai kekerasan

Tekanan upset (MPa)	Jarak dari sambungan (mm)	$d_1$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_2$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_{\text{rata-rata}}$ ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan (VHN)	
60	Berputar	9.5	76.0	76.0	76.00	64.2
		7.5	75.0	73.0	74.00	67.7
		5.5	76.0	75.0	75.50	65.1
		3.5	76.0	76.0	76.00	64.2
		1.5	80.0	80.0	80.00	58.0
		0.5	82.0	80.0	81.00	56.5
	Diam	0	80.0	77.0	78.50	60.2
		-0.5	79.0	76.0	77.50	61.7
		-1.5	76.0	74.0	75.00	65.9
		-3.5	74.0	72.0	73.00	69.6
		-5.5	73.5	70.0	71.75	72.0
		-7.5	73.0	73.0	73.00	69.6
		-9.5	71.5	69.0	70.25	75.2
90	Berputar	9.5	70.0	69.0	69.50	76.8
		7.5	70.0	71.0	70.50	74.6
		5.5	70.0	70.0	70.00	75.7
		3.5	71.0	70.0	70.50	74.6
		1.5	80.0	81.0	80.50	57.2
		0.5	85.0	83.0	84.00	52.6
	Diam	0	80.0	82.0	81.00	56.5
		-0.5	81.0	81.0	81.00	56.5
		-1.5	83.0	83.0	83.00	53.8
		-3.5	74.0	74.0	74.00	67.7
		-5.5	70.0	71.0	70.50	74.6
		-7.5	71.0	70.0	70.50	74.6
		-9.5	70.0	70.0	70.00	75.7



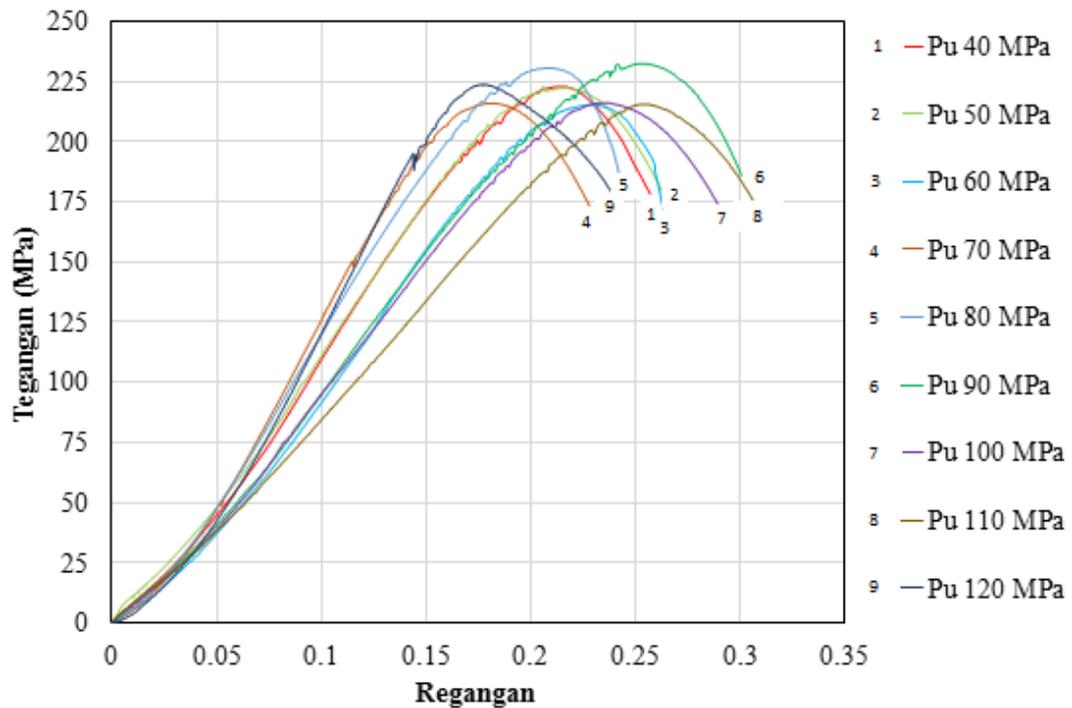
Gambar 4.7 Grafik nilai kekerasan

Dari gambar 4.7 dapat diketahui pada daerah aluminium masing-masing spesimen uji nilai kekerasannya turun seiring semakin dekatnya dengan daerah sambungan. Pada daerah aluminium dengan variasi tekanan *upset* 90 MPa terlihat mengalami penurunan nilai kekerasan yang lebih besar, bila dibandingkan daerah aluminium dengan variasi parameter tekanan *upset* 60 MPa. Nilai kekerasan paling rendah pada sambungan variasi tekanan *upset* 90 MPa adalah 52,6 dimana daerah tersebut berada pada daerah sambungan las dan nilai tertinggi 76,8 pada daerah logam induk, sedangkan pada variasi tekanan *upset* 60 MPa nilai terendah pada daerah sambungan las yaitu: 56.5 dan tertinggi 75,2 berada pada daerah logam induk ( Tabel 4.2).

#### 4.4 Hasil Uji Kekuatan Tarik

Pengujian kekuatan tarik pada penelitian ini dilakukan pada semua spesimen yang sudah tersambung dengan variasi parameter yang berbeda-beda. Sebelum spesimen dilakukan pengujian kekuatan tarik dilakukan proses pemesinan untuk menghilangkan *flash* dan membentuk dimensi yang mengacu pada standar JIS Z 2201. Setelah itu pengujian tarik dilakukan secara urut mulai dari tekanan *upset*

terendah sampai dengan tekanan *upset* yang tertinggi. Hasil pengujian kekuatan tarik dari masing-masing spesimen menghasilkan grafik tegangan-regangan yang dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik tegangan - regangan masing-masing parameter

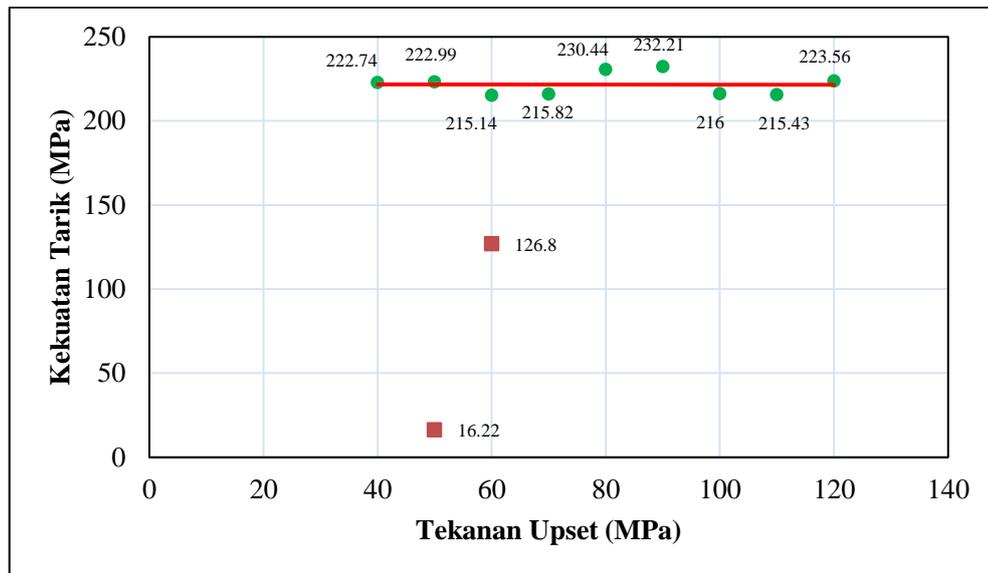
Gambar 4.8 menunjukkan bahwa patahan bersifat ulet. Dari gambar 4.8 dapat digunakan untuk mengetahui tegangan maksimum atau kekuatan tarik maksimum yang dihasilkan. Hasil kekuatan tarik maksimum dari masing-masing parameter dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Tarik

No.	Parameter				Kekuatan tarik (MPa)
	Tekanan gesek (MPa)	Waktu gesek (s)	Tekanan <i>upset</i> (MPa)	Waktu <i>upset</i> (s)	
1	40	4	40	4	222.743
2			50		222.999
3			60		215.142
4			70		215.825
5			80		230.441
6			90		232.212
7			100		216.001
8			110		215.436
9			120		223.568

Dari data Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa kekuatan tarik maksimum terjadi pada tekanan *upset* 90 MPa dengan hasil 232,212 MPa sedangkan kekuatan tarik terendah diperoleh saat penggunaan tekanan *upset* 60 MPa yaitu 215,142. Hasil tersebut jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Rahmanto (2016) dimana pada penelitian tersebut kekuatan tarik terbesar diperoleh pada variasi tekanan *upset* 60 Mpa dengan hasil 126,80 Mpa dan terendah dengan variasi tekanan *upset* 50 MPa yaitu: 16,22 MPa. Berdasarkan dari hasil yang telah diperoleh dengan membandingkan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya maka variasi yang digunakan pada penelitian ini dapat meningkatkan kekuatan tarik dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Dan jika dibandingkan dengan pengelasan *tungsten inert gas (TIG)* yang telah dilakukan oleh Ardiyanto (2017), Kekuatan tarik tertinggi pada pengujian ini diperoleh pada variasi sudut kampuh 85° dengan kuat arus 160 A sebesar 161,37 MPa, dan kekuatan tarik terendah terjadi pada penggunaan sudut kampuh 85° dengan kuat arus 60 A sebesar 12,46 MPa. Berdasarkan data tersebut maka penelasan menggunakan CDFW menghasilkan kekuatan tarik yang lebih besar dibandingkan *fusion welding*. Dari data Tabel 4.3 juga dapat dibuat grafik

hubungan antara parameter tekanan *upset* dengan kekuatan tarik yang diperoleh. Dari grafik tersebut dapat diketahui pengaruh dari besarnya tekanan *upset* terhadap kekuatan tarik sambungan aluminium 6061 T6 (Gambar 4.9)



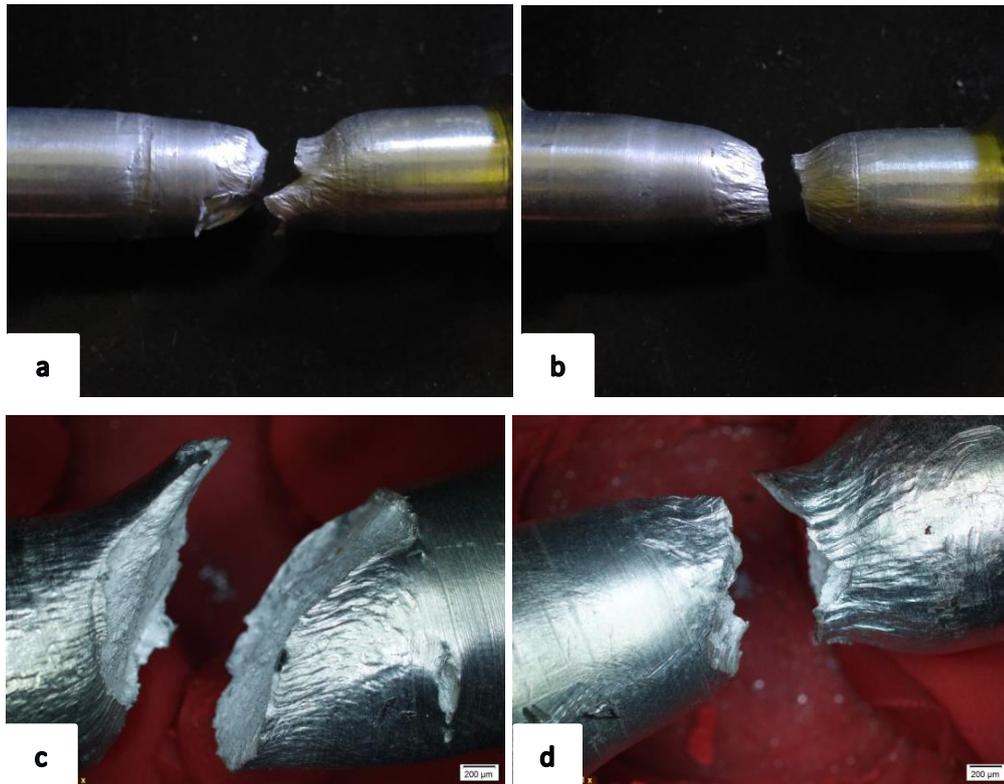
Gambar 4.9 Grafik hubungan antara parameter tekanan *upset* dan kekuatan tarik

Grafik 4.9 menunjukan bahwa variasi tekanan *upset* yang diberikan pada saat pengujian tidak berpengaruh secara signifikan terhadap sambungan yang dihasilkan.

#### 4.5 Fraktografi

Setelah pengujian kekuatan tarik dilakukan, patahan yang diperoleh dari hasil sambungan dapat diamati. Hal ini dilakukan untuk mengetahui penyebab dari patahnya sambungan saat pengujian tarik. Dari hasil patahan dapat juga diketahui penyebab tingginya hasil kekuatan tarik diperoleh. Alat yang digunakan untuk mengamati hasil patahan pada penelitian ini yaitu Olympus model SZ-LW61 T6.

Pada pengamatan penelitian ini patahan yang diamati hanya pada hasil patahan dengan kekuatan tarik tertinggi dan terendah, yaitu pada penggunaan tekanan *upset* 60 MPa dan tekanan *upset* 90 MPa. Hasil patahan ini dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Hasil struktur makro penampang patahan a) variasi tekanan *upset* 70 MPa, b) variasi 80 MPa, c) variasi 60 MPa dan d) variasi 90 MPa

Seperti yang terlihat pada Gambar 4.10. Penampang patahan pada aluminium menunjukkan patahan bersifat ulet yang diindikasikan dengan adanya deformasi plastis disekitar patahan. Hal tersebut kemungkinan karena panas yang terjadi saat proses penyambungan terdistribusi dengan baik. Terjadinya distribusi panas yang baik juga dikarenakan material sama-sama mengalami kondisi *thermoplastis*. Pada patahan variasi tekanan *upset* 90 MPa menunjukkan hasil yang lebih ulet hal ini seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 dengan nilai tertinggi yaitu: 232.212 MPa, sedangkan untuk tekanan *upset* 60 MPa yaitu: 215.142 MPa.