

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelasan *spot TIG* pada material antara alumunium seri 1100 dengan alumunium 1100 dengan memvariasikan kuat arus dan waktu pengelasan pada setiap variasinya bertujuan untuk mengetahui parameter arus dan waktu yang baik, kapasitas beban tarik geser, kekerasan permukaan dan struktur makro dan mikronya. Data yang diperoleh dari pengujian tersebut akan dianalisa dan dibahas untuk mendapatkan kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian.

4.1 Hasil pengelasan

Pengelasan pada material sejenis antara alumunium 1100 dengan alumunium 1100 ini memerlukan beberapa percobaan sebelum menentukan parameter variasi kuat arus yang digunakan. pada penelitian ini selain kurangnya referensi pada penggunaan material alumunium dengan ketebalan 0,9 mm terutama pada pengelasan dengan metode spot TIG menyebabkan banyaknya percobaan untuk mendapatkan hasil yang optimal.

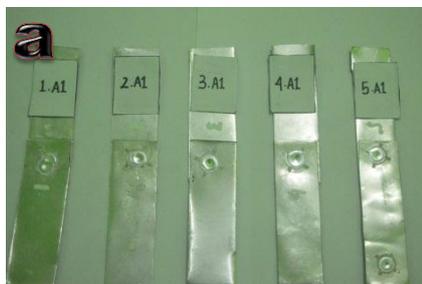
Pada proses penentuan parameter variasi kuat arus yang akan digunakan, dimulai dari kuat arus (90 A) dengan waktu 2 detik dimana penetrasi pada hasil lasan tidak menembus yang menyebabkan sambungan terlepas



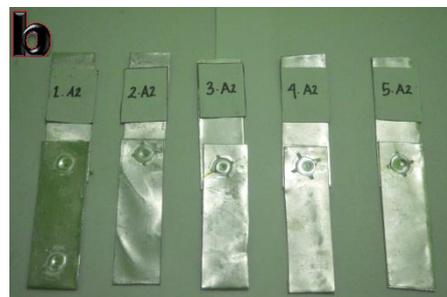
Gambar 4.1 Hasil percobaan las menggunakan arus 90 A dengan waktu 2 detik

selanjutnya kuat arus yang digunakan pada percobaan selanjutnya adalah (90 A) dengan waktu 3 detik. Untuk hasil lasan yang didapatkan adanya penetrasi material yang satunya, namun masih kurang begitu menyatu. Dilihat dari percobaan sebelumnya yaitu menggunakan arus 90 A dan waktu 2 detik kemungkinan arus kurang tinggi dan waktu yang singkat. Menurut ruukki (2007) jika arus yang diberikan besar maka waktu pengelasan lebih singkat, jika arus yang diberikan kecil maka waktu pengelasan bisa lebih lama.

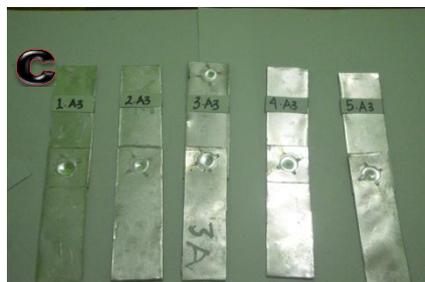
Dipercobaan selanjutnya material dibersihkan permukaannya kemudian digunakan arus dengan 120 A dengan waktu 3 detik kedua plat dapat tersambung dengan kuat terutama dibagian penetrasinya. Setelah didapatkan arus yang tepat untuk menyambung kedua plat dengat kuat selanjutnya dilakukan pengelasan dengan arus 125 A, 130 A, dan 135 A dengan waktu yang sama yaitu 3 detik. Hasil pengelasan dengan waktu 3 detik dengan arus 120 A, 125A, 130 A, dan 135 A dapat dilihat pada gambar 4.2



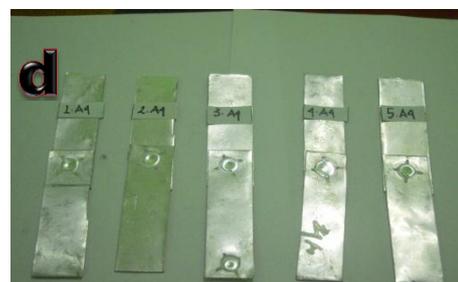
a). 120 A



b). 125 A



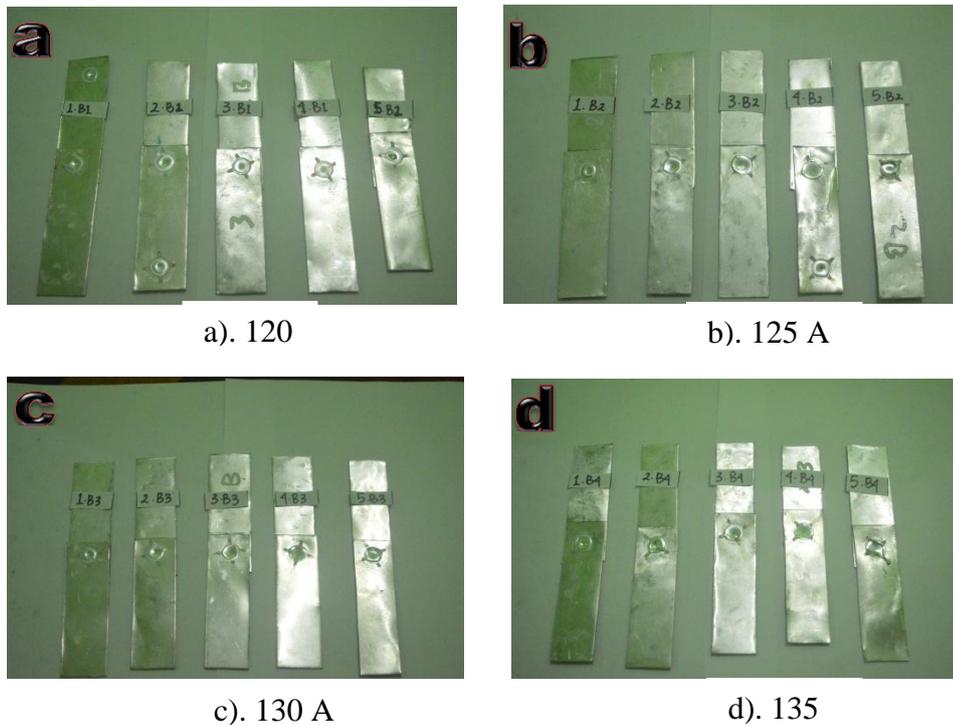
c). 130 A



d). 135 A

Gambar 4.2 Hasil pengelasan dengan waktu 3 detik menggunakan arus (a). 120 A, (b). 125 A, (c). 130 A, dan (d). 135 A

setelah itu kemudian dengan waktu 4 detik dengan variasi arus yang sama yaitu (120 A), (125 A), (130 A), dan (135 A). Hasil lasan yang didapatkan dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Hasil pengelasan dengan waktu 4 detik menggunakan arus a). 120 A, b). 125 A, c). 130 A, dan d). 135 A

Setelah melakukan percobaan pada variasi arus dengan waktu 3 detik dan 4 detik kemudian dilanjutkan kembali dengan waktu penekanan 5 detik dengan arus 120 A, 125 A, 130 A, dan 135 A. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada gambar 4.4

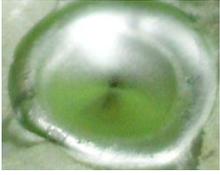
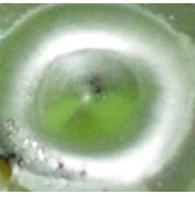
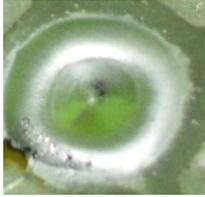
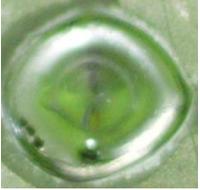


Gambar 4.4 Hasil percobaan las dengan waktu 5 detik dengan arus 120 A, 125 A, 130 A, dan 135 A

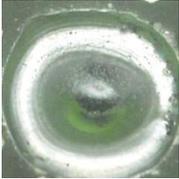
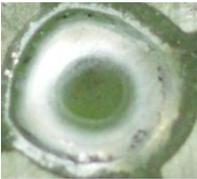
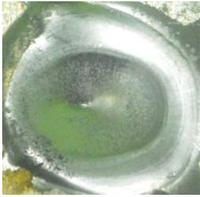
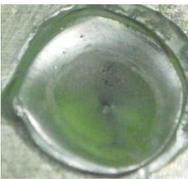
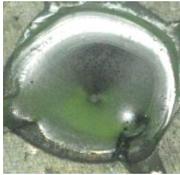
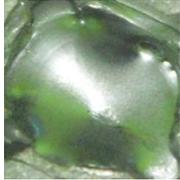
Terlihat pada gambar 4.4 hasil lasan yang didapatkan berupa kecacatan pada daerah las berupa lubang dikarenakan waktu pengelasan yang cukup lama. Rukki (2007) mengatakan bahwa untuk material dengan konduktivitas listrik yang tinggi seperti tembaga dan alumunium menggunakan waktu pengelasan yang lebih singkat. Dalam hal ini waktu pengelasan terlalu lama. Menurut Wiryosumarto, H.dkk (2000) paduan alumunium mempunyai sifat yang kurang baik atau merugikan diantaranya adalah daya hantar panasnya tinggi maka sukar sekali untuk memanaskan dan mencairkan sebagian kecil saja. Paduan alumunium memiliki koefisien muai yang besar maka mudah sekali terjadi deformasi.

4.2 Hasil pembentukan nugget pada daerah las

Karmiadi, (2018) mengatakan bahwa Cacat yang biasanya ditimbulkan jika pemilihan parameter proses spot welding tidak tepat adalah diameter nugget standar, penetrasi welding yang kurang, serta timbulnya lubang pada daerah welding. Untuk daerah nugget yang didapatkan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6

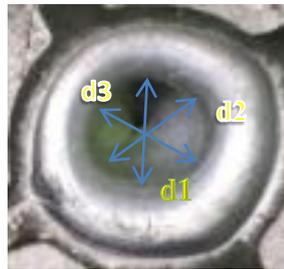
<i>Nugget</i>		Waktu 3 Detik			
		Variasi Kuat Arus Pengelasan			
		120 A	125 A	130 A	135 A
Spesimen	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	5.				

Gambar 4.5 Bentuk nugget lasan alumunium menggunakan spot TIG dengan waktu 3 detik

Nugget		Waktu 4 Detik			
		Variasi Kuat Arus Pengelasan			
		120 A	125 A	130 A	135 A
Spesimen	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	5.				

Gambar 4.6 Bentuk nugget lasan aluminium menggunakan spot TIG dengan waktu 4 detik

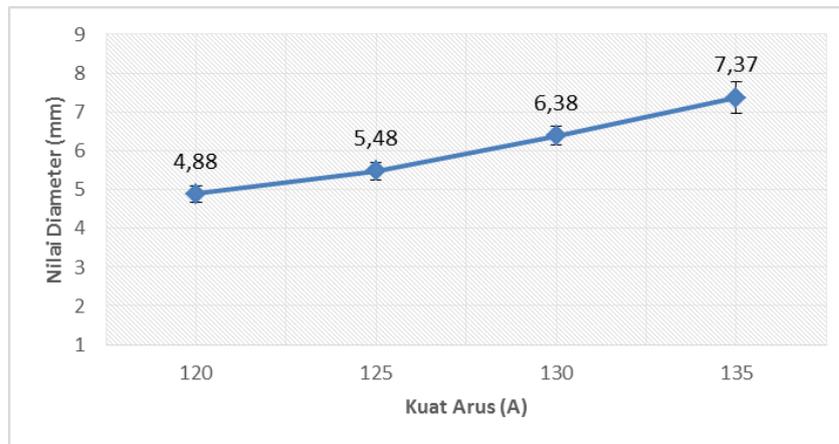
Dari hasil pengelasan terlihat bahwa ukuran diameter dari hasil lasan terlihat sangat lebar (nugget) dan daerah HAZ terlihat lebar juga. Hal ini dikarenakan bahan aluminium memiliki sifat yang lunak sehingga daerah HAZ terlihat dengan jelas akibat heat input yang terjadi pada saat pengelasan. Dari hasil lasan dengan waktu 3 detik dan 4 detik terlihat bahwa ukuran nugget semakin meningkat dan terlihat cekungan bagian dalam nugget lebih dalam (penetrasi).



Gambar 4.7 Metode pengukuran diameter nugget pada hasil lasan spot TIG pada permukaan aluminium

Tabel 4.1 Ukuran luasan diameter nugget pada setiap variasi kuat arus pengelasan dengan waktu 3 detik

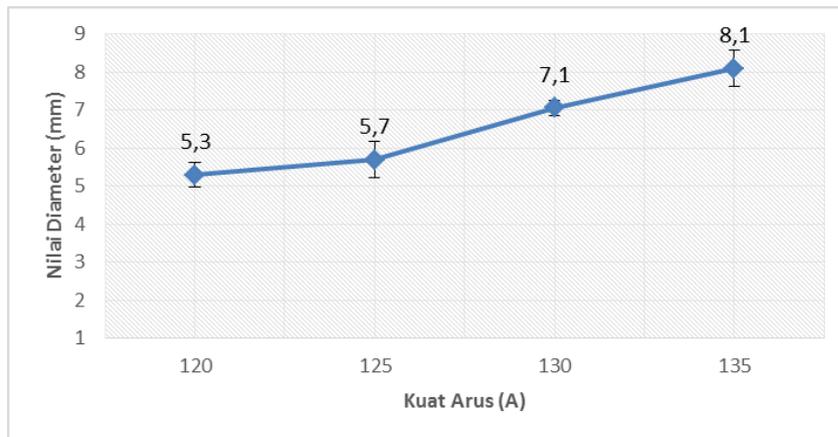
Arus	Spesimen	d1	d2	d3	d Rata - rata
120	A1				
	1	4,6	4,7	4,6	4,88
	2	4,6	4,9	4,7	
	3	4,9	4,9	4,9	
	4	5	5	5	
	5	5,1	5,2	5,1	
Arus	Spesimen A2	d1	d2	d3	Rata - rata
125	1	5,2	5,3	5,2	5,48
	2	5,3	5,3	5,4	
	3	5,4	5,6	5,4	
	4	5,5	5,6	5,6	
	5	5,7	5,9	5,8	
	Arus	Spesimen A3	d1	d2	d3
130	1	6	6	6	6,38
	2	6,4	6,4	6,5	
	3	6,3	6,3	6,3	
	4	6,5	6,5	6,4	
	5	6,6	6,8	6,7	
	Arus	Spesimen A4	d1	d2	d3
135	1	7	7	7	7,37
	2	7	7	7	
	3	7,1	7,2	7,1	
	4	7,8	7,8	7,8	
	5	7,9	7,9	7,9	



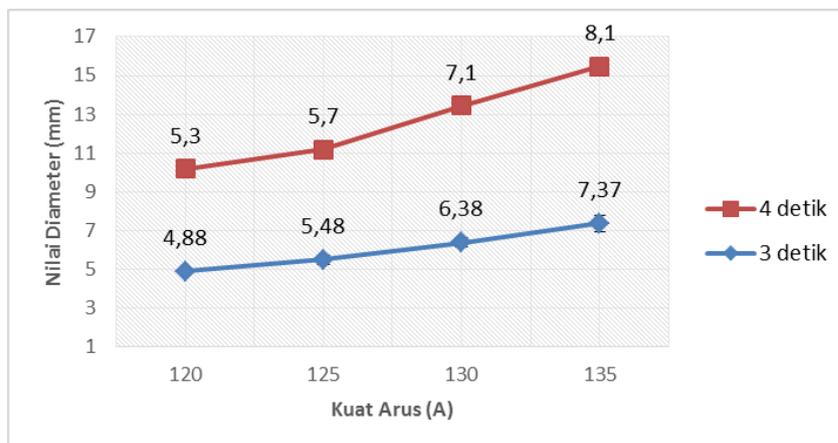
Gambar 4.8 Grafik perbandingan ukuran diameter nugget tiap variasi kuat arus dengan waktu 3 detik

Tabel 4.2 Ukuran luasan diameter nugget pada setiap variasi kuat arus pengelasan dengan waktu 4 detik

Arus	Spesimen	d1	d2	d3	Rata - rata	STDev
	B1					
120	1	5	5	5	5,3	0,33
	2	5	4,9	5		
	3	5,2	5,4	5,3		
	4	5,4	5,4	5,4		
	5	5,7	6	5,8		
Arus	Spesimen	d1	d2	d3	Rata - rata	STDev
	B2					
125	1	6	5	5,5	5,7	0,47
	2	4,9	5	5		
	3	6	6,1	6		
	4	6	6	6		
	5	6	6	6		
Arus	Spesimen	d1	d2	d3	Rata - rata	STDev
	B3					
130	1	7	7	7	7,1	0,19
	2	7,1	6,9	7		
	3	6,9	7	7		
	4	7,2	7	7,1		
	5	7	7	7,7		
Arus	Spesimen	d1	d2	d3	Rata - rata	STDev
	B4					
135	1	7,9	7,8	7,8	8,1	0,48
	2	7,7	7,7	7,7		
	3	8	8	9		
	4	7,9	8	9		
	5	8	8	9		



Gambar 4.9 Grafik perbandingan ukuran diameter nugget tiap variasi kuat arus dengan waktu 4 detik

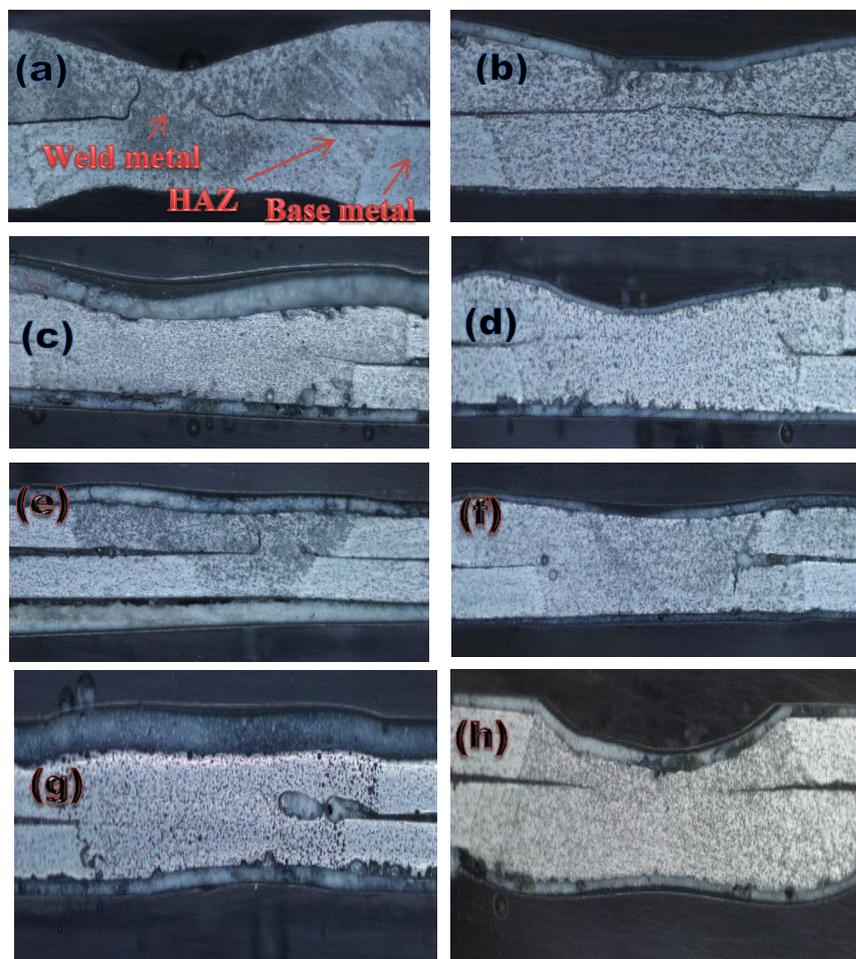


Gambar 4.10 Grafik perbandingan ukuran diameter nugget tiap variasi kuat arus dengan waktu 3 dan 4 detik

Gambar 4.10 diatas menunjukkan bahwa pengaruh hubungan antara kuat arus dan perbedaan waktu pada saat proses pengelasan memiliki nilai ukuran diameter yang berbeda beda. Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa dengan adanya peningkatan kuat arus dan perbedaan waktu akan menghasilkan kenaikan pada ukuran diameter nugget las yang memiliki selisah ukuran yang lumayan tinggi. Dari data hasil pengukuran diketahui bahwa nilai ukuran diameter nugget terkecil diperoleh pada variasi kuat arus 120 A dengan waktu 3 detik dengan nilai rata-rata sebesar 4,88 mm dan diameter nugget terbesar diperoleh pada variasi kuat arus 135 A dengan waktu 4 detik nilai rata-rata sebesar 8,1 mm.

4.3 Struktur Mikro

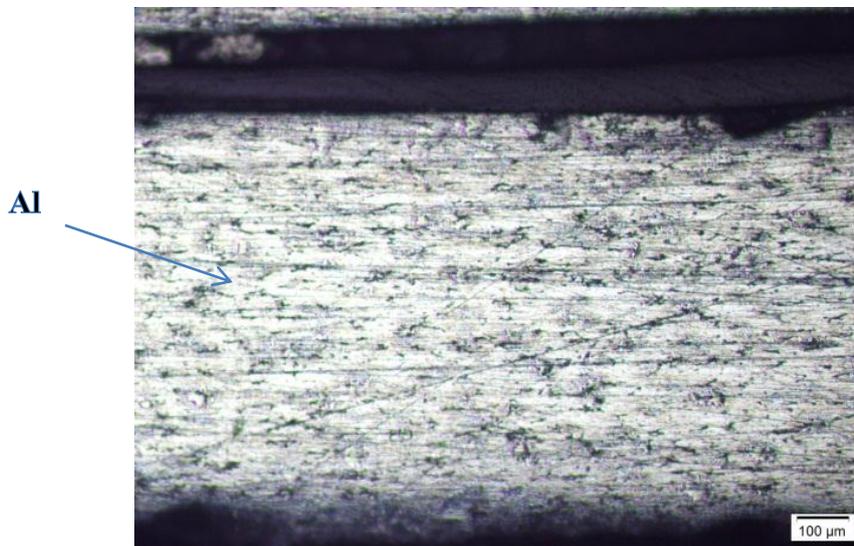
Pengujian struktur mikro ini bertujuan untuk mencari tahu bagaimana pengaruh kuat arus terhadap perubahan fasa yang terjadi terutama pada bagian *weldmetal* dan HAZ. Pengujian ini meliputi pengujian makro dan mikro dimana pengujian makro bertujuan untuk melihat bagaimana hasil dari sambungan pada tiap variasi kuat arus pengelasan dan waktu pengelasan sedangkan pengujian mikro untuk melihat pengaruh distribusi panas yang disebabkan *heat input* pada daerah *weldmetal* dan HAZ pada tiap variasi kuat arus pengelasan.



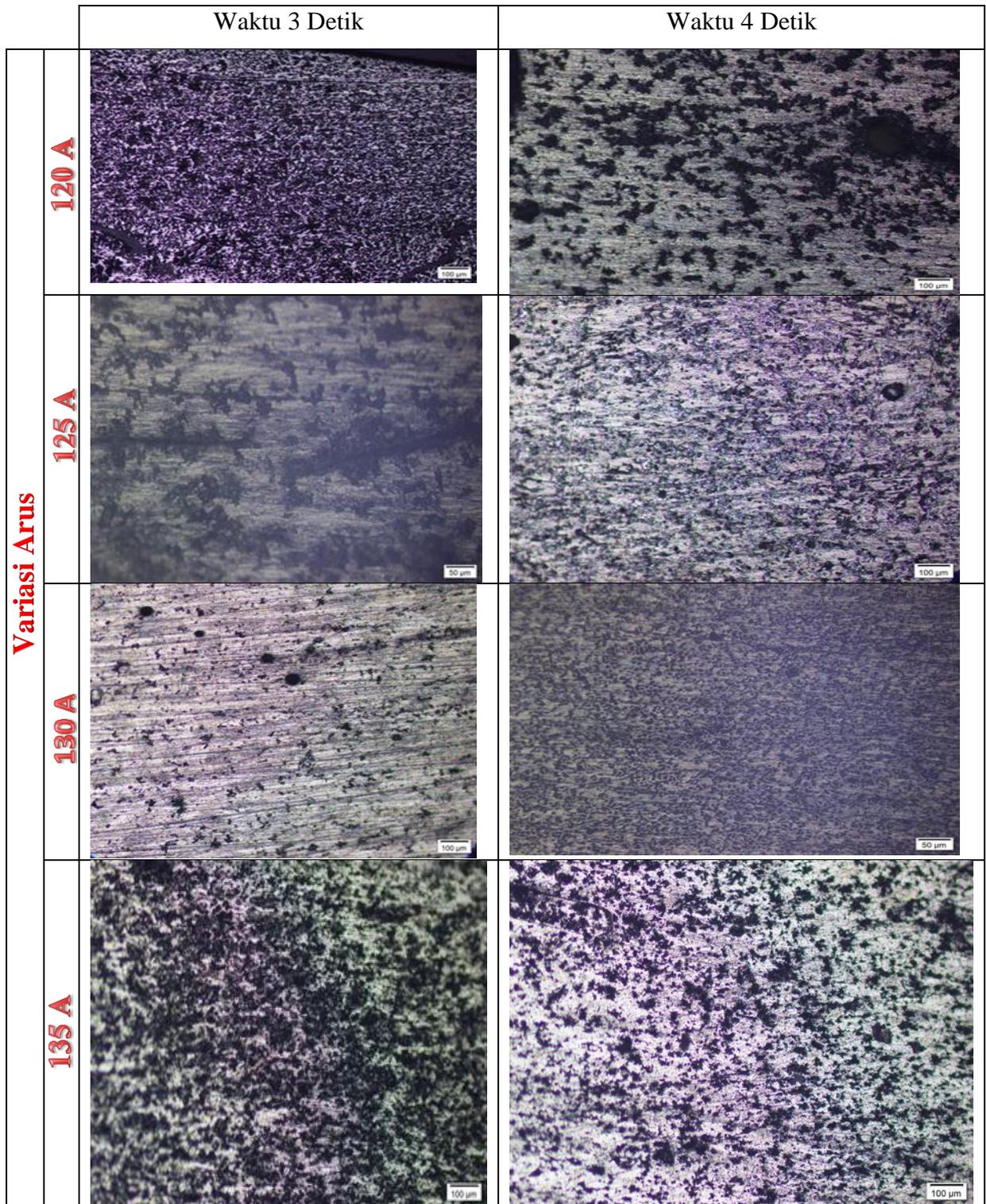
Gambar 4.11 Hasil struktur makro sambungan lasan spot TIG Alumunium tiap variasi kuat arus pengelasan (a). 120 A, (b). 125 A, (c). 130 A, dan (d).135 A dengan waktu 3 detik dan (e) 120 A, (f) 125 A, (g) 130 A, (h) 135 A dengan waktu 4 detik

Gambar 4.11 menerangkan bahwa hasil makro pada pengelasan spot TIG bahan alumunium menunjukkan hasil las yang baik terutama pada arus 130 A dan 135 A pada waktu 3 detik dan 4 detik terlihat bahwa penetrasi yang terjadi terlihat sampai menembus pada material yang satunya. Terlihat juga bahwa daerah HAZ memiliki ukuran yang lebar. Hal ini disebabkan oleh bahan alumunium merupakan bahan material yang lunak serta daya hantar panas yang tinggi. HAZ merupakan daerah yang terkena panas akibat terjadinya proses pengelasan tetapi tidak mengalami deformasi.

Base metal merupakan daerah yang tidak terpengaruh pengelasan. Menurut *ASM Hand Book Metallography and Microstructures*, unsur yang terdapat pada aluminium adalah partikel partikel hitam. Semakin banyak butiran partikel hitam yang menyatu semakin sulit pergerakan dislokasi yang terjadi yang nantinya akan mengakibatkan peningkatan kekuatan dan kekerasan logam.



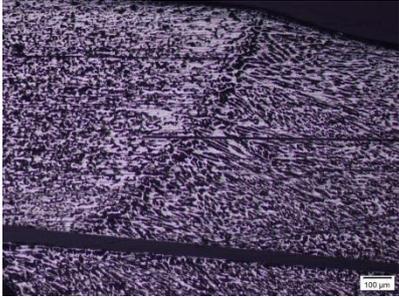
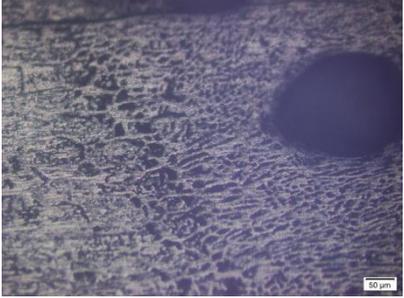
Gambar 4.12 Base metal pada Aluminium AA 1100



Gambar 4.13 Hasil struktur mikro daerah Weld metal

Aluminium murni tidak memiliki kandungan apapun selain dari aluminium itu sendiri. Pengaruh kuat arus terhadap struktur mikro pada bagian weld metal sambungan spot TIG antara aluminium dengan aluminium menunjukkan bahwa ada perubahan struktur mikro dimana pada setiap variasi yang didominasi oleh partikel hitam dengan butiran besar. Seiring dengan arus dan waktu yang meningkat. Semakin banyak butiran partikel hitam yang terbentuk semakin sulit pergerakan diskolasi yang terjadi yang nantinya akan mengakibatkan peningkatan kekuatan dan kekerasan logam. Struktur butir juga memiliki batas batas butir yang merupakan rintangan bagi pergerakan diskolasi. Batas butir yang banyak yang nantinya juga akan meningkatkan sifat mekanik dari logam.

Pada daerah weld metal dengan waktu 3 detik di setiap variasi arusnya mengalami perubahan bentuk struktur yaitu terdapatnya butiran butiran besar. Sedangkan pada daerah weld metal dengan waktu 4 detik di setiap variasi arusnya terdapat perubahan bentuk struktur yaitu butiran butiran menjadi kecil. Dari gambar tersebut dapat disimpulkan semakin besar arus dan lama waktu pengelasan maka besar butirannya semakin kecil sehingga sifat mekanik yang dimiliki semakin besar.

Variasi Kuat Arus	HAZ (Heat Affected Zone)	
	3 Detik	4 Detik
120 A		
125 A		
130 A		
135 A		

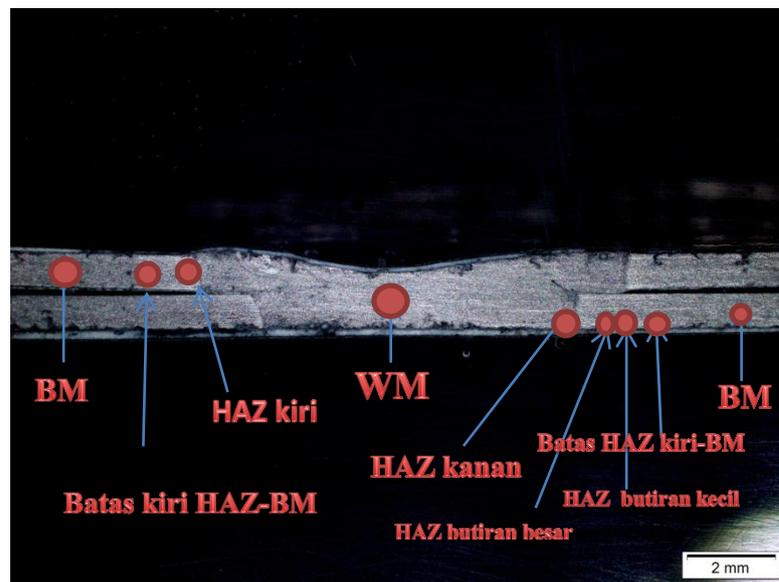
Gambar 4.14 Hasil struktur mikro daerah Heat Affected Zone (HAZ)

Pada daerah HAZ terlihat bahwa perubahan besarnya butiran dari logam induk ke logam las yaitu semakin besar. Hal itu disebabkan karena panas yang terjadi pada saat proses pengelasan sehingga terjadinya massa transisi yang terjadi

didaerah HAZ. Semakin kuat arus maka akan menimbulkan batas butir yang besar dan akan menimbulkan konsentrasi tegangan pada ujung kelompok penumpukan diskolasi karena pengaruh panas dari luar dan cukup untuk memicu sumber di butir butir di sekitarnya..

4. 4 pengujian kekerasan

Pengujian Kekerasan ini menggunakan metode *Vickers* dimana tujuan dari pengujian ini adalah mencari tahu pengaruh kuat arus pengelasan terhadap nilai kekerasan pada daerah weld metal, heat affected zone (HAZ), base metal atau logam induk, serta butiran besar dan kecil agar dapat melihat hubungan kuat arus pengelasan dengan distribusi panas yang terjadi pada material setelah dilakukannya pengelasan spot TIG antara aluminium dengan aluminium. Penentuan daerah titik untuk dilakukannya pengujian kekerasan ini dapat dilihat pada gambar 4.15



Gambar 4.15 Penentuan daerah titik untuk dilakukannya pengujian kekerasan

Hasil dari pengujian ini menyatakan bahwa pengaruh kuat arus pengelasan pada kekerasan adalah peningkatan nilai kekerasan, dimana nilai tertinggi terdapat pada daerah weld metal, selanjutnya pada daerah HAZ butiran besar, kemudian HAZ, lalu daerah logam induk, dan HAZ butiran kecil.

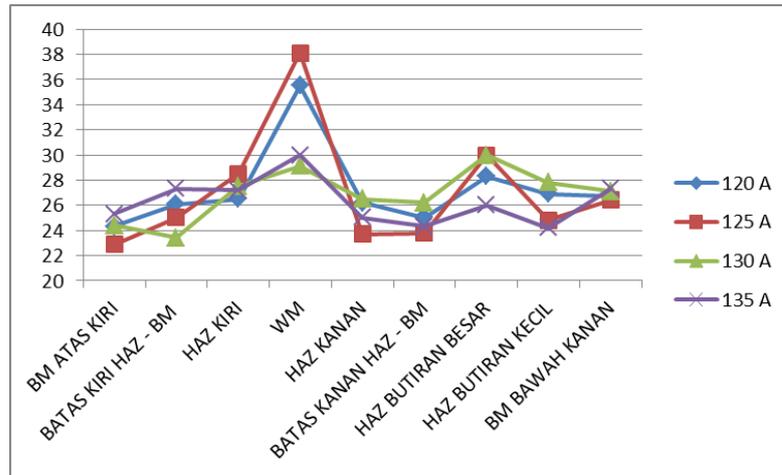
Tabel 4.3 Hasil pengujian kekerasan pada material aluminium dengan aluminium menggunakan spot TIG

Variabel	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
BM ATAS KIRI	24,3	22,9	24,4	25,3	25,8	25,2	24,6	25,5
BATAS KIRI HAZ - BM	26,1	25	23,4	27,3	23,8	24,4	24,5	22,6
HAZ KIRI	26,5	28,5	27,5	27,2	25,1	25,2	25,4	26,8
WM	35,5	38,1	29,1	30	31	29	28,9	29,4
HAZ KANAN	26,2	23,7	26,5	25	25	26,1	25	26,5
BATAS KANAN HAZ - BM	25	23,8	26,2	24,3	26,1	24,4	26,1	23,9
HAZ BUTIRAN BESAR	28,3	30	30	26	29,7	25	30,5	26,1
HAZ BUTIRAN KECIL	26,9	24,8	27,8	24,2	27,9	26,4	25,4	23,8
BM BAWAH KANAN	26,7	26,4	27,1	27,3	27,2	24,5	24,2	23

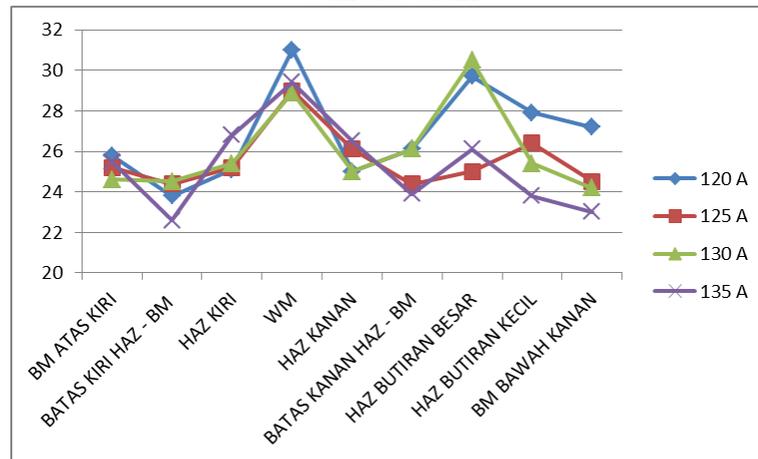
Nilai kekerasan pada daerah *weldmetal* untuk setiap variasi kuat arus pengelasan mengalami kenaikan dibandingkan dengan daerah HAZ maupun base metalnya. Hal ini disebabkan oleh panas yang diterima pada bagian weld metal pada saat pengelasan. Nilai kekerasan tertinggi pada weld metal dengan arus 120 A dengan waktu 3 detik sebesar 35,5 HV dan pada arus 120 A dengan waktu 4 detik mendapatkan nilai kekerasan sebesar 31 HV

Nilai kekerasan pada daerah HAZ memiliki nilai kekerasan yang lebih baik dibandingkan base metal ketika berdekatan dengan daerah weld metal karena mengalami pembesaran butir akibat terpengaruh dari panas waktu proses pengelasan.

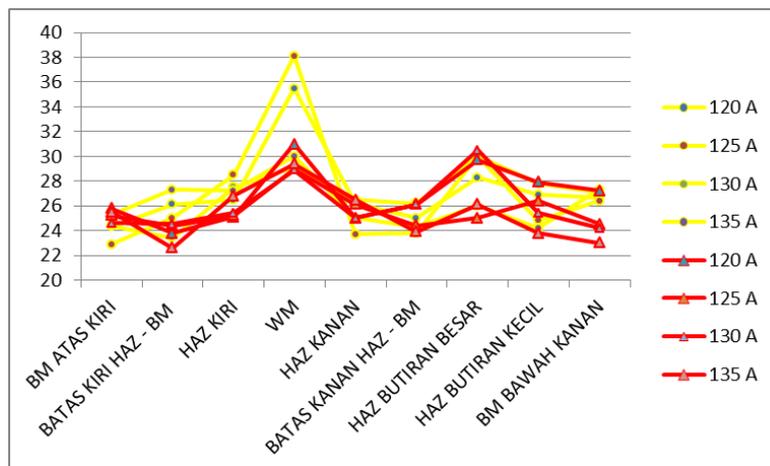
Grafik perbandingan nilai kekerasan hasil uji kekerasan pada tiap Variasi pengelasan dapat dilihat pada Gambar 4.16, gambar 4.17 dan gambar 4.18



Gambar 4.16 Grafik perbandingan nilai kekerasan pada tiap variasi arus dengan waktu 3 detik



Gambar 4.17 Grafik perbandingan nilai kekerasan pada tiap variasi arus dengan waktu 4 detik



Gambar 4.18 Grafik perbandingan nilai kekerasan pada tiap variasi arus dengan waktu 3 detik dan 4 detik

Melihat dari gambar 4.18 nilai kekerasan dari variasi arus dengan waktu 3 detik dan 4 detik pada semua logam induk relatif sama, hal ini dikarenakan pada logam induk tidak terkena heat input. Untuk nilai kekerasan pada daerah HAZ dan weld metal mengalami nilai kekerasan yang meningkat. Pada daerah HAZ nilai kekerasan meningkat dikarenakan daerah tersebut terkena panas pada saat proses pengelasan. dilihat pada grafik hasil nilai kekerasan daerah HAZ antara waktu 3 detik dengan 4 detik relatif sama. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh waktu pengelasan terhadap nilai kekerasan pada daerah HAZ memiliki nilai kekerasan yang tidak begitu jauh atau relative sama. Pada daerah weld metal antara waktu 3 detik dengan 4 detik mengalami perbedaan. Pada nilai kekerasan daerah weld metal waktu 3 detik mendapatkan nilai kekerasan yang tinggi. Hal ini disebabkan pada daerah weld metal terdapat butiran butiran besar yang menyebabkan daerah weld metal mengalami kenaikan nilai kekerasan. Dalam hal ini arus yang digunakan dengan waktu 3 detik belum terlalu melebur bagian logam sehingga bahan menjadi getas pada daerah weld metalnya. Sedangkan nilai kekerasan daerah weld metal waktu 4 detik mendapatkan nilai kekerasan yang relative sama karena pada daerah weld metal terjadi penetrasi yang dalam yang membuat butiran butirannya menjadi kecil. Nugroho (2012) mengatakan bahwa Pengerasan ini dapat terjadi karena dislokasi mengalami kesulitan untuk bergerak dari satu butir ke butir lainnya.

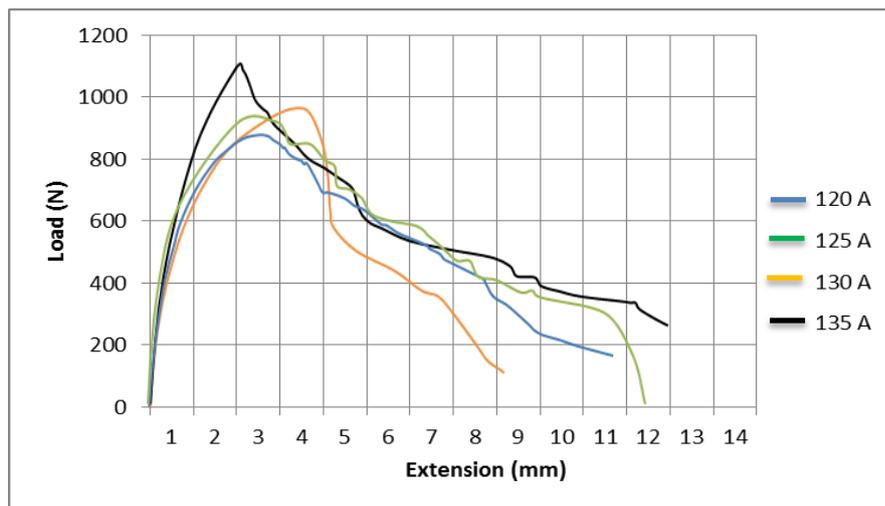
4.5 Pengujian Tarik-geser

Pengujian tarik-geser ini dilakukan pada hasil pengelasan spot TIG material sejenis antara alumunium dengan alumunium. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui pengaruh variasi kuat arus pengelasan terhadap kemampuan sambungan lasan terhadap gaya tarik, terutama pada *tensile load bearing capacity* (TLBC) atau kapasitas beban yang dapat diterima pada sambungan lasan. Kecepatan pembebanan yang diberikan pada pengujian ini adalah 5 mm/menit. Hasil pengujian tarik antara alumunium dengan alumunium menggunakan spot TIG dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil pengujian tarik

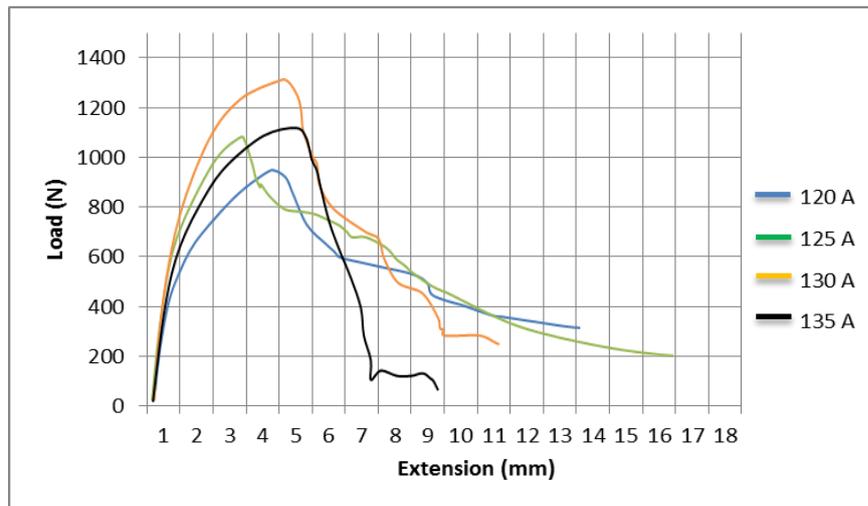
Hasil uji tarik (N)					Keterangan
3 Detik	120 A	125 A	130 A	135 A	Hasil kegagalan pada sambungan
	361,87	653,74	746,87	1046,8	Interfacial dan pull out
	891,08	945,58	995,9	1050,85	Pull out
	1310,89	1080,58	1115,74	1069,43	Pull out
P rata rata	854,61	893,30	952,84	1055,69	
STDev	475,560	218,17	188,168	9,8530	
4 Detik	528,33	760,79	1249,67	1030,92	Pull out
	912,85	1133,93	1368,18	1166,37	Pull out
	1206,75	1466,7	1448,7	1254,69	Pull out
p rata rata	882,64	1120,47	1355,52	1150,66	
STDev	340,217	353,147	100,117	112,7092	

Pada Gambar 4.19 dan gambar 4.20 menunjukkan hasil uji beban tarik pada material aluminium menggunakan spot TIG.



Gambar 4.19 Grafik Perbandingan nilai pembebanan maksimum dan pertambahan panjang terhadap variasi kuat arus dengan waktu 3 detik pengelasan.

Pada gambar 4.19 menunjukkan hasil kekuatan nilai beban tarik dengan variasi arus 120 A, 125 A, 130 A, 135 A dengan waktu 3 detik. Pada arus 120 A titik menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis berada pada nilai 800 N. dan fenomena patahan terjadi pada saat regangan bertambah 11 mm. Ultimate tensile strength dicapai pada saat nilai mencapai 854,61 N dimana tensile strength ini adalah nilai akhir sebelum terjadinya patahan. Pada arus 125 A titik menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis berada pada nilai 820,11 N. fenomena patahan terjadi pada saat regangan bertambah 12 mm. Ultimate tensile strength dicapai pada saat nilai mencapai 893,30 N. Arus 130 A titik menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis berada pada nilai 860,10 N. fenomena patahan terjadi pada saat regangan bertambah 8,5 mm. Ultimate tensile strength dicapai pada saat nilai mencapai 952,84 N. dan pada arus 135 A titik menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis berada pada nilai 1000 N. fenomena patahan terjadi pada saat regangan bertambah 12,5 mm. Ultimate tensile strength dicapai pada saat nilai mencapai 1055,69 N. Dari kurva hasil uji tarik dapat diperoleh keterangan bahwa sambungan yang didapatkan bersifat ulet. Keuletan dapat terbaca dari besarnya daerah elastis dan plastisnya. Bentuk kegagalan yang terjadi sama dengan pada gambar 2.6 (d) dimana kegagalan yang terjadi berupa pull out failure

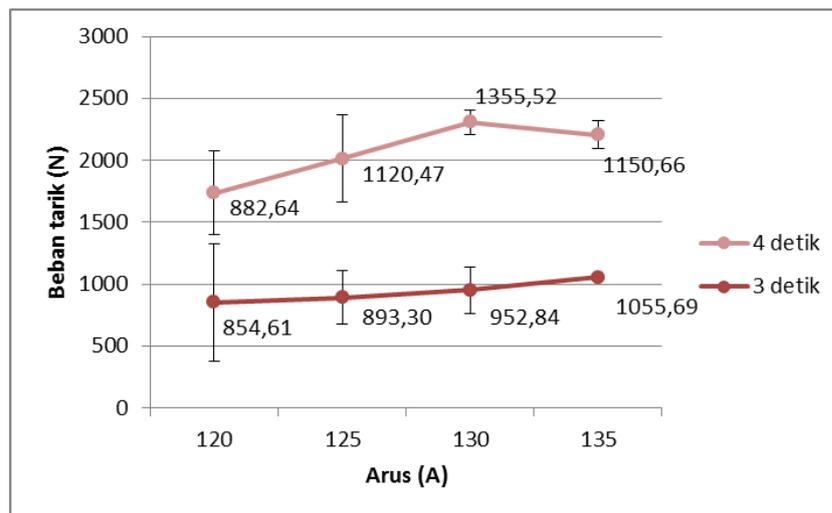


Gambar 4.20 Grafik Perbandingan nilai pembebanan maksimum dan pertambahan panjang terhadap variasi kuat arus dengan waktu 4 detik pengelasan

Pada gambar 4.20 menunjukkan hasil kekuatan nilai beban tarik dengan variasi arus 120 A, 125 A, 130 A, 135 A dengan waktu 4 detik. Pada arus 120 A titik menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis berada pada nilai 810,10 N. dan fenomena patahan terjadi pada saat regangan bertambah 13,5 mm. Ultimate tensile strength dicapai pada saat nilai mencapai 882,64 N dimana tensile strength ini adalah nilai akhir sebelum terjadinya patahan. Pada arus 125 A titik menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis berada pada nilai 1000 N. fenomena patahan terjadi pada saat regangan bertambah 12 mm. Ultimate tensile strength dicapai pada saat nilai mencapai 1120,47 N. Arus 130 A titik menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis berada pada nilai 1249,67 N. fenomena patahan terjadi pada saat regangan bertambah 16,5 mm. Ultimate tensile strength dicapai pada saat nilai mencapai 1355,52 N. dan pada arus 135 A titik menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis berada pada nilai 1000 N. fenomena patahan terjadi pada saat regangan bertambah 12,5 mm. Ultimate tensile strength dicapai pada saat nilai mencapai 1150,66 N. Dari kurva hasil uji tarik dapat diperoleh keterangan bahwa sambungan yang didapatkan bersifat ulet. Keuletan dapat terbaca dari besarnya daerah elastis dan plastisnya, Bentuk kegagalan yang

terjadi sama dengan pada gambar 2.6 (d) dimana kegagalan yang terjadi berupa pull out failure.

Namun pada arus ke 135 A mengalami penurunan nilai. Hal ini menunjukkan pengaruh waktu pun ikut mempengaruhi hasil dari nilai kekuatan beban tarik dari suatu sambungan. Rukki (2007) mengatakan bahwa untuk melakukan suatu proses pada penyambungan dengan material aluminium diperlukan arus dan waktu yang tepat serta tebal material. Dalam hal ini terlihat pada arus 135 A dengan waktu 4 detik, nilai kekuatan dari beban tarik menurun. Hal tersebut menunjukkan bahwa arus yang digunakan tinggi serta waktu pengelasan yang digunakan terlalu lama yang akhirnya membuat material aluminium melebihi titik leburnya sehingga nilai dari kekuatannya menurun.



Gambar 4.21 Grafik perbandingan kapasitas beban tarik antara waktu 3 detik dan 4 detik terhadap variasi arus

Gambar 4.21 Menunjukkan bahwa nilai dari kemampuan sambungan dalam menerima beban tarik atau *tensile load bearing capacity* (TLBC) semakin meningkat dengan kenaikan kuat arus pengelasan. Terlihat pada waktu 3 detik kuat arus semakin meningkat maka kekuatan beban tarik semakin meningkat juga. Pada arus 120 A dengan waktu 3 detik mendapatkan nilai uji tarik dengan nilai 854,61 N pada arus ke 125 A waktu 3 detik mendapatkan nilai sebesar 893,30 N pada arus 130 A waktu 3 detik mendapatkan nilai 952,84 N dan pada arus 135 A

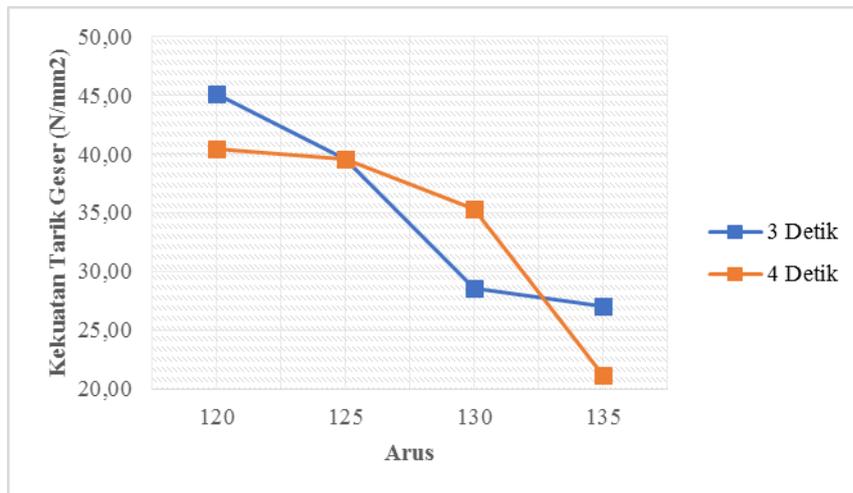
waktu 3 detik mendapatkan nilai sebesar 1055,69 N. Dari hasil penelitian yang didapat dari variasi arus 120 A, 125 A, 130A, 135 A dengan waktu 3 detik menunjukkan nilai kekuatan tarik yang semakin meningkat. Sedangkan variasi arus dengan waktu 4 detik pada arus 120 A mendapatkan nilai sebesar 882,64 N, pada arus 125 A waktu 4 detik mendapatkan nilai sebesar 1120,47 N, pada arus 130 A waktu 4 detik mendapatkan 1355,52 N, dan pada arus 135 waktu 4 detik mendapatkan nilai sebesar 1150,66 N. Dari hasil yang didapat pada arus 135 A dengan waktu 4 detik terjadi penurunan kekuatan dikarenakan arus yang tinggi serta waktu lamanya proses pengelasan, arus yang tinggi menyebabkan heat input yang besar sehingga material aluminium mengalami distorsi dan lamanya waktu pengelasan membuat material menerima heat input yang lama karena material jenis aluminium memiliki daya hantar panas yang tinggi sehingga membuat struktur dari material aluminium mengalami kerusakan. Sementara penelitian yang pernah dilakukan oleh Faozi (2015) pengelasan dengan jenis STW menggunakan material Aluminium seri 5083 dengan Stainless steel didapatkan hasil pengujian tarik tertinggi sebesar 869,19 N. lalu valco (2016) meneliti pengaruh parameter pengelasan spot welding terhadap kekuatan geser pada aluminium Adapun Kapasitas beban tarik tertinggi yaitu sebesar 392,4 N. Baskoro (2015) yang meneliti Pengaruh Waktu Dan Kuat Arus pada Pengelasan Resistance Spot Welding Terhadap Tegangan Tarik Geser menggunakan material aluminium hasil Kapasitas beban tarik didapatkan sebesar 114,87 N

Tabel 4.5 Hasil Luasan nugget, Beban, dan Kekuatan Geser tiap Variasi arus dengan waktu 3 detik

3 DETIK						
Variasi	Beban	Luasan Nugget	Luasan Nugget Rata-rata (mm ²)	Kekuatan Geser (N/mm ²)	Kekuatan Geser rata2 (N/mm ²)	Stdev
120 A	361,87	16,85	18,44	21,47	45,18	22,73
	891,08	18,85		47,28		
	1310,89	19,63		66,80		
125 A	653,74	21,50	22,43	30,41	39,61	8,18
	945,58	22,33		42,35		
	1080,58	23,46		46,06		
130 A	746,87	31,16	33,07	23,97	28,66	4,11
	995,9	32,83		30,34		
	1115,74	35,24		31,66		
135 A	1046,8	38,47	38,96	27,21	27,10	0,29
	1050,85	38,47		27,32		
	1069,43	39,94		26,77		

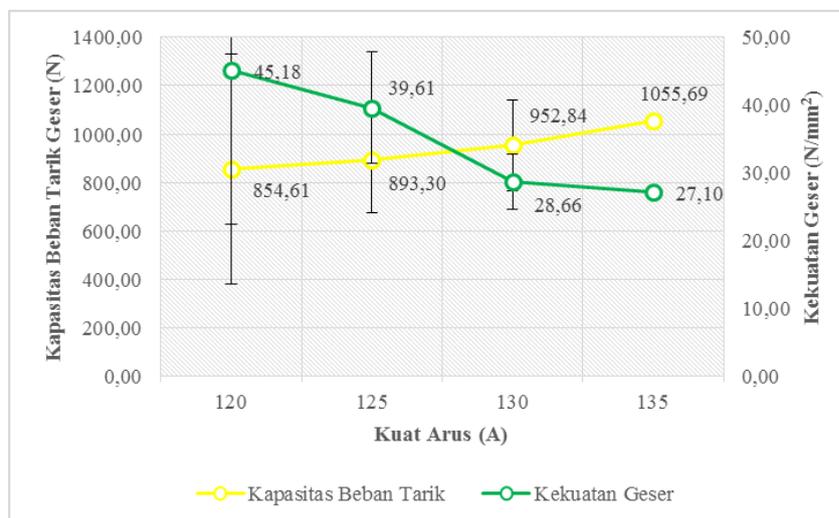
Tabel 4.6 Hasil Luasan nugget, Beban, dan Kekuatan Geser tiap Variasi arus dengan waktu 4 detik

4 DETIK						
Variasi	Beban	Luasan Nugget	Luasan Nugget Rata-rata (mm ²)	Kekuatan Geser (N/mm ²)	Kekuatan Geser rata2 (N/mm ²)	Stdev
120 A	528,33	19,36	21,44	27,28	40,47	12,74
	912,85	22,05		41,40		
	1206,75	22,89		52,72		
125 A	760,79	28,57	28,36	26,62	39,55	12,65
	1133,93	28,26		40,12		
	1466,7	28,26		51,90		
130 A	1249,67	38,47	38,34	32,49	35,36	2,77
	1368,18	38,47		35,57		
	1448,7	38,10		38,02		
135 A	1030,92	54,51	54,37	18,91	21,17	2,08
	1166,37	54,08		21,57		
	1254,69	54,51		23,02		

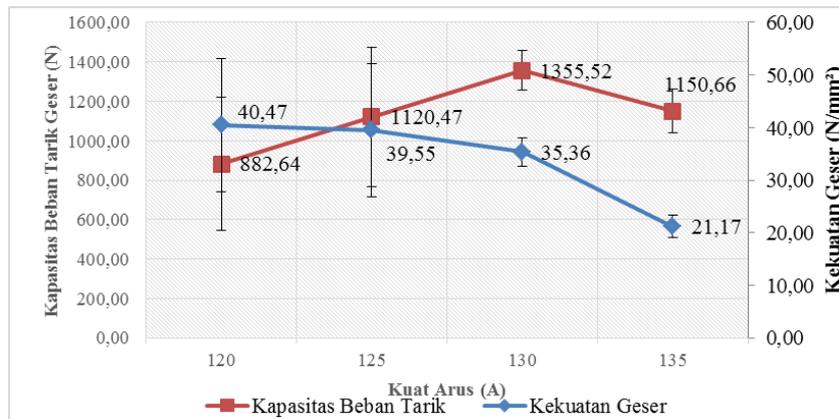


Gambar 4.22 Grafik kekuatan tarik geser terhadap variasi arus dengan waktu 3 detik dan 4 detik

Dari gambar 4.22 menjelaskan bahwa pada setiap kenaikan arus dan waktu pengelasan mengalami nilai kekuatan tarik geser yang menurun. Hal ini disebabkan oleh pengaruh dari hasil luasan las (diameter nugget) mengalami hasil yang luas pada setiap kenaikan arus dan waktu pengelasannya. Semakin besar heat input maka akan berpengaruh terhadap hasil bentuk nuggetnya.



Gambar 4.23 Grafik hubungan antara kapasitas beban tarik dan kekuatan geser terhadap Variasi arus dengan waktu 3 detik



Gambar 4.24 Grafik hubungan antara kapasitas beban tarik dan kekuatan geser terhadap Variasi arus dengan waktu 4 detik

Dari gambar 4.23 dan 4.24 terlihat bahwa kekuatan tarik-geser menunjukkan bahwa dengan pengaruh kenaikan kuat arus pada semua variasi akan menyebabkan penurunan kekuatan tarik geser. Hal ini dikarenakan arus pengelasan yang semakin besar akan menghasilkan kekuatan tarik geser yang rendah dan menambah kerapuhan (Arifin, 1997). Amin (2017) mengatakan bahwa penurunan ini dapat disebabkan karena apabila panas melebihi titik lebur dari material maka hasil pengelasan akan rusak. Terlihat nilai kekuatan tarik geser pada waktu 3 detik dengan arus 120 A mendapatkan nilai kekuatan geser sebesar 45,18 N/mm² . dan pada waktu 4 detik dengan arus 120 A mendapatkan nilai sebesar 40,47 N/mm². Valco (2016) meneliti pengaruh parameter pengelasan spot welding terhadap kekuatan geser pada aluminium hasil kekuatan geser yang didapatkan sebesar 14,194 N/mm². Abbass (2016) mengatakan bahwa kekuatan tarik geser maksimal akan meningkat seiring meningkatnya arus dan waktu penekanan, kemudian akan turun lagi pada arus yang lebih tinggi dan waktu yang lebih lama.

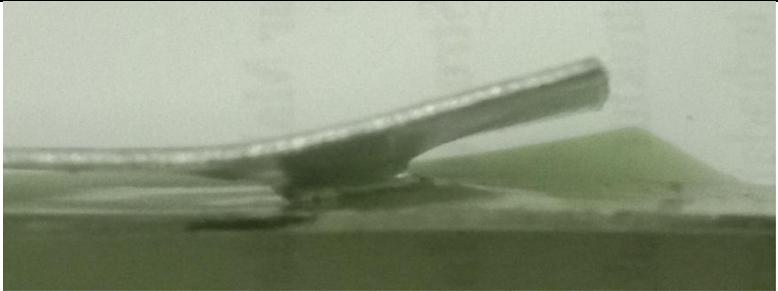
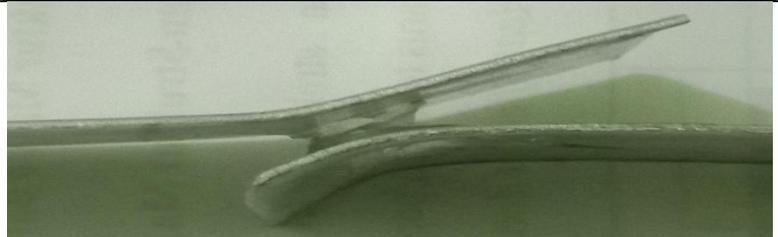
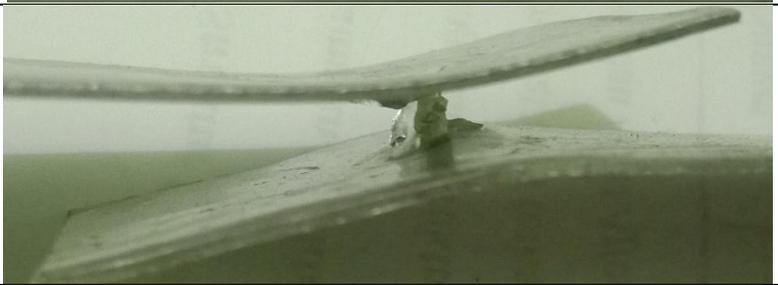
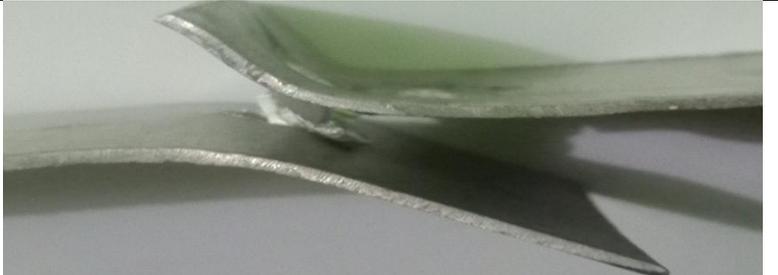
Kegagalan pada las titik dibagi menjadi 2 tipe yaitu *Interfacial failure* (IF) dan *Pull out failure* (PF). *Interfacial failure* merupakan kegagalan dalam pengelasan titik dimana terjadi kerusakan atau keretakan pada zona fusi. *Pull out failure* merupakan kegagalan dimana terjadi kerusakan pada daerah sekitar zona fusi sehingga plat mengalami kerusakan yaitu plat sobek. *Pull out failure* merupakan tipe kegagalan yang diharapkan oleh *engineer* karena memiliki

kemampuan menahan beban geser lebih besar dibandingkan *Interfacial failure*. (haikal, 2013)

Kegagalan yang terjadi pada pengujian tarik-geser pada penelitian ini ada yang jenis *interfacial failure* maupun *pull out failure* namun yang lebih mendominasi yang ber jenis *pull out failure*. jenis kegagalan pada setiap variasi tiap spesimen dapat dilihat pada gambar 4.25 dan 4.26

Arus (A)	3 detik Interfacial failure	3 detik Pull out Failure
120		
125		
130		
135		

Gambar 4.25 jenis kegagalan dengan tipe *interfacial failure* dan *pull out failure* dengan waktu 3 detik

Arus (A)		4 detik Pull out Failure
120		
125		
130		
135		

Gambar 4.26 jenis kegagalan *pull out failure* dengan waktu 4 detik

Pada gambar diatas menjelaskan bahwa Jenis kegagalan yang terjadi pada parameter arus 120 A, 125 A, 130 A , 135 A dengan waktu pengelasan 4 detik adalah keseluruhannya berjenis tipe *pull ou failure* (plat sobek).