

## **BAB IV**

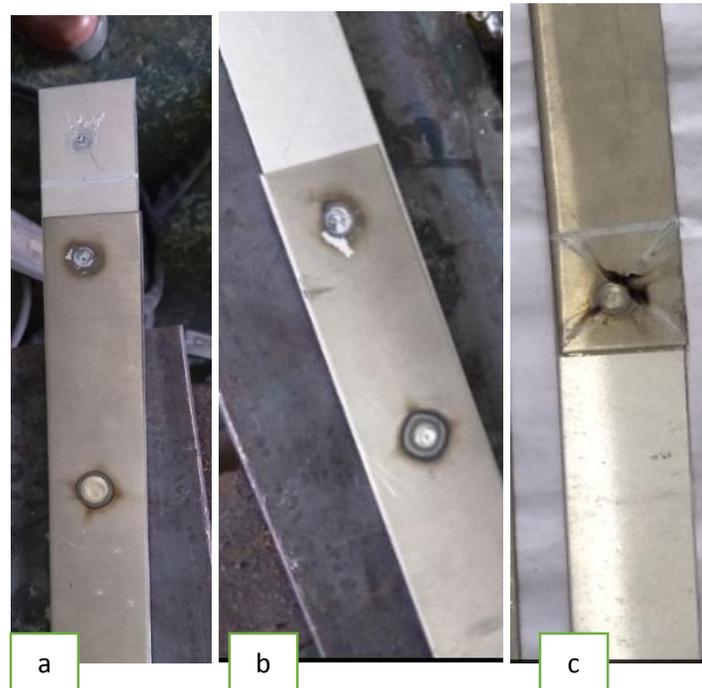
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengelasan material tak sejenis antara *Stainless steel 304* dan Alumunium 1100 yang dilakukan dengan menggunakan metode *Spot TIG welding* bertujuan untuk mengetahui karakterisasi dari sifat mekanis dan fisis material terhadap variasi arus dan waktu penekanan yang digunakan dalam pengelasan. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuat arus dan waktu penekanan, dimana terdapat dua variasi waktu dan tiga arus yang digunakan, sedangkan sifat fisis dan mekanis didapat melalui beberapa pengujian diantaranya pengujian foto mikro dan makro, kekerasan dan pengujian kapasitas beban tarik. Data yang diperoleh dari pengujian kemudian dianalisa dan dibahas untuk memperoleh kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian.

#### **4.1 Hasil Pengelasan**

Pengelasan dengan metode *spot TIG* pada dua mataerial tak sejenis antara *stainless steel 304* dengan alumuiium 1100 masih memerlukan beberapa percobaan untuk menentukan variasi waktu dan penekanan yang akan digunakan. Hal ini dikarenakan penyambungan antara dua material ini atara *stanless steel 304* dan alumunium 1100 terdapat perbedaan sifat fisik dan mekanik yang melekat. Percobaan pertama menggunakan variasi arus 70 A dan waktu penekanan 4 detik dimana material belum dapat menyambung dan material baru dapat menyambung pada variasi arus 80 A dan waktu penekanan 4 detik. Pada percobaan kedua ini yang bertujuan meminimalkan dalam penggunaan gas argon guna menghemat gas argon itu sendiri maka pengelasan dilakukan dengan cara megurangi waktu penekanan dan memperbesar variasi arus oleh karena itu, menggunakan arus sebesar 110 A dengan waktu penekanan 1 detik dan lasan yang dihasilkan masih belum menempel dengan kuat karena sambungan yang dihasilkan kurang sempurna sehingga penetrasi lasan tidak begitu dalam. Sedangkan percobaan ketiga menggunakan variasi arus 110 A dan

waktu penekanan 2 detik, pada percobaan ini menghasilkan sambungan yang cukup kuat. Hasil percobaan dari pengelasan tak sejenis antara *stainless steel 304* dengan aluminium ditunjukkan pada Gambar 4.1 berikut.



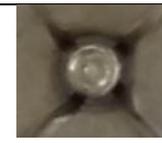
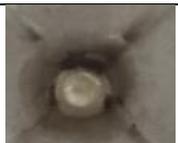
Gambar 4.1 Hasil percobaan sambungan *spot TIG welding stainless steel 304* dan aluminium (a). 70 A 4 detik (b). 110 A 1 detik (c). 110 A 2 detik.

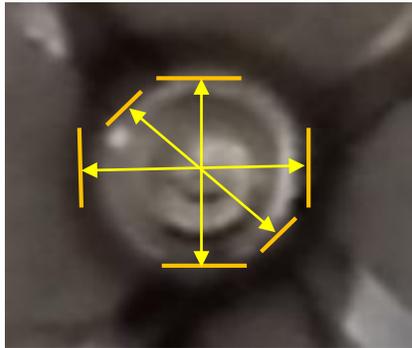
Berdasarkan percobaan kedua ini, maka penelitian ini menggunakan variasi arus sebesar 110 A, 120 A, dan 130 A menggunakan waktu penekanan sebesar 2 detik dan 3 detik disetiap variasi arus sedangkan spesimen yang digunakan untuk masing – masing variasi dibuat 4 buah.

Pada hasil pengelasan menunjukkan bahwa diameter *nugget* yang dihasilkan berbeda pada setiap variasi arus dan waktu penekanan yang diberikan. Ukuran *nugget* yang dihasilkan pada pengelasan semakin meningkat dengan besarnya arus yang digunakan dimana peningkatan ini berbanding lurus dengan masukan panas yang diberikan sehingga semakin besar arus yang digunakan pada variasi pengelasan maka

semakin besar pula hasil *nugget* yang dihasilkan, selain itu (Faozi 2015) mengatakan bahwa diameter *nugget* dapat meningkat ukurannya karena terdapat *heat input* (masukan panas) yang dihasilkan berbeda pada setiap variasi. Gambar *nugget* hasil pengelasan yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4.2 sedangkan Gambar 4.3 menunjukkan metode dari pengukuran diameter *nugget* hasil pengelasan.

Tabel 4.1 *nugget* lasan *Stainless steel 304* dengan Alumunium 1100 dilihat dari sisi *Stainless steel 304*

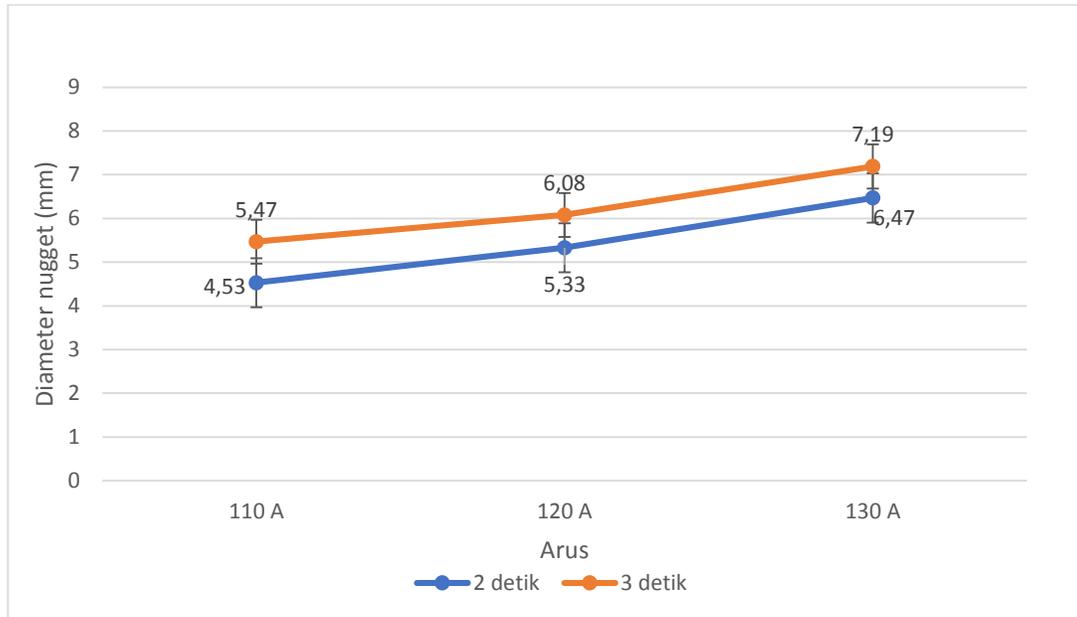
Waktu (S)	Arus (A)	Spesimen			
		1	2	3	4
2	110				
	120				
	130				
3	110				
	120				
	130				



Gambar 4.2 Metode pengukuran diameter *nugget* hasil pengelasan pada sisi *Stainless steel 304*

Tabel 4.2 Ukuran diameter nugget pada setiap variasi dan waktu pengelasan

Waktu	Arus	Spesimen	d1	d2	d3	Rata-rata	P Rata-rata	St.Dev
2 detik	110 Amper	1	4,47	4,65	4,55	4,56	4,53	0,19
		2	4,32	4,52	4,58	4,47		
		3	4,54	4,26	4,48	4,43		
		4	4,35	4,55	5,13	4,68		
	120 Amper	1	5,34	5,58	5,26	5,39	5,33	0,10
		2	5,34	5,27	5,18	5,26		
		3	5,37	5,24	5,52	5,38		
		4	5,24	5,28	5,35	5,29		
	130 Amper	1	6,32	6,24	6,67	6,41	6,47	0,17
		2	6,27	6,63	6,32	6,41		
		3	6,44	6,74	6,38	6,52		
		4	6,53	6,33	6,82	6,56		
3 detik	110 Amper	1	5,33	5,52	5,15	5,33	5,47	0,15
		2	5,43	5,57	5,38	5,46		
		3	5,63	5,52	5,64	5,60		
		4	5,35	5,72	5,36	5,48		
	120 Amper	1	6,43	5,57	6,67	6,22	6,08	0,42
		2	5,53	6,35	6,46	6,11		
		3	5,68	5,36	6,47	5,84		
		4	6,36	6,47	5,57	6,13		
	130 Amper	1	7,36	6,52	7,26	7,05	7,19	0,33
		2	7,48	7,53	7,32	7,44		
		3	7,64	6,68	7,14	7,15		
		4	7,33	7,42	6,65	7,13		

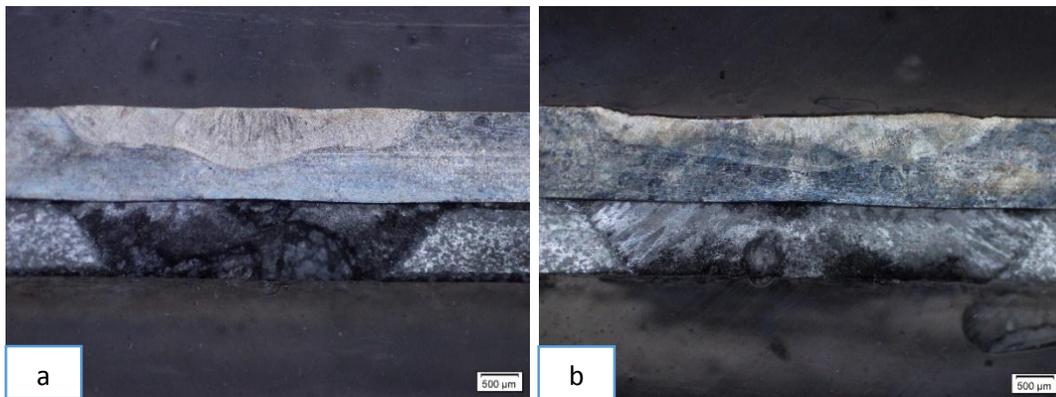


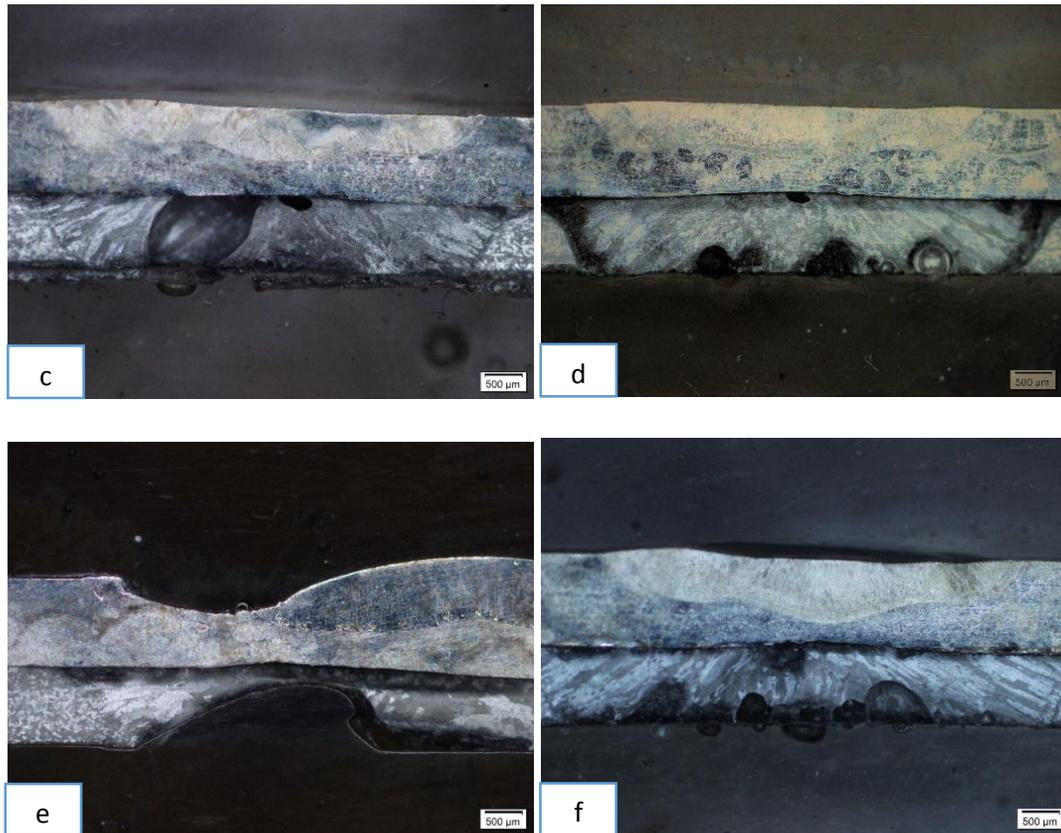
Gambar 4.3 Grafik perbandingan ukuran diameter *nugget* spesimen uji pengelasan *spot TIG*

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa diameter *nugget* mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya variasi arus yang digunakan pada saat pengelasan. Semakin besar arus listrik dan waktu pengelasan yang diberikan maka semakin besar diameter *nugget* akan diikuti dengan meningkatnya luasan area hasil lasan yang terbentuk (Faozi 2015). Dari data yang diperoleh diketahui bahwa pada variasi waktu 2 detik menghasilkan diameter *nugget* rata-rata sebesar 4,53 mm pada arus 110 A, sebesar 5,33 mm pada arus 120 A, sebesar 6,47 mm pada arus 130 A sedangkan pada variasi waktu 3 detik rata-rata diameter *nugget* yang dihasilkan sebesar 5,47 mm pada arus 110 A, sebesar 6,08 mm pada arus 120 A, sebesar 7,19 mm pada arus 130 A.

## 4.2 Pengujian Mikro

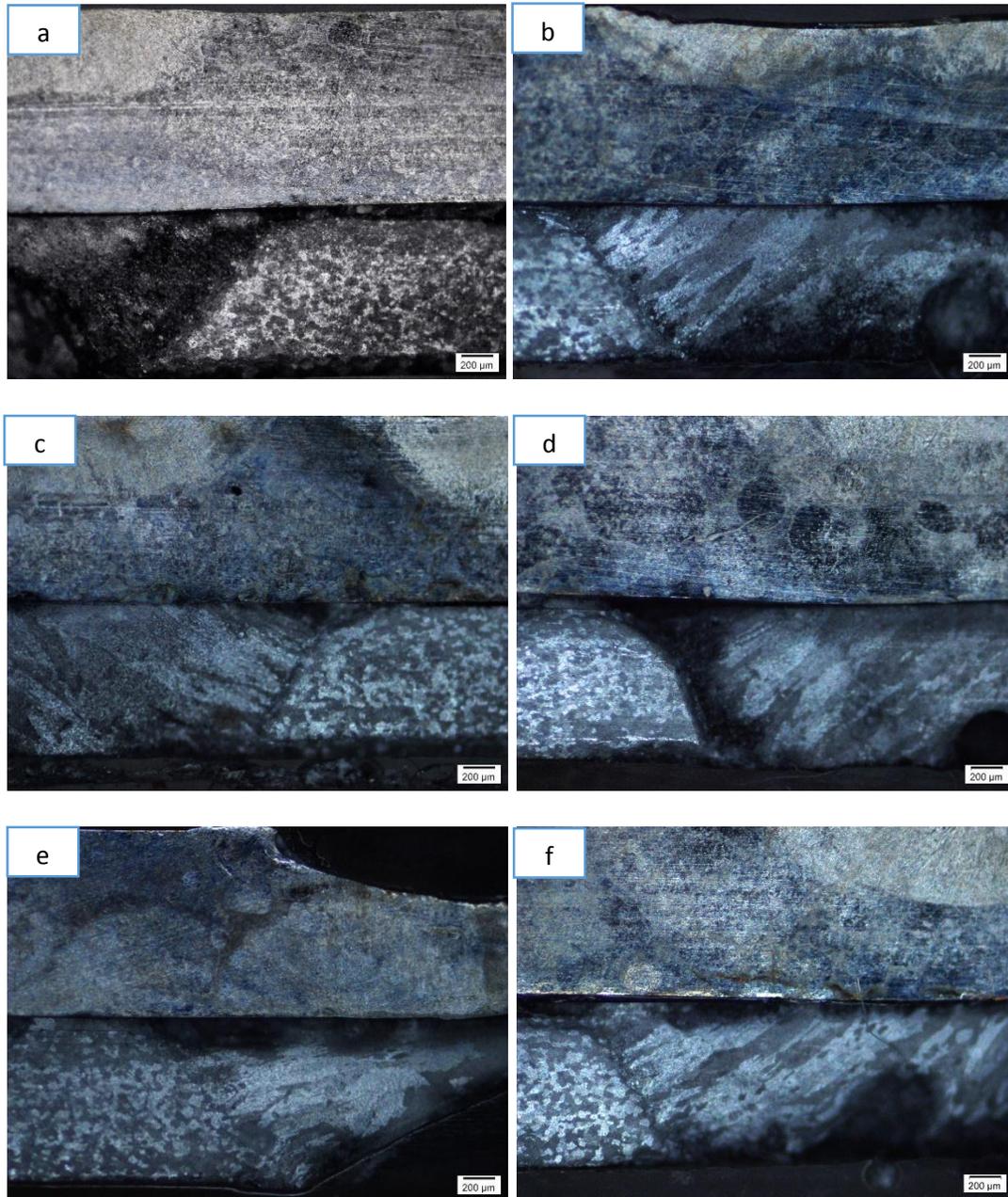
Pengujian struktur mikro merupakan pengamatan metalografi pada setiap variasi spesimen hasil pengelasan, pengamatan ini digunakan untuk melihat bagian-bagian hasil lasan diantaranya yaitu base metal (logam induk), HAZ (*heat affected zone*), dan *weld metal* (logam lasan). Sebelum dilakukan pengujian struktur mikro perlu dilakukan pengamatan makro terlebih dahulu hal ini dilakukan untuk mengetahui permukaan hasil sambungan lasan. Langkah sebelum melakukan pengujian mikro dan makro adalah memotong spesimen terlebih dahulu secara melintang pada daerah tengah sambungan las, kemudian melakukan pengamplasan pada daerah yang telah dipotong, setelah spesimen diampelas kemudian dipoles dan dietsa. Jenis etsa yang digunakan untuk pengamatan ini ada dua yaitu untuk *stainless steel 304* menggunakan HCL dan HNO<sub>3</sub> kemudian untuk alumunium 1100 menggunakan HCL, HNO<sub>3</sub>, Methanol dan HF. Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengamatan foto makro spesimen uji pada setiap variasi arus dan waktu penekanan.





Gambar 4.4 Hasil struktur makro las *spot TIG dissimilar* material (a) 110-2 detik, (b) 110-3 detik, (c) 120-2 detik, (d) 120-3 detik (e) 130-2 detik, (f)130-3 detik.

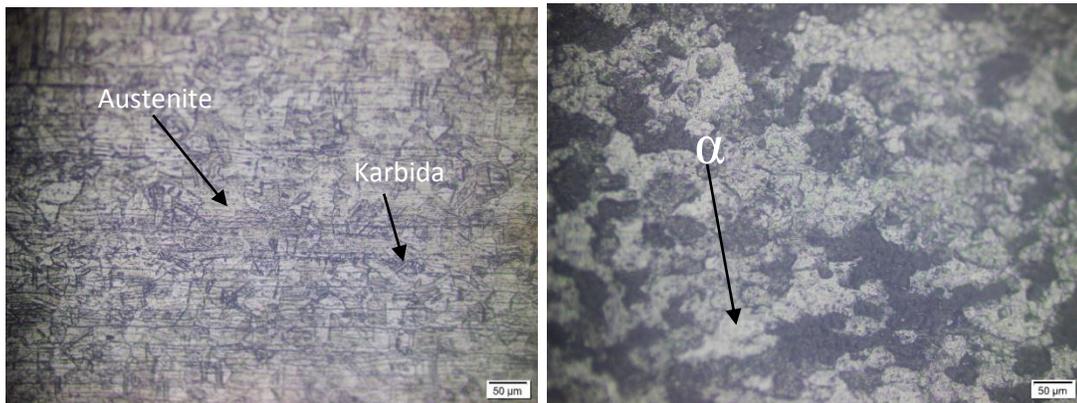
Hasil pengamatan makro pada sambungan *dissimilar* material menunjukkan perbedaan pada bentuk *nugget* spesimen salah satunya terdapat cekungan yang merupakan cacat las terdapat pada bagian *stainless steel 304* dikarenakan kesalahan pada saat proses pengelasan kemudian adanya cacat las porositas yang terdapat pada bagian aluminium dikarenakan arus yang terlalu besar dan material las menempel pada alas pada saat proses pengelasan.



Gambar 4.5 Struktur makro las *spot TIG* perbesaran 45 x (a) 110-2 detik, (b) 110-3 detik, (c) 120-2 detik, (d) 120-3 detik (e) 130-2 detik, (f)130-3 detik.

Gambar 4.5 menunjukkan pengamatan pengujian makro dengan perbesaran maksimal 45x yang menunjukkan sambungan *dissimilar* material antara *stainless steel*

304 dengan aluminium 1100 telah menempel akan tetapi kedua material tersebut tidak dapat melebur menjadi satu dikarenakan perbedaan sifat fisik dan mekanis yang berbeda antara kedua material.



Gambar 4.6 Struktur mikro *base metal stainless steel 304* dan base metal aluminium

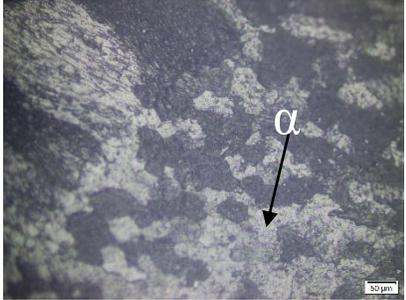
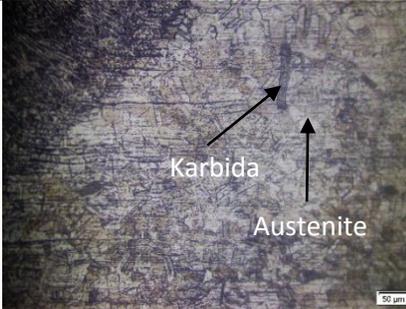
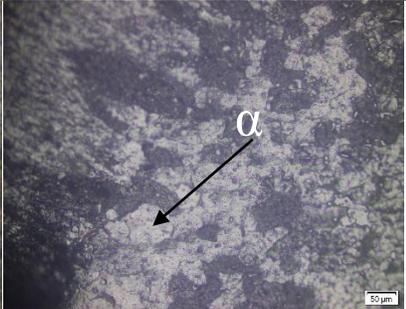
Gambar 4.6 merupakan foto dari pengamatan pengujian struktur mikro pada bagian logam induk antara *stainless steel 304* dan aluminium. Pada logam induk *stainless steel 304* terdapat fasa austenite yang ditunjukkan dengan warna terang dan memiliki struktur yang pipih hal itu menunjukkan sifat ulet dari material selain itu terdapat unsur karbida yang ditunjukkan dengan warna gelap. Dari semua variasi arus dan waktu pada pengelasan struktur mikro dari logam induk ini cenderung sama hal ini dikarenakan panas dan suhu pengelasan pada daerah logam induk tidak menyebabkan terjadinya perubahan struktur mikro dari sifat logam itu sendiri.

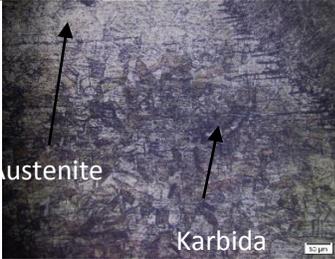
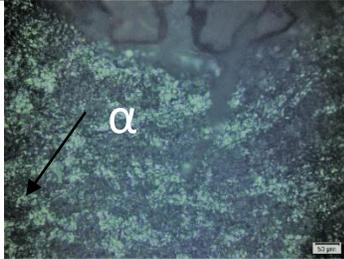
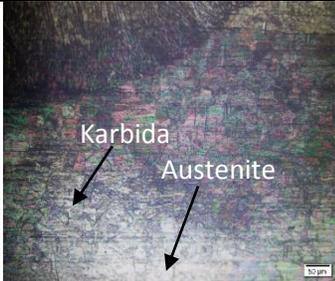
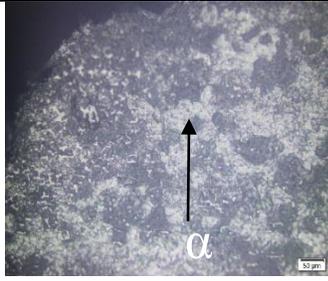
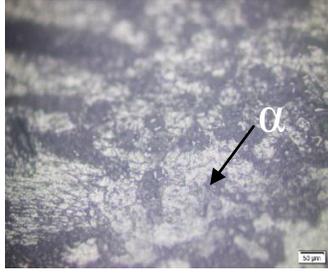
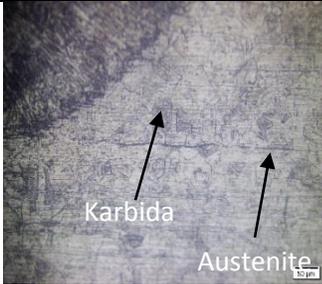
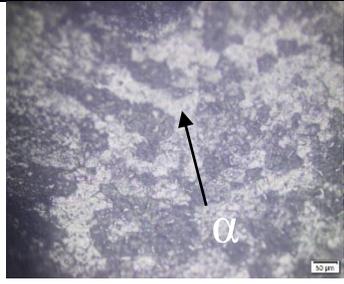
Struktur mikro pada logam induk aluminium 1100 berupa bituran yang secara umum strukturnya berwarna terang yang menunjukkan fasa  $\alpha$  aluminium, fasa ini terlihat dominan dan hampir memenuhi seluruh bagian dari struktur mikro dikarenakan kandungan dari aluminium itu sendiri yang mencapai 99%.

Daerah HAZ (*heat affected zone*) merupakan daerah yang terkena panas dan mengalami perubahan besar butir pada struktur mikro. Hasil pengamatan struktur

mikro menunjukkan butir menjadi lebih besar dan lebih rapat dibandingkan dengan logam induk. Hal ini terjadi karena masukan panas yang diterima pada daerah HAZ semakin besar daripada logam induk, selain itu struktur mikro daerah HAZ pada *stainless steel 304* terdapat fasa austenite yang mempunyai butir lebih besar dibandingkan dengan logam induknya. Ukuran butir meningkat seiring dengan meningkatnya arus pengelasan Tabel 4.3 menunjukkan foto hasil pengujian struktur mikro daerah HAZ pada material stainless steel 304 dan aluminium 1100 pada setiap variasi arus dan waktu pengelasan.

Tabel 4.3 Struktur mikro HAZ (*heat affected zone*) *stainless steel 304* dan aluminium

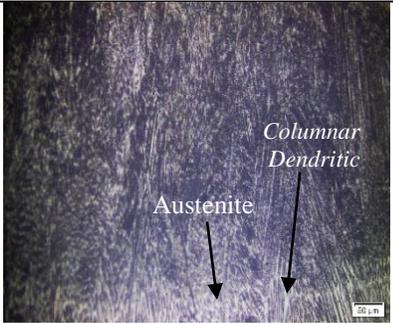
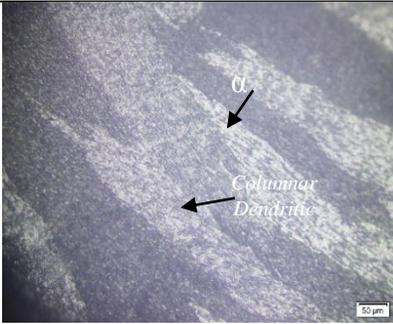
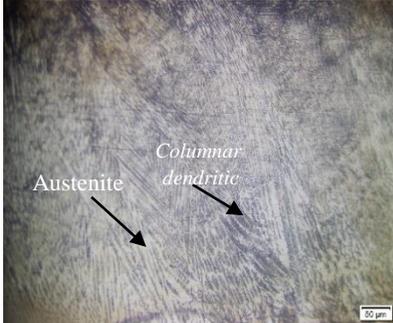
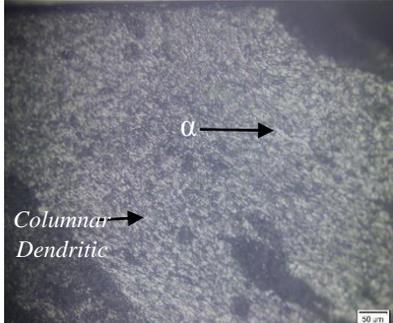
Arus (Amper)	Waktu (detik)	HAZ	
		SS 304	Aluminium
110	2	 <p>Austenite</p> <p>karbida</p>	 <p><math>\alpha</math></p>
	3	 <p>Karbida</p> <p>Austenite</p>	 <p><math>\alpha</math></p>

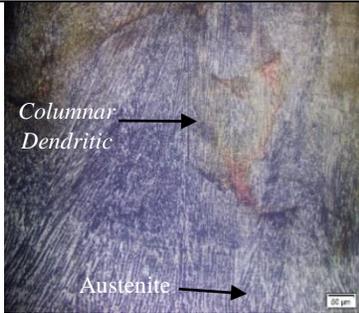
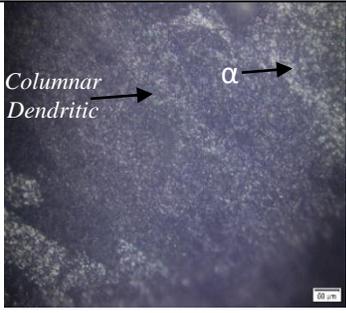
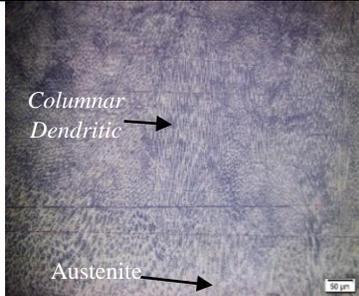
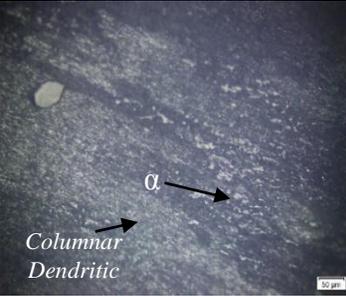
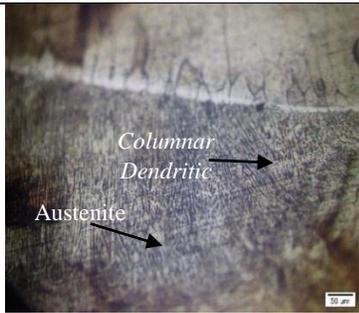
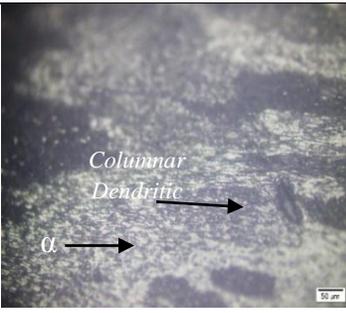
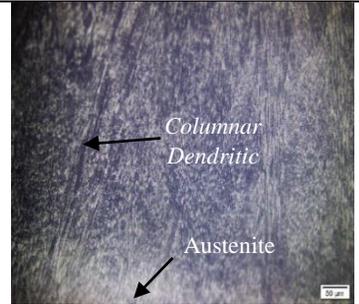
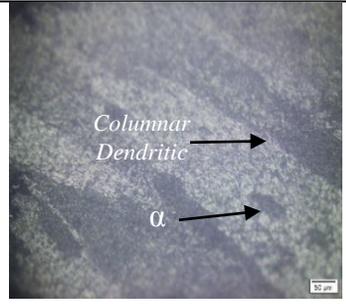
Arus (Amper)	Waktu (detik)	HAZ	
		SS 304	Alumunium
120	2	 <p>Austenite Karbida</p>	 <p><math>\alpha</math></p>
	3	 <p>Karbida Austenite</p>	 <p><math>\alpha</math></p>
130	2	 <p>Austenite Karbida</p>	 <p><math>\alpha</math></p>
	3	 <p>Karbida Austenite</p>	 <p><math>\alpha</math></p>

Hasil pengujian struktur mikro pada *weld metal* metode *spot TIG welding* antara *stainless steel 304* dengan alumunium menunjkn struktur mikro *columnar dendritic*

dan fasa austenite terdapat pada material *stainless steel 304* hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan (Verma dkk 2014) tentang *Resistance Spot Welding of Austenite Stainless Steels 304* dengan 316 bahwa struktur mikro pada *weld metal* sepenuhnya austenitik sedangkan solidifikasi dari struktur terdiri dari dendrit menuju arah pusat dan perubahan selama solidifikasi berlangsung berupa planar ke *cellular* kemudian menjadi *columnar dendrite* dan yang terakhir berbentuk *equiaxed dendrite*. Pada aluminium terdapat struktur *columnar dendritic* dan fasa  $\alpha$  aluminium ditunjukkan dengan warna yang lebih terang kemudian pada *weld metal* aluminium terlihat struktur *dendritic* yang memanjang menunjukkan pembuangan panas yang terjadi pada saat proses pengelasan hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.4 struktur mikro pada daerah *weld metal*.

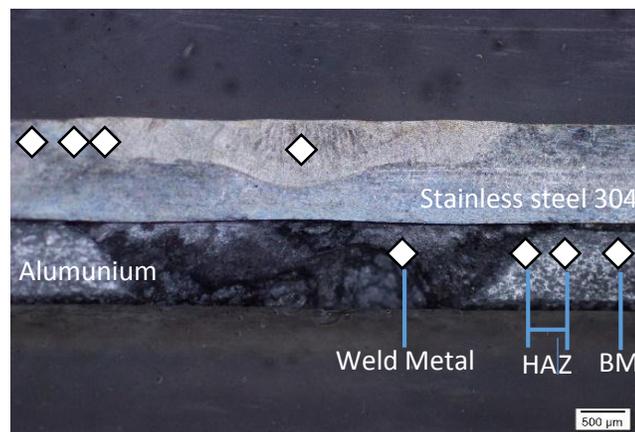
Tabel 4.4 Struktur mikro daerah las atau *weld metal*

Arus (Amper)	Waktu (detik)	Weld Metal	
		SS 304	Aluminium
110	2		
	3		

Arus (Amper)	Waktu (detik)	Weld metal	
		SS304	Aluminium
120	2		
	3		
130	2		
	3		

### 4.3 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada spesimen uji ini bertujuan untuk mengetahui nilai distribusi kekerasan pada material las, dimana daerah yang akan diuji pada spesimen terdiri dari logam induk (*base metal*), daerah HAZ (*heat affected zone*), dan logam lasan (*weld metal*). Penitikan pada spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 4.10



Gambar 4.7 Penitikan indentasi untuk pengujian kekerasan

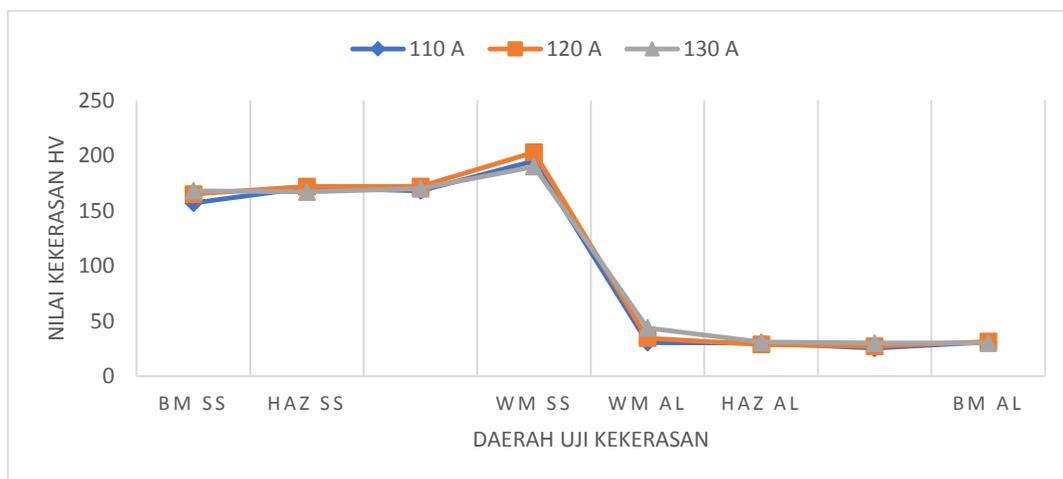
Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan rata-rata pada logam induk *Stainless steel 304* memiliki nilai kekerasan sebesar  $\pm 163,33$  HV untuk waktu 2 detik dan  $\pm 166$  HV untuk waktu 3 detik, sedangkan pada material aluminium memiliki kekerasan sebesar  $\pm 30,7$  HV pada waktu 2 detik dan  $\pm 33,3$  saat waktu penekanan 3 detik, daerah logam induk tidak mengalami perubahan kekerasan yang signifikan karena daerah ini tidak menerima panas saat proses pengelasan secara langsung. Nilai kekerasan tertinggi HAZ *stainless steel 304* yaitu sebesar  $\pm 172$  HV pada waktu penekanan 2 detik dan  $\pm 184$  HV pada waktu 3 detik sedangkan pada aluminium memiliki kekerasan tertinggi sebesar  $\pm 30,8$  HV untuk waktu 2 detik dan 3 detik, untuk *weld metal* pada *stainless steel 304* memiliki kekerasan tertinggi sebesar  $\pm 207$  HV pada waktu penekanan 2 detik dan  $\pm 212$  HV saat waktu penekanan 3 detik, sedangkan untuk aluminium memiliki kekerasan pada *weld metal* sebesar  $\pm 43,7$  HV pada waktu 2 detik dan  $\pm 44,3$  HV pada waktu penekanan 3 detik.

Nilai kekerasan tertinggi pada pengujian ini terdapat pada *weld metal* hal ini terjadi karena material terkena panas secara langsung dan mengalami pendinginan secara cepat sehingga material menjadi lebih keras dibandingkan dengan daerah lain.

Pada hal ini Hendrawan & Rusmawan (2014) mengatakan bahwasanya nilai kekerasan pada daerah *weld metal* lebih tinggi dibandingkan dengan daerah lain karena pada daerah *weld metal* mendapat masukan panas yang tinggi dan mengalami proses pendinginan yang cepat. Hasil pengujian kekerasan antara *stainless steel 304* dengan aluminium dapat dilihat pada Tabel 4.5

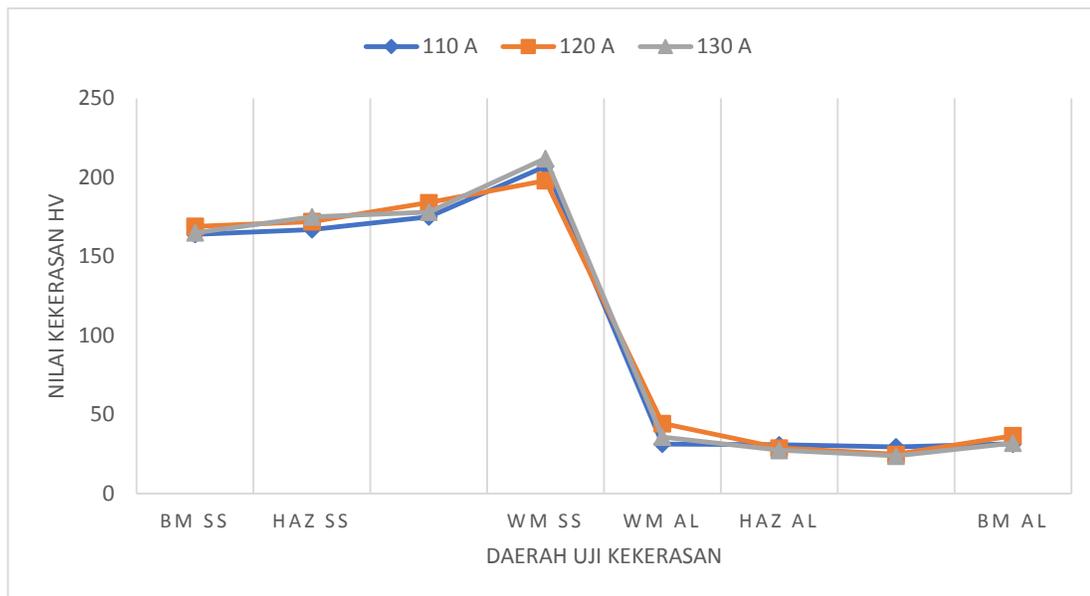
Tabel 4.5 Nilai kekerasan spesimen uji tiap variasi arus dan waktu

Waktu	Arus	<i>Stainless steel 304</i>				Aluminium			
		BM	HAZ		WM	WM	HAZ		BM
2 detik	110 A	157	171	168	195	30,4	29,9	25,3	30,9
	120 A	165	172	172	203	34,4	28,6	27,1	31,3
	130 A	168	167	170	190	43,7	30,8	30	30
3 detik	110 A	164	167	175	207	31,3	30,8	29,5	31,4
	120 A	169	172	184	198	44,3	28,8	24,8	36,6
	130 A	165	175	178	212	35,7	27,4	23,8	31,9



Gambar 4.8 Grafik hubungan antara kekerasan dan waktu pengelasan 2 detik *Stainless steel 304* dengan Aluminium

Gambar 4.8 menunjukkan hubungan antara nilai kekerasan dan waktu penekanan pada waktu 2 detik. Hasil penelitian menunjukkan pada waktu 2 detik 110 A daerah *weld metal* SS304 memiliki nilai kekerasan  $\pm 195$  HV dan pada *weld metal* aluminium memiliki kekerasan sebesar  $\pm 30,4$  HV. Pada daerah HAZ SS304 memiliki nilai kekerasan  $\pm 171$  HV sedangkan aluminium memiliki kekerasan sebesar  $\pm 29,9$  HV. Saat arus 120 A *weld metal* SS304 memiliki kekerasan sebesar  $\pm 203$  HV untuk aluminium memiliki kekerasan sebesar  $\pm 34,4$  HV. Pada daerah HAZ SS304 memiliki kekerasan  $\pm 172$  HV pada aluminium nilai kekerasan sebesar  $\pm 28,6$  HV. Selanjutnya pada arus 130 A daerah *weld metal* SS304 memiliki nilai kekerasan sebesar  $\pm 190$  HV sedangkan aluminium memiliki nilai kekerasan  $\pm 43,7$  HV. Pada daerah HAZ SS304 nilai kekerasannya sebesar  $\pm 170$  HV untuk aluminium nilai kekerasan pada HAZ sebesar  $\pm 30,8$  HV.



Gambar 4.9 Grafik hubungan antara nilai kekerasan dan waktu pengelasan 3 detik *Stainless steel 304* dengan Aluminium

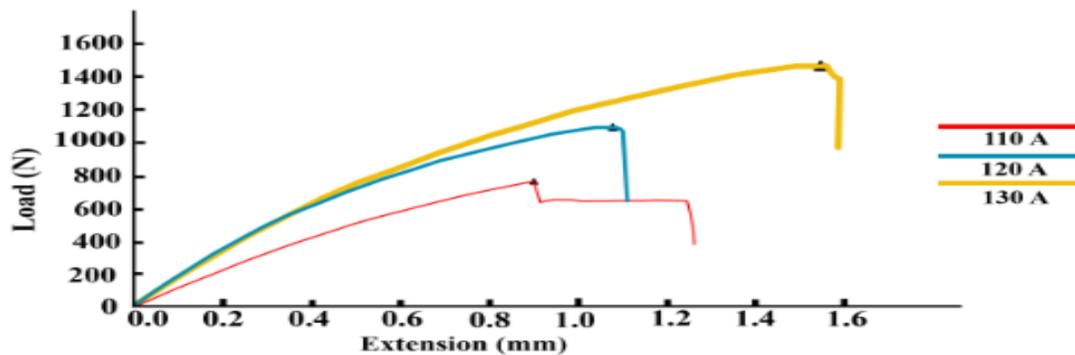
Gambar 4.9 menunjukkan grafik hubungan antara nilai kekerasan dengan variasi waktu 3 detik. Pada arus 110 A daerah *weld metal* SS304 memiliki nilai kekerasan

sebesar  $\pm 207$  HV sedangkan alumunium nilai kekerasannya sebesar  $\pm 31,3$  HV. Untuk daerah HAZ SS304 memiliki nilai kekerasan  $\pm 175$  HV pada alumunium memiliki kekerasan sebesar  $\pm 30,8$  HV. Arus 120 A *weld metal* SS304 mempunyai nilai kekerasan sebesar  $\pm 198$  HV sedangkan alumunium memiliki kekerasan sebesar  $\pm 44,3$  HV. Untuk daerah HAZ SS304 memiliki nilai kekerasan sebesar  $\pm 184$  HV pada alumunium daerah HAZ memiliki nilai sebesar  $\pm 28,8$  HV. Selanjutnya pada saat arus 130 A *weld metal* SS304 memiliki kekerasan sebesar  $\pm 212$  HV sedangkan alumunium memiliki kekerasan sebesar  $\pm 35,7$  HV. Pada daerah HAZ SS304 memiliki kekerasan sebesar  $\pm 178$  HV sedangkan alumunium memiliki nilai kekerasan sebesar  $\pm 27,4$  HV.

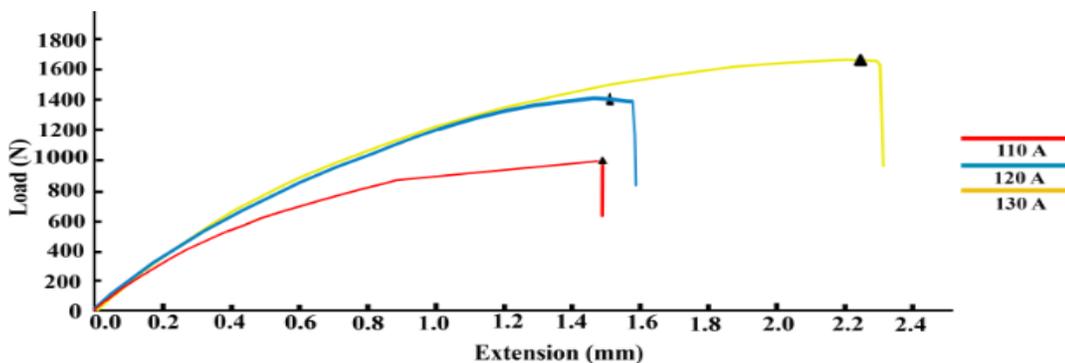
Dari kedua grafik dapat dilihat bahwa kekerasan tertinggi pada daerah *weld metal* pada waktu 2 detik SS304 memiliki nilai kekerasan tertinggi sebesar  $\pm 203$  HV pada arus 120 A dan memiliki kekerasan terendah sebesar  $\pm 190$  HV pada arus 130 A sedangkan pada alumunium kekerasan tertinggi terdapat pada arus 130 A dengan nilai  $\pm 43,7$  HV dan memiliki kekerasan terendah pada arus 110 A sebesar  $\pm 30,4$  HV. Selanjutnya pada waktu penekanan 3 detik *weld metal* SS304 memiliki kekerasan tertinggi pada arus 130 A dengan nilai sebesar  $\pm 212$  HV dan memiliki nilai kekerasan terendah pada arus 120 A dengan nilai sebesar  $\pm 198$  HV. Sedangkan pada alumunium memiliki nilai kekerasn tertinggi pada arus 120 A sebesar  $\pm 44,3$  HV dan memiliki nilai terendah pada arus 110 A sebesar  $\pm 31,3$  HV. Dapat dilihat pada grafik nilai kekerasan tertinggi antara *stainless steel 304* dengan alumunium 1100 terdapat pada *weld metal* hal ini terjadi karena material yang dilas mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan secara cepat selama proses pengelasan sementara itu pada daerah HAZ mengalami penurunan kekerasan hal ini diakibatkan adanya perubahan butir yang besar sehingga mempengaruhi nilai kekerasan Yudhyadi (2007) juga mengatakan selama solidifikasi dengan laju pendinginan lambat, inti pertama bertambah besar akibat perpindahan atom dari cairan ke bahan padat yang akhirnya mengakibatkan butiran bertambah besar. Butiran inilah yang mengakibatkan kekerasan menurun.

#### 4.4 Pengujian Tarik-Geser

Pengelasan metode *spot TIG welding dissimilar material* antara *stainless steel 304* dengan aluminium yang telah berhasil dilakukan kemudian dilakukan pengujian tarik geser. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan dari sambungan las *spot TIG* dalam menahan beban yang diberikan atau *tensile load bearing capacity (TLBC)*. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)* dengan kecepatan tarik 5 mm/menit sesuai standard ASTM dengan menggunakan material tak sejenis antara stainless steel 304 dan aluminium 1100.



Gambar 4.10 grafik hubungan antara beban dengan perpanjangan pengujian tarik waktu pengelasan 2 detik



Gambar 4.11 grafik hubungan antara beban dengan perpanjangan pengujian tarik waktu pengelasan 3 detik

Gambar 4.10 dan 4.11 menunjukkan grafik hubungan pengujian tarik pada waktu pengelasan 2 detik dan 3 detik tidak terjadi *necking* pada saat proses pengujian, terlihat pada grafik spesimen uji langsung mengalami patah pada saat pengujian berlangsung hal ini dikarenakan pada saat proses pengelasan material tak sejenis antara Stainless Steel 304 dengan aluminium 1100 tidak melebur dengan sempurna karena terdapat perbedaan sifat mekanik dan fisik material, sehingga pada saat proses pengujian tarik hanya terjadi kegagalan berupa *interfacial failure* antara kedua material.

Dari data tabel menunjukkan bahwa kapasitas beban tarik mengalami peningkatan seiring dengan semakin lama waktu penekanan dan besarnya arus yang diberikan sama halnya dengan Faozi (2015) yang meneliti tentang pengaruh kuat arus dan *holding time* pada pengelasan *spot TIG dissimilar* material, bahwa *nilai tensile load bearing capacity (TLBC)* meningkat seiring dengan meningkatnya diameter *nugget* hasil las, peningkatan ini disebabkan karena *heat input* yang semakin tinggi yang mengakibatkan diameter pada *nugget* juga semakin besar

Tabel 4.6 Nilai pembebanan tarik geser rata-rata setiap variasi arus dan waktu

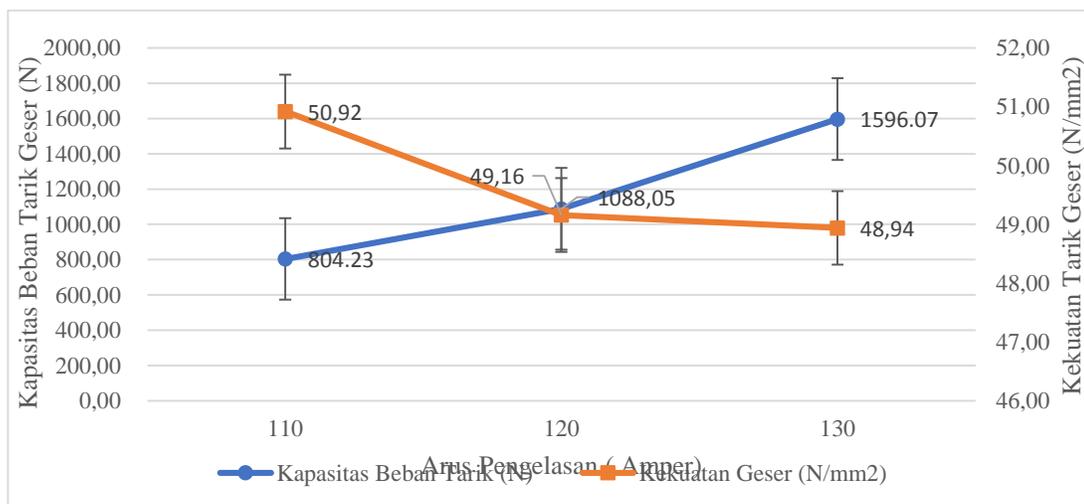
Waktu	Variasi	Nilai Pembebanan (N)			P Rata-rata
		P1	P2	P3	
2 detik	110 Amper	780	756	877	804,23 ± 63,94
	120 Amper	1156	1097	1012	1088,05 ± 72,62
	130 Amper	1535	1738	1515	1596,07 ± 123,67
3 detik	110 Amper	1149	1108	1275	1177,35 ± 87,07
	120 Amper	1316	1671	1330	1439,05 ± 201,29
	130 Amper	1665	1669	1764	1699,14 ± 56,02

Dari data hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa kapasitas beban tarik mengalami peningkatan seiring dengan semakin lama waktu penekanan dan besarnya arus yang diberikan. Sedangkan pada kekuatan geser mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya arus pada pengelasan (Haikal dan Triyono 2013) mengatakan bahwa pengelasan menggunakan logam tak sejenis memiliki bentuk *nugget* yang tidak simetris akibat dari perbedaan fisik dan mekanik antar logam, bentuk *nugget* yang tidak

simetris ini akan mengakibatkan menurunnya kekuatan geser pada sambungan las *dissimilar* material.

Tabel 4.7 Nilai kekuatan geser rata-rata seteiap variasi arus dan waktu

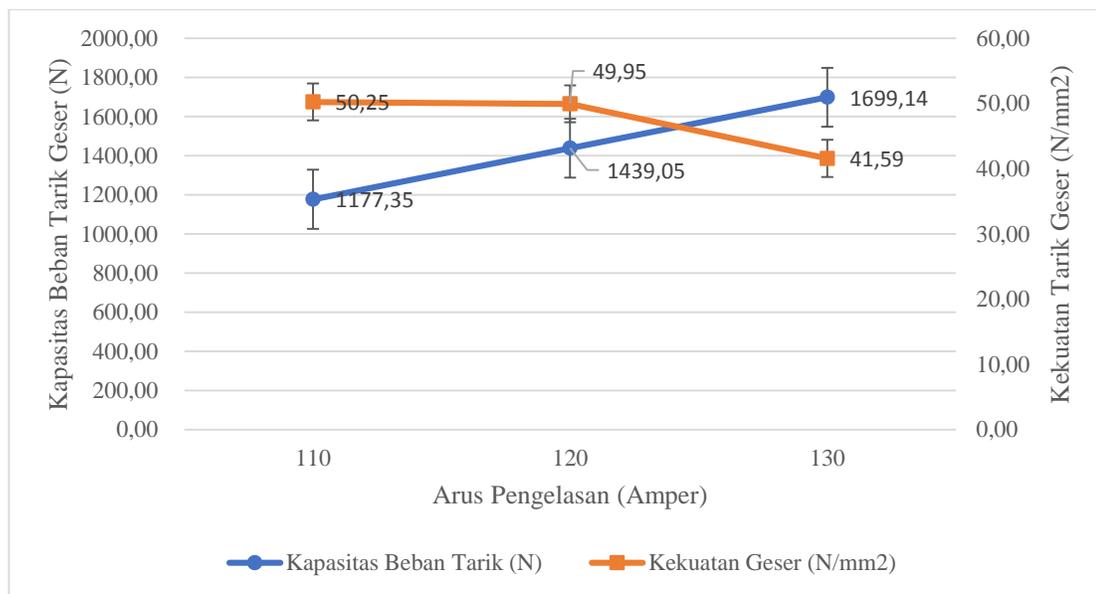
Waktu	Variasi	Luasan Nugget ( $mm^2$ )	Kapasitas Beban Tarik (N)	Kekuatan Geser ( $N/mm^2$ )	Kegagalan Spesimen Uji
2 detik	110 Amper	15,79± 0,12	804,23 ± 63,94	50,92± 5,22	<i>Interfacial surface</i>
	120 Amper	22,13± 0,10	1088,05 ± 72,62	49,16± 3,62	<i>Interfacial surface</i>
	130 Amper	32,61± 0,19	1596,07 ± 123,67	48,94± 2,77	<i>Interfacial surface</i>
3 detik	110 Amper	23,43± 0,16	1177,35 ± 87,07	50,25± 2,49	<i>Interfacial surface</i>
	120 Amper	28,81± 0,51	1439,05 ± 201,29	49,95± 6,84	<i>Interfacial surface</i>
	130 Amper	40,86± 0,38	1699,14± 56,02	41,59± 2,91	<i>Interfacial surface</i>



Gambar 4.12 Grafik perbandingan antara kapasitas beban tarik dengan kekuatan geser pada waktu pengelasan 2 detik

Gambar 4.12 menunjukkan perbandingan antara kapasitas beban tarik dengan kekuatan geser. Hasil pengujian menunjukkan pada waktu pengelasan 2 detik dengan

variasi arus pengelasan 110 A memiliki nilai rata-rata kapasitas beban sebesar 804,23 N pada arus 120 A memiliki nilai rata-rata kapasitas beban sebesar 1088,05 N sedangkan pada arus 130 A memiliki nilai kapasitas beban rata-rata sebesar 1596,07 N. Nilai kapasitas beban rata-rata tertinggi pada waktu penekanan 2 detik terdapat pada arus 130 A dengan nilai sebesar 1596,07 N dan terendah pada arus 110 A dengan nilai rata-rata sebesar 804,23 N.



Gambar 4.13 Grafik hubungan antara kapasitas beban tarik dengan kekuatan geser pada waktu pengelasan 3 detik

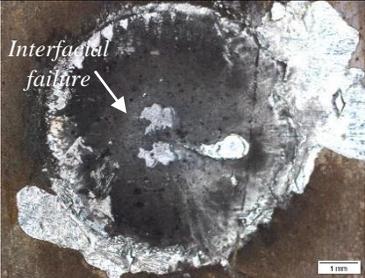
Pada gambar 4.13 menunjukkan grafik hubungan antara kapasitas beban tarik dengan kekuatan geser pada waktu pengelasan 3 detik. Hasil pengujian menunjukkan pada arus 110 A menghasilkan nilai kapasitas beban tarik rata-rata sebesar 1177,35 N pada arus 120 A menghasilkan nilai rata-rata sebesar 1439,05 N sedangkan pada arus 130 A menghasilkan nilai rata-rata sebesar 1699,14 N. Pada waktu pengelasan 3 detik nilai kapasitas beban tertinggi terdapat pada arus 130 A sebesar 1699,14 N sedangkan nilai terendah terdapat pada arus 110 A dengan nilai sebesar 1177,35 N.

Bentuk patahan sambungan las *spot TIG* tak sejenis antara *stainless steel 304* dengan aluminium 1100 menggunakan variasi arus 110 A, 120 A, 130 A pada waktu 2 detik dan 3 detik memiliki jenis kegagalan yang dihasilkan berupa *interfacial failure* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.8 hal ini disebabkan sambungan yang memiliki *tensile load bearing capacity* tinggi tidak dapat menghasilkan jenis kegagalan berupa *pull out failure* (Faozi 2015). Hasil kegagalan *interfacial failure* menunjukkan beban puncak dan energi rendah karena keseluruhan daerah yang berikatan kecil sehingga kekuatannya rendah (Mortazavi dkk, 2011).

Tabel 4.8 Hasil patahan pada pengujian tarik-geser pengelasan *Spot TIG*

Waktu pengelasan	Arus (Amper)		
	110	120	130
2 detik			
3 detik			

Tabel 4.9 perbesaran makro hasil pengujian tarik-geser pengelasan *Spot TIG* pada Arus 130 Amper.

Waktu (detik)	<i>Stainless Steel 304</i>	Alumunium
2		
3		