

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelasan *spot TIG* pada material tidak sejenis antara *stainless steel 430* dengan baja karbon rendah dengan mem-variasikan kuat arus pada proses pengelasan dengan waktu yang sama pada setiap variasinya bertujuan untuk mengetahui kapasitas beban tarik geser, kekerasan permukaan dan struktur mikro. Data yang diperoleh dari pengujian tersebut akan dianalisa dan dibahas untuk mendapatkan kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian.

4.1. Hasil Pengelasan

Pengelasan pada material tidak sejenis antara *stainless steel 430* dengan baja karbon rendah ini memerlukan beberapa percobaan sebelum menentukan parameter variasi kuat arus yang digunakan pada penelitian ini, selain kurangnya referensi pada penggunaan material *stainless steel* dan baja karbon rendah dengan ketebalan 0,8 mm terutama pada pengelasan dengan metode *spot TIG* menyebabkan banyaknya percobaan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Pada penelitian ini material yang digunakan pada sisi bagian atas adalah baja karbon rendah dan *stainless steel 430* ada sisi bagian bawah.

Pada proses penentuan parameter variasi kuat arus yang akan digunakan, dilakukannya percobaan untuk mendapatkan kuat arus yang optimal dalam penggunaan sambungan las *spot TIG dissimilar metal* antara *stainless steel 430* dengan baja karbon rendah dengan ketebalan plat 0,8 mm. Percobaan dalam menentukan kuat arus yang digunakan dilakukan dengan waktu yang lebih singkat dibandingkan penelitian sebelumnya, ini dikarenakan salah satu keuntungan dari las titik adalah pengelasan yang sangat cepat dan singkat, oleh karenanya penelitian ini mencoba dengan menggunakan waktu yang lebih kecil. Beberapa percobaan juga dilakukan dengan material pada sisi bagian atasnya adalah *stainless steel 430* dan baja karbon rendah pada sisi bawah untuk melihat bagaimana perbedaan yang terjadi dari sisi fisik yang ditinjau dari visual yang digunakan sebagai referensi tambahan. Hasil dari beberapa percobaan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 (a) Percobaan 60 A, (b) 70 A, (c) 120 A, (d) 140 A dan (e) 150 A

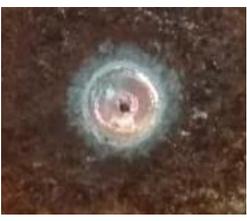
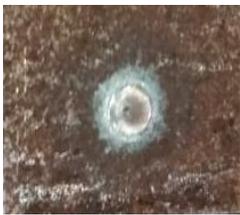
Gambar 4.1 menunjukkan hasil percobaan, percobaan dimulai dari kuat arus yang terkecil 60 A dengan waktu 4 detik dimana penetrasi pada hasil lasan tidak begitu dalam dan kurang begitu bagus yang menyebabkan sambungan tidak kuat, percobaan dengan menggunakan kuat arus 70 A memiliki hasil yang sudah cukup bagus dimana hasil sambungan lebih kuat dimana pada saat diberikan beban secara manual menggunakan tangan lasanya tidak mengalami kegagalan. Selanjutnya kuat arus yang digunakan pada percobaan menggunakan kuat arus yang lumayan besar sekitar (120 A, 140 A, dan 150 A) dengan waktu 4 detik dimana hasil visual lasan sudah tidak baik pada bagian fisik *nugget* las karena memiliki luasan diameter *nugget* yang sangat besar yaitu berkisar antara 10 mm hingga 12,3 mm.

Berdasarkan hasil beberapa percobaan sebelumnya, maka untuk parameter kuat arus yang akan digunakan adalah 70 A, 80 A, 90 A, dan 100 A dengan waktu pengelasan 4 detik dimana setiap variasi masing-masing dibuat sebanyak 5 buah spesimen. Gambar 4.2 menunjukkan hasil dari pengelasan.

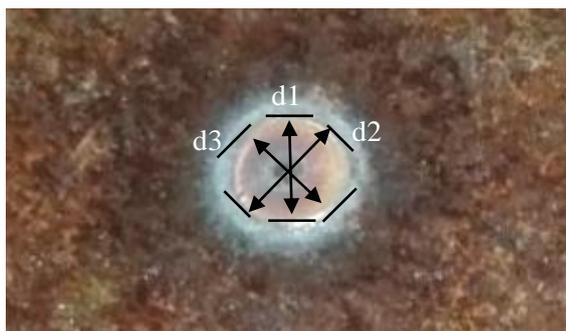


Gambar 4.2 Hasil percobaan pengelasan *spot TIG*

Hasil pengelasan pada setiap variasi menunjukkan perbedaan pada luasan *nugget*. Dimana hasil pengamatan menunjukkan bahwa diameter *nugget* terkecil didapatkan pada variasi kuat arus 70 A, karena penggunaan kuat arus yang rendah akan menghasilkan daerah lasan *nugget* yang kecil dan penetrasi yang tidak dalam (Fachruddin dkk, 2016) dan luasan diameter pada *nugget* terbesar diperoleh pada variasi kuat arus terbesar pada penelitian ini yaitu kuat arus 100 A, sesuai dengan pernyataan Hayat, (2011) bahwa kenaikan kuat arus berpotensi akan menyebabkan kenaikan masukan panas, kenaikan kuat arus akan diiringi dengan peningkatan diameter *nugget* las. Ukuran dari luasan *nugget* lasan dipengaruhi oleh *heat input*, sedangkan besarnya *heat input* dipengaruhi oleh kuat arus pengelasan, peningkatan kuat arus pengelasan akan menghasilkan *heat input* yang besar, sehingga daerah *weld metal* akan meleleh semakin banyak dan menyebabkan ukuran luasan *nugget* semakin besar (Aji, 2015). Hasil dari *nugget* lasan pada setiap variasi ditunjukkan pada gambar 4.3 dan metode pengukuran ukuran diameter *nugget* ditunjukkan oleh gambar 4.4.

Nugget		Variasi Kuat Arus Pengelasan			
		70 A	80 A	90 A	100 A
Spesimen	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	5.				

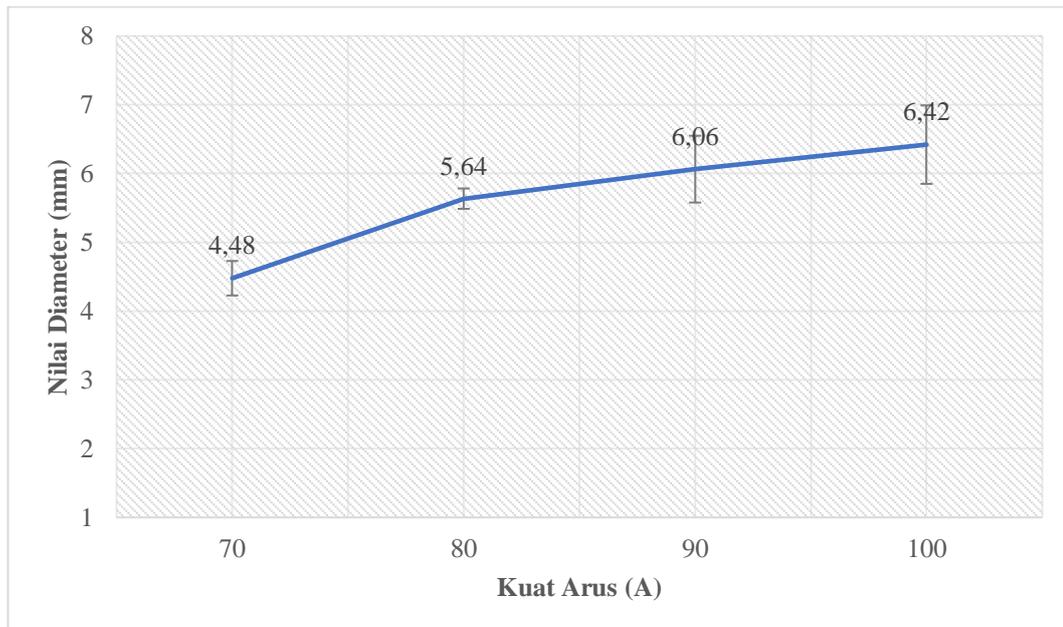
Gambar 4.3 bentuk *nugget* lasan *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah pengelasan *spot TIG* dilihat dari sisi baja karbon rendah pada setiap variasi dengan waktu pengelasan 4 detik



Gambar 4.4 Metode pengukuran diameter *nugget* pada hasil lasan *spot TIG* pada permukaan sisi baja karbon rendah.

Tabel 4.1 Ukuran luasan diameter *nugget* pada setiap variasi kuat arus pengelasan

Arus	Spesimen	d1(mm)	d2(mm)	d3(mm)	\bar{d} (mm)	Rata-rata (mm)	SDev
70 A	1	4,08	4,43	4,33	4,28	4,48	0,25
	2	4,63	4,44	4,01	4,36		
	3	4,9	4,91	4,89	4,9		
	4	4,46	4,53	4,55	4,51		
	5	4,26	4,55	4,21	4,34		
80 A	1	5,71	5,76	5,42	5,63	5,64	0,14
	2	5,85	5,42	5,51	5,59		
	3	5,58	5,42	5,32	5,44		
	4	5,78	6,05	5,73	5,85		
	5	5,79	5,71	5,48	5,66		
90 A	1	5,78	5,87	5,51	5,72	6,06	0,48
	2	6,13	6,25	6,06	6,14		
	3	6,98	6,73	6,91	6,87		
	4	5,94	5,49	5,68	5,70		
	5	5,91	5,94	5,79	5,88		
100 A	1	6,82	6,79	6,56	6,72	6,42	0,57
	2	6,44	6,4	6,28	6,37		
	3	5,43	5,43	5,48	5,44		
	4	7,04	6,63	6,64	6,77		
	5	6,8	6,83	6,75	6,79		

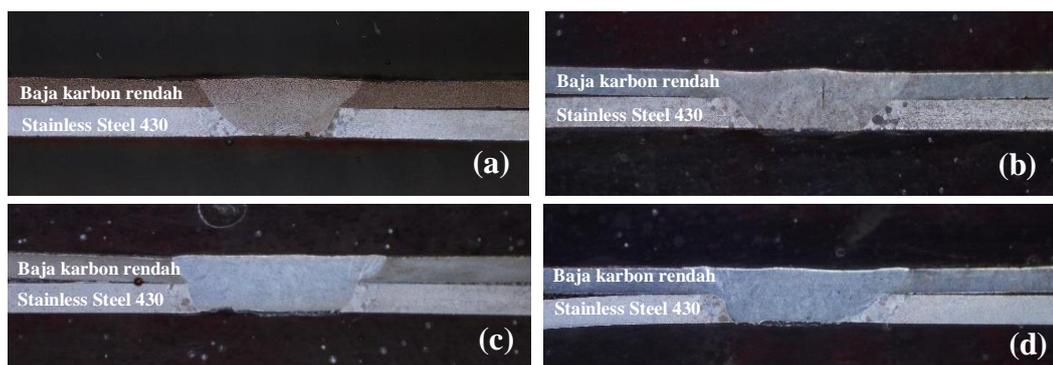


Gambar 4.5 Grafik perbandingan ukuran diameter *nugget* tiap variasi kuat arus pengelasan *spot TIG*.

Gambar 4.5 diatas menunjukkan bahwa hubungan antara kuat arus dengan ukuran diameter *nugget* las, dimana pada setiap variasi kuat arus pengelasan memiliki nilai ukuran diameter yang berbeda. Dari data hasil pengukuran diketahui bahwa nilai ukuran diameter *nugget* terkecil diperoleh pada variasi kuat arus 70 A dengan nilai rata-rata sebesar 4,48 mm dan diameter *nugget* terbesar diperoleh pada variasi kuat arus 100 A dengan nilai rata-rata sebesar 6,42 m. maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kuat arus yang digunakan maka diameter *nugget* semakin besar, ini disebabkan karena masukan panas yang diberikan besar maka logam yang mencair akan semakin banyak dan semakin melebar yang menyebabkan kenaikan nilai diameter lasan.

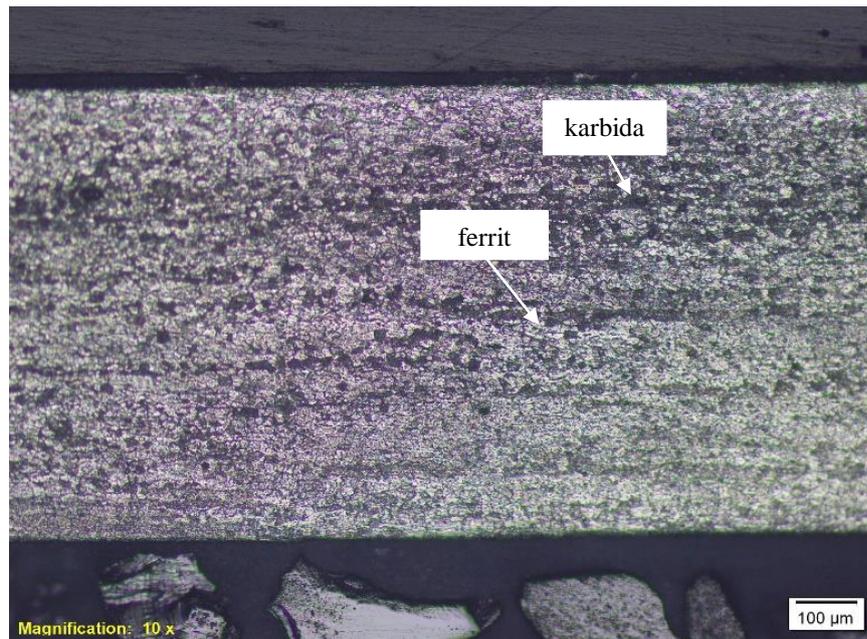
4.2. Struktur Mikro

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 sedangkan pengujian mikro untuk melihat pengaruh distribusi panas yang disebabkan *heat input* pada daerah *weldmetal* dan HAZ pada tiap variasi kuat arus pengelasan.



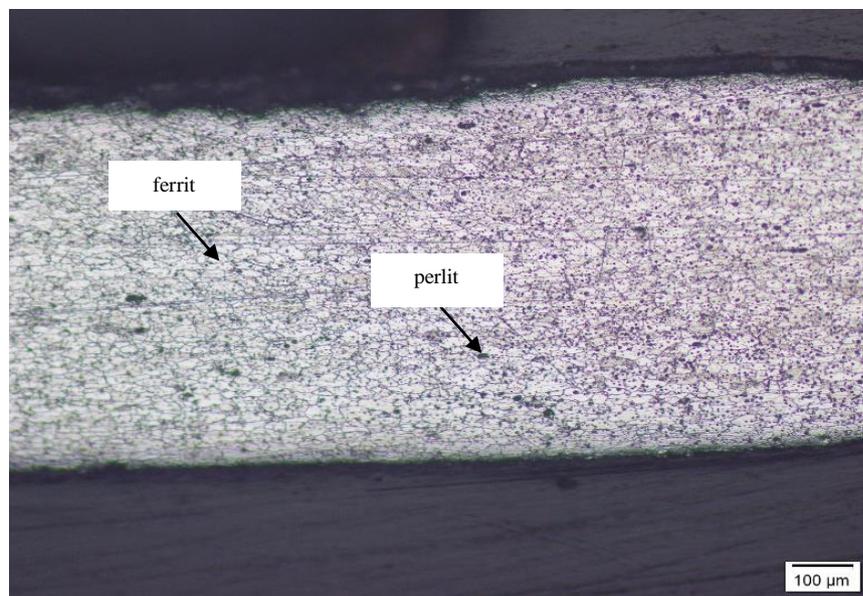
Gambar 4.6 Hasil struktur makro sambungan lasan *spot TIG dissimilar metal stainless steel 430* dan baja karbon rendah tiap variasi kuat arus pengelasan 70 A (a), 80 A (b), 90 A (c) dan 100 (d)

Melihat hasil struktur makro diatas menunjukkan bahwa pengelasan menggunakan metode *spot TIG dissimilar metal* antara *stainless steel 430* dan baja karbon rendah sangat bagus, dilihat dari hasil penetrasi tiap variasi menunjukkan hasil yang cukup bagus yaitu penetrasi sempurna hingga ke daerah material *stainless steel 430*. Melihat pada bagian baja karbon rendah memiliki luasan *weldmetal* yang lebih lebar ini disebabkan karena lompatan busur api mengenai baja karbon rendah lebih dulu dibandingkan dengan *stainless steel 430*. Selain itu terlihat bahwa hasil pengukuran diameter sebelum diuji makro sesuai dengan hasil setelah diuji, karena terlihat bahwa kenaikan kuat arus akan menyebabkan luasan *nugget* juga akan meningkat, dimana variasi kuat arus 100 A memiliki luasan tertinggi diikuti oleh variasi kuat arus 90 A, 80 A dan 70 A.



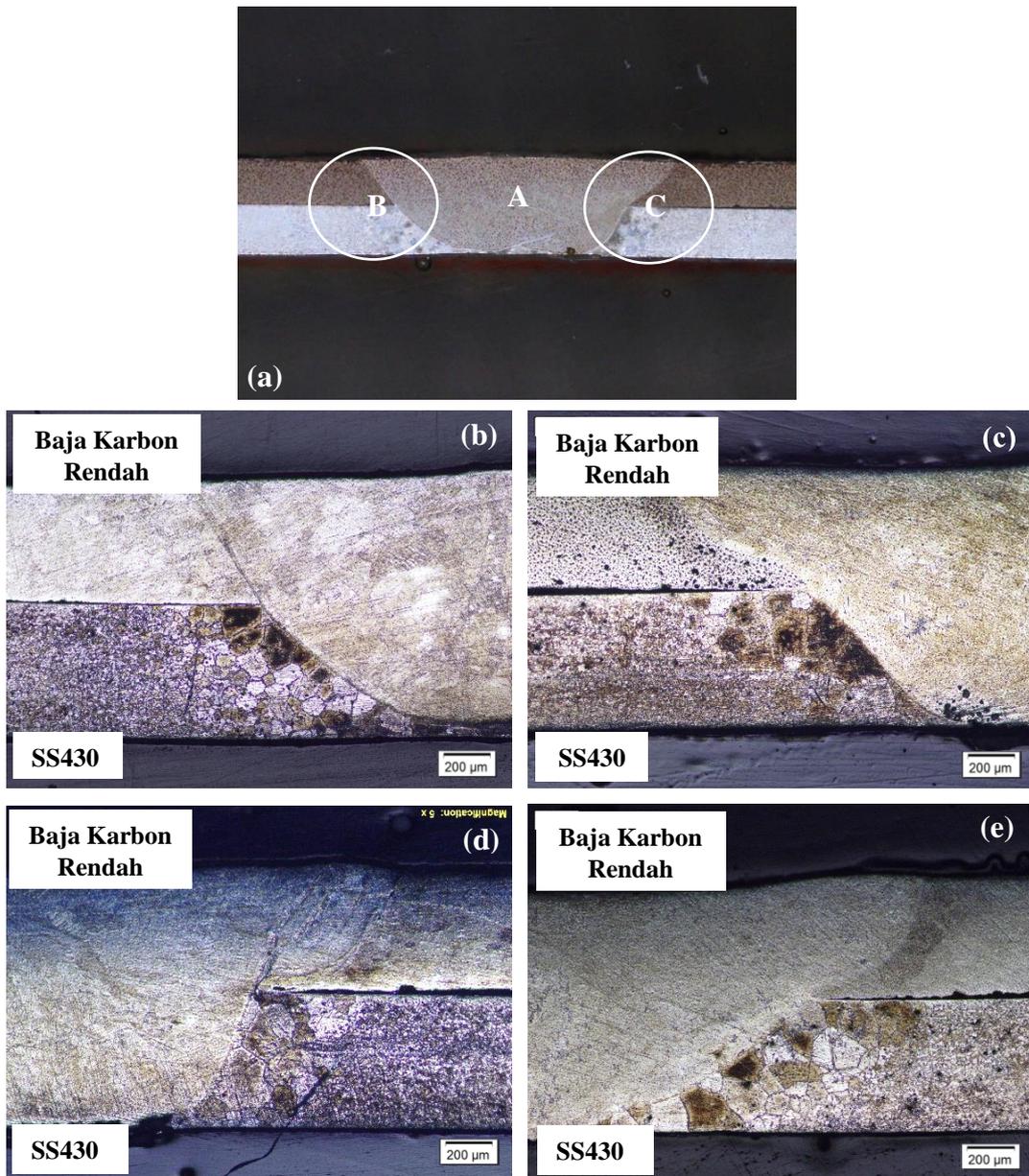
Gambar 4.7 Struktur mikro *basemetal stainless steel 430*

Pada gambar 4.7 menunjukkan tampak struktur mikro pada logam induk *stainless steel 430* berupa *ferrit* dan karbida, dimana hampir keseluruhan dari struktur mikro dari *stainless steel 430* didominasi oleh *ferrit* ini dikarenakan *stainless steel 430* merupakan baja tahan karat feritik dengan kandungan C $\leq 0,12$ %, sehingga dengan kadar C yang sangat rendah ini membuat karbida yang terbentuk sedikit (Raharjo dan Ariawan, 2005).



Gambar 4.8 Struktur mikro *base metal* baja karbon rendah

Pada logam induk baja karbon rendah struktur yang terbentuk adalah *ferrit* dan perlit ditunjukkan oleh gambar 4.8 dimana hampir seluruhnya adalah *ferrit* karena karakteristik dari *ferrit* adalah berwarna putih terang dan cenderung halus dan lunak sedangkan untuk butir perlit lebih kasar dan cenderung keras karena mengandung karbon dan kurang ulet (Fachruddin dkk, 2016)

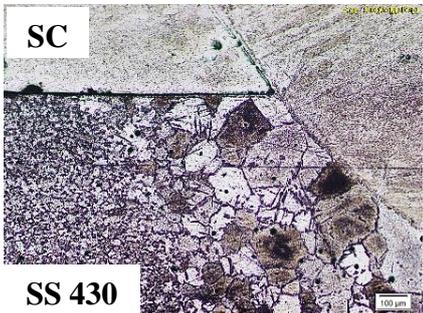
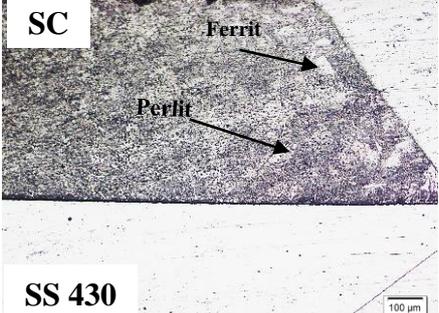
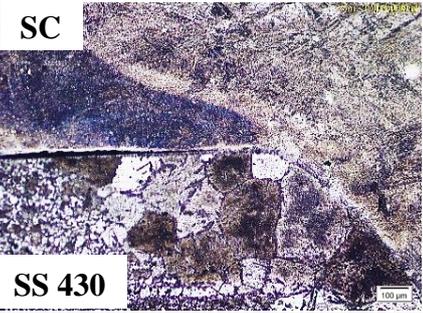
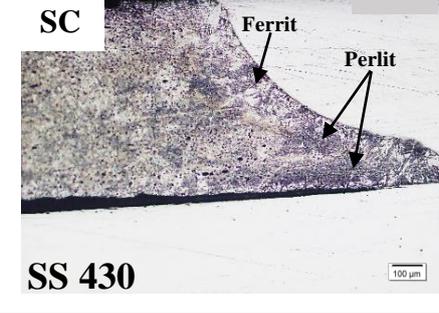
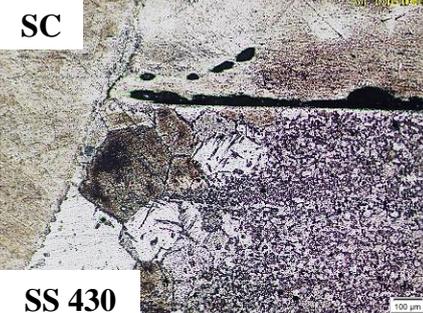
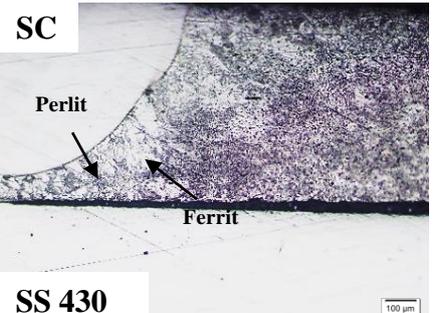
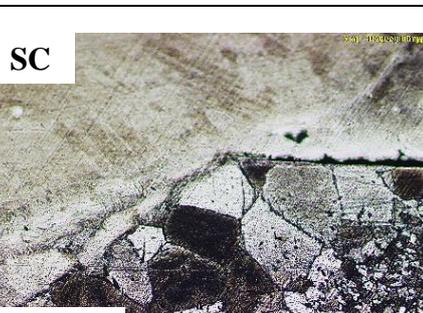
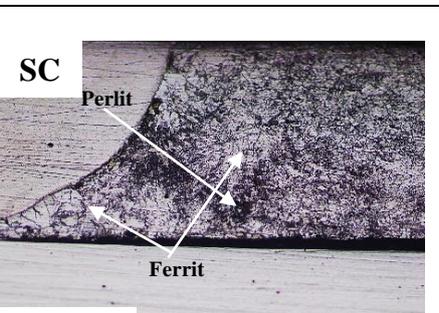


Gambar 4.9 Foto makro menunjukkan pembagian sisi A (*nugget*), sisi B dan C daerah HAZ (a), Struktur Mikro dengan perbesaran 50x pada sambungan lasan dimana 70 A sisi B (b), 80 A sisi B (c), sedangkan untuk variasi 90 A (d) dan 100 A pada sisi bagian C (e)

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa pengaruh kuat arus memiliki sebab terbesar dalam perubahan struktur mikro terutama pada bagian *weldmetal* dan *heat affected zone* (HAZ) dimana di semua variasi kuat arus pengelasan menunjukkan ada perubahan struktur mikro pada material selain itu batas butir pada bagian sebelah *weldmetal* yaitu daerah HAZ mengalami perubahan yang sangat besar ditunjukkan oleh perubahan ukuran butiran yang lebih besar dibandingkan dengan logam induknya.

Pengaruh kuat arus pengelasan pada sambungan *spot TIG dissimilar metal* antara *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah terhadap struktur mikro daerah HAZ pada material *stainless steel* 430 menunjukkan bahwa masukan panas mengakibatkan perubahan ukuran butir karena daerah HAZ ini mengalami siklus termal pengelasan dimana semakin besar masukan panas yang diberikan maka akan menyebabkan luasan HAZ menjadi lebih besar dan merubah struktur mikro menjadi butir-butir yang kasar (Firmansyah dkk, 2016). Daerah HAZ terlihat bahwa ada pembesaran ukuran butiran pada daerah HAZ dimana hampir disetiap variasi terdapat ferit dan perlit pada material, dan terlihat ada endapan karbida krom (Cr_{23}C_6) dimana endapan karbida krom ini berfungsi untuk menahan pergerakan dislokasi material dalam menerima beban dari luar sehingga kekerasan akan meningkat (Fachruddin dkk, 2016).

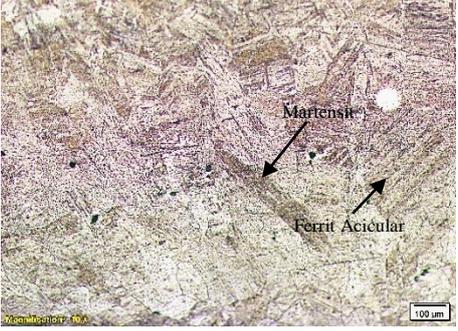
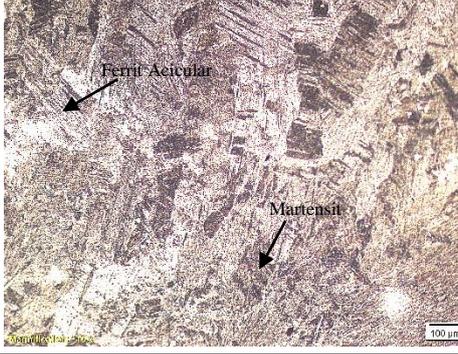
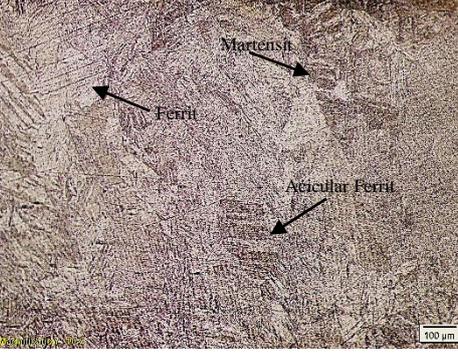
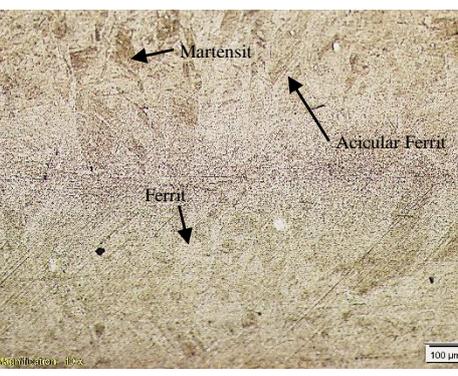
Sedangkan pengaruh kuat arus pada struktur mikro daerah HAZ material baja karbon rendah menunjukkan bahwa ada peningkatan ukuran batas butir dimana ukuran butiran ferit meningkat dengan meningkatnya kuat arus pengelasan. Gambar struktur mikro daerah HAZ tiap variasi kuat arus pengelasan dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Variasi Kuat Arus	HAZ (Heat Affected Zone)	
	<i>Stainless Steel 430</i>	Baja Karbon Rendah
70 A		
80 A		
90 A		
100 A		

Gambar 4.10 Struktur mikro HAZ (*heat affected zone*) *stainless steel 430* dan baja karbon rendah

Pengaruh kuat arus terhadap struktur mikro pada bagian *weldmetal* sambungan *spot TIG dissimilar metal* antara *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah menunjukkan bahwa ada perubahan struktur mikro dimana pada setiap variasi yang didominasi oleh *ferrit*, *ferrit acicular* dan di setiap variasi ada terdapat martensit. Dikuatkan pada penelitian yang lain seperti yang dilakukan oleh Subrammanian dkk (2017) pada pengelasan titik dengan memvariasikan kuat arus menggunakan material *stainless steel ferritic* seri 409M dengan ketebalan yang berbeda didapatkan bahwa pada daerah *fusionzone* ditemukan *ferrit columnar* dengan sejumlah kecil martensit di sepanjang batas butir dan pada penelitian lain seperti Subrammanian dkk (2018) yang meneliti tentang efek dari proses parameter terhadap karakteristik material pada sambungan *resistance spot welding* pada sambungan *stainless steel ferritic* AISI 409 menunjukkan bahwa pada mikrostruktur daerah *fusionzone* terdiri dari *ferrit* yang mendominasi dengan sedikit martensit. Sedangkan untuk *ferrit acicular* berbentuk intragranular dengan ukuran yang kecil dan mempunyai orientasi arah yang acak (Arifin, 2019).

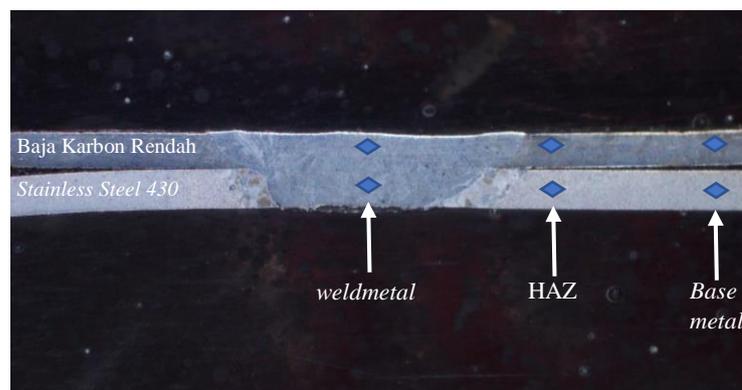
Peningkatan kuat arus pada pengelasan *spot TIG dissimilar metal* antara *stainless steel* 430 dan baja karbon rendah sangat berpengaruh pada perubahan struktur mikro dimana pada peningkatan kuat arus ini mengakibatkan peningkatan struktur *ferrit*. Foto dari struktur mikro daerah *weldmetal* tiap variasi kuat arus pengelasan dapat dilihat pada gambar 4.11.

Variasi Kuat Arus	<i>Weldmetal</i>
70 A	
80 A	
90 A	
100 A	

Gambar 4.11 Struktur mikro *weldmetal*

4.3. Pengujian Kekerasan

Pengujian Kekerasan ini menggunakan metode *microhardness Vickers* dimana tujuan dari pengujian ini adalah mencari tahu pengaruh kuat arus pengelasan terhadap nilai kekerasan pada daerah *weldmetal*, *heat affected zone* (HAZ), dan *base metal* atau logam induk agar dapat melihat hubungan kuat arus pengelasan dengan distribusi panas yang terjadi pada material setelah dilakukannya pengelasan *spot TIG dissimilar metal* antara *stainless steel 430* dengan baja karbon rendah. Penentuan daerah titik untuk dilakukannya pengujian kekerasan ini dapat dilihat pada gambar 4.12.



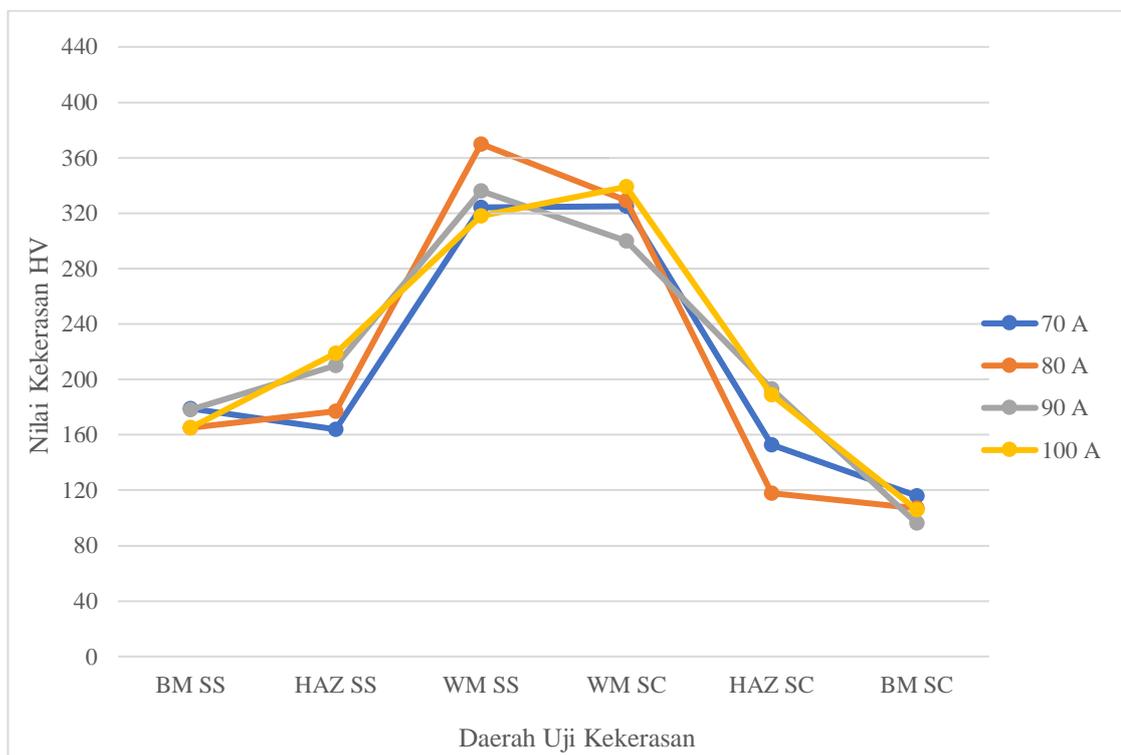
Gambar 4.12 penentuan titik uji kekerasan pada sambungan *spot TIG welding dissimilar metal*

Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa pengaruh kuat arus pengelasan pada kekerasan adalah peningkatan nilai kekerasan, dimana nilai tertinggi terdapat pada daerah *weldmetal*, selanjutnya pada daerah HAZ dan diikuti oleh daerah logam induk.

Nilai kekerasan pada daerah *weldmetal* untuk sisi material *stainless steel 430* pada setiap variasi yaitu 70 A, 80 A, 90 A dan 100 A memiliki nilai sebesar 324 HV, 370 HV, 336 HV dan 316 HV sedangkan untuk sisi material baja karbon untuk setiap variasi kuat arus pengelasan yaitu 70 A, 80 A, 90 A dan 100 A memiliki nilai sebesar 325 HV, 329 HV, 300 HV dan 339 HV.

Nilai kekerasan hasil pengujian pada daerah HAZ menunjukkan bahwa ada kenaikan nilai kekerasan pada setiap variasinya, dimana nilai kekerasan pada daerah HAZ memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan oleh *basemetal* pada sisi

material *stainless steel* 430 maupun baja karbon ini disebabkan karena daerah HAZ telah mengalami proses kristalisasi mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan logam induk, dimana kisaran temperatur untuk kristalisasi berkisar dari 500-550 °C dan berakhir pada temperatur cair logam (Firmansyah dkk, 2016). Daerah HAZ memiliki nilai kekerasan yang lebih baik dibandingkan logam induk ketika berdekatan dengan daerah *weldmetal* karena mengalami pengkasaran butir akibat terpengaruh dari panas waktu proses pengelasan (Faozi, 2015). Grafik perbandingan nilai kekerasan dan data hasil uji kekerasan pada tiap variasi pengelasan dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Tabel 4.2.



Gambar 4.13 Grafik perbandingan nilai kekerasan tiap variasi pengelasan

Tabel 4.2 Data hasil pengujian kekerasan tiap variasi kuat arus pengelasan

Variasi	Nilai Kekerasan (HV)					
	<i>Stainless Steel 430</i>			Baja Karbon Rendah		
	<i>Basemetal</i>	HAZ	<i>Weldmetal</i>	<i>Basemetal</i>	HAZ	<i>Weldmetal</i>
70 A	179	164	324	116	153	325
80 A	165	177	370	107	118	329
90 A	178	210	336	96,3	193	300
100 A	165	219	318	106	189	339

Melihat nilai kekerasan diatas (Tabel 4.2) menunjukkan bahwa nilai kekerasan pada setiap variasinya pada tiap sisi materialnya ada kenaikan dari logam induk ke daerah yang terpengaruh panas oleh pengelasan yaitu HAZ. Akan tetapi pada variasi 70 A daerah *basemetal* ke daerah HAZ untuk material *stainless steel 430* memiliki penurunan dimana nilai untuk *basemetal* memiliki nilai 179 HV sedangkan untuk daerah HAZ memiliki nilai 164 HV ini kemungkinan disebabkan oleh *human error* pada saat pengujian dimana seharusnya indenter dari uji kekerasan dititik pada daerah HAZ akan tetapi terkena pada bagian *basemetal* ini dapat dilihat dari nilai 164 HV adalah nilai kisaran dari *basemetal* itu sendiri.

Kenaikan nilai kekerasan pada daerah HAZ jika dilihat dari hasil pengujian struktur mikro terlihat bahwa pada sisi material terdapat struktur perlit. Dimana perlit cenderung keras karena mengandung karbon dan kurang ulet dan terdapat endapan karbida krom pada daerah HAZ *stainless steel 430* ini menyebabkan nilai kekerasannya naik karena endapan dari karbida krom mampu menahan gerakan dislokasi ketika material terkena beban dari luar sehingga mengakibatkan nilai kekerasan mengalami kenaikan (Fachruddin dkk, 2016). Bahkan menurut Jia dkk, (2018) bahwa daerah HAZ yang sangat dekat dengan *weldmetal* bisa lebih tinggi dibandingkan dengan daerah *weldmetal*.

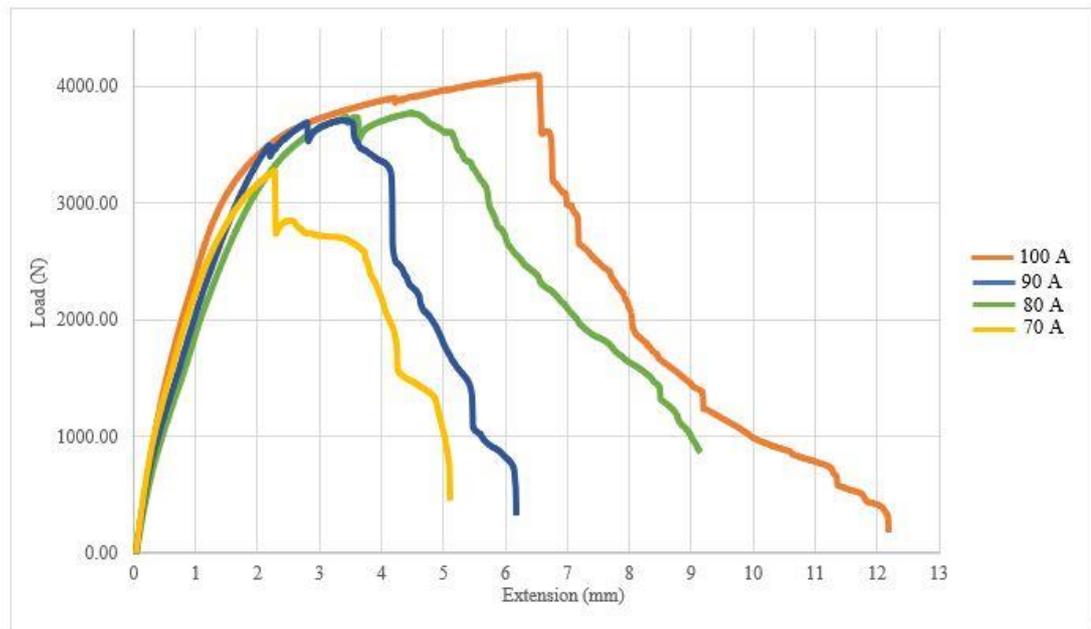
Nilai kekerasan pada daerah *weldmetal* memiliki kenaikan nilai yang sangat besar dibandingkan *basemetal* atau logam induk (Marashi dkk, 2008), nilai kekerasan pada daerah *weldmetal* dapat lebih tinggi juga dapat disebabkan oleh ketidakmurnian dan adanya elemen tambahan yang cenderung memperpendek waktu transformasi (Raharjo dan Ariawan, 2005). Kekerasan pada daerah *weldmetal* juga dapat disebabkan oleh pencampuran dan pengenceran dari logam induknya (Zhang dkk, 2013).

Perbedaan nilai kekerasan pada daerah *weldmetal* dengan *basemetal* atau logam induk ataupun HAZ dapat dikarenakan dari struktur mikro dimana dari hasil pengujian mikro menunjukkan bahwa pada setiap variasi kuat arus pengelasan ada terdapat martensit.

4.4. Pengujian Tarik-Geser

Pengujian tarik-geser ini dilakukan pada hasil pengelasan *spot TIG* material tidak sejenis antara *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah. 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.

Pada Gambar 4.14 Menunjukkan bahwa nilai dari kemampuan sambungan dalam menerima beban tarik atau *tensile load bearing capacity* (TLBC) semakin meningkat dengan kenaikan kuat arus pengelasan. Akan tetapi ada penurunan pada kuat arus 90 A.



Gambar 4.14 Grafik Perbandingan nilai pembebanan maksimum dan pertambahan panjang tiap variasi kuat arus pengelasan.

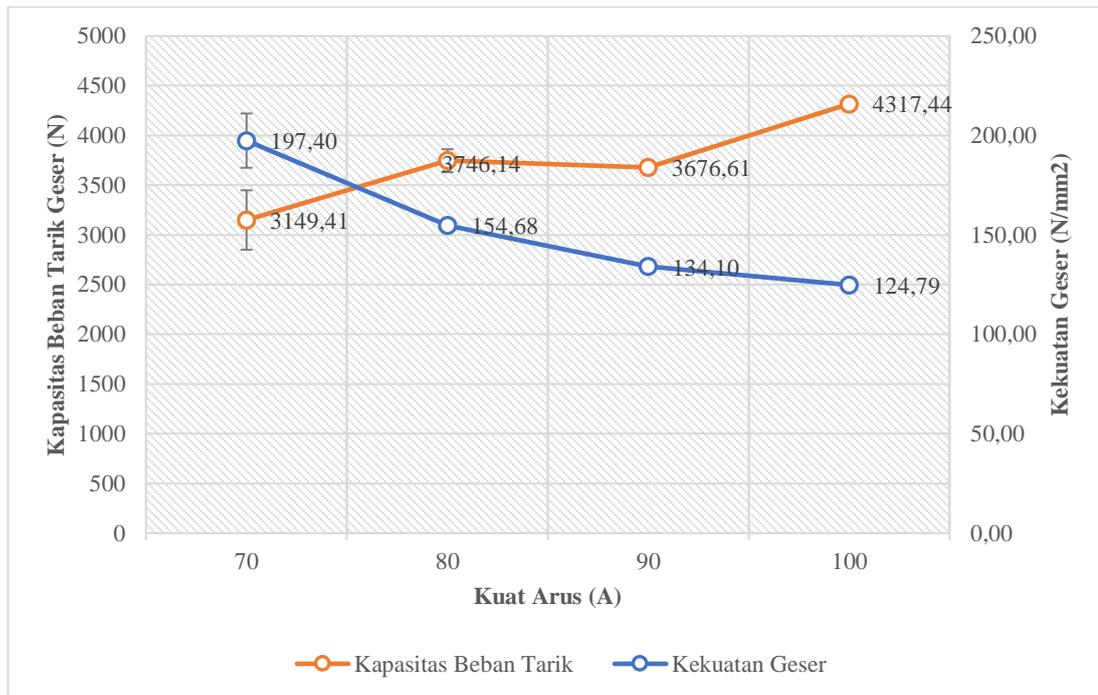
Tabel 4.3 Hasil Uji Tarik Pembebanan Maksimum

Variasi	Nilai Pembebanan (N)				
	P1	P2	P3	P-rata	Stdev
70 A	2855,87	3139,63	3452,73	3149,41	298,55
80 A	3867,91	3732,32	3638,18	3746,14	115,48
90 A	3598,79	3714,01	3717,02	3676,61	67,40
100 A	4381,14	4309,03	4262,14	4317,44	59,94

Melihat pada beberapa penelitian sebelumnya bahwa kenaikan kuat arus akan menghasilkan kenaikan pada kemampuan sambungan dalam menerima beban tarik-geser atau *tensile load bearing capacity* (TLBC), seperti pada penelitian Faozi (2015) tentang pengaruh kuat arus dan *holding time* pengelasan *spot TIG dissimilar metal* didapatkan bahwa nilai *tensile load bearing capacity* meningkat seiring dengan meningkatnya diameter *nugget* hasil sambungan lasan, peningkatan ini disebabkan karena masukan panas yang diberikan pada spesimen, dimana kuat arus yang besar akan memberikan pengaruh yang besar terhadap ukuran diameter *nugget* lasan. Pada penelitian yang serupa Hendrawan dan Rusmawan (2014) mengenai studi pengaruh kuat arus dan waktu pengelasan terhadap sifat mekanik pada las titik

material tidak sejenis didapatkan bahwa nilai kemampuan sambungan terhadap beban tarik geser meningkat seiring dengan peningkatan kuat arus dan waktu pengelasan, ini juga disebabkan dengan semakin besar kuat arus dan waktu pengelasan yang diberikan maka masukan panas yang akan diterima oleh spesimen akan semakin besar dan dengan meningkatnya masukan panas pada sambungan lasan akan membuat penetrasi semakin meningkat, yang membuat ukuran diameter dari *nugget* lasan semakin besar. Dimana peningkatan ukuran diameter *nugget* lasan yang merupakan salah satu penyebab meningkatnya kekuatan daya dukung beban tarik geser atau *tensile load bearing capacity* (TLBC) pada sambungan lasan. Selain itu dikuatkan dengan penelitian Anslanlar dkk (2007) mengenai pengaruh kuat arus terhadap karakteristik material hasil menunjukkan bahwa kemampuan sambungan menerima beban tarik geser meningkat seiring dengan peningkatan kuat arus pengelasan.

Dilihat dari data hasil pengujian (Tabel 4.3) bahwa nilai pada setiap variasi kuat arus memiliki perbedaan dimana untuk kuat arus 70 A memiliki kemampuan menerima beban tarik geser terkecil dengan nilai rata-rata sebesar 3149.41 N, dan pada variasi kuat arus 80 A mengalami peningkatan yang cukup signifikan dimana nilai rata-rata kemampuan sambungan menerima beban tarik geser sebesar 3746.14 N akan tetapi untuk variasi kuat arus 90 A mengalami penurunan dimana nilai rata-rata sebesar 3676.61 N sedangkan pada variasi kuat arus 100 A masih mengalami peningkatan nilai pembebanan tarik geser dengan nilai rata-rata sebesar 4317,44 N. Penurunan pada variasi kuat arus 90 A ini mungkin disebabkan karena pengaruh gaya tekan yang diberikan tidak sama (kurang) pada saat proses pengelasan karena gaya tekan *spotgun* dilakukan secara manual oleh operator las atau mungkin disebabkan karena pada saat proses pengelasan, *spotgun* tidak tegak lurus yang membuat masukan panas tidak dapat maksimal dan membuat bentuk *nugget* tidak simetris. Nilai luasan *nugget* las, pembebanan maksimum dan kekuatan tarik geser dapat dilihat pada Tabel 4.4.



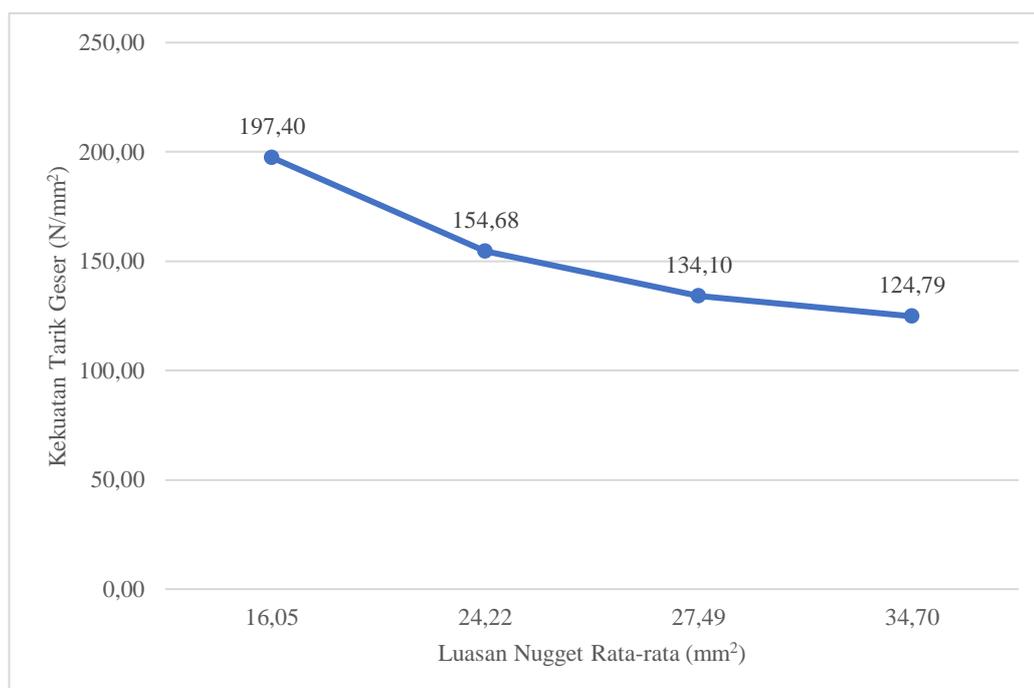
Gambar 4.15 Grafik perbandingan hasil uji tarik kapasitas beban tarik geser dan kekuatan tarik geser setiap variasi pengelasan *spot TIG*.

Tabel 4.4 Beban, Luasan nugget dan Kekuatan Geser Setiap Variasi Kuat Arus

Variasi	Beban (N)	Luasan Nugget (mm ²)	Luasan Nugget Rata-rata (mm ²)	Kekuatan Geser (N/mm ²)	Kekuatan Geser rata2 (N/mm ²)	Stdev
70 A	2855,87	14,38	16,05	198,60	197,40	13,64
	3139,63	14,92		210,40		
	3452,73	18,85		183,19		
80 A	3867,91	24,88	24,22	155,45	154,68	2,41
	3732,32	24,56		151,97		
	3638,18	23,23		156,61		
90 A	3598,79	25,68	27,49	140,12	134,10	7,77
	3714,01	27,14		136,84		
	3717,02	29,66		125,33		
100 A	4381,14	36,23	34,70	120,93	124,79	7,71
	4309,03	35,98		119,77		
	4262,14	31,89		133,67		

Dilihat pada Tabel 4.4 diatas menunjukkan bahwa dengan pengaruh kenaikan kuat arus pada semua variasi akan menyebabkan penurunan kekuatan tarik geser,

dimana jika dilihat pada kekuatan tarik geser hasil terbaik terdapat pada variasi 70 A dengan nilai 197,40 N/mm² dan nilai kekuatan tarik geser cenderung menurun terus dengan kenaikan kuat arus pengelasan, menurut Amin (2017) mengatakan bahwa penurunan ini dapat disebabkan karena apabila panas melebihi titik lebur dari material maka hasil pengelasan akan rusak selain itu apabila kuat arus pengelasan tinggi akan mengakibatkan terbentuknya fasa bainit ataupun martensit yang memiliki kekerasan yang tinggi, akibat kekerasan yang tinggi ini mengakibatkan kekuatan tarik geser berkurang.



Gambar 4.16 Perbandingan Kekuatan Tarik Geser dengan Luasan *Nugget*

Diketahui bahwa untuk menghitung kekuatan tarik geser adalah pembebanan dibagi dengan luas alas atau luasan *nugget* lasan. Grafik diatas (Gambar 4.16) menunjukkan bahwa kekuatan geser seiring menurun dengan pertambahan luasan *nugget* lasan, ini karena pembebanan yang didapat pada hasil uji tarik geser atau kapasitas beban gesernya mengalami peningkatan yang lebih rendah atau kenaikan yang lebih kecil dibandingkan kenaikan luasan *nugget* yang didapat. Nilai kapasitas beban tarik geser atau *tensile load bearing capacity* meningkat seiring dengan meningkatnya diameter *nugget* hasil sambungan las

(Faozi, 2015) akan tetapi peningkatan pada nilai kapasitas beban tarik geser sambungan lebih kecil dibandingkan peningkatan yang terjadi pada luasan *nugget* las. Oleh karenanya kekuatan tarik geser yang didapatkan semakin menurun dengan bertambahnya luasan *nugget* las.

Mode kegagalan pada hasil penelitian ini didapati bahwa pada setiap variasi kuat arus pengelasan terjadi kegagalan jenis *pullout*. Dimana Gambar 4.17 menunjukkan bentuk kegagalan *pullout*.

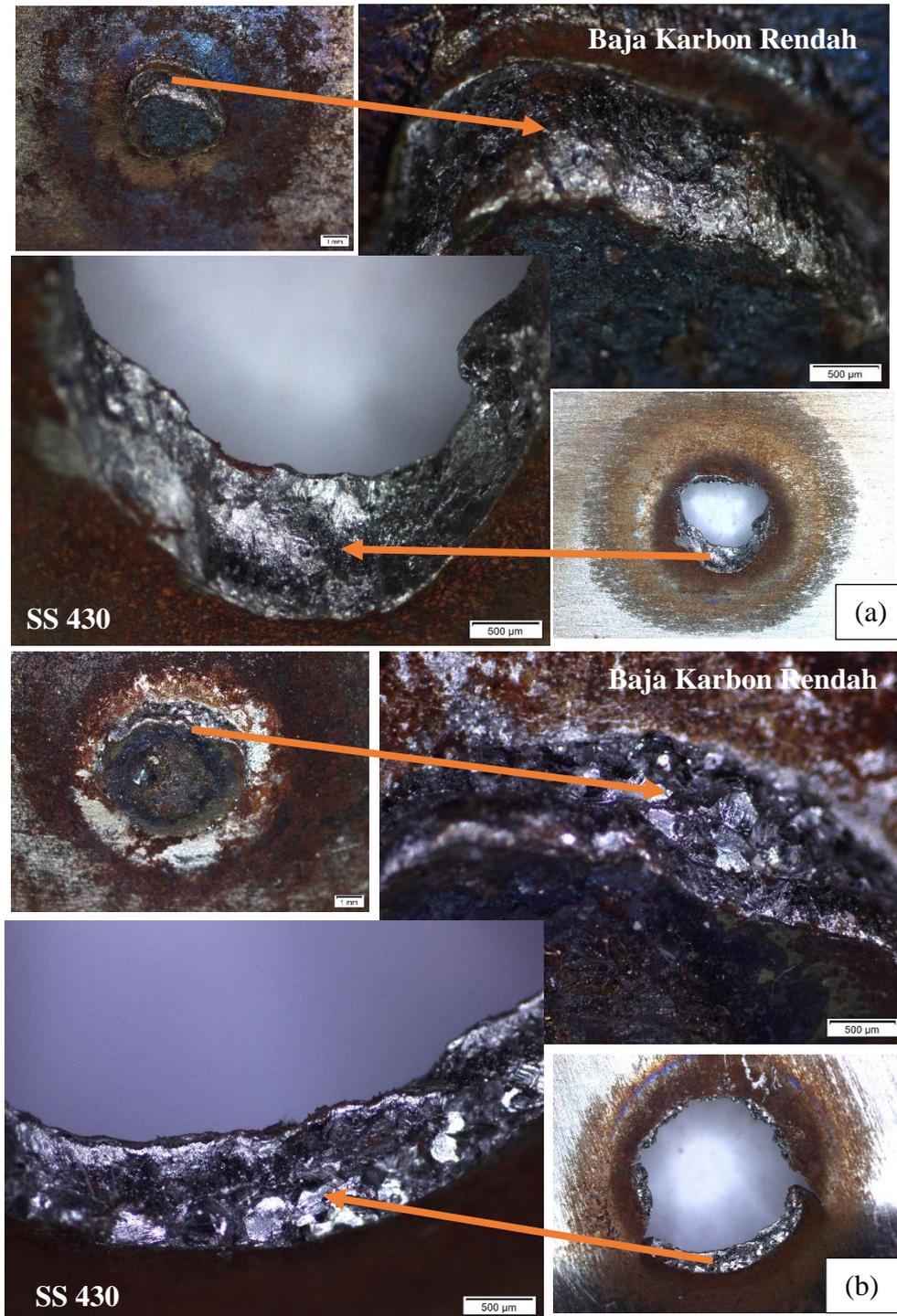


Gambar 4.17 Kegagalan pada variasi kuat arus 100 A

Jenis kegagalan pada pengujian tarik-geser pada umumnya ada 2 mode kegagalan yaitu *interface failure* dan *pullout failure*, dan didapati bahwa yang terjadi pada hasil pengujian tarik-geser pada setiap variasi kuat arus adalah mode kegagalan yang sama yaitu *pullout* ini menandakan bahwa sambungan lasan dengan menggunakan metode *spot TIG* berhasil. Menurut Chen dkk, (2018) biasanya kegagalan pada sambungan lasan dengan mode *pull out* memiliki kapasitas kemampuan pembebanan dan penyerapan energi yang lebih baik. Selain itu pada penelitian Hendrawan dan Rusmawan (2014) kegagalan dengan mode *pullout* adalah salah satu jenis kegagalan pada sambungan las titik yang menunjukkan bahwa tingginya kemampuan sambungan dalam menerima beban tarik geser. Mode kegagalan pada setiap variasi tiap spesimen dapat dilihat pada Gambar 4.18 dan Gambar 4.19 menunjukkan hasil patahan dengan perbesaran 35x pada variasi 70 A dan 100 A.

		Mode Kegagalan Uji Tarik	
		<i>Stainless Steel 430</i>	Baja Karbon Rendah
Variasi Arus	70 A		
	80 A		
	90 A		
	100 A		

Gambar 4.18 Foto mode kegagalan pengujian tarik-geser sambungan *spot TIG dissimilar metal stainless steel 430* dengan baja karbon rendah



Gambar 4.19 (a) menunjukkan hasil patahan dari variasi 70 A dan (b) menunjukkan hasil patahan variasi kuat arus 100 A

Gambar 4.17 menunjukkan bahwa material pada sisi *stainless steel* 430 daerah HAZ yang menjadi sebab kegagalan pada saat uji tarik karena memiliki sifat

getas, ini seperti yang terjadi pada hasil uji struktur mikronya. Dimana pada hasil pengujian struktur mikro daerah *stainless steel* 430 mengalami kenaikan ukuran batas butir yang mengakibatkan kenaikan nilai kekerasan akan tetapi mengakibatkan kerapuhan atau kegetasan.