

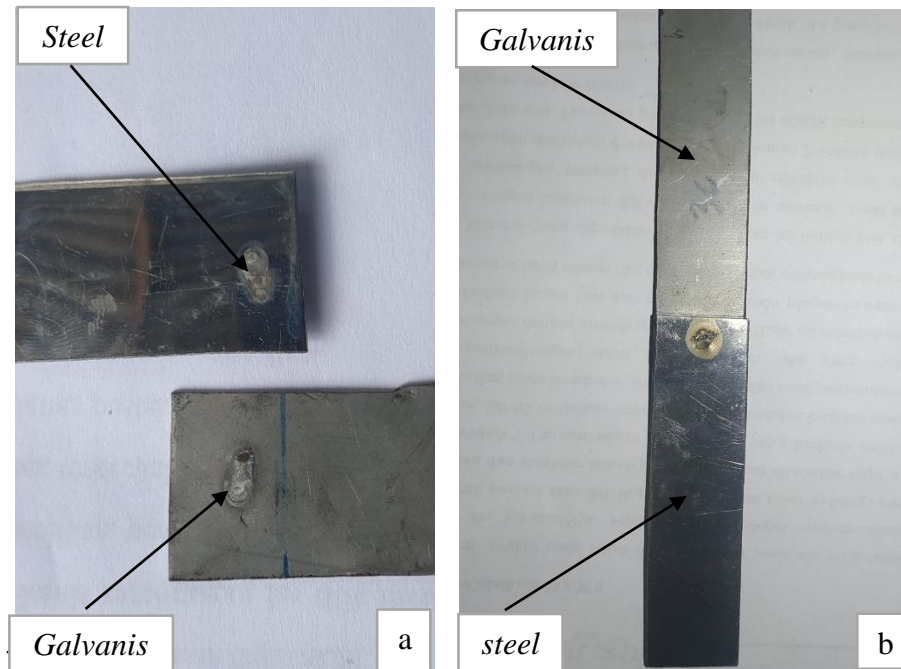
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelasan *spot welding* pada material tidak sejenis antara *stainless steel* 430 dengan baja galvanis dengan mem-variasikan tegangan pada proses pengelasan dengan waktu penekanan yang berbeda 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

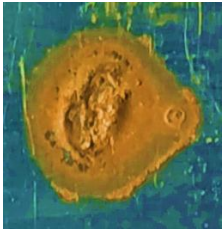
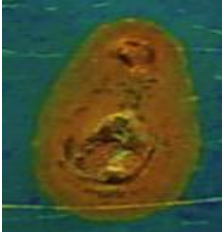
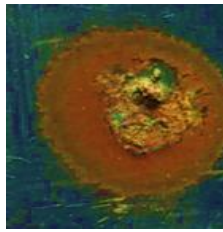
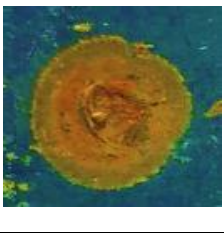
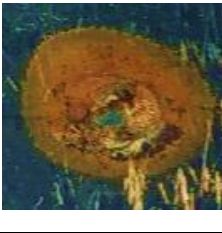
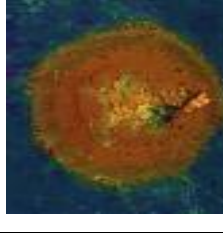
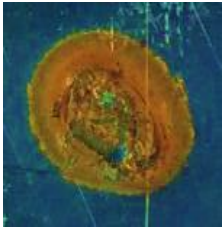
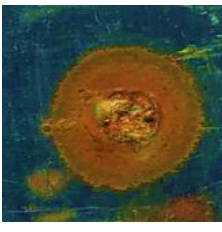
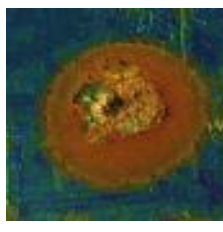
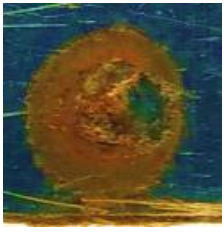
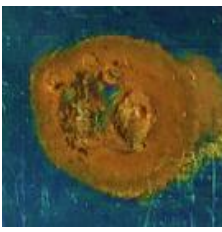
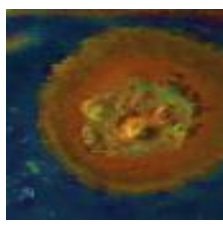
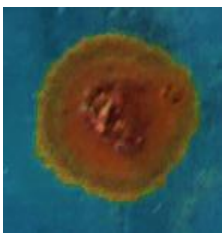
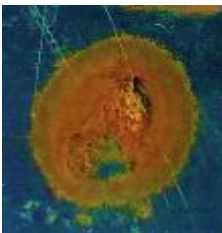
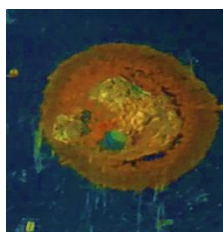
Pengelasan material tak sejenis antara *stainless steel* dengan baja galvanis dengan menggunakan metode *spot welding* ini memerlukan beberapa percobaan terlebih dahulu untuk bisa menentukan variasi variabel yang akan digunakan. Hal ini dikarenakan dalam penyambungan antara *stainless steel* dan baja galvanis ini terdapat perbedaan sifat fisik dan mekanik yang melekat pada kedua material tersebut. Percobaan pertama yang dilakukan sebelum menentukan variasi variabel yang akan digunakan yaitu menggunakan variasi tegangan 1,60 V dan waktu penekanan mulai dari 1-4 detik. Percobaan tersebut ternyata belum menghasilkan sambungan yang cukup kuat karena hanya dengan memberi beban kecil secara manual, spesimen terlepas dengan mudah. Percobaan yang kedua dilakukan dengan variasi tegangan yang sama 1,60 V, namun penekanan waktunya dimulai dari 2-6 detik dan variasi ini menghasilkan sambungan yang cukup kuat. Gambar hasil pengelasan dari percobaan dapat dilihat dalam Gambar 4.1 berikut.



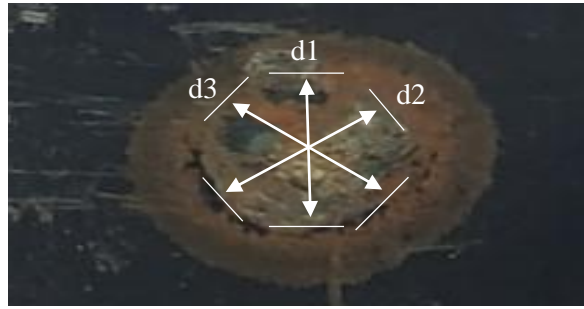
Gambar 4.1. Hasil sambungan percobaan variasi tegangan (a) Variasi 1,60 V dan 1 detik, (b) 1,60 V dan 2 detik

Berdasar percobaan kedua ini, penelitian ini menggunakan variasi tegangan listrik sebesar 1,60 V, 1,79 V, 2,02 V, dengan waktu penekanan selama 2-6 detik dimana setiap variasi masing-masing dibuat sebanyak 5 buah spesimen.

Hasil pengelasan menunjukkan bahwa diameter *nugget* yang dihasilkan berbeda pada setiap tegangan listrik yang digunakan. Ukuran diameter *nugget* yang dihasilkan semakin besar dengan meningkatnya *heat input* (masukan panas) yang diberikan oleh kedua elektroda, dimana peningkatan ini berbanding lurus dengan bertambahnya variasi tegangan yang digunakan. Foto *nugget* hasil pengelasan yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4.2 sedangkan metode pengukuran diameter *nugget* ditunjukkan pada Gambar 4.3 berikut ini.

<i>Nugget</i>		Variasi tegangan Pengelasan		
		1,60 V	1,79 V	2,02 V
Spesimen	1			
	2			
	3			
	4			
	5			

Gambar 4.2. bentuk nugget lasan stainless steel 430 dengan baja galvanis pengelasan spot welding dilihat dari sisi stainless steel 430 pada setiap variasi dengan waktu pengelasan 2-6 detik.

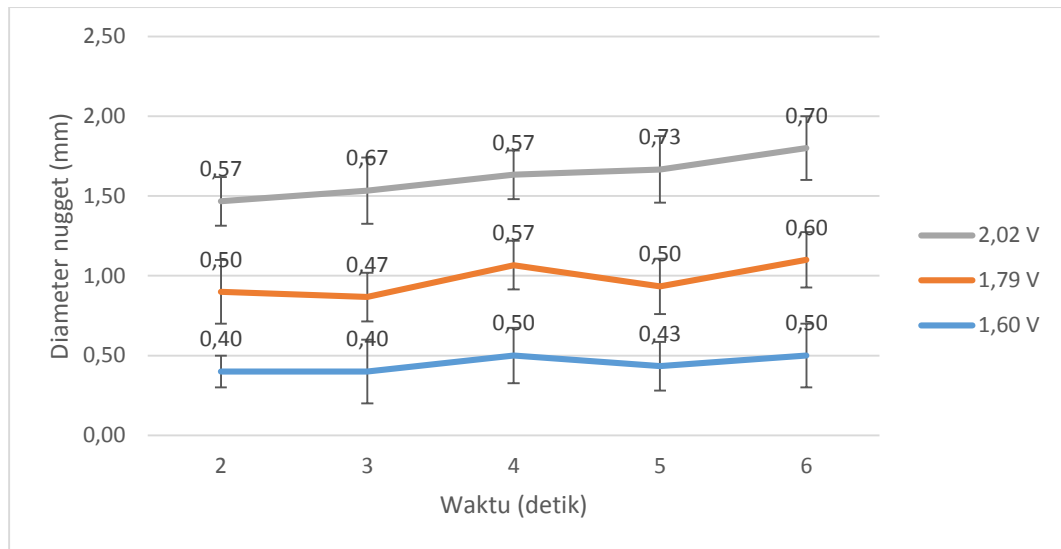


Gambar 4.3. Metode pengukuran diameter nugget pada hasil lasan spot welding pada permukaan sisi stainless steel 430.

Tabel 4.1. Ukuran luas diameter nugget pada setiap variasi tegangan pengelasan

Tegangan	Waktu/detik	d1	d2	d3	rata-rata (mm)	Standar Deviasi
1,60 V	2	0,3	0,5	0,4	0,40	0,10
	3	0,2	0,4	0,6	0,40	0,20
	4	0,3	0,6	0,6	0,50	0,17
	5	0,3	0,6	0,4	0,43	0,15
	6	0,3	0,7	0,5	0,50	0,20
1,79 V	2	0,3	0,7	0,5	0,50	0,20
	3	0,3	0,6	0,5	0,47	0,15
	4	0,4	0,7	0,6	0,57	0,15
	5	0,3	0,6	0,6	0,50	0,17
	6	0,4	0,7	0,7	0,60	0,17
2,02 V	2	0,4	0,6	0,7	0,57	0,15
	3	0,5	0,6	0,9	0,67	0,21
	4	0,4	0,7	0,6	0,57	0,15
	5	0,5	0,9	0,8	0,73	0,21
	5	0,5	0,9	0,7	0,70	0,20

Tabel 4.1 diatas menunjukkan bahwa hubungan antara tegangan listrik dengan ukuran diameter *nugget* las, dimana pada setiap variasi tegangan pengelasan memiliki nilai ukuran diameter yang berbeda. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa dengan adanya peningkatan tegangan akan menghasilkan kenaikan pada ukuran diameter *nugget* las. Dari data hasil pengukuran diketahui bahwa nilai ukuran diameter *nugget* terkecil diperoleh pada tegangan 1,60 V dengan nilai terbesar 0,43 mm, sedangkan tegangan 1,79 V memiliki diameter *nugget* terbesar 0,57 mm dan diameter *nugget* terbesar diperoleh pada tegangan 2,02 V dengan nilai terbesar 0,73 mm.

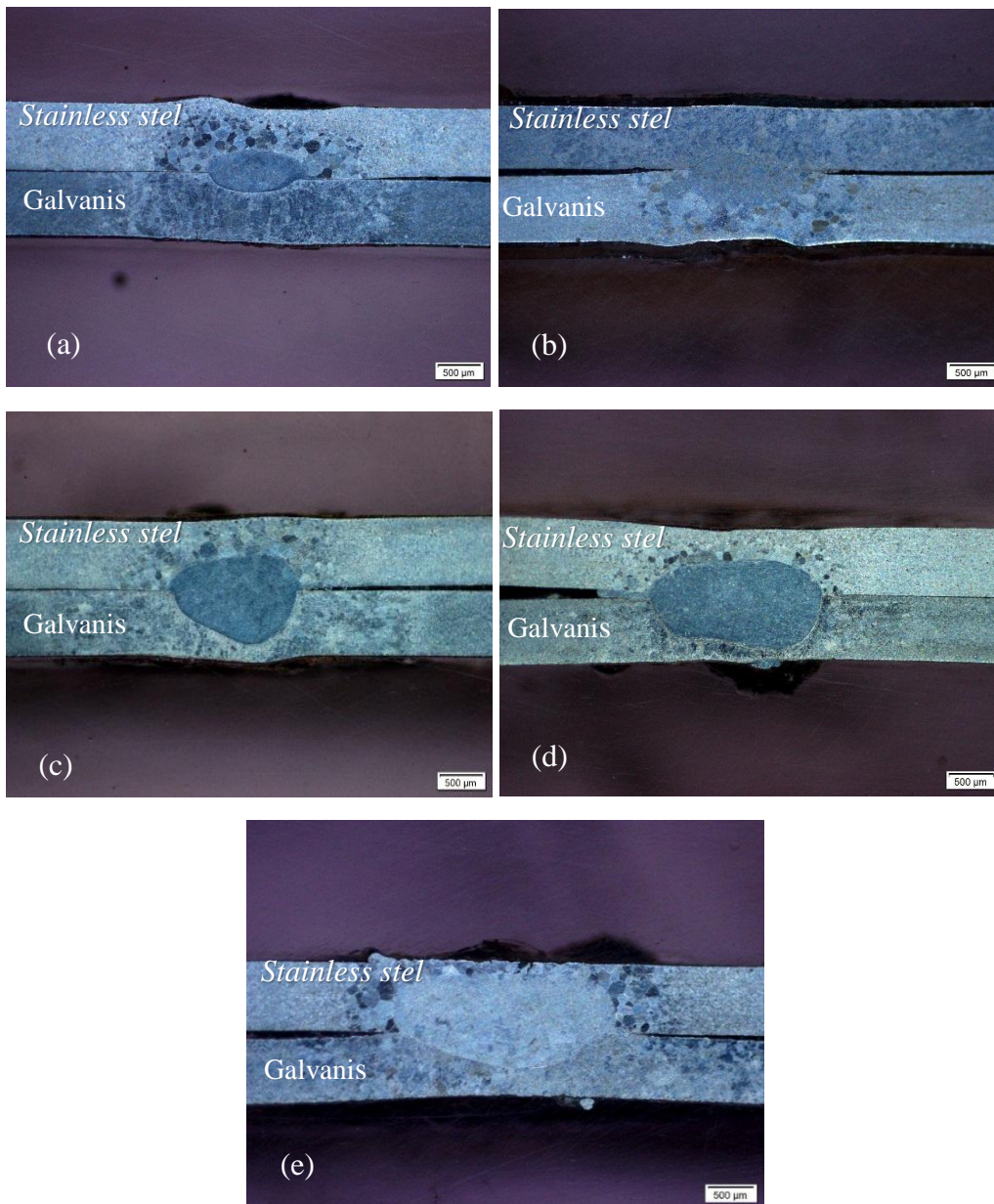


Gambar 4.4. Grafik perbandingan ukuran diameter nugget tiap tegangan pengelasan *spot welding*.

Gambar 4.4 diatas menunjukkan bahwa hubungan antara tegangan dengan ukuran diameter *nugget* las, dimana pada setiap tegangan pengelasan memiliki nilai ukuran diameter yang berbeda. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa dengan adanya peningkatan tegangan akan menghasilkan kenaikan pada ukuran diameter *nugget* las. Dari data hasil pengukuran diketahui bahwa nilai ukuran diameter *nugget* terkecil diperoleh pada variasi tegangan 1,60 V dengan nilai rata-rata sebesar 0,44 mm dan diameter *nugget* terbesar diperoleh pada tegangan 2,02 V dengan nilai rata-rata sebesar 0,73 mm.

4.2. Struktur Mikro

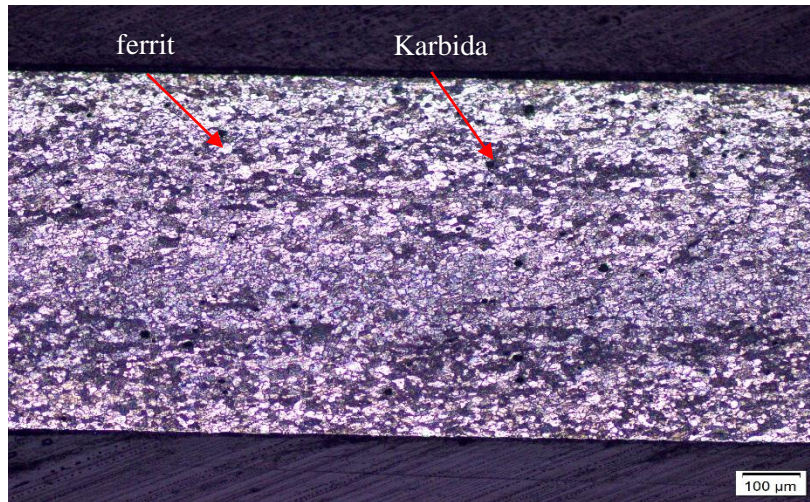
Pengujian struktur mikro dilakukan pada setiap spesimen yang telah di las. Spesimen dipotong melintang ditengah lasan,lalu diampelas, dipoles, kemudian dietsa menggunakan 30ml Fcl, 30ml Hno3, metanol 30 ml, dan alkohol. Pengambilan poto mikro dilakukan pada daerah logam induk baja tahan karat, HAZ baja tahan karat, logam induk las, HAZ baja galvanis, dan logam induk baja galvanis dengan perbesaran 10x. Pengujian ini meliputi pengujian makro dan mikro dimana pengujian makro bertujuan untuk melihat bagaimana hasil dari sambungan pada tiap variasi tegangan pengelasan sedangkan pengujian mikro untuk melihat pengaruh distribusi panas yang disebabkan *heat input* pada daerah *weldmetal* dan HAZ pada tiap variasi tegangan pengelasan.



Gambar 4.5. Hasil struktur makro sambungan lasan spot welding dissimilar stainless steel 430 dan baja galvanis tiap variasi waktu pengelasan (a) 1,60 V 2dt, (b) 1,79 V 3dt, (c) 2,02 V 4dt, (d) 1,79 V 5dt, dan (e) 2,02 V 6dt.

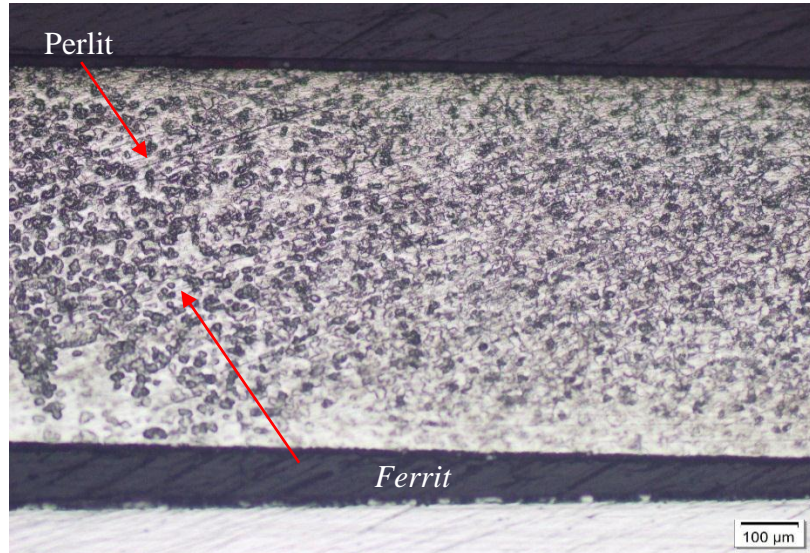
Melihat hasil dari pengamatan struktur makro pada Gambar 4.1 menunjukkan foto makro variasi tegangan dengan 1,60 V, 1,79 V, dan 2,02 V masing-masing menghasilkan *weldmetal* yang sangat bagus, pengelasan menggunakan metode *spot welding dissimilar* antara *stainless steel* 430 dan baja galvanis, dilihat dari hasil penetrasi tiap variasi menunjukkan hasil yang cukup bagus yaitu penetrasi sempurna hingga ke daerah baja galvanis. Melihat pada bagian *stainless steel* 430 memiliki luasan *weldmetal* yang lebih lebar ini disebabkan karena tegangan

listrik yang dialirkan pada busur elektroda mengenai *stainless steel* 430 terlebih dahulu dibandingkan baja galvanis.



Gambar 4.6. Struktur mikro base metal stainless steel 430

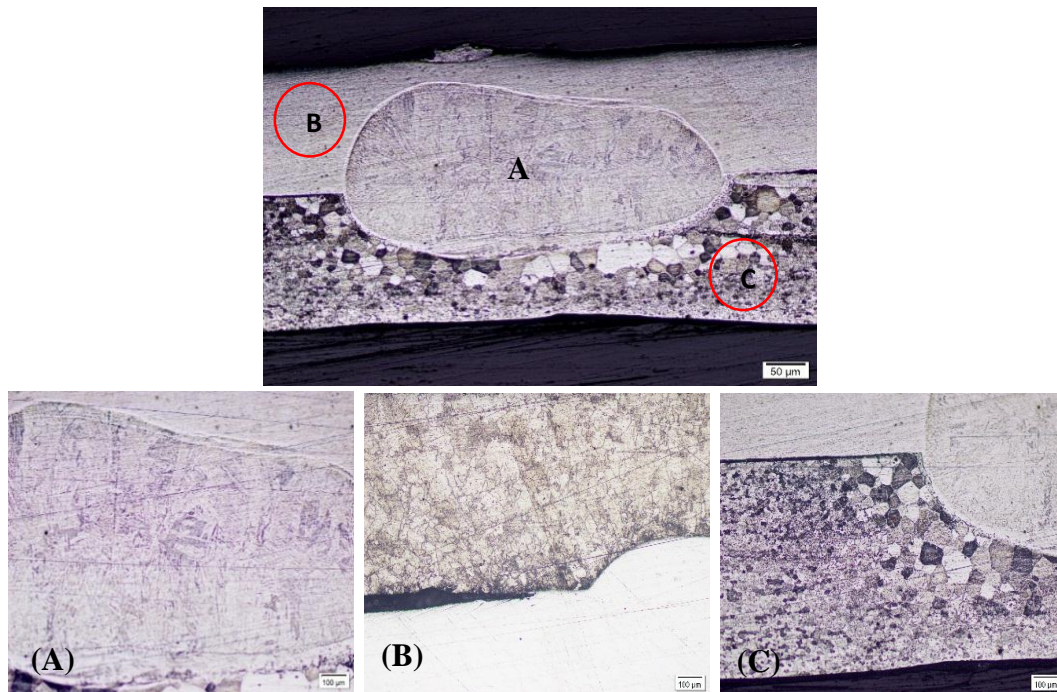
Pada gambar 4.6 menunjukkan tampak struktur mikro pada logam induk *stainless steel* 430 berupa *ferrite* dan karbida, dimana hampir keseluruhan dari struktur mikro dari *stainless steel* 430 didominasi oleh *ferrite* ini dikarenakan *stainless steel* 430 merupakan baja tahan karat feritik dengan kandungan C $\leq 0,12$ %, sehingga dengan kadar C yang sangat rendah ini membuat karbida yang terbentuk sedikit.



Gambar 4.7. Struktur mikro base metal baja galvanis

Dilihat tampak struktur mikro pada logam induk baja galvanis struktur yang terlihat perlit dan *ferrite*, dimana kedua fasa tersebut tersebar merata. Terlihat struktur *perlit* lebih banyak dibandingkan dengan *ferrit* pada logam induk, hal ini dikarenakan daerah HAZ baja galvanis mengalami siklus pengelasan yang menyebabkan luasan daerah HAZ menjadi lebih besar dan merubah struktur mikro dari material menjadi butir-butir kasar. Pada logam induk baja galvanis

struktur yang terbentuk adalah *ferrit* dan perlit ditunjukkan oleh gambar 4.7 dimana hampir seluruhnya *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)

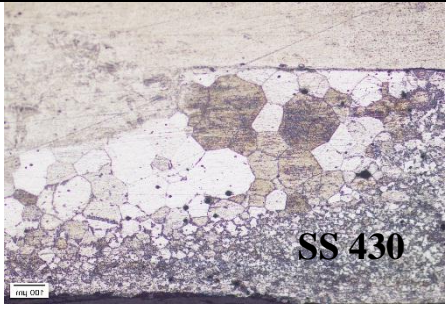
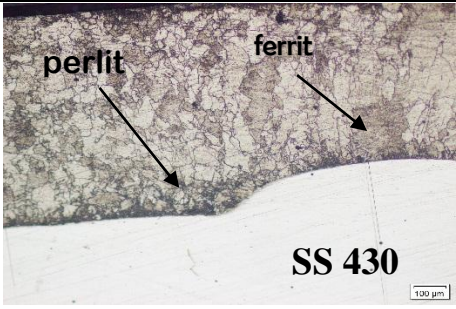
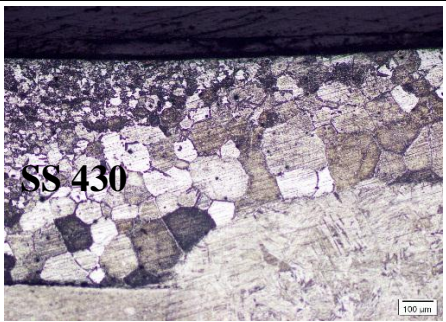
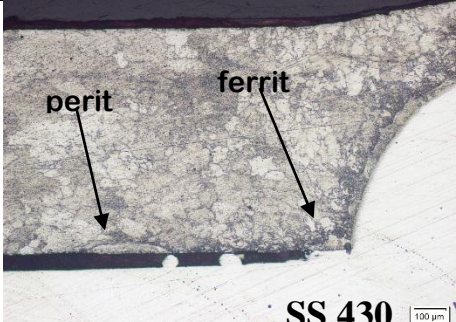
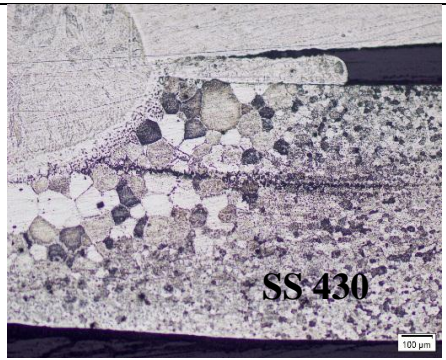
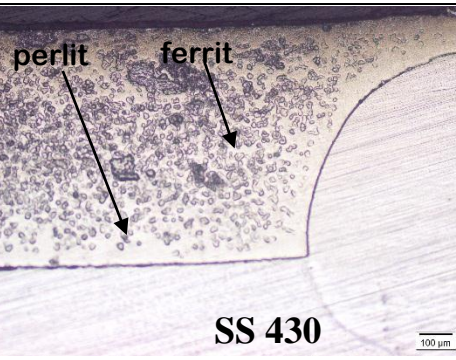


Gambar 4.8. Foto makro menunjukkan pembagian sisi A (nugget), sisi B dan C daerah HAZ Struktur Mikro dengan perbesaran 50x pada sambungan lasan dimana 1,60 V sisi A (a), 1,79 V sisi B (b), sedangkan untuk variasi 2,02 V C (c)

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa pengaruh tegangan listrik memiliki sebab terbesar dalam perubahan struktur mikro terutama pada bagian *weldmetal* dan *heat affected zone* (HAZ) dimana di semua variasi tegangan pengelasan menunjukkan ada perubahan struktur mikro pada material selain itu batas butir pada bagian sebelah *weldmetal* yaitu daerah HAZ mengalami perubahan yang sangat signifikan ditunjukkan oleh perubahan ukuran butiran yang lebih besar dibandingkan dengan logam induknya.

Pengaruh tegangan listrik pengelasan pada sambungan *spot welding dissimilar* antara *stainless steel* 430 dengan baja galvanis 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.

Sedangkan pengaruh tegangan pada struktur mikro daerah HAZ material baja galvanis menunjukkan bahwa ada peningkatan ukuran batas butir dimana ukuran butiran ferit meningkat dengan meningkatnya tegangan pengelasan. Gambar struktur mikro daerah HAZ tiap variasi

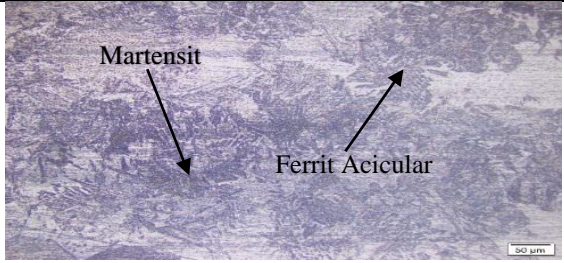
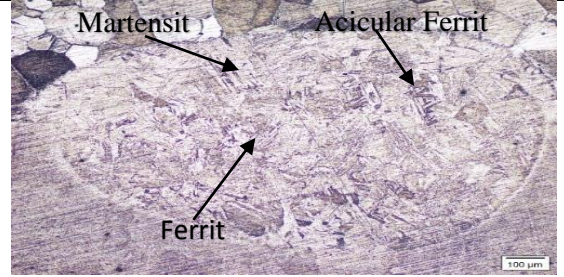
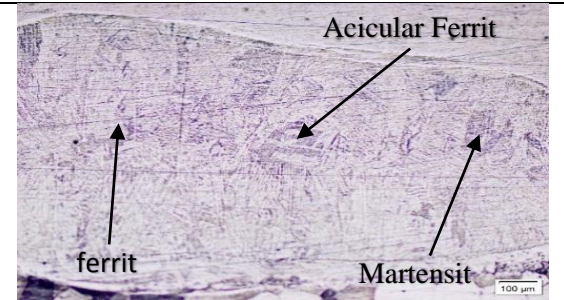
Variasi Tegangan	HAZ (Heat Affected Zone)	
	Stainless Steel 430	Baja Galvanis
1,60 V		
1,79 V		
2,02 V		

Gambar 4.9. Struktur mikro HAZ (heat affected zone) stainless steel 430 dan baja Galvanis

Pengaruh tegangan listrik terhadap struktur mikro pada bagian *weldmetal* sambungan *spot welding dissimilar* antara *stainless steel 430* dengan baja galvanis 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).

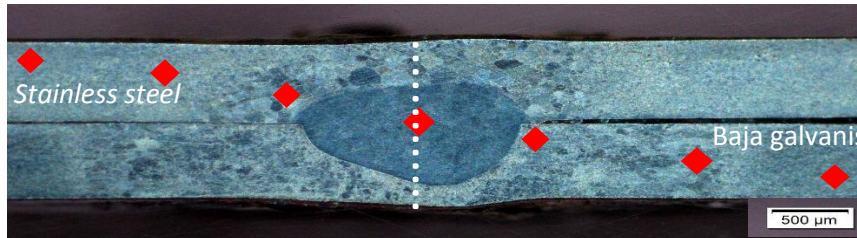
Peningkatan tegangan listrik pada pengelasan *spot welding dissimilar* antara *stainless steel* 430 dan baja galvanis sangat berpengaruh pada perubahan struktur mikro dimana pada peningkatan tegangan listrik mengakibatkan peningkatan struktur *ferrit*. Foto dari struktur mikro daerah *weldmetal* tiap variasi tegangan pengelasan dapat dilihat pada gambar 4.10.

Variasi Tegangan	Weldmetal
1,60 V	 <p>Martensit</p> <p>Ferrit Acicular</p> <p>50 µm</p>
1,79 V	 <p>Martensit</p> <p>Acicular Ferrit</p> <p>Ferrit</p> <p>100 µm</p>
2,02 V	 <p>Acicular Ferrit</p> <p>ferrit</p> <p>Martensit</p> <p>100 µm</p>

Gambar 4.10. Struktur mikro weldmetal

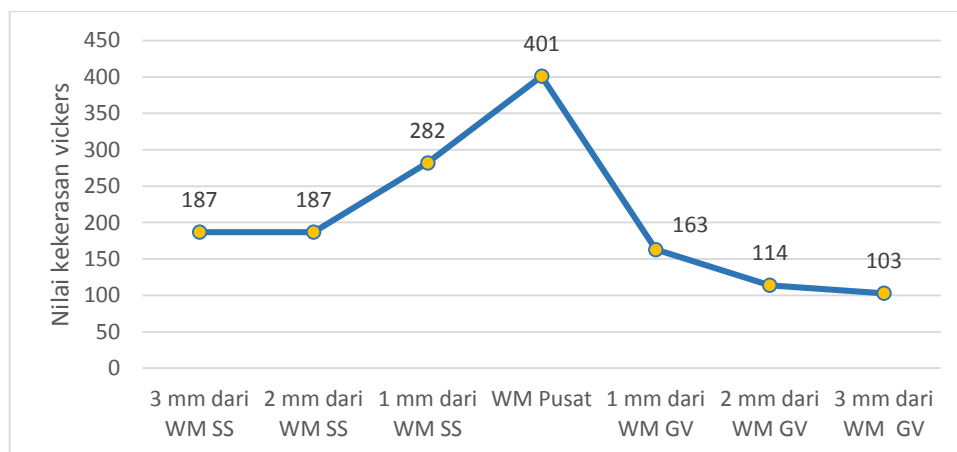
4.3. Pengujian Kekerasan mikro (*vickers microhardness*)

Pengujian kekerasan vickers microhardness dilakukan untuk menguji kekerasan pada logam induk, HAZ dan weld metal. Pengujian vickers menggunakan beban 200 gram force dengan waktu penekanan 5 detik. Uji kekerasan dilakukan dengan pola diagonal seperti ditunjukkan pada Gambar 4.11.



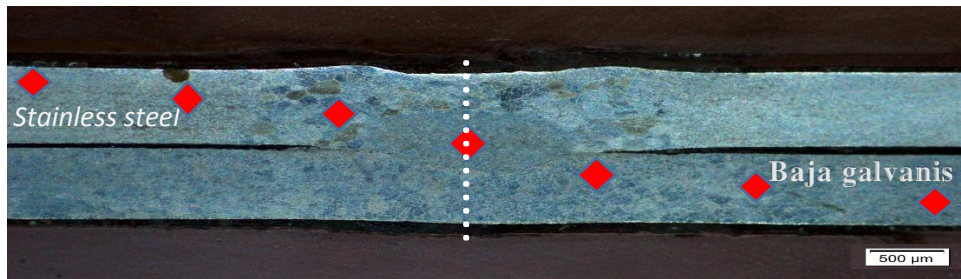
Gambar 4.11. distribusi titik uji kekerasan vickers

Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa pengaruh tegangan pengelasan pada kekerasan adalah peningkatan nilai kekerasan, dimana nilai tertinggi terdapat pada daerah *weldmetal*, selanjutnya pada daerah HAZ dan diikuti oleh daerah logam induk. Grafik data kekerasan vickers dengan variasi tegangan 1,60 V, 1,79 V, dan 2,02 V.dapat dilihat pada gambar 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, dan 4.16.

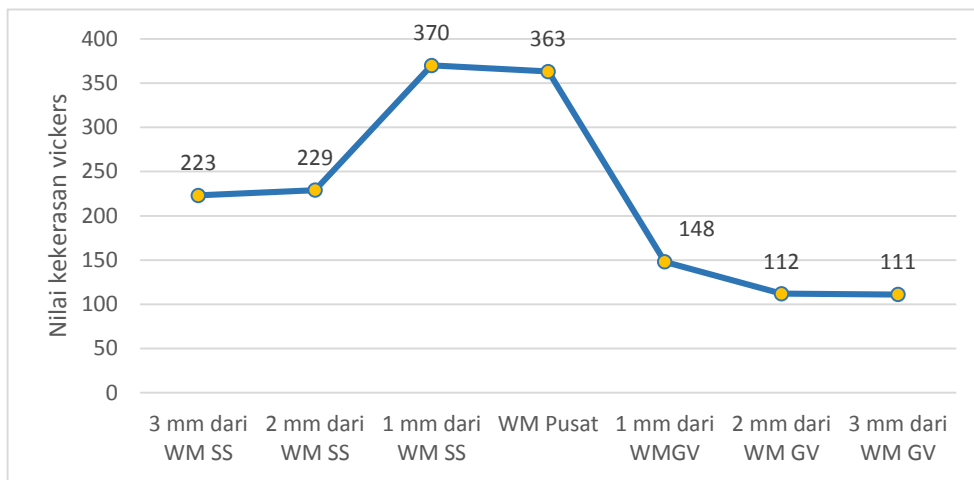


Gambar 4.12. grafik nilai kekerasan variasi tegangan 1,60 V waktu pengelasan 4 detik

Gambar 4.12 menunjukkan nilai kekerasan variasi tegangan 1,60 V dengan waktu penekanan selama 4 detik Hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan daerah logam las memiliki nilai kekerasan paling tinggi yaitu 401 HV, 282 HV, dan 163 HV. Sedangkan nilai yang terendah 187 HV, 114 HV, dan 103 HV. dengan beban yang diberikan sebesar 200gr force selama penekanan 5 detik dengan jarak konstan.

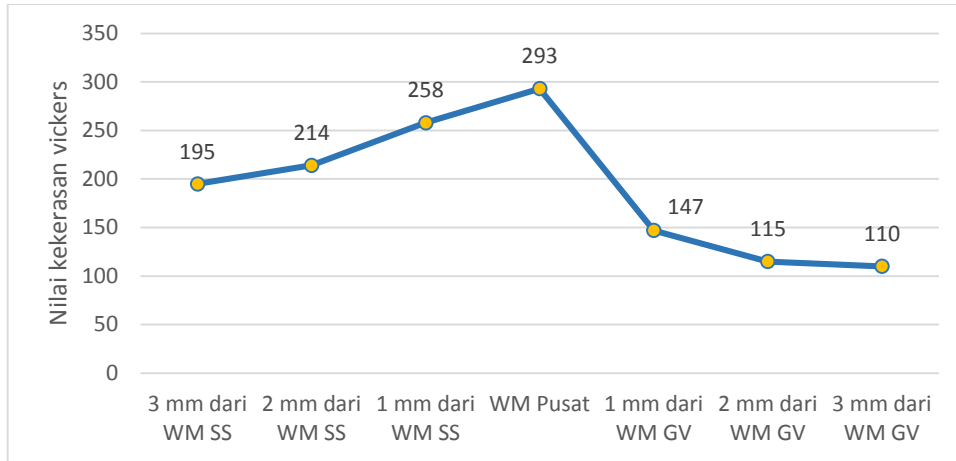


Gambar 4.13. distribusi titik uji kekerasan vickers (spesimen 1e)



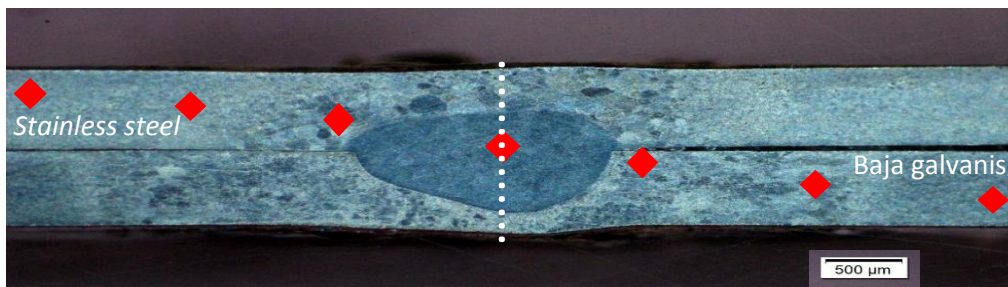
Gambar 4.14. grafik nilai kekerasan variasi tegangan 1,60 V waktu pengelasan 6 detik

Gambar 4.14 menunjukkan nilai kekerasan variasi tegangan 1,60 V dengan waktu penekanan selama 6 detik Hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan daerah logam las memiliki nilai kekerasan paling tinggi yaitu 370 HV, 363 HV, 229 HV dan 223 HV. Sedangkan nilai yang terendah 148 HV, 112 HV, dan 111 HV. dengan beban yang diberikan sebesar 200gr force selama penekanan 5 detik dengan jarak konstan.

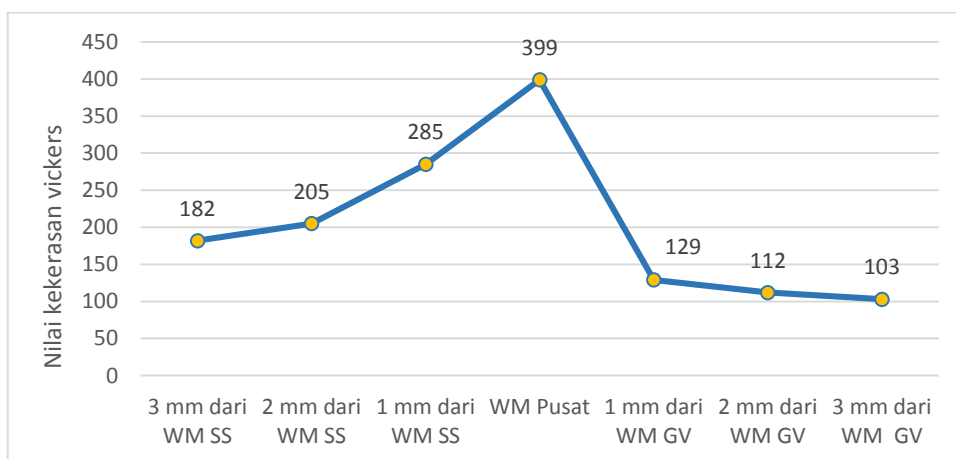


Gambar 4.15. grafik nilai kekerasan variasi tegangan 1,79 V waktu pengelasan 2 detik

Gambar 4.15 menunjukkan nilai kekerasan variasi tegangan 1,79 V dengan waktu penekanan selama 2 detik. Hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan daerah logam las memiliki nilai kekerasan paling tinggi yaitu 293 HV, 258 HV, dan 214 HV. Sedangkan nilai yang terendah 195 HV, 147 HV, 115 HV dan 110 HV. dengan beban yang diberikan sebesar 200gr force selama penekanan 5 detik dengan jarak konstan.

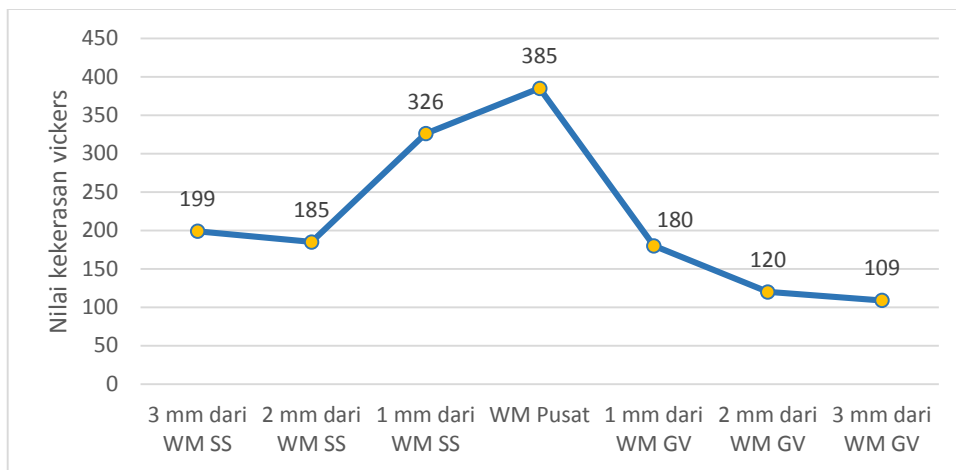


Gambar 4.16. distribusi titik uji kekerasan vickers (spesimen 2c)



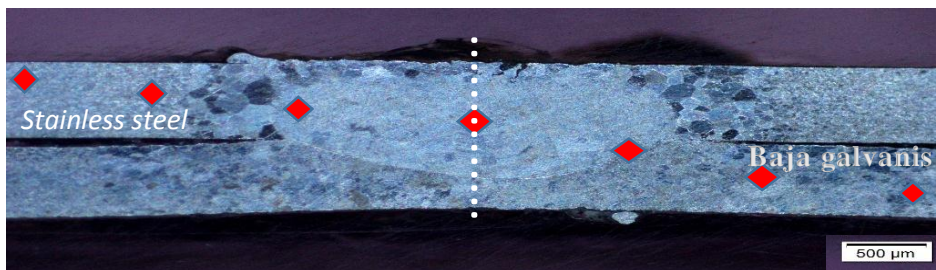
Gambar 4.17. grafik nilai kekerasan variasi tegangan 1,79 V waktu pengelasan 4 detik

Gambar 4.17 menunjukkan nilai kekerasan variasi tegangan 1,79 V dengan waktu penekanan selama 4 detik Hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan daerah logam las memiliki nilai kekerasan paling tinggi yaitu 399 HV, 258 HV, dan 205 HV. Sedangkan nilai yang terendah 182 HV, 129 HV, 112 HV dan 103 HV. dengan beban yang diberikan sebesar 200gr force selama penekanan 5 detik dengan jarak konstan.

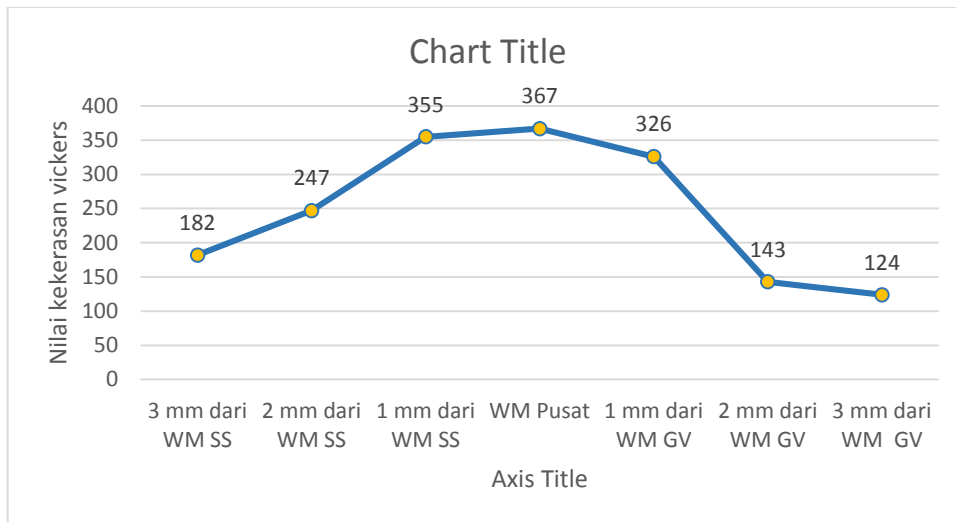


Gambar 4.18. grafik nilai kekerasan variasi tegangan 2,02 V waktu pengelasan 2 detik

Gambar 4.18 menunjukkan nilai kekerasan variasi tegangan 2,02 V dengan waktu penekanan selama 2 detik Hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan daerah logam las memiliki nilai kekerasan paling tinggi yaitu 385 HV, 326 HV. Sedangkan nilai yang terendah 199 HV, 185 HV, 180 HV, 120 HV dan 109 HV. dengan beban yang diberikan sebesar 200gr force selama penekanan 5 detik dengan jarak konstan.

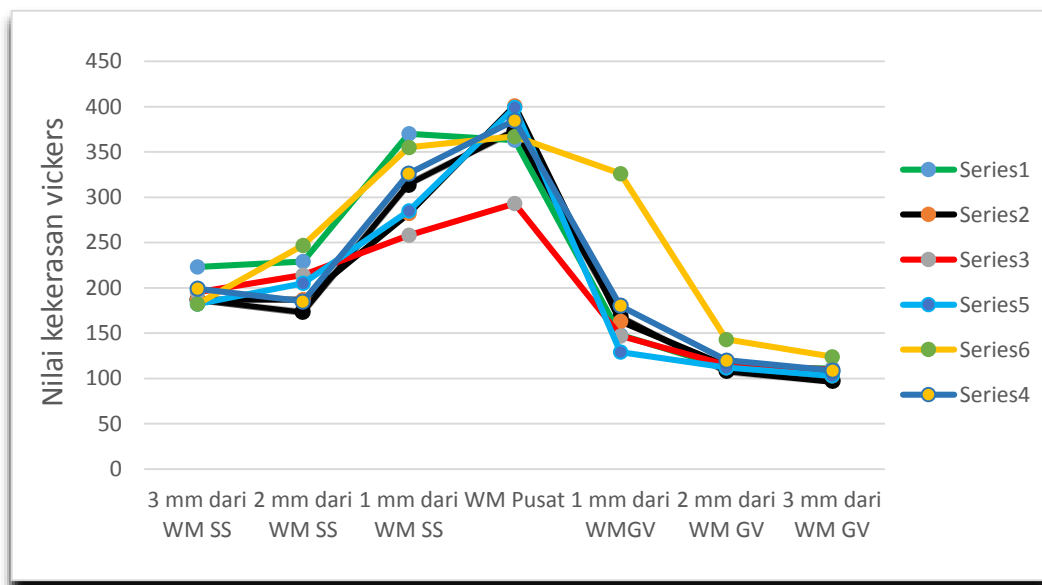


Gambar 4.19. distribusi titik uji kekerasan vickers (spesimen 3c)



Gambar 4.20. grafik nilai kekerasan variasi tegangan 2,02 V waktu pengelasan 4 detik

Gambar 4.20 menunjukkan nilai kekerasan variasi tegangan 2,02 V dengan waktu penekanan selama 4 detik Hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan daerah logam las memiliki nilai kekerasan paling tinggi yaitu 367 HV, 355 HV, 326 HV dan 247 HV. Sedangkan nilai yang terendah 182 HV, 143 HV, dan 124 HV. dengan beban yang diberikan sebesar 200gr force selama penekanan 5 detik dengan jarak konstan.

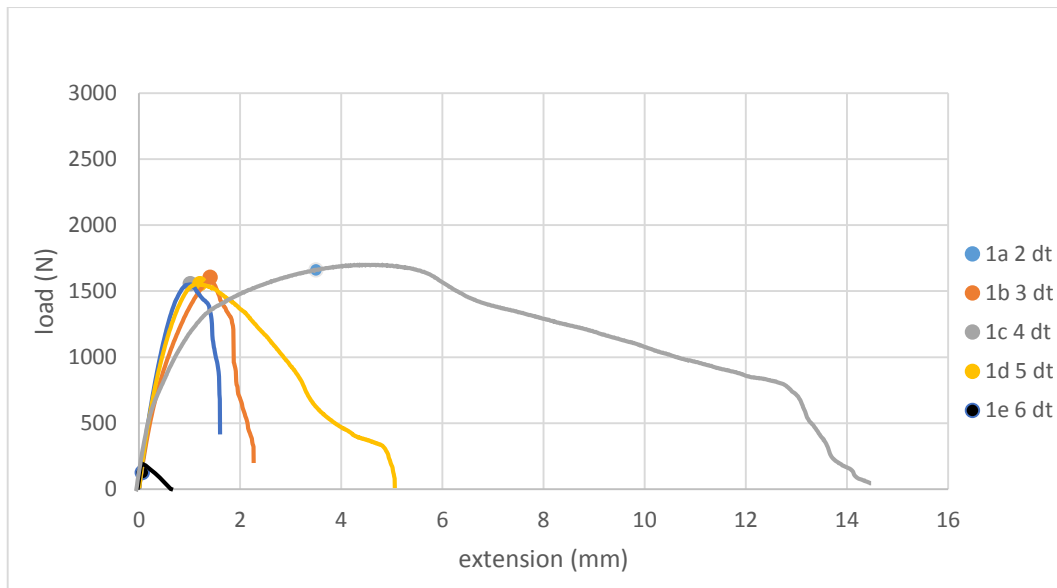


Gambar 4.21. grafik perbandingan nilai kekerasan setiap variasi tegangan pengelasan.

Dari pengamatan uji kekerasan *vickers* nilai kekerasan hasil lasan terlihat adanya kecenderungan penurunan seiring dengan bertambah besarnya tegangan pengelasan yang digunakan. Gambar 4.13, Gambar 4.14, Gambar 4.15, Gambar 4.16, dan Gambar 4.17 menunjukkan pada semua variasi tegangan pengelasan 1,60 V memiliki nilai kekerasan tertinggi diantara variasi tegangan 1,79 V, dan 2,02 V. Hal tersebut dikarenakan pada tegangan pengelasan 1,60 V memiliki heat input yang paling rendah diantara variasi arus pengelasan yang lainnya, sehingga laju pendinginan berlangsung cepat. Semakin cepat laju pendinginan atau penurunan suhu maka pertumbuhan butir dapat berhenti dengan semakin cepat. Pertumbuhan butir dengan cepat menyebabkan terbentuknya butir yang kecil (Nurhidayat,2012). Ukuran butir yang kecil memiliki nilai kekerasan yang tinggi. Pengelasan dengan variasi arus 2,02 V pada semua variasi memiliki kekerasan yang paling rendah diantara semua variasi tegangan, hal tersebut menunjukkan bahwa meningkatnya arus pengelasan meningkatkan heat input dan akan menyebabkan laju pendinginan menjadi lambat, sehingga terbentuk butir yang besar yang menyebabkan nilai kekerasan menurun (Hidayat, 2012)

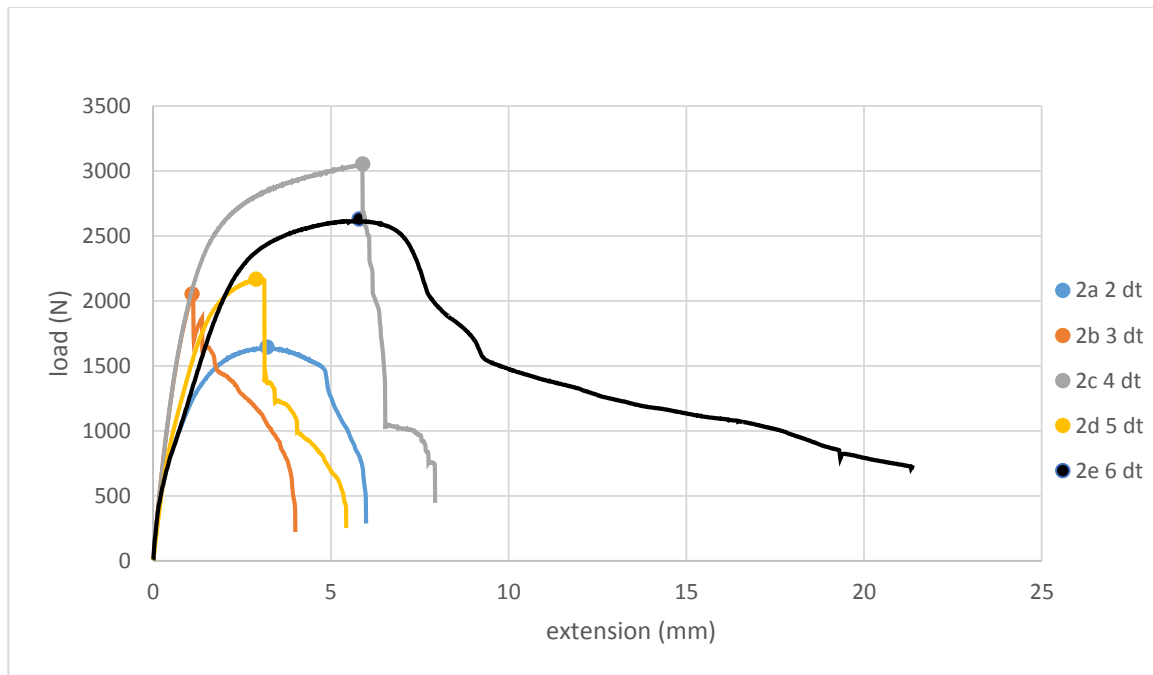
4.4. Hasil pengujian Tarik-Geser

Pengujian tarik-geser ini dilakukan pada hasil pengelasan *spot welding* material tidak sejenis antara *stainless steel* 430 dengan baja galvanis Tujuan pengujian ini untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan pengelasan terhadap kemampuan sambungan lasan terhadap gaya tarik, terutama pada *tensile load bearing capacity* (TLBC) untuk mengetahui kemampuan sambungan las menahan beban. Tabel pembebanan dan perpanjangan load pengujian tarik ditunjukkan oleh gambar 4.20 – 4.22.



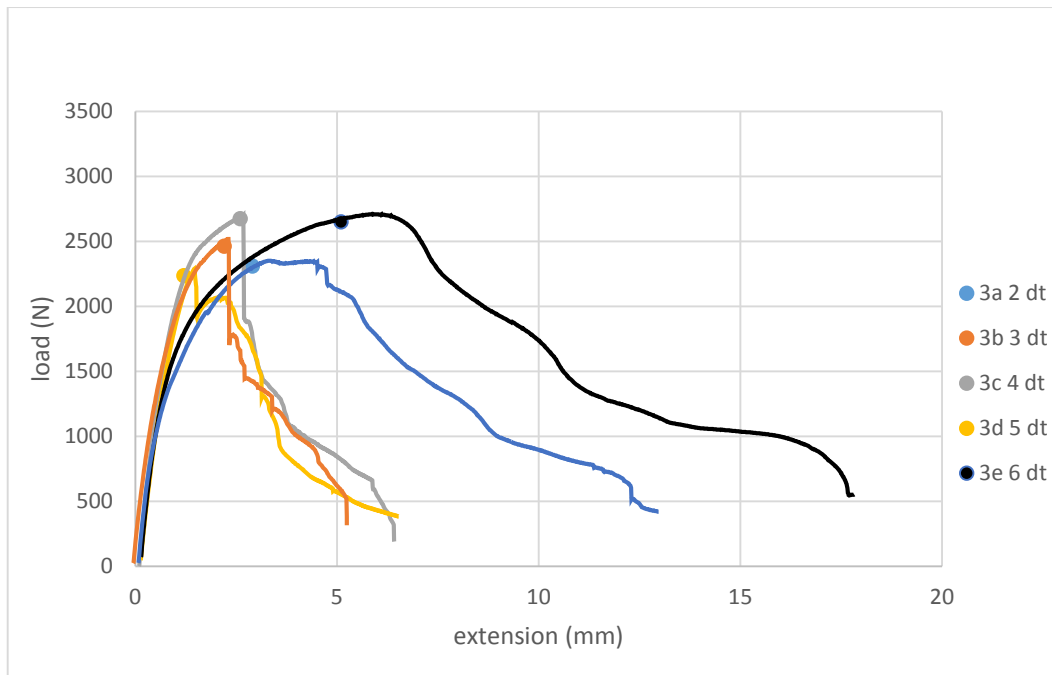
Gambar 4.22. Grafik Perbandingan nilai pembebanan maksimum dan pertambahan panjang tegangan pengelasan 1,60 V, variasi waktu 2,3,4,5,6, detik.

Pengujian tarik-geser pengelasan spot welding material tidak sejenis antara stainless steel dan baja galvanis pada variasi tegangan 1.60 V waktu penekanan pada material 2,3,4,5,6, detik memiliki beban tarik-geser masing-masing pada material diantaranya a. waktu penekanan 2 detik memiliki beban tarik-geser sebesar 1556,97 N, b. waktu penekanan 3 detik memiliki beban tarik-geser sebesar 1606,4 N, c. waktu penekanan 4 detik memiliki beban tarik-geser sebesar 1660,44 N, d. waktu penekanan 5 detik memiliki beban tarik-geser sebesar 1556,62 N, e. waktu penekanan 6 detik memiliki beban tarik-geser sebesar 124,54 N. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya waktu penekanan pada pengelasan maka maningkat beban tarik-geser yang memiliki beban tarik-geser tidak signifikan dikarenakan pada waktu pengelasan gaya atau beban yang diberikan pada waktu pengelasan tidak signifikan dikarenakan penekanan yang dilakukan secara manual sehingga hasil lasan di masing-masing material berbeda-beda.



Gambar 4.23. Grafik Perbandingan nilai pembebanan maksimum dan pertambahan panjang tegangan pengelasan 1,79 V, variasi waktu 2,3,4,5,6, detik.

Pengujian tarik-geser pengelasan spot welding material tidak sejenis antara stainless steel dan baja galvanis pada variasi tegangan 1.79 V waktu penekanan pada material 2,3,4,5,6, detik memiliki beban tarik-geser masing-masing pada material diantaranya a. waktu penekanan 2 detik memiliki beban tarik-geser sebesar 1645,33 N, b. waktu penekanan 3 detik memiliki beban tarik-geser sebesar 2053,64 N, c. waktu penekanan 4 detik memiliki beban tarik-geser sebesar 3053,54 N, d. waktu penekanan 5 detik memiliki beban tarik-geser sebesar 2166,82 N, e. waktu penekanan 6 detik memiliki beban tarik-geser sebesar 2630,72 N. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya waktu penekanan pada pengelasan maka meningkat beban tarik-geser yang memiliki beban tarik-geser tidak signifikan dikarenakan pada waktu pengelasan gaya atau beban yang diberikan pada waktu pengelasan tidak signifikan dikarenakan penekanan yang dilakukan secara manual sehingga hasil lasan di masing-masing material berbeda-beda.



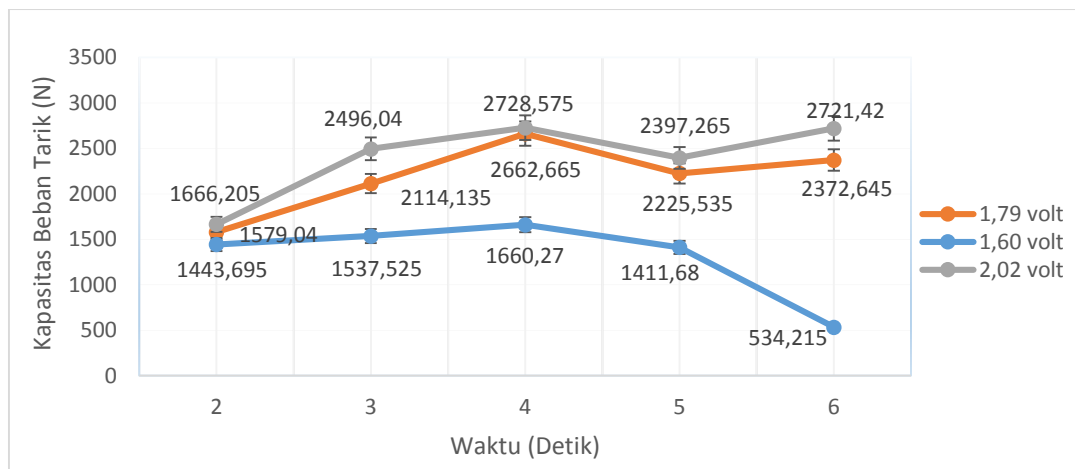
Gambar 4.24. Grafik Perbandingan nilai pembebanan maksimum dan pertambahan panjang tegangan pengelasan 2,02 V, variasi waktu 2,3,4,5,6, detik.

Pengujian tarik-geser pengelasan spot welding material tidak sejenis antara stainless steel dan baja galvanis pada variasi tegangan 2.02 V waktu penekanan pada material 2,3,4,5,6, detik memiliki beban tarik-geser masing-masing pada material diantaranya a. waktu penekanan 2 detik memiliki beban tarik-geser sebesar 2310,03 N, b. waktu penekanan 3 detik memiliki beban tarik-geser sebesar 2462,41 N, c. waktu penekanan 4 detik memiliki beban tarik-geser sebesar 2673,6 N, d. waktu penekanan 5 detik memiliki beban tarik-geser sebesar 2235,34 N, e. waktu penekanan 6 detik memiliki beban tarik-geser sebesar 2650,54 N. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya waktu penekanan pada pengelasan maka meningkat beban tarik-geser yang memiliki beban tarik-geser tidak signifikan dikarenakan pada waktu pengelasan gaya atau beban yang diberikan pada waktu pengelasan tidak signifikan dikarenakan penekanan yang dilakukan secara manual sehingga hasil lasan di masing-masing material berbeda-beda.

Keterangan tentang diagram untuk gambar 4.20-4.22.

Tabel 4.2. Hasil Uji Tarik Pembebanan Maksimum

Variasi	Waktu	Sp 1	Sp 2	Rata rata	SDev	Catatan
1,60 volt	2	1556,97	1763,57	1660,27	103,3	Robek
	3	1606,4	1468,65	1537,525	68,875	Robek
	4	1660,44	1226,95	1443,695	216,745	Robek perpanjangan
	5	1556,62	1266,74	1411,68	144,94	Robek
	6	124,54	943,89	534,215	409,675	Robek
1,79 volt	2	1645,33	1512,75	1579,04	66,29	Robek perpanjangan
	3	2053,64	2174,63	2114,135	60,495	Robek perpanjangan
	4	3053,54	2271,79	2662,665	390,875	Robek perpanjangan
	5	2166,82	2284,25	2225,535	58,715	Robek perpanjangan
	6	2630,72	2114,57	2372,645	258,075	Robek perpanjangan
2,02 volt	2	2310,03	1022,38	1666,205	643,825	Robek perpanjangan
	3	2462,41	2529,67	2496,04	33,63	Robek perpanjangan
	4	2673,6	2783,55	2728,575	54,975	Robek perpanjangan
	5	2235,34	2559,19	2397,265	161,925	Robek perpanjangan
	6	2650,54	2792,3	2721,42	70,88	Robek perpanjangan



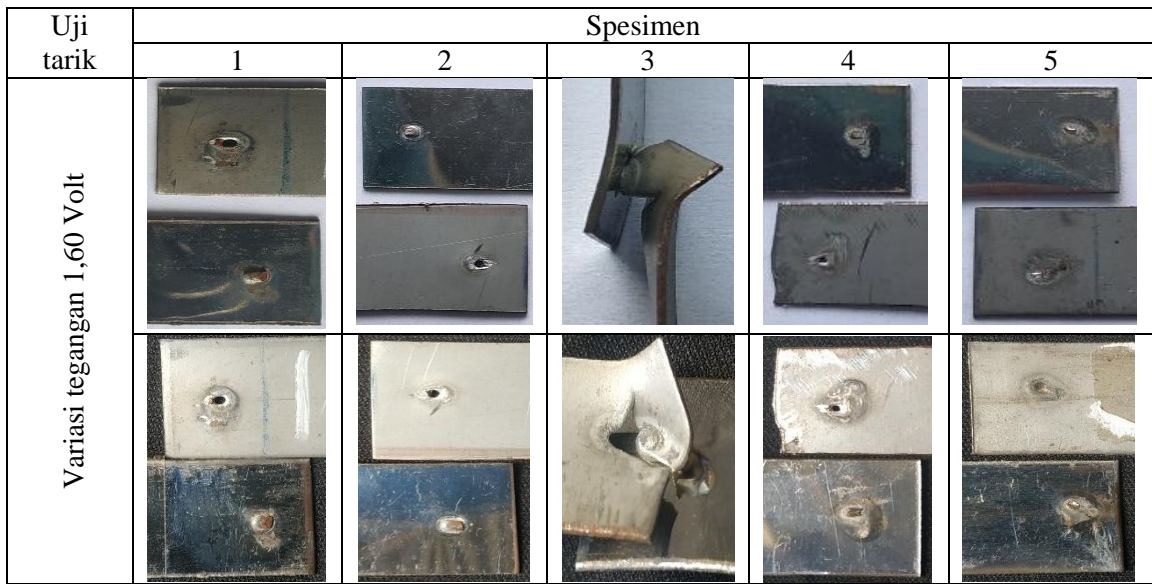
Gambar 4.25. Grafik Perbandingan nilai pembebanan maksimum dan pertambahan panjang tiap variasi tegangan pengelasan.

Melihat pada beberapa penelitian sebelumnya bahwa kenaikan tegangan akan menghasilkan kenaikan pada kemampuan sambungan dalam menerima beban tarik-geser atau *tensile load bearing capacity* (TLBC), seperti pada penelitian Arinal dan Hendri (2012) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi waktu penekanan terhadap kekuatan tarik hasil *spot welding* didapatkan bahwa nilai *tensile load bearing capacity* meningkat seiring dengan

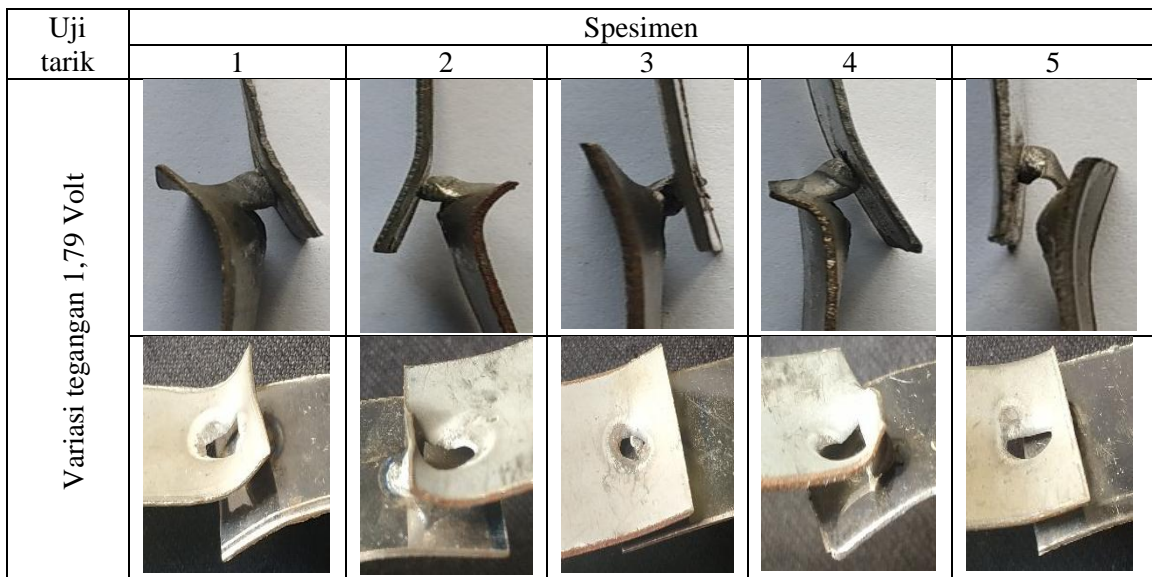
meningkatnya diameter *nugget* hasil sambungan lasan, peningkatan ini disebabkan karena masukan panas yang diberikan pada spesimen, dimana kuat arus yang besar akan memberikan pengaruh yang besar terhadap ukuran diameter *nugget* lasan. Pada penelitian serupa dilakukan oleh Handra dan Syafar (2013) melakukan penelitian tentang studi kekuatan sambungan plat pada pengelasan titik yang ditinjau dari kekuatan tarik dan geser. 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.

Hasil pengujian tarik pada Gambar 4.18–4.20 menunjukkan kekuatan tarik terhadap variasi arus yang digunakan semakin tinggi tegangan yang digunakan maka meningkat kapasitas beban tarik gesernya. Kekuatan tarik sangat dipengaruhi oleh luasan *nugget* ketika luas daerah *nugget* meningkat maka nilai kekuatan tarik las juga meningkat (Torkamany, dkk, 2011). Hal ini menunjukkan semakin naik *heat input*, semakin besar pula daya tembusnya dan kemampuan meleburkan logam. hal ini menyebabkan logam yang melebur dan menyatu menjadi semakin banyak, setelah mengalami pendinginan akan menjadi daerah sambungan las yang semakin kuat.

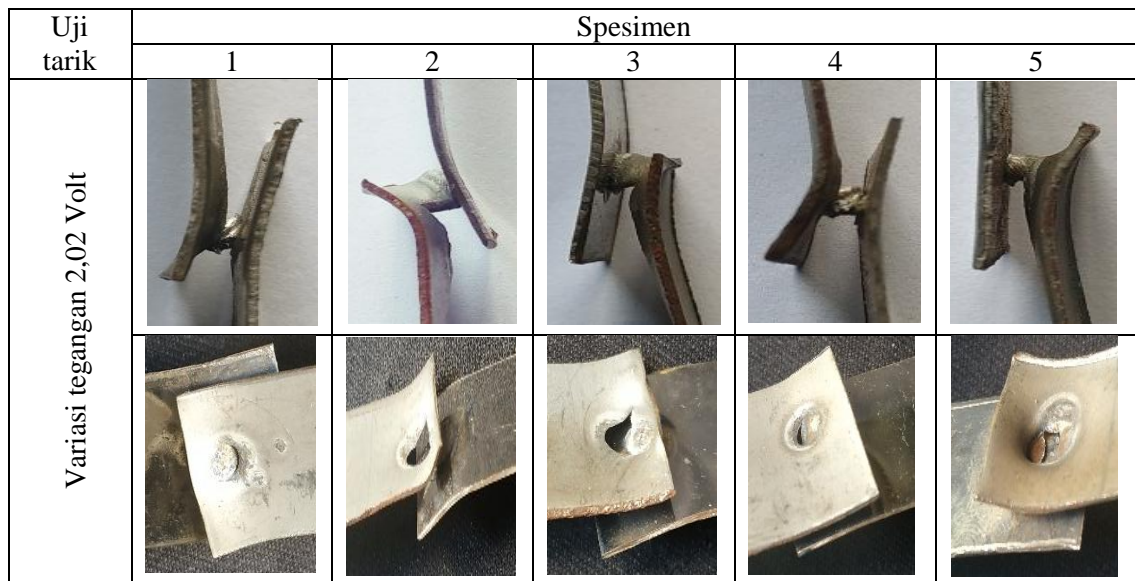
Pengujian tarik-geser mempunyai 2 jenis kegagalan yaitu berupa kegagalan *interfacial* dan kegagalan *pullout*. Jenis kegagalan yang terjadi pada pengujian tarik-geser dapat dilihat pada gambar 4.14 hasil uji tarik menunjukkan bahwa kegagalan yang terjadi pada pengelasan *spot welding* antara *stainless steel* dan baja galvanis pada setiap variasi tegangan 1,60 V, 1,79 V, dan 2,02 V adalah jenis kegagalan *interfacial* dan *pullout*.



Gambar 4.26. spesimen hasil uji tarik-geser dan hasil sobekan kedua material sambungan spot welding stainless steel 430 dengan baja galvanis.



Gambar 4.27. spesimen hasil uji tarik-geser dan hasil sobekan kedua material sambungan spot welding stainless steel 430 dengan baja galvanis.



Gambar 4.28. spesimen hasil uji tarik-geser dan hasil sobekan kedua material sambungan spot welding stainless steel 430 dengan baja galvanis.

Kegagalan ini terjadi karena kekuatan lasan lebih tinggi dibandingkan daera sekitarnya, sehingga saat dilakukan pengujian tarik yang mengalami sobek didaerah sekitar lasan. *pullout failure* merupakan tipe kegagalan yang diharapkan oleh enjineer karena memiliki kemampuan menahan beban geser lebih besar dibandingkan interfacial failure (Haikal, 2013).

Pengujian mekanik kekerasan mikro dan tarik geser berhubungan dengan pengujian fisik struktur mikro dan makro. Foto struktur mikro menunjukkan semangkin meningkatnya arus pengelasan semangkin meningkatnya ukuran butir. Ukuran butir semangkin besar maka nilai kekerasan semangkin menurun. Foto mikro juga menunjukkan pada daera lasan memiliki fasa austenit yang lebih halus didaerah HAZ baja tahan karat, hal ini menyebabkan daera lasan mempunyai nilai kekerasan paling tinggi dan HAZ baja tahan karat mempunyai nilai kekerasan paling tinggi dari pada HAZ baja galvanis.

Foto makro menunjukkan semangkin meningkat tegangan pengelasan menyebabkan semangkin besar ukuran *nugget* yang dihasilkan. Ukuran *nugget* yang semangkin besar mempunyai nilai kapasitas beban tarik geser yang besar, selain itu dari foto makro juga menunjukkan terjadinya cacat pada lasan. Terjadinya cacat pada lasan menyebabkan kegagalan saat proses pengujian tarik geser yang menyebabkan kapasitas beban tarik geser menurun. Foto struktur mikro menunjukkan semangkin meningkatnya tegangan pengelasan menyebabkan

ukuran butir semangkin besar. Ukuran butir yang semangkin besar menyebabkan keuletan material meningkat. Ukuran butir yang besar menyebabkan nilai kapasitas beban tarik geser meningkat.