

Program Studi Teknik Mesin

Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)

Judul TA :	<u>Pengaruh Waktu Terhadap Kuat Tarik Sambungan <i>Dissimilar Spot Welding Stainless Steel</i> AISI 430 Dan Baja Karbon Rendah</u>
Judul Naskah Publikasi :	<u>Pengaruh Waktu Terhadap Kuat Tarik Sambungan <i>Dissimilar Spot Welding Stainless Steel</i> AISI 430 Dan Baja Karbon Rendah</u>
Nama Mahasiswa:	<u>Pradipta Aji Rosatmaja</u>
NIM :	<u>20150130036</u>
Pembimbing 1:	<u>Ir. Aris Widyo Nugroho, Ph.D</u>
Pembimbing 2:	<u>Ir. Muh. Budi Nur Rahman, ST.,M.Eng</u>

Hal yang dimintakan persetujuan *:

<input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Indonesia	<input checked="" type="checkbox"/> Naskah Publikasi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Inggris	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

*beri tanda ✓ di kotak yang sesuai

Tanda Tangan	
<u>Pradipta Aji Rosatmaja</u>	Tanggal <u>13-03-2020</u>

Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi

Disetujui

Tanda Tangan	
<u>Ir. Aris Widyo Nugroho, Ph.D</u>	Tanggal <u>13-03-2020</u>

Tanda Tangan	
<u>Berli Panipurna Kamei, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D</u>	Tanggal <u>13-03-2020</u>



Formulir persetujuan ini mohon diletakkan pada lampiran terakhir pada naskah TA.

PENGARUH WAKTU TERHADAP KUAT TARIK SAMBUNGAN DISIMILAR SPOT WELDING STAINLESS STEEL AISI 430 DAN BAJA KARBON RENDAH

Pradipta Aji Rosatmaja^a, Aris Widyo Nugroho^b, Budi Nur Rahman^c

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
pradipto10aji@gmail.com, nugrohoaris@gmail.com, nurrahman@umy.ac.id

INTISARI

Pengelasan *spot welding* merupakan proses pengelasan yang banyak digunakan di industri otomotif untuk penyambungan material sejenis maupun tidak sejenis seperti pembuatan *body* kendaraan. Pengelasan *spot welding* banyak digunakan karena mudah dan cepat dalam proses pengerjaannya dibandingkan dengan metode pengelasan yang lain. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pengelasan terhadap sambungan *dissimilar metal* untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik. Penelitian ini menggunakan material beda jenis antara *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 dengan ketebalan masing-masing 1 mm dan ukuran panjang 80 mm x lebar 25 mm (standard AWS D8.9-97). Variasi waktu yang digunakan adalah 3, 4, 5, dan 6 detik. Tegangan tetap yang digunakan dalam pengelasan *sopot welding* adalah 2.02 V. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekuatan tarik geser, pengujian struktur mikro, dan pengujian kekerasan. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa variasi waktu pengelasan berpengaruh terhadap perubahan ukuran diameter *nugget*, butir struktur mikro pada daerah HAZ, dan logam las (*weld metal*). Nilai kekerasan rata-rata tertinggi didapatkan pada daerah *weld metal* sebesar ± 367.125 HV pada variasi waktu 6 detik. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa kondisi terbaik terjadi pada tegangan listrik 2,02 V yang memberikan kapasitas beban tarik rata-rata sebesar 5395.173 N, sedangkan nilai kekuatan geser rata-rata tertinggi terdapat pada variasi waktu 4 detik sebesar 217.51 N/mm². Dari data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengaruh variasi waktu sangat berpengaruh terhadap struktur mikro, kekerasan dan nilai kapasitas beban tarik-geser.

Kata kunci : Las titik, *dissimilar welding*, *stainless steel* 430, baja karbon rendah, struktur mikro, kekerasan, kekuatan tarik-geser.

ABSTRACT

Spot welding is a welding process that is widely used in the automotive industry due to for joint similar or dissimilar materials such as manufacturing vehicle bodies. Spot welding is widely used because it's simple process of the process compared to other welding methods. The purpose of this study is to determine the effect of welding time variations on dissimilar metal connections to determine physical and mechanical properties. This study used different types of material between 430 stainless steel with low carbon steel SPHC JIS G 3131 with a thickness of 1 mm each and a length of 80 mm x width 25 mm (standard AWS D8.9-97). The time variations used are 3, 4, 5, and 6 seconds. The fixed voltage used in spot welding is 2.02 V. The test is a shear tensile strength test, microstructure testing, and hardness testing. The results of the microstructure observation show that the variation of welding time affects the change in the size of the diameter of the nugget, the microstructure grains in the HAZ region, and the weld metal. The highest average hardness value was found in the weld metal area of $\pm 367,125$ HV at 6 seconds variation. Tensile test results show that the best conditions occur at 2.02 V electric voltage which gives an average tensile load capacity of 5395,173 N, while the highest average shear strength value is at 4 seconds variation of 217.51 N / mm². From the research data it can be concluded that the effect of time variation is very influential on the microstructure, hardness and the value of the tensile load capacity.

Keywords: Spot Welding, *dissimilar welding*, *stainless steel* 430, low carbon steel, micro structure, hardness, tensile strength.

1. Pendahuluan

Pengelasan adalah penyambungan antara dua bagian logam yang menggunakan energi panas. Dalam dunia industri sebagian perusahaan otomotif memenuhi permintaan pasar untuk menghasilkan produk yang berkualitas adalah aspek paling penting untuk menjadikan target perusahaan. Setiap material yang ditunjukkan dalam penggunaan otomotif harus memenuhi bentuk kriteria tertentu mampu di bentuk (*formable*), mampu dilas (*weldable*), mampu tahan terhadap korosi (*coatable*), dan mampu diperbaiki (*repairable*).

Salah satu teknik pengelasan yang sering kita jumpai yaitu las titik atau disebut dengan *spot welding*. Metode pengelasan ini dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik kepada kedua busur untuk proses penyambungan pada permukaan logam plat, sehingga permukaan logam menjadi panas dan mencair karena adanya resistansi listrik. Keunggulan dari *spot welding* dibandingkan pengelasan lainnya adalah proses pengelasannya cepat dan menghemat waktu dalam bekerja, sangat cocok dalam bidang industri maupun produksi massal. Prosesnya cepat, suplai panas yang diberikan cukup akurat dan reguler, sifat mekanik hasil las kompetitif dengan logam induk dan tidak memerlukan kawat las (Anis dkk., 2009)

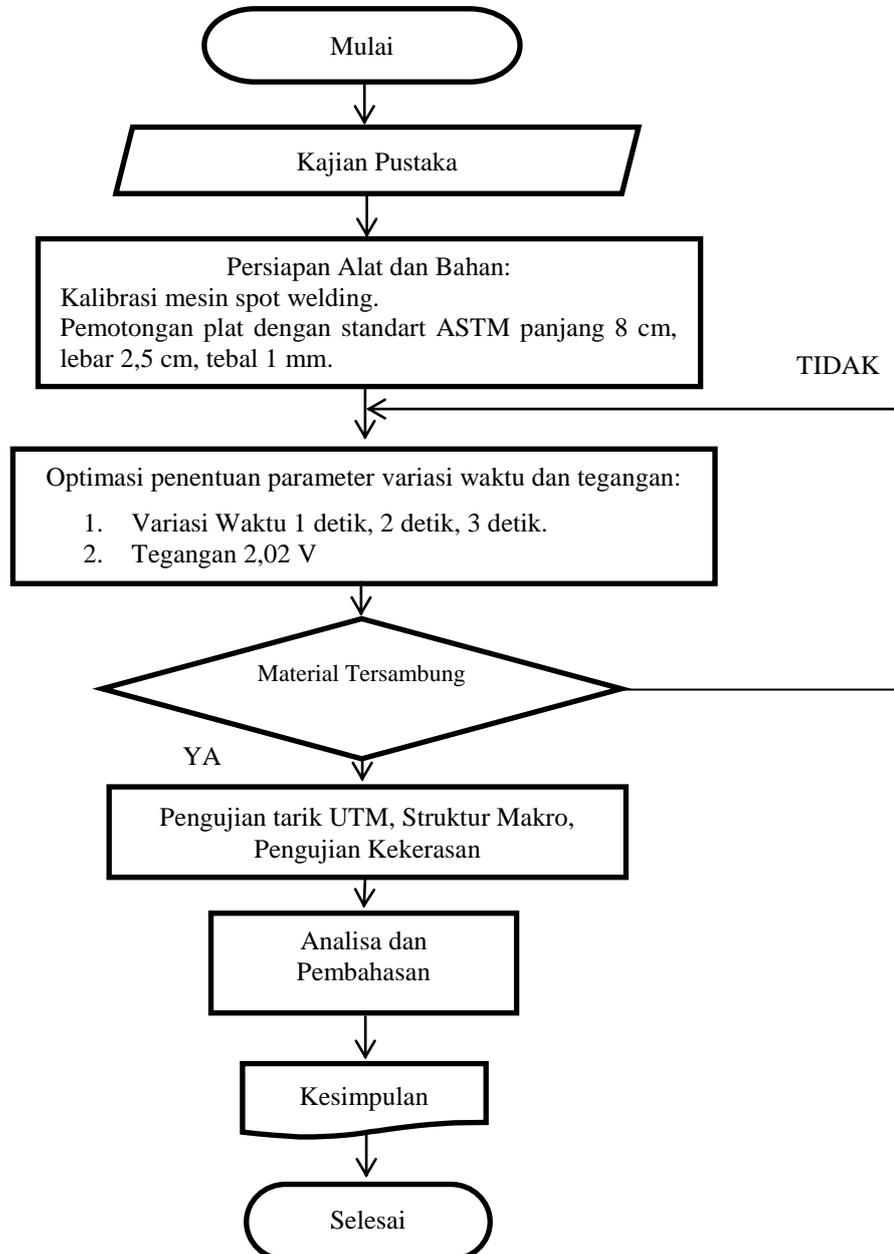
Pengelasan dengan logam tidak sejenis dapat lebih rumit daripada pengelasan logam sejenis karena siklus termal yang berbeda dialami masing-masing logam. Ada beberapa jenis pengelasan logam tidak sejenis, dan yang paling umum adalah penggabungan baja tahan karat dengan baja karbon. Industri otomotif menggunakan cara ekonomis dalam penghematan material yaitu dengan penyambungan baja karbon dan tahan karat (Fachruddin dkk, 2016). *Spot welding* merupakan salah satu metode pengelasan yang sering digunakan untuk proses penyambungan dalam industri otomotif dimana hampir tiap bagian kendaraan khususnya untuk panel *body* kendaraan menggunakan proses ini. Dalam *spot welding* banyak faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan, diantaranya adalah faktor besar arus, waktu pengelasan, tahanan listrik dan tekanan pengelasan berlangsung pada mesin las *spot welding*.

Anrinal dan Hendri (2012), melakukan penelitian tentang pengaruh variasi waktu penekanan terhadap kekuatan tarik hasil RSW baja karbon rendah. Parameter waktu penekanan yang digunakan bervariasi. Arus pengelasan yang digunakan sama dan material ujinya adalah baja karbon rendah ST 37 dengan tebal yang sama. Penelitian ini menggunakan 3 buah sampel untuk masing-masing variasi waktu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengelasan maka diameter *nugget* yang dihasilkan semakin besar dan gaya tarik yang dibutuhkan juga semakin besar pula. Dan penelitian Amin (2017) untuk mengetahui pengaruh variasi arus listrik terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro sambungan las titik (*spot welding*) logam *dissimilar stainless steel* (SS) dan baja karbon rendah (MS). Variasi arus pengelasan yang digunakan adalah 60 A, 70 A dan 80 A. Waktu pengelasan yang digunakan adalah 4 detik. Spesimen uji menggunakan material stainless steel dengan ketebalan 1,2 mm dan baja karbon rendah dengan ketebalan 0,9 mm.

Dari beberapa penelitian diatas, penelitian pada sambungan las titik (*spot welding*) perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dari penggunaan material yang berbeda menggunakan variasi parameter yang dapat mempengaruhi karakteristik sifat mekanik, demi meningkatkan kualitas sambungan las. Penelitian pada las titik dengan variasi parameter tegangan listrik (V), kuat arus (A), dan waktu penekanan (dt) sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik. Penelitian pada las titik yang terfokus pada pengaruh variasi waktu terhadap karakteristik sifat mekanik masih jarang dilakukan terutama untuk sambungan *dissimilar* antara *stainless steel* 430 dan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 dengan metode las titik. Mengingat kedua material tersebut banyak digunakan di industri terutama otomotif, serta mudah ditemukan di pasaran dan harga yang relatif murah. Dengan demikian penelitian ini diharapkan mampu mendapatkan hasil yang optimal.

2. Metode Penelitian

Diagram alir proses penelitian sambungan *disimilar* antara *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131

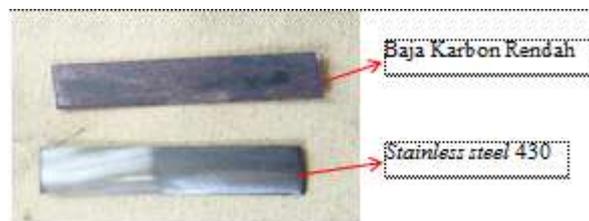


Gambar 1 Diagram alir penelitian proses *spot welding* dengan material *stainless steel* 430 dan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131.

Pada proses pengelasan menggunakan mesin *spot welding*, mesin *spot welding* berperan penting dalam proses pengelasan plat logam dikarenakan mesin *spot welding* alat yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi panas yang selanjutnya panas dari arus listrik tersebut melewati suatu transmisi yang menghasilkan panas pada ujung busur mesin *spot welding* tersebut. Busur pada mesin *spot welding* ini berguna untuk meleburkan plat logam satu dengan yang lainnya sehingga material menjadi satu. Penekanan busur pada plat logam ini akan menghasilkan panas yang berfungsi untuk melunakkan material dan terjadilah proses penyambungan.

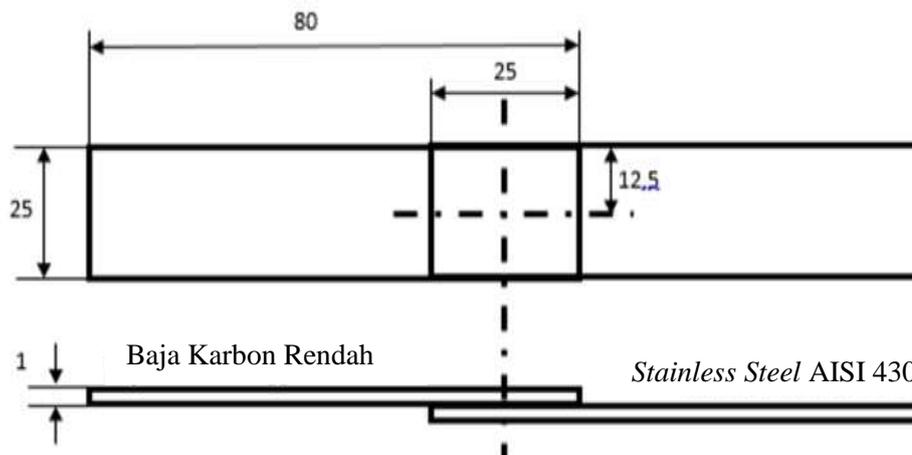


Gambar 2 Mesin *spot welding*



Gambar 3.8 Material baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 dan *Stainless steel 430* untuk pengujian.

Material yang digunakan pada penelitian adalah *stainless steel AISI 430* dan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 dimana ketebalan masing-masing 1mm dengan *stainless steel* sisi bagian bawah. Penelitian menggunakan parameter variasi waktu antara 3 detik, 4 detik, 5 detik, dan 6 detik dimana parameter yang lain konstan seperti lama kuat arus penekanan 2.02 V pada setiap variasi. Skema spesimen dengan ukuran dimensi dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3 Susunan sambungan plat *lap joint* (standard AWS D8.9-97)

Pada penelitian ini material yang digunakan *stainless steel 430* dan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131. Pengukuran diameter *nugget* las menggunakan jangka sorong dengan tiga kali pengambilan ukuran pada spesimen.



Gambar 4 Pengukuran diameter *nugget* hasil lasan *spot welding* pada permukaan *stainless steel 430*

Setelah selesai dilakukan proses persiapan spesimen hingga pengelasan, selanjutnya dilakukan persiapan pada spesimen untuk pengujian sifat mekanis material. Beberapa persiapan yang dilakukan adalah memotong melintang bagian tengah sambungan las menggunakan gerenda, selanjutnya spesimen di resin.

2.1 Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah salah satu pengujian untuk menentukan sifat mekanik dari material. Pengujian ini digunakan untuk menentukan karakteristik material bahkan juga bisa digunakan sebagai proses pendesainan sesuatu untuk menentukan bahan beserta kekuatannya. Pada pengujian sebelumnya peneliti menunjukkan bahwa benda uji yang diberi beban gaya tarik sesumbu, akan bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami pada benda uji.

2.2 Pengujian Mikro dan Makro

Pengujian struktur mikro dan makro dilakukan untuk melihat kumpulan struktur dari spesimen yang akan diuji, sehingga dapat mengetahui sifat karakteristik material. Pada bagian pengujian struktur makro dilakukan menggunakan mikroskop dan spesimen diamati dengan perbesaran 50x, sedangkan pengujian struktur mikro menggunakan perbesaran 100x. Langkah yang dilakukan sebelum pengujian adalah memotong benda uji pada bagian titik lasan, selanjutnya spesimen diletakan pada cetakan untuk melakukan proses peresinan, melakukan proses pengamplasan secara perlahan dari

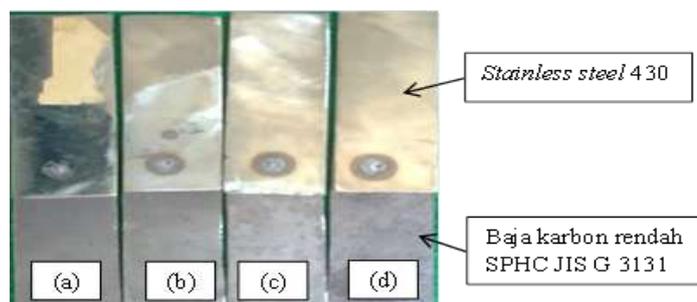
yang kasar menuju halus, kemudian poles dengan autosol dan melakukan proses pemberian cairan etsa di atas menggunakan takaran alat suntik 3 ml dengan larutan HCl 0.5 ml untuk baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 dan larutan HNO₃ + HCl 1 ml untuk stainless steel 430. Pengambilan foto mikro dilakukan pada daerah logam induk *stainless steel*, HAZ *stainless steel*, *weld metal*, HAZ baja karbon rendah, dan logam induk baja karbon rendah pada permukaan material agar spesimen dapat dengan mudah di amati strukturnya.

2.3 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan *vickers* adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari suatu material yang mampu menerima beban penekanan (penetrasi). Dalam pengujian ini digunakan indentor berlian piramida dengan sudut 136°, nilai kekerasan rendah 5 HV untuk logam lunak, nilai kekerasan tinggi sekitar 1500 HV pada bagian logam keras. Selanjutnya proses pengujian *vickers* untuk mengatur beban yang diberikan dengan bahan uji *stainless steel* dan baja karbon rendah sekitar 200 gram dan waktu yang digunakan dalam pembebanan 5 detik. Untuk pengujian awal kekerasan *vickers* melakukan pencarian *zero point* untuk mengetahui posisi titik tengah pada spesimen material, kemudian melakukan proses pencarian 12 titik pada bagian logam induk *stainless steel* terdapat 2 titik, HAZ *stainless steel* 2 titik, logam induk baja karbon rendah terdapat 2 titik, HAZ baja karbon rendah 2 titik, dan 4 titik pada bagian *weld metal*.

3. Hasil dan Pembahasan

Percobaan pengelasan *spot welding* sebelum menentukan variasi waktu dalam pengelasan adalah melakukan percobaan tegangan. Pada percobaan pertama tegangan 1.60 V dan waktu 1 detik menghasilkan las kurang sempurna tidak melekat dengan kuat. Pada percobaan kedua tegangan 1.79 V dan waktu 2 detik masih kurang sempurna karena luasan nugget cenderung kecil dan sambungan las kurang kuat. Pada percobaan ketiga dilakukan variasi dengan tegangan 2.67 V dan waktu 3 detik hasil sambungan yang didapatkan sudah cukup kuat tetapi permukaan kurang baik menyebabkan cacat pada *nugget*. Kemudian dilakukan percobaan keempat dengan menggunakan tegangan 2.02 V dan waktu 3 detik menghasilkan sambungan yang cukup kuat dan permukaan *nugget* cukup besar. Dari beberapa percobaan tersebut telah didapatkan variasi waktu dengan sambungan lasan yang kuat untuk melakukan pengujian selanjutnya. Hasil percobaan pengelasan *spot welding* antara *stainless steel* 430 dan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

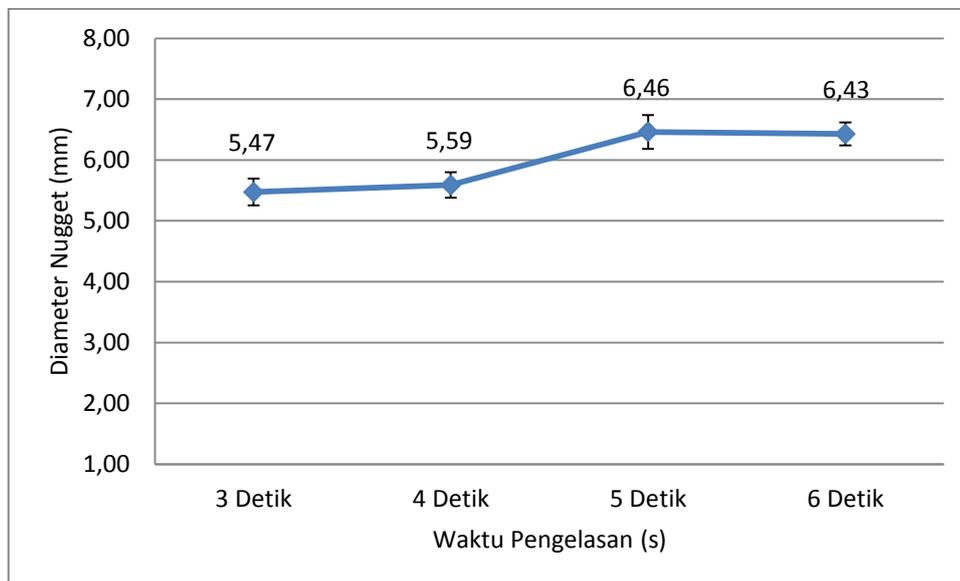


Gambar 6 Hasil dari pengelasan *spot welding* (a) variasi waktu 3 detik (b) variasi waktu 4 detik (c) variasi waktu 5 detik (d) variasi waktu 6 detik

hasil pengelasan *spot welding* material beda jenis antara stainless steel 430 dengan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 menggunakan beberapa variasi waktu pengelasan menunjukkan bahwa diameter *nugget* yang dihasilkan berbeda pada setiap variasi waktu yang digunakan. Terlihat bahwa kenaikan variasi waktu pengelasan mengakibatkan kenaikan pada diameter *nugget* dan luasan *nugget* yang dipengaruhi oleh *heat input*.

Tabel 1 Ukuran luas diameter *nugget* hasil lasan *spot welding*.

Waktu	Spesimen	D1	D2	D3	Rata-rata	D Rata-Rata	Set.Dev
3 detik	1	5.70	5.10	5.65	5.48	5.47	0.22
	2	5.35	5.70	5.40	5.48		
	3	5.25	5.35	5.75	5.45		
4 detik	1	5.75	5.80	5.25	5.60	5.59	0.21
	2	5.35	5.90	5.40	5.55		
	3	5.60	5.75	5.50	5.62		
5 detik	1	6.75	5.90	6.25	6.30	6.46	0.28
	2	6.70	6.25	6.35	6.43		
	3	6.85	6.60	6.50	6.65		
6 detik	1	6.45	6.90	6.35	6.57	6.43	0.19
	2	6.40	6.35	6.50	6.42		
	3	6.35	6.40	6.15	6.30		



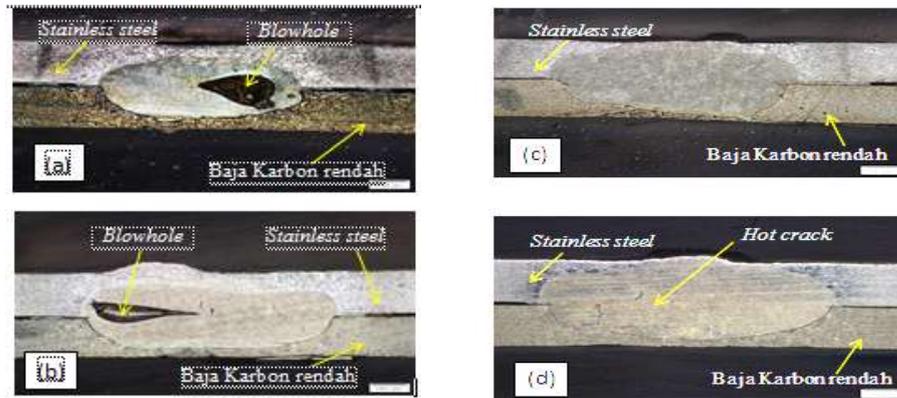
Gambar 7 Ukuran diameter *nugget* setiap variasi waktu pengelasan.

Hasil menunjukkan peningkatan pada diameter *nugget* setiap kenaikan variasi waktu yang dilakukan pengelasan. Berikut ini adalah data yang diperoleh dalam pengukuran diameter rata-rata pada variasi waktu 3 detik 5.47mm, variasi 4 deik 5.59mm, variasi 5 detik 6.46mm, variasi 6 detik 6.43mm, Hasil pengelasan dengan variasi tegangan tetap dan lama waktu yang meningkat menunjukkan diameter *nugget* membesar dengan variasi waktu yang diberikan. Data pengukuran menunjukkan diameter terkecil pada

variasi waktu 3 detik dan diameter terbesar pada variasi 5 detik, hal ini dikarenakan pada variasi 6 detik tekanan dalam proses pengelasanya kurang maksimal.

3.1 Hasil Pengamatan Mikro dan Makro

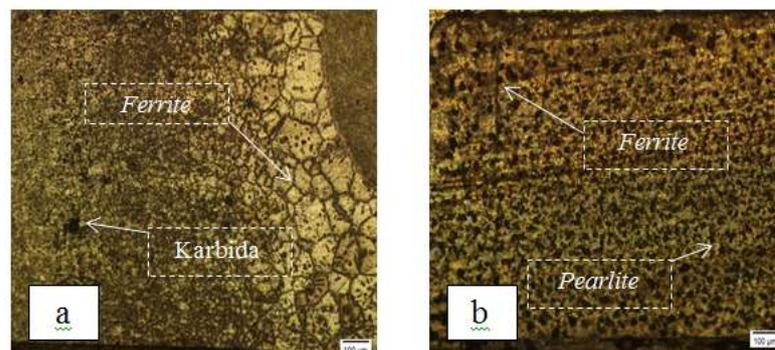
- Hasil pengamatan makro dengan menggunakan mikroskop 27 ptic usb Olympus BX53M dari beberapa variasi waktu.



Gambar 8 Hasil uji makro(a) variasi waktu 3 detik. (b) variasi waktu 4 detik. (c) variasi waktu 5 detik. (d) variasi waktu 6 detik

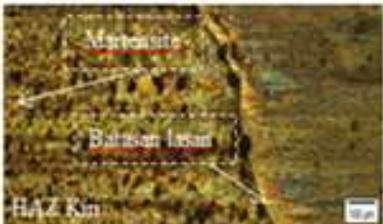
hasil pengamatan makro menunjukkan pada sambungan lasan baja karbon rendah SPHC JIS G dengan *stainless steel* 430. Hasil pengamatan foto makro pada sambungan terlihat dimana pada bagian gambar (c) dan (d) penetrasi yang dihasilkan melebur menjadi satu namun pada gambar (a) dan (b) terdapat cacat lubang pada daerah *weld metal*.

- Hasil pengamatan mikro dengan menggunakan mikroskop 27 ptic usb Olympus BX53M dari beberapa variasi waktu.



Gambar 9 Struktur mikro *base metal* (a) *stainless steel* 430 dan (b) baja karbon rendah SPHC JIS G 3131

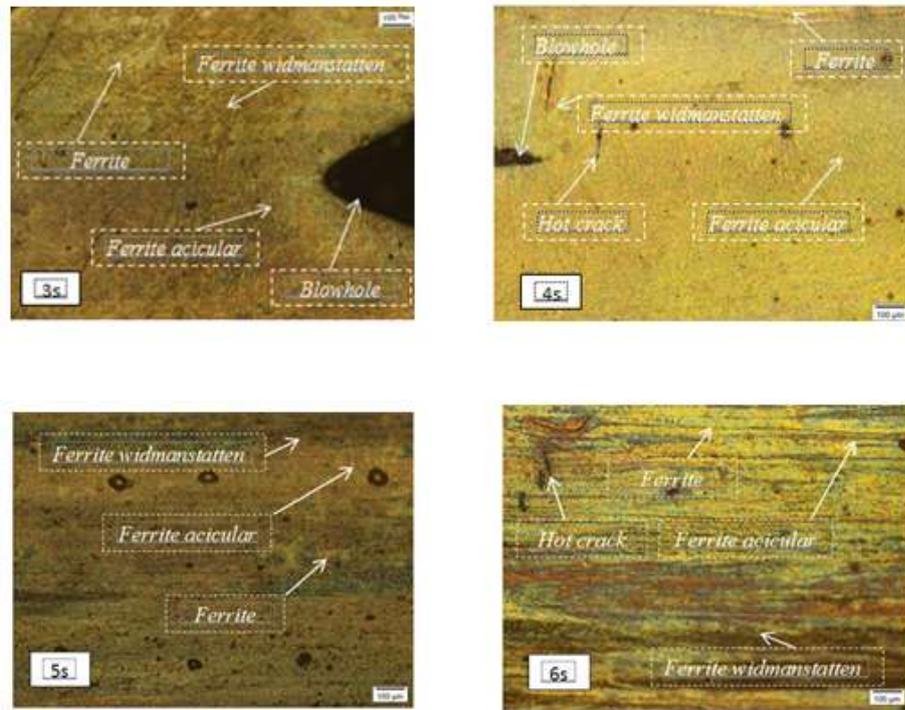
Hasil menunjukkan foto struktur pada daerah logam induk (*base metal*) dari pengelasan titik *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131. Pada *stainless steel* 430 terdapat struktur *ferrite* dengan retakan berwarna putih pada bagian logam dan *karbida* struktur berwarna gelap. Sedangkan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 terdapat struktur *ferrite* yang berwarna terang mempunyai sifat halus dan lunak dan *perlite* berwarna gelap mempunyai sifat lebih kasar dan keras.

Variasi Waktu	HAZ (<i>Heat Affected Zone</i>)	
	<i>Stainless Steel 430</i>	Baja Karbon Rendah SPHC JIS G 3131
3 detik		
4 detik		
5 detik		
6 detik		

Gambar 10 Struktur mikro HAZ pada spesimen *stainless steel 430* dengan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131

HAZ (*Heat Affected Zone*) merupakan daerah yang terkena panas pengelasan dan mengalami perubahan butir struktur mikro, akan tetapi tidak sampai terjadi peleburan. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa pada daerah HAZ baja karbon rendah mengalami perubahan ukuran butir yang didominasi *pearlite* dan *ferrite* menjadi lebih besar dibandingkan pada logam induk. Hal ini terjadi karena masukan panas yang diterima pada daerah HAZ semakin besar, selain itu daerah HAZ juga mengalami siklus

pemanasan yang cepat sehingga mengakibatkan butiran menjadi lebih besar dan kasar yang mengakibatkan daerah HAZ menjadi getas (Firmansyah dkk., 2016).



Gambar 10 Struktur mikro daerah las *weld metal*

Menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro pada daerah *weld metal* pada pengelasan variasi waktu 3 detik, 4 detik, 5 detik, dan 6 detik. Struktur *ferrite acicular* terlihat seperti jarum kecil yang berwarna putih, sedangkan pada struktur *ferrite widmanstatten* terlihat seperti warna kumpulan jarum gelap. Pada struktur *ferrite* adalah bagian yang berwarna bercak putih saja. Bagian pengelasan variasi waktu 3 detik dan 4 detik terjadi cacat *blowhole*, untuk cacat *hot crack* terjadi pada variasi 4 detik dan 6 detik. Bintik-bintik bulat yang terjadi pada setiap variasi adalah kotoran logam saat melakukan proses pengelasan. Logam las atau *weld metal* merupakan daerah las yang mengalami pencairan logam dan kemudian membeku setelah proses *solidifikasi*. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa tegangan listrik pengelasan berpengaruh terhadap perubahan ukuran butir struktur mikro pada daerah HAZ dan *weld metal*. Pada daerah *weld metal* terdapat struktur mikro *ferrite*, *ferrite acicular* dan *ferrite widmanstatten*. Struktur mikro *ferrite acicular* mempunyai bentuk seperti jarum dengan arah orientasi acak. Struktur mikro *ferrite acicular* berfungsi sebagai *interlocking structure* yang dapat menghambat laju perambatan retak (Fachruddin dkk, 2016).

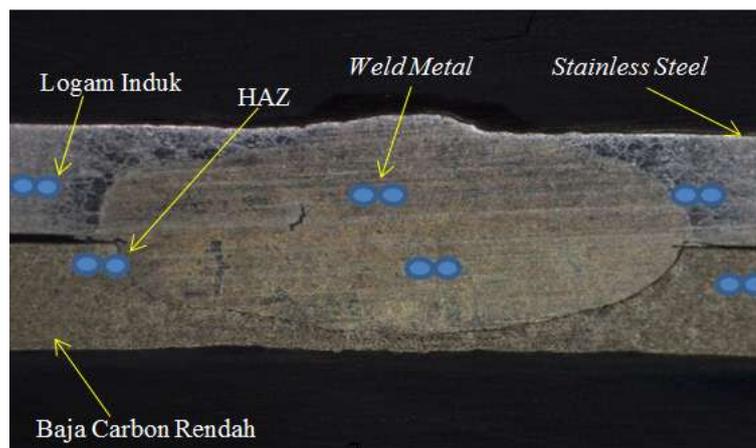
3.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan mikro ini bertujuan untuk mengetahui nilai distribusi kekerasan pada spesimen hasil pengelasan titik, dimana daerah yang akan diuji yaitu terdiri dari logam induk (*base metal*), HAZ (*Heat Affected Zone*), dan logam las (*weld metal*) (Fachruddin dkk, 2016). Pengujian *Microhardness Vickers* digunakan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu terhadap kekerasan mikro lasan yang berdasar pada AWS D8.9-97. Pada tiap spesimen uji dilakukan 12x penitikan yang meliputi daerah logam induk, HAZ, dan *weld metal* seperti yang ditunjukkan oleh gambar dibawah ini.

Tabel 2 Nilai kekerasan spesimen uji *Vickers* setiap variasi waktu pengelasan

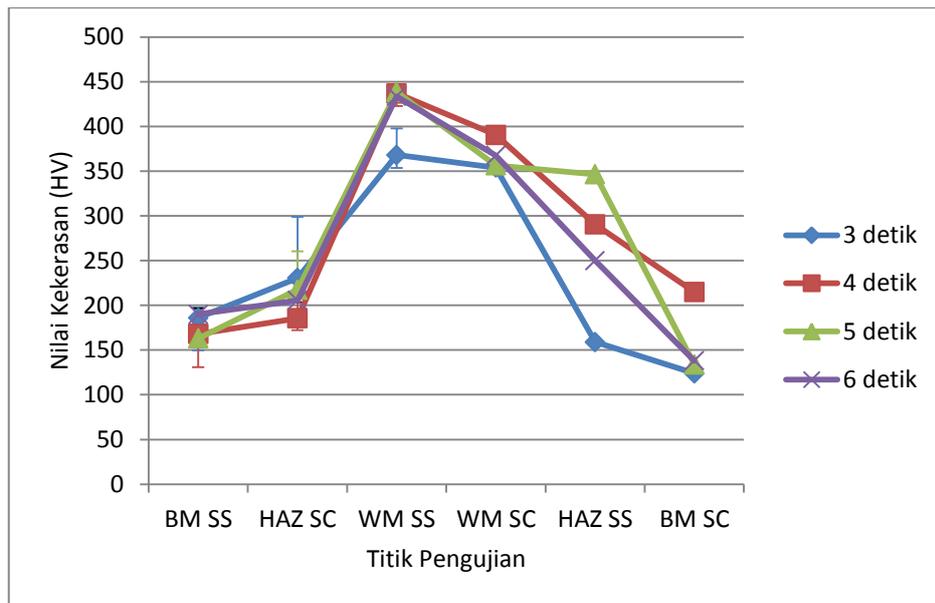
Stainless Steel AISI 430												
Variasi Waktu	BM				HAZ				WM			
	1	2	Rata-rata	ST.Dev	1	2	Rata-rata	ST.Dev	1	2	Rata-rata	ST.Dev
3 detik	191	181	186	11,48	186	132	159	68,38	329	407	368	29,64
4 detik	162	174	168	11,73	281	300	290,5	39,56	411	463	437	2,09
5 detik	158	168	163	11,02	458	235	346,5	43,04	404	473	438,5	8,16
6 detik	197	183	190	6,63	268	232	250	5,75	431	436	433,5	7,13

Baja Karbon Rendah												
Variasi Waktu	BM				HAZ				WM			
	1	2	Rata-rata	ST.Dev	1	2	Rata-rata	ST.Dev	1	2	Rata-rata	ST.Dev
3 detik	146	102	124	36,30	248	213	230,5	16,56	357	351	354	14,42
4 detik	201	229	215	37,28	197	174	185,5	13,20	359	422	390,5	14,17
5 detik	108	160	134	8,06	277	158	217,5	4,97	323	390	356,5	5,10
6 detik	144	132	138	7,38	229	182	205,5	2,13	374	361	367,5	0,19



Gambar 11 Skema penitikan uji kekerasan *Vickers*

Menunjukkan bahwa dalam pengujian kekerasan *vickers* terdapat beberapa bagian penitikan. Untuk logam induk *stainless steel* mempunyai 2 titik kekerasan dan logam induk pada baja karbon rendah juga 2 titik kekerasan. Pada bagian daerah HAZ *stainless steel* ada 2 titik dan bagian baja karbon ada 2 titik. Untuk pada bagian *weld metal* terdapat 4 titik yaitu 2 titik *stainless steel* dan 2 titik untuk baja karbon. Total keseluruhan terdapat 12 titik kekerasan untuk pengujian kekerasan *vickers*.

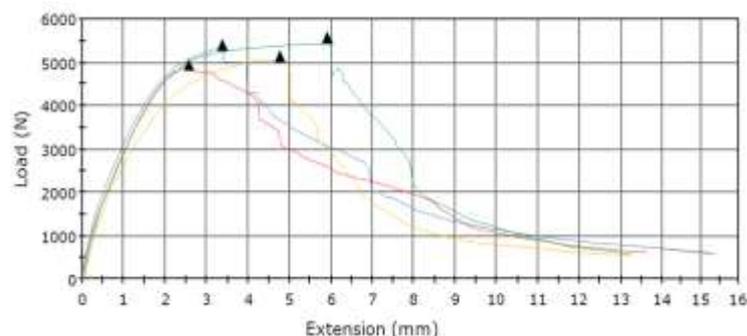


Gambar 12 Hubungan antara kekerasan dan variasi waktu pengelasan pada material *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah SPHC jis G 3131

Menunjukkan bahwa pengelasan pada material *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 dari grafik dapat dilihat bahwa nilai kekerasan hasil las pada daerah *weld metal stainless steel* dan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 nilai kekerasan rata-rata tertinggi terdapat pada variasi waktu 5 detik. Peningkatan nilai kekerasan disebabkan oleh masukan panas dan pendinginan cepat yang terjadi selama proses pengelasan berlangsung.

3.3 Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik geser dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan listrik pengelasan terhadap *tensile load bearing capacity* (TLBC) atau kapasitas beban pada sambungan las. Hasil dari pengelasan material tidak sejenis menggunakan metode *Spot Welding* dengan bahan *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 yang telah berhasil dilas kemudian dilakukan pengujian tarik geser. Pengujian ini dilakukan di laboratorium pengelasan BLK Surakarta Jl. Bahayangkara no.38, Panularan, Kec. Laweyan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM).



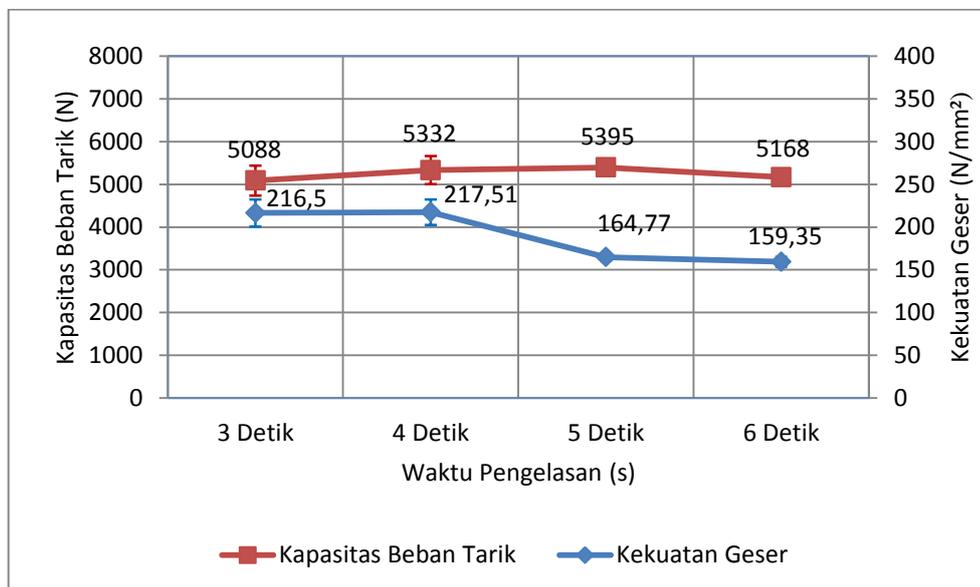
Gambar 13 Hasil pengujian tarik geser pada beberapa variasi waktu pengelasan

menunjukkan hasil dari pengujian tarik geser mesin UTM, hasil grafik dari beberapa pengujian variasi waktu 3 detik dengan nilai kekuatan tarik geser 49.39.11 N, 4 detik

dengan nilai kekuatan tarik geser 5101.90 N, 5 detik dengan nilai kekuatan tarik geser 5312.77 N, dan 6 detik dengan nilai kekuatan tarik geser 590.43 N.

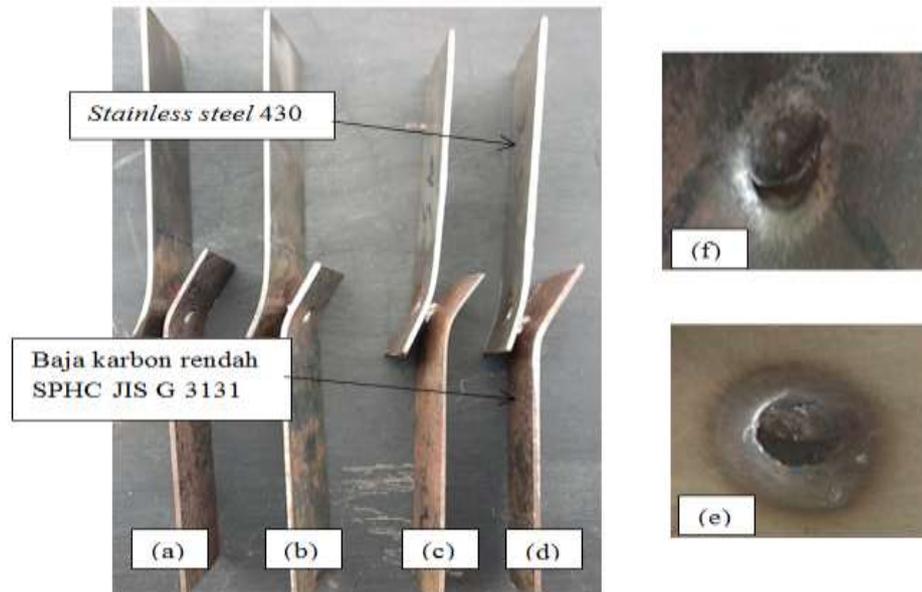
Tabel 3 Nilai pembebanan tarik rata-rata setiap variasi waktu

Waktu (s)	Luasan(mm ²)	Kaps Beban (N)	Rata-rata Beban	Tegangan geser	Rata-Rata Teg. Geser	Kegagalan Uji Tarik
3s	23,61	4655,34	± 5088,78 348,67	197,18	±216,50 15,95	Pullout (SC/SS)
	23,61	5101,9		216,09		Pullout (SC/SS)
	23,32	5509,09		236,24		Pullout (SC/SS)
4s	24,63	4906,25	± 5332,82 327,31	199,20	±217,51 14,91	Pullout (SC/SS)
	24,19	5701,77		235,71		Pullout (SC/SS)
	24,77	5390,43		217,62		Pullout (SC/SS)
5s	31,11	5303,36	± 5395,17 123,25	170,47	±164,77 4,23	Pullout (SC/SS)
	32,5	5312,77		163,47		Pullout (SC/SS)
	34,73	5569,39		160,36		Pullout (SC/SS)
6s	33,86	5361,02	± 5168,11 174,12	158,33	±159,35 5,84	Pullout (SC/SS)
	32,33	4939,11		152,77		Pullout (SC/SS)
	31,17	5204,21		166,96		Pullout (SC/SS)



Gambar 14 Grafik perbandingan hasil uji tarik pada kekuatan geser rata-rata dan pembebanan maksimum rata-rata setiap variasi waktu dalam pengelasan.

Menunjukkan perbandingan antara beban tarik geser rata-rata dan kekuatan geser rata-rata. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa nilai beban tarik mengalami peningkatan seiring dengan semakin besar waktu pengelasan yang diberikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan arus listrik dan waktu pengelasan berpengaruh terhadap kenaikan nilai beban tarik sambungan las.



Gambar 15 Hasil uji geser tarik menggunakan mesin UTM (*Universal Testing Machine*) dengan beberapa variasi waktu (a) 3 detik, (b) 4 detik, (c) 5 detik, (d) 6 detik (e) hasil uji tarik geser *stainless steel* mengalami *pull out failure* (f) hasil pengujian tarik geser pada bagian baja karbon rendah juga mengalami *pull out failure*

4. Kesimpulan

Penelitian tentang pengaruh variasi tegangan listrik terhadap sifat fisik dan mekanik pada sambungan *dissimilar metal stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah SPHC jjs G 3131 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan pengelasan variasi waktu berpengaruh terhadap ukuran diameter *nugget*. Semakin lama waktu pengelasan semakin besar diameter *nugget* yang diperoleh. Pengelasan *spot welding* variasi waktu juga berpengaruh terhadap butir struktur mikro pada daerah HAZ dan *weld metal*. Struktur mikro yang terbentuk pada daerah *weld metal* yaitu *ferrite*, *ferrite acicular* dan *ferrite widmanstatten*.
2. Pengaruh variasi waktu pengelasan terhadap kekerasan menunjukkan nilai kekerasan meningkat pada bagian HAZ SC, WM SS dan WM SC hal ini disebabkan masuknya panas dan pendinginan cepat terjadi pada daerah tersebut. Seiring dengan meningkatnya tegangan yang digunakan. Nilai kekerasan rata-rata tertinggi terdapat pada daerah *weld metal stainless steel* sebesar 419.25 HV dengan variasi 5 detik dan nilai kekerasan rata-rata tertinggi pada *weld metal* baja karbon rendah sebesar 367.13 HV dengan variasi 6 detik. Nilai kekerasan pada daerah *weld metal* lebih besar dari pada daerah HAZ dikarenakan pada daerah *weld metal* terjadi peleburan dan pencampuran logam induknya.
3. Nilai kapasitas beban tarik semakin meningkat pada variasi 3 detik sampai dengan 5 detik seiring dengan meningkatnya waktu pengelasan yang digunakan, akan tetapi pada variasi 6 detik mengalami sedikit penurunan dikarenakan terjadinya peningkatan panas dan penetrasi hold time yang kurang stabil. Untuk nilai kekuatan geser semakin menurun seiring dengan meningkatnya variasi tegangan yang digunakan. Nilai kapasitas beban tarik tertinggi diperoleh sebesar 5395.17 N pada pengelasan variasi waktu 5 detik dan nilai kekuatan geser tertinggi terdapat pada pengelasan variasi 4 detik dengan sebesar 217.51 N/mm².

Daftar Pustaka

- Anis, M., Irsyadi, A., & Ferdian, D. (2009). Studi Lapisan Intermetalik Cu₃Sn pada Ujung Elektroda dalam Pengelasan Titik Galvanis. *MAKARA, TEKNOLOGI, VOL. 13, NO. 2, NOVEMBER 2009: 91-95*, 5.
- Anrinal, & Hendri. (2012). Analisa Kekuatan Tarik Hasil Spot Welding Baja Karbon Rendah. *Jurnal Teknik Mesin Vol.1, No. 2, April 2012 : 6-9*, 4.
- Fachruddin, Suryanto, H., & Solichin. (2016). Pengaruh Variasi Arus Listrik Pengelasan Titik (Spot Welding) Terhadap Kekuatan Geser, Kekerasan, dan Struktur Mikro pada Sambungan Dissimilar Baja Stainless Steel AISI 304 dengan Baja Karbon Rendah ST 41 . *JURNAL TEKNIK MESIN, TAHUN 24, NO. 2, OKTOBER 2016*, 10.
- Firmansyah, W., Suryanto, H., & Solichin. (2016). *Pengaruh Variasi Penekanan Pengelasan Titik Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, Dan Struktur Mikro Pada Sambungan Disimilar Baja Tahan Karat AISI 304 Dengan Baja Karbon Rendah ST 41*. Teknik Mesin, Vol. 24, No. 2, 1-8.