

PENGARUH WAKTU PENGELASAN TITIK (*SPOT WELDING*) TERHADAP KEKERASAN, KEKUATAN GESER DAN DIAMETER *NUGGET* PADA BAJA SPCEN 1,6 mm

Riantono Rasyid¹, Novi Sukma Drastiawati²

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

¹riantonorasyid@mhs.unesa.ac.id, ²novidrastiawati@unesa.ac.id

Abstrak— Perkembangan teknologi di bidang manufaktur saat ini sangat pesat. Salah satu dari proses yang penting di dalamnya adalah penyambungan (*joining*), diantaranya proses tahanan pengelasan titik (*resistance spot welding*) atau yang lebih dikenal sebagai pengelasan titik (*spot welding*). Penggunaan las titik memiliki beberapa keunggulan antara lain bentuk sambungan rapi, prosesnya lebih cepat, sambungan lebih rapat dan pengoperasiannya relatif mudah serta tidak memerlukan logam pengisi (*filler*). Penyambungan bahan baja berbentuk plat yang relatif tipis dengan memakai tahanan pengelasan titik (*resistance spot welding*) merupakan salah satu alternatif pilihan yang banyak digunakan oleh industri produksi *parts* otomotif. Namun demikian belum terdapat data mengenai waktu yang terbaik dan data mengenai uji kekerasan, besar diameter *nugget*, dan uji geser pada material baja SPCEN. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu pengelasan titik (*spot welding*) terhadap kekerasan, kekuatan geser dan besar diameter *nugget* pada material baja SPCEN. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variabel waktu 1 detik, 2 detik dan 3 detik dengan standart material SPCEN JIS G 3141, standart pengujian kekerasan menggunakan DIN 50103 dan standart pengujian geser menggunakan ASTM D 1002. Hasil penelitian pada diameter *nugget* tiap waktu memiliki ukuran *nugget* yang sama besar yaitu 3,3 mm. Hasil rata-rata kekerasan *nugget* terendah terdapat pada pelat baja yang ditandai dengan nama ABC waktu 1 detik dengan rata-rata kekerasan *nugget* 116,6 HRB dan rata-rata kekerasan *nugget* tertinggi terdapat pada baja GHI waktu 3 detik dengan rata-rata kekerasan *nugget* 117,9 HRB. Hasil rata-rata kekuatan geser terendah terdapat pada baja ABC waktu 1 detik dengan kekuatan geser tegangan maksimal 294,82 N/m² dan beban maksimal 1592,01 *Newton*, hasil rata-rata kekuatan geser tertinggi terdapat pada pelat baja yang ditandai dengan nama GHI waktu 3 detik dengan tegangan maksimal 415,89 N/m² dan beban maksimal 2245,83 *Newton*. Dengan demikian semakin lama waktu pengelasan titik (*spot welding*) maka semakin besar arus yang digunakan, semakin besar pula panas yang ditimbulkan dan menjadikan kekerasan dan kekuatan geser semakin kuat. Menunjukkan waktu yang terbaik pada pengelasan titik (*spot welding*) plat baja SPCEN 1,6 mm dengan waktu 3 detik.

Kata Kunci— pengelasan titik; waktu pengelasan titik; kekerasan; kekuatan geser; diameter *nugget*; baja SPCEN.

Abstract— The development of technology in manufacturing is currently very fast. One of the important processes involved is joining, including the process of resistance spot welding or better known as spot welding. The use of point welding has several advantages, including a neat shape of the joint, the process is faster, the connection is tighter and the operation is relatively easy and does not require filler metal. The connection of relatively thin plate-shaped steel using resistance spot welding is an alternative option that is widely used by the automotive parts production industry. However, there are no data regarding the best time and data regarding the hardness test, nugget diameter, and shear test on SPCEN steel material. This study aims to determine the effect of spot welding time on hardness, shear strength and nugget diameter on SPCEN steel material. This study used an experimental method with a time variable of 1 second, 2 seconds and 3 seconds with standard material SPCEN JIS G 3141, standard hardness testing using DIN 50103 and standard shear testing using ASTM D 1002. equal that is 3.3 mm. The lowest average nugget hardness results are found on steel plates marked with the name ABC, time of 1 second with an average nugget hardness of 116.6 HRB and the highest average nugget hardness is found on GHI steel within 3 seconds with an average nugget hardness of 117, 9 HRB. The lowest average yield of shear strength is found in ABC steel at 1 second with a maximum shear strength of 294.82 N / m² and a maximum load of 1592.01 Newton, the highest average yield of shear strength is found on steel plates marked with the name GHI time 3 seconds with a maximum tension of 415.89 N / m² and a maximum load of 2245.83 Newton. Thus the longer the spot welding time (*spot welding*), the greater the current used, the greater the heat generated and the hardness and shear strength become stronger. Shows the best time for spot welding (*spot welding*) of 1.6 mm SPCEN steel plate in 3 seconds.

Keywords— spot welding; spot welding time; hardness; shear; nugget diameter; SPCEN steel.

PENDAHULUAN

Berbagai pekerjaan yang terkait dengan pemanfaatan tenaga listrik semakin berkembang pesat, salah satunya adalah pengelasan. Banyak perusahaan jasa pengelasan yang saat ini sedang berkembang di Indonesia. Pengelasan merupakan cara penyambungan logam yang paling banyak digunakan karena pengelasan mempunyai kelebihan diantaranya adalah hasil sambungannya lebih kuat, murah, dan efisien. Pengelasan yang digunakan bermacam-macam, mulai dari pengelasan manual hingga pengelasan yang menggunakan teknologi robot. Salah satu metode atau proses pengelasan yang populer digunakan dalam industri produksi adalah pengelasan titik (Drastiawati et. al).

RSW (*Resistance Spot Welding*) adalah salah satu metode penyambungan logam dengan pengelasan pada permukaan yang memanfaatkan arus listrik dengan dua buah plat yang disambung sehingga permukaan tersebut menjadi panas dan mencair karena adanya resistansi listrik. Pengelasan titik banyak digunakan di industri besar seperti industri mobil dan industri motor (Wiryosumarto dan Okumura, 1996).

Proses pengerjaan las ini lebih cepat dan lebih rapi hasilnya dibandingkan dengan menggunakan las *asetelin* dan las busur listrik karena las yang dihasilkan tidak mengandung terak las. Penggunaan las titik memiliki beberapa keunggulan antara lain bentuk sambungan rapi, prosesnya lebih cepat, sambungan lebih rapat dan pengoperasiannya relatif mudah serta tidak memerlukan logam pengisi (*filler*).

Pada pengelasan titik, lama penekanan pada waktu proses pengerjaan akan menentukan hasil las serta kekuatan las yang diinginkan. Waktu sangat diperlukan untuk mengoptimalkan dan menghasilkan produktifitas kerja, karena menjadi hal yang penting untuk tuntutan hasil yang tinggi.

Dalam penerapan las titik, masih ada beberapa perusahaan yang belum memiliki data uji kekerasan dan uji kekuatan geser berdasarkan perubahan waktu pengelasan pada material yang digunakan untuk baja SPCEN. Baja SPCEN (*Steel Plate Cold Elongation Non-Ageing*) tergolong baja karbon rendah yang didefinisikan sebagai baja canai dingin digulung dengan kualitas (*cold rolled steel sheet with deep drawing quality*). Baja SPCEN dalam (JIS) *Japan Industrial Standard* mempunyai kode seperti SPCC (*Steel Plate Cold Common*) : JIS G 3141.

Pada penelitian ini, baja yang digunakan SPCEN (JIS G 3141) untuk tempat sensor bahan bakar (*fuel tank*) pada mesin motor suzuki satria FU 150 tahun 2012. Timbul suatu pemikiran untuk menentukan waktu pengelasan yang optimal agar dapat mengetahui kekerasan, kekuatan geser dan diameter *nugget* pada sambungan baja karbon rendah SPCEN (JIS G 3141 : 2005).

METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen (*experimental research*) yang bertujuan untuk mengetahui kekerasan, kekuatan geser dan besar diameter *nugget* yang dihasilkan pada baja SPCEN dengan variabel waktu. Menggunakan material baja SPCEN JIS G 3141 dengan ukuran baja standart ASTM D 1002. Pengujian kekerasan

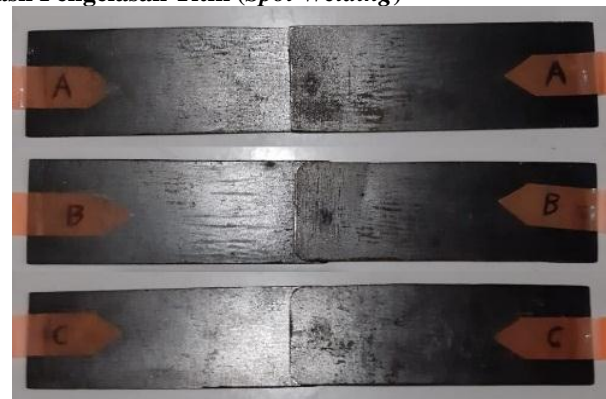
menggunakan HRB dengan standart DIN 50103 dan pengujian geser menggunakan alat UTM dengan standart ASTM D 1002.

Variabel Penelitian

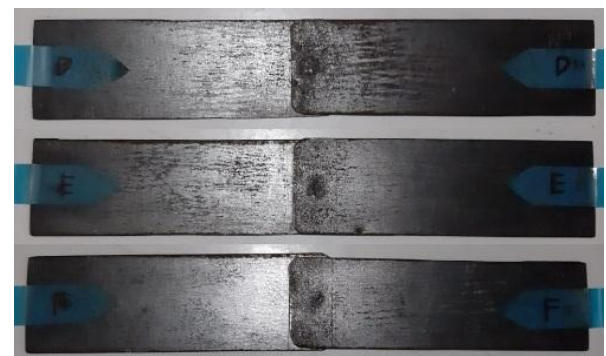
- Variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu 1 detik, 2 detik, 3 detik pada pengelasan titik (*spot welding*).
- Variabel terikat dalam penelitian ini adalah hasil pengelasan titik (*spot welding*) dengan tipe sambungan *lap joint* untuk kekerasan, kekuatan geser dan diameter *nugget* pada baja SPCEN.
- Variabel kontrol dalam operator pengelasan mesin las titik ini menggunakan tegangan arus 1,79 Volt.

HASIL DAN DISKUSI

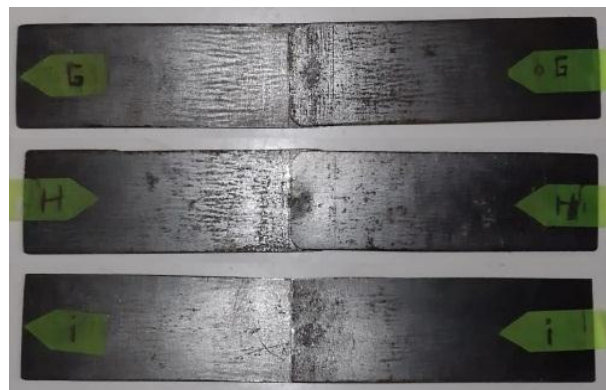
Hasil Pengelasan Titik (*Spot Welding*)



Gambar 1. Plat Baja A, B, C (1 Detik)



Gambar 2. Plat Baja D, E, F (2 Detik)



Gambar 3. Plat Baja G, H, I (3 Detik)

Tabel I Hasil Pengukuran Diameter *Nugget*

Waktu Pengelasan (detik)	Spesimen	Diameter <i>nugget</i> (mm)	\bar{X} (Rata-rata)
1	A	3	3,3 mm
	B	3,2	
	C	3,6	
2	D	3,5	3,3 mm
	E	3,1	
	F	3,3	
3	G	3,4	3,3 mm
	H	3,5	
	I	3	

Dari tabel I dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan rata-rata diameter *nugget* tiap spesimen berdasarkan waktu pengelasan titik (*spot welding*) pada pelat baja SPCEN. Hasil pengelasan titik (*spot welding*) dengan waktu 1 detik, 2 detik dan 3 detik memiliki besar diameter *nugget* yang sama dengan rata-rata sebesar 3,3 mm.

Hasil Uji Kekerasan

Tabel II Hasil Pengujian HRB

Waktu Pengel asan (detik)	Nama Spesi men	Uji Titik Kekera san	Hasil Uji Titik Kekera san (HRB)	\bar{X} (Rata-rata)	
				\bar{X} <i>nugget</i> a	\bar{X} HAZ b1 dan b2 = b3
1	A	a	116,3	116,3	-
		b1	118,3	-	118,2
		b2	118,1		
	B	a	116,7	116,7	-
		b1	118,4	-	118,3
		b2	118,2		
	C	a	116,9	116,9	-
		b1	118,2	-	118,1
		b2	118,0		
	Rata-rata total			116,6	118,2

Waktu Pengel asan (detik)	Nama Spesi men	Uji Titik Kekera san	Hasil Uji Titik Kekera san (HRB)	\bar{X} (Rata-rata)	
				\bar{X} <i>nugget</i> a	\bar{X} HAZ b1 dan b2 = b3
2	D	a	117,2	117,2	-
		b1	118,1	-	118,2
		b2	118,3		
	E	a	117,2	117,2	-
		b1	118,2	-	118,3
		b2	118,4		
	F	a	116,8	116,8	-
		b1	118,5	-	118,6
		b2	118,6		
	Rata-rata total			117,1	118,4
3	G	a	117,8	117,8	-
		b1	118,4	-	118,5
		b2	118,5		
	H	a	117,6	117,6	-
		b1	118,3	-	118,5
		b2	118,7		
	I	a	118,3	118,3	-
		b1	119,3	-	119,2
		b2	119,1		
	Rata-rata total			117,9	118,7

Dari tabel II dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan rata-rata titik uji kekerasan tiap spesimen berdasarkan waktu pengelasan titik (*spot welding*) pada pelat baja SPCEN. Hasil rata-rata total uji titik kekerasan dengan waktu 1 detik dititik *nugget* (a) sebesar 116,6 HRB dan HAZ (b3) sebesar 118,2 HRB, sedangkan rata-rata total uji titik kekerasan dengan waktu 2 detik dititik *nugget* (a) sebesar 117,1 HRB dan HAZ (b3) sebesar 118,4 HRB dan rata-rata total uji titik kekerasan dengan waktu 3 detik dititik *nugget* (a) sebesar 117,9 HRB dan HAZ (b3) sebesar 118,7 HRB.

Hasil Uji Geser

Tabel III Hasil Pengujian Geser

Waktu Pengelasan (detik)	Spesimen	Hasil Uji Geser	
		Tegangan (N/m ²)	F Beban Maksimal (Newton)
1	A	298,17	1610,14
	B	292,19	1577,8
	C	294,09	1588,09
	Rata-rata	294,82	1592,01
2	D	384,74	2077,6
	E	410,24	2215,29
	F	394,27	2129,05
	Rata-rata	396,42	2140,65
3	G	402,25	2172,17
	H	434,19	2344,65
	I	411,24	2220,68
	Rata-rata	415,89	2245,83

Dari tabel III dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan rata-rata tegangan dan beban tiap spesimen berdasarkan waktu pengelasan titik (*spot welding*) pada pelat baja SPCEN. Hasil rata-rata pengujian geser dengan waktu 1 detik untuk *stress* (tegangan) sebesar 294,82 N/m² dan beban maksimal sebesar 1592,01 *Newton*, sedangkan pengujian geser dengan waktu 2 detik untuk *stress* (tegangan) sebesar 396,42 N/m² dan beban maksimal sebesar 2140,65 *Newton* dan pengujian geser dengan waktu 3 detik untuk *stress* (tegangan) sebesar 415,89 N/m² dan beban maksimal sebesar 2245,83 *Newton*.

Hasil Data Uji Anova One Way Pengujian Kekerasan

Tabel IV Uji Anova One Way Kekerasan

ANOVA					
Kekerasan					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,487	2	1,243	13,482	,006
Within Groups	,553	6	,092		
Total	3,040	8			

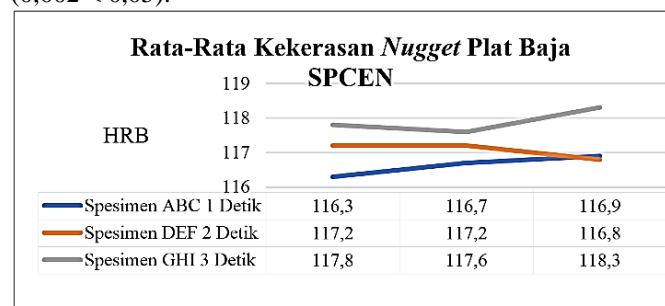
Pada tabel IV dapat disimpulkan bahwa nilai F hitung lebih besar daripada nilai F tabel (13,482 > 5,14) dan nilai signifikan 0,006 kurang dari 0,05 (0,00 < 0,05) maka Ha diterima dan Ho ditolak. Dengan kata lain ada pengaruh waktu pengelasan titik (*spot welding*) secara signifikan terhadap kekerasan pada plat baja SPCEN.

Tabel V Hasil Uji LSD Pengujian Kekerasan

Multiple Comparisons						
Dependent Variable: Kekerasan						
LSD						
(i) Waktu	(j) Waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1 Detik	2 Detik	-.43333	,24795	,131	-1,0401	,1734
	3 Detik	-1,26667	,24795	,002	-1,8734	-,6599
2 Detik	1 Detik	,43333	,24795	,131	-,1734	1,0401
	3 Detik	-,83333	,24795	,015	-1,4401	-,2266
3 Detik	1 Detik	1,26667	,24795	,002	,6599	1,8734
	2 Detik	,83333	,24795	,015	,2266	1,4401

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Pada tabel V dapat diketahui 1 detik dengan 2 detik atau sebaliknya nilai signifikannya 0,131 bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan (0,131 > 0,05). Untuk 2 detik dengan 3 detik atau sebaliknya nilai signifikannya 0,015 bahwa terdapat pengaruh yang signifikan (0,015 < 0,05). Untuk 1 detik dengan 3 detik atau sebaliknya nilai signifikannya 0,002 bahwa terdapat pengaruh yang signifikan (0,002 < 0,05).



Gambar 4. Grafik Rata-Rata Kekerasan Nugget Plat Baja SPCEN

Gambar grafik 4, data diambil dari tabel II. Hasil rata-rata kekerasan *nugget* terendah terdapat pada pelat baja ABC waktu 1 detik dengan rata-rata kekerasan *nugget* 116,6 HRB dan rata-rata kekerasan *nugget* tertinggi terdapat pada pelat baja GHI waktu 3 detik dengan rata-rata kekerasan *nugget* 117,9 HRB. Terlihat garis HRB pada gambar diatas tidak stabil naik turun dengan waktu yang sama dan voltase yang sama yaitu 1,79 volt, memiliki kekerasan *nugget* yang berbeda dikarenakan pada saat dilakukannya pengelasan titik (*spot welding*) menghasilkan *ampere* yang tidak sama besarnya dengan diukur menggunakan alat pengukur *clamp meter*.

Hasil Data Uji Anova One Way Pengujian Geser

Tabel VI Hasil Uji Anova One Way Pengujian Geser

ANOVA					
Geser					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	739551,378	2	369775,689	85,167	,000
Within Groups	26050,690	6	4341,782		
Total	765602,068	8			

Pada tabel VI dapat disimpulkan bahwa nilai F hitung lebih besar daripada nilai F tabel (85,167 > 5,14) dan nilai signifikan 0,00 kurang dari 0,05 (0,00 < 0,05) maka Ha diterima dan Ho ditolak. Dengan kata lain ada pengaruh waktu

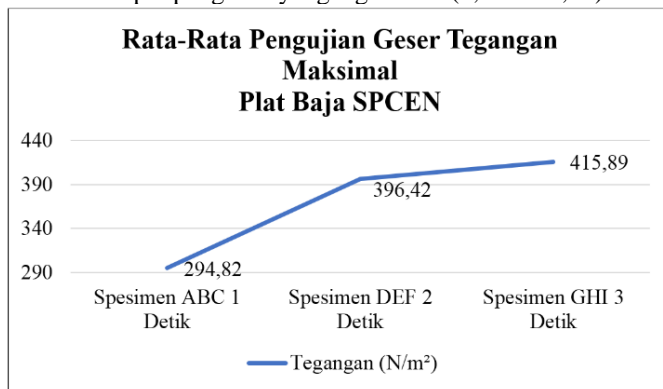
pengelasan titik (*spot welding*) secara signifikan terhadap kekuatan geser pada plat baja SPCEN.

Tabel VII Hasil Uji LSD Pengujian Geser

Multiple Comparisons						
Dependent Variable: Geser						
LSD						
		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
(I) Waktu	(J) Waktu				Lower Bound	Upper Bound
1 Detik	2 Detik	-548,63667 [*]	53,80075	,000	-680,2824	-416,9910
	3 Detik	-653,82333 [*]	53,80075	,000	-785,4690	-522,1776
2 Detik	1 Detik	548,63667 [*]	53,80075	,000	416,9910	680,2824
	3 Detik	-105,18667	53,80075	,098	-236,8324	26,4590
3 Detik	1 Detik	653,82333 [*]	53,80075	,000	522,1776	785,4690
	2 Detik	105,18667	53,80075	,098	-26,4590	236,8324

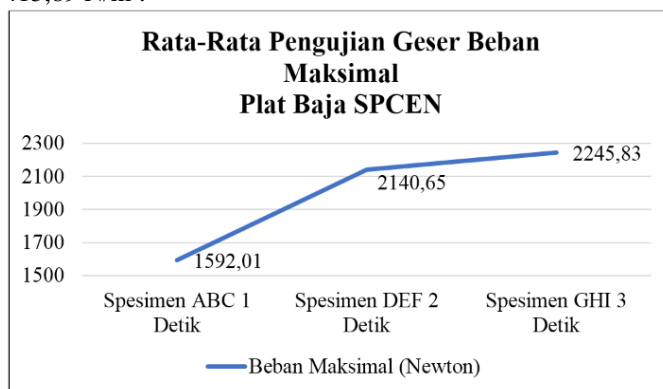
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Pada tabel VII dapat diketahui 1 detik dengan 2 detik atau sebaliknya nilai signifikannya 0,000 bahwa terdapat pengaruh yang signifikan ($0,000 < 0,05$). Untuk 2 detik dengan 3 detik atau sebaliknya nilai signifikannya 0,098 bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan ($0,098 > 0,05$). Untuk 1 detik dengan 3 detik atau sebaliknya nilai signifikannya 0,000 bahwa terdapat pengaruh yang signifikan ($0,000 < 0,05$).



Gambar 6. Grafik Rata-Rata Pengujian Geser Tegangan Maksimal Plat Baja SPCEN

Gambar grafik 6, data diambil dari tabel III. Hasil rata-rata kekuatan geser tegangan maksimal terendah terdapat pada pelat baja ABC waktu 1 detik dengan rata-rata 294,82 N/m² dan rata-rata kekuatan geser tegangan maksimal tertinggi terdapat pada pelat baja GHI waktu 3 detik dengan rata-rata 415,89 N/m².



Gambar 7. Grafik Rata-Rata Pengujian Geser Beban Maksimal Plat Baja SPCEN

Gambar grafik 7, data diambil dari tabel III. Hasil rata-rata kekuatan geser beban maksimal terendah terdapat pada pelat baja ABC waktu 1 detik dengan rata-rata 1592,01 *Newton*. Hasil rata-rata kekuatan geser beban maksimal tertinggi terdapat pada pelat baja GHI waktu 3 detik dengan rata-rata 2245,83 *Newton*.

Pengaruh Waktu Pengelasan Titik (*Spot Welding*) Terhadap Kekerasan

Diketahui dari hasil data pengujian kekerasan tabel II memiliki kekuatan kekerasan rata-rata yang berbeda-beda. Pada tabel IV menunjukkan ada pengaruh waktu pengelasan titik (*spot welding*) secara signifikan terhadap kekerasan pada pelat baja SPCEN. Hal tersebut dapat diketahui dari hasil data menggunakan anova tunggal (*anova one way*) menggunakan software SPSS yang dijelaskan pada analisa hasil penelitian kekerasan.

Dari hasil data diketahui bahwa hasil rata-rata kekerasan *nugget* tertinggi terdapat pada pelat baja GHI waktu 3 detik dengan rata-rata kekerasan *nugget* 117,9 HRB yang artinya *full hardness* karena sifat kekerasan (*Hardness*) *Rockwell* baja SPCEN minimal *full hardness* 85 HRB. Menjadikan semakin lama waktu pengelasan titik (*spot welding*) rata-rata kekerasannya meningkat.

Maka semakin besar arus yang digunakan, semakin besar pula panas yang ditimbulkan dan menjadikan kekerasan semakin kuat, padat dan meleburnya lebih baik yang berbanding lurus dengan sambungan lasnya. Ini sesuai dengan persamaan rumus (Amstead B.H, 1995):

$$H = I^2 R \cdot t$$

Keterangan: H = Panas (*joule*)

I = Arus (*ampere*)

R = Resistansi listrik / hambatan (*ohm*)

t = Waktu (detik)

Dimana arus (I) berbanding lurus dengan panas (H), jika nilai arus (I) besar maka nilai panas (H) juga akan besar.

Pengaruh Waktu Pengelasan Titik (*Spot Welding*) Terhadap Kekuatan Geser

Diketahui dari hasil data pengujian geser tabel III memiliki tegangan dan beban maksimal rata-rata yang berbeda-beda. Pada tabel VI menunjukkan ada pengaruh waktu pengelasan titik (*spot welding*) secara signifikan terhadap kekuatan geser pada pelat baja SPCEN. Dari hasil data diketahui bahwa hasil rata-rata kekuatan geser tertinggi terdapat pada pelat baja GHI waktu 3 detik. Menjadikan semakin lama waktu pengelasan titik (*spot welding*) maka semakin besar arus yang digunakan, semakin besar pula panas yang ditimbulkan dan menjadikan sambungan las semakin kuat, padat dan meleburnya lebih baik. Untuk daerah elastis linier, tegangan geser berbanding lurus dengan regangan geser, sesuai dengan persamaan rumus

Hukum Hooke (*Hooke's Law*):

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Keterangan: τ = Tegangan geser (N/m²)

F = Gaya yang diterapkan (Newton)

A = Luas spesimen (m²)

Dan sesuai dengan persamaan rumus (Amstead B.H, 1995):

$$H = I^2.R.t$$

Keterangan: H = Panas (*joule*)

I = Arus (*ampere*)

R = Resistansi listrik / hambatan (*ohm*)

t = Waktu (*detik*)

Dimana arus (I) berbanding lurus dengan panas (H), jika nilai arus (I) besar maka nilai panas (H) juga akan besar.

Pengaruh Waktu Pengelasan Titik (*Spot Welding*) Terhadap Diameter Nugget

Diketahui dari hasil data pengujian diameter *nugget* tabel I memiliki diameter *nugget* rata-rata yang sama. Bahwa semakin lama waktu pengelasan titik (*spot welding*) maka semakin besar arus yang digunakan, semakin besar pula panas yang ditimbulkan dan menjadikan hasil las *nugget* lebih baik. Pada saat pengukuran diameter *nugget* terlihat hasil las yang terjadi semakin kuat, padat dan meleburnya lebih baik, akan tetapi tidak menjadikan diameter *nugget* semakin besar pula.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data pada pengujian kekerasan dan pengujian geser pelat baja SPEN, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Terdapat pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan *nugget* dan kekuatan geser. Semakin lama waktu pengelasan, maka kekerasan *nugget* yang terjadi menjadi lebih baik dan kekuatan geser semakin besar pula. Semakin lama waktu pengelasan hasil *nugget* semakin baik dan tidak berpengaruh terhadap besar diameter *nugget*.
- Waktu yang terbaik pada pengelasan titik (*spot welding*) untuk kekerasan dan kekuatan geser pada pelat baja SPEN adalah waktu 3 detik karena dengan hasil kekerasan dan kekuatan geser tertinggi dengan kekerasan *nugget* 117,9 HRB *full hardness*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Rasa terima kasih peneliti sampaikan kepada kedua orang tua dan keluarga peneliti skripsi yang telah memberikan doa dan dukungan baik secara moril maupun materi.

REFERENSI

DAFTAR PUSAKA

- [1] ASTM International. 2001. "Standard Test Method For Apparent Shear Strength Of Single Lap Joint Adhesively Bonded Metal Specimens". United States: West Conshohocken.
- [2] ASTM International. 2004. "Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials". United States: West Conshohocken.
- [3] Deutsche Norm. 1995. "Rockwell Hardness Testing of Metallic Materials Modified Rockwell Scales BM and FM (For Thin Sheet Steel)". German: German Institute for Standardisation.
- [4] Drastiawati, Novi Sukma dan Zakiyya, Hanna. 2018. *Proses Manufaktur II (Teknik Pengelasan)*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- [5] Muamar Muslih, Nicho. 2012. "Analisa Pengaruh Parameter Pengelasan Spot Welding Terhadap Kekuatan Geser Pada Material Aluminium". Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [6] Nugroho, Eko, Dharma, Untung Surya, dan Karuniawan, Sodik. 2018. "Analisis Pengaruh Ketebalan Plat Baja Karbon Rendah Dan Lama Penekanan Pada Pengelasan Titik (Spot Welding) Terhadap Nilai Kekuatan Tarik". Lampung: Universitas Muhammadiyah Metro.
- [7] Purwo Raharjo, Wahyu dan Ariawan, Dody. 2005. "Pengaruh Welding Time Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan, Sambungan Lap Baja Tahan Karat Feritik AISI 430 Dengan Metode Resistance Spot Welding". Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- [8] Rinaldo, Edo. 2010. *Pengaruh Perubahan Waktu Pengelasan Pada Spot Welding Terhadap Kekuatan Sambungan, Diameter Nugget, Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja SPEN Imm*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [9] Silaban, Valco, Waskito, dan Purwantono. 2016. "Pengaruh Parameter Pengelasan Spot Welding Terhadap Kekuatan Geser Pada Aluminium". Padang: Universitas Negeri Padang.
- [10] Tim Penyusun. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi Program Sarjana Strata I Universitas Negeri Surabaya*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- [11] Wicaksono, Qolil. 2015. "Proses Pembuatan Fuel Tank Suzuki Satria FU 150 Pada Section Welding Di PT. Suzuki Indomobil Motor". Depok: Gunadarma University.
- [12] Yukichi, Fukuzawa. 2005. "JIS G 3141 : 2005 (JISF) Cold-reduced Carbon Steel Sheets And Strips". Japan: Japanese Standards Association.