

**ANALISA PENGARUH LAPISAN ZINC HASIL PROSES *ELECTROPLATING*
TERHADAP SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN LAS TITIK BEDA
MATERIAL ANTARA *ALUMINIUM* DAN *STAINLESS STEEL***



Disusun sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I Pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Oleh :

PUTRA EKO PURNOMO

D 200 130 160

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN
ANALISA PENGARUH LAPISAN ZINC HASIL PROSES *ELECTROPLATING*
TERHADAP SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN LAS TITIK BEDA MATERIAL
ANTARA *ALUMINIUM* DAN *STAINLESS STEEL*

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

PUTRA EKO PURNOMO

NIM : D 200 130 160

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



M. AL-FATIH HENDRAWAN, S.T., MT.

NIK.976

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH LAPISAN ZINC HASIL PROSES *ELECTROPLATING*
TERHADAP SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN LAS TITIK BEDA MATERIAL
ANTARA ALUMINIUM DAN STAINLESS STEEL**

OLEH :

PUTRA EKO PURNOMO

NIM : D 200 130 160

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Selasa, 3 April 2018

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. M.Al-Fatih Hendrawan,S.T.,MT.

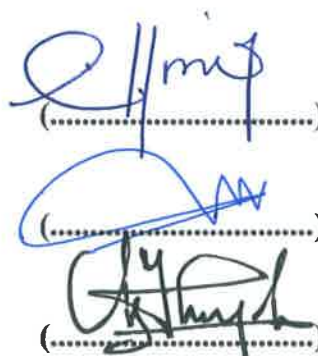
(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir.Agung Setyo Darmawan, MT.

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Ir. Agus Hariyanto, MT.

(Anggota II Dewan Penguji)



Dekan,

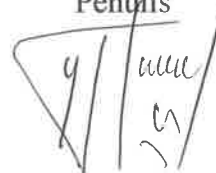
Ir. Sri Sunarsono, MT., Ph.D.,IPM
NIK. 0630126302

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 03 April 2018

Penulis


PUTRA EKO PURNOMO

NIM : D 200 130 160

**ANALISA PENGARUH LAPISAN ZINC HASIL PROSES *ELECTROPLATING*
TERHADAP SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN LAS TITIK BEDA
MATERIAL ANTARA *ALUMINIUM* DAN *STAINLESS STEEL***

ABSTRAK

Spot welding merupakan salah satu metode pengelasan resistansi listrik yang sering digunakan pada industri otomotif. *Stainless steel* dan aluminium merupakan material yang tidak bisa lepas dalam bidang industri otomotif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik sambungan las titik antara *aluminium* dan *stainless steel*. Penelitian ini menggunakan metode pengelasan titik dengan logam tak sejenis dan lapisan *zinc* hasil proses pelapisan *electroplating*. Penelitian dilakukan dengan parameter arus 6000 A, 7000 A, 8000 A dan waktu pengelasan 0,2 detik, 0,3 detik, 0,4 detik. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian tarik-geser dengan standar uji ASME QW-462.9 dan pengujian *vickers microhardness* dengan standar uji AWS D8.9-97. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan lapisan *zinc* proses *electroplating* berpengaruh *negative* terhadap kekuatan sambungan las. Untuk kekuatan sambungan las yang paling optimal terjadi pada spesimen tanpa lapisan *zinc* pada variasi arus 8000 A dan waktu 0,4 detik. Sedangkan untuk nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah logam las (nugget) pada spesimen tanpa menggunakan lapisan *zinc* hasil proses *electroplating* dengan arus 8000 A dan waktu 0,4 detik.

Kata Kunci: *Spot Welding*, Beda Material, lapisan *Electroplating Zinc*, Uji Mekanik.

ABSTRACT

Spot welding is one of the electrical resistance welding methods that are often used in the automotive industry. Stainless steel and aluminum are materials that can not be separated in the field of automotive industry. This study aims to determine the mechanical properties of the point weld joint between aluminum and stainless steel. This research uses point welding method with unlike metals and zinc coating result of electroplating coating process. The study was conducted with current parameters of 6000 A, 7000 A, 8000 A and welding time of 0.2 seconds, 0.3 seconds, 0.4 seconds. The tests were tensile test with ASME QW-462.9 test standard and vickers microhardness test with AWS test standard D8.9-97. The results showed that the addition of zinc layer of electroplating process has a negative effect on the strength of welded joints. For the most optimal welded joint strength occurs in specimens without zinc coating on current variations of 8000 A and time of 0.4 seconds. As for the highest hardness value found in the area of metal welding (nugget) on the specimen without using zinc layer result of electroplating process with current 8000 A and time 0,4 second.

Keywords: Spot Welding, Beda Material, Zinc Electroplating layer, Mechanical Test

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi semakin maju, baik di dalam perakitan maupun perawatan. Seiring kemajuan teknologi dalam bidang konstruksi, membuat kebutuhan pengelasan semakin dibutuhkan. Banyak metode yang digunakan dalam proses pengelasan logam, salah satu pengelasan yang cukup maju adalah *Resistance Spot Welding (RSW)* atau sering di kenal dengan las titik. RSW atau Las titik merupakan teknologi las yang banyak digunakan di dalam industri untuk menyambung dua buah material atau lebih berbentuk lembaran atau pelat menggunakan panas yang dihasilkan dari tahanan arus listrik. Dalam industri otomotif, penggunaan las titik banyak digunakan untuk pengelasan bodi kendaraan yang merupakan material berbentuk lembaran atau pelat.

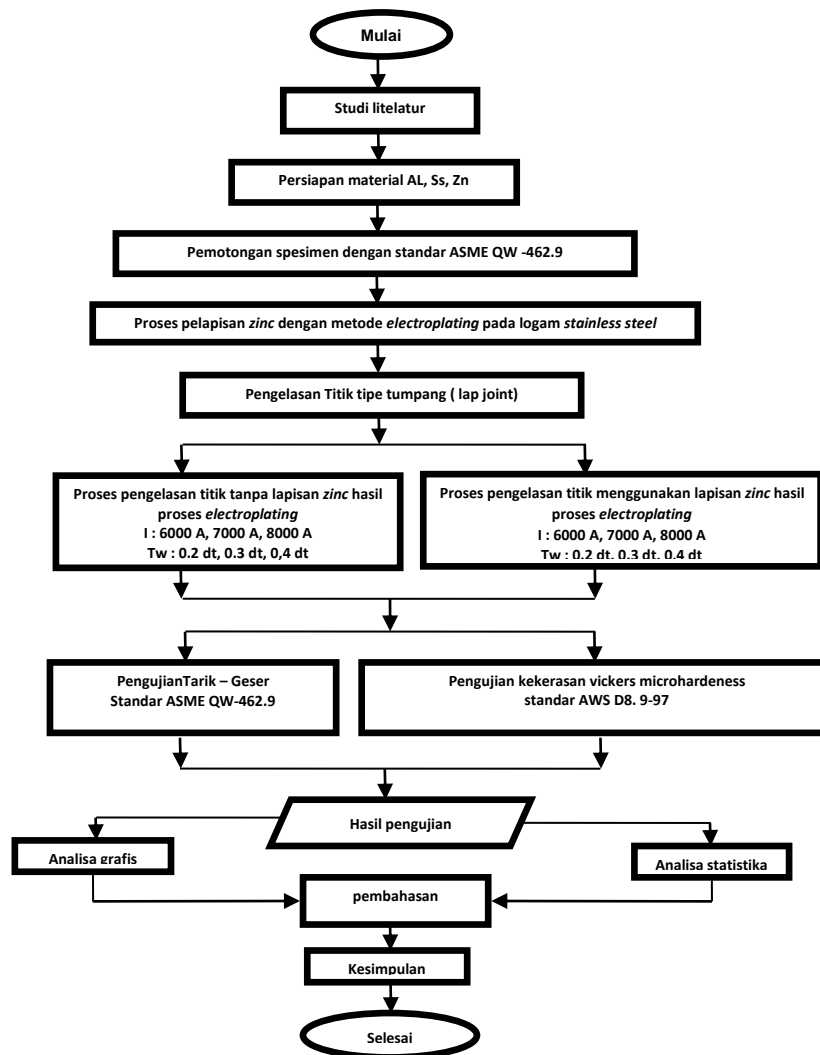
Material yang di gunakan antara lain Aluminium (*Al*) dan *Stainless steel (SS)*. Aluminium (*Al*) merupakan material yang ringan, tahan terhadap korosi, merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Sedangkan *Stainless Steel* merupakan material yang memiliki ketahanan terhadap korosi, ketangguhan yang baik dan sifat mampu potong yang baik.

Electroplating merupakan suatu proses pengendapan pada katoda disebabkan oleh adanya perpindahan ion-ion bermuatan listrik dari anoda dengan perantara larutan elektrolit, yang terjadi secara terus menerus pada tegangan konstan hingga akhirnya mengendap dan menempel kuat membentuk lapisan dipermukaan benda logam.

Penggabungan material beda jenis dengan metode pengelasan titik sudah dilakukan oleh beberapa peneliti. Namun penggabungan beda material dengan menggunakan metode *electroplating zinc* sebagai pelapis yang berfungsi sebagai perantara material yang satu dengan material lainnya merupakan pengembangan dalam cara pengelasan.

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

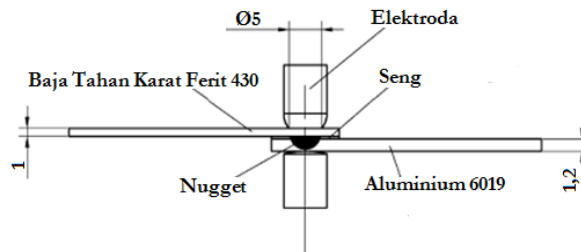
2.2 Alat dan Bahan

Bahan yang di gunakan adalah baja tahan karat tipe ferrit 430 dengan ketebalan 1 mm, aluminium seri 6019 dengan tebal 1,2 mm dan hasil elektroplating Zinc (Zn) terhadap *Stainless Steel* bahan tersebut dibentuk sesuai dengan standar ASME QW-462.9.

2.3 Langkah Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan elektroplating dan pengelasan titik (*Spot Welding*) tipe sambungan tumpang (Lap Joint). Spesimen dibagi menjadi

dua kelompok yaitu tanpa lapisan zinc dan menggunakan lapisan *zinc* dengan metode *electroplating* dengan variasi parameter arus dan waktu pengelasan yaitu arus 6000 A; 7000 A; 8000 A dan waktu pengelasan 0.2 detik; 0,3 detik 0,4 detik.



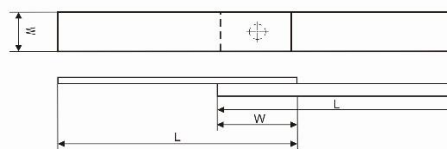
Gambar 2. Skema Pengelasan

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tegangan geser dan pengujian kekerasan:

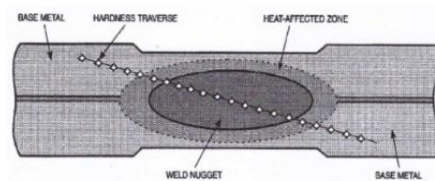
Pengujian tegangan geser pada penelitian ini menggunakan standard ASME QW-462.9 dan pengujian kekerasan Vickers microhardness menggunakan standard AWS D8. 9-97 dengan ukuran sebagai berikut :

L = Panjang Spesimen 101,6 mm

W = Lebar 25,4 mm



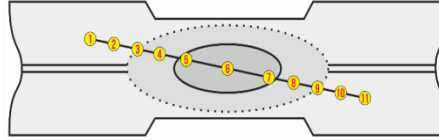
Gambar 2. Standar Pengujian geser ASME QW-462.9



Gambar 3. Standar pengujian kekerasan AWS D8.9-97

Pada gambar 3 menunjukkan pengujian kekerasan menggunakan aturan sesuai standar AWS D8.9-97. Semua pengujian dilakukan pada suhu $23 \pm 5^\circ\text{C}$. Beban peneknan konstan yang digunakan adalah 0,2 Kg (1961 N) untuk semua penekanan, penekanan dilakukan dengan jarak 4mm atau tidak kurang dari rata-rata diagonal tiap sudut yang berdampingan pada lekukan. Kecepatan indentor

mendekati permukaan spesimen tidak lebih dari 200 μm / detik. Waktu lama penekanan dari awal pemberian gaya pada pengujian adalah 10 detik.



Gambar 4. Daerah las material *Stainless Steel* dan *Aluminium* dengan lapisan *zinc* hasil proses *electroplating*

Gambar 4 menunjukkan daerah las material *Stainless Steel* dan *Aluminium* dengan lapisan *zinc* hasil proses *electroplating* dapat dilihat bahwa menurut standar AWS D8.9-97, pada angka 1-2 menunjukkan *Base metal Stainless steel*, 3-4 menunjukkan daerah *HAZ Stainless steel*, angka 5 menunjukkan daerah *nugget Stainless Steel*, angka 6 menunjukkan *nugget mix*, angka 7 menunjukkan *nugget Aluminium*, angka 8-9 menunjukkan *HAZ Aluminium*, dan pada angka 10-11 menunjukkan *base metal aluminium*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Tegangan Geser

Pengujian tegangan geser dilakukan untuk mengetahui kekuatan sambungan las titik dalam menahan beban yang diberikan. Nilai kekuatan geser pada umumnya dinyatakan dalam satuan N/mm^2 atau pascal (Pa) yang diperoleh dari rumus gaya dibagi dengan luasan daerah yang terkena gaya geser. Daerah yang terkena gaya geser pada sambungan adalah pada daerah *nugget*. Pada proses pengujian geser diberikan gaya statik yang meningkat secara perlahan, sambungan las titik menerima pembebanan dalam bentuk gaya tarik dimana arah pembebanan tersebut adalah normal menuju bidang dari sambungan las sampai spesimen akhirnya putus.

Tabel 1. Hasil Pengujian geser spesimen tanpa lapisan zinc

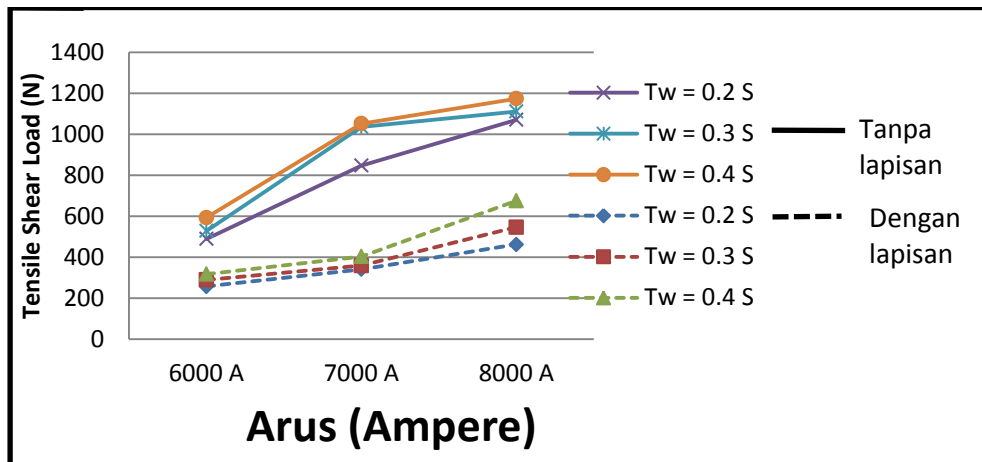
NO	ARUS (A)	Tw (s)	Fm (N)		Fm Rata-rata (N)
			1	2	
1	6000	0.2	480.17	498.40	489.28
2		0.3	516.04	540.56	528.3

3		0.4	592.12	593.45	592.78
4	7000	0.2	827.70	865.44	846.57
5		0.3	1027.36	1043.42	1035.39
6		0.4	1054.91	1048.12	1051.51
7	8000	0.2	1062.22	1077.65	1069.93
8		0.3	1102.49	1119.35	1110.92
9		0.4	1161.01	1186.22	1173.61

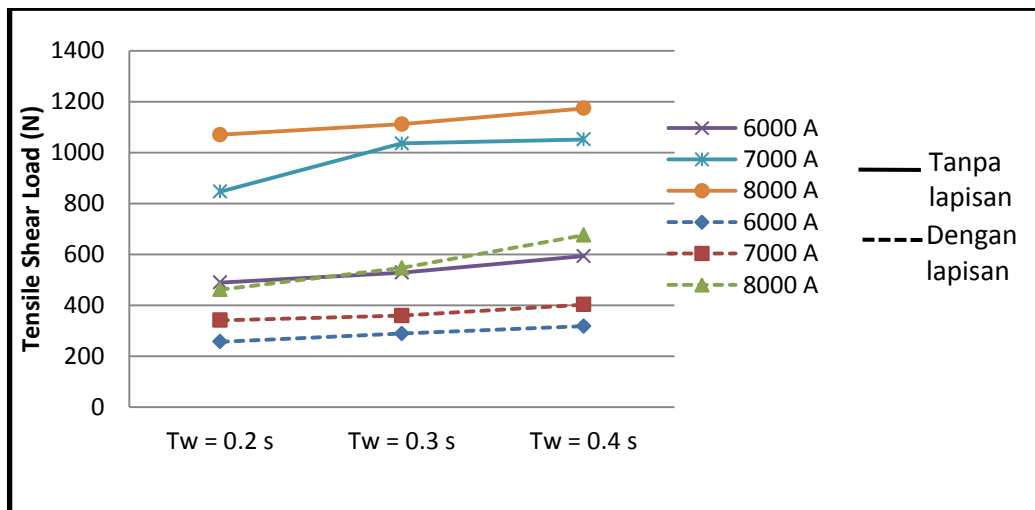
Tabel 2. Hasil pengujian tegangan geser spesimen dengan lapisan *zinc*

NO	ARUS (A)	Tw (s)	Fm (N)		Fm Rata-rata (N)
			1	2	
1	6000	0.2	250.88	262.73	256.80
2		0.3	279.89	297.39	288.64
3		0.4	317.89	316.7	317.29
4	7000	0.2	368.16	313.11	340.63
5		0.3	322.41	395.26	358.83
6		0.4	386.77	418.62	402.69
7	8000	0.2	434.02	489.31	461.6
8		0.3	585.17	507.06	546.11
9		0.4	669.71	680.81	675.26

Hasil pengujian pada table 1 dan 2 menunjukkan bahwa penggunaan lapisan *zinc* hasil proses *electroplating* berpengaruh negatif terhadap kekuatan geser pada sambungan las. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh alumina (Al_2O_3) yang terdapat pada lapisan *electroplating*. Dimana senyawa ini mempunyai sifat *insulator* (penghambat panas dan listrik) yang baik sehingga menyebabkan proses pengelasan tidak terjadi secara maksimal.



Gambar 5. Grafik pengaruh arus listrik terhadap kekuatan geser sambungan las



Gambar 6. Grafik pengaruh welding time terhadap kekuatan geser sambungan las

Dari gambar 5 dan 6 diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan lapisan *zinc* hasil proses *electroplating* berpengaruh *negative* terhadap kekuatan geser sambungan las. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh alumina (Al_2O_3) yang terdapat pada lapisan *electroplating*. Dimana senyawa ini mempunyai sifat *insulator* (peghambat panas dan listrik) yang baik sehingga menyebabkan proses pengelasan tidak terjadi secara maksimal.

Hipotesis:

H0 = Hasil percobaan menunjukkan bahwa sambungan las menggunakan lapisan zinc dan tidak menggunakan lapisan zinc hasil proses *electroplating* dinyatakan sama.

Artinya bahwa tidak ada pengaruh adanya penggunaan lapisan zinc terhadap sambungan las.

H1 = Hasil percobaan menunjukkan bahwa sambungan las menggunakan lapisan zinc dan tidak menggunakan lapisan zinc hasil proses *electroplating* dinyatakan tidak sama.

Artinya bahwa penggunaan lapisan zinc berpengaruh terhadap sambungan las.

Tingkat kepercayaan sebesar 95%

Nilai signifikan $\alpha = 5 \% = 0,05$

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan lapisan zinc hasil proses *electroplating* berpengaruh terhadap nilai kekuatan geser sambungan las. Hal ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 3. Hasil pengujian statistik kekuatan geser

Descriptives

rata-rata

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
non filler	9	881,9489	246,77519	82,25840	692,2607	1071,6371	507,22	1173,61
dengan filler	9	405,3167	134,92201	44,97400	301,6064	509,0269	256,80	675,26
Total	18	643,6328	312,02543	73,54510	488,4662	798,7994	256,80	1173,61

Test of Homogeneity of Variances

rata-rata

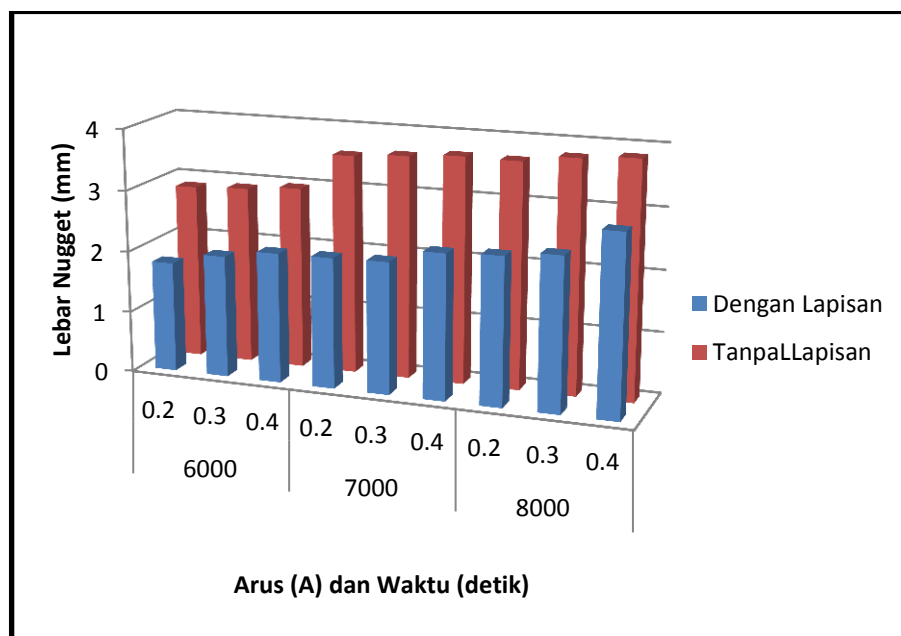
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4,987	1	16	,040

ANOVA

rata-rata					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1022302	1	1022302,239	25,848	,000
Within Groups	632815,6	16	39550,972		
Total	1655118	17			

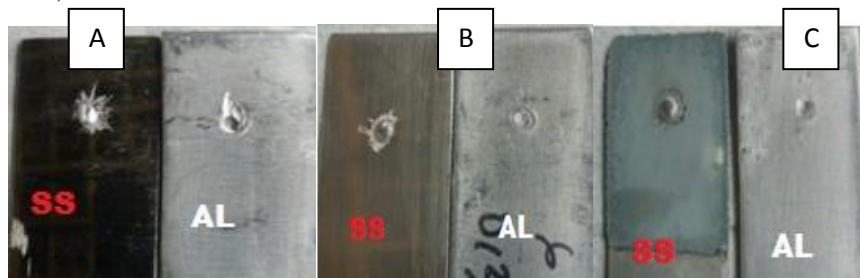
Hipotesis:

Analisa secara statistik bertujuan untuk menentukan pengaruh penggunaan lapisan berpengaruh terhadap kekuatan geser sambungan las. Analisis menggunakan *software* statistik SPSS 19. Metode yang digunakan yaitu *one way anova (analysis of variance)*. Hasil pengujian *one way anova* menunjukkan terdapat pengaruh variabel independen penambahan lapisan *zinc* yang dapat dilihat pada tabel 4.3. Berdasarkan hipotesis, variabel independen penambahan lapisan *zinc* memenuhi kriteria H1 diterima yaitu penambahan lapisan *zinc* berpengaruh terhadap kekuatan geser sambungan las. Pada tabel hasil pengujian, lapisan *zinc* menunjukkan nilai F sebesar 25.848 dan nilai $\alpha = 0,000$ lebih kecil dari nilai *sig.* 0,050.



Gambar 7. Grafik pengaruh lapisan *zinc* hasil proses *electroplating* terhadap lebar logam las (*nugget*).

Dari gambar 10 pada penggunaan lapisan *zinc* hasil proses *electroplating* cenderung mempunyai diameter *nugget* yang lebih kecil daripada tanpa menggunakan lapisan *zinc*. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh alumina (Al_2O_3) yang terdapat pada lapisan *electroplating*. Dimana senyawa ini mempunyai sifat *insulator* (penghambat panas dan listrik) yang baik sehingga menyebabkan proses pengelasan tidak terjadi secara maksimal. Sedangkan semakin besar parameter arus listrik dan waktu pengelasan yang diberikan, maka semakin besar pula kekuatan sambungan las yang dihasilkan. Hasil penelitian sesuai dengan persamaan dasar masukan panas (*heat input*) pada las titik yaitu $H = I^2.R.t$ dimana kuadrat arus berbanding lurus terhadap masukan panas (*heat input*). Sedangkan arus yang besar akan mengakibatkan logam yang mencair dan membentuk nugget lebih lebar dan mengakibatkan kekuatan gesernya juga meningkat (Agustriyana L,dkk.2011).



Gambar 7. Pola kegagalan uji geser sambungan tanpa lapisan *zinc*, *pull out failure* pada aluminium mode (A) dan *interfacial failure mode* (B), menggunakan lapisan *zinc* dan lapisan *zinc* menempel pada stainless steel (C). Ada dua tipe pola kegagalan yang terjadi pada spesimen tanpa lapisan *zinc* hasil proses *electroplating* maupun menggunakan lapisan *zinc* hasil proses *electroplating*, *interfacial failure* merupakan mode kegagalan terjadi melalui perambatan retak melewati *nugget* dan *pull out failure* merupakan mode kegagalan yang terjadi melewati penarikan *nugget*.

3.2 Hasil pengujian kekerasan (*Vicker Microhardness*)

Tabel 4. Nilai kekerasan daerah las pada parameter 6000 A

6000 A	NilaiKekerasan (HVN)					
Daerah Las	Tanpa Lapisan			Dengan Lapisan		
	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec
BM SS	188.9	188.9	188.9	188.9	188.9	188.9
BM SS	174.4	174.4	174.4	174.4	174.4	174.4
HAZ SS	205.6	207.4	211.7	211.8	213	232.2
HAZ SS	199.9	217.9	224.2	242.7	226.7	245.4
Nugget SS	256.6	278.2	281.6	237.6	262.1	273.3
Nugget Zn	-	-	-	109.4	111.3	106.8
Nugget AL	50.3	70.6	82	44.6	61.1	63.4
HAZ AL	43.2	38.9	41.5	48.2	46.5	52.2
HAZ AL	39.6	40.7	42.6	42.3	49.9	47.4
BM AL	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2
BM AL	39.2	39.2	39.2	39.2	39.2	39.2

Tabel 5. Nilai kekerasan daerah las pada parameter 7000 A

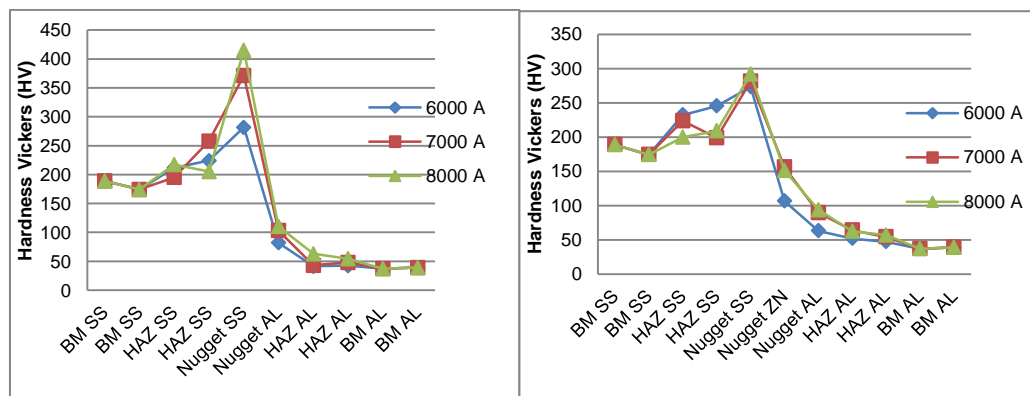
7000 A	NilaiKekerasan (HVN)					
Daerah Las	Tanpa Lapisan			Dengan Lapisan		
	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec
BM SS	188.9	188.9	188.9	188.9	188,9	188.9
BM SS	174.4	174.4	174.4	174.4	174,4	174.4
HAZ SS	197.4	201.3	195	212.4	226,8	223.6
HAZ SS	189.5	212.2	258	198.2	212,9	198.9
Nugget SS	283	363	371.5	278.3	279.2	281.2
Nugget Zn	-	-	-	148.8	152.3	156.2
Nugget AL	86.9	96.5	103.3	76.2	85.2	89.7
HAZ AL	56.6	63.6	43.1	52.5	55.1	64.2
HAZ AL	41.1	60.4	48.2	53.6	57.4	54.4
BM AL	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2
BM AL	39.2	39.2	39.2	39.2	39.2	39.2

Tabel 6. Nilai kekerasan daerah las pada parameter 8000 A

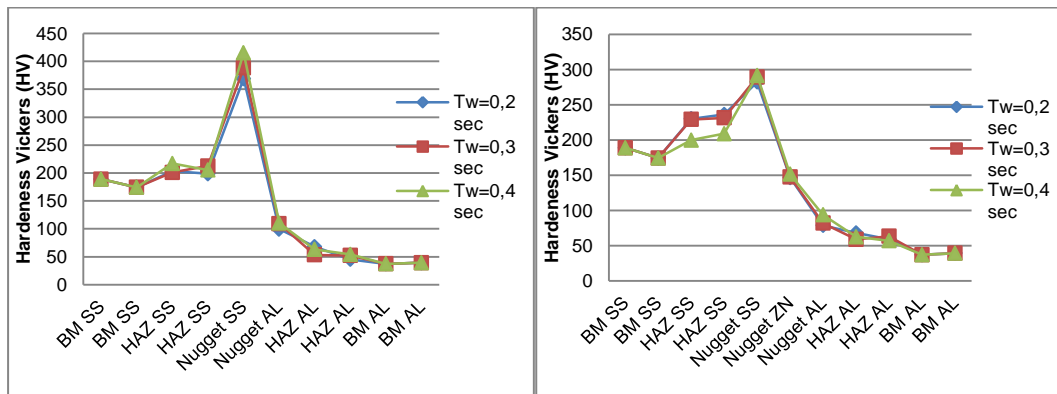
8000 A	NilaiKekerasan (HVN)					
Daerah Las	Tanpa Lapisan			Dengan Lapisan		
	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec
BM SS	188.9	188.9	188.9	188.9	188.9	188.9
BM SS	174.4	174.4	174.4	174.4	174.4	174.4
HAZ SS	203.2	201	217.2	230.1	229.2	199.8

HAZ SS	198.8	212.4	205.3	236.1	231.5	208.9
Nugget SS	369	388.4	415.2	282.3	289.4	291.6
Nugget Zn	-	-	-	146.7	147.6	151.4
Nugget AL	99.4	109.3	110.4	78.7	81.9	93.8
HAZ AL	67.9	53.2	63	67.9	58.9	62.6
HAZ AL	45.4	52.1	54.3	59.2	63.3	56.9
BM AL	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2
BM AL	39.2	39,2	39.2	39.2	39.2	39.2

Dari table 4, 5 dan 6 menunjukkan hasil dimana pada daerah logam las (*nugget*) mempunyai nilai kekerasan yang paling tinggi dibanding daerah lainnya yaitu daerah *HAZ* dan logam induk (*Base Metal*). Sedangkan kekerasan pada spesimen yang menggunakan lapisan *zinc* hasil proses *electroplating* terlihat mempunyai nilai yang lebih kecildaripada spesimen tanpa menggunakan lapisan *zinc*. Dimana lapisan *zinc* hasil proses *electroplating* tidak bisa meleleh secara sempurna. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh alumina (Al_2O_3) yang terdapat pada lapisan *electroplating*. Dimana senyawa ini mempunyai sifat *insulator* (penghambat panas dan listrik) yang baik sehingga menyebabkan proses pengelasan tidak terjadi secara maksimal.

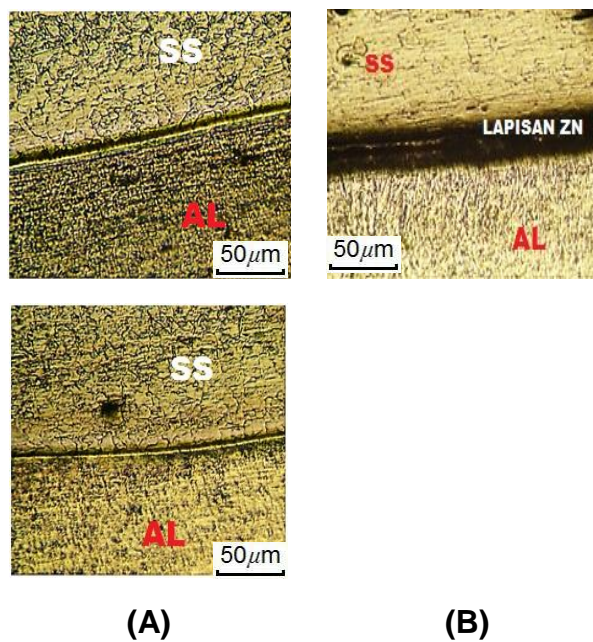


Gambar 8. Grafik distribusi profil kekerasan pada arus 8000 A tanpa lapisan zinc (kiri) dan dengan lapisan *zinc* (kanan)



Gambar 9. Grafik distribusi profil kekerasan pada *weld time* 0,4 detik tanpa lapisan *zinc* (kiri) dan dengan lapisan *zinc* (kanan)

Kekerasan daerah logam las (*nugget*) pada spesimen yang menggunakan lapisan *zinc* mempunyai nilai kekerasan yang lebih rendah daripada spesimen tanpa lapisan *zinc*. Hal ini dapat dilihat pada struktur mikro.



Gambar 10. Perbandingan foto mikro pada daerah logam las (*nugget*). (A) tanpa lapisan *zinc* (B) dengan lapisan *zinc*

Dari hasil pengamatan foto mikro pada daerah logam las pada gambar 10 menunjukkan bahwa butiran yang terdapat pada spesimen *stainless steel* dan aluminium dengan menggunakan lapisan *zinc* hasil proses *electroplating* mempunyai ukuran yang lebih kecil daripada material tanpa menggunakan lapisan

zinc hasil proses *electroplating* .Berdasarkan ilmu metalurgi mekanik, semakin kecil ukuran butir material maka semakin keras dan getas.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa di peroleh penambahan lapisan *zinc* hasil proses pelapisan *electroplating* berpengaruh *negatif* terhadap kekuatan sambungan las, Variasi arus 8000 A dan waktu pengelasan 0,4 detik pada spesimen menggunakan lapisan memiliki kekuatan sambungan sebesar 675,26 N, Kekerasan yang paling optimal terdapat pada material tanpa menggunakan lapisan *zinc* dengan variasi arus 8000 A dan waktu 0,4 detik, Nilai kekerasan pada spesimen tanpa menggunakan lapisan *zinc* dan menggunakan lapisan *zinc* hasil *electroplating* mempunyai kecenderungan yang sama. Kekerasan pada daerah *nugget* mempunyai nilai yang paling tinggi disusul daerah *HAZ* dan kekerasan paling rendah pada daerah logam induk.

DAFTAR PUSTAKA

- ANSI/AWS/SAE/D8.9 American National Standart 1997 *Recommended Practies for test methods for evaluating the Resistance Spot Welding Behavior of Automotive Sheet Steel Materials*, American Welding Society, Miami,p.33-37
- Arghavani, M. dkk (2016) *Role of zinc layer in Resistance spot welding of aluminium to steel*, doi [10.1016/j.matdes.2016.04.033](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.04.033). Departemen of Materials Science and Engineering, Sharif University of Technology, P.O Box 11365-9466, Azadi Ave, Tehran Iran
- ASME IX 2010 *Welding And Brazing Qualification*, American Society Mechanical Engineering, Three Park Avenue, New York,10016 USA
- ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, P.O Box C700, West Chonshohocken, PA 10428-2959, United States.
- Atabaki M, dkk. 2013. *Welding of aluminum alloys to steels: an overview*. OMB No. 0704-0188

- Mirza, F. dkk. 2016. *Effect of Welding Energy on Microstructure and Strength of Ultrasonic Spot Welded Dissimilar Joint of Aluminium to Steel Sheet*.
[Hhttp://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2016.05.040](http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2016.05.040)
- Nachimani, C. and Rajkumar, R. 2013. *Investigating Spot Weld Growth On 304 Austenitic Stainless Steel (2mm) Sheets*. *Journal of Engineering Science and Technology* vol.8, No. 1 (2013) 69-76
- Sun, M. dkk. 2004. *Resistence Spot Welding aluminium alloy to steel with transition material_from process to performance_part 1: Experimental Study*. *Welding Journal* 195-S
- Wirjosumarto H., Okumura T. 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta. Pradya Pramita, Jakarta.