

## Pengaruh Waktu Dan Kuat Arus pada Pengelasan *Micro Resistance Spot Welding* Terhadap Tegangan Tarik Geser

Ario Sunar Baskoro<sup>1,a\*</sup>, Hakam Muzakki<sup>1,a</sup>, Winarto<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, Indonesia (16424)

Tel : (+62 21)7270032 ext 203. Fax : (+62 21)7270033

<sup>2</sup>Departemen Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, Indonesia (16424)

Tel : (+62 21)7863510. Fax : (+62 21)7872350

<sup>a</sup>email : [ario@eng.ui.ac.id](mailto:ario@eng.ui.ac.id), <sup>b</sup>email : [winarto@metal.ui.ac.id](mailto:winarto@metal.ui.ac.id)

### Abstrak

Proses pengelasan *Resistance Spot Welding* (RSW) merupakan teknologi yang umum dipakai di dunia industri. RWS juga bisa dipergunakan untuk menyambung plat dengan ketebalan kurang dari 1 mm, proses pengelasan dengan ketebalan plat kurang dari satu mm disebut *micro welding* atau *Micro Resistance Spot Welding* ( $\mu$ RSW).  $\mu$ RSW masih mengalami kendala karena proses pengelasan plat tipis dengan ketebalan kurang dari 0,5 mm sangat sulit dan mudah terjadi kegagalan atau cacat. Waktu dan arus pengelasan pada RWS telah banyak dikaji oleh para peneliti, dari beberapa penelitian yang telah dipublikasikan belum ada yang membahas pengaruh waktu dan arus pengelasan  $\mu$ RSW terhadap tegangan tarik geser (*tensile shear test*). Parameter waktu yang digunakan dalam makalah ini yaitu waktu siklus 0,5, 1, dan 1,5. Parameter arus 1 kA dan 2kA sedangkan parameter yang lain konstan. Tegangan (voltase) yang digunakan Mesin Las Titik Listrik menggunakan 220 volt 1 fasa. Parameter pengelasan  *Holding Time* atau HT 10 detik CT 1,0 I 2kA menghasilkan tegangan tarik geser yang paling ideal dengan besar tegangan  $420.9 \text{ kN/m}^2$ , mempunyai selisih  $3,6 \text{ kN/m}^2$  jika dibandingkan terhadap tegangan geser parameter HT 10 detik CT 1,5 I 2kA, untuk pengelasan yang menggunakan arus listrik 1kA kenaikannya diatas  $20 \text{ kN/m}^2$  pada setiap perubahan siklus waktu.

**Kata kunci** : Waktu dan Kuat Arus, *Micro Resistance Spot Welding*, Tegangan Geser

### Pendahuluan

*Resistance Spot Welding* (RSW) secara umum digunakan di dunia industri automotif, [1,2] *Electrical Resistance Welding* (ERW) digunakan oleh Min Soon Joo [3] untuk melakukan pengelasan pipa pada pabrik pengolahan minyak (bahan bakar). RSW juga digunakan pada peralatan dirgantara, struktur ringan, pengepakan elektronik, dan peralatan kesehatan [4]. Untuk menyambung plat yang tipis dengan ketebalan kurang dari 1mm disebut las mikro [5]. Material yang disambung dalam makalah ini adalah alumunium A1100 dengan ketebalan 0,4mm, teknologi pengelasan yang digunakan RSW, sehingga metode pengelasan RSW dalam

makalah ini disebut *Micro Resistance Spot Welding* ( $\mu$ RSW). Beberapa peneliti telah mempelajari dan mengembangkan metode RSW.

Weihua Zhang dkk mempelajari mikrostruktur permukaan dan sifat mekanik pada sambungan baja kekuatan tinggi dengan alumunium yang menggunakan RSW sebagai teknologi pengelasan dan silikon alumunium sebagai pelapis diantara baja dan alumunium [6]. Sifat-sifat mekanik dan perubahan keadaan mikrostruktur dari pengelasan titik resisten pada baja *Twinning Induced Plasticity* (TWIP) Fe-31Mn-3Al-3Si telah diteliti oleh Razmpoosh [7]. Pengaruh sifat-sifat permukaan kerja pada RSW telah diteliti oleh Je-Ee Ho dkk [8]. Perilaku siklus kelelahan

tinggi dan karakteristik RSW pada lembaran baja DP 780 dipelajari oleh Tapan Kumar Pal dan Kaushik Bhowmick [9]. Hong - Seok Choi melakukan evaluasi kemampuan sambungan kampuh tunggal antara lembaran baja GA780DP dan hot-stamped 22MnB5 [10]. Kekuatan patah pada daerah yang mencair pada proses RSW telah dipelajari oleh Florent Krajcarz dkk [11]. Telah dipelajari oleh Danial Kianersi dkk keadaan sifat mekanik, karakteristik mikrostruktur, dan transformasi fasa pada sambungan-sambungan RSW lembaran baja tahan karat AISI 316L [12]. Xiaodong Wan dkk telah mempelajari pemodelan pengaruh arus pengelasan pada RSW dari baja DP600 [13]. Hessamoddin Moshayedi dan Iradj Sattari-Far mempelajari RSW serta pengaruh arus dan waktu pengelasan pada tegangan sisa [14]. Pengelasan  $\mu$ RSW belum banyak diteliti oleh para peneliti dan ilmuwan.

Pengaruh arus dan waktu pengelasan  $\mu$ RSW terhadap tegangan tarik dan makrostruktur pada sambungan alumunium A1100 belum pernah dibahas oleh para peneliti atau pada makalah yang dipublikasikan di jurnal. Pengelasan mikro merupakan pengelasan material yang tipis, sehingga peluang terjadinyacacat atau lubang pada hasil pengelasan sangat besar. Diperlukan pendekatan parameter pengelasan yang bisa dijadikan pendekatan untuk menghasilkan kualitas sambungan dari sifat mekanik maupun sifat fisik. Dengan mendapatkan setting parameter pengelasan yang lebih pasti dan bisa dikerjakan secara mudah, hal ini sangat membantu operator untuk menghasilkan kualitas sambungan. Makalah ini akan membahas pengaruh parameter waktu dan arus pengelasan terhadap tegangan tarik geser (tegangan tarik).

## Material dan Metode Penelitian

### Material

Material yang dibahas dalam makalah ini adalah alumunium A1100 dengan ketebalan 0.4mm, material ini juga digunakan oleh

Baskoro, A.S untuk mempelajari pengaruh kecepatan putaran pada friction stir welding [5]. Sifat-sifat dari material ditampilkan dalam tabel 1. Lembaran alumunium dipotong sesuai standart ukuran dari ANSI/AWS dimana untuk ketebalan plat 0.8mm, maka lebar 19mm dan panjang 76mm [7, 12]. Pada standart ukuran spesimen las titik belum ada standarisasi untuk material dengan ketebalan kurang dari 0.8mm, sehingga standart ukuran yang paling rendah digunakan dalam makalah ini. Material yang telah dipotong sesuai standart ditampilkan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Spesimen A 1100

**Tabel 1.** Sifat-sifat material A1100 [13]

Sifat-sifat	Satuan	Besaran
Kekerasan, Brinell	HB	23
Kekuatan tarik maksimum	MPa	89.6
Keuletan	MPa	34.5
Kapasitas panas	J/g-°C	0.904
Konduktifitas panas	W/m-K	222
Titik meleleh	°C	643-657.2

### Mesin Las

Mesin las yang digunakan merupakan mesin RWS untuk perusahaan menengah dan berat. Voltase pada mesin menggunakan 220 Volt 1 fasa. Sistem penggerak elektrode menggunakan tuas pada kaki. Spesifikasi mesin las ditampilkan di dalam tabel 2.

**Tabel 2.** Spesifikasi mesin pengelas yang digunakan

Voltase input		220/380V(1or2 - phase)50/60Hz
Rated Capacity	KVA	25
Arus maksimum yang dikeluarkan	A	12000
Dimension of Troath	Mm	Depth 300, Length 150
Tip holder	Mm	Diameter 22, Length 25
Tip	Mm	Diameter 16, Taper 1/5
Tekanan maksimum elektrode	Kg	150
Debit air pendingin	L/min	6
Ketebalan material yang dilas (max)	Mm	2.5 + 2.5
Berat mesin	Kg	166
Dimensi mesin (LxWxH)	Mm	830 x 375 x 1190
Penggerak Elektrode		Pneumatic Control

### Mikroskop Digital

Mikroskop digital dipergunakan untuk menganalisis dan mengukur luas daerah patahan. Pada makalah ini mikroskop digital yang digunakan Dino Lite dengan perangkat lunak Dino Capture 2.0, perangkat lunak ini bisa beroperasi pada Windows Vista, 7 dan 8. Spesifikasi dari mikroskop ditampilkan dalam tabel 3.

### Metode Pengujian

Spesimen dicuci dengan alkohol untuk membersihkan permukaan spesimen dari kotoran[15]. Setelah dicuci, spesimen dilas untuk setiap parameter pengelasan 5 (lima) spesimen. Parameter pengelasan dalam makalah ini yaitu siklus waktu pengelasan (*time cycle*), arus pengelasan (*welding current*), dan lamanya elektrode terhubung

(*holding time*) [7, 13, 15]. Nilai-nilai dari setiap parameter ditampilkan didalam tabel 4. Hasil pengelasan ditampilkan dalam gambar 2.

**Tabel 3.** Spesifikasi mikroskop digital

ESD Safe	Ya
Fungsi pengukuran	Ya
Fungsi kalibrasi	Ya
Tempat dudukan	Regular
Cap Changeable	Ya (AD / EDGE series)
Polarais	Yes
Number of LEDs	8
Tipe sinar led	Putih
Jarak kerja	Standar
Pembesaran	200x
Resolusi	1.3 MP (1280 x 1024)
Koneksi	USB 2.0
Sistem operasi yang didukung	Windows 8, 7, Vista, XP MAC OS 10.4 or later
Berat	100 (g)
Dimensi	10.3cm (H) x 3.2cm (D)
Dimensi kotak	16cm (L) x 16cm (W) x 6cm (H)

**Tabel 4.** Parameter proses pengelasan

Nomer Spesimen	Arus pengelasan (kA)	Waktu siklus	Holding time (detik)
1	1	0.5	10
2	1	1.0	10
3	1	1.5	10
4	2	0.5	10
5	2	1.0	10
6	2	1.5	10

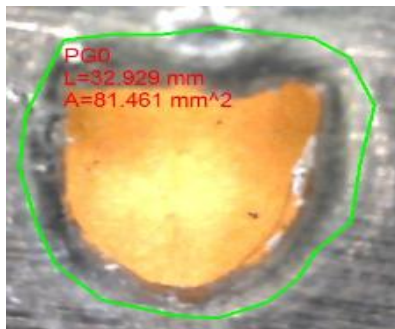


**Gambar 2.** Spesimen yang telah dilas

Dari kelima spesimen, 3 spesimen dipergunakan untuk uji tarik dan 2 spesimen dipergunakan untuk uji makro. Tiga spesimen diuji tarik untuk mengetahui beban maksimum. Spesimen yang telah diuji tarik terdapat lubang bekas sambungan yang lepas atau daerah patahan. Luasnya daerah patahan dihitung dengan mikroskop digital. Daerah patahan pada spesimen yang telah diuji tarik ditampilkan pada gambar 3 dan luas patahan ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 3. Daerah patahan



Gambar 4. Luas patahan A: 81,461mm<sup>2</sup>

### Analisis dan Hasil

Dari hasil pengujian tarik diketahui beban maksimum untuk setiap parameter pengelasan dan data beban maksimum ditampilkan dalam tabel 5. Hasil penghitungan luas daerah patahan yang dihasilkan oleh mikroskop digital dalam satuan mm<sup>2</sup> dikonversikan ke satuan luas m<sup>2</sup>, rekapitulasi hasil ditampilkan dalam tabel 6. Hasil penghitungan luas patahan dipergunakan untuk menghitung tegangan setiap hasil pengelasan.

Tabel 5. Beban Maksimum

Nama Spesimen	Beban Maksimum		
	Spesimen 1 (N)	Rerata (N)	Spesimen 2 (N)
Parameter Pengelasan HT 10 detik CT 0,5 I 1kA	55,51	53,33	51,15
HT 10 detik CT 1,0 I 1kA	57,36	59,26	61,16
HT 10 detik CT 1,5 I 1kA	84,76	86,40	88,03
HT 10 detik CT 0,5 I 2kA	81,46	83,05	84,65
HT 10 detik CT 1,0 I 2kA	108,5	114,87	121,23
HT 10 detik CT 1,5 I 2kA	104,2	116,16	128,12

Tabel 6. Luas Dearah Patahan

Nama Spesimen	Luas Patahan		
	Spesimen 1 (m2)	Mean (m2)	Spesimen 2 (m2)
Parameter Pengelasan HT 10 detik CT 0,5 I 1kA	0,00021	0,000208	0,0002015
HT 10 detik CT 1,0 I 1kA	0,00022	0,000213	0,0002060
HT 10 detik CT 1,5 I 1kA	0,00024	0,000246	0,0002560
HT 10 detik CT 0,5 I 2kA	0,00027	0,000270	0,0002755
HT 10 detik CT 1,0 I 2kA	0,00027	0,000273	0,0002764
HT 10 detik CT 1,5 I 2kA	0,00027	0,000274	0,0002768

Pengaruh waktu pengelasan dan siklus waktu terhadap tegangan tarik geser maksimum ditampilkan dalam tabel 7.

**Tabel 7.** Tegangan Tarik Geser Maksimum

Nama Spesimen	Tegangan Tarik Geser		
	Spesimen 1 (kN/m <sup>2</sup> )	Mean (kN/m <sup>2</sup> )	Spesimen 2 (kN/m <sup>2</sup> )
HT 10 detik CT 0,5 I 1kA	259.5	256.8	253.9
HT 10 detik CT 1,0 I 1kA	260.7	278.2	296.9
HT 10 detik CT 1,5 I 1kA	359.0	351.1	343.9
HT 10 detik CT 0,5 I 2kA	306.9	307.1	307.3
HT 10 detik CT 1,0 I 2kA	402.8	420.9	438.6
HT 10 detik CT 1,5 I 2kA	385.2	424.5	462.9

Dari analisis tabel 5 beban maksimum diperoleh hasil bahwa dengan *holding time* (HT) 10 detik waktu siklus (CT) 0,5 dan arus pengelasan (I) 1kA maka menghasilkan sambungan yang beban maksimumnya sebesar 55,51N untuk spesimen 1 dan 51,15N untuk spesimen 2 dan dengan rata-rata beban maksimum 53,33 N. Pada dasarnya parameter pengelasan mempengaruhi beban maksimum, akan tetapi ketika arus pengelasan dinaikkan menjadi 2 kA dan waktu siklus diturunkan menjadi 0,5 maka beban maksimum menjadi sedikit turun dari rata-rata beban maksimum 86,4 N pada HT 10 detik CT 1,5 I 1kN menjadi 83 N pada HT 10 detik CT 0,5 I 2kN. Beban maksimum tertinggi yaitu 128,12N pada spesimen 2 HT 10 detik CT 1,5 Arus 2kA meskipun pada spesimen 1 dengan parameter yang sama HT 10 detik CT 1,5 Arus 2kA, turun menjadi 104N dari 108,5N pada parameter pengelasan HT 10 detik CT 1,0 Arus 2kA.

Dari tabel 6 diperoleh hasil bahwa parameter pengelasan juga mempengaruhi luas patahan. Pada HT 10 detik CT 0,5 Arus 1 kN

maka luas patahan pada spesimen 1 seluas 0,00021 m<sup>2</sup> dan pada spesimen 2 seluas 0,0002015 m<sup>2</sup>. Pada spesimen 2 ada kenaikan luas yang cukup besar dari 0,0002060 m<sup>2</sup> menjadi 0,0002560 m<sup>2</sup>. Berdasarkan nilai rata-rata, luas patahan terus mengalami kenaikan luas, hal ini hampir sama dengan beban maksimum dari hasil pengelasan.

Pada tabel 7. Tegangan tarik geser pada spesimen 1 ada kenaikan dan penurunan nilai tegangan tarik geser, akan tetapi pada spesimen 2 terjadi trend kenaikan pada besar tegangan tarik geser. Dari tabel 7 juga didapatkan bahwa kenaikan lebih dari 40 kN/m<sup>2</sup> setiap kenaikan parameter pengelasan, meskipun mengalami penurunan ketika arus pengelasannya dinaikkan menjadi 2kA dan waktu siklusnya diturunkan pada 0,5. Dari nilai rata-rata diperoleh informasi bahwa setiap perubahan waktu siklus pada arus yang sama mengalami kenaikan nilai tegangan tarik geser.

### Kesimpulan

Pada pendahuluan telah diuraikan mengenai dibutuhkannya pendekatan parameter pengelasan yang bisa dijadikan pendekatan untuk menghasilkan kualitas sambungan dari sifat mekanik maupun sifat fisik. Dalam makalah ini telah dibahas mengenai hasil pengelasan dengan menggunakan parameter arus, holding time, dan waktu siklus.

Pada pengelasan aluminium A 1100 ketebalan 0,4 mm, dengan menggunakan mesin las 220 volt 1 fasa. Sesuai dengan spesimen dan spesifikasi mesin las pada makalah ini diperoleh hasil pengelasan yang lebih optimal. Dengan parameter pengelasan HT 10 detik CT 1,0 I 2kA menghasilkan kemampuan beban maksimum yang paling optimal karena berdasarkan nilai rata-rata beban maksimum 114,87 N, nilai ini mengalami kenaikan yang cukup besar jika dibandingkan dengan parameter proses pengelasan sebelumnya 86,40N pada parameter HT 10 detik CT 1,5 I 1kA dan 83,05N dengan parameter pengelasan HT 10 detik CT 0,5 I 2kA. Pada parameter HT 10

detik CT 1,5 I 2kA mengalami kenaikan, akan tetapi kenaikannya tidak besar hanya selisih 1,29 N. Parameter pengelasan  *Holding Time* atau HT 10 detik CT 1,0 I 2kA menghasilkan tegangan geser yang paling ideal dengan besar tegangan 420.9 kN/m<sup>2</sup>, selisih 3,6 kN/m<sup>2</sup> jika dibandingkan dengan parameter HT 10 detik CT 1,5 I 2kA, untuk pengelasan yang menggunakan arus listrik 1kA kenaikannya diatas 20 kN/m<sup>2</sup> untuk setiap perubahan siklus waktu.

### Ucapan Terima Kasih

Penelitian yang telah menghasilkan makalah ini didukung oleh Universitas Indonesia dengan sekema Hibah Riset Pascasarjana nomer kontrak 1729/UN2.R12/HKP.05.00/2015, judul penelitian yaitu *Aplikasi Rsistance Spot Welding* dan *Friction Stir Spot Welding* Sebagai Teknologi Dissimilar Material.

### Referensi

- [1]. Hernandez, V.H.B., et al., *A study on heat affected zone softening in resistance spot welded dual phase steel by nanoindentation*. J Mater Sci, 2010. 45: p. 1638–1647.
- [2]. Wang, J., et al., *Analysis of Al-steel resistance spot welding process by developing a fully coupled multi-physics simulation model*. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2015. 89: p. 1061–1072.
- [3]. JOO, M.S., et al., *A Study of Metallurgical Factors for Defect Formation in Electric Resistance Welded API Steel Pipes*. Metallurgical And Materials Transactions E, 2015. Volume 2E: p. 2015—119.
- [4]. Wei, P.S. and T.H. Wu, *Electrode geometry effects on microstructure determined by heat transfer and solidification rate during resistance spot welding*. International Journal of Heat and Mass Transfer 2014. 79: p. 408–416.
- [5]. Baskoro, A.S., et al., *Effects of High Speed Tool Rotation in Micro Friction Stir Spot Welding of Aluminum A1100*. Applied Mechanics and Materials, 2014. 493: p. 739-742.
- [6]. Zhang, W., et al., *Interfacial microstructure and mechanical property of resistance spot welded joint of high strength steel and aluminium alloy with 4047 AlSi12 interlayer*. Materials and Design 2014. 57 p. 186–194.
- [7]. Razmpoosh, M.H., M. Shamanian, and M. Esmailzadeh, *The microstructural evolution and spot welded Fe–31Mn–3Al–3Si TWIP steel*. Materials and Design, 2015. 67: p. 571–576.
- [8]. Ho, J.-E., P.-S. Wei, and T.-H. Wu, *Workpiece Property Effect on Resistance Spot Welding*. Packaging And Manufacturing Technology, 2012. 2: p. 925-934.
- [9]. Pal, T.K. and K. Bhowmick, *Resistance Spot Welding Characteristics and High Cycle Fatigue Behavior of DP 780 Steel Sheet*. Journal of Materials Engineering and Performance, 2012. 2: p. 280-285.
- [10]. Choi, H.-S., et al., *Evaluation of weldability for resistance spot welded single-lap joint between GA780DP and hot-stamped 22MnB5 steel sheets*. Journal of Mechanical Science and Technology, 2011. 6(25): p. 1543~1550.
- [11]. Krajcarz, F., et al., *Fracture toughness of the molten zone of resistance spot welds*. Int J Fract, 2013. 181: p. 209–226.
- [12]. Kianersi, D., A. Mostafaei, and A.A. Amadeh, *Resistance spot welding joints of AISI 316L austenitic stainless steel sheets: Phase transformations, mechanical properties and microstructure characterizations*. Materials and Design, 2014. 61: p. 251–263.

- [13]. Wan, X., Y. Wang, and P. Zhang, *Modelling the effect of welding current on resistance spot welding of DP600 steel*. Journal of Materials Processing Technology, 2014. 214: p. 2723–2729.
- [14]. Moshayedi, H. and I. Sattari-Far, *Resistance spot welding and the effects of welding time and current on residual stresses*. Journal of Materials Processing Technology, 2014. 214: p. 2545–2552.
- [15]. Zhou, S., et al., *Effects of Welding Parameters and Surface Pretreatments on Resistance Spot Welding of AZ31B Mg Alloy*. Met. Mater. Int, 2010. 16(6): p. 967~974.