

Sifat-sifat Mekanis Pengelasan Titik Aluminium

Urip Agus Salim dan Tri Prabowo Yekti

Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Grafika 2 Yogyakarta, 55283
email: urip-as@ugm.ac.id, urip_as@yahoo.com

Abstrak

Fokus dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan statis maksimal dari pengelasan titik aluminium sheet metal tebal 1.2 milimeter terhadap variasi cycle dan besarnya penekanan pada elektroda. Pengelasan ini dilakukan dengan menggunakan mesin portable yang mempunyai kapasitas daya 2-5 kVA. Parameter-parameter pengelasan adalah electrode force 30, 40, dan 50 daN dan variasi cycle 40, 50, dan 60 Hz.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas sambungan terbaik dicapai pada specimen dengan parameter electrode force 30 daN - cycle 60 dengan Lap shear strength sebesar 59.45 MPa, tearing strength sebesar 60.88 MPa. Struktur mikro dari specimen tersebut memiliki daerah lasan yang bagus yaitu memiliki daerah nugget dan HAZ yang cukup jelas daripada variasi specimen lainnya.

Kata kunci: pengelasan titik, aluminium, sifat mekanis

Pendahuluan

Metode pengelasan *Resistance Spot Welding (RSW)* banyak digunakan pada industri automotive dan industri permesinan *sheet metal*. RSW merupakan metode pengelasan yang ideal untuk produksi massal, karena pengoperasian dan pengaturannya mudah serta memiliki *performance* hasil lasan yang bagus, contohnya pada industri otomotif.

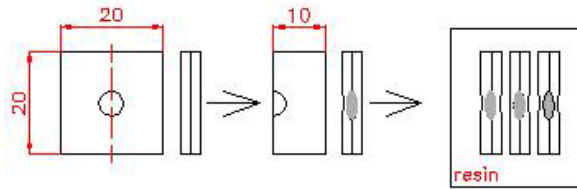
Aluminium memiliki karakteristik yang berbeda dengan steel, sehingga pada proses RSW perlu penanganan yang berbeda pula. Kualitas RSW yang optimal pada aluminium dipengaruhi oleh beberapa faktor atau parameter antara lain besar arus pada elektroda, ketebalan lembaran (*thickness*), *electrode force* (EF), *cycle* (C), diameter ujung elektroda, diameter daerah yang menyatu (*fusion zone*) dan beberapa parameter lainnya.

Penelitian ini menggunakan mesin *spot portable*. Mesin ini memiliki *maximum short circuit current* 7.2 kA dan tidak ada potensi pengatur *weld current*, sehingga persentase arus yang akan dipakai dalam pengelasan tidak dapat ditentukan. Variabel parameter yang bisa di atur adalah besar *cycle* (C), besar *electrode force* (EF), panjang lengan (*arms*), dan diameter ujung elektroda. Batasan masalah akan difokuskan pada pengelasan RSW pada *aluminium sheet metal* tebal 1.2 milimeter yaitu mempelajari pengaruh *cycle* (C) dan besarnya *Electrode Force* (EF) terhadap kekuatan statis pengelasan titik pada *aluminium sheet metal* serta mengamati struktur mikronya.

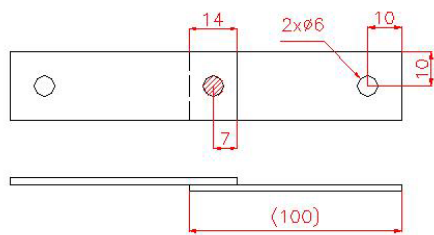
Hipotesa awal dari penelitian ini adalah bahwa pengelasan titik pada aluminium akan mampu memiliki kualitas yang optimal dengan memberikan arus yang lebih tinggi, tekanan elektroda yang lebih besar, dan *cycle* yang lebih singkat daripada pengelasan titik pada *steel*.

Metode Pengujian

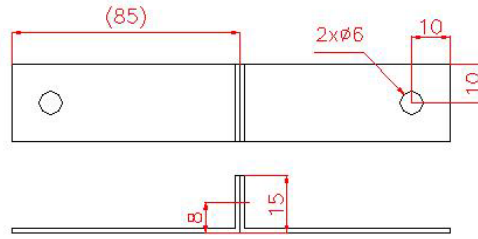
Material yang diteliti adalah aluminium sheet tebal 1.2 mm, dengan pengujian *Lap shear test*, *Tearing test* dan Uji kekerasan mikro. Dimensi benda uji dan skema pengujian ditunjukkan pada gambar 1 sampai gambar 3.



Gambar 1 Spesimen untuk pengamatan struktur makro dan mikro

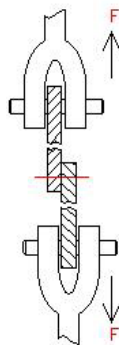


Gambar 2 Spesimen Lap shear test

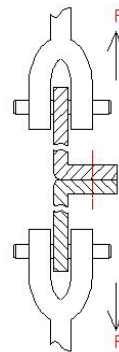


Gambar 3 Spesimen Tearing test

Pengujian menggunakan mesin uji tarik universal servopulser merk *Shimadzu*, type EHF-EB20-40L dengan bantuan alat bantu jig seperti pada gambar 4-5



Gambar 4 Jig Lap Shear Test



Gambar 5 Jig Tearing Test

Variasi parameter pengelasan untuk Lap shear test ditentukan seperti pada tabel 1 dan untuk Tearing test ditentukan seperti pada tabel 2

Tabel 1 Variasi spesimen *Lap shear test*

Electrode Force	40 Cycle	50 Cycle	60 Cycle
30	3sps(EF30C40S1-3)	3sps(EF30C50S1-3)	3sps(EF30C60S1-3)
40	3sps(EF40C40S1-3)	3sps(EF40C50S1-3)	3sps(EF40C60S1-3)
50	3sps(EF50C40S1-3)	3sps(EF50C50S1-3)	3sps(EF50C60S1-3)

Tabel 2 Variasi spesimen *Tearing test*

Electrode Force	60 Cycle
30	2 specimen (EF30C60ST1-2)
40	2 specimen (EF40C60ST1-2)
50	2 specimen (EF50C60ST1-2)

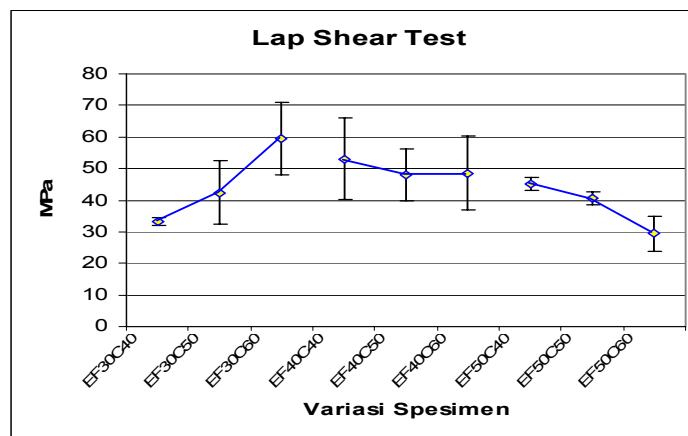
Hasil Pengujian dan Pembahasan

Hasil Pengujian Geser dan Tarik

Pada pengujian base material diperoleh karakteristik paduan aluminium seperti pada tabel 4. Aluminium paduan kelompok 1XXX memiliki kekuatan paling rendah daripada kelompok paduan lainnya. Base material dari spesimen memiliki tegangan tarik rata-rata 13.01 kg/mm² (127.5 MPa) dan regangan rata-rata 9.2%

Tabel 4 Hasil uji tarik base material

Benda Kerja	Tebal t ₀ (mm)	Lebar w ₀ (mm)	Luas penampang A (mm ²)	Perpanjangan ΔL (mm)	Beban P (kg)	Tegangan Tarik (kg/mm ²)	Regangan ε (%)
1	2.1	5.26	6.312	2.95	82	12.99	9.93
2	2.1	5.24	6.288	3.1	80	12.72	10.36
3	2.1	5.5	6.6	2.2	88	13.33	7.31
Rata-rata	2.1	5.33	6.4	2.75	83.33	13.01	9.2

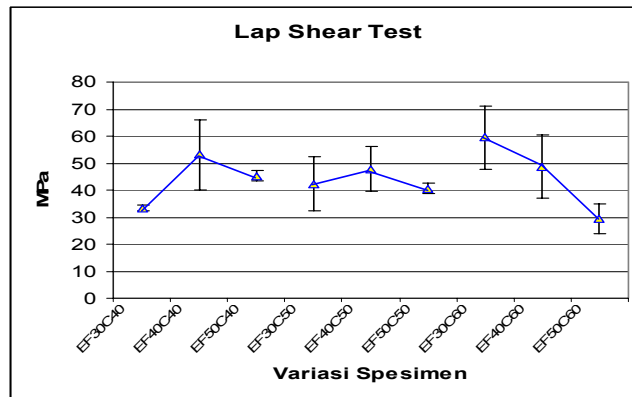


Gambar 6 Grafik tegangan geser vs variasi specimen berbasis *Electrode Force*

Hasil dari Lap shear test pada gambar 6, dapat dilihat bahwa spesimen dengan tekanan 30 daN tegangan geser berangsur meningkat seiring dengan penambahan *cycle*. Pada spesimen dengan tekanan 40 daN, tegangan geser saat *cycle* 40 sedikit di berkurang dan berangsur turun seiring dengan penambahan *cycle*. Pada spesimen dengan tekanan 50 daN, tegangan geser juga berangsur turun seiring dengan penambahan *cycle*. Secara menyeluruh dapat dilihat bahwa variasi dengan tegangan tertinggi tercapai di antara variasi EF30 dengan C60 dan EF40 dengan C40. Tegangan geser rata-rata mencapai maksimal pada spesimen dengan variasi EF30C60, yaitu 59.45 MPa. Tegangan tersebut hampir menyamai tegangan geser pada sambungan rivet dengan metode pengujian yang sama yaitu mencapai 6.36 kg/mm² (62.4 MPa), seperti tercantum dalam table 5 berikut.

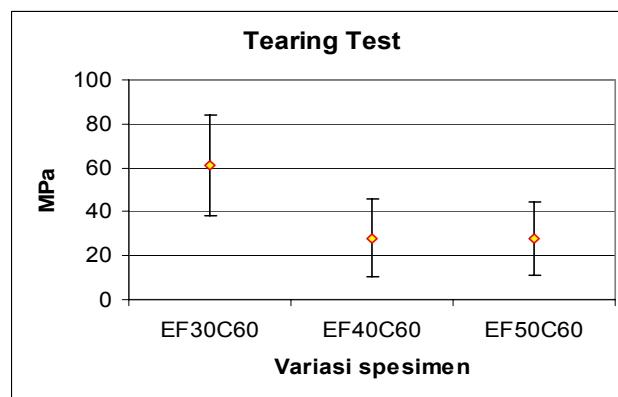
Tabel 5 Hasil Uji tarik pada sambungan rivet

Spesimen	Beban puncak (kg)	Diameter rivet (mm)	Tegangan geser (kg/mm ²)
R1	80	4	6.3636
R2	80	4	6.3636
R3	80	4	6.3636
Tegangan rata-rata			6.3636



Gambar 7 Grafik tegangan geser vs variasi specimen berbasis *Cycle*

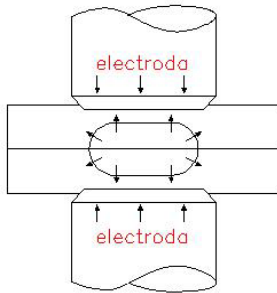
Pada gambar 7 merupakan hasil dari Lap shear test yang sama, hanya dikelompokkan berbasis pada *cyclenya*. Pada specimen dengan *cycle* 40, tegangan geser maksimal diperoleh saat EF 40 daN yaitu 52.98 MPa. Pada specimen dengan *cycle* 50, tegangan geser maksimal diperoleh saat EF 40 daN yaitu 47.85 MPa Pada specimen dengan *cycle* 60, tegangan geser maksimal diperoleh saat EF 30 daN yaitu 59.45 MPa. Dari tiga variasi *cycle* diperoleh bahwa *cycle* 40 dan 50 memiliki tegangan optimal pada EF 40 daN, namun bila diambil rata-rata hasil yang terbaik tetap diperoleh pada variasi specimen EF30C60.



Gambar 8 Grafik *tearing strength* terhadap variasi specimen

Tearing test pada variasi specimen ditunjukkan dalam grafik 8. Kekuatan sobekan yang terbesar terjadi pada variasi EF30C60 yaitu sebesar 60.88 MPa. Seiring dengan penambahan tekanan elektroda, ternyata juga akan mengurangi *Tearing strength*. Dari pengujian geser dan tarik terjadi fenomena yang sama terhadap variasi specimen, yaitu:

1. Dengan penambahan tekanan kekuatan lasan akan berkurang. Hal tersebut dapat dianalisa sebagai berikut: Menurut Messler (1999) Saat proses pengelasan titik setelah arus dialirkan, aluminium mulai mencair dan terjadi volumetric expansion. Saat terjadi **volumetric expansion timbul tekanan yang relatif besar. Tekanan tersebut tertuju ke segala arah**, juga melawan arah dari penekanan elektroda (arah vertikal) seperti pada gambar 9. Saat pemberian tekanan elektroda terlalu besar, maka tekanan dari *volumetric expansion* akan mendesak ke samping (arah horizontal) sehingga terjadi *expulsion* yang terjadi pada permukaan yang bersentuhan dengan elektroda seperti pada gambar 10, dan pada *fusion zone* akan terjadi *spitting* seperti pada gambar 11. Jika hal ini terjadi maka nugget tidak akan terbentuk, atau jika terbentuk maka yang terjadi adalah *reduce strength nugget*.



Gambar 9 Arah Tekanan akibat *volumetric expansion*



Gambar 10 *Spitting*



Gambar 11 *Expulsion*

2. Dengan penambahan *cycle* kekuatan lasan akan bertambah.

Hal tersebut dapat dianalisa sebagai berikut: Pada pengelasan aluminium sering terjadi *hot cacking*. Untuk menghindari hal tersebut maka perlu dilakukan proses pendinginan yang agak perlahan. Menurut Messler (1999), *current decay* digunakan untuk memperlambat pendinginan aluminium alloy untuk membantu mencegah *cracking*. Maka dengan penambahan *cycle*, dapat diasumsikan bahwa itu merupakan *current decay* yang diberikan saat pengelasan aluminium. Sehingga dengan penambahan *cycle* pada angka tertentu akan menambah kekuatan pengelasan.

Hasil Pengujian Kekerasan

Pemilihan posisi dan jumlah area titik kekerasan yang diteliti, berbeda tiap spesimen. Hal ini dikarenakan pada beberapa spesimen sulit diidentifikasi secara visual struktur mikronya. Hasil pengujian kekerasan dari spesimen EF30C60 adalah pada tabel 6. Pada gambar 12 adalah ilustrasi posisi pengujian, dimana disitu bisa dilihat bahwa posisi 1, 2, dan 3 masih di dalam nugget. Dari posisi 1-3 kekerasan cenderung meningkat, kemudian mulai posisi 3 kekerasan cenderung berkurang. Pada posisi 3-4 terdapat interface antara *nugget* dan *HAZ*. Pada dua spesimen lainnya sangat sulit mengidentifikasi daerahnya. Meskipun sekilas seperti nampak terbentuk nugget seperti dalam gambar 13 dan gambar 14, namun jika diperbesar strukturnya nampak sama. Jika ditinjau dari uji kekerasannya, tampak bahwa pada tabel 7 dan tabel 8 ternyata ada perbedaan kekerasan dan tentunya terjadi perubahan struktur di daerah pengelasan tersebut.

Tabel 6 Hasil kekerasan spesimen EF30C60

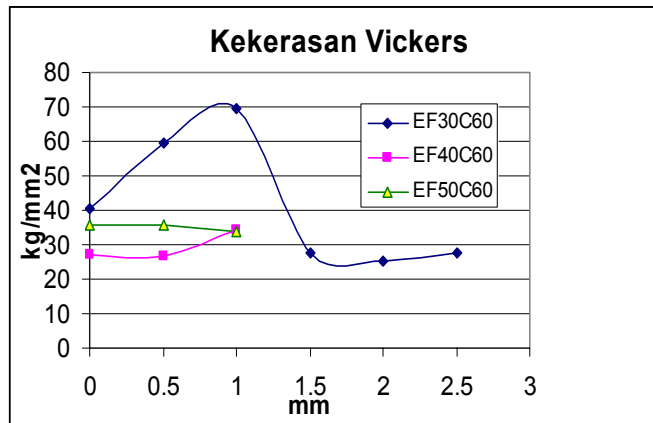
Area No.	Beban (P) (kg)	d ₁ (µm)	d ₂ (µm)	D (mm)	Kekerasan <i>Vickers</i> (kg/mm ²)
1	0.1	66	69	0.0675	40.384
2	0.1	57	54	0.0555	59.735
3	0.1	52	51	0.0515	69.375
4	0.1	84	79	0.0815	27.701
5	0.1	87	84	0.0855	25.170
6	0.1	84	79	0.0815	27.701

Tabel 7 Hasil kekerasan spesimen EF40C60

Area No.	Beban (P) (kg)	d ₁ (µm)	d ₂ (µm)	D (mm)	Kekerasan <i>Vickers</i> (kg/mm ²)
1	0.1	86	79	0.0825	27.034
2	0.1	86	80	0.083	26.709
3	0.1	72	75	0.0735	34.060

Tabel 8 Hasil kekerasan spesimen EF50C60

Area No.	Beban (P) (kg)	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	D (mm)	Kekerasan Vickers (kg/mm ²)
1	0.1	68	76	0.072	35.494
2	0.1	69	75	0.072	35.494
3	0.1	73	75	0.074	33.601



Gambar 15 Grafik kekerasan Vickers

Perbedaan kekerasan yang terjadi pada daerah pengelasan seperti gambar 15 bisa terjadi karena pengaruh panas pengelasan terhadap aluminium. Pengaruh panas pengelasan terhadap paduan aluminium bisa menyebabkan terjadinya pencairan sebagian, rekristalisasi, pengendapan atau penuaan. Di bagian tengah *nugget* memiliki kekerasan yang relatif lebih kecil dari wilayah lainnya, hal ini bisa terjadi karena aluminium pada saat suhu maksimum di daerah *nugget* melebihi suhu batas kelarutan T_{solvus} maka endapan *coherent* yang berfungsi untuk mempertahankan logam paduan akan terlarut dan menyebabkan terjadinya proses pelunakan.

Berbeda dengan *nugget* di dekat daerah *interface HAZ*, daerah tersebut memiliki kekerasan paling tinggi. Hal ini bisa terjadi karena di daerah tersebut terjadi proses pengendapan (*precipitation*). Panas yang dialami daerah tersebut lebih rendah dari suhu inti *nugget*, sedangkan proses pengendapan sendiri membutuhkan suhu sedikit di bawah garis *solvus*.

Kesimpulan

1. Pada pengujian Aluminium sheet metal tebal 1.2 milimeter terhadap variasi *cycle* dan *electrode force*, diperoleh kekuatan statis maksimal pada specimen dengan variasi *electrode force* 30 daN - *cycle* 60 (EF30C60). Dengan karakteristik sebagai berikut: *Lap shear strength* sebesar 59.45 MPa, *tearing strength* sebesar 60.88 MPa
2. Untuk memperoleh hasil yang optimal pada pengelasan titik Aluminium dengan metode las titik dan menggunakan mesin las titik *portable*, prosedur pengelasan yang perlu dilakukan adalah menggunakan arus yang lebih besar, *electrode force* yang lebih rendah, serta pengaturan *cycle* yang lebih lama daripada pengelasan titik pada steel. Pada studi kasus Aluminium sheet tebal 1.2 milimeter, digunakan *electrode force* 30 daN, *cycle* 60 Hz, dan arus 7.2 kA.

Daftar Pustaka

- Messler, R.W., 1999, *Principle of Welding*, John Wiley & Sons Inc, New York, USA.
- Sun, X. dkk, 2004, *Effect of Fusion Zone Size on Failure Modes and Static Strength of Aluminium Resistance Spot Welds*, *Welding Journal*: 308-S.
- Sun, X., and Dong, P., 2000, *Analysis of Aluminium Resistance Spot Welding Processes Using Coupled Finite Element Procedure*, *Welding Journal*: 215-S.
- Spinella, D.J., 2005, *Trends in Aluminium Resistance Spot Welding for the Auto Industry*, www.aws.org/wj/2005/01/034/
- Blake, Alexander., 1985, *Handbook of Mechanic, Material, and Structures*, John Wiley & Sons Inc, Canada,
- Surdia, T., dan Shinroku, S., 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*, P.T. Pradnya Paramita , Jakarta.
- William D Callister,Jr., 1996, *Material Science and Engineering an Introduction*, John Wiley And Son, Inc., New York.
- Wiryo Sumarto, H., dan Okumura, T., 1981, *Teknologi Pengelasan Logam*, P.T. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Murray, G.T., 1997, *Handbook of Materials Selection for Engineering Applications*, Marcel Dekker, Inc., New York.
- ASM Handbook volume 6, 1993, *Welding, brazing, and soldering*. ASM International, United State of America.
- ASM Handbook volume 2, 1990, *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special Purpose Materials*.
- Althouse dkk, 1984, *Modern Welding*, The Goodheart-Willcox Company, Inc., South Holland, Illionis.
- Metals Handbook Ninth Edition, 1985, *Metallography and Microstructure*, American Society for Metals, Ohio.