

## Analisis Pengujian Tarik dan Sebaran unsur pada Pengelasan Aluminium - Mild Steel menggunakan Metode Cold Metal

Bayu Prabandono<sup>1\*</sup>, Agnes Putri Kartika Santosa<sup>2</sup>, Devinta Putri Ardani<sup>3</sup>, Agus Kurniawan<sup>4</sup>, Mirza Yusuf<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Sarjana Terapan Teknik Perancangan Manufaktur Politeknik ATMI, Surakarta, Jawa Tengah

<sup>5</sup>Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Otomotif, Program Vokasi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jl Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul

\*Penulis korespondensi: [bayu.prabandono@atmi.ac.id](mailto:bayu.prabandono@atmi.ac.id)

Histori artikel: diserahkan 2 Agustus 2022, direviu 22 Agustus 2022, direvisi 9 September 2022

### ABSTRACT

*The technology that has been developed in recent years is the production of fusion welded plates between two different materials, for example, steel with other materials such as aluminum. Combining the two materials, aluminum and mild steel, will undoubtedly produce a material connection with good properties, for example, in a vehicle car frame. However, these two materials have different melting points, mild steel has a high melting point, and aluminum has a low melting point in the inner layer. This research aims to determine the welding results and the microstructure between aluminum plates and mild steel. The Cold Metal Transfer (CMT) welding process provides a potential method for joining dissimilar metals. In this study, various 4 mm thick aluminum alloys (Al 1100) were joined to 4 mm thick mild steel (SPHC) by CMT welding technology. It was concluded that combining aluminum alloys with mild steel using the cold metal transfer method was feasible. The optimum process variable for welding aluminum-mild steel dimensions 250 mm × 100 mm × 4 mm can be obtained with ER70S-6 wire, ArCO<sub>2</sub> shielding gas, wire feed speed 13 m/min, and welding speed 8 mm/s. The tensile strength of the joint first increases and then decreases as the welding current increases, the highest tensile strength can reach 73.35 MPa.*

**Keywords:** Cold metal transfer, scanning electron microscopy, welding

**DOI :** <https://10.18196/jqt.v4i1.16092>

**WEB :** <https://journal.umy.ac.id/index.php/qt/article/view/16092>

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam industri otomotif yang semakin maju menuntut perusahaan yang bergerak di bidang terkait untuk dapat menghasilkan produk yang baik dan sesuai dengan permintaan pasar (Jácome *et al.*, 2009). Industri otomotif berusaha mengurangi konsumsi bahan bakar salah satunya dengan cara meringankan berat kendaraan (Qiu *et al.*, 2010). Berat kendaraan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis bahan yang digunakan dan metode penyambungan bahan. Metode penyambungan bahan pada komponen otomotif masih banyak yang menggunakan pengelasan. Fokus utama dalam pengelasan beda material ini antara lain pengurangan berat, efisiensi biaya, dan keandalan dengan cara mengatasi tantangan yang timbul dari perbedaan sifat mekanik dan fisik bahan induk seperti titik leleh, konduktivitas termal, koefisien

ekspansi termal, dan potensi korosi. Singh *et al.*, (2019) telah melakukan review terhadap penelitian yang menggunakan beberapa metode pengelasan untuk proses penyambungan bahan, seperti *Laser Beam Welding* (LBW), *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW), *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) dan *Friction Stir Welding* (FSW). Berbagai jenis proses telah diterapkan untuk penyambungan aluminium dan baja namun sulit untuk mendapatkan sifat-sifat sambungan pengelasan yang baik, sehingga diterapkan metode pengelasan *Cold Metal Transfer* (CMT) pada sambungan aluminium dan baja.

Mesin *Tru Arc Weld* 1000 merupakan mesin welding robot UR10e dengan 6 axis yang menggunakan Fronius TPS 320i C Pulse sebagai tipe peralatan pengelasan yang digunakan. Mesin ini menggunakan teknologi CMT welding yang dapat memastikan keandalan proses yang lebih tinggi dan pengelasan hemat energi dengan lebih sedikit percikan las. Teknologi CMT dikembangkan

untuk menyambungkan dua material yang berbeda contohnya baja dengan material lain seperti aluminium (Milani *et al.*, 2016; Srinivasan *et al.*, 2022).

Penelitian menggunakan metode pengelasan *Cold Metal Transfer* untuk menyambung bahan aluminium dan baja memiliki potensi untuk dikembangkan. Analisa hasil pengelasan beda material antara aluminium dan mild steel dilakukan dengan cara menganalisa struktur mikro dan uji tarik dari hasil pengelasan tersebut.

## METODE

Pada langkah penelitian, terdapat tahapan yang dapat menunjang pelaksanaan penelitian agar memperoleh hasil penelitian yang maksimal.

### Metode Observasi

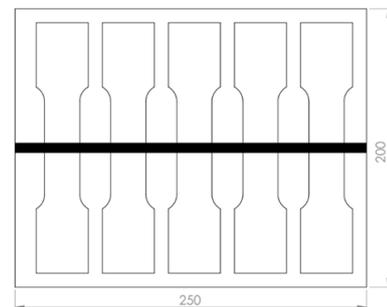
Observasi dilakukan untuk mengumpulkan data-data melalui perkembangan yang terjadi di lapangan. Dalam hal ini dilakukan dengan terjun langsung ke PT ATMI Duta Engineering untuk melihat dan mengamati data-data yang dibutuhkan dalam proses pengelasan. Pengelasan dilakukan dengan metode *Cold Metal Transfer*.

### Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen pengujian dilakukan dengan cara menyatukan dua material yang berbeda yaitu aluminium dan *mild steel*. Penyatuan dua material ini dilakukan dengan pengelasan menggunakan beberapa parameter yang telah ditentukan berdasarkan hasil observasi. Metode pengelasan yang digunakan adalah *Cold Metal Transfer* dengan sambungan temu (*butt joint*). Parameter yang akan digunakan adalah *Cycles (Spot Size)* dan *Interval Break Time* yang kemudian parameter tersebut digunakan sebagai parameter pengujian. Parameter yang digunakan pada masing-masing spesimen dalam proses pengelasan beda material disajikan pada Tabel 1. Hasil pengelasan dipotong menjadi beberapa bagian untuk dijadikan spesimen uji sesuai pengujian yang akan digunakan. Pengambilan spesimen uji sesuai dengan standar ISO 4136-2012, layout pemotongan spesimen ditunjukkan pada Gambar 1.

TABEL 1. Parameter pengelasan

Spesimen	Cycles (Spot Size)	Interval Break Time
1	45	0,01
2	45	0,03
3	45	0,05
4	55	0,01
5	55	0,03
6	55	0,05
7	65	0,01
8	65	0,03
9	65	0,05



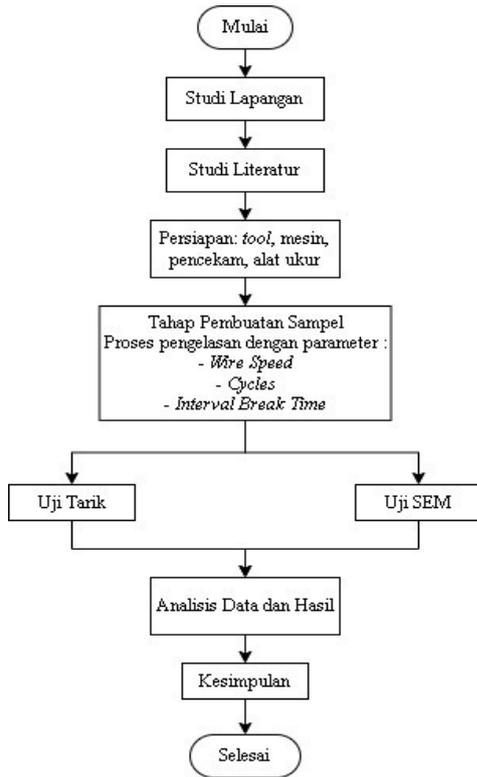
GAMBAR 1. Layout pemotongan spesimen

### Pengujian Spesimen Hasil Pengelasan

Pengujian yang dilakukan terhadap spesimen hasil pengelasan adalah pengujian tarik serta pengujian struktur dan komposisi. Pengujian tarik (*tensile test*) dilakukan untuk menguji kekuatan suatu material dengan memberikan beban satu sumbu dan diberikan secara konstan. Pengujian struktur dan komposisi dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* (Kang & Kim, 2015). Pada pengujian struktur dan komposisi, dilakukan pengambilan gambar pada penampang melintang (*Cross Section*).

### Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilaksanakan berdasar pada diagram alir yang telah disusun (Gambar 2). Penelitian diawali dengan studi lapangan yang mencakup observasi permasalahan yang ada di lapangan dilanjutkan studi literatur. Setelah melakukan persiapan dilakukan proses pembuatan spesimen. Dari spesimen tersebut lalu dilakukan pengujian berupa pengujian tarik dan *Scanning Electron Microscopy (SEM)* yang kemudian di analisis data dan hasilnya.



GAMBAR 2. Diagram alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Proses Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen pengelasan di PT ATMI Duta Engineering dimulai dari persiapan alat dan bahan, pengelasan material, dan laser cutting. Hasil akhir pembuatan spesimen untuk uji tarik berupa plat sambungan berbentuk dog bone dengan acuan standar ISO 4136-2012 seperti pada Gambar 3. Untuk pengujian struktur dan komposisi, spesimen di potong 10 x 10 x 4 mm.



GAMBAR 3. Spesimen pengelasan

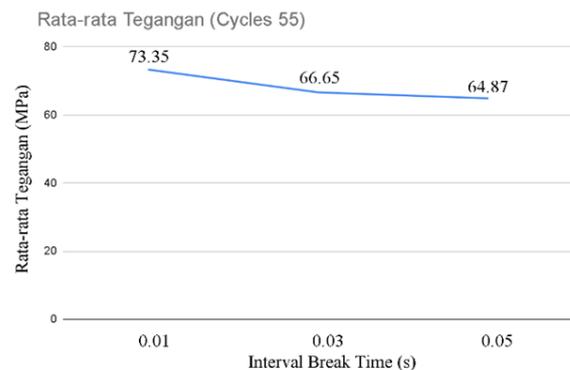
### Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik menggunakan Universal Testing Machine di Lab. Material Universitas Sebelas Maret. Berdasarkan hasil pengujian tarik spesimen 1 hingga 9, besar tegangan tarik ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2. Nilai tegangan tarik rata-rata

Spesimen	Tegangan tarik rata-rata (MPa)
1	56,63
2	53,95
3	64,87
4	73,35
5	66,65
6	52,4
7	58
8	64,3
9	63,35

Data hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik pada parameter *Cycles (Spot Size)* dengan nilai 55 paling tinggi pada seluruh variasi *interval break time* dengan nilai 64,87 MPa, 66,65 MPa, dan 73,35 MPa. Pada *Cycles (Spot size)* dengan nilai 45, material aluminium memiliki kekuatan tarik paling rendah dengan nilai 52,4 MPa, 53,95 MPa, dan 56,63 MPa. Pada *Cycles (Spot size)* dengan nilai 65, material aluminium memiliki kekuatan tarik ditengah antara *cycle 45* dan *cycle 55* dengan nilai 58 MPa, 63,35 MPa, dan 64,3 MPa.



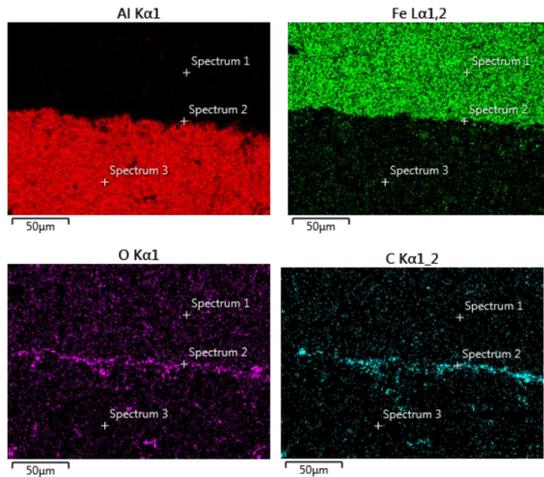
GAMBAR 4. Grafik tegangan pada cycle 55

Gambar 4 menunjukkan bahwa setiap terjadi peningkatan nilai *interval breaktime*, nilai kekuatan tarik akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena semakin sedikit jeda waktu antar tetapan pengelasan, semakin kuat pula sambungan yang dihasilkan.

### Pengujian struktur dan komposisi

Proses pengujian struktur dan komposisi menggunakan SEM Zeiss EVO 10 di Lab. PUTP Politeknik ATMI Surakarta. Pengujian SEM dilakukan pada spesimen nomor 1, 4, dan 7 ditunjukkan pada Gambar 5

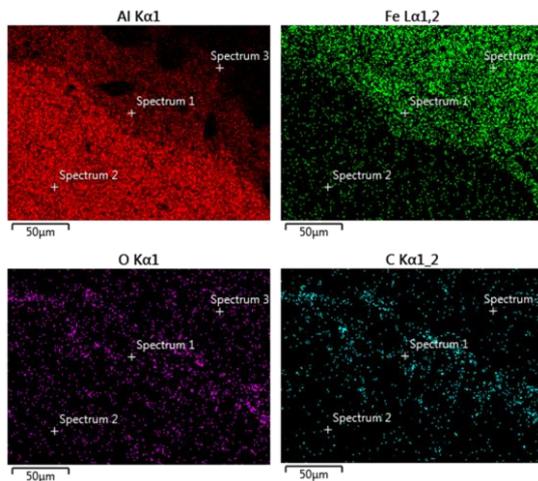
Spesimen 1



TABEL 3. Persentase unsur spesimen 1 spectrum 2

Element	Line Type	Weight %
Fe	L series	61,54
C	K series	32,89
Al	K series	2,10
O	K series	3,48
Total		100

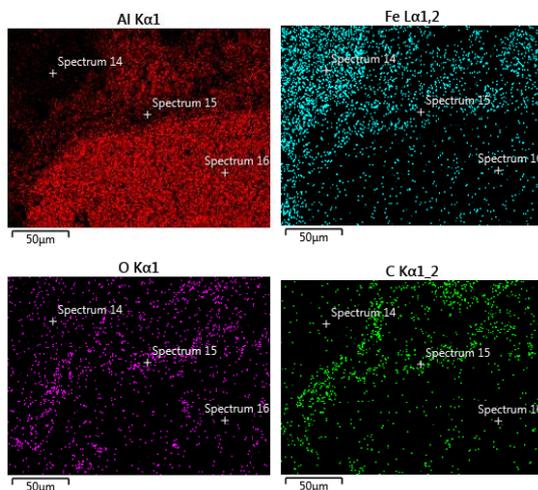
Spesimen 4



TABEL 4. Persentase unsur spesimen 4 spectrum 1

Element	Line Type	Weight %
Al	K series	42,59
Fe	L series	48,77
C	K series	8,63
Total		100

Spesimen 7



TABEL 5. Persentase unsur spesimen 7 spectrum 15

Element	Line Type	Weight %
C	K series	46,35
O	K series	25,86
Al	K series	19,20
Fe	L series	6,35
Si	K series	1,66
Na	K series	0,57
Total		100

GAMBAR 5. Mapping unsur Al, Fe, O, dan C spesimen 1, spesimen 4 dan spesimen 7

Pada hasil pengujian SEM spesimen 1, dilakukan pengujian pada 3 (tiga) titik yaitu spektrum 1, spektrum 2, dan spektrum 3. Spektrum 1 merupakan titik yang terletak pada material *mild steel*, spektrum 2 merupakan titik yang terletak di daerah sambungan atau pengelasan, dan spektrum 3 merupakan titik yang terletak pada material aluminium. Dilihat dari *mapping* unsur Al bahwa

unsur aluminium pada spektrum 3 hampir tidak dapat kita jumpai di spektrum 1. Pada *mapping* unsur Fe, dapat dilihat pada spektrum 3 di bagian aluminium terdapat sebaran unsur Fe. Warna yang samar tersebut menunjukkan adanya unsur berbeda pada spektrum 3. Pada *mapping* unsur oksigen dan karbon, pada spektrum 1 dan 3, terdapat persebaran nilai oksigen dan karbon dengan jumlah yang sama.

Pada spektrum 2, warna unsur yang terlihat tebal menandakan adanya kandungan unsur oksigen dan karbon yang tinggi dibandingkan dengan spektrum 1 dan 3.

Pada hasil pengujian SEM spesimen 4, dilakukan pengujian pada 3 (tiga) titik yaitu spektrum 1, spektrum 2, dan spektrum 3. Spektrum 1 merupakan titik yang terletak pada bagian sambungan pengelasan, spektrum 2 merupakan titik yang berada pada material aluminium, dan spektrum 3 merupakan titik yang berada pada material *mild steel*. Dilihat dari *mapping* unsur Al bahwa unsur aluminium pada spektrum 2 dapat kita jumpai pada bagian spektrum 3 dekat pengelasan dan semakin menipis seiring menjauhi spektrum 2. Pada *mapping* unsur Fe, dapat kita lihat bahwa pada spektrum 2 terdapat titik titik Fe yang cukup tebal dan merata. Unsur Fe pada spektrum 1 atau di bagian sambungan pengelasan memiliki persebaran yang hampir sama dengan unsur Fe yang terletak pada spektrum 2. Persebaran unsur oksigen dan karbon pada spektrum 1, 2, dan 3 juga hampir sama.

Pada hasil pengujian SEM spesimen 7, dilakukan pengujian pada 3 (tiga) titik yaitu spektrum 14, spektrum 15, dan spektrum 16. Spektrum 14 merupakan titik yang terletak pada bagian aluminium, spektrum 15 merupakan titik yang terletak pada bagian sambungan pengelasan, dan spektrum 16 merupakan titik yang berada pada material aluminium. Dilihat dari *mapping* unsur Al bahwa unsur aluminium pada spektrum 16 dapat kita jumpai pada spektrum 15 atau di bagian pengelasan secara tipis dan pada spektrum 14 dapat kita lihat dengan tebal yang beragam atau tidak rata. Pada *mapping* unsur Fe, dapat kita lihat baik pada spektrum 15 dan spektrum 16, persebaran unsur Fe terjadi secara tidak merata. Persebaran unsur oksigen dan karbon pada spektrum 14, 15, dan 16 dapat kita lihat terjadi secara tidak rata. Pada bagian pengelasan atau spektrum 15 terjadi tingkat oksigen dan karbon yang tinggi dibandingkan dengan spektrum 14 dan spektrum 16.

Pengujian dengan perbesaran 500 kali dilakukan pada spesimen 1, spesimen 4, spesimen 7 diketahui bahwa struktur mikro pada spesimen 1 menunjukkan belum adanya penyatuan. Struktur mikro pada spesimen 4 menunjukkan bahwa aluminium dan *mild steel* lebih mengikat dengan baik, ditunjukkan dengan persentase Fe dan Al yang hampir sama. Pada spesimen 7 tidak terjadi penyatuan yang maksimal disebabkan karena adanya unsur C dan O yang cukup tinggi sehingga menimbulkan terbentuknya senyawa oksidasi pada sambungan. Dari pengujian SEM ini juga

memperlihatkan adanya perpindahan unsur karbon dari *mild steel* ke sambungan yang dibuktikan dengan adanya unsur karbon pada sambungan dan nilai kekerasan *mild steel* yang menurun pada parameter optimal.

## KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisa yang dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil dalam “Analisis Mikrostruktur dan Sifat Pengelasan Aluminium-*Mild Steel* Menggunakan Metode *Cold Metal Transfer*” adalah sebagai berikut:

1. Pengelasan antara plat aluminium dan *mild steel* dapat dilakukan dengan metode *cold metal transfer*.
2. Pada spesimen pengelasan antara plat aluminium dan *mild steel* dilakukan pengujian tarik. Hasil pengujian tarik memiliki patahan di bagian aluminium. Nilai tegangan tarik pada spesimen sebesar 73,35 MPa. Nilai ini berada di bawah nilai tegangan tarik aluminium awal yaitu 149,3 MPa.
3. Dari hasil pengelasan dua material yang berbeda antara aluminium dan *mild steel* mengandung unsur Fe, Al, C, dan O.

## DAFTAR PUSTAKA

- Jácome, L. A., Weber, S., Leitner, A., Arenholz, E., Bruckner, J., Hackl, H., & Pyzalla, A. R. 2009. Influence of filler composition on the microstructure and mechanical properties of steel-Aluminum joints produced by metal arc joining. *Advanced Engineering Materials*, 11(5), 350-358.
- Kang, M., & Kim, C. 2015. Joining Al 5052 alloy to aluminized steel sheet using cold metal transfer process. *Materials & Design*, 81, 95-103.
- Milani, A. M., Paidar, M., Khodabandeh, A., & Nategh, S. 2016. Influence of filler wire and wire feed speed on metallurgical and mechanical properties of MIG welding-brazing of automotive galvanized steel/5754 aluminum alloy in a lap joint configuration. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 82(9), 1495-1506.
- Qiu, R., Shi, H., Zhang, K., Tu, Y., Iwamoto, C., & Satonaka, S. 2010. Interfacial characterization of joint between mild steel and aluminum alloy

welded by resistance spot welding. *Materials Characterization*, 61(7), 684-688.

Singh, J., Arora, K. S., & Shukla, D. K. 2019. Dissimilar MIG-CMT weld-brazing of aluminium to steel: A review. *Journal of Alloys and Compounds*, 783, 753-764.

Srinivasan, D., Sevel, P., Solomon, I. J., & Tanushkumar, P. 2022. A review on Cold Metal Transfer (CMT) technology of welding. *Materials Today: Proceedings*.