

**STUDI HASIL PROSES PENGELASAN FCAW (*Flux Cored Arc Welding*)  
PADA MATERIAL ST 41 DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGIN  
TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO**

**Ari Ardiansah**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [ariardiansah@mhs.ac.id](mailto:ariardiansah@mhs.ac.id).

**Yunus**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [yunus@unesa.ac.id](mailto:yunus@unesa.ac.id)

**Abstrak**

Di era sekarang Perkembangan teknologi di bidang kontruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena pengelasan mempunyai peranan yang sangat penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Teknik penyambungan logam dengan pengelasan mulai dikembangkan sejak abad ke 19. FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) merupakan las busur listrik fluk inti tengah / pelindung inti tengah. FCAW merupakan kombinasi antara proses SMAW, GMAW dan SAW. Sumber energi pengelasan yaitu dengan menggunakan arus listrik AC atau DC dari pembangkit listrik atau melalui trafo dan atau rectifier. FCAW adalah salah satu jenis las listrik yang memasok *filler* kawat las secara mekanis terus ke dalam busur listrik yang terbentuk di antara ujung filler kawat las dan metal induk. Baja yang digunakan adalah baja karbon rendah yang juga disebut baja lunak, baja lunak ini adalah baja yang mudah dilas, dapat dilas dengan semua cara pengelasan. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda-beda, media pendingin merupakan suatu substansi yang berfungsi dalam menentukan kecepatan pendinginan yang dilakukan terhadap material yang telah diuji dalam perlakuan panas. Berdasarkan latar belakang, penelitian ini berfokus pada "Studi Hasil Proses Pengelasan FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) pada Material ST 41 dengan Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik dan struktur mikro pada hasil pengelasan FCAW pada material baja karbon rendah ST 41 dengan menggunakan variasi media pendingin (udara, air dan oli). Data dari hasil penelitian dengan variasi media pendingin udara, oli dan air terhadap pengelasan FCAW baja karbon rendah ST 41. Adalah sebagai berikut, kekuatan tarik rata-rata tertinggi menggunakan media pendingin udara sebesar 51,7 N/mm<sup>2</sup>, media pendingin oli sebesar 48,34 N/mm<sup>2</sup> dan kekuatan tarik rata-rata terendah menggunakan media pendingin air sebesar 44,16 N/mm<sup>2</sup>. Hasil uji struktur mikro proses pengelasan FCAW dengan variasi media pendingin menghasilkan perpaduan batas butir ferit dan perlit.

**Kata kunci: Las FCAW, Kekuatan Tarik, Struktur Mikro, Media Pendingin**

**Abstract**

*In the current era, technological developments in the field of increasingly advanced construction cannot be separated from welding because welding has a very important role in the engineering and repair of metals. Metal connecting techniques with welding began to be developed since the 19th century. FCAW (Flux Cored Arc Welding) is an electric arc welding center core fluk / middle core protector. FCAW is a combination of the SMAW, GMAW and SAW processes. The welding energy source is by using AC or DC electric current from a power plant or through a transformer and / or rectifier. FCAW is one type of electric welding that supplies mechanical filler welding wire into an electric arc formed between the filler ends of weld wire and metal parent. The steel used is low carbon steel which is also called soft steel, this soft steel is steel that is easily welded, can be welded by all welding methods. The ability of a type of media to cool specimens can vary, cooling media is a substance that functions in determining the speed of cooling carried out on materials that have been tested in heat treatment. Based on the background, this study focuses on "Study of FCAW Welding Process Results in ST 41 Materials with Cooling Media Variations on Tensile Strength and Micro Structures". The purpose of this study was to determine the tensile strength and microstructure of FCAW welding results on ST 41 low carbon steel material using a variety of cooling media (air, water and oil). Data from the results of the study with variations in air, oil and water cooling media on welding FCAW low carbon steel ST 41. The following are the highest average tensile strength using air conditioning media of 51.7 N / mm<sup>2</sup>, oil cooling media of 48, 34 N / mm<sup>2</sup> and the lowest average tensile strength using water cooling media of 44.16 N / mm<sup>2</sup>. The microstructure test results of the FCAW welding process with variations in cooling media produce a mixture of ferrite and pearlite grain boundaries.*

**Keywords: FCAW Welding, Tensile Strength, Micro Structure, Colling Media**

## PENDAHULUAN

Di era sekarang Perkembangan teknologi di bidang kontruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena pengelasan mempunyai peranan yang sangat penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Teknik penyambungan logam dengan pengelasan mulai dikembangkan sejak abad ke 19. FCAW ( Flux Cored Arc Welding) merupakan las busur listrik fluk inti tengah / pelindung inti tengah. FCAW merupakan kombinasi antara proses SMAW, GMAW dan SAW. Sumber energi pengelasan yaitu dengan menggunakan arus listrik AC atau DC dari pembangkit listrik atau melalui trafo dan atau rectifier. FCAW adalah salah satu jenis las listrik yang memasok filler kawat las secara mekanis terus ke dalam busur listrik yang terbentuk di antara ujung filler kawat las dan metal induk. Baja yang digunakan adalah baja karbon rendah yang juga disebut baja lunak, baja lunak ini adalah baja yang mudah dilas, dapat dilas dengan semua cara pengelasan. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda-beda, media pendingin merupakan suatu substansi yang berfungsi dalam menentukan kecepatan pendinginan yang dilakukan terhadap material yang telah diuji dalam perlakuan panas.

Untuk mengetahui sifat mekanik tentang kekuatan, kekerasan, keuletan dan kekakuan. Dengan demikian dapat dilakukan pengujian dengan merusak bahan (*destructive test*) yaitu uji tarik , uji lengkung , uji kekuatan , uji patahan dan uji makro. Hasil pengujian tarik ini sangat penting untuk pekerja dalam pembuatan produk karena dapat diketahui beberapa sifat mekanik spesimen yang dibutuhkan . Daerah las-lasan terdiri dari 3 bagian yaitu daerah logam las, daerah pengaruh panas las (HAZ) dan daerah logam induk yang tidak terpengaruh oleh panas las. Untuk itu peneliti mengangkat judul yang menyangkut tentang kekuatan uji tarik dan struktur mikro material baja karbon rendah ST 41.

## Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

- Bagaimana pengaruh hasil kekuatan tarik pada proses pengelasan FCAW baja ST 41 dengan variasi media pendingin udara, air, dan oli ?
- Bagaimana pengaruh variasi media pendingin udara, air dan oli terhadap struktur mikro hasil pengelasan FCAW baja ST 41?

## Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka terdapat tujuan dari penelitian yaitu sebagai berikut:

- Untuk mengetahui nilai kekuatan tarik pada hasil pengelasan FCAW pada material baja ST 41 dengan variasi media pendingin dan arus 185 A.
- Untuk mengetahui struktur mikro pada baja paduan ST 41 hasil pengelasan FCAW dengan variasi media pendingin dan arus 185 A.

## METODE

### Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen analisis varian dan uji-t sedangkan untuk perhitungannya menggunakan bantuan program *software SPSS 16.00* .Dan untuk menjawab rumusan masalah digunakan konsep atau teori sehingga dapat dirumuskan hipotesis.

### Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian yang digunakan untuk pengambilan data dilakukan di PT. PAL Indonesia tepatnya di bagian SDM PT. PAL Indonesia Surabaya. Dan untuk waktu penelitian dilaksanakan pada Tahun Ajaran 2018 – 2019.

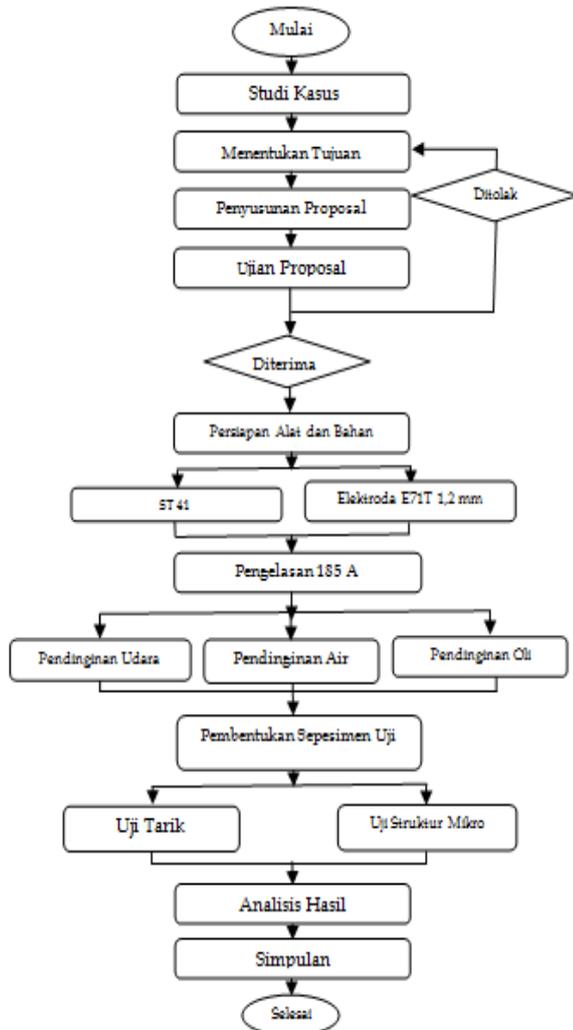
### Objek penelitian

Objek penelitian kali ini yaitu 15 spesimen material baja karbon rendah.

### Variabel Penelitian

- Variabel Bebas yaitu variasi media pendingin (udara, oli dan air).
- Variabel Terikat yaitu kekuatan tarik dan struktur mikro baja ST 41.

### Rancangan Penelitian



Gambar 1. Alur Penelitian

### HASIL DAN PEMBAHASAN

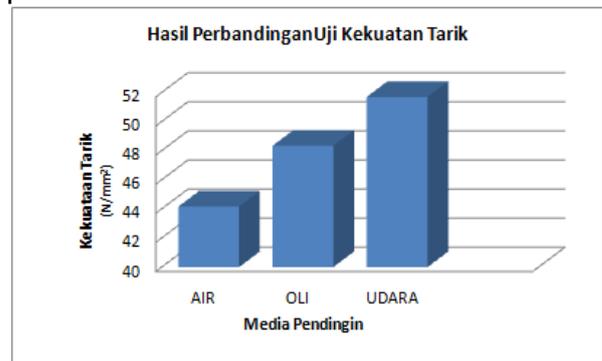
#### • Hasil Pengujian Tarik

Setelah dilakukan penelitian selanjutnya hasil data-data tersebut akan dianalisis. Data yang didapat dari proses penelitian berupa angka-angka yang menunjukkan hasil dari penelitian tersebut. Adapun penelitian tersebut meliputi uji tarik dan uji struktur mikro terhadap baja ST 41 dengan menggunakan pengelasan FCAW. Dalam penelitian ini juga menggunakan variasi media pendingin yaitu : udara normal, air, dan oli. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material baja karbon rendah:

Tabel 1. Hasil Pengujian Tarik

| No        | Sampel Uji Tarik | No Part | Beban Max (N) | Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> ) | Kekuatan Luluh (Mpa) | Elongasi (%) |
|-----------|------------------|---------|---------------|-------------------------------------|----------------------|--------------|
| 1         | UDARA NORMAL     | 1       | 7600          | 50,6                                | 45                   | 23,3         |
|           |                  | 2       | 7750          | 51,6                                | 38,3                 | 23,3         |
|           |                  | 3       | 8000          | 53,3                                | 40                   | 23,3         |
|           |                  | 4       | 7500          | 50                                  | 40                   | 26,6         |
|           |                  | 5       | 7950          | 53                                  | 38,3                 | 26,6         |
| RATA-RATA |                  |         | 7375          | 51,7                                | 40,32                | 24,62        |
| 2         | OLI              | 1       | 7750          | 51,6                                | 40                   | 20           |
|           |                  | 2       | 7250          | 48,3                                | 40                   | 23,3         |
|           |                  | 3       | 7025          | 46,83                               | 40,6                 | 23,3         |
|           |                  | 4       | 7050          | 47                                  | 40                   | 36,6         |
|           |                  | 5       | 7200          | 48                                  | 38,3                 | 26,6         |
| RATA-RATA |                  |         | 7255          | 48,34                               | 39,78                | 25,96        |
| 3         | AIR              | 1       | 6800          | 45,3                                | 40                   | 20           |
|           |                  | 2       | 6950          | 46,3                                | 38,6                 | 30           |
|           |                  | 3       | 6500          | 43,3                                | 36,6                 | 16,6         |
|           |                  | 4       | 6650          | 44,3                                | 38,3                 | 23,3         |
|           |                  | 5       | 6250          | 41,6                                | 36,6                 | 26,6         |
| RATA-RATA |                  |         | 6650          | 44,16                               | 38,02                | 23,3         |

Berdasarkan hasil uji tarik pada tabel di atas. Selanjutnya diolah dan ditampilkan dalam bentuk diagram seperti pada gambar diagram di bawah ini :



Gambar 2. Perbandingan Kekuatan Tarik

Data dari hasil analisa perhitungan pengujian tarik, didapatkan adanya pengaruh variasi media pendingin terhadap kekuatan tarik pada material spesimen baja ST 41 dengan variasi media pendingin udara bebas, oli, dan air. Hasil kekuatan tarik pada setiap pengujian membuktikan adanya perbedaan yang signifikan. Untuk sambungan las baja karbon rendah ST 41 dengan menggunakan variasi media pendingin udara bebas mempunyai rata-rata kekuatan tarik maksimum sebesar 51,7 N/mm<sup>2</sup>, rata-rata kuat luluh 40,32 Mpa dan rata-rata elongasi sebesar 24,62 %. Untuk sambungan las baja karbon rendah ST 41 dengan menggunakan variasi media

pendingin oli mempunyai rata-rata kekuatan tarik maksimum sebesar 48,34 N/mm<sup>2</sup>, rata-rata kuat luluh 39,78 Mpa dan rata-rata elongasi sebesar 25,96 %. Untuk sambungan las baja karbon rendah ST 41 dengan menggunakan variasi media pendingin air mempunyai rata-rata kekuatan tarik maksimum sebesar 44,16 N/mm<sup>2</sup>, rata-rata kuat luluh 38,02 Mpa dan rata-rata elongasi sebesar 23,3 %.

Dari hasil pengujian data tabel di atas dapat diambil kesimpulan bahwa perlakuan variasi media pendingin secara mendadak akan mempengaruhi kekuatan tarik, kekuatan luluh dan elongasi secara signifikan. Banyak faktor yang sangat mempengaruhi hasil dari kekuatan sambungan las. Dan pada penelitian kali ini kekuatan maksimum yang paling baik adalah menggunakan variasi media pendingin udara bebas.

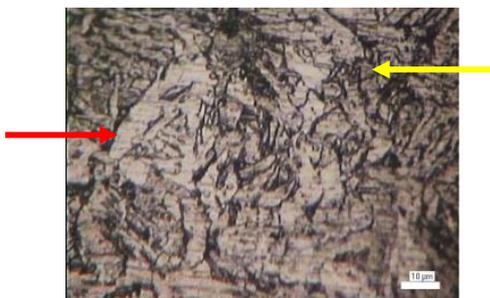


Gambar 3. Spesimen Uji Tarik

• **Data Hasil Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Struktur Mikro**

Foto struktur mikro pada spesimen benda uji merupakan hasil dari pengamatan dengan pembesaran 400x sehingga dapat dilihat batas-batas butir spesimen tersebut. Struktur mikro pada hasil penelitian ini diambil dengan menggunakan foto struktur mikro spesimen dengan variasi media pendingin udara, oli, dan air. Selanjutnya foto struktur mikro akan ditampilkan pada gambar di bawah ini :

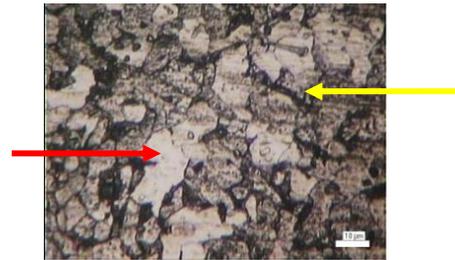
- Dengan variasi media pendingin udara



Gambar 4. Daerah Las Udara

Keterangan Gambar :  
 ————— : ferit  
 ————— : perlit

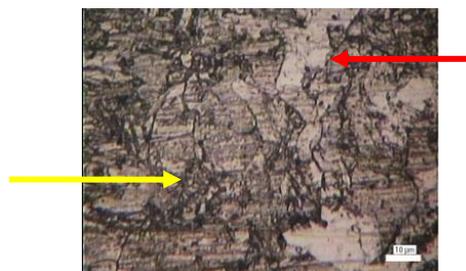
- Dengan variasi media pendingin air



Gambar 5. Daerah Las Air

Keterangan Gambar :  
 ————— : ferit  
 ————— : perlit

- Dengan variasi media pendingin oli



Gambar 6. Daerah Las Oli

Keterangan Gambar :  
 ————— : ferit  
 ————— : perlit

Pada gambar di atas adalah merupakan hasil dari foto struktur mikro baja karbon rendah. Struktur mikro pada gambar di atas adalah ferit dan perlit. Menurut Vlack (1985:383-384) butir-butir ferit berwarna terang sedangkan perlit berwarna gelap atau kelabu. Gambar di atas merupakan hasil dari foto struktur mikro baja ST 41 menunjukkan daerah-daerah ferit yang terpisah. Hal ini sesuai dengan teori didalam buku Vlack (1985:386) menunjukkan bahwa baja dengan struktur mikro yang mengandung daerah-daerah ferit yang terpisah disebut dengan baja karbon rendah.

Pada proses penelitian pengelasan ini terjadi fase panas sekitar kurang lebih 600°C yang hanya menimbulkan struktur Kristal ferit dan perlit. Didalam penelitian ini tampak jelas struktur mikro ferit dan perlit karena baja dengan kandungan kadar karbon rendah kandungan yang terbentuk adalah campuran antara ferit dan perlit (Wahono, 2011).



Gambar 7. Spesimen Uji Struktur Mikro

way *anova* dengan menggunakan uji-f. hasil dari pengujian uji-f akan ditunjukkan pada data tabel di bawah ini :

Tabel 3. Analisa Varians Uji Tarik

| ANOVA                    |                |    |             |        |      |
|--------------------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| hasil uji kekuatan tarik |                |    |             |        |      |
|                          | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
| Between Groups           | 142.689        | 2  | 71.345      | 23.479 | .000 |
| Within Groups            | 36.464         | 12 | 3.039       |        |      |
| Total                    | 179.153        | 14 |             |        |      |

## Uji Normalitas Data

### Uji Normalitas Data Pengujian Tarik

|       | Tests of Normality              |    |                   |              |    |      |
|-------|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|------|
|       | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |                   | Shapiro-Wilk |    |      |
|       | Statistic                       | df | Sig.              | Statistic    | df | Sig. |
| UDARA | .216                            | 5  | .200 <sup>*</sup> | .920         | 5  | .527 |
| OLI   | .308                            | 5  | .136              | .823         | 5  | .124 |
| AIR   | .135                            | 5  | .200 <sup>*</sup> | .986         | 5  | .964 |

Sumber : IBM SPSS Statistic

Berdasarkan analisa normalitas data pada *IBM SPSS Statistic*, bahwa hasil yang diperoleh dari pengujian tarik penelitian ini nilai signifikansi dari ketiga media pendingin lebih besar dari alpha (0,05). Sehingga dapat disimpulkan bahwa data tersebut berdistribusi normal.

## Analisa Homogenitas

### Uji Homogenitas Data Pengujian Tarik

Tabel 2. Hasil Uji Homogenitas Uji Tarik

| Test of Homogeneity of Variances |     |     |      |
|----------------------------------|-----|-----|------|
| hasil uji kekuatan tarik         |     |     |      |
| Levene Statistic                 | df1 | df2 | Sig. |
| .057                             | 2   | 12  | .945 |

Sumber : IBM SPSS Statistic

Berdasarkan hasil output data uji SPSS "*Test Homogeneity Of Varians*", diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,945 ini menunjukkan nilai signifikansi lebih besar daripada alpha (0,05). Maka data tersebut dapat disimpulkan bahwa varian ketiga variasi media pendingin memiliki varian yang homogen atau sama. Sehingga asumsi homogenitas dalam uji *one way anova* terpenuhi.

## Uji Hipotesis

### • Uji Hipotesis Pengujian Tarik

Hipotesis pada penelitian ini yaitu ada perbedaan yang signifikan pada hasil proses pengelasan FCAW arus 185 A dengan variasi media pendingin terhadap kekuatan tarik baja karbon rendah ST 41. Dengan demikian hipotesis penelitian tersebut dapat dibuktikan melalui *one*

Pada pengujian ANOVA pada tabel 3 dengan menggunakan uji F memperlihatkan F hitung sebesar 23,479 dengan sig 0,000 F tabel 3,49 dengan kondisi dimana F hitung lebih besar daripada F tabel dan nilai sig lebih kecil daripada alpha (0,05), maka  $H_0$  ditolak yang berarti koefisien signifikan. Maka dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang signifikan pada proses pengujian tarik dengan variasi media pendingin udara, oli, dan air hasil pengelasan FCAW arus 185 A.

### • Uji-t Tarik

Tabel 4. Uji-t perbandingan variasi media pendingin udara-oli

| Group Statistics         |       |   |         |                |                 |
|--------------------------|-------|---|---------|----------------|-----------------|
|                          | KELAS | N | Mean    | Std. Deviation | Std. Error Mean |
| HASIL_UJI_KEKUATAN_TARIK | UDARA | 5 | 51.7000 | 1.44568        | .64653          |
|                          | OLI   | 5 | 48.3400 | 1.93080        | .86348          |

| Independent Samples Test |                             |   |      |                              |       |                 |                 |                       |   |         |
|--------------------------|-----------------------------|---|------|------------------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------------|---|---------|
|                          |                             | Levene's Test for Equality of Variances |      | t-Test for Equality of Means |       |                 |                 |                       |   |         |
|                          |                             | F                                       | Sig. | t                            | df    | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference |         |
|                          |                             |   |      |                              |       |                 |                 |                       | Lower                                     | Upper   |
| HASIL_UJI_KEKUATAN_TARIK | Equal variances assumed     | .052                                    | .826 | 3.115                        | 8     | .014            | 3.36000         | 1.07070               | .87251                                    | 5.84749 |
|                          | Equal variances not assumed |   |      | 3.115                        | 7.412 | .016            | 3.36000         | 1.07070               | .83776                                    | 5.88224 |

Pada pengujian independent samples test tabel 4 dengan menggunakan uji-t memperlihatkan t hitung sebesar 3,115 dengan sig 0,014, t tabel 2,365 dengan kondisi dimana t hitung lebih besar daripada t tabel dan nilai sig lebih kecil daripada alpha (0,05), maka dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  ditolak. Dapat dinyatakan ada perbedaan yang signifikan pada proses pengujian tarik hasil pengelasan FCAW antara variasi media pendingin udara dibandingkan dengan variasi media pendingin oli.

Tabel 5. Uji-t perbandingan variasi media pendingin udara-air

|                          | KELAS | N | Mean    | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|--------------------------|-------|---|---------|----------------|-----------------|
| HASIL_UJI_KEKUATAN TARIK | UDARA | 5 | 51.7000 | 1.44568        | .64653          |
|                          | AIR   | 5 | 44.1600 | 1.81604        | .81216          |

|                          |                             | Levene's Test for Equality of Variances |      | t Test for Equality of Means |       |                 |                 |                       |   |         |
|--------------------------|-----------------------------|---|------|------------------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------------|---|---------|
|                          |                             | F                                       | Sig. | t                            | df    | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference |         |
|                          |                             |   |      |                              |       |                 |                 |                       | Lower                                     | Upper   |
| HASIL_UJI_KEKUATAN TARIK | Equal variances assumed     | .198                                    | .701 | 7.263                        | 8     | .000            | 7.54000         | 1.03888               | 5.14919                                   | 9.93081 |
|                          | Equal variances not assumed |   |      | 7.263                        | 7.817 | .000            | 7.54000         | 1.03888               | 5.12609                                   | 9.95491 |

Pada pengujian independent samples test tabel 5 dengan menggunakan uji-t memperlihatkan t hitung sebesar 7,263 dengan sig 0,000, t tabel 2,365 dengan kondisi dimana t hitung lebih besar daripada t tabel dan nilai sig lebih kecil daripada alpha (0,05), maka dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  ditolak. Dapat dinyatakan ada perbedaan yang signifikan pada proses pengujian tarik hasil pengelasan FCAW antara variasi media pendingin udara dibandingkan dengan variasi media pendingin air.

Tabel 6. Uji-t perbandingan variasi media pendingin oli-air

|                          | KELAS | N | Mean    | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|--------------------------|-------|---|---------|----------------|-----------------|
| HASIL_UJI_KEKUATAN TARIK | OLI   | 5 | 48.3400 | 1.93080        | .86348          |
|                          | AIR   | 5 | 44.1600 | 1.81604        | .81216          |

|                          |                             | Levene's Test for Equality of Variances |      | t Test for Equality of Means |       |                 |                 |                       |   |         |
|--------------------------|-----------------------------|---|------|------------------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------------|---|---------|
|                          |                             | F                                       | Sig. | t                            | df    | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference |         |
|                          |                             |   |      |                              |       |                 |                 |                       | Lower                                     | Upper   |
| HASIL_UJI_KEKUATAN TARIK | Equal variances assumed     | .008                                    | .931 | 3.526                        | 8     | .008            | 4.18000         | 1.10541               | 1.44644                                   | 6.91356 |
|                          | Equal variances not assumed |   |      | 3.526                        | 7.870 | .008            | 4.18000         | 1.10541               | 1.44485                                   | 6.91535 |

Pada pengujian independent samples test tabel 6 dengan menggunakan uji-t memperlihatkan t hitung sebesar 3,526 dengan sig 0,008 t tabel 2,365 dengan kondisi dimana t hitung lebih besar daripada t tabel dan nilai sig lebih kecil daripada alpha (0,05), maka dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  ditolak. Dapat dinyatakan ada perbedaan yang signifikan pada proses pengujian tarik hasil pengelasan FCAW antara variasi media pendingin oli dibandingkan dengan variasi media pendingin air.

## Pembahasan Hasil Penelitian

### • Hasil Pengujian Tarik

Data dari hasil penelitian dengan variasi media pendingin udara, oli dan air terhadap pengelasan FCAW baja karbon rendah ST 41. Adalah sebagai berikut, kekuatan tarik rata-rata tertinggi menggunakan media pendingin udara sebesar 51,7 N/mm<sup>2</sup>, media pendingin oli sebesar 48,34

N/mm<sup>2</sup> dan kekuatan tarik rata-rata terendah menggunakan media pendingin air sebesar 44,16 N/mm<sup>2</sup>.

Berdasarkan dukungan dari penelitian sebelumnya (Ahmad Hanafi, 2012) skripsi jurusan teknik mesin-fakultas teknik mesin UM, 2012. Dengan judul "Pengaruh Jenis Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Logam Las Plat Baja ST 60 dengan Pengelasan MIG/MAG". Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah hasil penelitian rata-rata kekuatan tarik tertinggi pada sambungan las plat baja ST 60 terdapat pada penggunaan media pendingin udara sebesar 200,12 N/mm<sup>2</sup>. sedangkan rata-rata kekuatan tarik terendah terdapat pada penggunaan media air sebesar 150,67 N/mm<sup>2</sup>. kekuatan tarik rata-rata penggunaan media oli berada diantara media pendingin udara dan air yaitu sebesar 170 N/mm<sup>2</sup>. Laju pendinginan berpengaruh terhadap hasil pengujian tarik. Semakin cepat laju pendinginan pasca pengelasan maka akan semakin menurunkan kekuatan tarik pada sambungan logam las baja ST 60.

### • Hasil Pengujian Struktur Mikro

Struktur mikro pada daerah logam las baja karbon rendah ST 41 pada proses pengelasan FCAW arus 185 A dengan menggunakan variasi media pendingin air, oli dan udara. Adalah sebagai berikut :

- ✓ Media pendingin air tampak jelas batas butir ferit lebih dominan yang mengakibatkan lebih lunak dan getas.
- ✓ Media pendingin oli memiliki batas butir campuran antara ferit dan perlit.
- ✓ Media pendingin udara memiliki batas butir perlit yang lebih dominan yang mengakibatkan kekuatan tarik lebih keras daripada air dan oli.

Menurut Vlack (1985:383-384) butir-butir ferit berwarna terang sedangkan perlit berwarna gelap atau kelabu. Gambar di atas merupakan hasil dari foto struktur mikro baja ST 41 menunjukkan daerah-daerah ferit yang terpisah. Hal ini sesuai dengan teori didalam buku Vlack (1985:386) menunjukkan bahwa baja dengan struktur mikro yang mengandung daerah-daerah ferit yang terpisah disebut dengan baja karbon rendah.

Berdasarkan dari penelitian terdahulu (Ary Setya Kurniawan, Solichin, Rr. Poppy Puspitasari), dengan penelitian yang berjudul "Analisa Struktur Mikro pada Daerah Las dan HAZ Hasil Pengelasan SMAW pada Baja Karbon

Medium dan *Quenching* Air Laut". Kesimpulan dari penelitian tersebut menyatakan bahwa proses pendinginan atau *quenching* pada daerah logam HAZ tampak jelas batas butir ferit, perlit dan martensitnya dan pada daerah logam las tampak batas butir tersebut sangat dominan. Hal ini disebabkan karena media pendingin memiliki sifat mendinginkan dengan cepat sehingga mengakibatkan ikatannya lebih keras pada permukaan benda kerja tersebut.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari pengujian yang telah dilakukan dan evaluasi data serta dilakukan pembahasan pengaruh variasi media pendingin terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro baja karbon rendah ST 41, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Kekuatan tarik baja karbon rendah ST 41 setelah proses pengelasan FCAW arus 185 A dengan menggunakan variasi media pendingin air, oli, dan udara. Adalah sebagai berikut. Media pendingin air mempunyai kekuatan tarik yang paling rendah yaitu sebesar 44,16 N/mm<sup>2</sup>, media pendingin oli berada diantara media pendingin air dan udara yaitu sebesar 48,34 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan media pendingin udara mempunyai kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 51,7 N/mm<sup>2</sup>.

Dari hasil analisis varians dan uji-t menunjukkan bahwa, variasi media pendingin ada perbedaan yang signifikan terhadap kekuatan tarik proses pengelasan FCAW.

- Struktur mikro pada daerah logam las baja karbon rendah ST 41 pada proses pengelasan FCAW arus 185 A dengan menggunakan variasi media pendingin air, oli dan udara. Adalah sebagai berikut. Media pendingin air tampak jelas batas butir ferit lebih dominan yang mengakibatkan lebih lunak dan getas. Media pendingin oli memiliki batas butir campuran antara ferit dan perlit. Media pendingin udara memiliki batas butir perlit yang lebih dominan yang mengakibatkan kekuatan tarik lebih keras daripada air dan oli.

### Saran

Saran yang diberikan sehubungan dengan penelitian tentang proses pengelasan FCAW arus 185 A dengan variasi media pendingin udara, oli dan air yaitu :

- Perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut lagi, agar lebih dapat melihat secara detail angka dan nilai dari pengujian non destruktif testing untuk digunakan sebagai pembanding.

- Welder harus memiliki sertifikasi pengelasan sesuai dengan bidang keahliannya dan melaksanakan prosedur pengelasan sesuai dengan WPS (*welding procedure specification*) agar cacat las dapat diminimalisir sehingga hasil dari pengelasan menjadi berkualitas dan maksimal.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan variabel kontrol yang lebih lengkap supaya mendapatkan hasil yang signifikan.

## DAFTAR PUSTAKA

Alip, M., 1989, *Teori dan Praktik Las*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Asfarizal dan Rony Ricardo, 2003. Jurnal Pengaruh Variasi Media Pendingin Hasil Sambungan Las Baja Karbon Paduan Terhadap Nilai Ketangguhan. Institut Teknologi Padang. Jurusan Teknik Mesin.

Beni, Muhammad. 2008. Pengertian macam-macam media pendingin Retrieved from <https://id.scribd.com/doc/76867103/mediapendingin> Diakses tanggal 2 November 2018 jam 20.15 WIB.

Budiman Arif, 2012. Jurnal Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan SMAW Pada Sambungan Baja ST 42. Dept of *mechanical engineering*. Bandung Indonesia.

Himateklas, 2016. Flux Core Arc Welding (FCAW). Retrieved from <http://hima-tl.ppns.ac.id/flux-cored-arc-welding-fcaw/> . Diakses pada tanggal 02 Januari 2019

Irawan, Hendri. 2008. Pengertian air. Retrieved from [www.poztmo.com/2011/06/pengertian-definisi-air.html](http://www.poztmo.com/2011/06/pengertian-definisi-air.html) Diakses tanggal 11 November 2018 jam 19.13 WIB.

Jeffus, Larry. 2009. *Welding Principles and applications*. New York: Mc Graw Hill.

Malau, V., 2003, *Diktat Kuliah Teknologi Pengelasan Logam*, Yogyakarta.

Rahardja, Achmad. S. H. S. 2006. *Modul Pengelasan PT. PAL Indonesia (Persero)*. PT. PAL Indonesia.

Santoso, Joko 2006. Jurnal pengaruh arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan las SMAW dengan elektroda E7018. Universitas Negeri Semarang. Jurusan teknik mesin.

Sonawan, H., Suratman, R., 2004, *Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam*, Alfa Beta, Bandung.

- Sufyani, Rosyidin dan Yerico Leonard B, 2018. Jurnal Pengaruh Arus Las Pada Proses Las FCAW Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan. Sekolah Tinggi Teknik Mandala Bandung. Jurusan Teknik Mesin.
- Sugiyono.2014. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D.* Bandung: CV. Alfabeta.
- Surya, Yudi. 2013. *Material Teknik*. Retrieved from <https://id.scribd.com/doc/146862636/Material-Teknik-08-Th>. Diakses tanggal 11 November 2018 jam 20.00
- Tim MPK Unesa. 2005. *Bahasa Indonesia Keilmuan*. Surabaya: Unesa University Press.
- Tim Penulis. 2004. *Buku Pedoman Penulisan dan Ujian Skripsi Unesa*. Surabaya: Unesa.
- Widharto, Sri. 2001. *Petunjuk Kerja Las*. Jakarta: PT Pradnya Paramia Jalan Bunga 8-8A
- Wiryo Sumarto, H., 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Erlangga, Jakarta.