

## Pengaruh Viskositas Cairan Pendingin Pasca Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Fisik Baja ST 37

Iswanto<sup>a,\*</sup>, Edi Widodo<sup>b</sup>, Prantasi H. Tjahjanti<sup>a</sup>, Dafit Nur Rohman<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo  
Jl. Mojopahit 666 B Sidoarjo, Indonesia

<sup>b</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Brawijaya  
Jl. Veteran Malang, Indonesia

\*E-mail: iswanto@umsida.ac.id

### Abstract

*The post-welding cooling process affects the physical properties of the weld metal. The purpose of this study was to determine the effect of post-welding cooling fluid viscosity on the physical properties and microstructure of ST 37 steel. The research was conducted using a SMAW welding machine and the material used was ST 37 steel. After completing welding, the specimens are cooled with three different cooling fluids, namely: SAE 40 oil (used), SAE 40 oil and SAE 90 oil. Then the welding results are checked using the Dye Penetrant Test method. If the welding results meet the standards, then the tensile test and microstructure test are carried out. From the results of the tensile test, the lowest tensile strength was obtained from post-welding cooling using SAE 40 (used) oil, which was 33.44 N/mm<sup>2</sup>. The highest tensile strength resulted from post-welding cooling using SAE 90 oil, which was 41.43 N/mm<sup>2</sup>. Meanwhile, from the microstructure observations it can be seen that on post-welding cooling using SAE 40 oil (used), the pearlite structure looks bigger. The structure of pearlite is getting smoother with the greater the value of the post-welding cooling fluid viscosity.*

**Keywords:** SMAW welding, tensile strength, microstructure, cooling fluid viscosity, ST 37 steel

### Abstrak

Proses pendinginan pasca pengelasan berpengaruh terhadap sifat fisik logam hasil pengelasan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh viskositas cairan pendingin pasca pengelasan terhadap sifat fisik dan struktur mikro baja ST 37. Penelitian dilakukan dengan menggunakan mesin las SMAW dan material yang digunakan adalah baja ST 37. Setelah selesai melakukan pengelasan kemudian spesimen didinginkan dengan tiga cairan pendingin yang berbeda, yaitu: oli SAE 40 (bekas), oli SAE 40 dan oli SAE 90. Kemudian dilakukan pemeriksaan hasil pengelasan dengan menggunakan metode *Dye Penetrant Test*. Apabila hasil pengelasan sudah memenuhi standar, selanjutnya dilakukan pengujian tarik dan pengujian struktur mikro. Dari hasil pengujian tarik diperoleh kekuatan tarik paling rendah dihasilkan dari pendinginan pasca pengelasan menggunakan oli SAE 40 (bekas), yaitu sebesar 33,44 N/mm<sup>2</sup>. Kekuatan tarik paling tinggi dihasilkan dari pendinginan pasca pengelasan menggunakan oli SAE 90, yaitu sebesar 41,43 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan dari pengamatan struktur mikro dapat dilihat bahwa pada pendinginan pasca pengelasan menggunakan oli SAE 40 (bekas), struktur *perlite* kelihatan lebih besar. Struktur *perlite* semakin halus dengan semakin besarnya nilai viskositas cairan pendingin pasca pengelasan.

**Kata kunci:** pengelasan SMAW, kekuatan tarik, struktur mikro, viskositas cairan pendingin, baja ST 37

### 1. Pendahuluan

Baja ST 37 secara umum merupakan baja karbon rendah atau disebut juga baja lunak yang digunakan untuk pembuatan baja batangan, tangki, perkapalan, jembatan, menara, pesawat angkat dan dalam bidang permesinan. Baja ST 37 banyak digunakan untuk konstruksi umum karena mempunyai sifat mampu las dan kepekaan terhadap retak las. Kepekaan retak yang rendah cocok terhadap proses las, dan dapat digunakan untuk pengelasan plat tipis maupun plat tebal [1, 2].

Pada bidang konstruksi umum maupun pemesinan, dalam proses penyambungan logam lebih memilih proses pengelasan dibandingkan dengan proses yang lain karena berbagai pertimbangan [3, 4]. Proses pengelasan untuk penyambungan logam ada beberapa jenis, diantaranya adalah pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*). Pengelasan SMAW adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar atau logam induk dan elektroda (bahan pengisi). Panas tersebut dihasilkan oleh lonjakan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan permukaan plat yang akan di las). Pengelasan SMAW biasa juga disebut dengan las busur listrik [5, 6].

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan, diantaranya: jenis elektroda, diameter elektroda, arus yang digunakan, *holding time* dan proses pendinginan pasca pengelasan. Semakin tinggi densitas suatu media pendingin, maka semakin cepat proses pendinginan oleh media pendingin tersebut. Media yang memiliki densitas tinggi akan memberikan daya pendinginan yang cepat sehingga dapat mengakibatkan spesimen menjadi getas [2, 7]. Waktu tahan terlalu pendek akan menghasilkan kekerasan yang rendah, hal ini disebabkan tidak cukupnya jumlah karbida yang larut dalam larutan, sedangkan apabila waktu penahanan yang diberikan terlalu lama, transformasi terjadi namun diikuti dengan pertumbuhan butir yang dapat menurunkan ketangguhan [8, 9].

Penelitian tentang pendinginan pasca pengelasan sudah dilakukan, diantaranya yang dilakukan oleh Zheng et al. tentang *Influence of different cooling rates on the microstructure of the HAZ and welding CCT diagram of CLAM steel* [10]. Khan et al. melakukan penelitian tentang *Effect of Cooling Rate on Microstructure and Mechanical Properties in the CGHAZ of Electroslag Welded Pearlitic Rail Steel* [11]. Zhang et al. meneliti tentang *Effect of cooling rate on microstructure and properties of microalloyed HSLA steel weld metals* [12]. Keehan et al. melakukan penelitian tentang *Influence of cooling rate on microstructure and properties of high strength steel weld metal* [7]. Penelitian X Di et al. tentang *Effect of cooling rate on microstructure, inclusions and mechanical properties of weld metal in simulated local dry underwater welding* [13].

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, penelitian ini akan membahas tentang pengaruh viskositas cairan pendingin pasca pengelasan SMAW terhadap sifat fisik dan struktur mikro baja ST 37, dengan pendinginan pasca pengelasan menggunakan oli SAE 40 bekas, oli SAE 40 dan oli SAE 90.

## 2. Material dan Metodologi Penelitian

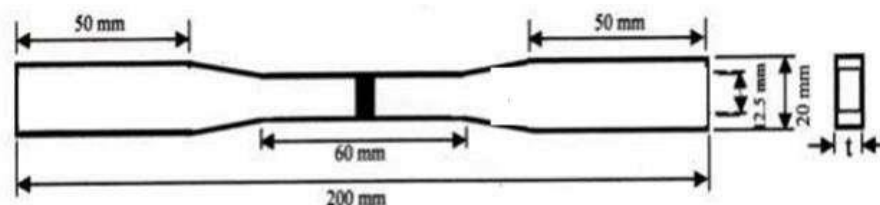
Pada penelitian ini menggunakan material baja ST 37 dengan komposisi kimia 0,5% C, 0,8% Mn dan 0,3% Si. Digunakan mesin las SMAW dan pada proses pengelasannya menggunakan elektroda las E 7016 dengan diameter 2,6 mm. Kampuh yang dipilih adalah kampuh V dengan lebar celah 2 mm dan sudut 60°, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Pada saat melakukan pengelasan menggunakan kuat arus 90 Ampere, sedangkan posisi pengelasan dipilih posisi 1G.



Gambar 1. Kampus V dengan sudut 60°

Setelah selesai melakukan proses pengelasan, kemudian hasil pengelasan didinginkan. Ada tiga jenis media yang digunakan untuk melakukan pendinginan, yaitu: oli SAE 40 bekas, oli SAE 40 dan oli SAE 90. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan terhadap hasil pengelasan, apakah hasil pengelasan memenuhi syarat atau tidak. Pemeriksaan hasil pengelasan menggunakan metode *Dye Penetrant Test*. Apabila hasil pengelasan tidak memenuhi syarat, maka dilakukan pengelasan ulang. Sedangkan jika hasil pengelasan telah memenuhi syarat, maka dilakukan proses pengujian mikrostruktur dan pengujian tarik.

Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin Model GAG 5051 PC dengan kapasitas 50 KN dan peregangan maksimal 600 mm. Untuk pengujian tarik sesuai dengan standar ASTM (*American Society for Testing and Materials*) pada benda kerja pengelasan. Terutama ada dua jenis dimensi standar, satu untuk plat dan yang kedua untuk spesimen jenis batang. Jadi spesimen uji tarik standar yang dipilih adalah tipe pelat seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM E8

Pengujian tarik dilakukan sebanyak tiga kali untuk tiap-tiap perlakuan pendinginan, kemudian diambil rata-ratanya untuk memperoleh hasil yang lebih valid. Sedangkan untuk pengujian mikrostruktur menggunakan mikroskop optik logam tipe epiphot-300 dengan pembesaran maksimum 1000x.

### 3. Hasil dan Pembahasan

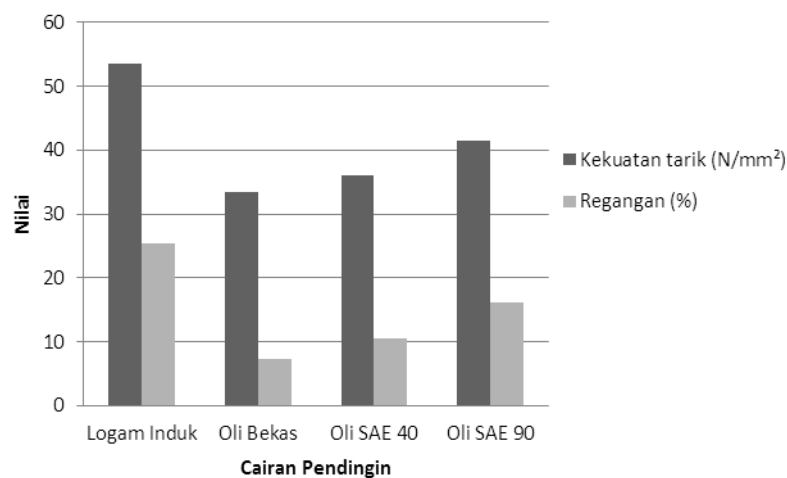
#### 3.1 Hasil Pengujian Tarik

Setelah melakukan pengujian tarik terhadap masing-masing specimen hasil pengelasan dengan pendinginan pasca pengelasan yang berbeda, maka diperoleh data hasil pengujian seperti disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil pengujian tarik

Kuat Arus (Ampere)	Cairan Pendingin	Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan (%)
90	Base metal	53,6	25,4
	Oli SAE 40 (bekas)	33,44	7,4
	Oli SAE 40	35,99	10,5
	Oli SAE 90	41,43	16,2

Dari Tabel 1. dapat dibuat grafik sebagai perbandingan hasil pengujian tarik dari proses pengelasan dengan pendinginan pasca pengelasan yang berbeda seperti yang terlihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik perbandingan hasil pengujian tarik

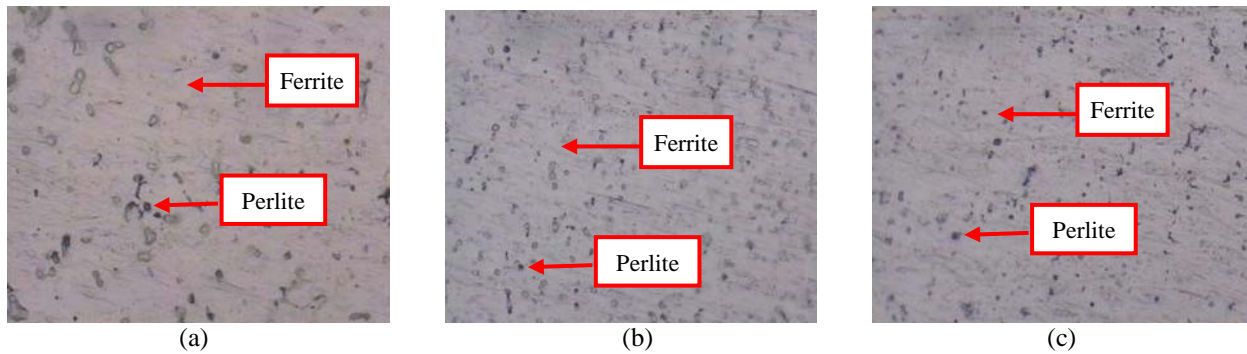
Dari Tabel 1. dan Gambar 3. dapat dilihat bahwa pengujian tarik dari proses pengelasan SMAW pada baja ST 37 dengan pendinginan pasca pengelasan menggunakan oli yang berbeda viskositasnya menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda. Kekuatan tarik paling rendah dihasilkan dari pendinginan pasca pengelasan menggunakan oli bekas yang memiliki viskositas paling kecil, kekuatan tarik yang dihasilkan sebesar 33,44 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan kekuatan tarik paling tinggi diperoleh dari pendinginan pasca pengelasan menggunakan oli SAE 90 yang memiliki viskositas paling besar, kekuatan tarik yang diperoleh sebesar 41,43 N/mm<sup>2</sup>.

Apabila dilihat dari regangannya, regangan paling kecil diperoleh dari pendinginan pasca pengelasan menggunakan oli bekas, regangannya sebesar 7,4%. Sedangkan regangan paling besar dihasilkan dari pendinginan pasca pengelasan menggunakan oli SAE 90, dengan nilai regangan sebesar 16,2 %.

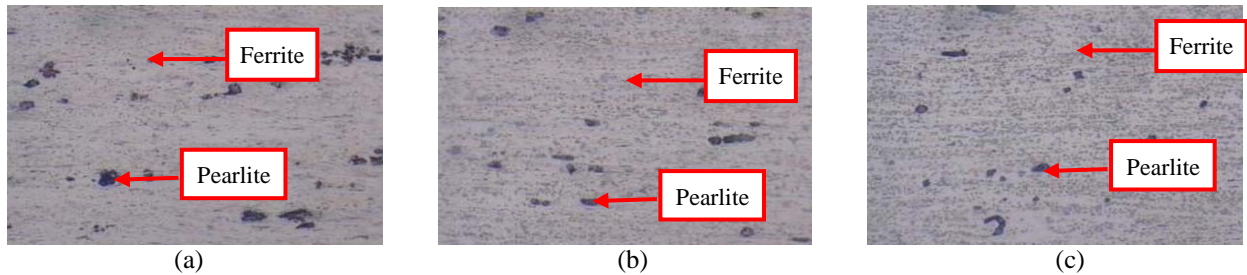
Dari hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa, semakin besar nilai viskositas cairan pendingin pasca pengelasan mengakibatkan semakin tinggi kekuatan tarik dan regangannya. Begitupula sebaliknya semakin rendah viskositas cairan pendingin pasca pengelasan mengakibatkan kekuatan tarik dan regangannya semakin rendah. Hal ini terjadi karena pada cairan pendingin pasca pengelasan yang memiliki viskositas rendah, maka laju pendinginannya akan lebih cepat dibandingkan dengan cairan pendingin yang memiliki viskositas tinggi. Dengan laju pendinginan yang cepat maka logam akan lebih getas atau rapuh dibandingkan dengan laju pendinginan yang lambat, dan sebaliknya dengan laju pendinginan yang lambat maka logam akan semakin tinggi kekuatan tarik dan regangannya.

#### 3.2 Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro pada hasil pengelasan SMAW terhadap baja ST 37 dengan pendinginan pasca pengelasan menggunakan oli SAE 40 bekas, oli SAE 40 dan oli SAE 90, bertujuan untuk mengetahui kondisi struktur mikro dalam bentuk gambar. Foto struktur mikro diambil pada WM (*Weld Metal*) dan daerah HAZ (*Heat Affection Zone*) dengan pembesaran 500 kali. Foto struktur mikro pada *weld metal* ditunjukkan pada Gambar 2., sedangkan foto struktur mikro pada daerah HAZ dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 4.** Struktur mikro pada daerah WM dengan pendingin oli bekas (a), oli SAE 40 (b), oli SAE 90 (c)



**Gambar 5.** Struktur mikro pada daerah HAZ dengan pendingin oli bekas (a), oli SAE 40 (b), oli SAE 90 (c)

Dapat dilihat dari Gambar 4 dan 5 bahwa: hasil pengelasan SMAW baja ST 37 dengan pendinginan pasca pengelasan menggunakan oli yang berbeda viskositasnya memiliki struktur mikro yang berbeda, baik di daerah *weld metal* maupun di daerah HAZ. Pada gambar 4(a) dan 5(a) yang pendinginan pasca pengelasan menggunakan oli bekas, memiliki struktur *pearlite* yang lebih besar dan terlihat lebih hitam, sehingga mengakibatkan kekuatan tarik yang lebih rendah. Hal ini terjadi karena pada pendinginan menggunakan oli bekas dengan viskositas paling rendah, pendinginan yang terjadi lebih cepat dibandingkan dengan kedua pendingin yang lain.

Sedangkan pada gambar 4(c) dan 5(c) dimana proses pendinginan pasca pengelasannya menggunakan oli SAE 90, memiliki struktur *pearlite* yang lebih halus, sehingga berakibat pada kekuatan tarik yang lebih tinggi. Kondisi ini terjadi karena pada pendinginan menggunakan oli SAE 90 yang memiliki viskositas paling tinggi, proses pendinginan berjalan lebih lambat dibanding dengan dua pendingin lainnya.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan tentang pengaruh viskositas cairan pendingin pasca pengelasan SMAW terhadap sifat fisik dan struktur mikro baja ST 37, dapat disimpulkan bahwa: viskositas cairan pendingin pasca pengelasan berpengaruh terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan. Semakin besar viskositas cairan pendingin mengakibatkan kekuatan tarik semakin besar. Viskositas cairan pendingin yang semakin besar juga mengakibatkan regangan yang semakin besar. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa semakin besar viskositas cairan pendingin akan menghasilkan butiran *pearlite* yang semakin halus.

#### Daftar Pustaka

- [1] Jorge, J.C.F., et al., 2019, "Influence of Welding Procedure and PWHT on HSLA Steel Weld Metals," J. Mater. Res. Technol., 8(1): 561–571.
- [2] ASM International Handbook Committee, 1991, "ASM handbook: Heat treating," ASM International.
- [3] Fachruddin, A., Iswanto, I., Mulyadi, M., Noerdianto, N., 2020, "Analisa Perbandingan Kekuatan Hasil Pengelasan TIG dan Pengelasan MIG Pada Aluminium 5083," Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin, 9(1): 87–92.
- [4] Hermanto, A., Iswanto, I., 2019, "Pengaruh Flux Elektroda AWS 5.1 E 6013 Dichelup Oli pada Pengelasan Besi Cor Kelabu FC-25 Terhadap Kekuatan Tarik," R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J., 3(2): 57–60.
- [5] Okumura, T., Wiryosumarto, H., 2008, "Teknologi Pengelasan Logam," Pradnya Paramita, Jakarta.
- [6] Nam, T.H., et al., 2018, "Effect of Post Weld Heat Treatment on The Microstructure and Mechanical Properties of a Submerged-arc-welded 304 Stainless Steel," Metals (Basel), 8(1): 26.
- [7] Karlsson, L., Keehan, E., Zachrisson, J., 2010, "Influence of cooling rate on microstructure and properties of high strength steel weld metal," Sci. Technol. Weld. Join., 15(3): 233–238.
- [8] Thelning, K.E., 2013, "Steel and Its Heat Treatment," Butterworth-Heinemann.
- [9] Mithun, K., Saraswathamma, K., Verma, D.K., 2019, "Effect of Post Weld Heat Treatment Soaking Time on Microstructure and Mechanical Properties of TIG Welded Grade 91 Steel," J. Met. Mater. Miner., 29(2): 42–50.

- [10] Han, Y., Huang, Q., Liu, S., Wu, Q., Zheng, S., 2011, “*Influence of Different Cooling Rates on the Microstructure of the HAZ and Welding CCT Diagram of CLAM Steel,*” *Fusion Eng. Des.*, 86(9–11): 2616–2619.
- [11] Jiang, Y., Khan, A.R., Wang, H., Yu, S., 2019, “*Effect of Cooling Rate on Microstructure and Mechanical Properties in the CGHAZ of Electroslag Welded Pearlitic Rail Steel,*” *Metals (Basel)*., 9(7): 742.
- [12] Kannengiesser, T., Michael, T., Pittner, A., Rhode, M., Zhang, L., 2015, “*Effect of Cooling Rate on Microstructure and Properties of Microalloyed HSLA Steel Weld Metals,*” *Sci. Technol. Weld. Join.*, 20(5): 371–377.
- [13] Cao, J., Cheng, F., Di, X., Ji, S., Wang, D., 2015 “*Effect of Cooling Rate on Microstructure, Inclusions and Mechanical Properties of Weld Metal in Simulated Local Dry Underwater Welding,*” *Mater. Des.*, 88: 505–513.