

## **Analisa Perbedaan Penggunaan Elektroda E5016 Dan E4303 Las SMAW Berbahan Plat Baja ST 37 Terhadap Sifat Mekanik Dan Mikrostruktur**

### ***Analysis Of Differences In The Use Of Electrodes E5016 And E 4303 SMAW Welding Made From ST 37 Steel Plate On Mechanical And Microstructural Properties***

**M. Alfian Pratama Putra H<sup>1</sup>, Kosjoko<sup>2\*</sup>, Nely Ana Mufarida<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Email : [alpin.stalker@gmail.com](mailto:alpin.stalker@gmail.com)

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember\**Koresponden Author*  
Email : [kosjoko@unmuhjember.ac.id](mailto:kosjoko@unmuhjember.ac.id)

<sup>3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Email : [nelyana@unmuhjember.ac.id](mailto:nelyana@unmuhjember.ac.id)

#### **Abstrak**

Pengelasan merupakan suatu proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energy panas. Berdasarkan definisi dari American Welding Society (AWS) las adalah ikatan metalurgi pada sambungn logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau mencair. Secara singkat, dapat dijabarkan proses pengelasan merupakan sambungan dari beberapa batang logam dengan menggunakan energy panas dan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas hasil penyambungan logam adalah sifat suatu logam (Kurdi; 2017).hasil yang didapat pada penelitian ini adalah hasil pengujian kekerasan dan kekuatan tarikmmaterial ST 37 dengan perbandingan elektroda yang berbeda mempunyai nilai hasil yang tinggi terdapat pada elektroda E5016 dibanding dengan nilai yang terdapat pada elektroda E4303. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengelasan tidak sesuai dengan kondisi amper rendah dan tingkat kematangan las yang lama. Sedangkan pada uji *microstruktur* pada baja ST 37 dengan variasi elektroda E4303 dan E5016 dan menggunakan variasi arus (90A, 110A dan 130A) mempengaruhi perubahan karakteristik pada spesimen.

**Kata kunci:** pengelasan, uji kekerasan, uji Tarik, uji microstruktur.

#### **Abstrac**

*Welding is a process of joining two or more metal parts using heat energy. Based on the definition of the American Welding Society (AWS) welding is a metallurgical bond at a metal or alloy metal joint which is carried out in a melted or melted state. Briefly, it can be explained that the welding process is the connection of several metal rods using heat energy and one of the factors that affect the quality of the metal joining results is the nature of a metal (Kurdi; 2017). The results obtained in this study are the results of testing the roughness and tensile strength of the material. ST 37 with different electrode ratios has a high yield value found on the E5016 electrode compared to the value found on the E4303 electrode. This indicates that the welding process is not suitable for the low amperage conditions and the long maturity level of the weld. Meanwhile, the microstructure test on ST 37 steel with electrode variations E4303 and E5016 and using current variations (90A, 110A and 130A) affects changes in the characteristics of the specimen.*

**Keyword:** *welding, Rockwell Hardness, tensile strength, microstructure*

## 1. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Pengembangan teknologi dibidang teknik terutama kontruksi yang semakin pesat tidak dapat di pisahkan dari teknik pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Pengembangan bangunan kontruksi pada masa sekarang banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya dalam merancang bangunan karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh hasil sambungan dengan kualitas baik. Pengelasan (welding) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu (Arifin, J 2017).

Pengelasan merupakan suatu proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energy panas. Berdasarkan definisi dari American Welding Society (AWS) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau mencair. Secara singkat, dapat dijabarkan proses pengelasan merupakan sambungan dari beberapa batang logam dengan menggunakan energy panas dan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas hasil penyambungan logam adalah sifat suatu logam (Kurdi; 2017).

### B. Rumusan Masalah

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Bagaimana perbandingan kekuatan uji tarik, kekerasan dan mikrostruktur pada penggunaan elektroda E5016 dan E4303 (3.2 x 350mm) las SMAW terhadap bahan plat baja st 37 ?
2. Bagaimana hasil pengelasan dengan variasi arus 90, 110 dan 130 Amp terhadap pengaruh kekerasan uji tarik dan mikrostruktur pada baja st 37 hasil las ?

### C. Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan di atas dan untuk menghindari timbulnya penyimpangan pembahasan, maka

pada penelitian inipenulis tidak membahas jauh dari rumusan masalah, sehingga penelitian ini memberi batasan masalah sebagai berikut;

1. Alat yang digunakan las merk Lakoni 200 Amper.
2. Bahan plat ST 37 dengan tebal 5mm.
3. Elektroda E5016 dan E4303 ( 3.2 x 350mm ).
4. Tipe pengelasan kampuh V.
5. Pengujian uji tarik, kekerasan dan mikrostruktur.

### D. Tujuan Penelitian

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbandingan penggunaan elektroda E5016 dan E4303 (3.2 x 350mm) terhadap pengelasan kampuh v bahan plat baja st 37 dalam pengujian uji tarik, kekerasan dan mikrostruktur.
2. Mengetahui secara Aplikatif hasil pengelasan menggunakan arus 90, 110 dan 130 Amp.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Las SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*)

Pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) adalah pengelasan dengan menggunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas untuk mencairkan elektroda las. Pengelasan ini menggunakan elektroda yang terbungkus dengan fluks. Saat proses pengelasan fluks akan membungkus cairan logam sebagai mekanisme pelindung logam cair terhadap oksidasi. Selain metode pengelasan yang baik, faktor suksesnya penyambungan adalah suatu material memiliki kemampuan derajat kesukaran yang rendah terhadap sambungan las serta memungkinkan konstruksi dibuat dengan jalan pengelasan sesuai tujuan, dimana hal tersebut dinamakan mampu las.

Pada pengelasan SMAW bahan fluks dan jenis listrik merupakan hal yang penting. Fluks memegang peranan untuk memantapkan nyala busur dan pemindahan butir - butir cairan logam stabil. Sehingga, bahan penyusun fluks memiliki kemampuan deoksidasi, pembentuk terak, penghasil gas, penambah unsur paduan, dan penstabilan busur. Pengelasan SMAW

dapat dilakukan dengan tangan, atau pun secara otomatis dengan memasang elektroda pada pemegang yang terikat pada peluncur. Mesin las sendiri mampu menghasilkan busur yang timbul dari listik arus bolak balik (AC) dan listrik arus searah (DC). Kemudian, Dalam logam las dapat terjadi cacat las seperti, pemisahan, lubang halus, serta pembekuan, dimana cacat las tersebut dipengaruhi oleh kecepatan pembekuan (Amir Arifin, M Hendrianto, 2018).

Mesin las SMAW menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau Direct Current (DC), mesin las arus bolak-balik atau Alternating Current (AC) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC). Mesin las arus DC dapat digunakan dengan dua cara yaitu polaritas lurus dan polaritas terbalik. Mesin las DC polaritas lurus digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya di hubungkan dengan kutub negatif dan logam induk dihubungkan dengan kutub positif, sedangkan untuk mesin las DC polaritas terbalik (DC+) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas kecil, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutup positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif. Tidak semua logam memiliki sifat mampu las yang baik. Bahan yang mempunyai sifat mampu las yang baik diantaranya adalah baja karbon rendah. Baja ini dapat dilas dengan las busur elektroda terbungkus, las busur redam dan las MIG (las logam gas mulia). Baja karbon rendah biasa digunakan untuk pelat-pelat tipis dan konstruksi umum (Wiryosumarto, 1988). Sambungan las dapat terkontaminasi oleh gas oksidasi dari luar, hal ini perlu dicegah karena oksidasi metal merupakan senyawa yang tidak mempunyai kekuatan mekanis (Nastiti gemi et al, dalam iqbal 2018).

Faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan meliputi: pemilihan mesin las,

penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh. (Wiryosumarto dan Okumura; Dalam Adin Tri Kuncoro, 2017).

#### **B. Elektroda**

Pada pengelasan harus menggunakan elektroda, Kawat elektroda dibedakan menjadi elektroda untuk baja lunak, baja karbon tinggi, baja paduan, besi tuang, dan logam non ferro. Bahan elektroda harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam. Pemilihan elektroda pada pengelasan baja karbon sedang dan baja karbon tinggi harus benar benar diperhatikan apabila kekuatan las diharuskan sama dengan kekuatan material (Kurdi, 2017).

#### **C. Kekerasan**

Setelah dilakukan pengelasan, terdapat beberapa pengujian yang dapat dilakukan yaitu seperti pengujian kekerasan, Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui angka kekerasan atau tingkat kekerasan logam tersebut. Metode pengujian kekerasan terdiri dari penekanan, goresan, dan dinamik. Pengujian kekerasan dengan penekanan banyak digunakan oleh industri permesinan karena prosesnya mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan logam jika dibandingkan dengan metode lainnya. ( I Dewa Gede Ary Subagia 2020 ).

#### **D. Uji Tarik**

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat.

#### **E. Mikrostruktur**

Uji mikrostruktur merupakan fasa-fasa yang terdistribusi pada logam yang dapat diamati melalui mikro test atau metalografi. Dari struktur mikro, dapat juga dilihat bentuk dan ukuran butir pada baja. Struktur mikro ini meliputi fasa yang setimbang dan tidak setimbang. Fasa yang setimbang merupakan fasa yang terbentuk dengan pendinginan yang

sangat lambat, sedangkan fasa tidak setimbang adalah fasa yang terbentuk dengan endingin yang cepat. Fasa setimbang dapat dianalisa dengan menggunakan diagram fasa. Fasa yang tidak setimbang adalah fasa yang terbentuk akibat pendinginan yang beragam, Fasa ini dapat dianalisis dengan menggunakan diagram CCT (*Continous Cooling Transformation*). Pendinginan yang beragam dapat II-5 mengakibatkan perubahan pada sifat mekanik terutama kekerasan. (MH Al Hasa · 2013)

### 3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu Pengujian dengan menggunakan Alat Uji Tarik, uji kekerasan dan mikrostruktur. Pengujian menggunakan Variasi Elektroda E5016 dan E4303 (3,2 x 350 mm) menggunakan variasi arus 90, 110, 130 dan menggunakan plat baja ST 37 dengan ketebalan 5mm. Penelitian dilakukan di laboraturium teknik mesin Universitas Muhammadiyah Jember untuk pengelasan bahan dan dilakukan pengujian tarik, kekerasan dan *microstruktur* di laboraturium teknik mesin Universitas Merdeka Malang.

#### a. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Mesin las/ trafo SMAW 900A
2. Helm kedok las
3. Sarung tangan kulit/asbes
4. Gerinda potong
5. Alat ukur jangka sorong
6. Alat ukur meteran
7. Tang
8. Palu

#### b. Bahan Penelitian

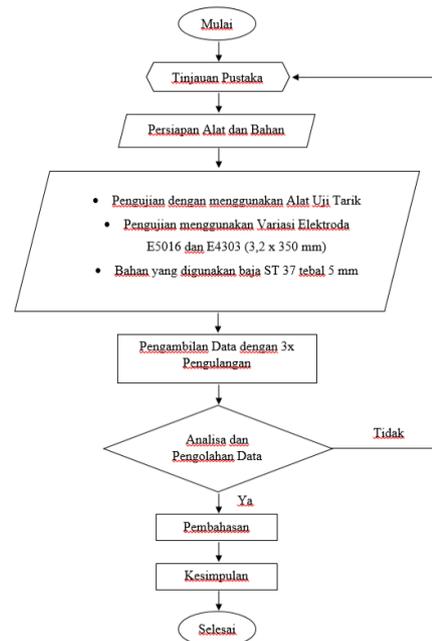
1. Plat baja ST 37 dengan tebal 5 mm
2. Elektroda E5016 dan E4303 ( 3.2 x 350mm )

#### c. Prosedur Penelitian

- Benda Kerja (baja ST 37) dipotong dengan ukuran 40 x 150 x 5 mm.
- Pembuatan bentuk alur las yang akan digunakan adalah kampuh V.

- Proses pengelasan jenis elektroda E5016 dan E4303 (3,2 mm) arus las 90, 110, 130 ampere dan posisi pengelasan datar vertical.
- Gerakan ayunan elektroda zig-zag.
- Pendinginan menggunakan media udara dan air setelah proses pengelasan.
- Pembuatan spesimen untuk pengujian uji tarik, kekerasan dan *microstruktur*.

#### d. Diagram Alir



Sumber : Hasil Perencanaan

### 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### a. Analisa Data

Penelitian ini menggunakan tiga jenis penelitian yaitu uji tarik, uji kekerasan dan mikrostruktur. Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini memakai plat baja ST 37, kemudian dilakukan pengelasan jenis SMAW (Shielded Metal Arc Welding) dengan menggunakan variasi elektroda E4303 dan E5016 (3,2 x 350mm) dan variasi arus 90A, 110A dan 130A.

#### b. Hasil Uji Tarik

Pada tahap uji spesimen baja ST 37 dilakukan di Laboraturium Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang dengan 3 kali pengulangan setiap variasi elektroda (E4303 dan E5016) dan variasi arus (90A, 110A dan

130A). Pengujian ini menggunakan jenis mesin *Universal Testing Mechine*. Yang kemudian diperoleh data berupa tabel berikut :

**Tabel 1 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik**

<ul style="list-style-type: none"> <li>Jenis Mesin : <i>Universal Testing Mechine</i></li> <li>Standar Uji : ASTM 370</li> <li>Beban Tarik : 10.000 kg</li> </ul>			
Spesimen	Ampere	Gaya Tarik Maksimal (kg)	Tensile Strenght (σ) (kg/mm <sup>2</sup> )
ST 37 E4303	90	4095	39,0
	110	4620	44,0
	130	5145	49,0
ST 37 E5016	90	4515	43,0
	110	5040	48,0
	130	5460	52,0

Sumber : Data dan Hasil Perhitungan

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian kekuatan tarik material st 37 dengan elektroda yang berbeda, diperoleh berbagai nilai hasil kekuatan tarik terendah pada spesimen 1 yakni pada pengelasan elektroda E4303 dengan arus 90A yang menghasilkan gaya tarik maksimal 4095 kg dan mendapat nilai hasil kekuatan tarik tertinggi pada pengelasan elektroda E5016 dengan arus 130A yang menghasilkan gaya tarik maksimal 5460 kg.

Dari tabel diatas dapat dilihat pada *tensile strength* pengujian tarik material st 37 menunjukkan bahwa kekuatan patah material terdapat nilai terendah 39,0 Kg/mm<sup>2</sup> dengan kekuatan tarik 4095 kg, sedangkan nilai tertinggi 52.0 Kg/mm<sup>2</sup> dengan kekuatan tarik 5460 kg.

### c. Hasil Uji Tarik

**Tabel 2 Hasil Pengujian Kekerasan**

<ul style="list-style-type: none"> <li>Jenis Mesin : <i>Rockwell Hardness Tester</i></li> <li>Material Uji : Plat ST 37</li> <li>Standart Uji : ASTM</li> </ul>						
Spesi men	Ampere	Beban Mayor/Minor (kg)	Kekerasan (HRB)			Kekerasan Rata-rata (HRB)
			1	2	3	
ST 37 E 4303	90	100/10	75	75	75	75,0
	110	100/10	80	78	77	78,7
	130	100/10	81	81	81	81,3
ST 37 E5016	90	100/10	77	75	77	76,7
	110	100/10	79	82	81	80,7

	130	100/10	83	80	82	81,7
--	-----	--------	----	----	----	------

Sumber : Data dan Hasil Perhitungan

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian kekerasan material st 37 dengan elektroda yang berbeda. Pada saat pengujian menggunakan jenis indentor *Steel Ball 1/16"* serta beban mayor 100 Kg dan beban minor 10 Kg. Dari pengujian uji tarik diperoleh berbagai nilai hasil kekerasan minimum pada spesimen 1 yakni pada pengelasan elektroda E4303 dengan arus 90A dengan nilai rata-rata 75,0 HRB dan mendapat nilai kekerasan maksimum pada spesimen 2 yakni E5016 dengan arus 130A dengan nilairata-rata yaitu 81,7 HRB.

### d. Microstruktur

Pengujian struktur mikro dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tingkat kekerasan pada specimen/logam. Berikut ini adalah hasil foto mikro dari pengujian yang telah dilakukan.

#### Pengujian *Microstruktur* Plat Baja ST 37 E4303

Hasil pengamatan dari sebuah uji *microstruktur* dengan menggunakan material baja ST 37 sebagai berikut:



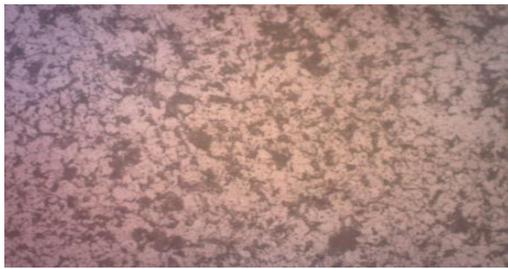
Gambar 1 Baja ST 37 E 4303 dengan arus 90A

Sumber : Hasil Pengujian



Gambar 2 Baja ST 37 E4303 dengan arus 110A

Sumber : Hasil Pengujian



**Gambar 3** Baja ST 37 E4303 dengan arus 130A  
 Sumber : Hasil Pengujian

### Pengujian *Microstruktur* Plat Baja ST 37 E5016



**Gambar 4** Baja ST 37 E5016 dengan arus 90A



**Gambar 5** Baja ST 37 E5016 dengan arus 110A  
 Sumber : Hasil Pengujian



**Gambar 6** Baja ST 37 E5016 dengan arus 130A  
 Sumber : Hasil Pengujian

Maka dapat disimpulkan *microstruktur* pada baja ST 37 E5016 dengan variasi arus 90A, 110A dan 130A mempengaruhi hasil struktur mikro dari elektroda tersebut. Terdapat dua warna yang berbeda pada hasil foto mikro yang dihasilkan pada pengujian ini yaitu *perlite* (berwarna hitam) dan *ferrite* (berwarna putih) dimana semakin banyak fasa *perlite* (berwarna hitam) dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada spesimen, sedangkan semakin banyak fasa *ferrite* maka semakin lunak dan ulet

pada spesimen. Pada baja ST 37 E5016 variasi arus 90A dan 110A menghasilkan lebih banyak *ferrite*, maka karakteristik pada baja spesimen tersebut adalah lunak dan ulet. Sedangkan pada baja ST 37 E5016 variasi arus 130A menghasilkan lebih banyak *perlite*, maka karakteristik pada baja spesimen tersebut adalah kuat dan keras.

Berikut tabel rata-rata warna putih (*ferrit*) dan warna hitam (*perlite*) sebagai berikut :

**Tabel 3** Hasil Perhitungan millimeter block

Variasi	Presentase Ferrit	Presentase Perlite
Elektroda E4303 dengan 90A	17,95	32,05
Elektroda E4303 dengan 110A	16,45	33,55
Elektroda E4303 dengan 130A	14,20	35,80
Elektroda E5016 dengan 90A	7,90	42,10
Elektroda E5016 dengan 110A	6,45	43,55
Elektroda E5016 dengan 130A	3,55	46,45

Sumber : Data dan Hasil Perhitungan

Hasil analisa pada tabel diatas dari pengujian yang telah dilakukan pada pengujian *microstruktur* menunjukkan variasi elektroda E5016 dengan arus 130A mempengaruhi sebagian besar warna hitam atau gelap (*perlite*) sehingga dapat diartikan bahwa semakin tinggi presentase warna hitam atau gelap semakin besar nilai kekerasan dan semakin kuat karakteristik spesimen tersebut.

## 5. PENUTUP

### Kesimpulan

Maka disimpulkan bahwa hasil pengujian kekasaran dan kekuatan tarik material ST 37 dengan perbandingan elektroda yang berbeda mempunyai nilai hasil yang tinggi terdapat pada elektroda E5016 dibanding dengan nilai yang terdapat pada elektroda E4303. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengelasan tidak sesuai dengan kondisi amper rendah dan tingkat kematangan las yang lama. Sedangkan pada uji *microstruktur* pada baja ST 37 dengan variasi elektroda E4303 dan E5016 dan menggunakan variasi arus (90A, 110A dan

130A) mempengaruhi perubahan karakteristik pada spesimen.

#### **Saran**

- a. Perlunya diadakan penelitian lanjutan dengan variasi amper dan elektroda yang berbeda untuk perbandingan suatu pengelasan.
- b. Penggantian material uji juga sangat penting untuk hasil sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan dalam proses pengelasan.
- c. Dalam pendinginan material sesudah dilakukan pengelasan harap diperhatikan pendinginaan secara langsung atau tidak langsung, sebab itu juga sangat mempengaruhi hasil dari pengujian.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Adam, Kaharuddin. Faktor Perpatahan dan Kelelahan pada Kekuatan Bahan Material. *Jurnal Teknik Mesin*. 6-12
2. Adin, K 2017 Pengaruh Variasi Arus Dan Jenis Kampuh Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Baja ST 41
3. Agustono, H 2019 Analisa Kekuatan Tarik Dan Lentur Sambungan Las Baja ST 41 Dengan Media Pendingin Oli SAE 10W-40
4. Alip, Muhammad. Teori dan Praktik Las. Jakarta: Proyek pengembangan lembaga pendidikan tenaga kependidikan Jakarta
5. Amir Arifin, M Hendrianto 2018 [Pengaruh Arus Dan Jarak Kampuh Pengelasan Terhadap Distorsi Sambungan Pelat Baja Karbon Rendah Dengan Menggunakan SMAW](#). *Jurnal Teknik Mesin Universitas Sriwijaya*
6. Arifin, J 2017 Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SMAW Baja ASTM A36
7. AWS D1.1/D1.1M Structural Welding Code – Steel, ANSI 2010, 550 N.W Lejeune Road Miami,FL. 33126
8. [http://simki.unpkediri.ac.id/mahasiswa/file\\_artikel/2017/12.1.03.01.0004.pdf](http://simki.unpkediri.ac.id/mahasiswa/file_artikel/2017/12.1.03.01.0004.pdf)
9. [https://simdos.unud.ac.id/uploads/file\\_pend\\_idikan\\_dir/ba99f319cb09cb65b14992bd838c2056.pdf](https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pend_idikan_dir/ba99f319cb09cb65b14992bd838c2056.pdf)
10. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jwl/article/view/3288/2494>
11. Kurdi, 2017 pengaruh variasi kuat arus pengelasan plat aisi 444 menggunakan elektroda AWS E3161
12. Wiryosumarto.(2004). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya.
13. Mubarak, Sofyan. 2020. *Pengaruh Variasi Pengelasan Ahiel Metal Arc Welding (SMAW) Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Pada Baja ST-41*. Jember. Universitas Muhammadiyah Jember
14. Mahmalifa, Brilliant F P. 2021. *Pengaruh Penggunaan VArasi Elektroda Terhadap Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) Dengan Uji Tarik Dan Analisa Struktur Mikro Pada Baja ST-41*. Jember. Universitas Muhammadiyah Jember