



## **ANALISA PENGARUH VARIASI ELEKTRODA DAN POSISI PENGELASAN TERHADAP UJI TARIK HASIL LAS BAJA SS400 DENGAN PENGELASAN GMAW**

**Aldino Trisetya Dwi Putera, Mochammad Reza Adhitya (Mahasiswa), Ir. Ismail, Msc  
(Dosen Pembimbing)**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800

### **ABSTRAK**

Teknik pengelasan digunakan secara luas dalam berbagai aktivitas manusia. Karakteristik las dapat dipengaruhi oleh jenis elektroda. Sesuai dengan karakteristik baja SS400, elektroda yang digunakan adalah ER70S-6 dan E71T-1C. Baja SS400 memiliki kadar karbon kurang dari 0,2 persen. menguji material SS400 sesuai dengan QW Code 451.1 dan standar ASME Section IX 2019. Karena menganut desain konstruksi, maka pengelasan harus dilakukan di lokasi tertentu. Teknik pengelasan akan horizontal, vertikal, dan downhand. Suatu jenis pengelasan atau penyambungan logam yang dikenal sebagai pengelasan GMAW memanfaatkan panas yang dihasilkan oleh energi listrik. Dengan menggunakan proses las GMAW, penelitian las dilakukan dengan berbagai elektroda dan metode las. Setelah itu, data dikumpulkan melalui uji tarik. Elektroda ER70S-6 dan E71T-1C ditemukan memiliki nilai kuat tarik rata-rata tertinggi pada posisi pengelasan horizontal setelah dilakukan uji tarik dan analisis data. Elektroda ER70S-6 memiliki kekuatan tarik tertinggi di antara keduanya, yaitu 32,7273 kg/mm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci :** Baja SS400, Elektroda, Teknik pengelasan, Uji tarik.

### **ABSTRACT**

Welding techniques are utilized extensively in a variety of human activities. The characteristics of the weld can be affected by the type of electrode. In accordance with the characteristics of SS400 steel, the electrodes that are utilized are ER70S-6 and E71T-1C. SS400 steel has a carbon content of less than 0.2 percent. testing the SS400 material in accordance with QW Code 451.1 and the ASME Section IX 2019 standard. Because it adheres to the design of the construction, welding must be performed in a particular location. Techniques for welding will be horizontal, vertical, and downhand. A type of metal welding or joining known as GMAW welding makes use of heat generated by electrical energy. Using the GMAW welding process, welding research was conducted with a variety of electrodes and welding methods. After that, data were gathered through a tensile test. The ER70S-6 and E71T-1C electrodes were found to have the highest average tensile strength values in the horizontal welding position after the tensile test and analysis of the data. The ER70S-6 electrode had the highest tensile strength of the two, at 65.456 kg/mm<sup>2</sup>.

**Key Word :** SS400 steel, Electrodes, Welding techniques, GMAW Welding

### **PENDAHULUAN**

Teknik las saat ini banyak digunakan dalam berbagai aktivitas manusia, mulai dari yang sederhana hingga yang rumit, seperti konstruksi mesin dan pagar besi. Karena penyambungannya lebih ringan dan prosesnya lebih sederhana, maka teknologi las ini banyak

digunakan karena biayanya lebih murah. Dalam struktur dan desain mesin, sambungan las bisa dipakai untuk pengganti paku keling dan baut karena keunggulan ini. Berdasarkan definisi Deutsche Industrie Norman (DIN), teknik pengelasan juga mengalami kemajuan, seperti halnya di bidang lain. Ini didorong oleh lebih banyak sains dan teknologi. Sambungan las adalah sambungan pada logam atau paduan logam yang dilakukan dalam kondisi cair. (Wirjosumarto dan Okumura, 1996).

Karena mengikuti desain konstruksi pengelasan seperti langit-langit bangunan, sudut bangunan, konstruksi mesin, dan sebagainya, pengelasan sering dilakukan pada posisi tertentu. Selain itu, dalam proses pengelasan yang terus-menerus, suatu perkembangan membutuhkan pengelasan dengan cepat dan berbagai posisi pengelasan. Kekuatan las akan bervariasi tergantung pada kebutuhan posisi pengelasan tertentu. Walaupun tukang las dapat memilih jenis elektroda berdasarkan karakteristik baja yang akan dilas agar menghasilkan sifat mekanik yang baik, namun jenis elektroda pada mempengaruhi karakter las juga. Kekuatan tarik adalah salah satu sifat mekanik yang paling penting dalam pengelasan. Informasi sebelumnya berfungsi sebagai dasar untuk penyelidikan bagaimana uji tarik lasan baja SS400 dipengaruhi oleh variasi elektroda dan posisi pengelasan (cary,1980).

Suatu jenis penyambungan atau pengelasan logam yang dikenal dengan las GMAW memanfaatkan panas yang dihasilkan oleh energi listrik yang diubah menjadi energi panas. Sebagian besar waktu, GMAW dilakukan secara semi-otomatis karena pekerjaan konstruksi berubah dengan cepat, dari ringan ke berat, dan diperlukan pengelasan dengan cepat dan berkualitas tinggi, sehingga proses GMAW dapat digunakan. Tes tarik dan tes mikrografi diperlukan untuk prosedur pengelasan ini. Suatu material dimasukkan melalui uji tarik untuk melihat seberapa kuat dan seberapa tahannya terhadap beban tarik. Kekuatan tarik suatu bahan dapat ditentukan jika beban tarik lurus terjadi pada saat garis gaya memotong sumbu bahan (Susetyo, F. B., Syaripuddin, & Hutomo, S. 2013)

## **DASAR TEORI**

### **Baja SS400**

Baja adalah bahan yang paling umum digunakan dalam pengelasan. Ada banyak jenis baja, termasuk Baja SS400. baja karbon dengan kadar rendah yang dikenal dengan SS400 memiliki kandungan karbon kurang dari 0,2 persen. Konstruksi lambung kapal dan mesin ringan hingga berat hanyalah dua contoh dari banyak aplikasi baja jenis ini sebagai material. Oleh sebab itu, penulis bermaksud penelitian dan melakukan pengujian, seperti pengujian tarik, untuk mengetahui sifat mekanik baja SS400 dan kekuatan sambungan las dengan menggunakan las MIG Flux Core. (Sulinda Jaya Steel 2021).

### **Standart ASME Section IX**

Karena penggunaan metode las GMAW/FCAW dan ketebalan material (10mm dan 12mm), aturan ini diikuti saat pengujian material SS-400 menggunakan standar ASME Section IX 2019 dengan QW Code 451.1 Poin nomor 1 -3 dan catatan (Catatan) di bawah tabel.. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini yang dicetak tebal:

**Groove-Weld Tension Tests and Transverse-Bend Tests**

Thickness $T$ of Test Coupon, Welded, in. (mm)	Range of Thickness $T$ of Base Metal, Qualified, in. (mm) [Note (1)] and [Note (2)]		Maximum Thickness $t$ of Deposited Weld Metal, Qualified, in. (mm) [Note (1)] and [Note (2)]	Type and Number of Tests Required (Tension and Guided-Bend Tests) [Note (2)]			
	Min.	Max.		Tension	Side Bend	Face Bend	Root Bend
	in. (mm)			QW-150	QW-160	QW-160	QW-160
Less than $\frac{1}{8}$ (1.5)	$T$	$2T$	$2t$	2	—	2	2
$\frac{1}{8}$ to $\frac{1}{4}$ (1.5 to 10), incl.	$\frac{1}{8}$ (1.5)	$2T$	$2t$	2	[Note (5)]	2	2
Over $\frac{1}{4}$ (10), but less than $\frac{3}{8}$ (19)	$\frac{1}{8}$ (5)	$2T$	$2t$	2	[Note (5)]	2	2
$\frac{3}{8}$ (19) to less than $1\frac{1}{2}$ (38)	$\frac{1}{8}$ (5)	$2T$	$2t$ when $t < \frac{3}{8}$ (19)	2 [Note (4)]	4	—	—
$\frac{3}{8}$ (19) to less than $1\frac{1}{2}$ (38)	$\frac{1}{8}$ (5)	$2T$	$2T$ when $t \geq \frac{3}{8}$ (19)	2 [Note (4)]	4	—	—
$1\frac{1}{2}$ (38) to 6 (150), incl.	$\frac{1}{8}$ (5)	H (200) [Note (3)]	$2t$ when $t < \frac{3}{8}$ (19)	2 [Note (4)]	4	—	—
$1\frac{1}{2}$ (38) to 6 (150), incl.	$\frac{1}{8}$ (5)	H (200) [Note (3)]	H (200) [Note (3)] when $t \geq \frac{3}{8}$ (19)	2 [Note (4)]	4	—	—
Over 6 (150) [Note (6)]	$\frac{1}{8}$ (5)	1.33T	$2t$ when $t < \frac{3}{8}$ (19)	2 [Note (4)]	4	—	—
Over 6 (150) [Note (6)]	$\frac{1}{8}$ (5)	1.33T	1.33T when $t \geq \frac{3}{8}$ (19)	2 [Note (4)]	4	—	—

**NOTES:**  
 (1) The following variables further restrict the limits shown in this table when they are referenced in QW-250 for the process under consideration: QW-403.9, QW-403.10, and QW-404.32. Also, QW-202.2, QW-202.3, and QW-202.4 provide exceptions that supersede the limits of this table.  
 (2) For combination of welding procedures, see QW-200.4.  
 (3) For the SMAW, SAW, GMAW, PAW, LLBW, and GTAW welding processes only; otherwise per Note (1) or  $2T$ , or  $2t$ , whichever is applicable.  
 (4) see QW-151.1, QW-151.2, and QW-151.3 for details on multiple specimens when coupon thicknesses are over 1 in. (25 mm).  
 (5) Four side-bend tests may be substituted for the required face- and root-bend tests, when thickness  $T$  is  $\frac{3}{8}$  in. (10 mm) and over.  
 (6) For test coupons over 6 in. (150 mm) thick, the full thickness of the test coupon shall be welded.

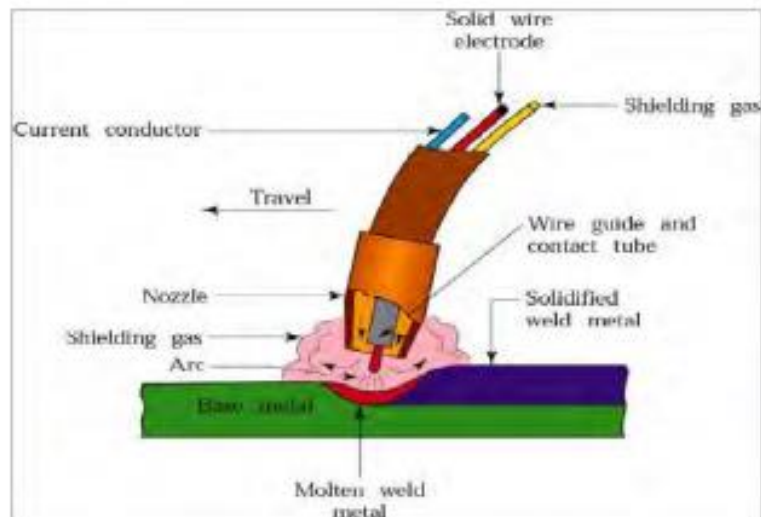
(Sumber : ASME Kode QW-451.1, 2019)

Gambar 2.1 Kualifikasi Ketebalan Spesimen Uji.

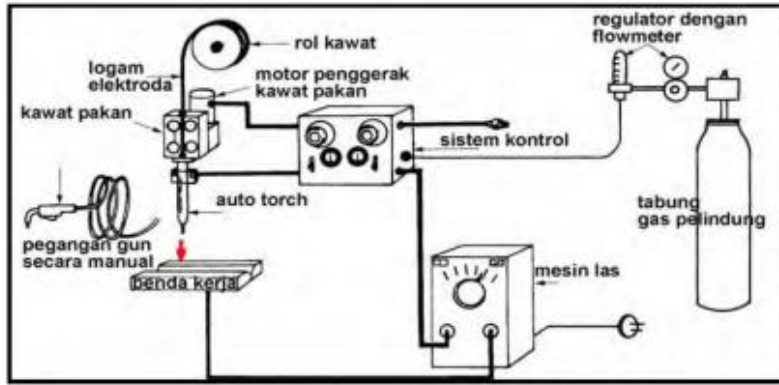
### Pengelasan GMAW

Suatu jenis penyambungan atau pengelasan logam yang dikenal dengan las GMAW memanfaatkan panas yang dihasilkan oleh energi listrik yang diubah menjadi energi panas. Kawat las yang digunakan dalam proses GMAW ini digulung dan digunakan sebagai pelindung logam las cair selama proses pengelasan.

Pengelasan Busur Logam Gas, juga dikenal sebagai GMAW atau MIG, adalah jenis pengelasan gas inert logam di mana kawat elektroda tidak dibungkus dan suplai gas terus menerus. Seperti yang digambarkan pada Gambar dibawah, gas alat las melindungi area las dari udara sekitarnya (Genculu 2001). Jika AWS 2001 menggunakan metode pengelasan GMAW sebagai alternatif, itu tidak salah..



Gambar 2.2 Teknik las GMAW (Genculu,2007).



Gambar 2.3 Konstruksi Las GMAW (Bradley, 2000).

### Elektroda

Pada GMAW jenis kabel terminal yang digunakan secara keseluruhan adalah Solid Wire dan Flux Cored wire, penggunaan jenis ini tentunya tergantung dari jenis pekerjaannya. Solid Wire digunakan untuk mengelas pengembangan ringan hingga sedang dan bekerja di ruangan yang cukup tertutup sehingga gas pelindung tidak terkena angin, sedangkan Flux Cored Wire banyak digunakan pada pengelasan pengembangan menengah hingga tinggi dan area pengelasan lebih terbuka.

Kawat las GMAW dengan kode mempunyai pengertian dan dijabarkan sebagai berikut ini.

- Kode ER : Welding Rod.
- Kode XX : Kekuatan tarik dari kawat las x 1000 psi, misalnya jika diisi 70 berarti 70×1000 psi.
- Kode S : Solid Wire, artinya bentuk dari kawat las GMAW itu Solid dan tidak berongga.
- Kode X : kode kawat las dengan bahan kimia (achmadi 2020).

Pada Penelitian ini Elektroda yang akan digunakan adalah ER70S-6 dan E71T-1C

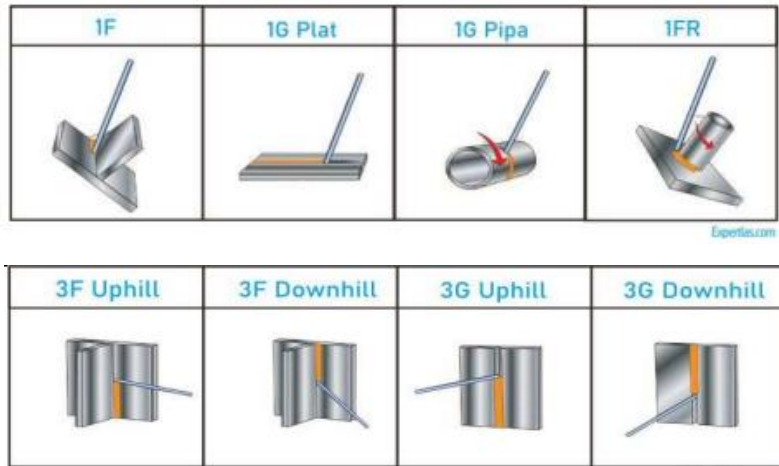
### Posisi Pengelasan

Tingkat kompetensi tukang las dalam kaitannya dengan jenis proses pengelasan yang dia kuasai dapat diukur dengan posisi pengelasan yang biasanya dipegangnya. Memiliki minat dan bakat terhadap dunia teknik las merupakan syarat utama untuk menjadi tukang las profesional. Lihat posisi pengelasan standar ISO dan ASME saat mempelajari sambungan dan posisi pengelasan.

Dasar-dasar metode pengelasan yang akan digunakan, yaitu :

- Posisi Mendatar atau Horizontal (2G Plat)
- Posisi DownHand (1G Plat)
- Posisi Vertical (3G Downhill)

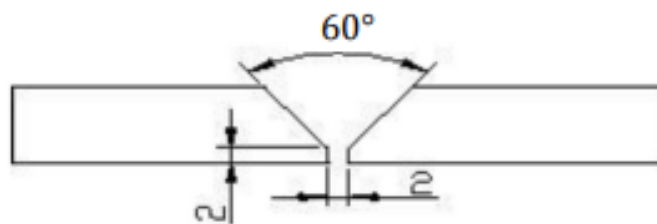




Gambar 2.4 Posisi pengelasan Vertical (Nugroho, 2020).

### Jenis Kampuh V

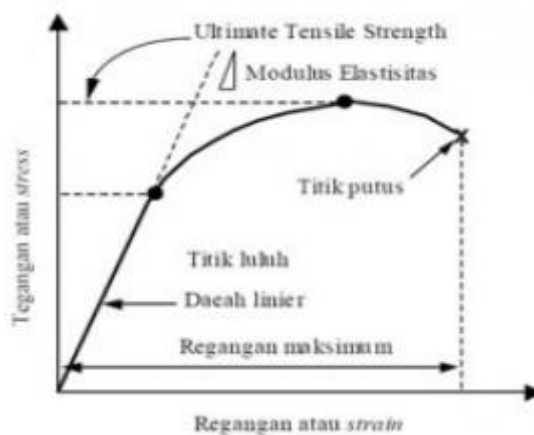
V crease joint digunakan untuk menyambungkan logam atau pelat dengan tebal 6 sampai 15 mm. Sambungan pada jahitan V tertutup dan sambungan jahitan V membentuk sambungan ini. Sambungan jahitan V menghubungkan pelat dengan ketebalan 6 hingga 15 mm, sudut kampuh antara 60 dan 80 derajat, jarak root 2 milimeter, dan tinggi root 3 milimeter. (Sonawan, 2004).



Gambar 2.5 Kampuh V.

### Pengujian Tarik

Uji tarik dilakukan untuk melihat keuletan suatu material. Dengan menarik suatu material, kita dapat langsung melihat bagaimana responsnya terhadap gaya tarikan dan berapa lama waktu yang dibutuhkan. Proses pengujian tarik diselesaikan dengan tanpa henti menerapkan beban pada benda uji sampai putus.



Gambar 2.6 Kurva tegangan dan regangan uji tarik (sofyan 2021).

Rumus Mencari Tegangan :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana:  $\sigma = \text{Tegangan} (N/mm^2)$

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang ( $mm^2$ )

Regangan yang dipergunakan pada Kurva diperoleh dengan cara membagi pertambahan panjang ukur dengan panjang awal. Persamaannya sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Dimana :  $\varepsilon = \text{Regangan} (\%)$

$\Delta L = \text{Pertambahan panjang} (mm)$

$L_0 = \text{Panjang mula-mula} (mm)$

Material mengalami deformasi elastis hingga titik luluh, setelah itu deformasi menjadi plastis dan material akhirnya pecah (break point). Hal ini dapat dicapai dengan mengukur offset 0,2% jika titik luluh tidak dapat ditentukan dengan jelas dari pengamatan alat ukur atau diagram, terutama untuk alat manual. Posisi garis tertinggi diagram berfungsi sebagai titik tegangan maksimum. Nilai tegangan dan luluh maksimum berasal dari mesin uji tarik dalam satuan Newton.

## DATA PENGUJIAN

### Elektroda ER70S-6

Spesimen	Tegangan luluh ( $kg/mm^2$ )	Tegangan maksimal ( $kg/mm^2$ )	Tegangan putus ( $kg/mm^2$ )	$\varepsilon_{\text{yield}}$ (%)	$\varepsilon_{\text{max}}$ (%)	$\varepsilon_{\text{putus}}$ (%)
1	25,702	32,842	19,646	1,425	4,83	8,67
2	23,768	32,522	18,548	1,1	5,38	9,11
3	25,121	32,818	18,518	1,43	4,61	8,56

Tabel 2.1 Data hasil tegangan dan regangan elektroda ER70S-6 dengan posisi Horizontal.

Dari uji tarik diatas, dapat diketahui nilai rata-rata pada material besi SS400 dengan variasi elektroda ER70S-6 dan posisi pengelasan Horizontal memiliki tegangan max rata-rata sebesar 32,7273 ( $kg/mm^2$ ) dan regangan max rata-rata sebesar 4,94 %.

Spesimen	Tegangan luluh ( $kg/mm^2$ )	Tegangan maksimal ( $kg/mm^2$ )	Tegangan putus ( $kg/mm^2$ )	$\varepsilon_{\text{yield}}$ (%)	$\varepsilon_{\text{max}}$ (%)	$\varepsilon_{\text{putus}}$ (%)
1	19,272	29,164	17,038	0,99	4,39	8,345
2	21,960	29,888	17,708	1,095	3,95	7,465
3	19,830	29,060	16,814	0,985	3,95	7,355

Tabel 2.2 Data hasil tegangan dan regangan elektroda ER70S-6 dengan posisi DownHand.

Dari uji tarik diatas, dapat diketahui nilai rata-rata pada material besi SS400 dengan variasi elektroda ER70S-6 dan posisi pengelasan Down Hand memiliki tegangan max rata-rata sebesar 29,3706 (kg/mm<sup>2</sup>) dan regangan max rata-rata sebesar 4,09 %.

Spesimen	Tegangan luluh (kg/mm <sup>2</sup> )	Tegangan maksimal (kg/mm <sup>2</sup> )	Tegangan putus (kg/mm <sup>2</sup> )	ε <sub>yield</sub> (%)	ε <sub>max</sub> (%)	ε <sub>putus</sub> (%)
1	18,218	27,434	27,310	0,88	2,635	4,285
2	22,088	30,590	18,880	1,1	4,505	7,795
3	21,602	29,570	17,414	1,1	3,955	8,785

Tabel 2.3 Data hasil tegangan dan regangan elektroda ER70S-6 dengan posisi Vertical.

Dari uji tarik diatas, dapat diketahui nilai rata-rata pada material besi SS400 dengan variasi elektroda ER70S-6 dan posisi pengelasan Vertikal memiliki tegangan max rata-rata sebesar 29,198 (kg/mm<sup>2</sup>) dan regangan max rata-rata sebesar 3,69%.

### Elektroda E71T-1C

Spesimen	Tegangan luluh (kg/mm <sup>2</sup> )	Tegangan maksimal (kg/mm <sup>2</sup> )	Tegangan putus (kg/mm <sup>2</sup> )	ε <sub>yield</sub> (%)	ε <sub>max</sub> (%)	ε <sub>putus</sub> (%)
1	23,988	32,550	15,680	1,205	4,72	10,21
2	23,068	31,492	18,642	1,1	4,61	8,565
3	22,488	32,044	16,464	1,1	4,285	9,88

Tabel 2.4 Data hasil tegangan dan regangan elektroda E71T-1C dengan posisi Horizontal.

Dari uji tarik diatas, dapat diketahui nilai rata-rata pada material besi SS400 dengan variasi elektroda E71T-1C dan posisi pengelasan Horizontal memiliki tegangan max rata-rata sebesar 32,0286 (kg/mm<sup>2</sup>) dan regangan max rata-rata sebesar 4,5383 %.

Spesimen	Tegangan luluh (kg/mm <sup>2</sup> )	Tegangan maksimal (kg/mm <sup>2</sup> )	Tegangan putus (kg/mm <sup>2</sup> )	ε <sub>yield</sub> (%)	ε <sub>max</sub> (%)	ε <sub>putus</sub> (%)
1	21,868	30,464	17,810	1,095	4,5	9,55
2	19,626	29,160	16,682	0,99	4,94	9,44
3	18,822	28,690	17,378	0,88	4,065	15,59

Tabel 2.5 Data hasil tegangan dan regangan elektroda E71T-1C dengan posisi DownHand.

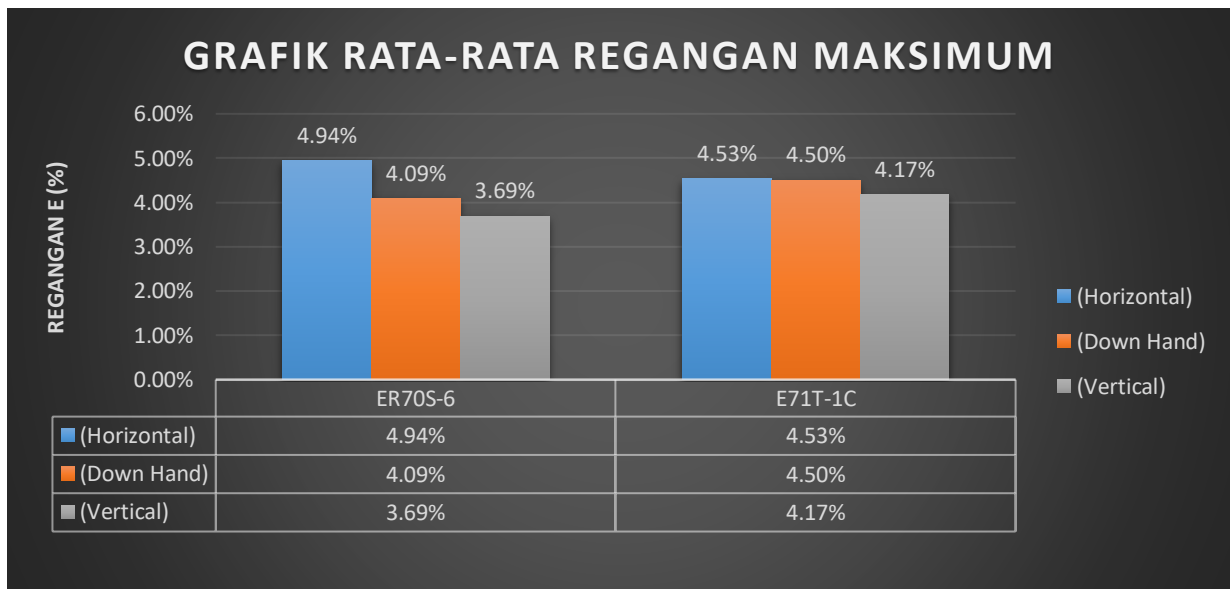
Dari uji tarik diatas, dapat diketahui nilai rata-rata pada material besi SS400 dengan variasi elektroda E71T-1C dan posisi pengelasan DownHand memiliki tegangan max rata-rata sebesar 29,438 (kg/mm<sup>2</sup>) dan regangan max rata-rata sebesar 4,5016 %.

Spesimen	Tegangan luluh kg/mm <sup>2</sup>	Tegangan maksimal kg/mm <sup>2</sup>	Tegangan putus kg/mm <sup>2</sup>	ε <sub>yield</sub> (%)	ε <sub>max</sub> (%)	ε <sub>putus</sub> (%)
1	21,454	31,570	17,010	1,1	4,505	7,905
2	23,474	30,390	15,306	1,095	3,51	6,915
3	24,328	33,168	19,488	0,985	4,5	8,12

Tabel 2.6 Data hasil tegangan dan regangan elektroda E71T-1C dengan posisi Vertical.

Dari uji tarik diatas, dapat diketahui nilai rata-rata pada material besi SS400 dengan variasi elektroda E71T-1C dan posisi pengelasan Vertikal memiliki tegangan max rata-rata sebesar 63,4146 (N/mm<sup>2</sup>) dan regangan max rata-rata sebesar 4,17 %.

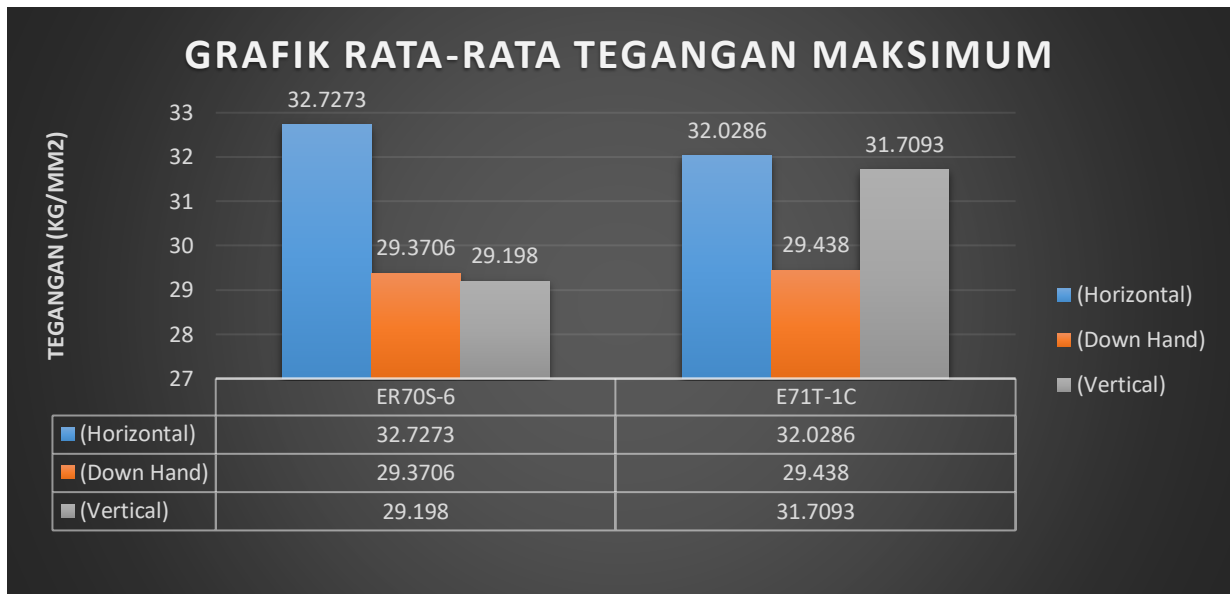
### HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2.7. Grafik rata-rata regangan maksimum.

Pada gambar grafik diatas adalah hasil regangan maksimum dari pengujian tarik pada spesimen baja SS400 dan didapatkan nilai regangan tertinggi ada pada elektroda ER70S-6 dengan posisi pengelasan Horizontal yaitu 4,94 %..





Gambar 2.8. Grafik rata-rata regangan maksimum.

Pada gambar grafik diatas adalah hasil tegangan maksimum dari pengujian tarik pada spesimen baja SS400 dan didapatkan nilai tegangan tertinggi ada pada elektroda ER70S-6 dengan posisi pengelasan Horizontal yaitu 32,7273 kg/mm<sup>2</sup>. Dari hasil diatas dapat dilihat nilai tertinggi hingga terendah sebagai berikut :

1. Elektroda ER70S-6 mendapat nilai kekuatan tarik pengelasan dengan nilai tertinggi sebesar 32,7273 kg/mm<sup>2</sup> dengan menggunakan posisi pengelasan Horizontal dan nilai terendahnya sebesar 29,198 kg/mm<sup>2</sup> dengan menggunakan posisi pengelasan Vertical.
2. Elektroda E71T-1C mendapat nilai kekuatan tarik pengelasan dengan nilai tertinggi sebesar 32,0286 kg/mm<sup>2</sup> dengan menggunakan posisi pengelasan Horizontal dan nilai terendahnya sebesar 29,438 kg/mm<sup>2</sup> dengan menggunakan posisi pengelasan Down Hand.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian pengelasan material baja SS400 dengan pengelasan GMAW menggunakan variasi elektroda dan posisi pengelasan dengan pengujian tarik dapat disimpulkan bahwa pada elektroda ER70S-6 mendapat kekuatan tarik pengelasan dengan nilai tertinggi sebesar 32,7273 kg/mm<sup>2</sup> dengan menggunakan posisi pengelasan Horizontal dan nilai terendahnya sebesar 29,198 kg/mm<sup>2</sup> dengan menggunakan posisi pengelasan Vertical. Sedangkan pada elektroda E71T-1C mendapat nilai kekuatan tarik pengelasan dengan nilai tertinggi sebesar 32,0286 kg/mm<sup>2</sup> dengan menggunakan posisi pengelasan Horizontal dan nilai terendahnya sebesar 29,438 kg/mm<sup>2</sup> dengan menggunakan posisi pengelasan Down Hand. Dapat disimpulkan pada elektroda ER70S-6 dan E71T-1C mendapat nilai rata-rata kekuatan tarik tertinggi pada posisi pengelasan Horizontal. Dari dua elektroda, elektroda ER70S-6 mendapat nilai kekuatan tarik tertinggi.

Variasi elektroda disarankan untuk menggunakan nilai elektroda diatas 70 pada material baja SS400 agar hasil pengelasan dapat melekat dengan baik. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya bisa menggunakan elektroda dengan nilai dibawah 70 pada baja SS400

Pada Elektroda ER70S-6 dengan posisi pengelasan Vertical harus melakukan proses pengelasan dengan teliti, Karena pada posisi Vertical hasil leburan elektroda sulit untuk menjangkau celah pada material baja SS400.

### **REFERENSI**

- [1] ASME., (2019), Section IX-Welding, Brazing, and Fusing Qualifications. New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- [2] Anwar et al., n.d. “Analisis Ketangguhan Hasil Pengelasan GMAW Posisi Vertikal pada Baja ST 42 dengan Pola Gerakan Zig-Zag Elektroda” Badaruddin Anwar (1) , Muhsin Z. (2) dan Tri Ardiansyah (3) (1)(2)(3) Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Makassar.
- [3] Hasil et al., 2019. JURNAL TEKNIK PERKAPALAN “Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Las dan Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Sambungan Las GMAW (Gas Metal ARC Welding) Pada Aluminium 6061”.
- [4] Fadilah & Kadir, 2021. Prosiding The 12 th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung.
- [5] Susetyo, F. B., Syaripuddin, & Hutomo, S. Studi Karakteristik Hasil Pengelasan MIG. Jurnal Mechanical, 4(2), 13, (2013).
- [6] Cary, H.B, 1998, Modern Welding Technology. 4nd edition, Prentice Hall, New Jersey.
- [7] Genculu, Semih. 2007. Structural Steel Welding. Dakota : PDH Center
- [8] Okumura T, Wiryosumarto H. 1994. “Teknologi Pengelasan Logam=Welding Engineering”. Jakarta : Pradnya Paramita.
- [9] Bradley, GR., James, MN. 2000. “Geometry and Microstructure of Metal Inert Gas and Friction Stir Welded Aluminium Alloy”. 5383-H321”
- [10] Achmadi. 2020. “Pengertian Proses Las GMAW, Gas Metal Arc Welding MAG Adalah”.. Posted : 21-05-2020.
- [11] Sulinda Jaya Steel. 2021. “Spesifikasi Plat A36 Dan SS400”. <https://www.sulindasteel.com/spesifikasi-plat-a36-dan-ss400/>. Posted 16-01-2021.
- [12] Nugroho, Bambang Hari. 2020. “4 Posisi Pengelasan Sesuai Dengan Standart”. <https://www.expertlas.com/posisi-pengelasan>. Posted 07-06-2020
- [13] Sonawan, H., & Suratman, R. (2004). Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam. Bandung: Alfabeta.