

ANALYSIS OF THE EFFECT OF FILLER WELDING ON ASTM A36 STEEL USING TIG WELDING AND SIMULATION WITH SOLIDWORK

*(Analisis Pengaruh Filler Sambungan Las Pada Baja ASTM A36 Menggunakan Pengelasan TIG dan
Disimulasikan dengan Solidwork)*

Andre Pradana^{1*}, Viktor Noubnome², dan Oleh³

ABSTRACT

Welding is a technique that is widely used, such as in steel construction, the use of welding techniques can also save production costs. The extent of the use of this welding technique is due to buildings and machines that use jointing techniques to be lighter and simpler in the manufacturing process. TIG depends on the base metal to be welded. The filler rod is made of a metal whose composition is superior to that of the base metal. Because in the welding process there are some metal elements that are reduced or their structural transformations have an impact on reducing the mechanical properties of the metal. The purpose of this study was to determine the effect of filler on the microstructure of ASTM A36 steel welded joints and to determine the stress factor of safety on ASTM A36 steel using solid work software. The results obtained from the tensile testing process on the ER 70S -4 filler welding with an average strain of 2.2mm and a maximum tensile strength of 20.0 kg/mm², and in the ER70S-6 filler welding the average tensile strain test results obtained 3 .1mm and an average maximum tensile strength of 28.1 kg/mm². From the results of the Solidworks software simulation, it is known that the maximum tensile strength for specimens with filler ER 70S – 4 rods No. 1 is 21.71 Kg/mm², rods No. 2 is 15.999 Kg/mm², rods No. 3 is 22.12 Kg/mm², for specimens with filler ER 70S – 6 rods No. 1 of 26.76 Kg/mm², rods No. 2 of 36.63 Kg/mm², rods No. 3 of 21.17 Kg/mm² after calculating the error the maximum tensile strength test and simulation results obtained The biggest error value for ER 70S – 4 filler is 3.07% and for ER 70S – 6 filler is 2.97%. In this research, it can be found that ASTM A36 steel with ER 70S – 4 and ER 70S – 6 fillers is superior to using ER 70S – 6 filler from the higher tensile test results and the undoubted microstructure results in every part.

Keywords: *ASTM A36 Steel, TIG Welding, Filler Joint Effect*

PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan teknik yang di pergunakan secara luas seperti pada kontruksi bangunan baja penggunaan teknik pengelasan juga dapat menghemat biaya produksi luasnya penggunaan teknik pengelasan ini di sebabkan karena bangunan dan mesin yang dibuat

¹ Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

*Corresponding author:

1710631150038@student.unsika.ac.id

dengan teknik penyambungan menjadi ringan dan lebih sederhana dalam proses pembuatannya. Beberapa jenis pengelasan yang dapat digunakan untuk menyambung antara material stainless steel dan baja karbon salah satunya adalah las TIG (*Tungsten Inert Gas*).

Pengelasan TIG adalah sebuah proses pengelasan busur listrik yang menggunakan elektroda tak terumpan atau tidak ikut mencair. Pada pengelasan TIG elektroda atau tungsten ini hanya berfungsi sebagai penghasil busur listrik saat bersentuhan dengan benda kerja, sedangkan untuk logam pengisi adalah *filler rod*.

Pada proses las GTAW atau TIG. Pemilihan bahan tambah TIG tergantung dari logam dasar (base metal) yang akan dilas. *Filler rod* dibuat dari logam yang komposisinya lebih unggul dibanding logam dasar. Mengingat dalam proses pengelasan ada beberapa unsur logam yang berkurang atau bertransformasi strukturnya sehingga berdampak pada pengurangan sifat-sifat mekanik logam.

Tujuan dalam penelitian untuk mengetahui pengaruh filler terhadap struktur mikro pada sambungan las baja karbon sedang ASTM A36 pada pengelasan TIG dan Untuk mengetahui pengaruh *filler* terhadap sifat mekanik pada sambungan las baja karbon sedang ASTM A36 pada pengelasan *Tungsten Inert Gas*. Berdasarkan latar belakang di atas maka penulis akan melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh *filler* pada material baja astm a36 menggunakan pengelasan tig terhadap sifat mekanik sambungan las dan disimulasi menggunakan *solidworks*.

1. Pengelasan

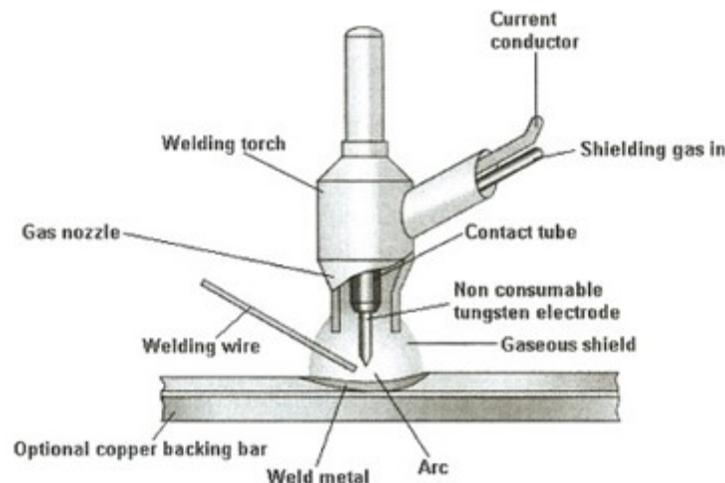
Pengelasan (*welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi lalu menghasilkan logam kontinyu. Penelitian ini memakai perbedaan logam sebagai bahan yang di uji dan metode penggunaan arus yang berbeda. Pengelasan sebagai metode penyambungan telah banyak digunakan untuk konstruksi bangunan aluminium dan konstruksi mesin. Metode pengelasan disamping digunakan untuk penyambungan juga digunakan untuk reparasi atau perbaikan misalnya membuat lapisan keras pada perkakas, mempertebal bagianbagian konstruksi yang aus.

Pengelasan menggunakan *electric arc welding* dibagi menjadi 2 kategori berdasarkan penggunaan jenis elektroda yaitu *Consumable Electrode* dan *Non Consumable Electrode*. Pengertian dari *Consumable Electrode* adalah keadaan saat elektroda habis

terbakar dan berfungsi sebagai bahan pengisi pada logam las. Sedangkan *non Consumable Electrode* adalah proses pengelasan di mana elektroda tidak ikut terbakar. Bahan pengisi menggunakan bahan lain yang dicairkan bersamaan dengan proses pencairan logam induk. Macam-macam pengelasan kategori *consumable electrode* diantaranya adalah *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*, *Gas Metal Arc Welding (GMAW/MIG)*, *Submerged Arc Welding (SAW)* dan *Flux Core Arc Welding (FCAW)*. Sementara itu, salah satu contoh pengelasan *Non Consumable Electrode* adalah *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW/TIG)*

2. Tungsten Inert Gas (TIG)

Tungsten Inert Gas (TIG) atau disebut juga *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)* adalah jenis pengelasan yang menggunakan panas dari nyala pijar yang terbentuk antara elektroda tungsten yang tidak terumpan dengan menggunakan gas mulia sebagai pelindung terhadap pengaruh luar pada saat proses pengelasan[2]. Elektroda las menggunakan batang *wolfram* yang dapat menghasilkan busur listrik tanpa ikut mencair. Pada penggunaan las TIG, kecepatan pengumpanan logam pengisi dapat diatur terlepas dari besarnya arus listrik sehingga terjadi penetrasi ke dalam logam induk. Cara pengaturan ini memungkinkan las TIG cocok digunakan pada pelat baja tipis maupun pelat baja tebal.



Gambar 1. Pengelasan Tungsten Inert Gas

Dalam pengelasan TIG standar, api dikeluarkan dengan bebas tetapi sebuah varian

yang dikenal dengan pengelasan plasma menggunakan nozzle sekunder untuk mengecilkan arc. Pengelasan GTAW merupakan jenis las Elektroda tak terumpan atau elektroda hanya sebagai sumber busur bukan sebagai logam pengisi. Untuk logam pengisinya menggunakan bahan tambah (*filler metal*). Untuk jenis pelindungnya berupa gas inert (*gas argon dan helium* atau *mixing*) keduanya. Arus yang digunakan untuk pengelasan *Tungsten Inert Gas* tergantung pada diameter elektroda yang digunakan.

Tabel 1. Arus Pengelasan

Tungsten Dia. (mm)	DCEN AMPER	DCEP AMPER	AC UBW AMPER	AC BW AMPER
1.0	15-80	-	10-60	20-30
1.6	70-150	10-20	50-100	30-80
2,4	150-250	15-30	100-160	60-130
3,2	250-400	25-40	150-210	100-180
4,0	400-500	40-55	200-275	160-240
4,8	500-750	55-80	250-350	190-300
6,0	750-1000	80-125	325-450	325-450

DCEN = Direct Current Electrode Negative

DCEP = Direct Current Electrode Positif

AC UBW = Alternating Current Unbalance Wave

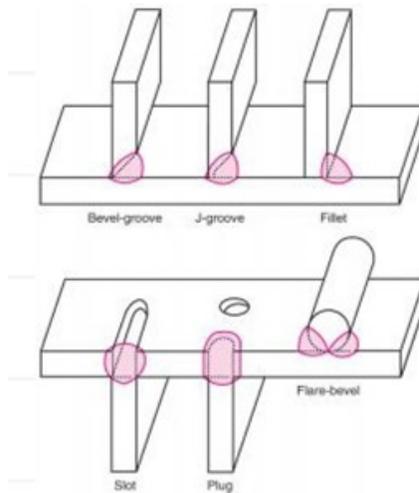
AC BW = Alternating Current Balance Wave

Ketika pengelasan GTAW menggunakan elektroda tungsten berdiameter 1,0 mm pada arus DC dengan polarity DECN, maka arus yang dapat digunakan adalah 15 sampai dengan 80 ampere. Penggunaan arus pengelasan dapat berkurang jika pengelasan menggunakan arus bolak balik AC unbalance wave. Dengan elektroda tungsten ukuran diameter 1,0 mm hanya membutuhkan arus sebesar 10 sampai 60 ampere.

3. Jenis – Jenis Sambungan

A. Sambungan T Joint

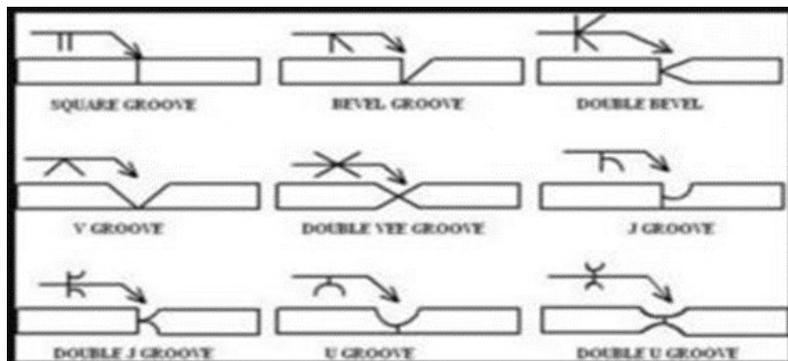
Sambungan ini sesuai dengan Namanya yaitu T joint dimana menyerupai huruf T biasanya diaplikasikan untuk kontruksi pembuatan atap dan beberapa jenis kontruksi lainnya. Sambungan T bersudut 90° digunakan ke bagian logam terhubung jenis dasar, melampirkan plat tipis, structural dan aplikasi mesin.



Gambar 2. Sambungan T – Joint

B. Butt Joint

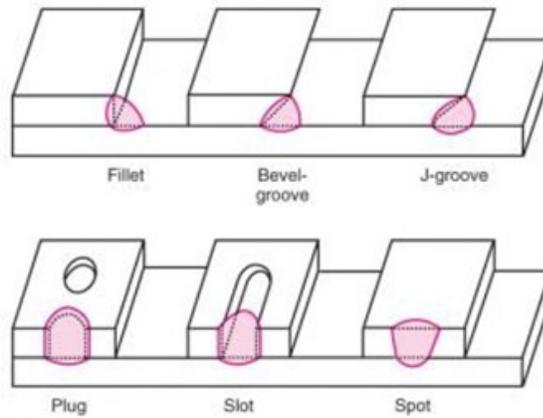
Sambungan pengelasan hanya menyatukan ujung pada kedua bagian dari benda kerja. Sambungan but joint rehitung lebih sederhana daripada smabungan lainnya.



Gambar 3. Butt Joint

C. Lap Joint

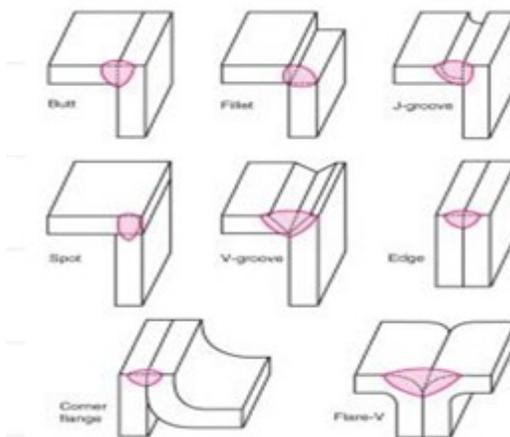
Sambungan pengelasan yang saling bertumpukan biasanya sambunga ini dilakukan terhadap material yang tipis.



Gambar 4. Sambungan Lap Joint

D. Corner Joint

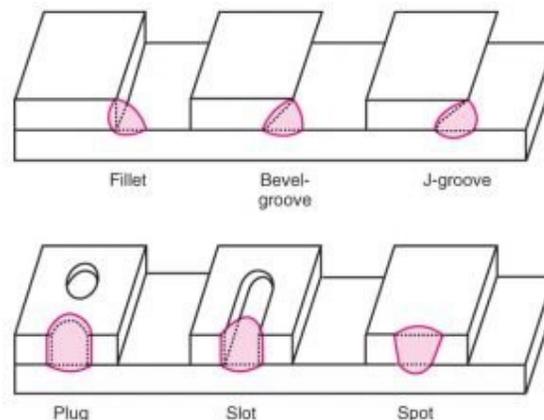
Sambungan las ini digunakan untuk lembaran logam, lembaran logam berat dan sambungan ini dapat digunakan juga dalam perancangan kotak, frame, dan yang sama jenis fabrikasi.



Gambar 5. Sambungan Corner Joint

E. Edge Joint

Edge joint diaplikasikan dengan cara menggabungkan 2 buah objek/benda las yang dibentuk secara parallel. Kedua bagian tersebut juga dapat dibuat sejajar atau memiliki *flensing edge*.



Gambar 6. Edge Joint

4. Filler Pengelasan TIG

Filler Merupakan logam pengisi kampuh las (*filler metal*) pada proses las GTAW atau TIG. Pemilihan bahan tambah TIG tergantung dari logam dasar (*base metal*) yang akan dilas. *Filler rod* dibuat dari logam yang komposisinya lebih unggul dibanding logam dasar. Mengingat dalam proses pengelasan ada beberapa unsur logam yang berkurang atau bertransformasi strukturnya sehingga berdampak pada pengurangan sifat-sifat mekanik logam.

Diameter bahan pengisi Las GTAW tersedia dalam ukuran $\emptyset 1,0$; $\emptyset 1,2$; $\emptyset 1,6$; $\emptyset 2,0$; $\emptyset 2,4$; $\emptyset 3,2$; $\emptyset 4,0$; $\emptyset 5,0$ mm. Bahan pengisi dikemas dalam kemasan 5 dan 10 Kg. dengan panjang satu meter. Pada penggunaannya bahan pengisi diumpankan ke cairan las layaknya proses las OAW, yaitu torch oleh tangan kanan sementara bahan pengisi oleh tangan kiri. Dan berikut adalah jenis jenis *filler* serta kegunaan.

A. Filler Baja Karbon

Kode ER70S-2, ER70S-6 dan beberapa pilihan ER70S-seri lainnya dengan angka

yang berbeda di akhir. Masing-masing mewakili resep aditif kimia dalam logam pengisi untuk mengatasi kondisi tertentu dari logam (misalnya kotor atau bersih) atau jenis sendi yang dilas. Klasifikasi *filler* rod diatas digunakan untuk mengelas pipa berdiameter kecil dan pelat baja, maupun lajur akar (*root pass*) pada pengelasan pipa.

B. Filler Stainless Steel

Filler rod dengan kode ER308 dan ER308L Merupakan *filler* rod yang paling umum digunakan untuk mengelas *stainless steel* tipe 304 maupun tipe seri 300 lainnya, yang secara luas digunakan di bidang manufaktur. ER309 dan ER309L Digunakan untuk pengelasan logam induk yang berbeda (*disimilar*) Dapat menangani panas tinggi serta memiliki ketahanan korosi yang baik. ER316 dan ER316L Umumnya digunakan untuk bejana tekan, katup, peralatan kimia dan aplikasi dilaut. Huruf "L" mengacu pada ekstra karbon rendah dalam batang (kurang dari 0,8%), yang membantu bahkan lebih dalam mencegah korosi.

C. Filler Amunium

Filler rod dengan kode ER4043; Digunakan untuk mengelas paduan aluminium seri 6000, bersama dengan sebagian besar paduan cor lainnya. Cocok digunakan untuk mengelas komponen otomotif seperti rangka, poros penggerak, dan rangla sepeda ER5356 Merupakan *filler* rod paduan aluminium magnesium yang baik digunakan untuk mengelas paduan aluminium cor dan tempa umumnya direkomendasikan untuk pengelasan paduan aluminium seri 5000 atau 6000.

5. Pengujian Material Hasil Pengelasan

Pengujian material ini bertujuan untuk mengetahui cacat las yang terjadi pada sambungan sambungan pengelasan. pengujian ini dibagi menjadi dua metode yaitu uji yang merusak DT (*Destructive Testing*) dan uji tanpa merusak NDT (*Non Destructive Testing*).

A. Destructive Testing

Pengujian yang dilakukan dengan memotong beberapa bagian hasil lasan dengan letak dan dimensi yang sudah diatur oleh *standard* atau *code*. Kemudian potongan yang kita sebut spesimen tersebut diuji dengan cara ditarik, lengkung, tumbuk, penekanan,

puntir, pukul dan cara lain agar mendapatkan hasil yang berupa nilai dari sifat mekanik maupun dari bentuk patahannya.

B. Tensile Test

Tensile test biasa dilakukan untuk mengetahui hasil dari kekuatan sambungan berupa nilai kekuatan tarik, yield strength, kekuatan geser dari material atau hasil pengelasan.

C. Impact Test

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketangguhan dan jenis patahan suatu material atau hasil pengelasan. Material yang biasa dilakukan di pengujian ini biasanya digunakan untuk produk bejana tekan, material dengan produk yang mempunyai temperature ekstrem dingin ataupun panas. Pengujian ini dapat diamati dari patahannya getas atau patah ulet. Hasil pengujian ini dapat dihubungkan dengan uji hardness dan uji tarik, jika patah getas biasanya mempunyai kekuatan tarik dan hardness yang tinggi begitu pula sebaliknya.

Tabel 2. Filler (M. O. Awal Syahrani)

AWS Classification ^a	UNS Number ^a	Composition, wt.% ^b										Other Element	Amount of Other Element
		C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	P	S	N	Cu		
ER209	S20980	0.05	20.5-24.0	9.5-12.0	1.5-3.0	4.0-7.0	0.90	0.03	0.03	0.10-0.30	0.75	V	0.10-0.30
ER218	S21880	0.10	16.0-18.0	8.0-9.0	0.75	7.0-9.0	3.5-4.5	0.03	0.03	0.08-0.18	0.75	—	—
ER219	S21980	0.05	19.0-21.5	5.5-7.0	0.75	8.0-10.0	1.00	0.03	0.03	0.10-0.30	0.75	—	—
ER240	S24080	0.05	17.0-19.0	4.0-6.0	0.75	10.5-13.5	1.00	0.03	0.03	0.10-0.30	0.75	—	—
ER307	S30780	0.04-0.14	19.5-22.0	8.0-10.7	0.5-1.5	3.3-4.75	0.30-0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER308	S30880	0.08	19.5-22.0	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER308H	S30880	0.04-0.08	19.5-22.0	9.0-11.0	0.50	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER308L	S30883	0.03	19.5-22.0	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER308Mo	S30882	0.08	18.0-21.0	9.0-12.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER308LMo	S30886	0.04	18.0-21.0	9.0-12.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER308Si	S30881	0.08	19.5-22.0	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER308LSi	S30888	0.03	19.5-22.0	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER309	S30980	0.12	23.0-25.0	12.0-14.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER309L	S30983	0.03	23.0-25.0	12.0-14.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER309Mo	S30982	0.12	23.0-25.0	12.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER309LMo	S30986	0.03	23.0-25.0	12.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER309Si	S30981	0.12	23.0-25.0	12.0-14.0	0.75	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER309LSi	S30988	0.03	23.0-25.0	12.0-14.0	0.75	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER310	S31080	0.08-0.15	25.0-28.0	20.0-22.5	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER312	S31380	0.15	28.0-32.0	8.0-10.5	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER316	S31680	0.08	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER316H	S31680	0.04-0.08	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER316L	S31683	0.03	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	—	0.75	—	—
ER316Si	S31681	0.08	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	—	0.75	—	—

6. Metode Element

Analisis tegangan merupakan salah satu alat pengujian struktur perangkat lunak *solidworks* yang dilakukan dengan menerapkan konsep analisis elemen hingga (FEA). Cara kerjanya adalah dengan menguraikan objek struktural yang diuji menjadi elemen hingga yang

saling berhubungan dan akan diproses dengan perhitungan khusus oleh *software*, sehingga menjadi hasil yang lebih akurat.

Solidworks adalah *software* simulasi yang memungkinkan setiap perancang dan insinyur untuk melakukan simulasi struktural pada bagian atau rakitan sebuah struktur dengan analisis elemen hingga (FEM). *Solidworks* mampu memperbaiki dan memvalidasi kinerja dan mengurangi kebutuhan akan prototip atau perubahan desain yang mahal di kemudian hari.

Metoda elemen hingga banyak dipergunakan untuk mendapatkan penyelesaian pendekatan dari masalah-masalah fisik, khususnya yang berhubungan dengan suatu kontinum. Sebagai contoh adalah masalah perambatan panas (heat transfer), mekanika fluida (mechanical fluid) dan mekanika benda padat (solid body mechanics). Metoda elemen hingga ini mengkombinasikan beberapa konsep matematika untuk mendapatkan suatu sistem persamaan linier atau non linier.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah dengan studi literatur dan pengujian. Studi literatur mengacu pada handbook, buku penunjang, standar internasional, serta jurnal penelitian. Pengujian yang dilakukan antara lain :

A. uji Tarik

Pada pengujian tarik parameter yang diamati adalah nilai tegangan (stress), regangan (strain), dan modulus elastisitas Baja ASTM A36. Dan untuk mendapatkan nilai – nilai tersebut diperlukan beberapa data dari proses pengujian, seperti beban maksimal, panjang mula-mula, panjang akhir, dan luas penampang uji. Data-data tersebut kemudian dimasukkan pada format tabel dibawah

B. struktur mikro.

Pada pengujian struktur mikro sama halnya dengan pengujian kekerasan, daerah yang akan diuji adalah base metal, weld metal, dan daerah HAZ dari Baja ASTM A36 setelah pengelasan TIG. Adapun parameter yang diamati adalah apakah ada perubahan atau perbedaan struktur mikro tiap daerah uji, bagaimana bentuk butir pada tiap daerah pengujian, dan apa hubungannya dengan sifat mekanik material itu sendiri.

C. Simulasi Solid Work

Tujuan dari simulasi *solidworks* ini adalah untuk mendukung hasil eksperimen dengan simulasi statis, yaitu simulasi tegangan. Pada simulasi ini parameter yang dimasukkan adalah: material yakni baja ASTM A36, standarisasi pengelasan, jenis *filler* (elektroda), dan besar torsi. Kemudian dari hasil simulasi akan kita dapatkan nilai *von mises stress* dan *strain*. Maka akan didapatkan nilai tegangan pada titik las dan nilai regangan secara simulasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan terhadap beban tarik. Dengan melakukan pengujian tarik akan diketahui tegangan maksimum, regangan dan modulus elastisitas dari spesimen yang diuji. Spesimen yang diuji memiliki bentuk dan ukuran sesuai dengan standar ASTM E8M – 15a. Specimen uji dibuat dengan menggunakan bahan plat baja ASTM A36 dengan filler ER 70S – 4 dan ER 70S – 6 menggunakan arus 90A pengelasan TIG



Gambar 7. Spesimen Las Filler ER 70S - 4



Gambar 8. Spesimen Las Filler ER 70S – 6

Tabel 3. Hasil Spesimen Uji Tarik Filler ER 70S - 4

<u>URAIAN</u> <i>Description</i>	<u>Hasil Uji</u> <i>Test Result</i>			Metoda Uji <i>Test Of Method</i>
<u>Batang no.</u>	1	2	3	-
<i>Width x thickness</i>				
<u>Lebar x tebal mm</u> <i>Width x thickness</i>	13,09 x 5,52	13,04 x 5,58	12,80 x 5,58	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Luas penampang, mm²</u> <i>Area section</i>	72,26	72,76	69,75	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Panjang ukur, mm</u> <i>Gage lenght</i>	50,0	50,0	50,0	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Beban yang diberi, N</u> <i>Given load</i>	842	629	945,5	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Beban maksimum, kgf</u> <i>Max load</i>	1560	1150	1590	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Kuat tarik, kgf/m²(Mpa)</u> <i>Tensile strenght</i>	21,6 (212)	15,8(155)	22,8 (224)	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Panjang setelah patah, mm</u> <i>Length after Fracture</i>	51,03	50,84	51,38	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Regangan dalam 50,0 mm,%</u> <i>Elongatin</i>	2,1	1,7	2,8	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Hal ikhwal</u> <i>Particularities</i>	Putus pada lasan	Putus pada lasan	Putus pada lasan	ASTM E8/E8 M-15a

Dari hasil pengujian specimen uji Tarik filler ER 70S – 4 didapatkan hasil paling tinggi kuat Tarik maksimum sebesar 22,8 (224) kgf/m², regangan tertinggi sebesar 2,8mm, dan Panjang setelah patah sebesar 51,38mm serta beban maksimum sebesar 1590kgf.

Tabel 4. Hasil Spesimen Uji Tarik Filler ER 70S – 6

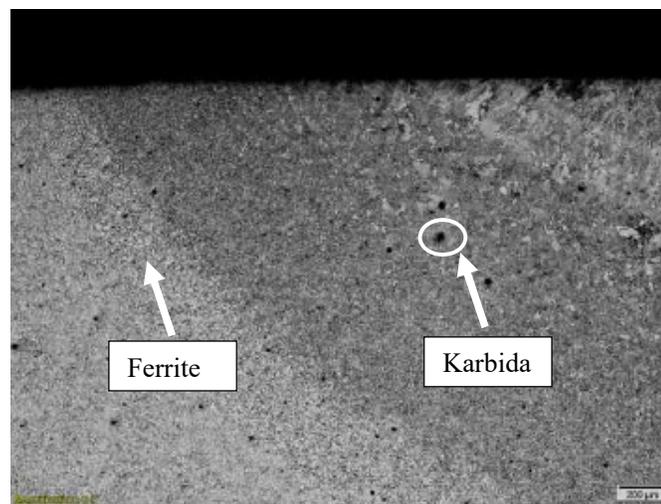
<u>URAIAN</u> <i>Description</i>	<u>Hasil Uji</u> <i>Test Result</i>			Metoda Uji <i>Test Of Method</i>
Batang no.	1	2	3	-
<i>Width x thickness</i>				
<u>Lebar x tebal mm</u> <i>Width x thickness</i>	12,45 x 5,52	12,48 x 5,53	11,94 x 5,54	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Luas penampang, mm²</u> <i>Area section</i>	68,72	69,01	66,15	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Panjang ukur, mm</u> <i>Gage lenght</i>	50,0	50,0	50,0	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Beban yang diberi, N</u> <i>Given load</i>	1228	1681	831	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Beban maksimum, kgf</u> <i>Max load</i>	1820	2490	1440	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Kuat tarik, kgf/m²(Mpa)</u> <i>Tensile strenght</i>	26,5 (260)	36,1(354)	21,8 (213)	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Panjang setelah patah, mm</u> <i>Length after Fracture</i>	51,80	51,80	51,08	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Regangan dalam 50,0 mm,%</u> <i>Elongatin</i>	3,6	3,6	2,2	ASTM E8/E8 M-15a
<u>Hal ikhwal</u> <i>Particularities</i>	Putus pada lasan	Putus pada lasan	Putus pada lasan	ASTM E8/E8 M-15a

Dari hasil pengujian dapat dilihat dari tabel luas Area awal dari spesimen sebelum melakukan uji tarik mempunyai rata rata 69,69 mm². Dan mengalami beberapa mm pertambahan panjang setelah mencapai titik stress. Spesimen dengan menggunakan filler ER 70S – 6 terlihat lebih mempunyai rata rata lebih tinggi untuk hasil dari kuat tarik, *elongation*

dan titik regang. Spesimen dengan filler ER 70S - 6 masih terlihat unggul dibanding spesimen lainnya. Sedangkan untuk spesimen dengan filler ER 70S - 4 hasilnya terlihat lebih rendah.

Pengamatan Struktur Mikro

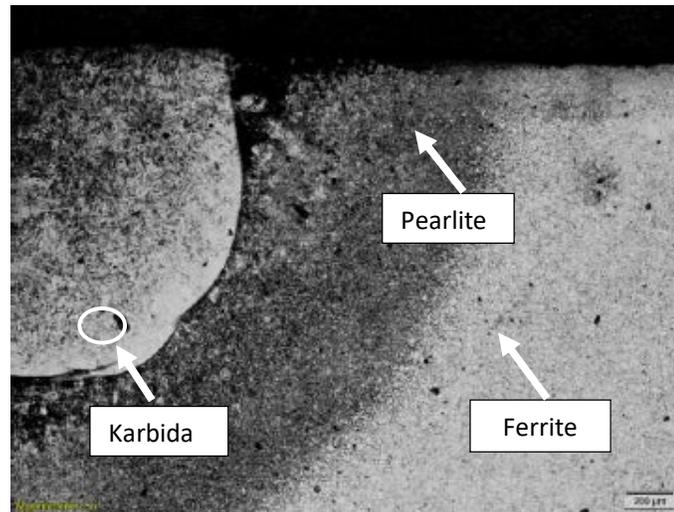
Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk mengetahui struktur yang terkandung dalam spesimen penelitian dalam bentuk foto mikro. Setiap spesimen memiliki struktur yang berbeda pula bergantung jenis perlakuan yang diberikan. Struktur mikro dari hasil penelitian ini diambil dengan menggunakan mikroskop optik. Bentuk penampang mikro dengan pembesaran 50x kali adalah sebagai berikut.



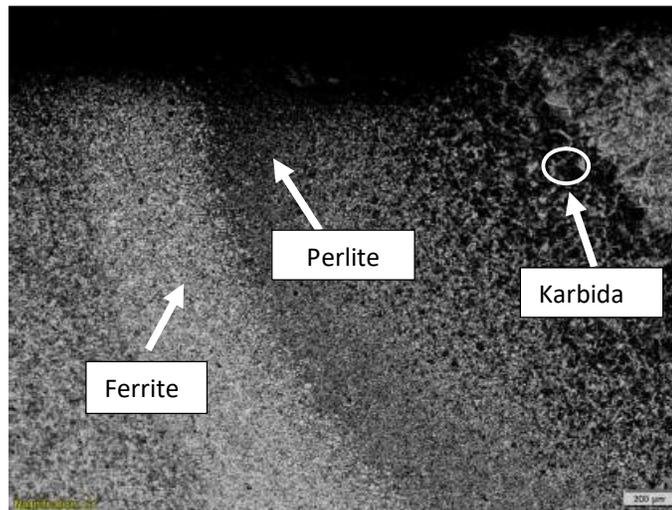
Gambar 9. Area Lasan A36

Foto mikro merupakan hasil pembesaran 50x kali pada daerah Bm-HAZ menggunakan etsa nital 2%. Hasil struktur mikro yang terbentuk didapatkan struktur mikro terdiri dari ferrite yang berwarna cerah, pearlite yang berwarna gelap dan ada butir – butir dari karbida.

Terlihat dari hasil pengujian struktur mikro filler ER 70S – 4 diatas didapatkan hasil di daerah lasan lebih dominan struktur ferrite dan ada butir – butir karbida. Untuk di daerah area lasan filler terdapat campuran struktur ferrite yang berwarna terang dan pearlite yang lebih gelap terdapat juga unsur karbida di daerah lasan filler.



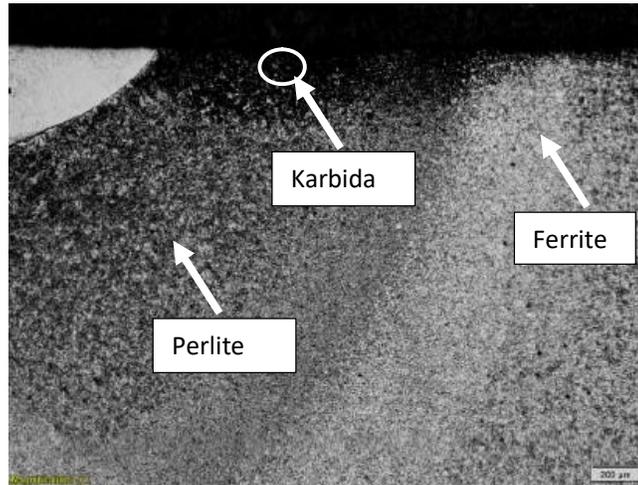
Gambar 9. Area Lasan Filler



Gambar 10. Area Lasan ASTM A36

Terlihat dari hasil pengujian struktur mikro filler ER 70S – 6 diatas didapatkan hasil di daerah lasan lebih dominan struktur perlite dan butir – butir karbida lebih banyak sedangkan unsur ferrite lebih sedikit di daerah lasan. Untuk di daerah area lasan filler terdapat campuran struktur ferrite yang berwarna terang dan perlite yang lebih gelap terdapat

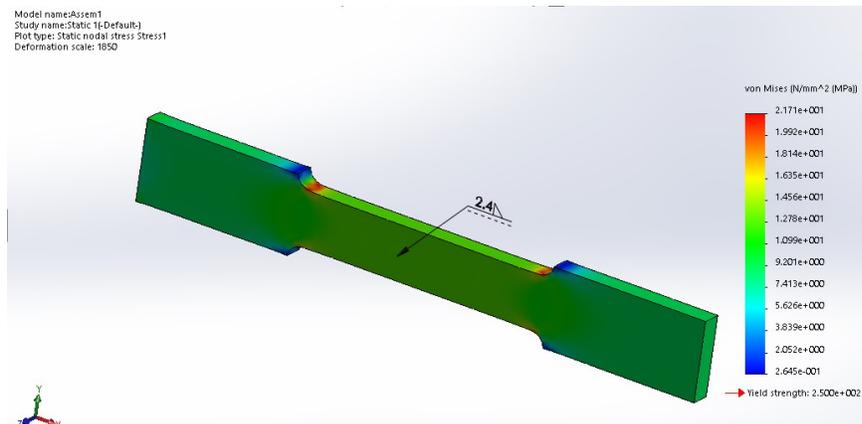
juga unsur karbida lebih merata di daerah lasan filler. Ini mengakibatkan pada baja dengan pengelasan menggunakan filler ER 70S – 6 memiliki nilai uji tarik yang lebih tinggi.



Gambar 11. Area Lasan Filler

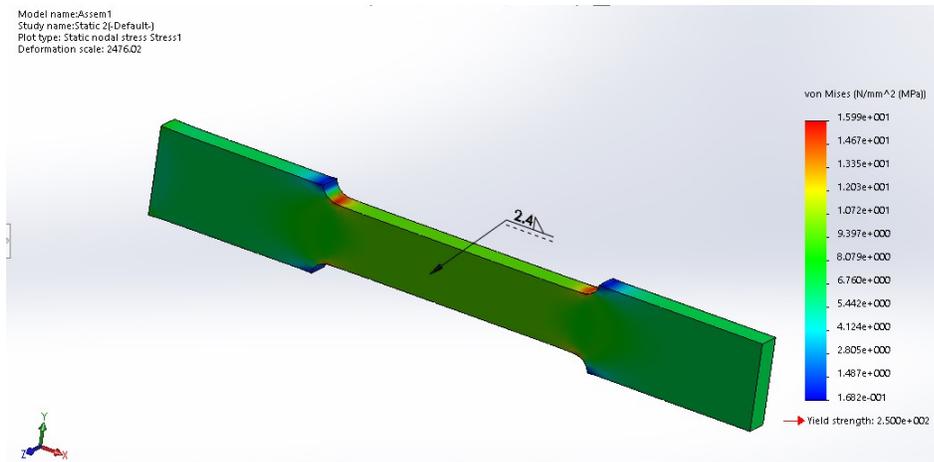
Hasil Simulasi

Simulasi yang dilakukan pada *software* solidworks menggunakan jenis material baja ASTM A36. Spesimen yang digunakan memiliki sambungan las pada bagian tengah dan simulasi dilakukan dengan menggunakan batas kondisi yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan di *software* solidworks dari spesimen material baja ASTM A36 dengan filler ER 70S – 4, dibawah ini adalah hasil simulasi pada *software* solidworks.



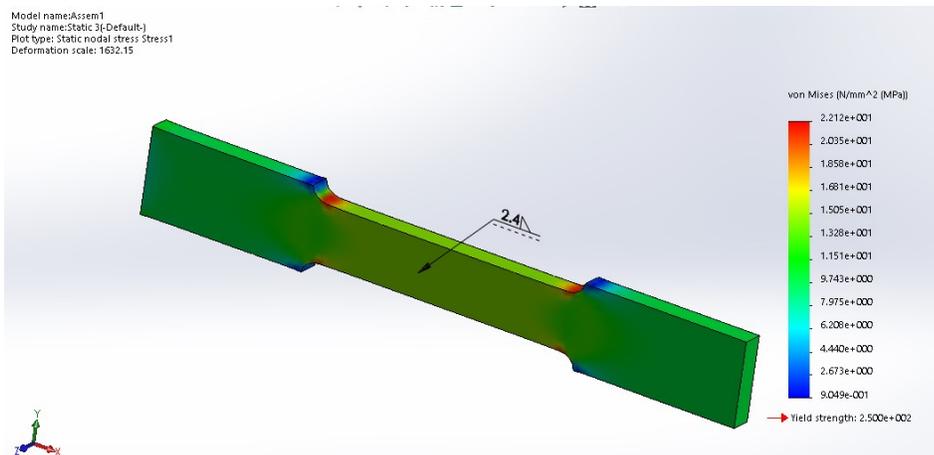
Gambar 12. Hasil Simulasi Filler ER 70S – 4 Batang 1

Gambar 12 menunjukkan hasil dari simulasi *software* solidworks pada spesimen dengan filler ER 70S – 4 batang no 1, dengan kondisi batas yang diberikan beban 842 N.



Gambar 13. Hasil Simulasi Filler ER 70 S -4 Batang 2

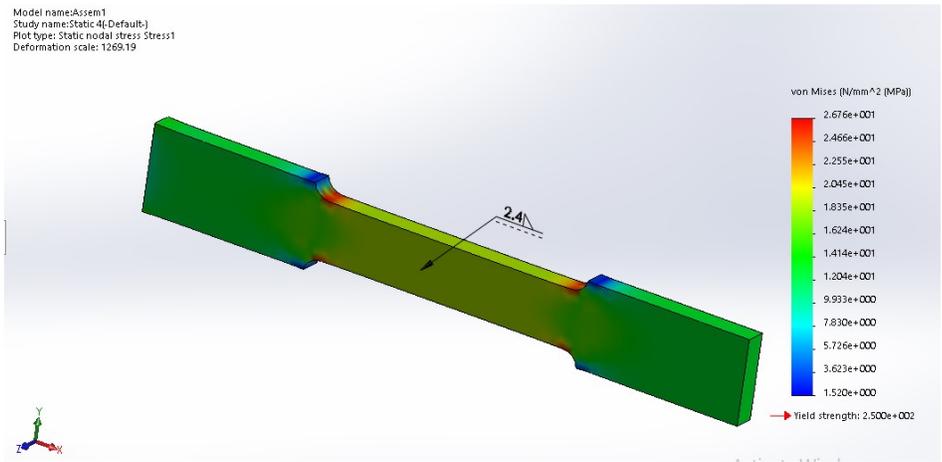
Gambar 13 menunjukkan hasil dari simulasi *software* solidworks pada specimen dengan filler ER 70S – 4 batang no 2, dengan kondisi batas yang diberikan beban 629 N.



Gambar 14. Hasil Simulasi Filler ER 70 S -4 Batang 3

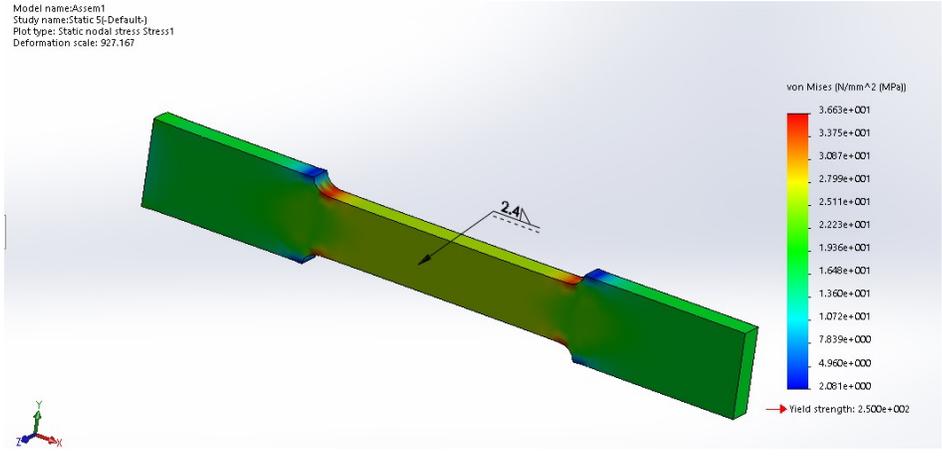
Gambar 14 menunjukkan hasil dari simulasi *software* solidworks pada spesimen dengan filler ER 70S – 4 batang no 3, dengan kondisi batas yang diberikan beban 954,5 N.

Setelah melakukan simulasi *software* solidworks untuk filler ER 70S – 4, dilanjutkan dengan simulasi untuk filler ER 70S – 6.



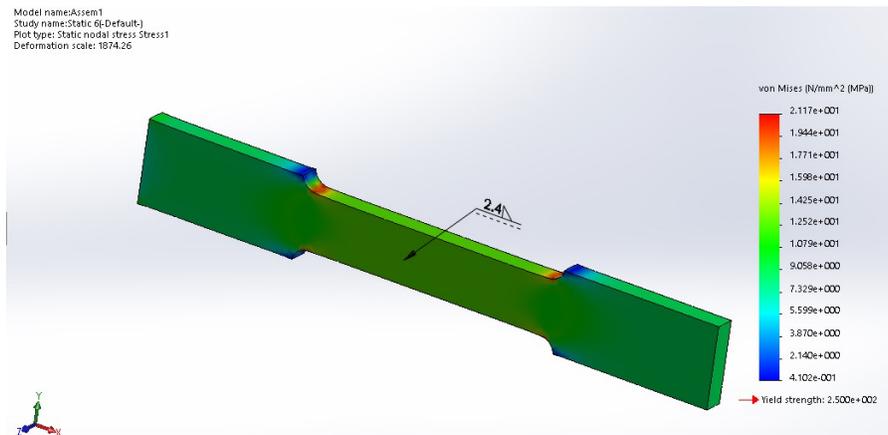
Gambar 15. Hasil Simulasi Filler ER 70 S -6 Batang 1

Gambar 15 menunjukkan hasil dari simulasi *software* solidworks pada spesimen dengan filler ER 70S – 6 batang no 1, dengan kondisi batas yang diberikan beban 1228 N.



Gambar 16. Hasil Simulasi Filler ER 70 S -6 Batang 2

Gambar 16 menunjukkan hasil dari simulasi *software* solidworks pada spesimen dengan filler ER 70S – 6 batang no 2, dengan kondisi batas yang diberikan beban 1681 N.



Gambar 17. Hasil Simulasi Filler ER 70 S - 6 Batang 3

Gambar 17 menunjukkan hasil dari simulasi *software* solidworks pada spesimen dengan filler ER 70S – 6 batang no 3, dengan kondisi batas yang diberikan beban 831 N. Berdasarkan dari hasil simulasi pada gambar 4.38, 4.39, dan 4.40 maka hasil kuat tarik maksimum untuk spesimen dengan filler ER 70S – 4 batang no 1 sebesar 21,71 Kg/mm², batang no 2 sebesar 15,99 Kg/mm², batang 3 sebesar 21,12 Kg/mm², untuk spesimen dengan filler ER 70S – 6 batang no 1 sebesar 26,76 Kg/mm², batang no 2 sebesar 36,63 Kg/mm², batang 3 sebesar 21,17 Kg/mm², ditunjukkan gambar 4.41, 4.42, dan 4.43.

KESIMPULAN

1. Pada pengelasan dengan filler ER 70S – 4 didapatkan hasil pengujian tarik dengan regangan (*Elongatin*) rata – rata sebesar 2,2mm dan kuat tarik maksimum rata-rata sebesar 20,0 kg/mm². Untuk hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat pada daerah lasan dan daerah lasan filler lebih banyak unsur ferrite dibandingkan unsur perlite dan unsur karbida. Pada pengelasan dengan filler ER 70S – 6 didapatkan hasil pengujian tarik dengan regangan (*Elongatin*) rata – rata sebesar 3,1mm dan kuat tarik maksimum rata – rata sebesar 28,1 kg/mm². Untuk hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat pada daerah lasan lebih dominan unsur perlite dan karbida dan terdapat unsur ferrite di daerah lasan. Di daerah lasan filler unsur ferrite, perlite dan karbida lebih merata disetiap bagian.
2. Pada penelitian ini bisa disimpulkan pengelasan baja ASTM A36 dengan filler ER 70S – 4 dan ER 70S – 6. lebih unggul menggunakan filler ER 70S – 6 dari hasil pengujian tarik

yang lebih tinggi dan hasil struktur mikro yang dengan unsur – unsur yang marata disetiap bagian.

3. Dari hasil simulasi *software* solidworks diketahui kuat tarik maksimum untuk spesimen dengan filler ER 70S – 4 batang no 1 sebesar 21,71 Kg/mm², batang no 2 sebesar 15,99 Kg/mm², batang no 3 sebesar 22,12 Kg/mm², untuk spesimen dengan filler ER 70S – 6 batang no 1 sebesar 26,76 Kg/mm², batang no 2 sebesar 36,63 Kg/mm², batang no 3 sebesar 21,17 Kg/mm² setelah dilakukan perhitungan galat hasil kuat tarik maksimum pengujian dan simulasi didapatkan nilai galat terbesar untuk filler ER 70S – 4 sebesar 3,07 % dan untuk filler ER 70S – 6 sebesar 2,97 %.

DAFTAR PUSTAKA

- B. Anwar, "ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL," *TEKNOLOGI*, vol. 03, 2018.
- e. budiarto, "PENGARUH DIAMETER *FILLER* DAN ARUS PADA PENGELASAN," *TURBO*, vol. 6 NO 1, 2017.
- WIJOYO, "PENGARUH MASUKAN PANAS (*HEAT INPUT*) TERHADAP," *SIMETRIS*, vol. 7 No 2, pp. : 2252-4983, 2016.
- M. O. Awal Syahrani*, "PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN GTAW TERHADAP SIFAT," *Jurnal Mekanikal*, vol. 8, pp. 721-729, 2017.
- M. I. M. MULYADI S.T, TEKNOLOGI PENGELASAN, SIDOARJO: UMSIDA PRESS, 2020.
- F. ARDIANTO, ANALISIS KEKUATAN PENGELASAN PLAT BAJA KARBON, sumatera utara, 2021.
- DADANG, TEKNIK LS GTAW, MALANG: KEMENDIKBUD, 2013.
- P. I. H. WIRYUSORTO, TEKNOLOGI PENGELASAN LOG, JAKARTA: PT Pradnya Paramita, 2000.
- LIZAR JAMIL, "SCRIBD," SCRIBD, 2018. [Online]. Available: <https://id.scribd.com/presentation/403125202/Elektroda-Tungsten>.
- e. budiarto, "PENGARUH DIAMETER *FILLER* DAN ARUS PADA PENGELASAN," *TURBO*, vol. 06 NO 01, 2017.

- R. ALFERDO, "SCRIBD," SCRIBD, 2013. [Online]. Available: <https://id.scribd.com/doc/243204741/Macam-Macam-Sambungan-Plat>.
- S. Bambang Hari Nugroho, "expertlas," 2015. [Online]. Available: <https://www.expertlas.com/posisi-pengelasan/> posisi.
- M. B. Ranu Yudistira Pratama[1], "PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN SMAW UNTUK POSISI PENGELASAN 1G," *PROSDING* , vol. 2 NO 1, 2010.
- A. C. Optimisme, "SCRIBD," DEC 2017. [Online]. Available: <https://id.scribd.com/document/358545692/MATERI-CACAT-PENGELASAN>.
- D. SETIAWAN, "ANALISA CACAT LAS PADA PENGELASAN SMAW BUTT," *JURNAL TEKNIK MESIN*, vol. 2 NO 2, pp. 53-62, 2019.