

ANALISIS EKSPERIMENTAL DAN NUMERIK UJI TARIK HASIL PENGELOASAN SMAW PADA BAJA KARBON RENDAH DENGAN VARIASI JENIS ELEKTRODA TERHADAP SIFAT MEKANIS

Jagodang Harahap*
Wahyudin
Hasnita
Lutfhi

Program Studi Teknik Pengelasan Logam, Akademi Komunitas Negeri Aceh Barat

Abstract

The development of technology in the increasingly advanced construction sector cannot be separated from welding because it has an important role in metal engineering and repair. Welding is the process of joining two metals, especially steel, to produce a machine construction carried out in a melted or liquid state. The West Aceh State Community Academy Campus is the only Vocational State College on the west coast of Aceh that has a Metal Welding Technology Study Program. The construction of construction with metal at this time involves many elements of welding, especially in the fields of mining, plantations, and maritime affairs, therefore the progress and readiness of human resources and natural resources must be in line with technological advances in the current industrial 4.0 era. The purpose of this study was to determine the tensile strength of a material that was welded with 3 different types of electrodes and then the results were compared with the simulation results using the finite element method. The data collection technique is carried out with the first step is testing the chemical composition of the material to be used, then SMAW welding is carried out with the three types of electrodes. After the welding is finished, the geometry and specimen modeling is carried out which refers to the E-8M (sub-size) standard. Tensile test results experimentally on the type of electrode E 6013 is 376.6408 MPa, E 7016 is 464.5183 MPa and E 7018 is 412.963 MPa. This result is very close to the simulation results of stress distribution analysis, which is 402.2211 MPa. The stress distribution area is also almost similar, which is outside the weld area where the weld area has a higher tensile strength.

Keywords:

Low Carbo Steel; Tensile strength; Finite Element Methode; Mechanical Properties

Abstrak

Pengembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam khususnya baja untuk menghasilkan sebuah konstruksi mesin dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Kampus Akademi Komunitas Negeri Aceh Barat adalah satu-satunya perguruan Tinggi Negeri Vokasi dikawasan pantai barat Aceh yang memiliki Program Studi Teknologi Pengelasan Logam. Pembangunan konstruksi dengan logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya dibidang pertambangan, perkebunan dan kemaritiman maka dengan itu kemajuan dan kesiapan SDM maupun SDA harus seiring dapat mengikuti kemajuan teknologi pada era industry 4.0 saat ini. Tujuan Penelitian ini untuk mengetahui kekuatan tarik suatu material yang dilakukan pengelasan dengan 3 jenis elektroda yang berbeda dan kemudian hasilnya dibandingkan dengan hasil simulasi dengan metode elemen hingga. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan tahapan yang pertama melakukan uji komposisi kimia material yang akan digunakan, kemudian dilakukan pengelasan SMAW dengan ketiga jenis elektrode tersebut. Setelah selesai pengelasan maka dilakukan pemodelan geometri dan spesimen yang mengacu pada standar E-8M (*subsize*). Hasil uji Tarik secara eksperimen pada jenis elektroda E 6013 sebesar 376,6408 MPa, E 7016 sebesar 464,5183 MPa dan E 7018 sebesar 412,963 MPa. Hasil ini sangat mendekati dengan hasil simulasi analisis distribusi tegangan yaitu sebesar 402,2211 MPa daerah distribusi tegangan juga hampir mirip yaitu berada diluar daerah lasan dimana daerah lasan kekuatan tariknya lebih tinggi.

Kata Kunci:

Baja Karbon Rendah; Kekuatan Tarik; Metode Elemen Hingga; Sifat Mekanis

DOI: <http://dx.doi.org/10.38038/vocatech.v4i1.00>

Received: 30 September 2022 ; Accepted: 29 Oktober 2022 ; Published: 31 Oktober 2022

Citation in APA Style: Harahap. J., Wahyudin, Hasnita, & Lutfhi. (2022). Analisis Eksperimental dan Numerikal Uji Tarik Hasil Pengelasan SMAW pada Baja Karbon Rendah dengan Variasi Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanis. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, Vol. 4, 1 (2022), 8-17

***Corresponding author:**

Jagodang Harahap, Program Studi Teknologi Pengelasan Logam, Akademi Komunitas Negeri Aceh Barat,
Komplek STTU Alue Peunyareng Meureubo, Meulaboh 23681

Email: jagodang@aknacehbarat.ac.id

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pengembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Pembangunan konstruksi dengan logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangun karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik. Pengelasan adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu (Hidayat et al., 2021). 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) (Rahangmetan et al., 2020).

Dalam dunia industri pembuatan kapal atau pembangunan suatu konstruksi bangunan menggunakan pelat atau rangka baja, salah satu jenis baja yang dipakai adalah Pelat ASTM A36 (Budiarto et al., 2018). Pelat baja merupakan komponen yang sering digunakan dalam industri terutama dalam industri otomotif, pelat baja memiliki ketahanan dalam korosi dan tekanan, dan sering difungsikan sebagai luasan bidang yang akan terkena beban atau tekanan terhadap kondisi rancang bangun yang sedang dipergunakan. Dalam pembuatan suatu cetakan terdapat pemilihan bahan untuk membuat suatu cetakan, seperti bahan besi cor, pelat baja, pasir dan lain sebagainya. Besi pelat ini merupakan kategori baja karbon rendah dimana ukurannya sangat bervariasi mulai dari tebal 3-12 mm dan lebar 19-75 mm dengan panjang 6 meter.

Hasil penelitian (Mohd-Lair et al., 2021) terhadap variasi arus dan ukuran elektroda terhadap kekuatan tarik E 6013 sebesar 342,39 Mpa yang didapatkan pada 80 Ampere pada diameter elektroda 2,5 mm. Peningkatan besaran arus atau Ampere pada pengelasan sangat mempengaruhi tingkat kekerasan pada daerah HAZ pengelasan (Nassar et al., 2018). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh arus pengelasan terhadap kekuatan tarik, kekerasan, struktur mikro dan ketangguhan baja paduan rendah hasil pengelasan

SMAW dengan elektroda E7018, penelitian ini memakai 3 jenis variasi arus yaitu 100 amper, 130 amper dan 160 amper. Data yang telah diperoleh dari penelitian ini dari 3 jenis variasi ditunjukkan kelompok variasi 130 amper yang terlihat memiliki nilai paling tinggi dari semua pengujian karena struktur mikro ferit acicular lembut yang berupa bilah-bilah menyilang lebih optimal, sehingga menahan rambatan retak yang terjadi. (Azwinur, Syukran, 2018) meneliti kekuatan tarik dan lengkung (sifat mekanik) sambungan las *butt weld dan double lap joint* pada material ASTM SA.36. Berdasarkan data pengujian diperoleh bahwa kekuatan uji tarik paling tinggi adalah pada sambungan las *butt weld* sebesar 49.8 kgf/mm² dibandingkan nilai kekuatan tarik untuk sambungan las *double lap joint* sebesar 48.65 kgf/mm². Sementara pada analisis yang memvariasikan ketebalan plat yang dilas yang dilakukan (Suryono et al., 2020) Tegangan maksimal diperoleh pada pengelasan tebal plat 5 mm, yaitu sebesar 595,65 N/mm², untuk kampuh square, sedangkan untuk plat dengan tebal lebih dari 5 mm disarankan menggunakan jenis kampuh V dan U.

Pada analisis numerik yang dilakukan Mohammed Alharbi (Alharbi et al., 2020) menyimpulkan simulasi uji tarik uniaksial untuk PLA cetak 3D menggunakan FEA nonlinier. FEA yang dikembangkan dalam pekerjaan ini berhasil menangkap perilaku spesimen di bawah beban tarik uniaksial. Penyimpangan antara hasil eksperimen dan simulasi minimal dan kesalahan maksimum adalah 6,7%. Model material yang dikembangkan, oleh karena itu, dapat digunakan untuk prediksi perilaku tarik uniaksial dari bagian PLA yang dicetak 3D yang mencakup wilayah nonlinier sebelum kegagalan. (Bogrekci et al., 2020) Hasil analisis struktur statisnya dibandingkan dengan kekuatan luluh PLA yaitu 59 MPa. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 6 tegangan maksimum ditemukan 13,349 MPa dari analisis. Ketika nilai ini dipertimbangkan, terlihat bahwa model aman dalam hal gaya yang diterapkan padanya.

Dalam optimasi ini akan dicoba untuk menemukan desain optimum yang menunjukkan kekuatan yang sama terhadap gaya yang sama. Analisis eksperimental dan numerik dari perilaku mekanis yang terjadi pada spesimen silinder dan lembaran selama uji tarik standar yang diterapkan pada baja SAE 1045 telah didapatkan. Hasil uji antara eksperimen dengan numeric tidak jauh berbeda. Berdasarkan uraian diatas Penulis akan membahas kajian "Analisis uji tarik secara

eksperimental dan numerik pada material baja karbon rendah ”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu :

1. Jenis material apakah yang digunakan pada penelitian ini.
2. Seberapa besar pengaruh penggunaan jenis elektroda terhadap kekuatan tarik pada material baja karbon rendah setelah dilakukan pengelasan.
3. Dari ketiga jenis elektroda yang digunakan manakah elektroda yang paling menghasilkan kekuatan paling tepat digunakan pada material baja karbon
4. Seberapa besar perbedaan hasil uji tarik secara eksperimental dengan hasil uji Tarik dengan numerikal pada material baja karbon rendah tersebut

II. STUDI PUSTAKA

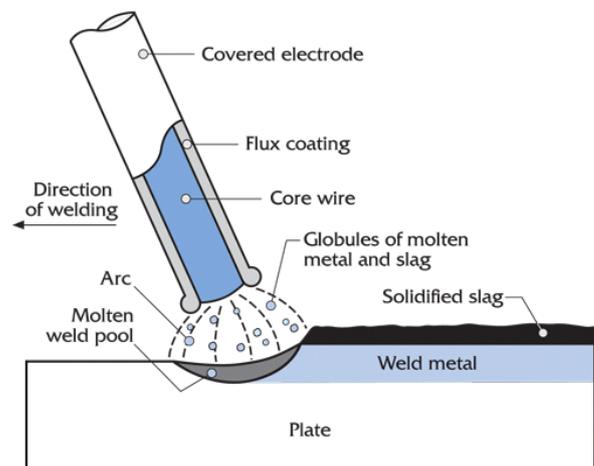
1. Dedenisi Pengelasan Logam

Menurut American Welding Society (AWS) (Society, 2546) pengelasan adalah proses penyambungan logam atau non-logam yang dilakukan dengan memanaskan material yang akan disambung hingga temperatur las, yang dilakukan dengan atau tanpa menggunakan tekanan dan dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi. Definisi tersebut dapat diartikan lebih lanjut bahwa pengelasan adalah suatu ktfitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan atau tanpa bahan tambah (filler metal) yang sama ataupun berbeda titik maupun strukturnya (Juniarianto & Dwisetiono, 2021). Jadi secara umum pengelasan adalah proses penyambungan material, baik logam maupun non logam dengan menggunakan energi panas. Dilakukan dengan menggunakan aplikasi tekanan maupun tidak, dan bisa menggunakan bahan tambah maupun tidak

2. Shield Metal Arc Welding

Las SMAW yang berasal dari kata Shield Metal Arc Welding adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar atau logam induk dan elektroda (kawat las). Panas tersebut ditimbulkan oleh lompatan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan permukaan plat yang akan dilas). Panas yang timbul dari lompatan ion listrik ini besarnya dapat mencapai 4000 °C sampai 4500 °C . Las SMAW ini menggunakan elektroda berselaput sebagai bahan tambah. Busur listrik yang terjadi diantara ujung elektroda dan bahan dasar akan mencairkan ujung

elektroda dan sebagian bahan dasar. Selaput elektroda yang turut terbakar akan mencair dan menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda, kawah las, busur listrik dan daerah las di sekitar busur listrik terhadap pengaruh udara luar (Nassar et al., 2018). Cairan selaput elektroda yang membeku akan menutupi permukaan las yang juga berfungsi sebagai pelindung terhadap pengaruh luar. Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa fluks. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kumpuh las



Gambar 1. Proses Kerja Las SMAW(Society, 2546)

3. Elektroda

Sebagian besar elektrode las SMAW dilapisi oleh lapisan flux, yang berfungsi sebagai pembentuk gas yang melindungi cairan logam dari kontaminasi udara sekelilingnya. Selain itu flux berguna juga untuk membentuk terak las yang juga berfungsi melindungi cairan las dari udara sekelilingnya. Lapisan elektrode ini merupakan campuran kimia yang komposisinya sesuai dengan kebutuhan pengelasan. Menurut AWS (American Welding Society) elektrode diklasifikasikan dengan huruf E dan diikuti empat atau lima digit sebagai berikut E xxxx (x), contohnya E 6010, E 6013, E 7018 dan lain-lain(Society, 2546). Dengan kekuatan tarik yang cukup kuat, elektroda (kawat las) jenis E70xx banyak diaplikasikan untuk pengelasan pipa *pressure*, furnace, konstruksi dan lainlain. Sedangkan jenis E60xx karena daya tariknya hanya 60.000 psi biasanya hanya untuk tagweld dan pengelasan non *pressure*, misalnya pagar tralis dan lain-lain.

Tabel 1. Spesifikasi Elektroda Terbungkus dari baja lunak (AWS A5.1-64T)(Society, 2546)

Klasifikasi AWS_AST M	Jenis Fluxs	Posisi Pengelasan	Jenis Listrik	Kekuatan Tarik
E6010	Natrium selusa Tinggi	F,V,OH,H	DC balik	43,6
E6013	Kalium titania tinggi	F,V,OH,H	AC-DC ganda	47,1
E7014	Serbu besi,titania	F,V,OH,H	AC-DC ganda	49,2
E7016	Kalium, hydrogen rendah	F,V,OH,H	AC-DC balik	49,2
E7018	Serbuk besi,hydrogen rendah	F,V,OH,H	AC- DC balik	50,6

4. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah memiliki sifat kepekaan retak las atau weldability yang baik dibandingkan dengan baja karbon sedang dan baja karbon tinggi. Tetapi retak las pada baja ini dapat terjadi dengan mudah pada pengelasan pelat tebal atau bila didalam baja tersebut terdapat belerang bebas yang cukup tinggi. Retak las yang mungkin terjadi pada pengelasan pelat tebal dapat dihindari dengan pemanasan mula atau dengan menggunakan elektroda hydrogen rendah. Kelebihan lain dari pengelasan baja karbon rendah diantaranya biaya murah, proses relatif lebih cepat, lebih ringan, dan bentuk konstruksi lebih variatif



Gambar 2. Baja Karbon Rendah Jenis Strip

A. Pengujian Komposisi Kimia Material

Uji komposisi dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam bahan yang digunakan. Proses pengujian komposisi adalah untuk mengetahui seberapa besar unsur pembentuk bahan, misalnya C, Si, Cu, Mn, S, dan unsur lainnya.

Pengujian komposisi kimia material tersebut akan dilakukan di Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Kementerian Perindustrian.

Langkah-langkah pengujian komposisi adalah sebagai berikut:

- a. Potong bahan yang akan digunakan untuk spesimen sepanjang 100 mm, lebar 60 mm dan tebal 6,5 mm, dibersihkan permukaannya sampai halus dan rata.
- b. Bahan tersebut diletakkan pada bed dan dibakar dengan semacam elektroda hingga bahan yang terkandung mengalami pencairan atau rekristalisasi. Proses rekristalisasi dari alat uji ini akan menangkap warna dengan sensor cahaya, sensor cahaya menerima dan diteruskan dalam program komputer yang akan mencatat hasilnya. Langkah ini dilakukan sebanyak tiga kali dan dirata-rata kemudian dicetak, sehingga dalam print out-nya akan terlihat tiga kali perhitungan

B. Pengujian Tarik

Tujuan utama dilakukan pengujian tarik adalah untuk mengetahui berapa nilai kekuatan sambungan logam hasil pengelasan yang sudah dilakukan. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok raw materials. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda (Saheb & Chandrashekar, 2019).

Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan regangan. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Salahudin et al., 2021) dimana jenis elektroda yang dipakai adalah E 6013 dengan memvariasikan bentuk kampuh pengelasan dimana kampuh yang memperoleh tegangan tertinggi adalah bentuk kampuh V sebesar 455,68 MPa.

C. Simulasi Numerik

Metode elemen hingga adalah metode numerik yang dapat digunakan untuk mencari solusi akurat pada permasalahan teknik yang kompleks. Metode elemen hingga ini adalah metode yang sampai saat ini terbukti cukup berhasil dengan baik digunakan untuk menganalisis tegangan-tegangan yang terjadi pada struktur. Konsep dasar dari metode ini adalah diskritisasi yaitu membagi benda menjadi bentuk-bentuk yang lebih kecil di mana masih mempunyai sifat yang sama seperti benda penyusunnya.

Analisis Distribusi tegangan sangat penting dilakukan untuk mencegah hal-hal yang membahayakan terjadi apalagi dibidang otomotif dan kontruksi seperti yang telah dilakukan (Harahap et al., 2021). Dengan metode ini pula, solusi yang diinginkan dapat ditingkatkan dan ini merupakan aktivitas komputasi. Tegangan *von mises* adalah tegangan yang menyebabkan terjadinya kegagalan pada material apabila material mendapatkan tegangan triaksial yang menghasilkan energi regangan. Kegagalan terjadi ketika besar energi regangan dari tegangan triaksial sama dengan energi regangan dari uji tarik standar material ketika mulai terjadi (Husaini et al., 2020). Analisis yang dilakukan adalah mencari besar tegangan von mises maksimal pada masing-masing kondisi jalan yang dilalui pegas ulir untuk kemudian dibandingkan dan dibahas.

III. METODE

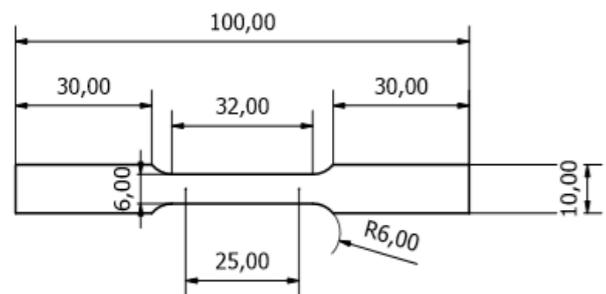
A. Lokasi Penelitian

- 1) Proses pengelasan dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengelasan Logam Akademi Komunitas Neger Aceh Barat.
- 2) Pembuatan bentuk spesimen benda uji dilakukan di laboratorium Teknologi Pengelasan Logam Akademi Komunitas Neger Aceh Barat.
- 3) Pengujian komposisi kimia dan uji tarik dilakukan di Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Kementerian Perindustrian.
- 4) Simulasi numerik dilakukan di Kampus AKN Aceh Barat dengan menggunakan Perangkat keras dengan spesifikasi *Processor* Intel (R) Core(TM) i7-5500U dengan RAM 4 GB – NVIDIA dan storage 1 TB. Serta pada penelitian ini digunakan perangkat lunak (*Software*) dan dapat menampilkan *output* sesuai jenis analisis yang dilakukan.

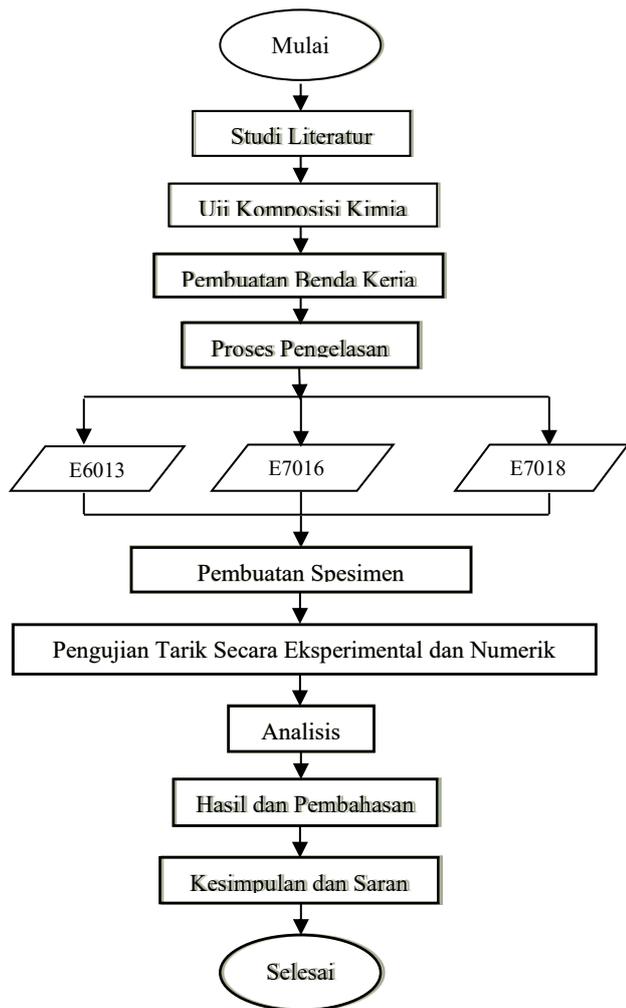
B. Dimensi Benda Uji

Spesifikasi benda uji yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bahan yang digunakan adalah besi plat/strip baja karbon rendah
- 2) Ketebalan plat 6 mm.
- 3) Elektroda yang digunakan adalah jenis E 6013, E 7016 dan E 7018
- 4) Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi bawah tangan (1G).
- 5) Arus pengelasan yang digunakan adalah 100 Ampere.
- 6) Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, jarak celah plat 2 mm, tinggi akar 2 mm dan sudut kampuh 70°.
- 7) Pengelasan dilakukan *Welder* yang telah bersertifikat BNSP.
- 8) Bentuk spesimen mengacu pada standar ASTM E-8 (*subsize*) untuk pengujian tarik.(ASTM E8, 2010)



Gambar 3. Spesimen ASTM E-8M



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

C. Analisis Data

Setelah data diperoleh selanjutnya adalah menganalisa data dengan cara mengolah data yang sudah terkumpul. Data dari hasil pengujian dimasukkan kedalam persamaan-persamaan yang ada sehingga diperoleh data yang bersifat kuantitatif, yaitu data yang berupa angka-angka. Teknik analisa data hasil dari uji kekerasan dan uji tarik SMAW dengan variasi elektroda E6013, E7016 dan E7018.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Uji Komposisi Meterial

Hasil pengujian komposisi kimia material pada penelitian ini dimasukkan dalam Tabel 2. sebagai berikut:

Tabel 2. Komposisi Kimia Material dalam % berat

Karbon (C)	Silicon (Si)	Mangan (Mn)	Sulfur (S)	Fosfor (P)	Besi (Fe)
0,0920	0,0122	0,4003	<0,0020	<0,0020	Balance

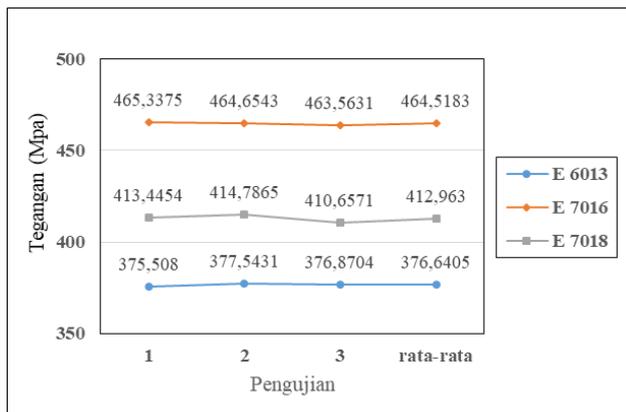
Menurut buku (Materials, 2004), baja paduan rendah adalah sekelompok baja paduan yang mempunyai kadar karbon sama dengan baja lunak, tetapi ditambah dengan sedikit unsur-unsur paduan. Hasil pengujian komposisi kimia material diatas menunjukkan kadar karbonnya adalah 0,092%, dan terdapat unsur-unsur paduan dengan % berat yang rendah, maka baja ini diklasifikasikan menjadi baja paduan rendah (*low alloy steel*).

b. Uji kekuatan Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material baja paduan rendah sebagai material uji dalam penelitian ini. Hasil pengujian tarik pada umumnya adalah parameter kekuatan (kekuatan tarik dan kekuatan luluh), parameter keliatan atau keuletan yang ditunjukkan dengan adanya persentase perpanjangan dan persentase kontraksi atau reduksi penampang. Pengujian dengan menggunakan mesin servopulser pada skala beban 10 ton dan suhu kamar. Spesimen pengujian terdiri dari pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik baja paduan rendah hasil pengelasan SMAW dengan elektroda E7018 dan kekuatan tarik daerah las baja paduan rendah. Data-data hasil pengujian tarik pada kelompok raw materials dan kelompok Jenis Elektroda pengelasan yang sudah diperoleh kemudian dimasukkan kedalam persamaan yang ada. Data-data tersebut selanjutnya dapat dilihat dari Tabel 4-2

Table 3. Hasil pengujian Tarik secara eksperimental

Besaran Arus	Jenis Elektroda	Hasil Uji Tarik (MPa)			Rata-rata
		1	2	3	
100 A	E 6013	375,5089	377,5431	376,8704	376,6408
100 A	E 7016	465,3375	464,6543	463,5631	464,5183
100 A	E 7018	413,4454	414,7865	410,6571	412,9630

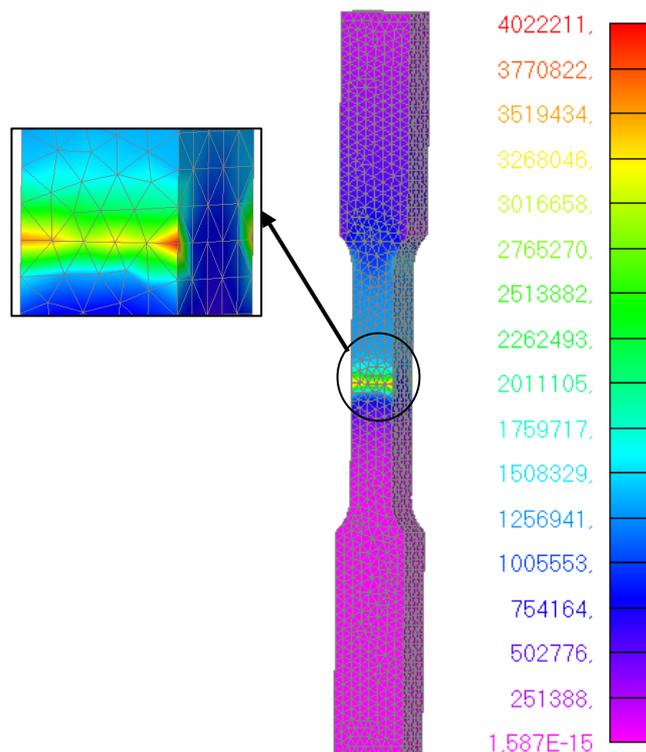


Gambar 5. Grafik Hasil Tegangan Tarik

Hasil kekuatan tarik pada pengelasan SMAW pada baja karbon rendah dengan menggunakan elektroda E 6013 sebesar 376,6405 MPa, pada E 7016 nilai kekuatan tarik sebesar 464,5183 MPa, Pada Elektroda E 7018 nilai kekuatan tarik sebesar 412,9630 MPa. Dari ketiga hasil kekuatan tarik pada ketiga jenis elektroda tersebut yang tertinggi adalah 464,5183 MPa. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kekuatan tarik pada jenis elektroda E 7016 lebih tinggi dibandingkan dengan hasil kekuatan tarik jenis elektroda E 6013 dan E 7018. Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektroda las E 6013 memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah karena komposisi C, Mn dan Cr lebih rendah dibandingkan dengan E 7016 dan 7018 (Veranika et al., 2019). Penelitian ini membuktikan bahwa peningkatan Mn, C atau Cr secara individual dapat meningkatkan nilai kekuatan tarik pada pengelasan, dan sesuai dengan hasil yang didapatkan pada uji komparatif antara elektroda E 6013 dengan E 7018 dimana kekuatan tertinggi didapatkan pada jenis elektroda E 7018 yaitu sebesar 488 MPa (Srinivasan et al., 2018).

c. Simulasi Numerik Menggunakan Metode Elemen Hingga

Hasil analisis dari metode elemen hingga merupakan visualisasi berupa kontur warna yang menunjukkan nilai pembebanan yang diterima oleh spesimen uji tarik. Analisis dilakukan dalam keadaan statik dengan memberikan beban (F). Dalam analisis ini dapat dilihat kondisi sesudah dilakukan pemberian beban sttik. Hasil analisis yang didapat berupa distribusi tegangan, regangan dan deformasi



Gambar 6. Solid Von Mises Stress

Hasil yang diperoleh dari simulasi dapat ditampilkan dalam bentuk tegangan pada permukaan spesimen, seperti terlihat pada gambar 6. Hasil *von mises stress* maksimum ditunjukkan dengan warna merah yaitu sebesar 402,2211 MPa yang lokasi dibagian tengah spesimen. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan (Veranika et al., 2019) dan (Iqbal Tanjung, et al, 2022) dimana tegangan tertinggi terjadi pada area tengah pada spesimen uji tarik tersebut atau berada diluar area pengelasan, dan hasil simulasi ini sangat mendekati dari hasil dari uji tarik yang dilakukan dengan eksperimen.

V. KESIMPULAN

Dari hasil dan analisa perhitungan di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Pada pengujian komposisi kimia pada material yang akan dilakukan pengujian menyimpulkan bahwa material tersebut memiliki persentasi karbon 0,09 atau dengan kata lain dibawah 0,3 %, maka material tersebut dikategorikan baja karbon rendah.
- 2) Berdasarkan hasil eksperimen uji tarik yang telah dilakukan dengan menggunakan mesin *tensille test* dengan spesimen baja karbon rendah memiliki hasil eksperimen dengan nilai tegangan tertinggi sebesar 464,5183

MPa dari jenis elektroda E 7016 sementara tegangan terendah terjadi pada jenis elektroda E 6013 yaitu sebesar 376,6405 MPa dan E 7018 sebesar 412,9630 MPa.

- 3) Berdasarkan hasil simulasi distribusi tegangan kuat tarik dengan metode elemen hingga yang telah dilakukan dengan spesimen baja karbon rendah memiliki hasil sebesar 402,2211 MPa. Hasil ini sesuai atau tidak berbeda jauh dengan nilai uji tarik yang didapatkan dari eksperimen yang telah dilakukan pada elektroda E 7018 yaitu dengan nilai tegangan 412,9630 MPa.

REFERENSI

- Alharbi, M., Kong, I., & Patel, V. I. (2020). Simulation of uniaxial stress–strain response of 3D-printed polylactic acid by nonlinear finite element analysis. *Applied Adhesion Science*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40563-020-00128-1>
- ASTM E8. (2010). ASTM E8/E8M standard test methods for tension testing of metallic materials 1. *Annual Book of ASTM Standards 4, C*, 1–27. <https://doi.org/10.1520/E0008>
- Azwinur, Syukran, H. (2018). Kaji Sifat Mekanik Sambungan Las Butt Weld Dan. *Jurnal Sintek*, 12(1), 9–16. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/sintek/article/view/2601>
- Bogrekci, I., Demircioglu, P., Sucuoglu, S., Altun, E., Sakar, B., & Durakbasa, N. (2020). Topology Optimization of a Tensile Test Specimen. *January*, 099–112. <https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2020.08>
- Budiarto, Turnip, K., & Hantariksa. (2018). The effect of current gouging arc welding analysis of A283 Gr C steel to the tensile strength, hardness and microstructure. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 420(1), 0–8. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/420/1/012055>
- Harahap, J., Husaini, Putra, T. E., & Schramm, D. (2021). *Stress Analysis on an Automotive Coil Spring Driven on Flat , Uphill , and Downhill Road Surfaces*. 892, 124–128.
- Hidayat, M., Febnesia, H., & Ramdani, S. (2021). Effect of DCRP and DCSP Polarity on SMAW Welding on the Depth of Penetration with E7018 Electrodes using Low Carbon Steel ASTM A36. *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology*, 5(1), 36–46. <https://doi.org/10.17977/um016v5i12021p037>
- Husaini, Putra, T. E., & Rizky, M. R. (2020). Prediction of the Fatigue Life of the AISI 1513 Carbon Steel Lower Arm Based on Strain-Life Approach. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 811(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/811/1/012046>
- Iqbal Tanjung, Affandi, A. R. N. (2022). Analisis Numerik Kekuatan Tarik Plat Baja Karbon Rendah Yang Disambung Dengan Pengelasan Menggunakan Software Solidworks. *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal | Vol.7 No.1/2022*, 7(1), 6–11.
- Juniarianto, F., & Dwisetiono. (2021). Perbandingan jenis elektroda E7016 dan E7018 terhadap sifat mekanik hasil pengelasan SMAW. *Hexagon Jurnal Teknik Dan Sains*, 2(2), 7–10.
- Materials, T. (2004). ASM Handbook, Volume 9, Metallography and Microstructures. *Technology*, 9, 3470. <http://books.google.com.hk/books?id=eC-Zt1J4oCgC>
- Mohd-Lair, N. A., Yuyut, Y., Ahmad, Z., & Tahir, A. M. (2021). SMAW: The Effects of Currents and Welding Rod Diameters on Welded Joint Ultimate Tensile Strength Using the Full Factorial DOE. *Journal of Physics: Conference Series*, 2129(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2129/1/012071>
- Nassar, A., Lefta, R., & Abdulsada, M. (2018). Experimental Study of the Effect of Welding Electrode Types on Tensile Properties of Low Carbon Steel Aisi1010. *Kufa Journal of Engineering*, 09(4), 163–173. <https://doi.org/10.30572/2018/kje/090411>
- Rahangmetan, K. A., Wullur, C. W., & Sariman, F. (2020). Effect Variations and Types of Smaw Welding Electrodes on A36 Steel to Tensile Test. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/3/032052>
- Saheb, S. H., & Chandrashekhar, A. (2019). Experimental study on influence of filler rods in gas Tungsten Arc welding. *AIP Conference Proceedings*, 2166(October). <https://doi.org/10.1063/1.5131594>
- Salahudin, X., Ihza, Y., Pramono, C., & Widodo, S. (2021). Analisis Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah Hasil Pengelasan Smaw Dengan Variasi Bentuk Kampuh Las. *Journal of Mechanical Engineering*, 5(1), 8–14. <https://doi.org/10.31002/jom.v5i1.3941>
- Society, A. W. (2546). *AWS A5.1/A5.1M:2012 An*

American National Standart.

- Srinivasan, S., Raman Lakshmi pathi, A., & Raman, A. L. (2018). Experimentation and Comparative Study of E6013 and E7018 Weldments Using Shielded Metal Arc Welding. *Article in Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part G Journal of Aerospace Engineering, September*.
www.tjprc.org
- Suryono, E., Teguh Baroto, B., Setiawan, P., Studi, P., Mesin, T., Teknologi, S. T., & Surakarta, W. (2020). Analisa Uji Tarik Las Smaw Terhadap Sambungan Square Butt Joint Dengan Variasi Ketebalan Plat St 37. *Teknika*, 6(3), 117–124.
- Veranika, R. M., Fauzie, M. A., Ali, H., & Solihin, M. (2019). Studi Pengaruh Variasi Elektroda E 6013 Dan E 7018 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Bahan Baja Karbon Rendah. *Desiminasi Teknologi*, 7(2), 116–122.