

ANALISIS SAMBUNGAN LAS TERHADAP MATERIAL BAJA HSLA PADA KOMPONEN SASIS MONOKOK MOBIL

M.Chusnul Azhari¹, Dadan Budiman¹
Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala

ABSTRAK

Di industri otomotif proses perbaikan sasis mobil bengkok akibat benturan memiliki beberapa keuntungan selain biaya yang relatif murah juga waktu pengerjaan yang lebih cepat. Hal yang tidak bisa dihindari dalam proses perbaikan sasis yaitu adanya proses sambungan las. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sejauh mana dampak dari proses sambungan las, mengetahui nilai kekuatan sambungan las yang dianjurkan guna meningkatkan kelayak-jalanan dan kelayak-tabrakan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji tarik menggunakan mesin Zwick Roell kapasitas 20T, bahan yang digunakan pada sasis diketahui baja paduan rendah berkekuatan tinggi (High Strength Low Alloy Steel/HSLA) ASTM A695 Grade 80 yang memiliki sifat mampu las yang baik. Proses las menggunakan metode Gas Metal Arc Welding (GMAW) atau Metal Inert Gas (MIG). Pengelasan dilakukan dengan memvariasikan kuat arus. Pada sampel 1 ampere yang digunakan adalah 110 A didapat hasil uji beban maksimum 2290.1 Kgf, Tegangan luluh 560.4 Mpa, Tegangan Tarik 630.5 Mpa dan elongasi 2.10 %. Pada sampel 2 kuat arus yang dipakai 135 A didapat hasil uji beban maksimum 2286.7 Kgf, Tegangan luluh 491.1 Mpa, Tegangan Tarik 629.8 Mpa, dan elongasi 20.15 %.

Kata Kunci: Analisis, Sambungan Las, Sasis Monokok

ABSTRACT

In the automotive industry, the process of repairing a car chassis bent due to impact has several advantages in addition to the relatively low cost as well as faster processing time. The thing that cannot be avoided in the monocoque chassis repair process is the welding connection process. This study purposed to analyze the extent of impact in welded joint process, knowing the recommended strength value of welded joints to increase roadworthiness and crashworthiness. The method used in this study was a tensile test using a Zwick Roell machine with a capacity of 20T, the material used in the chassis is known to be high strength low alloy steel (HSLA) ASTM A695 Grade 80 which has good weldability. The welding process uses the Gas Metal Arc Welding (GMAW) or Metal Inert Gas (MIG) welding method. Welding is carried out by varying the current strength. In the 1 ampere sample used was 110 A obtained maximum load test results of 2290.1 Kgf, yield stress 560.4 Mpa, tensile stress 630.5 Mpa and elongation 2.10% . In the sample of 2 strong currents used 135 A, the maximum load test results were obtained 2286.7 Kgf, yield stress 491.1 Mpa, tensile stress 629.8 Mpa, and elongation 20.15%

Keywords: Analysis, Welding Connection, Chassis Monocoque

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecelakaan mobil sampai merusak ke bagian sasis, sudah pasti kondisinya parah. Biaya perbaikan yang harus ditanggung pemilik pun dipastikan cukup besar minimal jika menggunakan sasis itu lagi harus diperbaiki. Bisa juga diganti dengan yang baru dengan harga jauh lebih mahal. Kalau dari perspektif road safety, membeli kendaraan yang pernah tabrakan sangat tidak disarankan,” buka Adrianto Sugiarto Wiyono, Dosen Transportasi Politeknik APP Jakarta yang juga Senior Instructor Indonesia Defensive Driving Centre (IDDC) kepada GridOto.com (10/6). Setiap mobil harus memenuhi aspek roadworthiness alias kelayak-jalanan dan crashworthiness alias kelayak-tabrakan. Mungkin saja kendaraan yang pernah mengalami tabrakan tersebut masih dapat berjalan dengan baik, namun yang menjadi masalah adalah struktur kendaraan tersebut sudah berubah. “Jika terjadi tabrakan di titik yang sama, maka sudah pasti kendaraan tersebut tidak akan dapat melindungi penumpang di dalamnya,” terang Adrianto. Hal ini mengingat mobil baru saja diharuskan untuk menjalankan pengujian yang ketat dan panjang sampai bisa dipasarkan.

Hal yang tidak bisa dihindari dalam proses perbaikan sasis mobil bengkok atau patah yaitu adanya proses sambungan las. Berdasarkan uraian permasalahan sebelumnya, dirasa perlu untuk menganalisa sejauh mana dampak dari proses sambungan las, mengetahui nilai kekuatan sambungan las yang di anjurkan agar mobil memenuhi aspek layak jalan dan layak tabrakan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang masalah penelitian diatas, maka penulis merumuskan : Bagaimana menganalisa sambungan las terhadap material baja HSLA (High Strength Low-Alloy) atau baja paduan rendah berkekuatan tinggi pada komponen sasis monokok yang diperbaiki untuk meningkatkan kelayak jalanan dan kelayak tabrakan.

1.3 Identifikasi Masalah

Merujuk kepada perumusan masalah di atas, penelitian ini akan mengidentifikasi sejauh mana dampak perbaikan sasis dengan cara di las, bagaimana pengaruhnya terhadap kekuatan sasis saat menerima beban dan benturan. Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini penulis memfokuskan pada beberapa hal yaitu :

- a) Jenis sasis mobil yang diteliti adalah sasis monokok dengan tebal plat 1.8 mm
- b) Bahan yang digunakan jenis lembaran plat baja HSLA ASTM A656 grade 80
- c) Metode sambungan las menggunakan jenis las GMAW (Gas Metal Arc Welding)
- d) Variasi pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampere (A) yang digunakan untuk sambungan las , yaitu 110 A dan 135 A
- e) Metode pengujian sambungan las secara destruktif yaitu uji tarik (tensile test) mengikuti standar AWS D1.1/D1.1M : 2020, Structural Welding Code-Steel

1.4 Tinjauan Pustaka

Las Elektroda Terumpan

Jenis las ini dikenal dengan sebutan las MIG ((Metal Inert Gas) atau las GMAW (Gas Metal Arc Welding). Las MIG menggunakan dua macam gas pelindung yaitu gas mulia dan gas CO₂ dan pada umumnya gas pelindung yang digunakan berupa campuran dari gas Ar dan gas CO₂. Kelompok jenis elektroda terumpan ini juga dibagi lagi dalam dua jenis berdasarkan kawat elektrodanya, yaitu jenis kawat elektroda pejal dan jenis kawat elektroda dengan inti fluks.

Pada elektroda terumpan, elektroda yang digunakan saat pengelasan berupa kawat las berfungsi sebagai pencipta busur nyala dan juga sebagai logam pengisi. Besar kecilnya ukuran elektroda tergantung pada bahan yang digunakan dan ukuran tebal bahan. Pada AWS A5.18 (2005) dijelaskan klasifikasi elektroda ER70S-6 seperti yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

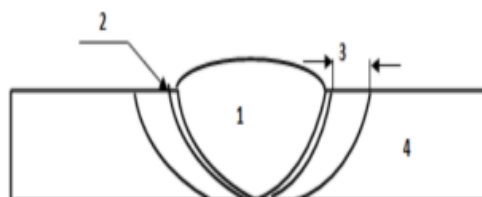
- ER : Elektroda / Rod
- 70 : kuat tarik minimum 70.000 psi
- S : Solid
- 6 : Komposisi, High Silicon

Siklus Termal Daerah Las

Hasil pengelasan dapat mengalami kerusakan dan menyebabkan kualitas dari pengelasan buruk salah satunya sambungan yang kurang menyatu sehingga dapat mengakibatkan sambungan lepas atau keretakan. Keretakan-keretakan ini biasa terjadi di daerah HAZ (*Heat Affected Zone*). Daerah lasan terdiri dari tiga bagian :

- Logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair kemudian membeku.

- *Fusion Line*, garis penggabungan atau garis batas cair antara logam las dan logam induk
- Daerah pengaruh panas disebut HAZ, adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las selama pengelasan mengalami pemanasan dan pendinginan yang cepat. Pembagian daerah lasan dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Siklus termal lasan

Sumber : Wiryosumarto, H., 2020, *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta. Pradnya Paramita

Kekuatan Sambungan Las

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan statis pada sambungan las. Dalam sambungan las sifat tarik sangat dipengaruhi oleh sifat dari logam induk, sifat daerah HAZ, sifat logam las. Sifat tarik dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan : } \sigma = \frac{F}{A_0} \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Regangan : } \varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100 \%$$

$$\text{Reduksi penampang: (RA) = } \frac{A_0 - A_F}{A_0} \times 100 \%$$

Dengan :

F = beban (kg)

A₀ = Luas mula dari penampang batang uji

A_f = Luas penampang akhir

L₀ = Panjang mula dari batang uji

L = Panjang batang uji yang di bebani

Baja ASTM A656

ASTM A656 termasuk kedalam jenis baja HSLA. ASTM A656 merupakan spesifikasi standar untuk baja pengerolan panas yang masih termasuk ke dalam jenis baja struktural (*hot rolled structural steel*). Penggunaan baja ini sangat dimanfaatkan untuk kerangka truk, kendaraan rel, konstruksi *crane* dan jembatan, dan lain sebagainya. (ASTM International, 2010)

Tabel 2. 1 Komposisi kimia baja HSLA ASTM A656 grade 80

Unsur	Komposisi % Type 7
Carbon Max	0.18
Manganese Max	1.65
Phosphorus Max	0.025
Sulfur Max	0.035
Silicon, Max	0.60
Vanadium	0.15 ^A
Nitrogen	0.020
Columbium	0.10 Max ^A

(Sumber :ASTM International 2010)

Keterangan, xA pada komposisi columbium dan vanadium harus sesuai dengan salah satu kondisi sebagai berikut:

1. columbium 0.008-0.10 % dengan vanadium <0.008 %;
2. columbium <0.008 % dengan vanadium 0.008-0.15 %;
3. columbium 0.008-0.10 % dengan vanadium 0.008-0.15 % dan columbium + vanadium tidak melebihi

0.20 %.

ASTM A656 memiliki sifat mampu las yang tinggi, terlihat pada Carbon Equivalent Value (CEV). CEV yang rendah memiliki sifat mampu las yang lebih baik daripada baja dengan CEV yang tinggi. Nilai CEV maksimum dapat ditentukan dengan rumusan di bawah ini (Tenaris, 2019).

Tabel 2. 2 CEV maksimum ASTM A656 (wt%).

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Grade	ASTM A656
CEV	0.45

(Sumber: B2Bmetal.eu, 2018)

Bahan benda uji tarik yang digunakan harus memenuhi syarat minimum yang diijinkan tercantum dalam Tabel 2.3

Tabel 2. 3 Persyaratan Uji Tarik Baja HSLA ASTM A656 Gr 80

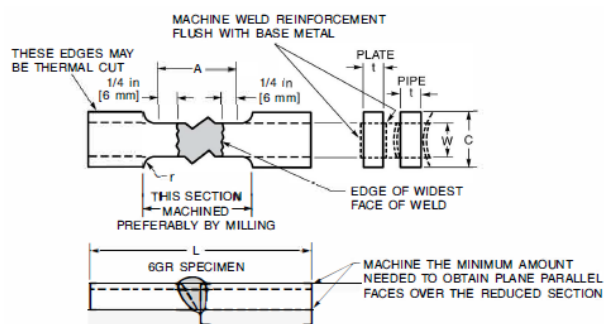
Mechanical Properties	Metric
Tensile Strength, Ultimate	620 Mpa
Tensile Strength, Yield	550 Mpa
Elongation at Break	Min 12 %
Tickness	0.1 mm – 25 mm

(Sumber: ASTM International 2010)

Tesile Test

Cara umum untuk mengetahui sifat mekanik dari material adalah dengan melakukan pengujian tarik, menggunakan bentuk spesimen seperti tulang (lihat Gambar 2.12) dengan

ukuran sesuai standar (ASTM, JIS, BS, dan lain-lain). Spesimen kemudian dipasang dalam mesin uji tarik dan diberi beban statik yang meningkat secara perlahan sampai spesimen akhirnya patah



Gambar 2. 2 Standar dimensi spesimen uji tarik untuk benda berbentuk pelat, berdasarkan AWS (American Welding Society) D.1.1

Sasis Monokok

Sasis monokok merupakan pengembangan lebih lanjut dalam dunia otomotif. Monokok memiliki karakteristik sasis yang menyatu dengan body Sehingga sering kali disebut dengan istilah *unibody*. Hampir semua mobil modern mengaplikasikan sasis monokok untuk menciptakan kenyamanan dan *handling* berkendara yang lebih baik.

Yang Menjadi keunggulan sasis model ini adalah bobot lebih ringan, tingkat kekakuan atau rigiditas lebih baik, sehingga meningkatkan karakter *handling* dan menyumbang kenyamanan dalam berkendara. Pada umumnya di sektor keamanan sasis monokok sudah terintegrasi dengan konstruksi *crumple zone*, yang bertujuan untuk menyerap energi benturan ketika terjadi kecelakaan.

Selain kelebihan, sasis monokok juga

punya beberapa kelemahan. Antara lain konstruksi yang lebih rumit, membuat ongkos produksi semakin tinggi serta *ground clearance* yang lebih rendah rendah sehingga kurang cocok untuk diaplikasi untuk kendaraan *off-road*. Tak hanya itu, kemampuannya untuk menopang bobot berat juga tak sebaik sasis ladder frame. Maka dari itu, model yang umum menggunakan monokok adalah jenis sedan, *hatchback*, MPV (*Multi Purpose Vehicle*), *crossover* hingga *sportscar*.



Gambar 2. 3 Chasis Monokok Jenis MPV

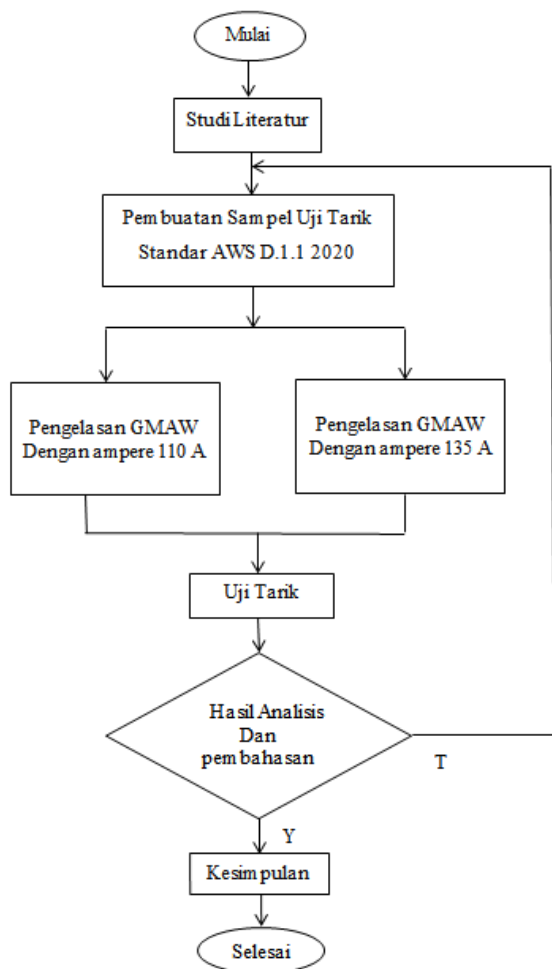
2. METODE PENELITIAN

Untuk mendapatkan tingkat kebenaran dari isi dan tujuan penelitian , maka penelitian ini menggunakan jenis penelitian metode kausal komparatif , Penelitian kausal komparatif adalah penelitian yang dilakukan untuk membandingkan suatu variabel (objek penelitian), antara subjek yang berbeda atau waktu yang berbeda dan menemukan hubungan sebab-akibatnya. Adapun ciri ciri dari penelitian ini diantaranya :

- Praktis dan langsung , relevan untuk situasi aktual dalam dunia kerja dan lapangan
- Fleksibel dan adaptif, membolehkan perubahan-perubahan selama masa

penelitian dan mengorbankan kontrol untuk kepentingan *on the spot experimentaton and innovative*

pengerjaan tugas akhir ini terdiri dari tahap persiapan, pelaksanaan, pemotongan dan pengujian.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Langkah Penelitian

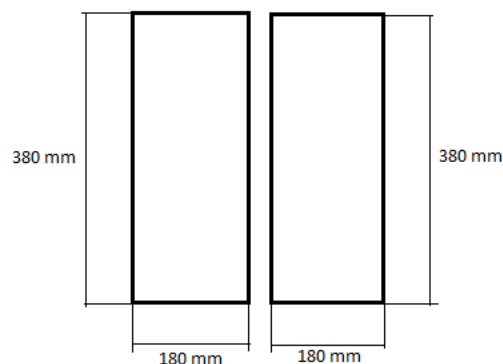
Pertama sekali dilakukan studi literatur dan studi lapangan untuk melihat keterkinian dari topik penelitian ini. Dalam studi pustaka ini dilakukan pendalaman akan materi dari isi penelitian ini, dan untuk validasi keterkinian dari studi pustaka ini dilakukan studi lapangan pada industri baja. Hal ini diharapkan akan memberikan dasar dan landasan teori bagi peneliti untuk memahami mengenai pengujian tarik. Percobaan pada

3.2 Tahap Persiapan

Pada tahap ini dibahas bagaimana mempersiapkan bahan material sebagai spesimen las untuk uji tarik sesuai standar AWS D.1.1 2020 seperti gambar 4.1.

Persiapan Material

- Menyiapkan 2 lebar baja HSLA ASTM A656 grade 80 dengan ukuran masing masing panjang 380 mm , lebar 180 mm, dan tebal 1.8 mm



Gambar 4. 1 Ukuran plat yang akan di las

- Material dipotong menjadi 2 bagian dan di *debburing* (penghalusan) kedua ujung yang tajam menggunakan gerinda, Pastikan kedua plat rata agar mempermudah proses pengelasan

Persiapan Pengelasan

- Melakukan koordinasi dengan pihak *welder* untuk terkait teknis pengelasan sesuai WPS (*Welding Procedure Specification*) yang telah di buat (WPS terlampir).
- Menyiapkan mesin las GMAW dan alat pelindung diri seperti google, apron , sarung tangan, sepatu safety , masker
- Membersihkan permukaan plat dari

karat dan kotoran menggunakan kain lap dan sikat kawat.

3.3 Tahap Pelaksanaan

Proses Pengelasan

- Hubungkan mesin dengan sumber listrik dan nyalakan mesin las, atur kecepatan *feeder* sesuai dengan arus dan tegangan yang digunakan.
- Menentukan elektroda yang digunakan. Berdasarkan komposisi kimia material ASTM A656 dapat kita tentukan spesifikasi elektroda yang dipilih sesuai standar AWS A5.18 2005 adalah AWS ER70S-6 diameter kawat 0.8 mm bias di lihat pada Tabel 4.1

Specimen ID	Ampere (I)	Voltase (E)	Wire Speed (mm/s)	Spesifikasi Elektroda
T1	110	380	4	AWS ER70S-6
T2	135	380	4	AWS ER70S-6

Tabel 4. 1Heat Input Pengelasan

- Dalam penelitian ini, variabel yang akan bervariasi adalah nilai arus untuk sampel pertama menggunakan 110 ampere dan kedua 135 ampere, tegangan yang digunakan 380 volt.
- Gunakan alat pelindung diri untuk proses pengelasan ,setelah itu lakukan las catat pada kedua ujung benda kerja, pastikan kedudukan kedua pelat tidak berubah(tegak lurus) terhadap bidang kerja
- Cekam benda kerja dengan menggunakan alat bantu yang ada di meja kerja kemudian lakukan penguncian agar benda kerja tidak bergeser
- Melakukan pengelasan dengan posisi las datar 1G (*down hand*) atur sudut kemiringan sebesar 45°



Gambar 4. 2 Proses Pengelasan GMAW

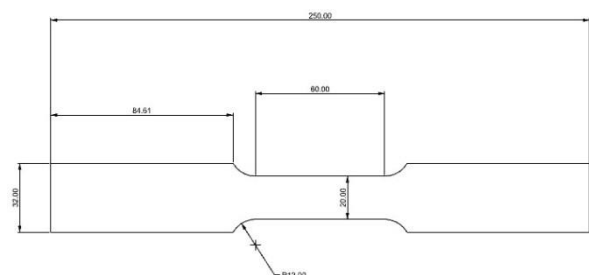
- Melakukan Pembersihan pada permukaan las dari terak yang dihasilkan proses pengelasan.



Gambar 4. 3 Kampuh yang sudah di las

Pembuatan Spesimen Uji

- Setelah dilakukan inspeksi hasil pengelasan secara visual selanjutnya membuat sketsa gambar kerja sesuai dengan standar AWS D.1.1 2020

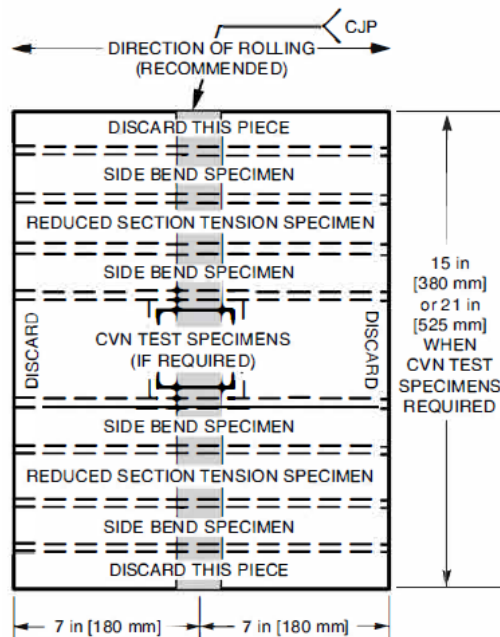


Gambar 4. 4 Gambar kerja spesimen uji

- Sketsa gambar kerja terhubung dengan mesin pemotong Hans Laser

G6020HF yang beroperasi secara otomatis sesuai dimensi yang telah dibuat di perangkat lunak

- Lakukan pengambilan *testpiece* sesuai dengan segmen yang dibutuhkan untuk pengujian tarik, lihat Gambar 4.6



Gambar 4. 5 Location of Test Specimens on Welded Test Plate AWS D.1.1 2020

- Proses pengambilan spesimen uji tarik menggunakan mesin laser, kelebihan metode ini diantaranya tingkat presisi lebih tinggi, tidak ada tepi yang aus dan terkontaminasi oleh *workpiece* lain, memiliki zona kecil terkena panas.



Gambar 4. 6 Spesimen uji tarik

- Lakukan pembersihan pada *weld face* menggunakan gerinda, pastikan tidak

ada cacat las yang akan mengurangi kekuatan sambungan las

- Ukur dimensi akhir spesimen uji sebelum dilakukan pengujian tarik menggunakan *vernier caliper* (jangka sorong) dimana hasil pengukuran sebagaimana tertera pada Tabel 4.2

Tabel 2. 4 Hasil Pengukuran awal

Specimen ID	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	Luas Penampang mm ²
T1	19.92	1.788	50	35,62
T2	19.98	1.782	50	35,60

3.4 Tahap Pengujian

Tensile test merupakan uji coba yang dilakukan dengan memberikan beban gaya ke arah yang berlawanan untuk menguji kekuatan suatu material (Mulyadi, 2016), tes ini merupakan uji kerusakan yang bertujuan untuk menguji untuk mengukur kekuatan akhir sambungan las (Mulyadi & Iswanto, 2020).

Di dalam pengujian dan pemeriksaan terdapat bermacam-macam standar dengan spesifikasi yang berbeda-beda. Berhubung dengan hal ini maka sebelum pengujian dan pemeriksaan dilakukan harus ditentukan lebih dahulu standar apa yang akan diikuti termasuk tahun penerbitannya. Pada penelitian ini standar yang dipilih adalah AWS D1.1/D1.1M : 2020.

Proses Pengujian

Pengujian ini menggunakan mesin uji tarik Zwick Roell kapasitas 20T bisa di lihat pada gambar 2.16. langkah kerja nya sebagai berikut :

- Alat dan spesimen uji dipersiapkan terlebih dahulu.
- Lakukan Pengukuran panjang awal, ketebalan awal, dan luas penampang awal menggunakan *vernier caliper*

- Spesimen uji diletakkan pada mesin uji tarik, pastikan spesimen uji terjepit di penjepit dengan kokoh lihat Gambar 4.7



Gambar 4. 7 Proses Penjepitan

- Pengujian tarik dilakukan dengan diberi pembebanan bertahap hingga spesimen uji putus
- Dilakukan pengumpulan dan pengolahan data sementara yang diperlukan
- Dilakukan analisa dan pembahasan pada data yang didapat seperti kekuatan tarik, kekuatan luluh, beban maksimal, dan elongasi
- Diambil kesimpulan dari pangujian yang telah dilakukan

3.5 Hasil Pengujian

Tabel 4. 2 Data Setelah Penarikan

Specimen ID	Beban Maks kgf	Tegangan Luluh kg/mm ² (Mpa)	Kuat Tarik kg/mm ² (Mpa)	Elongasi (%)
T1	2290,1	57.14(560.4)	64.30 (630.5)	2,10
T2	2286,7	50.08(491.1)	64.23 (629.8)	20,15



Gambar 4. 8 Hasil Patahan Spesimen uji tarik

3.6 Pembahasan Hasil Pengujian

Pada penelitian ini dibuat 2 spesimen dengan variasi kuat arus yang berbeda, untuk spesimen 1 menggunakan 110 ampere dan spesimen 2 menggunakan 135 ampere. Berdasarkan Tabel 4.3, hasil pengujian tarik dari kedua sampel baik pada bagian *root* maupun *face* secara fisis *fracture* pada logam dasar ASTM A656. Untuk sampel 1 memiliki tegangan tarik 630.5 Mpa , beban maksimal sebesar 2290,1 kgf dan regangan 2,11 %. Untuk sampel 2 memiliki tegangan tarik 629.8 Mpa, beban maksimal 2286,7 kgf dan regangan 20,15%

Ditinjau dari Tabel 2.3 tentang sifat mekanik logam las ASTM A656, baja tersebut memiliki tegangan tarik 620 Mpa , tegangan luluh 550 Mpa dan perpanjangan 12% Hasil yang ditunjukkan pada pengujian di atas seperti tegangan tarik 629.8 – 630.5 Mpa, tegangan luluh 491.1 – 560.4 Mpa dan regangan 2,10 – 20,15% , kedua parameter tegangan tarik dan tegangan luluh sudah melampaui nilai minimum , namun elongasi pada sampel 1 masih belum memenuhi syarat dikarenakan patah pada daerah HAZ.

3.7 Analisa Hasil Patahan

Dari hasil pengamatan patahan, spesimen T1 terlihat memiliki tipe patahan yang getas (*brittle*) pada daerah HAZ yang diakibatkan oleh proses pemanasan dan pendinginan yang terlalu cepat, menjadikan area ini daerah paling kritis dari sambungan las. Retak dingin pada daerah HAZ ini terjadi di daerah martensit yang memiliki komposisi karbon yang sangat tinggi sehingga sangat kuat namun rapuh.



Gambar 4. 10 Spesimen 1 setelah uji tarik

Jika melihat patahan, spesimen mengalami pertambahan panjang (% elongasi) yang tidak terlalu besar. Terlihat pada ujung patahan nya yang tegak lurus dengan tegangan tariknya, tidak ada reduksi luas penampang patahan akibat adanya tegangan multi aksial.

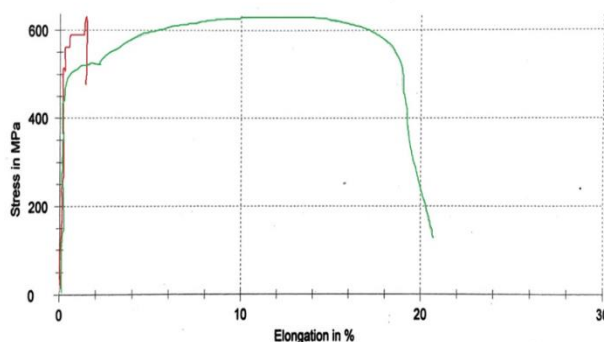
Untuk spesimen T2 memiliki tipe patahan yang ulet (*ductile*). Keuletan ini terlihat pada sampel uji dengan adanya perpatahan yang berbentuk *fibrous* (berserabut) dan telah mengalami deformasi plastis dengan % elongasi yang cukup panjang. Proses perpatahan ulet ini dapat dijelaskan secara teoritis . terutama sampel T2 dengan elongasi yang cukup tinggi yaitu dimulai dari munculnya *necking* pada material, dilanjut dengan munculnya rongga kecil dimana *capacity-capacity* ini selanjutnya membesar, menyatu dan membentuk retak.



Gambar 4. 9 Spesimen 2 setelah uji tarik
Dari 2 spesimen di atas dapat disimpulkan bahwa kondisi patahan kedua spesimen tersebut berbeda, spesimen 1 bersifat getas, dan spesimen 2 bersifat ulet ini ada hubungannya dengan penggunaan ampere yang berbeda. Penggunaan ampere pada spesimen 2 lebih tinggi dibanding spesimen 1 sehingga mempengaruhi proses terjadinya daerah HAZ.

3.8 Analisa Grafik Pengujian

Dari hasil pengamatan patahan sebelumnya disimpulkan bahwa untuk spesimen 1 memiliki karakter patah getas (*brittle*) dan untuk spesimen 2 sifatnya ulet (*ductile*), bisa dilihat pada Gambar 4.14, grafik yang dihasilkan ke 2 spesimen tersebut terlihat jelas perbedaannya dari persentase elongasi yang cukup jauh.



Gambar 4. 11 Kurva Tegangan Regangan sampel 1 dan sampel 2

Pengujian tarik dilakukan pada *root* dan *face* dari masing-masing sampel, berdasarkan grafik kedua sampel mengalami pembebanan antara 600 - 630 Mpa. Dari grafik tegangan dan regangan dapat disimpulkan bahwa material

dengan keuletan terbaik untuk spesimen uji adalah sampel 2 dengan elongasi 20,15%

3.9 Analisa Perhitungan

- Kekuatan Statik

Dalam sambungan las, sifat tarik sangat dipengaruhi oleh sifat dari logam induk, sifat daerah HAZ, sifat logam las dan sifat-sifat dinamik dari sambungan berhubungan erat dengan geometri dan distribusi tegangan dalam sambungan. Batang uji dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit sampai batang uji patah. kemudian sifat sifat tariknya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

Spesimen 1 :

- Menghitung Tegangan Tarik (σ_t)

Dengan :

$$F = \text{Gaya yang diterima} \\ = 2290,1 \text{ kgf}$$

$$A_0 = \text{Luas mula dari penampang batang uji} \\ = 35,62 \text{ mm}^2$$

Maka Tegangan Tarik adalah :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \\ = \frac{2290,1 \text{ Kg}}{35,62 \text{ mm}^2} \\ = 64,29 \text{ kg/mm}^2$$

- Menghitung Regangan (ε)

Dengan :

$$L_0 = \text{Panjang mula dari batang uji} \\ = 50 \text{ mm}$$

$$L = \text{Panjang batang uji yang di bebani} \\ = 51 \text{ mm}$$

Maka Regangan (ε) adalah :

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100 \% \\ = \frac{51\text{mm} - 50\text{mm}}{50\text{mm}} \times 100 \%$$

$$= 2 \%$$

- Menghitung Reduksi penampang (R_A)
Dengan :

$$A_0 = 35.62 \text{ mm}^2$$

$$A_f = 34.90 \text{ mm}^2$$

Maka Reduksi Penampang (R_A) :

$$(R_A) = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100 \% \\ = \frac{35.62 - 34.90}{35.62} \times 100\% \\ = 2.02 \%$$

- Menghitung Tegangan sisa yang terjadi (σ)

Dengan :

$$l = \text{Panjang sebelum dipotong} \\ = 50 \text{ mm}$$

$$\Delta l = \text{Perubahan panjang sebelum dan sesudah dipotong} \\ = 1 \text{ mm}$$

Untuk mencari tegangan sisa maka dicari dulu modulus elastisitas (E) :

$$E = \frac{\text{tegangan}(\sigma)}{\text{regangan}(\varepsilon)} \\ = \frac{64,29 \text{ kg/mm}^2}{0.02 \text{ mm}} \\ = 3.214.5 \text{ kg/mm}^2$$

Maka tegangan sisa yang terjadi (σ) :

$$\sigma = E \frac{\Delta l}{l} \\ = 3.214.5 \times \frac{1}{50} \\ = 64.29 \text{ kg/mm}^2$$

Spesimen 2 :

Menghitung Tegangan Tarik (σ_t)

Dengan :

$$F = 2286.1 \text{ kg}$$

$$A_0 = 35,60 \text{ mm}^2$$

Maka Tegangan Tarik adalah :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \\ = \frac{2286,1 \text{ Kg}}{35,60 \text{ mm}^2} \\ = 64,22 \text{ kg/mm}^2$$

Menghitung Regangan (ε)

Dengan :

$$L_0 = 50 \text{ mm}$$

$$L = 60 \text{ mm}$$

Maka Regangan (ε) adalah :

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{L-L_0}{L_0} \times 100 \% \\ &= \frac{60-50}{50} \times 100 \% \\ &= 20 \%\end{aligned}$$

Menghitung Reduksi penampang (R_A)

Dengan :

$$A_0 = 35.60 \text{ mm}^2$$

$$A_f = 28.48 \text{ mm}^2$$

Maka Reduksi Penampang (R_A) :

$$\begin{aligned}(R_A) &= \frac{A_0-A_f}{A_0} \times 100 \% \\ &= \frac{35.60-28.48}{35.60} \times 100\% \\ &= 20 \%\end{aligned}$$

Menghitung Tegangan sisa yang terjadi (σ)

Dengan:

$$l = 50 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 10 \text{ mm}$$

Untuk mencari tegangan sisa maka dicari dulu modulus elastisitas (E) :

$$\begin{aligned}E &= \frac{\text{tegangan}(\sigma)}{\text{regangan}(\varepsilon)} \\ &= \frac{64,22 \text{ kg/mm}^2}{0.2 \text{ mm}} \\ &= 321.1 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

Maka tegangan sisa yang terjadi (σ) :

$$\begin{aligned}\sigma &= E \frac{\Delta l}{l} \\ &= 321.1 \times \frac{10}{50} \\ &= 64.22 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan seluruh proses hasil penelitian pada pengelasan baja HSLA ASTM A659 Grade 80 menggunakan metode sambungan las GMAW yang kemudian dianalisa sifat mekanik dari kedua sampel dapat ditarik kesimpulan antara lain :

- Dari hasil Pengujian sifat mekanik, spesimen 1 memiliki kekuatan Tarik sebesar 630.5 Mpa (64,30 kg/mm²), kekuatan luluh 560.4 Mpa (57.14 kg/mm²) dan Beban maksimum sebesar 2290.1 Kgf, spesimen 2 memiliki kekuatan Tarik sebesar 629.8 Mpa (64,23 kg/mm²), kekuatan luluh 491.1 Mpa (50.08 kg/mm²) dan Beban maksimum sebesar 2286.7 Kgf
- Spesimen 2 terjadi patah pada daerah logam induk yang disebabkan Dimensi pada spesimen 2 tidak merata dan komposisi material yang tidak homogen.
- Hasil perhitungan teoritis tidak jauh berbeda dengan hasil uji tarik baik spesimen 1 dan 2 yaitu kekuatan tarik spesimen 1 sebesar 64,29 kg/mm² dan spesimen 2 sebesar 64,22 kg/mm²

4.2 Saran

Saran yang diberikan penulis dalam penelitian ini antara lain :

- Supaya dapat hasil yang akurat maka pengujian tidak hanya terbatas pada pengujian tarik saja, perlu uji bending dan uji kekerasan
- Perlunya pengujian dengan jumlah spesimen yang lebih banyak agar mendapatkan hasil yang lebih akurat
- Sebelum melakukan pengujian baiknya dicek komposisi material untuk memastikan unsur terkandung homogen (merata)

DAFTAR PUSTAKA

AWS A5.18/A5.18M:2005 *An American National Standard Specification for Carbon Steel Electrodes And Rods For Gas Shielded Arc Welding*

AWS D1.1/D1.1M:2020 *An American National Standard Structural Welding Code-Steel*

Azhari, Chusnul, 2015, *Teknologi Pengelasan*, Bandung. STT Mandala.

Barton C.David fieldhouse D. John, 2018, *Automotive Chassis Engineering*, 1st edition. Springer

Chandra A.T. 2011. Analisis Kuat Tarik Sambungan Baja Dengan Metode Pengelasan SMAW Pada Baja High Strength Low Alloy Steels (HSLA) Dan Baja Mutu Rendah, 2011 UIB repository@2013.

Manurung, Vuko A T. 2016. *Ilmu Material Untuk Otomotif Seri Otomotif Kendaraan Ringan*, Jakarta. Politeknik Manufaktur Astra.

Mulyadi, Iswanto, 2020. *Teknologi Pengelasan*, Sidoarjo. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Supriyono, 2017, *Material Teknik*, Surakarta. MUP UMS

Tiara Sofyan, B., 2021, *Pengantar Material Teknik*, Bogor. Unhan RI Press.

William D. Callister Jr. David G. Rethwisch, 2018, *Material Science and Engineering: An Introduction.*, 10th edition. Hoboken, NJ. Wiley

Wiryosumarto, H., 2020, *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta. Pradnya Paramita.

