

**PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN AIR DAN OLI TERHADAP
KEKUATAN TARIK PADA PENGELASAN SMAW (*SHIELD METAL ARC
WELDING*) BAJA ST 37**

***EFFECT OF WATER AND OIL COOLING MEDIA VARIATIONS ON THE TENSILE
STRENGTH OF ST 37 STEEL SMAW WELDING (SHIELD METAL ARC WELDING)***

Kelvin Rahmat Syah⁽¹⁾, Nelvi Erizon⁽²⁾, Delima Yanti Sari⁽³⁾, Purwanton⁽⁴⁾
(1), (2), (3), (4) Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

kelvinrhmt@gmail.com

nelvi_erizon@yahoo.com

delimayanti@yahoo.com

purwantonomsn@gmail.com

Abstrak

Pengelasan merupakan suatu pekerjaan yang sering digunakan pada sebuah penyambungan pelat, pembangunan gedung pencakar langit, rel kereta api dan lainnya. Salah satu jenis pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Shield Metal Arc Welding* (SMAW). SMAW merupakan proses penyambungan logam dimana benda dan elektroda dilebur menggunakan energi panas. Perubahan sifat fisik dan mekanis baja karbon setelah proses pengelasan perlu adanya perlakuan pendinginan. Hal yang mempengaruhi kualitas hasil las baja karbon rendah las SMAW adalah zat pendingin. Masih banyak tukang las yang tidak memedulikan media pendingin yang digunakan, sehingga hasil las kurang maksimal. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui perbedaan hasil las SMAW dari variasi media pendingin menggunakan kekuatan uji tarik. Dalam melaksanakan penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode ini menjelaskan hubungan sebab akibat, sehingga metode eksperimen ini dianggap paling relevan untuk mengetahui bagaimana Pengaruh Variasi Media Pendingin Air dan Oli terhadap Kekuatan Tarik Pada Pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) Baja St 37. Media pendingin yang digunakan dalam penelitian yaitu air, oli SAE 40. Bahan yang digunakan baja karbon rendah St 37 yang berbentuk plat dengan ketebalan 8mm digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini. Kekuatan uji tarik bertindak sebagai uji fisik untuk mengetahui pengaruh variasi media pendingin yang digunakan. Nilai uji tarik tertinggi terdapat pada media pendingin oli SAE 40 yang rata-rata kuat tarik maksimumnya adalah 37,49 kN. Berdasarkan penelitian, logam baja yang dilas dan kemudian didinginkan dengan cepat mengubah kandungan karbonnya dan meningkatkan kualitas karbonnya.

Kata Kunci : Las SMAW, Air ,Oli, Uji Tarik, Baja St 37

Abstract

Welding a job that is often used in a plate joining, the construction of skyscrapers, railroads and others. One type of welding used in this research is Shield Metal Arc Welding (SMAW). SMAW is a metal joining process in which objects and electrodes are melted using heat energy. Changes in physical and mechanical properties of carbon steel after welding process cooling treatment. Thing that affects quality of SMAW welding low carbon steel is refrigerant. There are still welders who do not care cooling medium used, so that welding results not optimal. This research was conducted to find out differences in SMAW welding results from variations in cooling media using tensile strength test. In carrying out this research using experimental methods. This method explains a causal relationship, so that this experimental method is considered most relevant to find out how Effect of Variations in Water and Oil Cooling Media on Tensile Strength in SMAW (Shield Metal ARC Welding) Welding of St 37 Steel. Cooling media used in study water, oil SAE 40. Material used low carbon steel St 37 in form plate with a thickness of 8 mm used sample in study. Tensile strength test acts a physical test to determine effect variations in cooling media used. Highest tensile test value is found in SAE 40 oil cooling medium, which has an average maximum tensile strength of 37.49 kN. Based on research, steel metal is welded and cooled quickly changes carbon content and improves carbon quality..

Keywords : SMAW Welding, Water, Oil, Tensile Test, St 37 Steel

I. Pendahuluan

Perkembangan teknologi pada masa kini berbanding lurus dengan perkembangan di dunia industri pada bidang kontruksi yang semakin maju, perkembangan ini tidak lepas dari reparasi dan rekayasa terhadap bahan logam (Jasman & Huda, 2019) (wicaksono et al., 2021). Sehingga dapat dikatakan tidak banyak logam yang tidak dapat dilas atau disambung. Berdasarkan definisi Widharto (1996): “Salah satu cara meyatukan benda padat adalah dengan mecairkannya dengan pemnasan” (Rohman et al., 2020). Menurut Siswanto (2011), brazing (pengelasan) adalah teknik pengikatan logam dimana bagian logam dasar dan bahan pengisi, dengan atau tanpa penambahan logam dilebur dan logam tersebut diproduksi secara lanjutan. Ada dua kategori utama proses pengelasan yaitu pengelasan konduktor dan pengelasan semikonduktor (Afan et al., 2020).

Pengelasan adalah penyambungan dengan benda yang dipanaskan, dimana benda kerja yang meleleh atau mencair disambung oleh benda tambahan hingga benda yang cair tadi tersambung, lelehnya benda keja dan bahan tambah sebab panas dari busur listrik (Azwinur et al., 2017). Karena itu pemanasan ini sifat setempat bagian benda dan ujung elektroda yang berdekatan akan cair (Wiryosumarto H., Okumura T. 2000:9).

Shield Metal Arc Welding (SMAW) ini ialah poses pengikatan benda menggunakan panas melelehkan benda dan elektoda (A. Yufriзал et al., 2022). Energi panas yang dihasilkan pada proses las SMAW merupakan hasil dari loncatan ion listrik (katoda dengan anoda) terjadi ujung elektroda dan permukaan material (Saputra et al., 2014).

Media pendingin merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi kualitas hasil pada proses pengelasan baja karbon rendah dengan las SMAW. Masih banyak *welder* kurang memperhatikan media pendingin yang digunakan mengakibatkan hasil dari pengelasan tersebut tidak maksimal. Oleh karena itu media pendingin yang digunakan sangat berpengaruh pada hasil pengelasan, sehingga ketika media pendingin yang digunakan tidak tepat maka dapat merubah kekuatan tarik dan struktur material.

Pengerasan sifat logam merupakan salah satu proses pendinginan dalam pengelasan. Menurut Surdia dan Saito (1999:82), setelah hasil pengelasan dingin, kekerasan baja segera meningkat dengan kandungan karbon hingga 0,6 persen, dan kemudian gradien menurun dengan meningkatnya kandungan karbon (Surdia & Saito, 1999). Ada beberapa metode *quenching* yang biasa digunakan antara lain : *single quenching* dan *direct quencing*. *Single quenching* merupakan proses pendinginan yang biasa digunakan dalam proses karburasi. Sedangkan *direct quenching* memiliki waktu yang lebih singkat (Masoli et al., 2021). Setelah pendinginan secara cepat dilakukan

uji tarik pada material tersebut untuk mendapatkan sifat mekaniknya (Saputra et al., 2014)

Proses pengelasan pada baja karbon menghasilkan sifat fisik dan mekanik yang sangat keras dengan kekuatan berbeda. Tujuannya adalah untuk mendefinisikan struktur yang dibentuk sedemikian rupa sehingga gaya yang dihasilkan dapat ditingkatkan. Media yang digunakan penelitian ini adalah air dan oli.

Uji tarik dapat menentukan kekuatan material. Ketangguhan (strenght) suatu material adalah kemampuannya untuk menahan tegangan tarik sebelum putus. Tegangan tarik merupakan gaya tekan suatu batang uji yang terus bertambah gayanya sampai patah (Nurdin, 2019) . Berdasarkan uraian tersebut, dapat diartikan bahwa uji tarik adalah suatu pengujian dimana suatu beban aksial diberikan pada bahan sampai runtuh atau patah.

Bahan industri berupa baja tidak hanya terdiri dari besi, tetapi juga mengandung berbagai unsur paduan seperti mangan, fosfor, karbon, silikon, belerang dan sejumlah kecil aluminium, nitrogen, dan oksigen dengan kandungan karbon 0,2 - 2,1%. Baja merupakan bahan yang paling banyak di gunakan di dunia industri. Baja termasuk salah satu jenis logam yang sering digunakan dalam industri dan permesinan (Pratowo & Fernando, 2008). Jika dilihat dari kandungan carbon yang dimilikinya baja carbon dibagi jadi tiga :baja kandungan karbon tiinggi,baja kandungan karbon sedang, dan baja kandungan karbon rendah (Goldy Putra ASB, 2020).

Plat baja St 37 merupakan bahan yang digunakan dalam penelitian ini. Plat ini nantinya akan melalui proses pengelasan, pendinginan dan dilakukan uji tarik. Setelah melakukan proses tersebut maka kita bisa mengetahui media pendingin mana yang bagus digunakan dalam pengelasan (Tyagita & Irawan, 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui beda hasil pengelasan dengan media pendingin air dan oli terhadap kuat tarik pengelasan baja karbon rendah. Pengelasan pada baja carbon St 37 panjang total 260mm, lebar 20mm, tebal 8mm menggunakan pendingin air dan oli, persyaratan saat ini sama.

II. Metode Penelitian

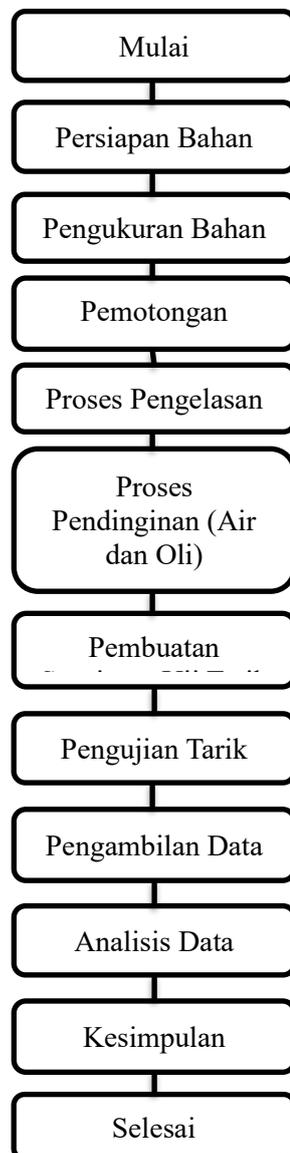
A. Jenis Penelitian

Metode dalam penelitian adalah cara untuk menemukan data yang ilmiah dan dapat dijadikan pedoman untuk penelitian yang relevan (Sugiyono, 2013). Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen, karena penelitian dilakukan dengan cara eksperimen (Irzal, 2009). Cara untuk menemukan sebab dan akibat dari suatu percobaan adalah dengan membandingkan beberapa hasil percobaan yang telah diberikan perlakuan ataupun yang telah dipengaruhi disebut dengan eksperimen (Asrin, 2022). Hasil

pengujian yang didapat merupakan hasil eksperimen langsung pada benda uji. Data dari penelitian ini di dapat dari uji tarik dari spesimen dan akan dianalisa sesuai dengan apa yang muncul saat penelitian (Mada, 2018)

Bahan pendingin yang digunakan pada penelitian berbeda yaitu air dan oli SAE 40. Baja karbon rendah St 37 yang berbentuk plat dengan ketebalan 8 mm digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini. Kekuatan tarik bertindak sebagai uji fisik untuk mengetahui pengaruh variasi media pendingin yang digunakan. Kirono, S dan Amri A. (2011) mengatakan baja St 37 merupakan baja carbon rendah karena kandungan karbon 0,12% (Kirono & Amri, 2011).

Sambungan yang digunakan adalah sambungan kampu V dengan sudut inklusi 60°. Sambungan kampu V digunakan pada sambungan logam atau lembaran logam dengan ketebalan 6-20 mm pada sudut 50°, celah akar 0-2mm dan tingi akar 0-3mm (Jasman et al., 2018).



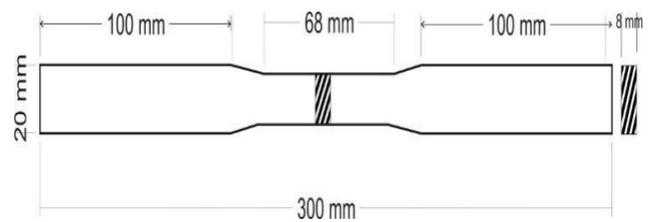
Gambar 1.1 Diagram Alur Penelitian

B. Jadwal dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada jangka waktu 5 bulan (Juli 2022 – November 2022) mulai dari pembelian bahan, pemotongan bahan, pengelasan, pendinginan, pembuatan spesimen, pengujian tarik, sampai pengolahan data. Pemotongan, pengelasan dan pendinginan dilakukan di Labor Fabrikasi Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik UNP dan proses uji tarik dilaksanakan di Labor uji Bahan Departemen Teknik Sipil UNP.

C. Objek Penelitian

Objek penelitian adalah tipe besi plat baja St 37 *low carbon* dengan ketebalan 8 mm, panjang total 260 mm dan lebar 20 mm, hasil dari *shielded metal arc welding* (SMAW) dengan elektroda LB-Kobe Steel. Diameter 3,2 mm dan penggunaan las berbentuk V. Dengan dua pendingin las yang berbeda, air dan oli. Setiap varian berisi tiga sampel yang kekuatan tariknya diuji menggunakan test set UTM. Di bawah ini adalah contoh formatnya:



Gambar 1.2 Dimensi Spesimen Uji tarik

Sumber: (Sofyan, 2021)

Data yang digunakan dalam penelitian ialah data primer dan skunder, dan sumber data penelitian merupakan perpustakaan Universitas Negeri Padang, artikel ilmiah & media. Alat yg dipakai pada penelitian ini terdapat 2 jenis, yaitu alat proses las & alat uji tarik.

D. Alat dan Bahan

1. Alat untuk pengujian

- Mesin las *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dan kelengkapannya
- Kawat las
- Kacamata atau helm las
- Pakaian las
- Alat bantu las
- Gerinda tangan
- Air
- Oli Mesran SAE 40
- Alat uji tarik UTM
- Komputer dan printer
- Jangka Sorong

2. Bahan

Bahan digunakan dalam penelitian ini ialah plat baja karbon rendah (St 37) panjang keseluruhan 260mm,

lebar 20mm dan tebal 8mm kampuh V dengan mesin Las SMAW. Air yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis air keran 1 liter dengan jumlah ph 5-7,5 dan densitas airnya sebesar 997kg/m^3 . Oli yang digunakan pada penelitian ini menggunakan oli MESRAN SAE 40 1 liter dengan jumlah ph 8-9 dan densitas oli sebesar 15°C , $0,8931\text{ kg/l}$.

Prosedur pelaksanaan dalam penelitian ini adalah pengukuran bahan, pemotongan, pengelasan, pendinginan, proses pembuatan spesimen, pengujian tarik (*Tensile Testing*). Instrumen pengumpul data penelitian ini dilakukan dengan cara pengujian dengan aspek penelitian. Teknik analisis data digunakan penelitian ialah pengujian yang dilakukan dengan uji tarik dan data dicatat pada kertas grafik uji tarik.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Penelitian

1. Objek Penelitian

Objek digunakan penelitian ialah baja karbon rendah St 37, panjang keseluruhan 260mm, lebar 20mm dan tebal 8mm setelah dilakukan proses pengelasan dan proses pendingin secara cepat media pendingin air dan oli.



Gambar 1.3. Setelah dilakukan Pembuatan Kampuh.



Gambar 1.4 Setelah dilakukan Pengelasan dan Pendinginan

Pendinginan



Gambar 1.5 Setelah dilakukan Pemotongan

2. Data Hasil Pengujian Tarik

Hasil kekuatan tarik yang diperoleh dari penelitian ini diuji pada semua benda uji yang disediakan untuk mendapatkan hasil perhitungan uji tarik. Kemudian diperoleh hasil sebagai berikut hasil uji trik UTM merek JINAN tipe WAW-1000-C kapasitas load Max 1000 kN diperoleh di Labor Beton Departemn Teknik Sipil Universitas Negeri Padang;

Tabel 1.1 Tabulasi Hasil Pengujian Tarik

Uji spesimen	Gaya Maksimal KN	Tegangan (s) MPa	Regangan (e) 100%	Modulus Elastisitas (E)
Raw Material	37,01	402,25	25%	1,59
Air	36,40	395,65	21%	1,92
Oli SAE 40	37,49	407,54	20%	2,04

Hasil dari pengolahan data yang didapatkan pada Tabel 1 memperoleh data dan grafik sebagai berikut;

1) Spesimen *Raw Material*

Tabel 1.2 Data UjiTarik *Raw Material*

Spesimen Uji	Tegangan (s) MPa	Regangan (e) x 100%	Modulus Elastisitas (E) GPa
Raw	388,04	24%	1,62
Material	413,91	26%	1,59
	404,78	26%	1,56
Rata-rata	402,25	25%	1,59

Hasil dari uji tarik spesimen *raw material* atau spesimen tanpa pendinginan yang diperoleh dimasukkan ke dalam tabel sehingga hasil rata-rata pengujian tersebut dengan nilai kekuatan tarik

maksimal 37,01 KN, tegangan 402,25 MPa, regangan 25% dan modulus elastisitas 1,59 GPa.

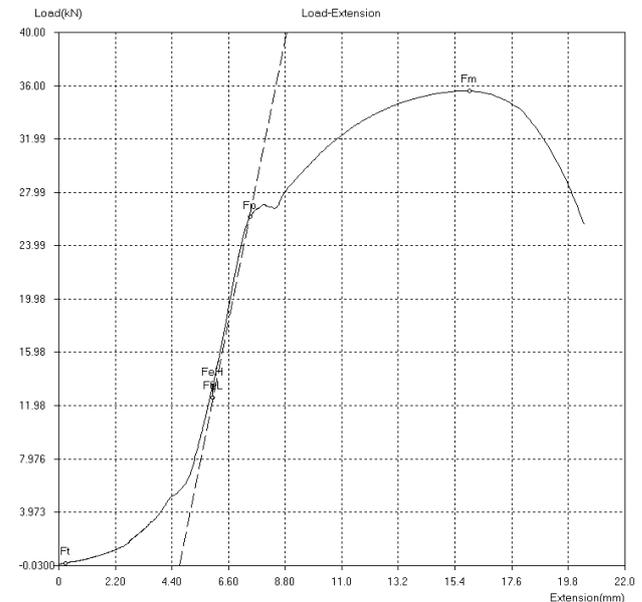
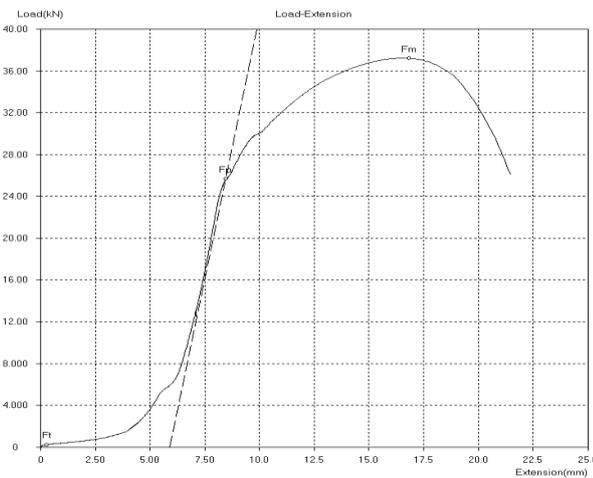
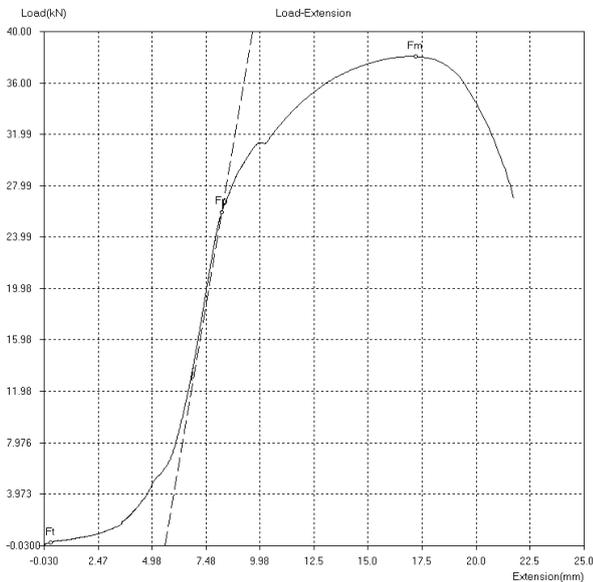
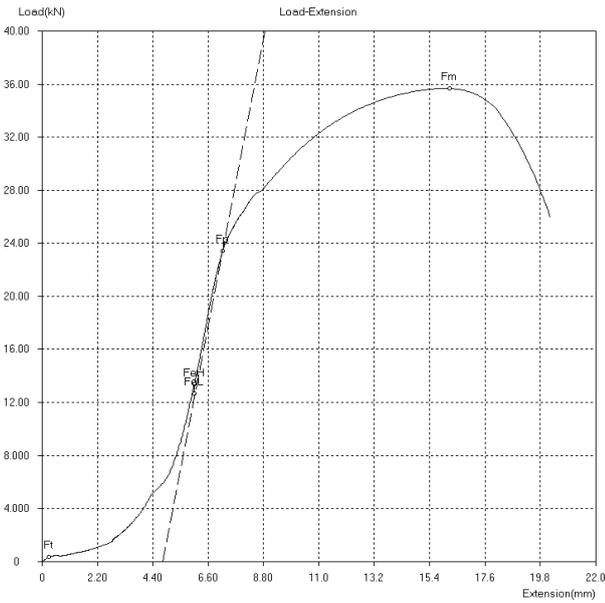
sama juga memiliki perbedaan nilai saat dilakukan uji tarik.

2) Spesien Media Pendingin Air

Tabel 1.3 Data Uji Tarik Media Pendingin Air

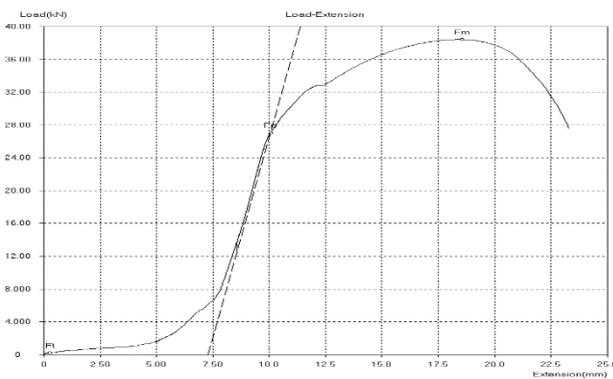
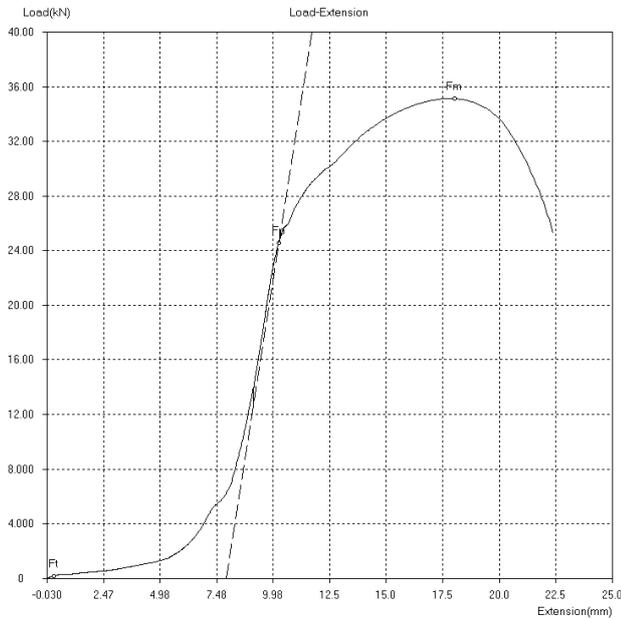
Spesi men Uji	Tegangan (s) MPa	Regangan (e) x 100%	Modulus Elastisias (E) Gpa
Air	387,17	20%	1,94
	381,96	22%	1,74
	412,17	20%	2,09
Rata-rata	395,65	21%	1,92

Dari hasil uji tarik benda uji dengan media air diketahui bahwa rata hasil tarik benda uji adalah tegangan tarik, tegangan, elongasi dan modulus elastisitas maksimum untuk masing-masing benda uji. Kekuatan tarik maksimum 36.40 KN, elonga 395.65 MPa, 21%, dan modulus elastisitas 1,92 GPa



Gambar 1.6 Grafik Uji Tarik Raw Material

Grafik yang dihasilkan dari pengujian tarik memiliki bentuk yang beragam sesuai dengan dengan kekuatan setiap spesimen. Bahkan antara spesimen yang satu dengan spesimen lain yang mendapat perlakuan yang



Gambar 1.7 Grafik Uji Tarik Media Pendingin Air

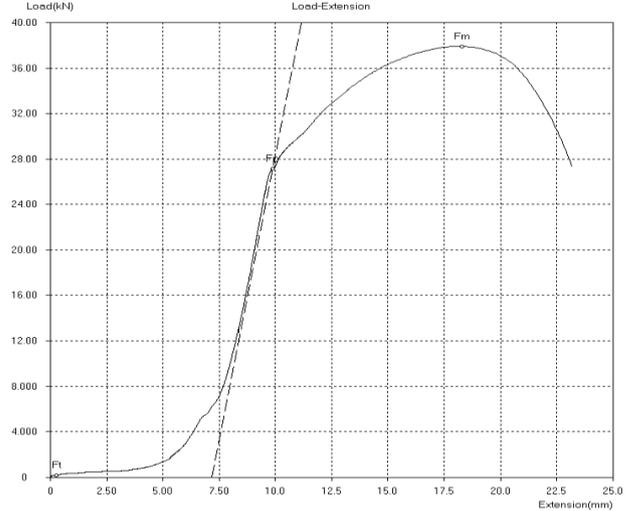
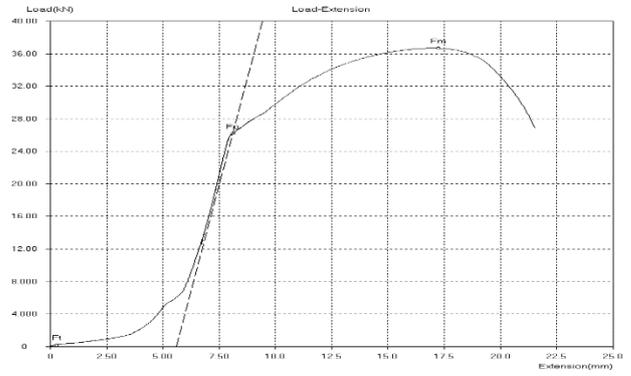
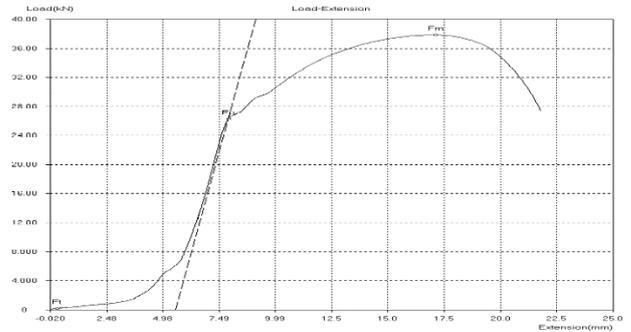
Pengujian tarik yang dilakukan pada spesimen uji dengan media pendingin air memiliki perbedaan dengan grafik spesimen uji tarik *raw material*.

3) Spesimen Media Pendingin Oli SAE 40

Tabel 1.4 Data Uji Tarik Media Pendingin Oli SAE 40

Spesimen Uji	Tegangan (s) MPa	Regangan (e) x 100%	Modulus Elastisitas (E) Gpa
Oli	411,52	20%	2,06
SAE 40	398,91	20%	1,99
	412,17	20%	2,06
Rata-rata	407,53	20%	2,04

Hasil yang diperoleh pada uji tarik benda uji dengan media oli SAE 40 dari rata hasil uji tarik yaitu Kekuatan tarik, tegangan, regangan dan elastisitas maksimum untuk setiap benda uji. Kekuatan tarik maksimum 37,49 KN, tegangan 407,53 MPa, regangan 20%, dan modulus elastisitas 2,04 Gpa.



Gambar 1.8 Grafik Uji Tarik Spesimen Media Pendingin Oil SAE 40

Pengujian tarik yang dilakukan pada spesimen uji dengan media pendingin Oli SAE 40 memiliki perbedaan dengan grafik spesimen uji tarik *raw material*.

B. Pembahasan

Baja karbon rendah St 37 merupakan bahan yang digunakan pada penelitian ini. Alasan memilih baja karbon rendah sebagai material penelitian adalah baja ini banyak digunakan dalam bidang teknik dan materialnya mudah ditemukan..

Data didapat dari hasil uji tarik terhadap baja St 37 hasil pengelasan SMAW dengan media pendingin yang berbeda yaitu Air, Oil SAE 40 menghasilkan uji tarik berbeda. Semua spesimen akan mendapat perlakuan yang sama mulai pengelasan, pendinginan, dimensi bahan dan jenis bahan yang dilakukan untuk pengujian.

Hasil pengelasan SMAW dengan proses pendinginan

secara cepat didapatkan hasil uji tarik media pendingin oli yang memiliki gaya tarik paling besar. Data uji tarik yang dihasilkan oleh media pendingin air ini kekuatan tarik maksimal sebesar 36,40 KN, tegangan 395,65 MPa, regangan 21%, dan modulus elastisitas 1,92 GPa. Pengujian menggunakan media pendingin berupa oli SAE 40 yang kemudian mendapat perlakuan yang sama baru kemudian dilakukan uji tarik sehingga menghasilkan perbedaan yang cukup besar dari media pendingin air dengan kekuatan tarik maksimal sebesar 37,49 KN, tegangan 407,53 MPa, regangan 20%, dan modulus elastisitas 2,04 Gpa.

Hasil data ini di dapat dari sebuah analisis dari pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik dengan kapasitas kekuatan tarik maksimal 1000 KN dan dilakukan pengolahan data dengan menggunakan rumus uji tarik sehingga didapatkan hasil pengujian sesuai dengan yang telah di terangkan pada data di atas.

IV. Kesimpulan

Penelitian pengaruh variasi media pendingin hasil las SMAW pada baja karbon rendah jenis St 37 yang di uji tarik didapatkan data dan telah dirumuskan sehingga didapatkan hasil media pendingin paling bagus menggunakan media pendingin oli SAE 40. Maka dapat disimpulkan bahwa logam baja yang telah dilakukan pengelasan kemudian dilakukan pendinginan secara cepat akan merubah kadar karbon yang terkandung di dalamnya sehingga dapat menaikkan kualitas dari karbon tersebut.

Melalui pengujian dari kedua pendingin yang diuji yaitu air dan oil SAE 40, didapatkan kenaikan kuat tarik paling tinggi menggunakan pendingin oil SAE 40 dengan hasil gaya tarik maksimal 37,49 KN, tegangan 407,53 MPa, regangan 20%, dan modulus elastisitas 2,04 Gpa. Percobaan dengan menggunakan media pendingin air mendapatkan nilai paling rendah dengan kekuatan tarik maksimal 36,40 KN, tegangan 395,65 MPa, regangan 21%, dan modulus elastisitas 1,92 GPa. Dari semua percobaan uji tarik semua spesimen putus pada daerah yang telah di tentukan.

Referensi

- Afan, M. Bin, Purwantono, P., Mulianti, M., & Rahim, B. (2020). Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las Smaw Dengan Elektroda E7016. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(1), 20.
- Asrin, A. (2022). Metode Penelitian Eksperimen. *Jurnal Maqasiduna: Ilmu Humaniora, Pendidikan & Ilmu Sosial*, 2(1), 1–9. <https://journal.mukhlisina.id/index.php/maqasiduna/article/view/24/15>
- A, Yufrizal, A. L., Irzal, I., & Purwantono, P. (2022). Analisa Perbandingan Hasil Pengelasan Smaw (Shield Metal Arc Welding) Dan Las Mig (Metal Inert Gas) Terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah St 37. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 4(2), 39–41. <https://doi.org/10.24036/vomek.v4i2.341>
- Azwinur, A., Jalil, S. A., & Husna, A. (2017). Pengaruh variasi arus pengelasan terhadap sifat mekanik pada proses pengelasan SMAW. *Jurnal POLIMESIN*, 15(2), 36. <https://doi.org/10.30811/jpl.v15i2.372>
- Erizon, N., Mulyadi, R., Rahim, B., wicaksono, A., Kunci, K., Karbon Rendah, B., Uji Tarik, A., Smaw, P., & Pengelasan, P. (2021). Analysis of the Effect of Difference in Welding Position on the Tensile Strenght of the Smaw Welded Joints Using St37 Material. *Vomek*, 3(2), 17–24. <http://vomek.ppj.unp.ac.id>
- Goldy Putra ASB, G. (2020). Pengaruh Variasi Media Pendinginan terhadap Kekuatan Tarik Baja AISI 1045 Effect of Cooling Media Variations on the Tensile Strength of AISI 1045 Steel. *Jurnal Kajian Ilmiah Dan Teknologi Teknik Mesin*, 5(1), 2541–3562. <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/J-Protteksion>
- Irzal. (2009). *FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI PADANG 2009*.
- Jasman, J., Irzal, I., Adri, J., & Pebrian, P. (2018). Effect of Strong Welding Flow on the Violence of Low Carbon Steel Results of SMAW Welding with Electrodes 7018. *Teknomekanik*, 1(1), 24–31. <https://doi.org/10.24036/tm.v1i1.972>
- Kirono, S., & Amri, A. (2013). PENGARUH TEMPERING PADA BAJA St 37 YANG MENGALAMI KARBURASI DENGAN BAHAN PADAT TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO. *Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta, C*, 1–10.
- L4H \$ fiLT. (n.d.).
- Mada, U. G. (2018). *analisa sifat fisik beserta mekanik propeller kapal pada pengelasan oxy-acetylene dan tungsten inert gas (TIG)* MOCHAMMAD NURDIN R, widia setiawan, S.T., M.T.
- Masoli, I. M., Supriyadi, S., & Ma'mun, H. (2021). PENGARUH QUENCHING TERHADAP KEKERASAN DAN KETANGGUHAN BAJA AISI 4340 PADA PROSES PACK CARBURIZING DENGAN KATALIS BARIUM KARBONAT (BaCO₃) DAN KALSIUM KARBONAT (CaCO₃). *Device*, 11(1), 45–51. <https://doi.org/10.32699/device.v11i1.1798>
- Nurdin, H. (2019). Buku Metalurgi Logam - Hendri Nurdin.pdf. In *Buku Metalurgi Logam* (pp. 1–288).

- Pratowo, B., & Fernando, A. (2008). Analisa Kekerasan Baja Karbon AISI 1045 Setelah Mengalami Perlakuan Quenching. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(2), 1–30.
- Rohman, M., Saepuddin, A., & Fardana, M. A. (2020). ST41 Tensile Strength Analysis of Spiral Groove Welding with Three Current Variations. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 8(2), 62–68. <https://doi.org/10.23887/jptm.v8i2.27590>
- Saputra, H., Syarief, A., Maulana, Y., Akhmad, J. L., & Km, Y. (2014). Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST 37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik Program Studi Teknik Mesin, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam Vol . 03 No . 2 pp 91-98*, 2014 ISSN 2338-2236. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam*, 03(2), 91–98.
- Sofyan, B. T. (2021). *Pengantar Material Teknik Edisi Kedua*.
- Sugiyono. (2013). Quantitative, Qualitative and R & D Research Methods. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Surdia, T., & Saito, S. (1985). *Pengetahuan Bahan Teknik*.
- Tyagita, D. A., & Irawan, A. (2017). Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Smaw Plat Baja St 37 Dengan Pendingin Liquid. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 16(3), 180–186. <https://doi.org/10.25047/jii.v16i3.308>