

Pengujian Kekuatan Sambungan Las SMAW Baja Karbon ST 37 untuk Aplikasi Struktur Lambung Kapal

Nasrulloh Syamsuddin¹, Muhammad Halim Asiri², Mardin^{3*}

¹Mahasiswa Program Pascasarjana Magister Teknik Mesin, Universitas Muslim Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia

e-mail: *mardin@umi.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kampuh (V dan X) serta metode pendinginan (dengan dan tanpa air) terhadap sifat mekanik sambungan las baja karbon ST 37 menggunakan teknik Shielded Metal Arc Welding (SMAW). Baja karbon ST 37 dipilih karena sifat mekaniknya yang baik dan aplikasinya dalam industri perkapalan untuk struktur lambung kapal. Proses pengelasan menggunakan elektroda E7016, dan spesimen uji tarik dibuat sesuai standar ASTM E-8. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kampuh V tanpa pendinginan air menghasilkan kekuatan tarik maksimum sebesar 30,072 kgf/mm² dengan regangan 22,634%, sedangkan kampuh X dengan pendinginan air menghasilkan kekuatan tarik maksimum lebih rendah, yaitu sebesar 26,895 kgf/mm² dengan regangan 22,424%. Metode pendinginan udara memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pendinginan air, terutama pada kampuh V. Variasi kampuh juga menunjukkan pengaruh signifikan, di mana kampuh V memiliki penetrasi las dan kekuatan mekanik yang lebih unggul dibandingkan kampuh X. Kesimpulannya, kombinasi parameter pengelasan yang tepat dapat meningkatkan kualitas sambungan las, terutama untuk aplikasi struktural seperti lambung kapal.

Kata kunci— ASTM E-8, elektroda E7016, kampuh V dan X, penetrasi las, pendinginan udara dan air

Abstract

This study aims to analyze the effect of groove variations (V and X) and cooling methods (with and without water) on the mechanical properties of weld joints in ST 37 carbon steel using the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) technique. ST 37 carbon steel was chosen for its favorable mechanical properties and its application in shipbuilding, particularly in hull structures. The welding process utilized E7016 electrodes, and tensile test specimens were prepared following ASTM E-8 standards. The results revealed that the V-groove without water cooling produced a maximum tensile strength of 30.072 kgf/mm² with a strain of 22.634%, whereas the X-groove with water cooling yielded a lower maximum tensile strength of 26.895 kgf/mm² with a strain of 22.424%. Air cooling showed better performance compared to water cooling, especially with V-grooves. Groove variations also significantly affected performance, with V-grooves demonstrating superior weld penetration and mechanical strength compared to X-grooves. In conclusion, optimizing welding parameters can enhance the quality of weld joints, particularly for structural applications like ship hulls.

Keywords— ASTM E-8, E7016 electrode, double-V and single-V grooves, weld penetration, air and water cooling.

1. PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan material yang memiliki peran penting dalam berbagai industri, seperti konstruksi, otomotif, manufaktur, dan perkapalan. Dalam industri perkapalan, pengelasan memiliki peran krusial karena kualitas sambungan las secara langsung memengaruhi kekuatan dan ketahanan struktur kapal, termasuk lambung kapal yang merupakan bagian utama untuk menjamin keamanan operasional kapal. Salah satu teknik pengelasan yang umum digunakan adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) [1]. Teknik ini dikenal karena fleksibilitasnya dalam menyambungkan berbagai jenis material, termasuk baja karbon rendah hingga sedang. Baja karbon sedang, khususnya baja ST 37, sering digunakan dalam industri karena sifat mekaniknya yang baik, seperti kekuatan tarik yang tinggi, ketangguhan, dan kemudahan untuk diproses lebih lanjut. Material ini banyak diaplikasikan dalam pembuatan struktur bangunan, lambung kapal, komponen otomotif, serta alat berat. Namun, keberhasilan pengelasan pada material ini sangat bergantung pada berbagai parameter, seperti jenis kampuh, elektroda, serta metode pendinginan yang digunakan selama proses pengelasan. Kampuh las, seperti kampuh V dan X, dirancang untuk memaksimalkan penetrasi dan distribusi tegangan pada sambungan las. Maylano *et al* [2] melakukan kajian mengenai variasi sudut kampuh double V dengan teknik pengelasan SMAW menggunakan baja ST37. Kekuatan Tarik tertinggi didapatkan nilai rata-rata tegangan tarik paling besar yaitu 492.35 N/mm² pada sudut 60°. Triana *et al* [3] melakukan penelitian untuk bahan lambung kapal, perlakuan yang diberikan dan variasi elektroda dan arus pengelasan. Hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh cacat las dan sifat mekanik. Beberapa penelitian menggunakan teknik SMAW pun telah dilakukan baik untuk melihat sifat mekanik dan struktur mikro [1, 4-7]. Material ST 37 telah banyak diteliti dengan berbagai perlakuan pengelasan SMAW [8-10]. Penelitian ini memfokuskan pada pengaruh variasi kampuh (V dan X) serta metode pendinginan (dengan dan tanpa air) terhadap sifat mekanik sambungan las pada baja karbon ST 37 menggunakan teknik pengelasan SMAW. Selain itu, pengujian tarik dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan tarik dan elastisitas sambungan las, yang diukur berdasarkan standar ASTM E-8. Pengelasan dengan metode pendinginan air memiliki keunikan dalam pengendalian suhu material, yang dapat mempercepat pendinginan dan mencegah overheating. Sebaliknya, pendinginan udara memberikan waktu bagi material untuk menyesuaikan suhu secara bertahap, sehingga mengurangi risiko distorsi atau keretakan pada sambungan. Oleh karena itu, perbandingan antara metode pendinginan ini diharapkan dapat memberikan wawasan lebih mendalam mengenai pengaruhnya terhadap kualitas sambungan las.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi kampuh (V dan X) terhadap sifat mekanik sambungan las baja karbon ST 37, membandingkan sifat mekanik sambungan las yang dihasilkan dengan metode pendinginan air dan pendinginan udara, serta menganalisis hasil pengujian tarik untuk menentukan kekuatan tarik dan elastisitas sambungan las sesuai dengan standar ASTM E-8.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengelasan SMAW pada material baja karbon medium dengan pengujian tarik.

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Proses pengelasan dan pembuatan spesimen uji dilakukan di Balai Latihan Kerja (BLKI) Makassar. Pengujian tarik juga dilaksanakan di tempat yang sama.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

2.2.1 Alat yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mesin las SMAW yang berfungsi sebagai penyuplai sumber listrik selama proses pengelasan. Selain itu, alat keselamatan kerja seperti sarung tangan, kacamata, *ear plug*, dan *face shield* digunakan untuk melindungi operator selama proses berlangsung. Untuk pengukuran dimensi bahan uji, digunakan jangka sorong, sedangkan mesin perkakas dimanfaatkan sebagai alat bantu dalam pembuatan spesimen. Alat uji tarik juga digunakan untuk menguji kekuatan dan elastisitas material dengan memberikan beban sesumbu secara bertahap.

2.2.1 Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi baja karbon ST 37, yaitu baja karbon sedang dengan kandungan karbon 0,20%-0,25% yang memiliki kekuatan tarik dan ketangguhan yang baik. Elektroda E7016 digunakan sebagai penghantar listrik dalam proses penyambungan logam. Selain itu, cairan penetrant dimanfaatkan untuk mendeteksi adanya cacat pada hasil pengelasan.

2.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan melalui beberapa langkah utama. Pertama, penentuan parameter pengelasan dilakukan untuk memastikan proses pengelasan yang baik dan sesuai standar. Selanjutnya, persiapan pengelasan dan pembentukan kampuh dilaksanakan dengan posisi 1G menggunakan kampuh berbentuk V dan X. Spesifikasi kampuh meliputi kaki akar (R) sebesar 2 mm, celah akar (G) sebesar 3 mm, sudut alur (α) sebesar 60° , dan tebal material (t) sebesar 10 mm.

Proses pengelasan dimulai dengan memotong material ST 37 menjadi dua potong dengan ukuran 350 mm x 100 mm. Sisi bevel dibuat dengan sudut 30° pada salah satu sisi, kemudian kedua plat dirapatkan dengan celah 2-3 mm dan ditack weld membentuk kampuh dengan sudut 60° . Pengelasan dilanjutkan menggunakan mesin las SMAW dan elektroda E7016.

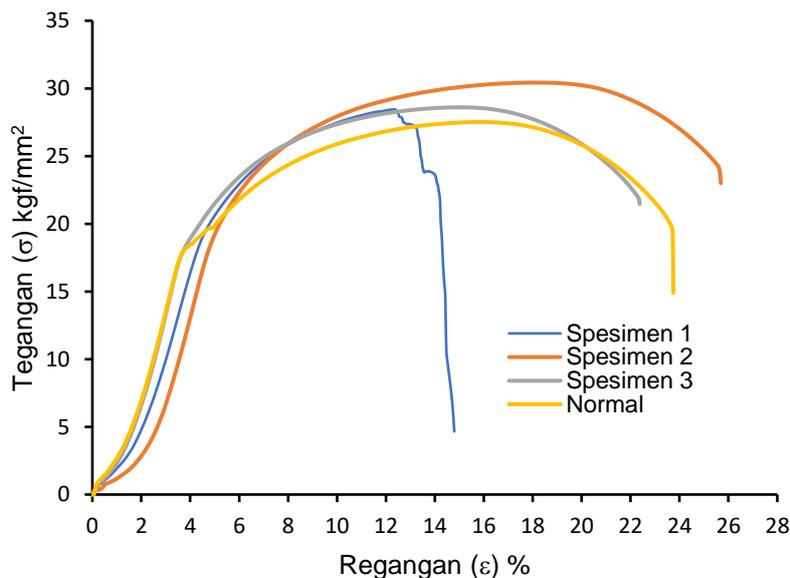
Tahap berikutnya adalah pengujian penetrant, yang dilakukan menggunakan cairan cleaner, red penetrant, dan developer untuk mendeteksi cacat las. Setelah itu, pembuatan spesimen uji tarik dilakukan sesuai dengan standar ASTM E-8. Spesifikasi spesimen meliputi panjang bagian reduksi (A) sebesar 57 mm, lebar (W) sebesar 12,5 mm, ketebalan (T) sebesar 10 mm, radius fillet (R) sebesar 12,5 mm, panjang total (L) sebesar 200 mm, lebar bagian pegangan (C) sebesar 20 mm, dan panjang bagian pegangan (B) sebesar 50 mm.

Tahap terakhir adalah uji tarik, yang bertujuan untuk menentukan kekuatan tarik dan elastisitas material sesuai dengan standar ASTM E-8. Hasil pengelasan dari variasi kampuh V dan X diuji terlebih dahulu menggunakan penetrant test untuk mendeteksi cacat. Setelah itu, spesimen dipotong dan dibentuk sesuai standar untuk dilakukan uji tarik. Hasil pengujian ini memberikan data sifat mekanik, seperti kekuatan tarik dan elastisitas material.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Tarik Pengelasan Kampuh V Menyentuh Air

Pengelasan dengan menyentuh air, atau sering disebut sebagai pengelasan basah, adalah teknik yang memiliki beberapa pengaruh dan efek penting di mana air berfungsi sebagai media pendingin yang cepat, yang dapat mengurangi waktu pengelasan dan mencegah *overheating* pada material sehingga dapat meningkatkan kualitas pengelasan.



Gambar 1. Grafik hubungan tegangan dan regangan hasil pengelasan menyentuh air dengan menggunakan kampuh V

Gambar 1 grafik hubungan antara tegangan dan regangan hasil pengelasan kampuh V menyentuh air pada baja karbon rendah ST 37. Pengujian tarik adalah salah satu metode untuk mengevaluasi sifat mekanik dari sambungan las. Dalam konteks pengelasan dengan menyentuh air menggunakan kampuh V memiliki sudut tertentu yang memungkinkan penetrasi las yang lebih baik. Desain ini membantu dalam distribusi tegangan yang lebih merata dan meningkatkan kekuatan sambungan dan dapat memperkecil kemungkinan terjadinya retakan serta meningkatkan kualitas las.

Hasil pengujian tarik pada baja karbon rendah ST 37 menunjukkan bahwa spesimen 1 memiliki tegangan tarik maksimum sebesar 28,442 kgf/mm² dengan regangan sebesar 14,796%. Spesimen 2 menunjukkan performa terbaik dengan tegangan tarik maksimum mencapai 30,429 kgf/mm² dan regangan sebesar 25,531%. Sementara itu, spesimen 3 memiliki tegangan tarik maksimum sebesar 28,602 kgf/mm² dengan regangan sebesar 22,370%. Sebagai pembandingan, material dasar (raw material) memiliki tegangan tarik maksimum sebesar 27,517 kgf/mm² dan regangan sebesar 23,517%.

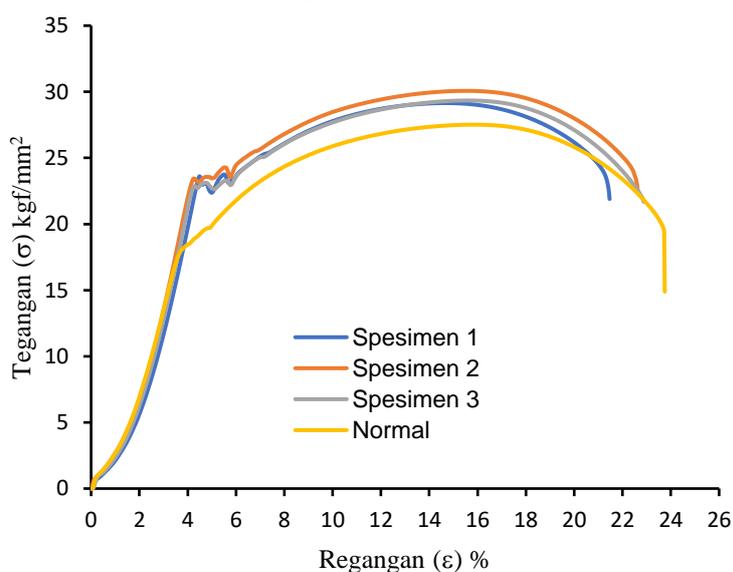
Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan kekuatan tarik antara sambungan las dan material dasar. Tegangan tarik maksimum pada spesimen hasil pengelasan menyentuh air, khususnya pada spesimen 2, melebihi kekuatan tarik material dasar. Hal ini menunjukkan bahwa pengelasan menyentuh air dapat meningkatkan kekuatan tarik sambungan las. Pendinginan cepat yang terjadi selama proses pengelasan menyentuh air mencegah *overheating*, yang dapat menjaga struktur mikro material dan meningkatkan

kekuatan tarik. Namun, regangan spesimen 1 lebih rendah dibandingkan material dasar, yang mengindikasikan penurunan elastisitas akibat pendinginan cepat.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menegaskan bahwa teknik pengelasan menyentuh air dapat menghasilkan sambungan las dengan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan material dasar, meskipun elastisitas sambungan dapat bervariasi tergantung pada parameter pengelasan. Optimasi parameter seperti kecepatan pendinginan dan kontrol alur las dapat dilakukan untuk meningkatkan performa keseluruhan sambungan las.

3.2 Pengujian Tarik Pengelasan Kampuh V Tanpa Menyentuh Air

Pengelasan dengan kampuh V tanpa menyentuh air merupakan metode yang umum dalam industri. Kampuh V dirancang dengan sudut tertentu yang memfasilitasi penetrasi las yang baik. Desain ini membantu dalam distribusi tegangan dan meningkatkan kekuatan sambungan. Kampuh V memungkinkan area las yang lebih besar, sehingga meningkatkan kekuatan tarik sambungan. Dalam pengelasan dengan pendingin udara tanpa menyentuh air, proses pendinginan berlangsung lebih lambat dibandingkan dengan pengelasan yang menyentuh air. Hal ini memungkinkan material untuk menyesuaikan diri dengan perubahan suhu secara bertahap.



Gambar 2. Grafik hubungan tegangan dan regangan hasil pengelasan kampuh V

Hasil pengujian tarik pada baja karbon rendah ST 37 dengan kampuh V dan pendinginan udara tanpa menyentuh air menunjukkan performa mekanik yang baik. Spesimen 1 menghasilkan tegangan tarik maksimum sebesar 29,149 kgf/mm² dengan regangan sebesar 21,467%. Spesimen 2 menunjukkan performa terbaik dengan tegangan tarik maksimum mencapai 30,072 kgf/mm² dan regangan sebesar 22,634%. Sementara itu, spesimen 3 memiliki tegangan tarik maksimum sebesar 29,346 kgf/mm² dengan regangan sebesar 22,822%. Sebagai pembanding, material dasar (raw material) memiliki tegangan tarik maksimum sebesar 27,517 kgf/mm² dan regangan tertinggi sebesar 23,517%.

Berdasarkan hasil tersebut, sambungan las yang menggunakan kampuh V dengan pendinginan udara tanpa menyentuh air menunjukkan kekuatan tarik yang baik, yang mendekati atau bahkan melebihi kekuatan tarik material dasar. Hasil ini menunjukkan bahwa desain kampuh V memungkinkan distribusi tegangan yang merata dan penetrasi las yang optimal, sehingga meningkatkan performa sambungan las. Namun, regangan material las cenderung lebih rendah dibandingkan material dasar, yang menunjukkan sedikit penurunan dalam elastisitas.

Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa teknik pengelasan kampuh V dengan pendinginan udara dapat menjadi metode yang efektif untuk menghasilkan sambungan las dengan kekuatan tarik tinggi. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengevaluasi parameter pengelasan yang lebih optimal guna meningkatkan kombinasi kekuatan tarik dan elastisitas material las.

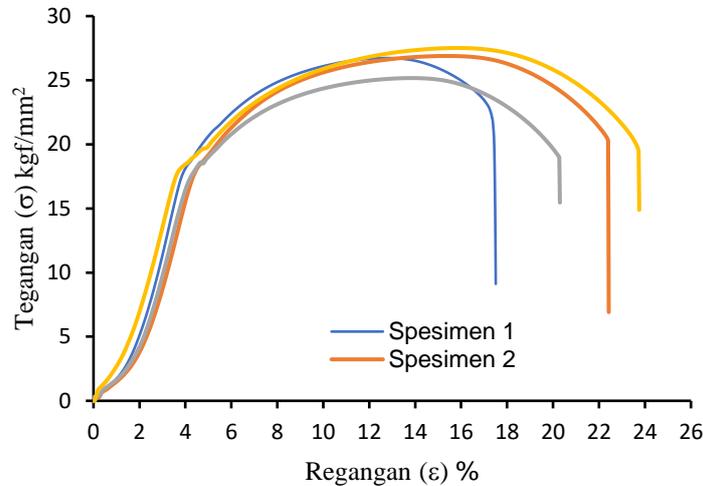
3.3 Pengujian Tarik Pengelasan Kampuh X Menyentuh Air

Pengelasan dengan kampuh X dan metode menyentuh air adalah teknik yang menarik untuk dieksplorasi, terutama dalam hal pengaruhnya terhadap sifat mekanik sambungan las. Kampuh X memiliki dua permukaan yang bertemu pada sudut yang saling berhadapan, membentuk saluran las yang lebih lebar.

Pendinginan selama proses pengelasan adalah faktor penting yang mempengaruhi kualitas sambungan las dan sifat mekanik material. Tujuan pendinginan selama proses pengelasan pendinginan bertujuan untuk mengontrol suhu sambungan las agar tidak mencapai level yang dapat merusak material, mendinginkan area las secara efektif, distorsi akibat pemanasan dapat diminimalkan dan dapat mengurangi risiko pembentukan retakan dingin.

Hasil pengujian tarik pada pengelasan kampuh X dengan metode pendinginan menyentuh air menunjukkan bahwa spesimen 1 memiliki tegangan tarik maksimum sebesar 26,733 kgf/mm² dan regangan sebesar 17,507%. Spesimen 2 menunjukkan performa yang sedikit lebih baik dengan tegangan tarik maksimum sebesar 26,895 kgf/mm² dan regangan sebesar 22,424%. Sementara itu, spesimen 3 menghasilkan tegangan tarik maksimum sebesar 25,170 kgf/mm² dan regangan sebesar 18,703%. Sebagai pembanding, material dasar (raw material) memiliki tegangan tarik maksimum sebesar 27,517 kgf/mm² dan regangan sebesar 23,517%.

Berdasarkan hasil tersebut, kekuatan tarik yang dihasilkan oleh pengelasan kampuh X dengan metode pendinginan menyentuh air berada di bawah material dasar. Hal ini menunjukkan bahwa metode pendinginan cepat melalui kontak langsung dengan air dapat memengaruhi struktur mikro material, yang berpotensi menurunkan sifat mekaniknya, terutama kekuatan tarik. Selain itu, variasi nilai regangan antar spesimen menunjukkan bahwa parameter pengelasan, seperti laju pendinginan atau penetrasi las, mungkin memengaruhi hasil akhir secara signifikan.

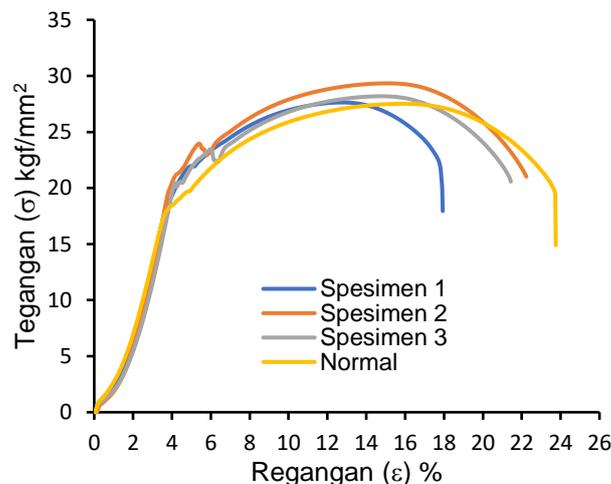


Gambar 3. Grafik hubungan tegangan dan regangan hasil pengelasan menyentuh air dengan menggunakan kampuh X

Kesimpulannya, meskipun pengelasan kampuh X dengan metode menyentuh air tidak memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan material dasar, hasil ini memberikan indikasi perlunya optimasi parameter pengelasan untuk meminimalkan pengaruh pendinginan cepat terhadap sifat mekanik sambungan las. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami hubungan antara laju pendinginan dan perubahan struktur mikro material pada metode ini.

3.4 Pengujian Tarik Pengelasan Kampuh X Tanpa Menyentuh Air

Pengelasan kampuh X adalah teknik yang umum digunakan dalam industri untuk menyambung dua material dengan cara yang efisien. Karakteristik Kampuh X dibentuk dengan dua potongan material yang diposisikan secara silang, memungkinkan area las yang lebih luas. Desain ini memberikan akses yang baik untuk penetrasi las yang lebih dalam dan mendistribusikan tegangan secara merata, sehingga meningkatkan kekuatan sambungan.



Gambar 4. Grafik hubungan tegangan dan regangan hasil pengelasan kampuh X

Pada spesimen 1, pengujian tarik menghasilkan tegangan maksimum sebesar 27,632 kgf/mm² dan regangan sebesar 17,932%. Spesimen 2 menunjukkan performa terbaik dengan tegangan maksimum mencapai 29,339 kgf/mm² dan regangan sebesar 22,236%. Sementara itu, spesimen 3 menghasilkan tegangan maksimum sebesar 28,185 kgf/mm² dengan regangan sebesar 21,439%. Sebagai pembanding, material dasar (raw material) memiliki tegangan tarik maksimum sebesar 27,517 kgf/mm² dan regangan sebesar 23,517%.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik pada kampuh X secara umum lebih tinggi dibandingkan material dasar. Hal ini menunjukkan bahwa desain kampuh X memberikan kontribusi positif terhadap distribusi tegangan dan peningkatan kekuatan sambungan las. Namun, regangan pada spesimen 1 lebih rendah dibandingkan material dasar, yang mungkin disebabkan oleh faktor seperti variasi parameter pengelasan atau kualitas material. Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa kampuh X merupakan pilihan yang efektif dalam meningkatkan kekuatan tarik sambungan las dibandingkan material dasar.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menganalisis pengaruh variasi kampuh (V dan X) serta metode pendinginan (dengan dan tanpa air) terhadap sifat mekanik sambungan las baja karbon ST 37 menggunakan teknik *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. **Variasi Kampuh:** Kampuh V menunjukkan penetrasi las yang lebih baik dan menghasilkan kekuatan tarik serta regangan yang lebih tinggi dibandingkan kampuh X. Hal ini membuktikan bahwa desain kampuh memiliki pengaruh signifikan terhadap distribusi tegangan dan kekuatan mekanik sambungan las.
2. **Metode Pendinginan:** Pendinginan udara menghasilkan kekuatan tarik dan regangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pendinginan air. Metode pendinginan air mempercepat proses pendinginan sambungan, tetapi dapat menyebabkan penurunan kekuatan mekanik akibat pembentukan struktur mikro yang kurang ideal.
3. **Hasil Pengujian Tarik:** Sambungan las pada kampuh V tanpa pendinginan air menghasilkan kekuatan tarik maksimum sebesar 30,072 kgf/mm² dengan regangan 22,634%, yang lebih tinggi dibandingkan sambungan dengan kampuh X yang menggunakan pendinginan air, yaitu kekuatan tarik maksimum sebesar 26,895 kgf/mm² dengan regangan 22,424%.
4. **Pengaruh Kombinasi Parameter:** Kombinasi parameter pengelasan yang optimal, seperti penggunaan kampuh V dengan metode pendinginan udara, terbukti memberikan kualitas sambungan las terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Antaqiya FMA, Budiarto U, Jokosisworo S. Analisa Pengaruh Variasi Proses Preheating Pada Pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Baja ST 60. *Jurnal Teknik Perkapalan*. 2019;7(4).
 - [2]. Maylano GD, Budiarto U, Santosa AWB. Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Double V Pada Sambungan Las SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) Baja ST 37 Terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Impak. *Jurnal Teknik Perkapalan*. 2022;10(1):17-23.
 - [3]. Triana T, Kamil M, Zulaida YM. Pengaruh Variasi Elektroda dan Arus Listrik Pengelasan Terhadap Cacat Las dan Sifat Mekanik Pelat Baja Aplikasi Lambung Kapal. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*. 2018;2(1):50-5.
 - [4]. Anggigi H, Budiarto U. Analisa pengaruh temperatur normalizing pada sambungan las smaw (*shielded metal arc welding*) terhadap kekuatan tarik, tekuk dan mikrografi baja karbon rendah. *Jurnal Teknik Perkapalan*. 2019;7(4).
 - [5]. Buana HP, Sakti AM. Aplikasi Quenching-Tempering Heat Treatment Untuk Meningkatkan Kekuatan Tarik Marine Plat BKI Grade A Pada Material Lambung Kapal Niaga Dengan Variasi Media Pendingin. *Jurnal Teknik Mesin*. 2018;6(2).
 - [6]. Julian N. Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik pada Sambungan Las Baja SS400 Pengelasan MAG Dengan Variasi Arus Pengelasan dan Media Pendingin Sebagai Material Lambung Kapal. *Jurnal Teknik Perkapalan*. 2019;7(4).
 - [7]. rachmadi Rizki RD, Pranatal E, Imawan P, editors. Analisa Pengaruh Metode Fairing Terhadap Sifat Mekanis Di Area Pengelasan Pada Lambung Kapal. *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*; 2022.
 - [8]. Gusniar IN, Juhri A, Noubnome V. Pengaruh Variasi Arus Dan Posisi Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanik Baja ST 37. *Jurnal Teknik Mesin*. 2021;14(2):134-9.
 - [9]. Surahman A, Mufarida NA, Kosjoko K. Pengaruh Variasi Arus Las SMAW Terhadap Uji Tarik dan Uji Kekerasan Serta Struktur Mikro Pada Bahan ST 37. *Journal of Engineering Science Technology*. 2023;1(3):129-37.
 - [10]. Suryono E, Baroto BT, Setiawan P. Analisa uji tarik las smaw terhadap sambungan square butt joint dengan variasi ketebalan plat ST 37. *Teknika*. 2020;6(3):117-24.
-