

## Pengaruh Variasi Temperature Perlakuan Panas Hasil *Quenching* Pada Pengelasan SMAW

Yusuf Saifu Zulfa<sup>1</sup>, Priyagung Hartono<sup>2</sup>, Unung Lesmanah<sup>3</sup>

<sup>123</sup> Universitas Islam Malang

Email: [yusufsaiufuz27@gmail.com](mailto:yusufsaiufuz27@gmail.com), [ununglesmanah@unisma.ac.id](mailto:ununglesmanah@unisma.ac.id), [priyagung@unisma.ac.id](mailto:priyagung@unisma.ac.id),

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur perlakuan panas (*normalizing*) pasca *quenching* terhadap kekuatan tekuk sambungan las SMAW pada baja karbon rendah SS400. Metode yang digunakan adalah eksperimen di laboratorium dengan variasi suhu perlakuan panas sebesar 300°C, 400°C, dan 500°C menggunakan dua media *quenching*, yaitu oli SAE 20-50 dan aloe vera. Proses pengelasan dilakukan menggunakan arus 100 A, elektroda E7016, dan kampuh V. Pengujian kekuatan tekuk dilakukan dengan metode *face bend* mengacu pada standar ASTM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan panas efektif meningkatkan kekuatan bending baja SS400 dibandingkan tanpa perlakuan panas. Media *quenching* menggunakan oli menghasilkan kekuatan bending yang lebih tinggi dibandingkan aloe vera. Kekuatan bending maksimum tercapai pada suhu 500°C dengan media oli sebesar 1503 kN/mm<sup>2</sup>, sedangkan media aloe vera menghasilkan 1436 kN/mm<sup>2</sup>. Spesimen tanpa perlakuan panas menunjukkan kekuatan bending terendah. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa variasi temperatur dan jenis media *quenching* berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kekuatan mekanik sambungan las.

**Kata kunci:** *Quenching*, SMAW, SS400, temperatur perlakuan panas, uji bending, kampuh V

### ABSTRACT

*This research aims to determine the effect of heat treatment temperature variation (normalizing) after quenching on the bending strength of SMAW welded joints using low carbon steel SS400. The method employed was an experimental approach conducted in a laboratory setting with heat treatment temperature variations of 300°C, 400°C, and 500°C, using two types of quenching media: SAE 20-50 oil and aloe vera. Welding was carried out using a 100 A current, E7016 electrode, and V-groove joint configuration. The bending strength test was performed using the face bend method according to ASTM standards. The results showed that heat treatment effectively increased the bending strength of SS400 compared to specimens without heat treatment. Quenching using oil produced higher bending strength compared to aloe vera. The highest bending strength was achieved at 500°C with oil quenching, reaching 1503 kN/mm<sup>2</sup>, while aloe vera quenching reached 1436 kN/mm<sup>2</sup>. Specimens without heat treatment showed the lowest bending strength. It can be concluded that both the heat treatment temperature and quenching media significantly affect the mechanical strength of the welded joints.*

**Keywords:** *Quenching*, SMAW, SS400, heat treatment temperature, bending test, V-groove.

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi membawa dampak signifikan terhadap penggunaan material logam, yang hampir tidak terpisahkan dari proses penyambungan melalui pengelasan [1]. Salah satu metode pengelasan yang paling umum digunakan adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW), karena prosesnya relatif sederhana, fleksibel, serta memiliki biaya operasional yang rendah [2]. Meskipun demikian, hasil sambungan pengelasan dapat mengalami berbagai permasalahan teknis seperti penggetasan, tegangan sisa, dan retak pada daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) [3], [4].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satu metode yang digunakan adalah proses perlakuan panas (*heat treatment*). Perlakuan panas bertujuan memperbaiki struktur mikro dan meningkatkan sifat mekanik sambungan las seperti keuletan, kekerasan, dan kekuatan tarik [5]. Salah satu teknik yang digunakan adalah *quenching*, yaitu proses pemanasan logam hingga suhu tertentu, lalu dilakukan pendinginan cepat menggunakan media cair seperti oli, larutan garam, atau bahan alternatif seperti aloevera [5], [6].

Material baja karbon rendah SS400 merupakan salah satu jenis baja yang banyak digunakan dalam aplikasi konstruksi karena sifatnya yang mudah dibentuk, dilas, dan memiliki kekuatan tarik antara 400–510 MPa [7]. Namun, performa sambungan las pada baja SS400 sangat dipengaruhi oleh parameter proses pengelasan, termasuk arus listrik, jenis elektroda, geometri kampuh, serta perlakuan panas pasca-las [8], [9].

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa variasi temperatur dalam proses normalizing atau tempering dapat mempengaruhi kekuatan bending maupun struktur mikro sambungan las [10]. Namun, penelitian mengenai pengaruh kombinasi temperatur perlakuan panas dan media quenching alternatif seperti aloevera

terhadap hasil pengelasan SMAW pada baja SS400 masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi temperatur perlakuan panas (300°C, 400°C, 500°C) dan jenis media pendingin (oli SAE 20-50 dan aloevera) terhadap kekuatan bending sambungan las SMAW pada baja SS400. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengelasan dan perlakuan panas, serta menjadi referensi untuk peningkatan kualitas sambungan las dalam industri.

## MATERIAL DAN METODE

Penelitian ini menggunakan material baja karbon rendah SS400. Material dibentuk menjadi spesimen uji berukuran panjang 150 mm, lebar awal 20 mm dan tebal 10 mm dengan sambungan las tipe single V butt join pada sudut kampuh 60°. Elektroda yang digunakan adalah E7016.

Proses pengelasan dilakukan dengan metode SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) menggunakan arus 100 A DC. Posisi pengelasan adalah 1G (datar) dan kampuh yang digunakan adalah kampuh V tunggal sesuai spesifikasi standar AWS untuk plat dengan ketebalan >6 mm.

Setelah proses pengelasan, dilakukan proses *quenching* secara langsung dengan dua jenis media pendingin menggunakan Oli SAE 20-50 dan Aloevera (sebagai media alternatif alami). Selanjutnya spesimen diberi perlakuan panas (*normalizing*) dengan variasi suhu 300°C, 400°C dan 500°C menggunakan tungku pemanas (*furnace*) dengan *holding time* selama 1 menit sebelum didinginkan kembali ke suhu ruang. Tujuan dari proses ini adalah untuk memperbaiki struktur mikro dan meningkatkan kekuatan mekanik sambungan las.

Pengujian mekanik dilakukan menggunakan uji bending tipe face band, mengaju pada standar ASTM E23-02, untuk mengetahui kekuatan lentur hasil sambungan las. Beban diberikan pada spesimen dengan sistem umpan 3 titik menggunakan alat bending di laboratorium Politeknik Negeri Malang.

Untuk mengetahui besarnya nilai kekuatan tekuk / *bending* pada setiap spesimen dapat dilakukan dengan perhitungan ASTM D7972-14 (ASTM D7972-14, 2015) menggunakan rumus

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$\sigma_b$  : Kekuatan lentur (kN/mm<sup>2</sup>)

$P$  : Beban maksimum (N)

$L$  : Panjang span (mm)

$b$  : Lebar spesimen (mm)

$d$  : Tebal spesimen (mm)

setelah mendapatkan nilai kekuatan tekuk selanjutnya data hasil pengujian dianalisis menggunakan metode ANOVA dua arah untuk mengetahui pengaruh variabel suhu perlakuan panas dan jenis media pendingin terhadap kekuatan tekuk.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kekuatan bending hasil pengelasan SMAW pada baja karbon rendah SS400 dengan perlakuan panas (*normalizing*) pasca *quencing* menggunakan dua jenis media pendingin, yaitu oli SAE 20-50 dan Aloevera serta variasi suhu 300°C, 400°C, dan 500°C, untuk perbandingan juga disertakan spesimen tanpa perlakuan panass.

Tabel 1. Data hasil perhitungan pengujian kekuatan tekuk baja SS400 tebal 10 mm

| Media Aloevera | Suhu°C | Beban (N) | Kekuatan Bending (kN/mm <sup>2</sup> ) |
|----------------|--------|-----------|----------------------------------------|
| 1              | 300    | 11607     | 1306                                   |
| 2              |        | 12354     | 1390                                   |
| 1              | 400    | 10838     | 1219                                   |
| 2              |        | 11724     | 1319                                   |
| 1              | 500    | 12447     | 1400                                   |
| 2              |        | 12767     | 1436                                   |

| Tanpa Perlakuan | Beban (N) | Kekuatan Bending (kN/mm2) |
|-----------------|-----------|---------------------------|
| Media Aloevera  |           |                           |
| 1               | 9500      | 1092                      |
| 2               | 9000      | 1042                      |

| Media Oli | Suhu°C | Beban (N) | Kekuatan Bending (kN/mm <sup>2</sup> ) |
|-----------|--------|-----------|----------------------------------------|
| 1         | 300    | 11476     | 1291                                   |
| 2         |        | 12335     | 1388                                   |
| 1         | 400    | 11920     | 1341                                   |
| 2         |        | 8780      | 1126                                   |
| 1         | 500    | 11454     | 1288                                   |
| 2         |        | 13360     | 1503                                   |

| Tanpa Perlakuan | Beban (N) | Kekuatan Bending (kN/mm2) |
|-----------------|-----------|---------------------------|
| Media Oli       |           |                           |
| 1               | 9782      | 1100                      |
| 2               | 9355      | 1052                      |

Hasil uji menunjukkan bahwa spesimen tanpa perlakuan panas memiliki nilai kekuatan bending paling rendah, baik pada pendingi aloevera maupun oli. Setelah diberi perlakuan panas, terdapat

peningkatan signifikan pada kekuatan bending. Nilai kekuatan bending tertinggi tercatat pada suhu 500°C yaitu 1503kN/mm<sup>2</sup> (media oli) dan 1436kN/mm<sup>2</sup> (media aloe vera).

Setelah dilakukan pengujian kekuatan tekuk selanjutnya dilakukan analisa statistik dengan menggunakan uji anova dua arah, dimana data hasil pengujian pada table berikut:

Tabel 2. Analisa data beban kekuatan tekuk

|           | Tanpa Perlakuan | 300° C | 400° C | 500° C |
|-----------|-----------------|--------|--------|--------|
| Aloe vera | 9500            | 11607  | 11724  | 12447  |
|           | 9000            | 12354  | 10838  | 12767  |
| Oli       | 9782            | 12335  | 11920  | 11454  |
|           | 9355            | 11476  | 8780   | 13360  |
| Total     | 37637           | 47772  | 43262  | 50028  |
|           | 178,699         |        |        |        |

Tabel 3. Perhitungan nilai F

| Sumber Varian | Jumlah Kuadrat | Derajat Bebas | Rata-rata Kuadrat | F Hitung | F Tabel |
|---------------|----------------|---------------|-------------------|----------|---------|
| Barisan B     | 196,914.06     | 1             | 196,914.06        | 0,195593 | 5,31    |
| kolom K       | 22,444,007.69  | 3             | 7,481,336.00      | 7,431152 | 4,06    |
| Interaksi I   | 816,914.19     | 3             | 272,304.73        | 0,270478 | 4,06    |
| Error E       | 8,054,025.50   | 8             | 1,006,753.19      |          |         |
| Total         | 31,511,861.44  | 15            |                   |          |         |

Hasil uji ANOVA pada Tabel 3 menunjukkan Suhu perlakuan panas berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kekuatan bending ( $F_{hitung} = 7,43 > F_{tabel} = 4,06$ ). Jenis media quenching tidak berpengaruh signifikan ( $F_{hitung} = 0,195 > F_{tabel} = 5,31$ ). Tidak terdapat interaksi signifikan antara suhu dan media pendingin ( $F_{hitung} = 0,270 < F_{tabel} = 4,06$ ).

Peningkatan suhu normalizing secara umum meningkatkan kekuatan bending. Pada suhu 500°C, memungkinkan struktur mikro baja SS400 mengalami penyempurnaan distribusi ukuran butir akibat rekristalisasi, yang menghasilkan peningkatan plastisitas dan ketahanan terhadap pembebanan lentur. Penurunan kekuatan pada suhu 400°C dapat terjadi akibat tidak optimalnya proses rekristalisasi

atau ketidakaturan pendinginan sebelumnya. Meskipun media pendingin tidak menunjukkan pengaruh signifikan

Hasil paling optimal diperoleh dari kombinasi pendinginan menggunakan oli dan perlakuan panas pada suhu 500°C, yang menghasilkan kekuatan bending tertinggi mencapai 1503 kN/mm<sup>2</sup>, meningkat hampir 40% dibandingkan spesimen tanpa perlakuan panas.

## HASIL DAN KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengkaji pengaruh variasi suhu perlakuan panas (normalizing) dan jenis media pendingin (oli SAE 20-50 dan aloe vera) terhadap kekuatan bending hasil pengelasan SMAW pada baja karbon rendah SS400. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, diperoleh beberapa kesimpulan

Suhu perlakuan panas berpengaruh signifikan terhadap kekuatan bending. Peningkatan suhu hingga 500°C memberikan efek penguatan paling optimal, ditunjukkan dengan nilai kekuatan bending tertinggi mencapai 1503 kN/mm<sup>2</sup> (media oli). Jenis media pendingin tidak memberikan pengaruh signifikan secara Statistik terhadap kekuatan bending. Namun, spesimen yang didinginkan menggunakan oli SAE 20-50 cenderung menghasilkan nilai kekuatan bending yang sedikit lebih tinggi dibandingkan aloe vera pada setiap suhu perlakuan. Kombinasi perlakuan panas pada suhu 500°C dan media pendingin oli SAE 20-50 merupakan parameter terbaik dalam meningkatkan kekuatan bending sambungan las SMAW baja SS400, dengan peningkatan kekuatan hingga sekitar 40% dibandingkan spesimen tanpa perlakuan panas. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan panas pasca-las dengan kontrol suhu yang tepat dapat secara signifikan meningkatkan ketahanan mekanik sambungan, sementara penggunaan media pendingin alternatif seperti aloe vera masih memiliki potensi meskipun efektivitasnya belum sebaik oli.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa syukur, penulis mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar besarnya kepada Ibu Ir. Hj. Unung lesmanah, Bapak Dr. Ir. Priyagung hartono, M.T., dan Bapak Artono raharjo, S.T., M.T. serta keluarga dan semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyelesaian penelitian ini

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Sonawan and R. Suratman, "Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam," pp. 1–140, 2006.
- [2] A. Azwinur, S. A. Jalil, and A. Husna, "Pengaruh variasi arus pengelasan terhadap sifat mekanik pada proses pengelasan SMAW," *J. POLIMESIN*, vol. 15, no. 2, p. 36, 2017, doi: 10.30811/jpl.v15i2.372.
- [3] H. Wiryosumarto and T. Okumura, "TEKNOLOGI PENGELASAN LOGAM," vol. 1, 2000.
- [4] R. Siswanto, "Buku ajar teknologi pengelasan (HMKB791)," *Tek. Mesin Univeristas Lambung Mangkurat*, pp. 1–20, 2018.
- [5] N. Effendi, "Struktur Mikro Dan Kekerasan Baja S45C Pada Pengelasan Smaw Dengan Variasi Media Quench," *J. Ilm. Pendidik. Tek. dan Kejuru.*, vol. 12, no. 1, p. 30, 2019, doi: 10.20961/jiptek.v12i1.28916.
- [6] M. Jordi, H. Yudo, and S. Jokosisworo, "Analisa Pengaruh Proses Quenching Dengan Media Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja St 36 Dengan Pengelasan SMAW," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 4, p. 785, 2017, [Online]. Available: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [7] I. Hamdi, T. -, and H. Oktadinata, "Pengaruh Variasi Posisi Pengelasan Terhadap Distorsi Dan Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Baja Ss400 Menggunakan Metode Gmaw," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: 10.33558/jitm.v8i1.1998.
- [8] A. Farhan, U. Budiarto, and A. W. B. Santosa, "Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Tekuk, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja SS 400 Akibat Pengelasan Flux-Cored Arc Welding (FCAW) Dengan Variasi Suhu Normalizing," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, p.

323, 2019, [Online]. Available:  
[https://ejournal3.undip.ac.id/index.p  
hp/naval](https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval)

- [9] R. Rusnoto, A. Prasetyo N, I. S, and G. RW, “Variasi Temperatur Pemanasan Mula Pada Sifat Mekanik Pengelasan Baja Ss400,” *Surya Tek.*, vol. 6, pp. 1–4, 2022, doi: 10.48144/suryateknika.v6i2.1344.
- [10] D. Y. Akbar, D. R. Hartana, P. Studi, T. Mesin, and F. T. Industri, “Pengaruh Temperatur Preheat,” vol. 01, no. 01, pp. 47–56, 2020.