

ANALISIS VARIASI TEMPERATUR *LINE HEATING* TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA AH36 PADA STRUKTUR KAPAL

Satria Dian Saputra

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: satria.22094@mhs.unesa.ac.id

Hanna Zakiyya

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: hannazakiyya@unesa.ac.id

Abstrak

Deformasi pada pelat baja merupakan permasalahan umum dalam proses fabrikasi kapal yang dapat terjadi akibat pengelasan maupun pemindahan blok kapal. Salah satu metode yang digunakan untuk memperbaiki deformasi tersebut adalah *line heating*, namun proses pemanasan yang tidak terkontrol dapat memengaruhi sifat mekanik material. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur *line heating* terhadap sifat mekanik baja AH36, khususnya kekuatan tarik, regangan, dan kekerasan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif dengan material pelat baja AH36 setebal dua belas milimeter. Variasi temperatur yang digunakan adalah 550 °C, 650 °C, dan 750 °C dengan media pendingin air. Pengujian dilakukan melalui uji tarik dan uji kekerasan Rockwell B. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan temperatur *line heating* meningkatkan nilai kekerasan dari 82,44 Rockwell B pada 550 °C menjadi 96,56 Rockwell B pada 650 °C dan 114,56 Rockwell B pada 750 °C. Kekuatan tarik maksimum juga meningkat dari 552,27 MPa menjadi 588,97 MPa dan 654,07 MPa, sedangkan regangan menurun dari 31,8 % menjadi 25,0 % dan 16,2 %. Simpulan penelitian menunjukkan bahwa peningkatan temperatur dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan, tetapi menurunkan keuletan material. Temperatur 650 °C dinilai paling optimal karena memberikan keseimbangan antara kekuatan, kekerasan, dan keuletan baja AH36.

Kata Kunci: *line heating*, baja AH36, sifat mekanik, uji tarik, uji kekerasan

Abstract

Steel plate deformation is a common problem in ship fabrication processes and may occur due to welding and ship block handling. One method used to correct this deformation is line heating; however, uncontrolled heating may affect the mechanical properties of the material. This study aims to analyze the effect of line heating temperature variations on the mechanical properties of AH36 steel, particularly tensile strength, strain, and hardness. This research used a quantitative experimental method with a twelve-millimeter-thick AH36 steel plate as the material. The temperature variations used were 550 °C, 650 °C, and 750 °C with water as the cooling medium. Mechanical testing was conducted through tensile testing and Rockwell B hardness testing. The results show that increasing the line heating temperature increased the hardness value from 82.44 Rockwell B at 550 °C to 96.56 Rockwell B at 650 °C and 114.56 Rockwell B at 750 °C. The maximum tensile strength also increased from 552.27 MPa to 588.97 MPa and 654.07 MPa, while strain decreased from 31.8 % to 25.0 % and 16.2 %. The study concludes that increasing temperature improves strength and hardness but reduces material ductility. A temperature of 650 °C is considered the most optimal condition because it provides a balanced combination of strength, hardness, and ductility in AH36 steel.

Keywords: *line heating, AH36 steel, mechanical properties, tensile test, hardness test.*

PENDAHULUAN

Deformasi pelat baja merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi dalam proses fabrikasi kapal. Permasalahan ini umumnya muncul akibat proses pengelasan, pembentukan material, maupun pemindahan blok kapal yang kurang tepat. Deformasi dapat diartikan sebagai perubahan bentuk atau posisi material akibat adanya gaya, beban, maupun pengaruh panas yang bekerja pada material tersebut (Alifiansyah Surya Adifatama, 2024). Dalam industri galangan kapal, deformasi yang tidak terkontrol dapat mengganggu ketepatan bentuk struktur, menyulitkan proses perakitan, serta berpotensi menurunkan kualitas mekanik material. Deformasi akibat pemindahan blok kapal umumnya bersifat elastis, sedangkan deformasi akibat pengelasan cenderung bersifat plastis atau permanen karena adanya distribusi panas yang tidak merata pada pelat baja (Purnama & Rachman, 2023). Oleh karena itu, diperlukan metode perbaikan yang

mampu mengembalikan bentuk pelat baja tanpa menyebabkan penurunan kualitas material secara signifikan.

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk memperbaiki deformasi pelat baja pada proses fabrikasi kapal adalah *line heating*. *Line heating* merupakan proses pemanasan lokal yang dilakukan secara terarah pada jalur tertentu di permukaan pelat. Proses ini bekerja dengan memanfaatkan pemuatan dan penyusutan akibat perbedaan temperatur pada bagian material yang dipanaskan dan didinginkan. Dibandingkan dengan *spot heating*, metode *line heating* lebih sesuai diterapkan pada pelat baja dengan ketebalan menengah hingga tebal karena pola pemanasannya berbentuk garis kontinu dan mampu memberikan koreksi bentuk yang lebih merata (Ferdinand Ompusunggu, 2025). Selain memperbaiki bentuk pelat, proses *line heating* juga dapat memengaruhi sifat mekanik material karena adanya

perubahan tegangan termal, laju pendinginan, dan distribusi panas selama proses berlangsung (Utomo, 2019).

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja AH36, yaitu jenis baja yang banyak digunakan pada struktur kapal, seperti lambung, dek, dan komponen utama lainnya. Baja AH36 memiliki kekuatan luluh yang tinggi, ketangguhan yang baik, serta kemampuan las yang sesuai untuk kebutuhan konstruksi kapal. Baja ini termasuk dalam kategori *high strength low alloy steel* dengan kandungan karbon relatif rendah, sehingga memiliki kombinasi sifat mekanik yang baik antara kekuatan, keuletan, dan kemampuan fabrikasi (Akbar et al., 2021). Namun, meskipun baja AH36 memiliki karakteristik mekanik yang baik, proses pemanasan lokal seperti *line heating* tetap berpotensi mengubah sifat material. Pemanasan dengan temperatur tinggi yang diikuti pendinginan cepat dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan, tetapi juga dapat menurunkan keuletan material apabila temperatur tidak dikendalikan dengan tepat (Jeong et al., 2022).

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana variasi temperatur pada proses *line heating* memengaruhi sifat mekanik baja AH36, khususnya terhadap kekerasan dan hasil pengujian tarik. Proses *line heating* yang bertujuan memperbaiki deformasi dapat memberikan pengaruh positif terhadap kekuatan dan kekerasan material, tetapi pada saat yang sama berpotensi menurunkan keuletan apabila temperatur pemanasan terlalu tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur *line heating* terhadap kekerasan baja AH36 serta mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan tarik baja AH36. Variasi temperatur yang digunakan dalam penelitian ini adalah 550°C, 650°C, dan 750°C dengan media pendingin air. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam menentukan temperatur *line heating* yang optimal, sehingga proses perbaikan deformasi pelat baja AH36 dapat dilakukan dengan tetap menjaga keseimbangan antara kekuatan, kekerasan, dan keuletan material.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen kuantitatif deskriptif. Metode eksperimen kuantitatif deskriptif merupakan metode yang digunakan untuk mencari hubungan sebab dan akibat antara beberapa variabel yang saling berkaitan melalui pengujian langsung di lapangan atau laboratorium (Prof. Dr. Sugiyono, 2013). Pada penelitian ini, peneliti menguji pengaruh variasi temperatur paska proses *line heating* pada plat baja AH36 dengan media pendingin *water cooling*. Tujuannya adalah mengetahui sifat keuletan, kekuatan dan kekerasan baja AH36 paska *line heating* dengan pendingin *water cooling*.

Tempat dan Waktu Penelitian

- Lokasi Penelitian
Tempat penelitian pada tugas akhir ini dilaksanakan lab Uji DT Galangan Kapal Negeri di Surabaya
- Waktu Penelitian
Waktu yang digunakan untuk mengerjakan penelitian dimulai pada Februari 2026 – April 2026.

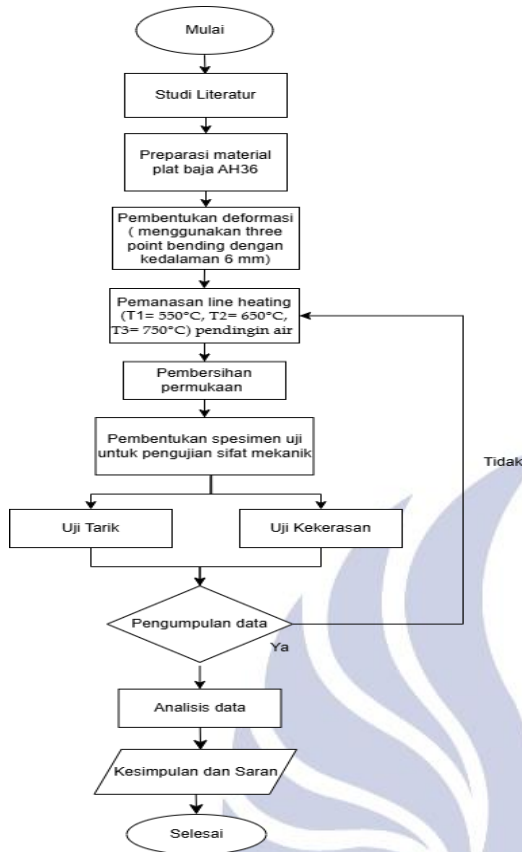
Variasi Penelitian

- Variabel Bebas
 1. Temperatur pemanas 550°C, 650°C, 750°C ($\pm 15^\circ\text{C}$)
- Variabel Terikat
 1. Uji Tarik
 2. Uji Kekerasan
- Variabel kontrol
 1. Jenis material: baja AH36.
 2. Ketebalan material 12 mm.
 3. Deformasi awal bending *three point* sedalam 6 mm.
 4. Jumlah proses *line heating* dua kali dengan arah berbeda.
 5. Permukaan material diasumsikan rata saat pemanasan.
 6. Media pendingin *water cooling*.
 7. Pemotongan spesimen diasumsikan tidak mengubah sifat mekanik.
 8. Waktu pemanasan diukur terkontrol dan kecepatan pemanasan dijaga konstan.

Teknik Pengumpulan Data

- Uji tarik untuk memperoleh data kekuatan tarik, tegangan luluh, regangan, dan perubahan luas penampang baja AH36.
- Uji kekerasan Rockwell B untuk memperoleh nilai kekerasan baja AH36 setelah proses *line heating*.
- Pengukuran waktu dan kecepatan pemanasan spesimen uji kekerasan dan uji tarik pada variasi temperatur *line heating*.
- Pencatatan hasil pengujian laboratorium ke dalam tabel, kemudian digunakan sebagai data utama penelitian.

Flow Chart Penelitian



Gambar 1 Flowchart Penelitian

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif deskriptif, yaitu dengan mengolah data hasil uji tarik dan uji kekerasan baja AH36 setelah proses *line heating* pada variasi temperatur 550°C, 650°C, dan 750°C dengan pendinginan *water cooling*. Data hasil pengujian direkap dalam bentuk tabel, kemudian dihitung dan dianalisis untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap perubahan sifat mekanik material dan dibandingkan dengan standar yang digunakan dalam penelitian.

Data yang diperoleh setelah pengujian dihitung menurut persamaan sesuai dengan standar ASTM

- Uji Tarik

1. Rumus menghitung T.y_s (*yield strength*)

$$T.y_s = \frac{P_{yield}}{A_o}$$

Keterangan :

T. y_s: Tegangan yield (*Yield strength*)

(*kgf/mm²*)

P. yield : Beban saat *yield*

A_o : Luas penampang awal

2. Rumus menghitung T.ts (*tensile strength*)

$$T.Ts = \frac{P_{max}}{A_o}$$

Keterangan :

T. Ts : Tegangan Tarik (*Tensile strength*)

(*kgf/mm²*)

P. max : Beban maksimum

A_o : Luas penampang awal

3. Rumus menghitung kofersi ke Mpa

$$1 \text{ kgf/mm}^2 = 9.81 \text{ Mpa.}$$

4. Rumus menghitung regangan (*Elongation*)

$$\epsilon = \frac{L_1 - L_o}{L_o} \times 100\%$$

Keterangan :

ε : *Elongation* (%)

L_o : Panjang sebelum patah

L₁ : Panjang setelah patah

5. Rumus menghitung luas daerah patah terkecil (*A_f*)

$$A_f = \text{Lebar} \times \text{Tebal}$$

6. Rumus menghitung RoA (*Reduction of Area*)

$$RoA = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100\%$$

Keterangan :

RoA : *Reduksion of Area* (%)

A_o : Luas penampang awal

A_f : Luas penampang akhir

- Uji Kekerasan

1. Rumus menghitung HRB (*Hardness Rockwell B*)

$$HRB = 130 - \frac{\text{kedalaman penetrasi}}{0.002}$$

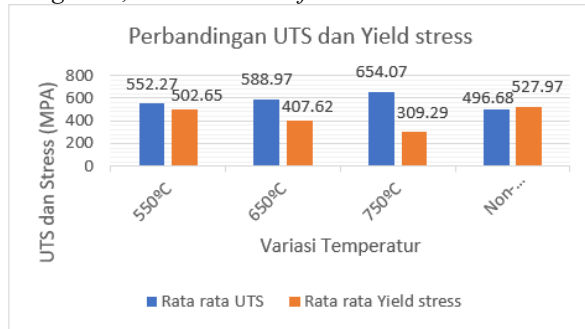
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Tarik

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Tarik

Variasi Temperatur	No. spstmen	UTS(ulttm) (MPa)	Yield stress(yield) (MPa)	Elongation (%)	Reduction of Area (%)
550°C	1.	552,89	504,53	32,4	56,4
	2.	550,44	494,13	31,6	56,3
	3.	552,90	499,64	31,2	56,1
	4.	553,39	512,18	32	56,5
	5.	551,73	502,76	31,8	56,6
Rata - Rata		552,27	502,65	31,80	56,44
Standar Deviasi		1,19	6,63	0,45	0,27
650°C	1.	594,98	405,94	24,8	28,7
	2.	585,20	414,86	25	29,1
	3.	584,31	402,41	25,6	29,5
	4.	586,65	404,66	25,2	29,2
	5.	593,70	410,25	24,4	28,6
Rata - Rata		588,97	407,62	25	29,02
Standar Deviasi		4,99	4,95	0,45	0,37
750°C	1.	649,42	303,13	16	2,1
	2.	654,92	311,96	16,4	2,3
	3.	653,05	311,08	16,4	2,3
	4.	652,65	310	16,2	2,2
	5.	655,01	310,29	16,2	2,2
Rata - Rata		654,07	309,29	16,24	2,22
Standar Deviasi		2,26	3,52	0,17	0,08
Non-treatmen	1.	496,68	527,97	35,6	57,8

Pada tabel 1 memberikan informasi perbedaan variasi temperatur pada nilai UTS, *yield stress*, *elongation*, dan *reduction of area*.



Grafik 1 Perbandingan UTS dan Yield stress

Berdasarkan gambar 4.6, peningkatan temperatur *line heating* dari kondisi tanpa perlakuan hingga 750°C memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik baja AH36, di mana nilai UTS meningkat dari 496,68 MPa menjadi 654,07 MPa, sedangkan *yield strength* menurun dari 527,97 MPa menjadi 309,29 MPa. Pada temperatur 550°C, UTS naik menjadi 552,27 MPa dan *yield strength* sedikit turun menjadi 502,65 MPa. Kondisi ini menunjukkan struktur mikro masih didominasi ferit dan perlit sehingga perubahan yang terjadi hanya berupa relaksasi tegangan dan *recovery* ringan tanpa perubahan fasa yang signifikan. Peningkatan UTS terjadi karena distribusi tegangan pada material menjadi lebih merata, sedangkan *yield strength* sedikit menurun akibat berkurangnya densitas dislokasi setelah pemanasan. Pada temperatur 650°C, UTS meningkat menjadi 588,97 MPa sedangkan *yield strength* turun menjadi 407,62 MPa akibat proses *softening* dan rekristalisasi parsial. Struktur ferit-perlit mulai mengalami penghalusan butir (*grain refinement*) akibat pendinginan cepat sehingga meningkatkan kekuatan tarik maksimum. Namun, *yield strength* menurun karena berkurangnya hambatan pergerakan dislokasi akibat proses *recovery* dan rekristalisasi sehingga material lebih mudah mengalami deformasi awal.

Pada temperatur 750°C, UTS mencapai nilai tertinggi sebesar 654,07 MPa sementara *yield strength* turun drastis menjadi 309,29 MPa. Kondisi ini disebabkan terbentuknya fasa martensit akibat pendinginan cepat (*water cooling*). Martensit memiliki sifat sangat keras dan kuat tetapi getas sehingga meningkatkan kekerasan dan UTS. Namun, rekristalisasi penuh dan berkurangnya densitas dislokasi menyebabkan *yield strength* menurun serta material menjadi lebih rapuh dan mengalami penurunan keuletan. Oleh karena itu, temperatur 750°C tidak direkomendasikan karena meningkatkan risiko kegagalan material. Patahan spesimen uji tarik yang tidak terjadi di bagian tengah (*gauge length*) menunjukkan adanya tegangan sisa serta proses *machining* yang kurang seragam sehingga menyebabkan konsentrasi tegangan pada area tertentu (Wang et al., 2022).

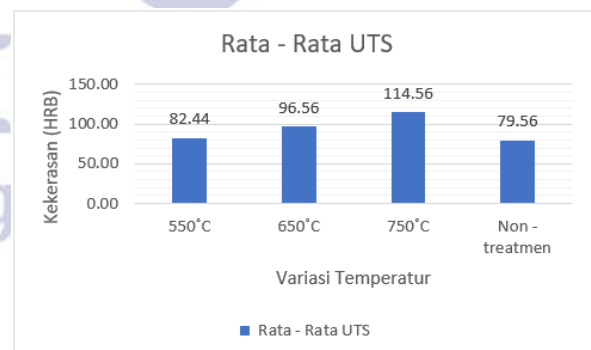
Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya berjudul "*Analysis of the Effect Line Heating on Mechanical Properties and Microstructure of Steel ASTM A36 with Variations Cooling*", di mana pendinginan cepat pada proses *line heating* meningkatkan kekuatan tarik akibat terbentuknya butir yang lebih halus (*grain refinement*), sedangkan pendinginan lambat menyebabkan pertumbuhan butir dan penurunan kekuatan. Peningkatan UTS pada penelitian ini mengikuti tren tersebut, namun penurunan *yield strength* yang signifikan menunjukkan bahwa pengaruh temperatur tinggi lebih dominan dalam menyebabkan pelunakan material. Berdasarkan hal tersebut, temperatur 550°C dengan nilai UTS 552,27 MPa dan *yield strength* 502,65 MPa dapat dianggap sebagai kondisi paling efektif karena memberikan keseimbangan terbaik antara kekuatan tarik dan ketahanan terhadap deformasi awal, sehingga lebih sesuai untuk aplikasi struktural kapal.

Hasil Pengujian Kekerasan

Tabel 2 Data Hasil Pengujian Kekerasan

T.P (No)	Nilai Kekerasan (HRB 1)	Nilai Kekerasan (HRB 2)	Nilai Kekerasan (HRB 3)	Rata - Rata	Standar Deviasi
550 °C	1.	82	82	82,44	0,53
	2.	83	83		
	3.	83	82		
650 °C	1.	97	97	96,56	0,53
	2.	97	96		
	3.	96	97		
750 °C	1.	115	115	114,56	0,53
	2.	115	114		
	3.	114	115		
Non - Treatment	1.	80	79	79,56	0,53
	2.	79	79		
	3.	80	80		

Pada tabel 2 memberikan informasi perbedaan variasi temperatur pada nilai kekerasan.



Grafik 2 Perbandingan rata-rata Nilai Kekerasan antar Variasi

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan, nilai rata-rata meningkat seiring kenaikan temperatur, yaitu dari 79,56 HRB pada temperatur 550°C menjadi 96,56 HRB peningkatan ini terjadi karena struktur mikro baja AH36 masih didominasi oleh ferit dan perlit. Ferit memiliki sifat lunak dan ulet, sedangkan perlit lebih keras karena tersusun dari lapisan ferit dan sementit. Pada temperatur ini belum terjadi perubahan fasa yang

signifikan, namun pemanasan menyebabkan relaksasi tegangan dan sedikit penghalusan struktur sehingga kekerasan meningkat dibanding material *non-treatment*. Pada temperatur 650°C menjadi 82,44 peningkatan kekerasan terjadi karena struktur ferit-perlit mulai mengalami rekristalisasi parsial dan *grain refinement* akibat pendinginan cepat (*water cooling*). Struktur butir yang lebih halus meningkatkan hambatan pergerakan dislokasi sehingga material menjadi lebih keras. Selain itu, sebagian perlit mengalami penyempurnaan struktur yang turut meningkatkan nilai kekerasan material. Pada temperatur 750°C nilai kekerasan mencapai maksimum yaitu 114,56 HRB karena temperatur pemanasan mendekati daerah transformasi austenit dan pendinginan cepat membentuk fasa martensit yang menyebabkan struktur struktur sangat keras dan kuat, tetapi bersifat getas (Wang et al., 2022). Dengan demikian, peningkatan nilai kekerasan yang signifikan hingga temperatur 750°C pada penelitian ini menunjukkan bahwa temperatur tersebut merupakan kondisi yang paling optimal dalam meningkatkan kekerasan material. Tetapi nilai kekerasan pada temperatur 750°C diluar nilai standar yang dipakai pada penelitian ini serta temperatur melebihi temperatur fasa yaitu 727°C. Oleh karena itu, temperatur 750°C tidak direkomendasikan karena meningkatkan risiko kegagalan material.

Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang berjudul "*Analysis of the Effect Line Heating on Mechanical Properties and Microstructure of Steel ASTM A36 with Variations Cooling*" membahas pengaruh proses line heating terhadap sifat mekanik baja kekuatan tinggi. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa perubahan sifat mekanik sangat dipengaruhi oleh evolusi mikrostruktur akibat siklus termal, khususnya pada tahap pendinginan. Pendinginan cepat (*water quenching*) menghasilkan penyempurnaan ukuran butir yang meningkatkan kekuatan material, sedangkan pendinginan lambat (*air cooling*) menyebabkan pertumbuhan butir yang berpotensi menurunkan kekuatan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, variasi temperatur pada proses *line heating* memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik baja AH36, baik pada aspek kekerasan maupun hasil pengujian tarik. Semakin tinggi temperatur pemanasan yang diberikan, baja AH36 cenderung mengalami peningkatan kekerasan dan kekuatan tarik karena adanya pengaruh panas dan pendinginan cepat yang menyebabkan perubahan karakteristik material. Namun, peningkatan tersebut tidak selalu menunjukkan kondisi yang paling baik, karena temperatur yang terlalu tinggi dapat membuat material menjadi lebih keras tetapi menurunkan keuletannya. Hal ini menunjukkan bahwa proses *line heating* harus dilakukan dengan pengendalian temperatur yang tepat agar tujuan perbaikan deformasi tetap tercapai tanpa menimbulkan penurunan kualitas

mekanik baja. Berdasarkan hasil pengujian, temperatur 650 °C dapat dinilai sebagai kondisi yang paling efektif karena mampu meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik, tetapi masih menjaga karakteristik baja AH36 agar tidak terlalu menyimpang dari standar material. Sebaliknya, temperatur 750 °C kurang direkomendasikan karena menghasilkan kekerasan yang terlalu tinggi dan berpotensi membuat material lebih getas. Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa temperatur *line heating* berperan penting dalam menentukan kualitas akhir baja AH36, sehingga pemilihan temperatur yang tepat menjadi faktor utama dalam menjaga keseimbangan antara kekuatan, kekerasan, dan keuletan material pada struktur kapal.

SARAN

1. Menambahkan variasi media pendingin, seperti udara, air, dan oli, agar hasil setiap media pendingin dapat dibandingkan dan diketahui media yang paling efektif untuk proses *line heating* baja AH36.
2. Menambahkan pengujian mikrostruktur, uji bending, dan uji impact, agar perubahan material tidak hanya dilihat dari uji tarik dan kekerasan, tetapi juga dari struktur mikro, kemampuan lentur, dan ketangguhan material.
3. Menambahkan variasi ketebalan atau jenis material lain, agar temperatur optimal tidak hanya berlaku pada baja AH36 ketebalan 12 mm, tetapi juga dapat dibandingkan pada ketebalan atau material berbeda.
4. Menambahkan jumlah spesimen pada temperatur 750°C dan material tanpa perlakuan, agar hasil pengujian lebih akurat, terutama karena temperatur 750°C tidak direkomendasikan tetapi masih perlu validasi data tambahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. S., Prabowo, A. R., Tjahjana, D. D. D. P., & Tuswan, T. (2021). Analysis of plated-hull structure strength against hydrostatic and hydrodynamic loads: A case study of 600 TEU container ships. *Journal of the Mechanical Behavior of Materials*, 30(1), 237–248. <https://doi.org/10.1515/jmbm-2021-0025>
- Alifiansyah Surya Adifatama, D. S. dan R. C. A. (2024). Studi Pengaruh Penguatan pada Struktur Lambung. *JURNAL TEKNIK ITS*, 13, 2337–3539.
- Ferdinand Ompusunggu, A. P. H. H. (2025). Proses Perlakuan Panas Untuk Meluruskan Material H-BEAM. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9.

Jeong, S., Hong, S., Seo, J., & Choi, W. (2022). Effect of Line-Heating on the Microstructural and Mechanical Characteristics of 320-MPa-Grade High-Strength Hull Plates. *Journal of Welding and Joining*, 40(4), 352–357. <https://doi.org/10.5781/jwj.2022.40.4.8>

Prof. Dr. Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif*.

Purnama, B., & Rachman, T. (2023). Teknik Penanganan Deformasi Pengelasan Elemen Pendukung Konstruksi Bangunan Kapal. *Riset Sains Dan Teknologi Kelautan*, 6, 281–286. <https://doi.org/10.62012/sensistek.v6i2.32548>

Utomo, B. (2019). Perbaikan Deformasi Plat Baja Pada Konstruksi Block SS1A Kapal Cepat Rudal 60M Akibat Proses Assembly. In *Jurnal Proyek Teknik Sipil* (Vol. 2, Number 1).

Wang, L., Li, H., Huang, Y., Wang, K., & Zhou, M. (2022). Effect of Preheating on Martensitic Transformation in the Laser Beam Welded AH36 Steel Joint: A Numerical Study. *Metals*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/met12010127>

