

Pengaruh Proses Post Weld Heat Treatment (PWHT) terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Sambungan Las Tungsten Inert Gas (TIG) pada Baja SS 400

Yustiasih Purwaningrum^{*1}, Reza Arief Sidiq², Isal Alvianto³

^{1,2,3} Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14,5 Ngemplak, Sleman, Yogyakarta, 55584 Indonesia

^{*}Corresponding author: yustiasih.purwaningrum@uii.ac.id

Abstract

The aimed of this research is to find the PWHT (post weld heat treatment) temperature that can produce the optimal physical and mechanical properties of TIG (tungsten inert gas) welded joints on SS 400 steel.. The PWHT temperature in previous TIG welding studies on steel used temperatures below 700°C. At this temperature, the steel's microstructure consists of ferrite and pearlite, so the microstructure after PWHT cooling does not change, remaining ferrite and pearlite. The PWHT process used in this study is quenching with water as the cooling medium. The temperature variations used are 900°C, 1000°C, and 1100°C. Within this temperature range, the steel's pearlite phase has transformed into austenite. After cooling, the austenite phase will change depending on the cooling rate, which further increases the potential improvement in its mechanical properties. The material used is SS 400 steel with dimensions of 300 mm x 100 mm and a thickness of 5 mm. The TIG welding process was carried out using a tungsten electrode AWS A5 12-80 ϕ 2.4 mm and filler metal ER 70S-6 ϕ 1.6 mm. The welding parameters used were a voltage of 230 V, current of 95 A, welding speed of 1.46 mm/s, and argon shielding gas. The tests conducted were dye penetrant testing, microstructure observation, tensile testing, bending testing, microvickers hardness testing, and corrosion rate testing. The test results indicate that a PWHT temperature variation of 1000°C produces the most optimal weld joint. The tensile strength of the weld with a temperature variation of 1000°C is 246.31 MPa. This value is 25.8% higher compared to the 900°C variation and 9.9% higher compared to the 1100°C variation. The bending test results show that the bending strength of the weld with PWHT at 1000°C is 483.99 MPa. This value is higher compared to the welds with PWHT at 900°C and 1100°C, which have bending strengths of 307.52 MPa and 280.81 MPa, respectively. The microstructure formed after the PWHT process at all temperature variations is the same, which is martensite with hard and brittle properties, due to the rapid cooling process. The corrosion rate values fall into the good category for all welds with PWHT. This research produced PWHT temperature data that is useful for improving the physical and mechanical properties of TIG welding results on SS 400 steel, which can be applied in the construction field.

Keywords: TIG, PWHT, bending, tensile, martensit

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh temperatur PWHT (post weld heat treatment) yang dapat menghasilkan sifat fisik dan mekanik optimum sambungan las TIG (tungsten inert gas) pada baja SS 400. Proses PWHT pada penelitian-penelitian pengelasan TIG baja sebelumnya menggunakan temperatur dibawah 700°C. Pada temperatur ini struktur mikro baja berupa ferit dan perlit sehingga struktur mikro hasil PWHT setelah pendinginan tidak mengalami perubahan yaitu ferit dan perlit. Proses PWHT yang digunakan pada penelitian ini adalah proses quenching dengan media pendinginan air. Variasi temperatur yang digunakan adalah 900°C, 1000°C, dan 1100°C. Pada range temperature yang digunakan fasa perlit dari baja telah berubah menjadi austenite. Setelah proses pendinginan fasa austenite akan berubah sesuai dengan kecepatan pendinginannya sehingga lebih memperluas kemungkinan peningkatan sifat mekaniknya. Material yang digunakan adalah baja SS 400 dengan ukuran 300 mm x 100 mm dengan ketebalan 5 mm. Proses pengelasan TIG dilakukan dengan menggunakan elektroda tungsten AWS A5 12-80 ϕ 2,4 mm dan logam pengisi ER 70S-6 ϕ 1,6 mm. Parameter pengelasan yang digunakan adalah tegangan 230 V, arus 95 A, kecepatan pengelasan 1,46 mm/s dan gas pelindung argon. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian dye penetrant, pengamatan struktur mikro, pengujian tarik, pengujian bending, pengujian kekerasan, dan pengujian laju korosi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi temperatur PWHT 1000°C menghasilkan sambungan las paling optimum. Nilai kekuatan tarik hasil las dengan variasi temperatur 1000°C mempunyai nilai 246,31 MPa. Nilai tersebut lebih tinggi 25,8 % dibandingkan dengan variasi 900°C dan 9,9 % dibandingkan dengan variasi 1100°C. Hasil pengujian bending menunjukkan nilai bending hasil las dengan PWHT 1000°C adalah 483,99 MPa. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan hasil las dengan PWHT 900°C dan 1100°C yang mempunyai nilai kekuatan bending 307,52 MPa dan 280,81 MPa. Struktur mikro yang

DOI: <https://doi.org/10.24127/trb.v15i1.5263>

Received 21 May 2026; Received in revised form 7 July 2026; Accepted 26 July 2026

Available online 28 July 2026



terbentuk setelah proses PWHT pada semua variasi temperatur adalah sama yaitu martensit yang mempunyai sifat keras dan getas. karena proses pendinginannya berjalan dengan cepat. Nilai laju korosi masuk dalam kategori baik untuk semua hasil las dengan PWHT. Penelitian ini menghasilkan data yang bermanfaat untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik hasil las TIG pada baja SS 400 yang dapat diaplikasikan bidang konstruksi

Kata kunci: TIG, PWHT, kekuatan bending, kekuatan tarik, martensit

1. Pendahuluan

Pengelasan adalah salah satu proses rekayasa paling penting yang banyak diaplikasikan pada industri otomotif, dirgantara, pembuatan kapal, dan struktur baja di seluruh dunia [1]. Proses pengelasan menghasilkan sambungan dengan kualitas baik dan tahan lama [2]. Sumber energi yang digunakan dalam proses pengelasan adalah busur listrik, kimia, laser, gesekan dan ultrasonic. Proses pengelasan meningkatkan fleksibilitas desain, mengoptimalkan sumber daya dan meningkatkan kinerja struktur komponen yang dilas [3]. Selain itu pengelasan juga mempunyai kelemahan yaitu cacat metalurgi seperti porositas, retak dan inklusi serta terbentuknya tegangan sisa tarik dan konsentrasi tegangan sehingga menyebabkan ketahanan terhadap fatik berkurang. Penelitian menunjukkan nilai ketahanan fatik hasil las tidak meningkat seiring dengan peningkatan kekuatan tarik dan kekuatan luluh hasil pengelasan [4].

Pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) menggunakan tungsten sebagai elektroda yang tidak mudah terbakar untuk menghasilkan busur pengelasan [5] dan gas argon sebagai gas pelindung. Las TIG menyatukan dua potongan logam dengan cara pemanasan bagian yang akan disambung sampai meleleh dan logam cairnya dilindungi oleh gas pelindung [6]. Pengelasan TIG merupakan jenis pengelasan yang banyak diaplikasikan karena fleksibilitas dan kepresisiannya [7], serta menghasilkan kualitas las yang sangat baik karena busur lasnya stabil [8]. Selain itu pengelasan TIG mempunyai kontrol yang baik terhadap masukan panas (*heat input*) yang dapat meminimalkan terjadinya cacat akibat proses pengelasan. Hasil pengelasan TIG menunjukkan zona fusi yang bersih dan bebas dari terak sehingga mengurangi

kemungkinan heterogenitas mikrostruktur yang mempercepat pertumbuhan korosi [9].

Proses *Post Weld heat Treatment* (PWHT) adalah proses pemanasan kembali hasil las hingga temperatur dibawah temperatur transformasi kritisnya (*heating*) kemudian dipertahankan pada temperatur tersebut selama jangka waktu tertentu (*holding*) dan selanjutnya dilakukan proses pendinginan sampai temperatur ruang (*cooling*). PWHT adalah proses penting dalam pengelasan yang dapat meningkatkan sifat material hasil las dengan mengurangi tegangan sisa dan meningkatkan ketangguhan. Selain itu pengaruh PWHT yang lain adalah dapat meningkatkan kekuatan tarik sambungan dan meningkatkan nilai kekerasan pada daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) [10]. Industri yang memproduksi mesin dan peralatan berat sering melakukan proses *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan komponen yang dilas [11].

Proses PWHT dengan menggunakan temperatur 480 °C dengan waktu penahanan 6 jam meningkatkan kekuatan luluh dan kekuatan tarik dari sambungan las TIG paduan magnesium Mg-3Nd-3Gd-0,2Zn-0,5Zr (EV33). Nilai kekuatan luluh dan tarik sebelum proses PWHT adalah 129 ± 9 MPa dan 187 ± 7 Mpa meningkat menjadi 221 ± 13 Mpa dan 319 ± 10 MPa. Tetapi nilai regangannya turun dari $10,2 \pm 0,7$ % menjadi $6,1 \pm 0,4$ % [12]. Nilai kekerasan hasil las dissimilar ST 37 dan AISI 304 yang telah dilakukan proses PWHT dengan temperatur 550°C dengan variasi waktu penahanan 1 jam, 2 jam, dan 3 jam menghasilkan nilai tertinggi 168,22 HVN. Nilai tersebut meningkat jika dibandingkan dengan logam induknya yang mempunyai nilai kekerasan 157,03 HVN [13]. Tegangan sisa hasil pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) pada baja

Bisaloy 80 menunjukkan pengurangan secara signifikan setelah melalui proses PWHT kombinasi antara quenching dan tempering. Nilai pengurangan tegangan sisa adalah 79 % dari 642 ± 24 MPa menjadi 145 ± 21 MPa [14]. Penelitian lain menunjukkan bahwa PWHT meningkatkan ukuran karbida sebesar 227 % menjadi 360 nm. Pembesaran ini terlihat sepanjang batas butir dan melalui agregasi intragranular [15]. Hasil pengujian Tarik, impak dan kekerasan menunjukkan parameter optimum proses PWHT pada sambungan GTAW baja P92 adalah 760°C dan waktu 120 menit [16].

Dari beberapa penelitian sebelumnya masih terdapat beberapa hal yang belum dilakukan sehingga membuka peluang penelitian baru. Sebagian besar penelitian sebelumnya yang menggunakan material baja menggunakan temperatur PWHT rendah yaitu dibawah 800°C. Pada temperatur tersebut struktur mikronya berupa ferit dan perlit dan belum terjadi perubahan dan pertumbuhan struktur perlitnya. Pada penelitian ini digunakan temperatur PWHT 900°C, 1000°C dan 1100°C. Pada variasi temperatur tersebut fasa struktur mikro perlit sudah berubah menjadi austenite. Setelah proses pendinginan fasa austenite akan berubah sesuai dengan kecepatan pendinginannya sehingga lebih memperluas kemungkinan peningkatan sifat mekaniknya. Diharapkan penelitian ini akan memberikan hasil berupa metode dan parameter yang menghasilkan data yang bermanfaat untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik hasil las TIG pada baja SS 400 pada bidang konstruksi.

2. Metode Penelitian

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja SS 400 dengan ukuran 300 mm x 100 mm x 5 mm. Proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan las TIG (*Tungsten Inert Gas*) dengan menggunakan elektroda tungsten AWS A5 12-80 ϕ 2,4 mm dan logam pengisi ER 70S-6 ϕ 1,6 mm. Parameter pengelasan yang digunakan adalah tegangan 230 V, arus 95 A dan kecepatan

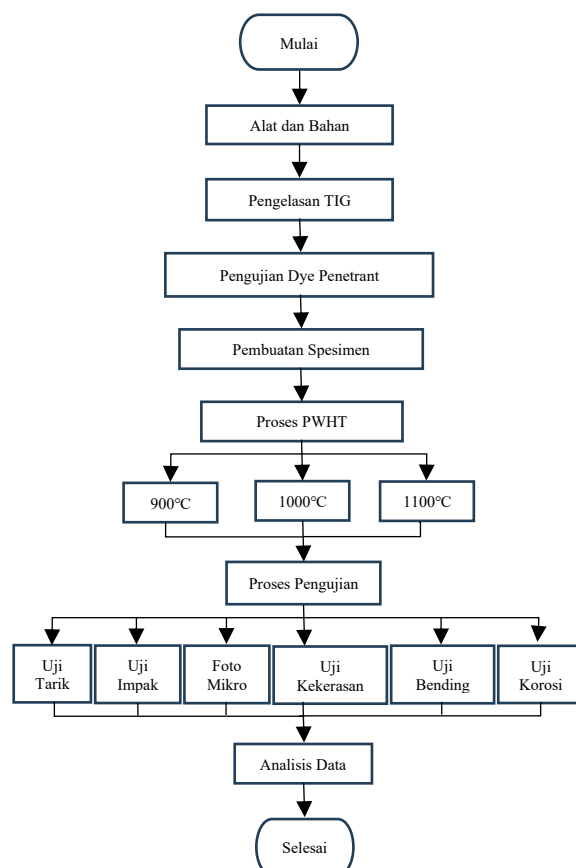
pengelasan 1,46 mm/s. Gas pelindung yang digunakan adalah argon dengan laju aliran 6 liter/menit.

Proses PWHT dilakukan dengan menggunakan *furnace* yang berada di Laboratorium Proses Manufaktur UII. Variasi temperatur yang digunakan adalah 900°C, 1000°C, dan 1100°C. Waktu penahanan yang digunakan adalah 2 jam dan proses pendinginan dilakukan menggunakan air. Waktu yang diperlukan untuk mencapai temperatur yang diinginkan adalah seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Waktu proses pemanasan

Temperatur	Waktu
900°C	35:38
1000°C	44:25
1100°C	50:59

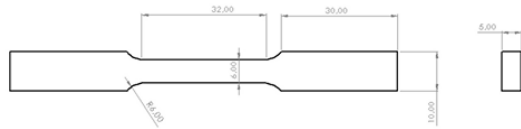
Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pengujian mekanik yang dilakukan adalah pengujian tarik dan pengujian *bending* menggunakan *Universal Testing Machine*, serta pengujian ketangguhan

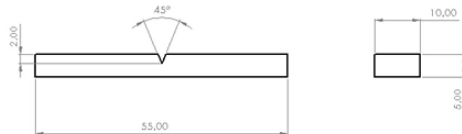
impak dengan metode Charpy. Bentuk dan ukuran spesimen pengujian mekanik dapat dilihat gambar (2), (3) dan (4).



Gambar 2. Spesimen Uji Tarik standar ASTM E8



Gambar 3. Spesimen Uji Bending standar JIS 2204



Gambar 4. Spesimen Uji Impak standar JIS 2202

Pengujian fisik yang dilakukan adalah pengujian dye penetrant untuk mengetahui adanya cacat hasil pengelasan, pengujian komposisi kimia dengan menggunakan spectrometer, pengujian kekerasan dengan menggunakan Vickers microhardness dengan beban 200 grf dan pengujian korosi yang dilakukan dengan perendaman menggunakan media air laut selama 40 hari.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Dye Penetrant

Pengujian *dye penetrant* dilakukan untuk mengetahui kualitas hasil pengelasan. Hasil pengujian *dye penetrant* dapat dilihat pada gambar 5. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sambungan hasil pengelasan TIG dengan variasi temperatur PWHT tidak menunjukkan adanya cacat pada permukaan las. Pada sambungan las terlihat berwarna putih sesuai dengan warna *developer* dan tidak terdapat bagian-bagian yang berwarna merah yang menunjukkan adanya cacat hasil pengelasan.



Gambar 5. Hasil pengujian dye penetrant hasil las dengan PWHT
(a) 900°C (b) 1000°C (c) 1100°C

3.2 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan *spectrometer*. Pengujian dilakukan pada daerah logam induk dan daerah las. Hasil pengujian (Tabel 2) menunjukkan unsur kimia Al, Si dan Mn mengalami perubahan jumlahnya. Hal tersebut disebabkan karena pada proses pengelasan TIG digunakan *filler* (logam pengisi). Logam pengisi akan bercampur dengan logam induk membentuk logam las.

Tabel 2. Hasil pengujian komposisi kimia (Wt %)

Komposisi Kimia	Logam Induk (%Wt)	Hasil Las (%Wt)
Fe	98,9431	98,9180
S	0,0129	0,0129
Al	0,0229	0,0075
C	0,1452	0,1179
Ni	0,0861	0,0749
Nb	0,0000	0,0003
Si	0,1278	0,1619
Cr	0,0648	0,0545
V	0,0007	0,0010
Mn	0,3369	0,3910
Mo	0,0119	0,0096
W	0,0001	0,0003
P	0,0152	0,0171
Cu	0,1926	0,1807
Ti	0,0013	0,0060
N	0,0095	0,0165
B	0,0002	0,0002
Pb	0,0008	0,0010
Sb	0,0015	0,0016
Ca	0,0016	0,0013

Sifat mampu las baja dapat dilihat dari nilai C_{ek} (karbon ekuivalen). Baja mempunyai sifat mampu las baik jika nilai $C_{ek} < 0,4$. Persamaan 1 menunjukkan rumus nilai C_{ek} .

$$C_{ek} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cu+Ni}{15} + \frac{Cr+Mo+V}{5} \dots \dots \dots (1)$$

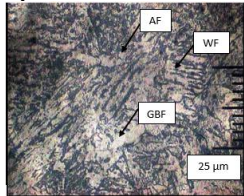
Dari persamaan 1 dan hasil pengujian komposisi kimia dapat dihitung nilai C_{ek} baja SS 400. Hasil perhitungan menunjukkan nilai 0,23541. Hal tersebut menunjukkan bahwa baja SS 400 mempunyai sifat mampu las yang baik.

$$C_{ek} = 0,1452 + \frac{0,3369}{6} + \frac{0,1926 + 0,0861}{15} + \frac{0,0648 + 0,0119 + 0,0007}{5}$$

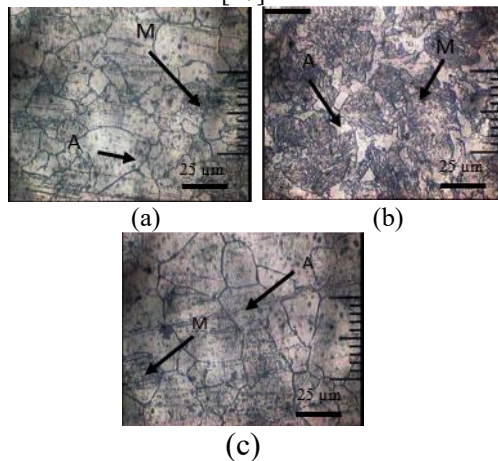
$$C_{ek} = 0,23541 \%$$

3.3 Pengamatan Struktur Mikro

Hasil pengamatan strukturmikro daerah las sebelum dan sesudah proses PWHT dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7. Pengamatan strukturmikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 200x.



Gambar 6. Hasil pengamatan strukturmikro hasil las [17]



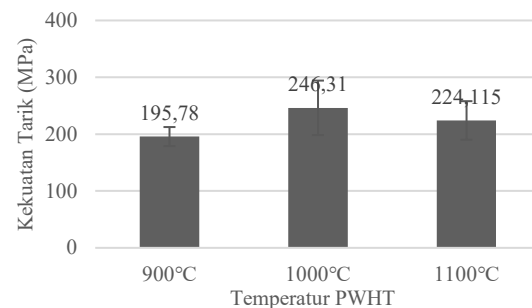
Gambar 7. Hasil pengamatan strukturmikro hasil las dengan PWHT
(a) 900°C (b) 1000°C (c) 1100°C

Gambar 6 menunjukkan struktur mikro hasil las tanpa PWHT berupa *Acicular ferrite* (AF), *Widmanstätten ferrite* (WF) dan *grain boundary ferrite* (GBF). Setelah proses PWHT struktur mikro berubah *austenit* (A) dan sebagian berupa *martensit* (M) untuk semua variasi temperatur (gambar 7). Martensit merupakan strukturmikro halus, seperti

jarum atau seperti pelat dalam matriks baja dan terlihat berwarna gelap. Dari gambar 7 terlihat bahwa distribusi martensit tidak homogen untuk semua variasi temperatur PWHT.

3.4 Pengujian Kekuatan Tarik

(Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* dengan pengulangan 3 kali untuk setiap variasi pengelasan.



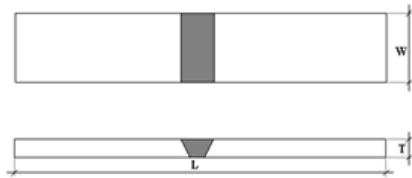
Gambar 8. Hasil pengujian tarik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik terbesar terdapat pada hasil las dengan temperatur PWHT 1000°C dengan nilai 246,31 MPa, diikuti oleh temperatur 1100°C dengan nilai 224,11 MPa dan nilai terkecil terdapat pada hasil las dengan temperatur 900°C dengan nilai 195,78 MPa (Gambar 8).

Nilai kekuatan tarik tertinggi yang terdapat pada hasil PWHT dengan temperatur 1000°C disebabkan karena strukturmikro pada hasil las tersebut mempunyai jumlah martensit lebih banyak dibandingkan variasi temperatur PWHT yang lain. Struktur martensit terbentuk saat proses pendinginan berjalan sangat cepat. Pada proses ini atom karbon tidak dapat berdifusi sehingga terbentuk struktur martensit yang bersifat keras dan getas. Hal ini sesuai dengan proses PWHT yang dilakukan pada penelitian yang berupa *quenching* (pendinginan cepat) dengan media air. Dalam metalurgi baja, strukturmikro berupa martensit sangat diperlukan untuk mendapatkan kekuatan dan kekerasan tinggi.

3.5. Pengujian Bending

Pengujian bending yang dilakukan adalah metode *three point bending* dengan posisi *root bending* seperti terlihat pada gambar 9. Pengujian dilakukan 3x untuk setiap variasi temperatur PWHT.



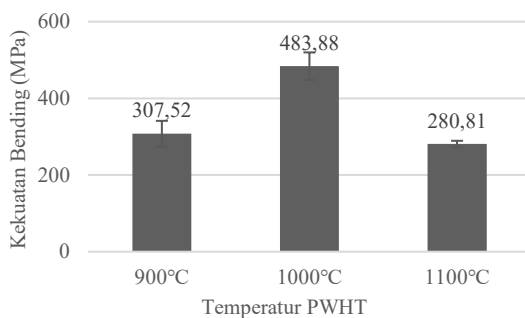
Gambar 9. Posisi *face bending* [17]

Nilai kekuatan *bending* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2. Spesimen uji bending menggunakan standar JIS 2204. Hasil pengujian *bending* terlihat pada gambar 10.

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan :

- σ_b = kekuatan *bending* (Mpa)
- P = beban (N)
- L = jarak tumpuan (mm)
- b = lebar (mm)
- d = tebal (mm)



Gambar 10. Hasil pengujian *bending*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekuatan *bending* tertinggi terdapat pada hasil las dengan perlakuan PWHT 1000°C dengan nilai 483,88 MPa dibandingkan dengan PWHT 900°C yang mempunyai nilai 307,52 MPa dan PWHT 1100°C yang mempunyai nilai 280,81 MPa. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan nilai kekuatan tariknya yaitu 246,31 MPa. Kecenderungan tersebut berlaku untuk semua variasi temperatur PWHT yang digunakan dalam penelitian ini. Data ini

sesuai dengan hasil penelitian [18] yang menyatakan bahwa kekuatan *bending* logam lebih besar dibandingkan kekuatan tariknya.

3.6 Nilai Kekerasan

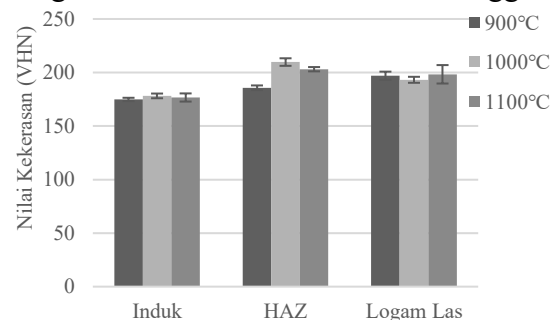
Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode Vickers microhardness dengan menggunakan beban 200 gr. Pengujian dilakukan pada semua daerah hasil pengelasan yaitu daerah logam induk, HAZ (*heat affected zone*) dan daerah las. Pengujian dilakukan secara acak dengan 3 kali indentasi untuk setiap daerah hasil pengelasan.

Tabel 3 menunjukkan nilai kekerasan hasil las tanpa proses PWHT dan gambar 10 menunjukkan nilai kekerasan hasil las dengan variasi temperatur PWHT.

Tabel 3. Hasil pengujian kekerasan hasil las tanpa PWHT [17]

Daerah	Nilai Kekerasan (VHN)
Logam Induk	133,8
HAZ	146,1
Daerah Las	167,9

Daerah logam induk mempunyai nilai rata-rata kekerasan paling rendah dibandingkan dengan daerah lainnya. Pada daerah logam induk struktur mikronya berupa ferit dan perlit. Pada daerah ini tidak terjadi perubahan struktur mikro akibat panas pengelasan. Pada daerah HAZ (*heat affected zone*) tidak terjadi perubahan bentuk strukturmikro, yang terjadi adalah perubahan ukuran strukturmikro akibat panas pengelasan. Strukturmikro pada daerah ini ukurannya lebih kecil dibandingkan logam induk yang menghasilkan nilai kekerasan lebih tinggi.

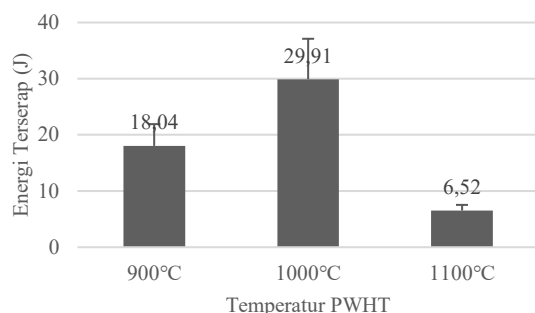


Gambar 11. Hasil pengujian kekerasan Vickers

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa hasil las dengan PWHT mempunyai nilai lebih tinggi pada semua daerah (logam induk, HAZ, daerah las) dibandingkan hasil las tanpa PWHT (tabel 3 dan gambar 11). Hal ini disebabkan karena struktur mikro yang terbentuk pada hasil las dengan PWHT adalah berupa martensit. Martensit mempunyai struktur Kristal BCT (*body centered tetragonal*) yang mempunyai kerapatan atom lebih tinggi dibandingkan austenite yang mempunyai struktur Kristal FCC (*face centered cubic*) sehingga mempunyai karakter keras dan getas.

3.7 Pengujian Ketangguhan Impak

Pengujian ketangguhan impak dilakukan dengan metode Charpy. Gambar 12 dan gambar 13 menunjukkan hasil pengujian ketangguhan impak.



Gambar 12. Hasil pengujian ketangguhan Impak

Jumlah energi yang terserap untuk variasi temperatur 900°C dan 1100°C adalah 18,04 J dan 6,52 J dan semua spesimen mengalami patah (Gambar 13). Sedangkan energi terserap tertinggi terdapat pada variasi temperatur PWHT 1000°C yaitu dengan nilai 29,91 J dan spesimen tidak mengalami patah. Hal tersebut menunjukkan bahwa specimen dengan variasi PWHT 1000°C bersifat ulet dan mempunyai nilai ketangguhan tinggi.



Gambar 13. Spesimen hasil pengujian impak

3.8 Pengujian Laju Korosi

Hasil pengujian korosi dapat terlihat pada tabel 4. Nilai laju korosi hasil las dengan variasi temperatur 900°C, 1000°C dan 1100°C adalah 0,15 mmpy, 0,15 mmpy dan 0,13 mmpy. Nilai tersebut masuk dalam kategori baik. Proses PWHT yang dilakukan tidak mempengaruhi nilai laju korosi.

Tabel 4. Hasil pengujian laju korosi

Kriteria	Standar (mmpy)	Laju Korosi (mmpy)		
		900°C	1000°C	1100°C
<i>Outstanding</i>	<0,02			
<i>Excellent</i>	0,02-0,1			
<i>Good</i>	0,1-0,5	0,15	0,15	0,13
<i>Fair</i>	0,5-1			
<i>Poor</i>	1-5			

4. Kesimpulan

Hasil penelitian pengaruh variasi PWHT pada hasil las TIG SS 400 dengan variasi PWHT 900°C, 1000°C dan 1100°C menunjukkan hasil bahwa temperatur PWHT optimal adalah 1000°C karena menghasilkan sambungan las dengan sifat fisik dan mekanik paling optimal.

Struktur mikro yang terbentuk untuk semua variasi temperature PWHT adalah sama yaitu berupa austenite dan martensit dengan distribusi yang tidak merata. Komposisi jumlah martensit pada variasi temperature PWHT 1000°C lebih banyak dibandingkan variasi temperatur lainnya. Struktur mikro berupa martensit menghasilkan nilai kekuatan dan kekerasan yang tinggi.

Nilai kekuatan tarik hasil las dengan PWHT 1000°C mempunyai nilai 246,31 MPa, Nilai tersebut lebih tinggi 26,15 % dan 9,81 % dibandingkan variasi PWHT 900°C dan 1100°C.

Kekuatan *bending* tertinggi terdapat pada hasil las dengan PWHT 1000°C dengan nilai 483,88 MPa, diikuti oleh hasil las dengan PWHT 900°C dan 1100°C dengan nilai 307,52 MPa dan 280,81 MPa.

Nilai ketangguhan tertinggi terdapat pada hasil las dengan PWHT 1000°C dengan nilai energi terserap 29,91 J, diikuti PWHT 900°C dengan nilai 18,04 J, dan nilai

terendah terdapat pada variasi temperatur PWHT 1100°C dengan nilai 6,52 J.

Nilai laju korosi hasil las dengan semua variasi temperature yang digunakan pada penelitian ini masuk kedalam kategori yang sama yaitu baik.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan yaitu belum melakukan pengujian tegangan sisa (*residual stress*), pengujian struktur mikro dengan menggunakan SEM serta pengujian kelelahan (*fatigue*). Hal tersebut membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut sehingga didapatkan data yang lebih komprehensif sehingga bisa dijadikan acuan bagi industri konstruksi khususnya proses penyambungan logam dengan metode pengelasan

Referensi

- [1]. Ogbonna, O.S. et.al., 2023. Grey-based taguchi method for multi-weld quality optimization of gas metal arc dissimilar joining of mild steel and 316 stainless steel, Result in Engineering , Vol 17, pp.1-8.
- [2]. Yu, H. Et.al., 2023. Regulation of performance of laser-welded socket joint of Mo-14Re ultra-high-temperature heat pipe by introducing Ti into both weld and heat affected zone, Journal of Materials Research and Technology, vol. 22, pp. 569-584.
- [3]. Chen, X. Et.al., 2024. Study on the microstructure and properties of spray formed 7055-T76 aluminum alloy joints by rotating magnetic field assisted friction stir welding, Materials Characterization, Vol. 214, pp. 1-11.
- [4]. Zhou Z. et.al., 2024. Combining relative stress gradient and effective notch stress methods to evaluate the fatigue life of steel welded members after TIG dressing, International Journal of Fatigue, vol. 187, pp. 1-12.
- [5]. Yelamasetti B. et.al., 2024. Mechanical characterization and microstructural evolution of Inconel 718 and SS316L TIG weldments at high temperatures, Journal of Materials Research and Technology, Vol 32, pp.196-207.
- [6]. Qu H., and Cai Y., 2024. Improved Semantic Segmentation Method for Weld Penetration Prediction of TIG Welding with Dual Ellipsoid Heat Source, Manufacturing Letters, Vol. 41, pp. 310-319.
- [7]. Corradi D.R. et.al., 2020. Effect of Magnetic Arc Oscillation on the geometry of single-pass multi-layer walls and the process stability in wire and arc additive manufacturing, Journal of Materials Processing Technology, vol 283, pp. 1-15.
- [8]. Liu H. et.al., 2025. Evolution of joint microstructure and corrosion properties of 2205 duplex stainless steel by laser-TIG hybrid welding with high efficiency, Journal of Materials Research and Technology, Vol 39, pp. 8132-8146.
- [9]. Park J.H. et.al., 2019. A study on process development of super-TIG welding for 9% nickel steel with Alloy 625, Journal of Manufacturing Processes, Vol. 40, pp. 140-148.
- [10] Liu Y. et.al., 2024. Evolution mechanism of interfacial microstructure and regulation of mechanical properties of laser-arc hybrid weld-brazing aluminum/steel joints under different post-welding heat-treatment temperatures, Journal of Materials Research and Technology, Vol. 29, pp.933-949.
- [11] Olaogun O. and Olubambi P.A., 2025. Manufacturing Letters An Investigation of Post-weld Heat Treatment for Welded AISI 1007 Steel Using TIG-MIG Hybrid Welding Technique , Manufacturing Letters, Vol. 44, pp. 294-305.
- [12] Wang Q. et.al., 2025. Enhancement of mechanical properties in TIG-welded Mg-Gd-Nd-Zn-Zr alloy via multi-step heat treatment: Regulation of grain

- size and precipitation behavior, *Journal of Materials Research and Technology*, Vol. 39, pp. 1829-1844.
- [13] Wahab A. et.al., 2024. Effect of Temperature Variation PWHT Dissimilar Welding Low Carbon Steel ASTM A36 with ASTM A240 Type 316L, *EPI International Journal of Engineering*, Vol 7(1), pp. 33-37.
 - [14] Alipooramirabad H. et.al., 2022. Effects of PWHT on the Residual Stress and Microstructure of Bisalloy 80 Steel Welds, *Metals*, Vol 12(10), pp. 1-12.
 - [15] Li Y., 2025. Effect of PWHT process on carbide precipitation behavior and impact toughness of pressure vessel steel, *Scientific Reports*, Vol 15(1), pp. 1-12.
 - [16] Sirohi S., 2022. Influence of PWHT Parameters on the Mechanical Properties and Microstructural Behavior of Multi-Pass GTAW Joints of P92 Steel, *Materials*, Vol 15(12), pp.1-26.
 - [17] Purwaningrum, Y. Et.al., 2025. Optimasi Sifat Fisik dan Mekanik Sambungan Las TIG (Tungsten Inert Gas) pada Baja SS400 dengan Variasi Nilai Arus Listrik, *Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, Vol. 09, Issue. 02, pp 132-140.
 - [18] Jeyaprakash, N. Et.al., 2015. The Parameters and Equipments Used in TIG Welding: A Review, *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, 4(2), 11–20.