

## ANALISA PENGARUH PWHT TERHADAP KEKUATAN MEKANIK PADA PENGELASAN DISSIMILAR METAL AISI 304 DAN St.37

Joiyel Affandy<sup>1</sup>, Adi Saputra Ismy<sup>2\*</sup>, Nurdin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur  
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

<sup>2,3</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata  
Email: adisaputraismy@pnl.ac.id

### Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh Post Weld Heat Treatment (PWHT) terhadap kekuatan mekanik hasil pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) pada sambungan dissimilar metal AISI 304 dan ST 37. Proses pengelasan dilakukan menggunakan elektroda E309L-16, kemudian spesimen dibagi menjadi dua kelompok, yaitu sambungan yang diberikan perlakuan panas PWHT pada suhu 600°C dengan holding time 30 menit dan sambungan tanpa perlakuan panas. Pengujian mekanik meliputi uji tarik dan uji kekerasan Vickers yang dilakukan untuk mengevaluasi sifat mekanik pada daerah base metal, heat affected zone (HAZ), dan weld metal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan PWHT mampu meningkatkan kekuatan luluh dan kekuatan tarik maksimum, memperbaiki distribusi kekerasan dengan menurunkan kekerasan berlebih pada daerah HAZ, serta meningkatkan kekerasan pada daerah weld metal. Selain itu, PWHT terbukti efektif dalam mereduksi tegangan sisa akibat proses pengelasan dan memperbaiki kestabilan struktur mikro sambungan las. Berdasarkan hasil tersebut, penerapan PWHT 600°C terbukti meningkatkan kualitas dan keandalan sambungan las dissimilar metal AISI 304 dan ST 37 dalam aplikasi industri.

**Keywords:** PWHT, DMW, Uji Tarik, Uji Kekerasan

### 1. Pendahuluan

Dissimilar Metal Welding adalah proses pengelasan yang dilakukan terhadap dua jenis logam yang memiliki komposisi bahan yang berbeda. Pengelasan logam berbeda seperti DMW menjadi proses pengelasan logam yang mempunyai perbedaan sifat fisik, mekanik, termal, dan metalurgi sehingga karakteristik sambungan las antara keduanya perlu ketelitian yang tinggi. Pengontrolan struktur fasa daerah lasan (Weld Zone) khususnya saat root pass sangat penting karena biasa terbentuk fasa campuran austenite, ferrite, dan, martensite sehingga dapat menimbulkan tegangan sisa[1].

Salah satu metode pengelasan yang paling banyak digunakan untuk dunia industri secara umum adalah pengelasan busur listrik atau disebut pengelasan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW). Las SMAW merupakan suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas serta menggunakan elektroda sebagai bahan tambahnya[2].

Setelah melakukan pengelasan terhadap kedua material, material tersebut akan mengalami perubahan kekuatan mekanik yang diakibatkan oleh pemanasan dan pendinginan. Struktur heterogen inilah yang akan menyebabkan adanya tegangan sisa. Efek yang timbul dari tegangan sisa ini adalah material menjadi keras namun memiliki ketangguhan yang rendah. Oleh karena itu, material ini setelah pengelasan akan diberikan perlakuan panas dengan suhu 600°C dengan metode tempering.

Untuk menghilangkan tegangan sisa tersebut maka dilakukanlah proses *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) dengan metode tempering, ini merupakan

proses perlakuan panas yang dilakukan pada hasil pengelasan atau proses perlakuan panas setelah pengelasan. Pemanasan tersebut dilakukan dalam suhu 600°C dengan laju penahanan suhu terkontrol pada waktu 30 menit. Dengan tujuan untuk memberikan peluang agar terbentuk struktur yang teratur dan kompleks, kemudian dilakukan tahap pendinginan dengan suhu ruang yang bertujuan untuk mendapatkan sifat mekanik yang tangguh dan keandalan yang baik [3].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara kuantitatif sejauh mana perbandingan pengelasan SMAW pada dissimilar metal yang mendapatkan PWHT 600°C dan yang tidak mendapatkan PWHT. Adapun beberapa parameter yang menjadi fokus utama penelitian ini ialah:

1. Untuk menganalisis pengaruh perlakuan PWHT pada suhu 600°C selama 30 menit terhadap kekuatan mekanik sambungan las dissimilar metal AISI 304 dan ST37 yang dilas menggunakan metode SMAW Plate 1G.
2. Untuk membandingkan kekuatan tarik sambungan las antara spesimen yang mengalami PWHT 600°C dan spesimen yang tidak diberikan PWHT.
3. Untuk mengetahui perubahan nilai kekerasan pada daerah weld metal, HAZ, dan base metal akibat perlakuan PWHT.
4. Untuk mengevaluasi efektivitas PWHT dalam mengurangi tegangan sisa serta meningkatkan ketangguhan sambungan las.

**2. Metode Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe dengan kondisi dan peralatan yang disesuaikan guna memperoleh data tentang Analisa Pengaruh PWHT Terhadap Kekuatan Mekanik Pada Pengelasan Dissimilar Metal AISI 304 dan ST37.

**2.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan dalam waktu 8 minggu, tempat dilakukan penelitian ini Adalah:

1. Proses pembentukan kampuh V 60° dilakukan pada Laboratorium Welding Teknologi.
2. Proses pengelasan dilakukan pada Laboratorium Welding Teknologi.
3. Proses Post Weld Heat Treatment dilakukan pada laboratorium Uji Material dan karakterisasi Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe.
4. Proses pembentukan spesimen benda uji dilakukan di Laboratorium Produksi dan Pemesinan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
5. Pengujian kekuatan Tarik dan uji kekerasan dilaksanakan di Laboratorium Uji Material dan karakterisasi Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe.

**2.2 Bahan dan Alat Penelitian**

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

**1. Bahan Penelitian**

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Baja tahan karat AISI 304
2. Baja karbon rendah ST37
3. Elektroda E309L-16

**2. Alat Penelitian**

Adapun persiapan peralatan-peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin frais
2. Peralatan pengelasan
3. Mesin las SMAW DC
4. Furnace
5. Penggaris
6. Mesin Uji Tarik
7. Mesin uji kekerasan
8. Jangka sorong
9. Spidol permanen
10. Benda uji

**2.3 Komposisi Bahan Penelitian**

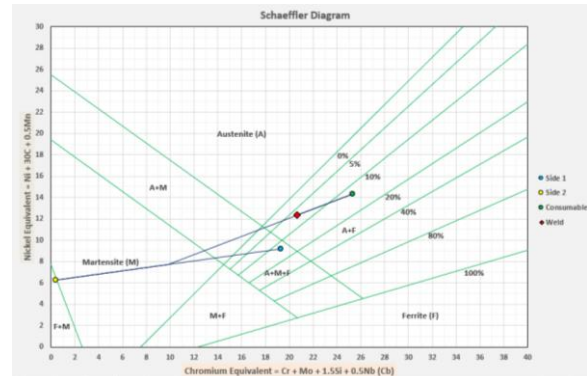
Adapun data komposisi pada material AISI 304 dan ST 37 juga Elektroda E309L-16 seperti pada table 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1 Komposisi Material [4] [5] [6]

Material	C	Cr	Cu	Co	Ni	N2	Mn	Mo	P	Si	S
AISI 304	0.017	18.30	0.66	0.15	8.06	0.075	1.29	0.44	0.036	0.37	0.025
ST 37	0.20	0	0	0	0	0	0.55	0	0.050	0.25	0.050
E309L16	0,02	24,0	0,25	0	13,0	0	1,4	0,10	0,02	0,8	0,01

**2.4 Diagram Schaeffler**

Setelah mendapatkan komposisi kimia dari baja AISI 304, baja ST 37 dan elektroda E309L-16 maka akan dihitung Ni equivalent dan Cr equivalentnya untuk memprediksi struktur fasa pada area pengelasan [7]. Adapun diagram schaeffler yang sudah dihitung dapat dilihat pada gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram Schaeffler

Keterangan Gambar 2.1

- Side 1 biru : AISI 304
- Side 2 Kuning : ST 37
- Consumable Hijau : E309L-16
- Merah : Area Pengelasan

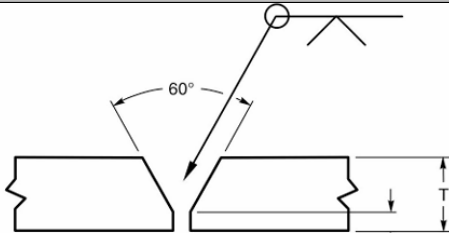
Pengelasan dissimilar metal identik dengan diagram schaeffler untuk memprediksi struktur fasa. maka berikut adalah hasil dari nilai komposisi kimia Cr equivalent dan Ni equivalent untuk ketiga bahan tersebut dan hasil untuk area pengelasan.

1. Nilai dari Cr equivalent dan Ni equivalent baja tahan karat AISI 304 adalah Creq 19.3% dan Nieq 9.2% yang berarti 15% ferrite + austenite dan martensite.
2. Nilai dari Cr equivalent dan Ni equivalent baja karbon ST 37 adalah Creq 0.4% dan Nieq 6.3% yang berada di area Ferrite + martensite.
3. Nilai dari Cr equivalent dan Ni equivalent elektroda E309L-16 adalah Creq 25.3% dan Nieq 14.3% yang berarti 14% ferrite dan austenite.
4. Nilai dari Cr equivalent dan Ni equivalent hasil untuk area weld adalah Creq 20.7% dan Nieq 12.3% Dimana titik tersebut memiliki fasa 7% ferrite dan austenite.

**2.5 Proses Preparasi**

Persiapan sebelum proses pengelasan dilakukan, maka berikut adalah tahapan persiapan sebelum pengelasan.

1. Menyiapkan material AISI 304 dan ST 37 sesuai dimensi yang dibutuhkan.
2. Menyediakan elektroda E309L-16 dengan dimensi 300mm x 2.6mm.
3. Setelah itu lanjut pada proses preparasi material untuk pembuatan kampuh dapat dilihat pada gambar 2.2 sebagai berikut:



Gambar 2.2 Kampuh V 60° AWS D1.1[8]

**2.6 Proses Pengelasan**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah:

1. Mempersiapkan mesin las SMAW DC sesuai dengan pemasangan polaritas terbalik.
2. Mempersiapkan benda kerja yang akan dilas pada meja las.
1. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi pengelasan mendatar atau bawah tangan.
2. Mempersiapkan elektroda sesuai dengan arus dan ketebalan pelat dalam penelitian dipilih elektroda jenis E309L-16 dengan diameter 2.6 mm.
3. Menyetel ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian salah satu penjepitnya, dijepitkan pada kabel yang digunakan untuk menjepit elektroda.
4. Mesin las dihidupkan dan elektroda digoreskan sampai menyala. Ampere meter diatur pada angka yang telah ditentukan, selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk spesimen dengan arus yang telah ditentukan.
5. Setelah pengelasan lakukan pengecekan hasil lasan.



Gambar 2.3 Hasil Pengelasan

**2.7 Penetrant Test**

Adapun tahapan setelah pengelasan dilakukan maka selanjutnya tahapan inspeksi hasil pengelasan yaitu Inspeksi menggunakan liquid penetrant test untuk mengecek cacat atau crack pada surface. Hasil Penetrant test dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



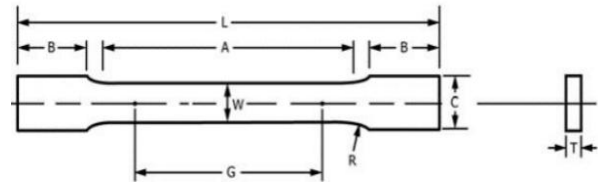
Gambar 2.4 Liquid penetrant test

**2.8 Proses Post Weld Heat Treatment**

Setelah tahapan pengelasan dan inspeksi maka berikutnya adalah tahapan perlakuan panas untuk material las yang akan diberikan PWHT. Sebagian material hasil pengelasan dilakukan PWHT pada suhu 600oC dengan tahanan waktu 30 menit dan didinginkan didalam suhu ruang.

**2.9 Standar Spesimen Uji Tarik dan Hardness**

Adapun standar specimen tensile test yang digunakan dalam penelitian ini adalah ASTM E8 seperti gambar 2.5 dibawah ini:

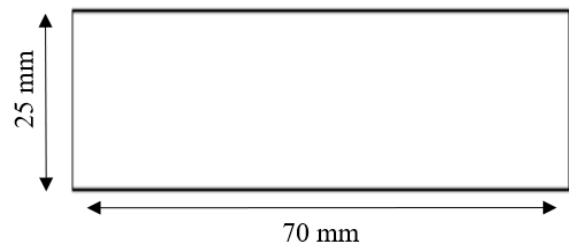


Gambar 2.5 Spesimen Tensile Test ASTM E8 [9]

Tabel 2.2 Keterangan gambar 2.5 Spesimen Tensile Test ASTM E8 [26]

A	B	C	G	T	R	W	L
75 mm	50 mm	20 mm	50 mm	5 mm	12,5 mm	12,5 mm	200 mm

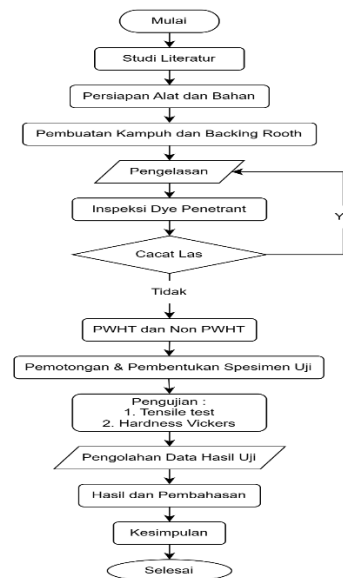
Adapun pengujian kekerasan menggunakan standar ASTM E92-16 seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Spesimen Hardness Test

**2. 10 Diagram Alir Penelitian**

Adapun diagram alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.7 sebagai berikut :



Gambar 2.7 Diagram Alir Penelitian

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1 Hasil Uji Tarik**

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material AISI 304 dan ST37 sebagai material uji dalam penelitian ini. Hasil pengujian tarik pada umumnya adalah parameter kekuatan (kekuatan tarik atau kekuatan luluh), parameter keuletan yang ditunjukkan dengan presentase perpanjangan dan presentase kontraksi atau reduksi penampang.

Pengujian tarik ini dilakukan pada 6 spesimen, Proses pengujian tarik dilakukan dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Nama alat : Galdabini
- Beban uji : 100 KN
- Standar uji spesimen : ASTM E8

Adapun specimen hasil uji tarik pada penelitian ini adalah pada gambar 3.1 sebagai berikut:



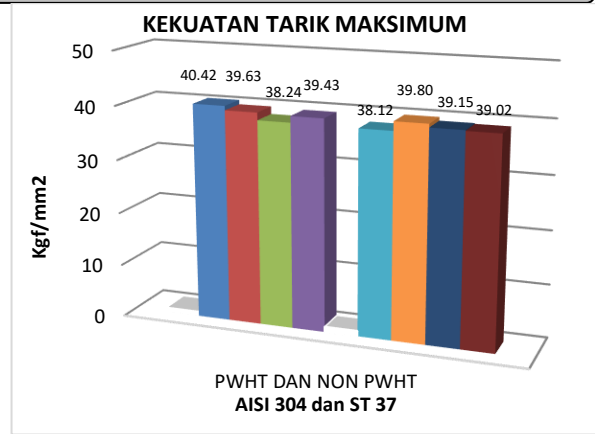
Gambar 3.1 Spesimen Hasil Uji

Adapun data uji Tarik yang diperoleh dalam penelitian ini dapat dilihat pada table 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data Hasil Uji Tarik

BAHAN UJI	SAMPEL	$\sigma_y$	$\sigma_u$	$\epsilon$
Perlakuan	Spesimen	Kgf/mm <sup>2</sup>	Kgf/mm <sup>2</sup>	%
AISI 304 Dan ST 37 PWHT 600°C	1	25,90	40,42	13,01
	2	24,50	39,63	12,79
	3	23,20	38,24	11,68
<b>Rata - rata</b>		<b>24,53</b>	<b>39,43</b>	<b>12,49</b>
AISI 304 Dan ST 37 Non PWHT	1	23,80	38,12	14,44
	2	24,30	39,80	13,89
	3	23,90	39,15	12,24
<b>Rata - rata</b>		<b>24,00</b>	<b>39,02</b>	<b>13,52</b>

Setelah mendapatkan data maka, perbandingan antara hasil uji tarik yang diberikan PWHT 600°C dan Non PWHT dapat dilihat pada grafik gambar 3.2.



Gambar 3.2 Grafik Uji Tarik

**3.2 Analisis Hasil Uji Tarik**

Adapun hasil nilai uji tarik pada tabel 3.1 dan gambar 3.2 akan Analisa dan dinarasikan sebagai sebagai berikut:

- Berdasarkan Tabel 3.1 dan gambar 3.2 grafik kekuatan tarik maksimum maka dapat diamati bahwa perlakuan PWHT pada suhu 600°C memberikan peningkatan sifat mekanik sambungan las dissimilar metal AISI 304 dan ST37 dibandingkan dengan kondisi tanpa perlakuan panas.
- Nilai tegangan luluh rata-rata ( $\sigma_y$ ) untuk spesimen yang diberikan PWHT sebesar 24,53 Kg/mm<sup>2</sup>, lebih tinggi dibandingkan spesimen Non PWHT yang memiliki nilai 24,00 Kg/mm<sup>2</sup>. Kenaikan ini menunjukkan bahwa perlakuan panas mampu meningkatkan kemampuan material dalam menahan deformasi plastis awal.
- Demikian pula, nilai kekuatan tarik maksimum ( $\sigma_u$ ) meningkat dari 39,02 Kg/mm<sup>2</sup> pada kondisi Non PWHT menjadi 39,43 Kg/mm<sup>2</sup> setelah diberikan PWHT. Hal ini menunjukkan bahwa sambungan las menjadi lebih kuat dan stabil setelah perlakuan panas, sejalan dengan tujuan PWHT untuk mereduksi tegangan sisa dan menstabilkan struktur mikro hasil pengelasan.
- Sebaliknya, nilai regangan ( $\epsilon$ ) mengalami sedikit penurunan dari 13,52% pada spesimen Non PWHT menjadi 12,49% pada spesimen PWHT. Penurunan regangan ini mengindikasikan bahwa material menjadi lebih kuat dan lebih kaku, yang merupakan karakteristik umum dari material yang telah mengalami proses tempering.
- Secara keseluruhan, hasil rata-rata uji tarik ini membuktikan bahwa penerapan PWHT 600°C selama 30 menit memberikan pengaruh positif terhadap kekuatan mekanik sambungan las, meskipun sedikit mengurangi kemampuan deformasi plastis. Fenomena ini sangat menguntungkan untuk aplikasi struktural yang membutuhkan kekuatan dan keandalan tinggi.

**3.3 Pembahasan Hasil Uji Tarik**

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan PWHT menyebabkan kenaikan kekuatan luluh dan kekuatan tarik maksimum pada sambungan las. Secara metalurgi, proses pengelasan SMAW menghasilkan

pendinginan cepat yang memicu terbentuknya struktur martensit keras dan rapuh khususnya pada daerah HAZ dan sebagian weld metal. Struktur ini meningkatkan kekerasan lokal namun menghasilkan tegangan sisa tinggi dan menurunkan kestabilan mekanik pada sambungan. PWHT pada suhu 600°C metode tempering berfungsi sebagai proses, di mana:

1. Tegangan sisa relaksasi
2. Struktur mikro mengalami reorganisasi atom
3. Martensit sebagian terurai menjadi struktur yang lebih stabil
4. Distribusi karbon menjadi lebih homogen

Akibatnya, sambungan las mampu menahan beban lebih besar sebelum mengalami deformasi plastis dan patah, yang ditunjukkan oleh peningkatan nilai  $\sigma_y$  dan  $\sigma_u$ . Menurunnya elongasi setelah PWHT menunjukkan bahwa material menjadi lebih kuat dan stabil, meskipun sedikit kehilangan kemampuan deformasi plastis suatu karakteristik umum pada material hasil tempering. Fakta bahwa seluruh spesimen patah di base metal ST 37 menandakan bahwa kekuatan sambungan las melebihi kekuatan logam induk, sehingga kualitas sambungan dapat dikategorikan sangat baik.

**3.4 Hasil Uji Kekerasan**

Uji Kekerasan dilakukan menggunakan metode Micro Vickers pada sambungan las dissimilar metal AISI 304 dan ST37 untuk dua kondisi, yaitu Non PWHT dan PWHT 600°C. Pengukuran dilakukan pada lima titik di setiap daerah pengujian yaitu Base Metal AISI 304, Base Metal ST37, HAZ AISI 304, HAZ ST37, dan Weld Metal. Pengujian dilakukan pada spesimen kondisi PWHT 600°C dan Non PWHT, masing-masing pada 5 titik pengukuran dan 3 area.

Proses pengujian kekerasan dilakukan dengan data sebagai berikut:

Nama alat : Micro Hardness Test  
 Metode uji : Micro Vickers HV  
 Beban uji : 1000 gf  
 Waktu : 15 detik

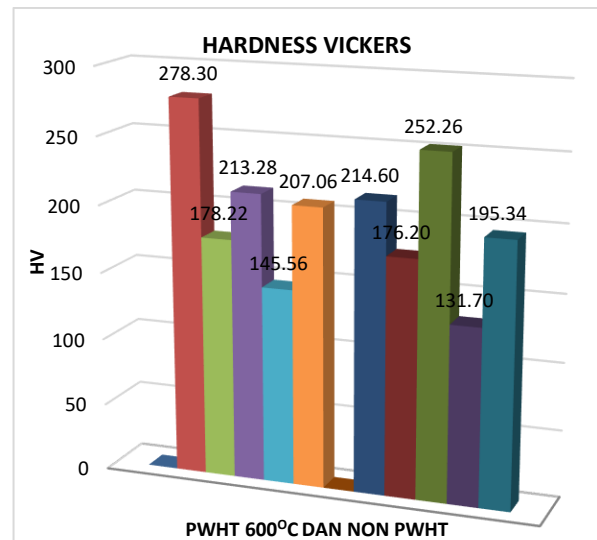
Adapun data hasil uji hardness Vickers dapat dilihat dalam Tabel 3.2

Tabel 3.2 Data hasil pengujian micro hardness metode Vickers pada specimen pengelasan yang diberikan PWHT 600°C dan Non PWHT.

SPESIM EN	Daerah Pengujian	Hardness Vickers					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
AISI 304	Base Metal AISI 304	225.70	205.70	197.80	207.70	198.40	207.06
	Base Metal ST 37	139.80	138.20	144.80	148.70	156.30	145.56
	HAZ AISI 304	228.60	218.20	217.80	201.80	200.00	213.28

AISI 304 Dan ST 37 Non PWHT	HAZ ST 37	178.40	182.50	179.20	177.90	173.10	178.22
	Weld Metal	290.30	270.30	276.20	282.10	272.60	278.30
	Base Metal AISI 304	197.50	203.50	184.80	193.50	197.40	195.34
AISI 304 Dan ST 37 PWHT	HAZ ST 37	183.90	191.40	164.20	173.20	168.30	176.20
	Weld Metal	203.10	216.60	204.30	247.10	201.90	214.60
	Base Metal ST 37	131.60	129.00	137.50	132.00	128.40	131.70

Hasil dari tabel 3.2 data hasil pengujian microhardness ini menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi pada kondisi PWHT terjadi di daerah weld metal (278.30 HV), sedangkan pada kondisi Non PWHT nilai tertinggi terdapat pada daerah HAZ AISI 304 (252.26 HV). Berdasarkan data pengujian kekerasan, terlihat bahwa penerapan PWHT 600°C memberikan pengaruh signifikan terhadap distribusi kekerasan di seluruh daerah sambungan las. Adapun cara agar lebih mudah melihat dan membandingkannya antara PWHT 600°C dan Non PWHT dapat dilihat pada gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 4. 3 Grafik Nilai rata-rata uji Hardness Vickers

**3.5 Analisa Nilai Kekerasan Antara Pengaruh PWHT 600°C dan Non PWHT**

Adapun nilai hasil uji kekerasan baik dari data tabel 3.2 maupun gambar 3.3 akan di Analisa sebagai berikut :

1. Pengaruh PWHT pada Weld Metal Nilai kekerasan weld metal meningkat dari 214.60 HV (Non PWHT) menjadi 278.30 HV (PWHT). Hal

ini menunjukkan bahwa proses PWHT menyebabkan terjadinya presipitasi dan penataan ulang struktur mikro pada daerah logam las, menghasilkan struktur yang lebih stabil dan keras akibat keseimbangan fasa austenite-ferrit sesuai prediksi diagram Schaeffler.

2. Pengaruh PWHT Pada daerah HAZ AISI 304, kekerasan mengalami penurunan cukup signifikan dari 252.26 HV (Non PWHT) menjadi 213.28 HV (PWHT). Penurunan ini menunjukkan terjadinya proses tempering yang berhasil menurunkan tegangan sisa dan mengurangi pembentukan fasa martensit keras yang muncul akibat pendinginan cepat saat pengelasan.
3. Pengaruh PWHT pada HAZ ST37 Nilai kekerasan pada HAZ ST37 relatif stabil, yaitu 176.20 HV (Non PWHT) menjadi 178.22 HV (PWHT). Hal ini menunjukkan bahwa struktur mikro baja karbon ST37 tidak mengalami perubahan signifikan akibat PWHT 600°C, namun tetap memperoleh keuntungan berupa relaksasi tegangan sisa.
4. Pengaruh PWHT pada Base Metal Baik pada Base Metal AISI 304 maupun Base Metal ST37, kekerasan setelah PWHT menunjukkan sedikit peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa temperatur 600°C tidak merusak sifat dasar material, melainkan membantu menstabilkan struktur mikro.

### 3.6 Pembahasan Kekerasan Zona per Zona

1. Base Metal, Peningkatan kekerasan setelah PWHT terjadi akibat stabilisasi struktur kristal dan homogenisasi unsur paduan. Atom-atom karbon dan unsur paduan lain berpindah menuju posisi kisi yang lebih stabil sehingga meningkatkan ketahanan terhadap penetrasi.
2. HAZ, Penurunan besar kekerasan pada HAZ AISI 304 252 HV  $\rightarrow$  213 HV menandakan berkurangnya martensit rapuh, sehingga HAZ menjadi lebih ulet dan tahan terhadap retak. HAZ ST37 menunjukkan perubahan kecil karena baja karbon rendah lebih stabil terhadap perlakuan panas sedang seperti 600°C.
3. Weld Metal, Naikannya kekerasan terbesar pada weld metal berasal dari kombinasi: Kandungan Cr dan Ni tinggi dari elektroda E309L-16 Transformasi fasa yang dipicu PWHT Penguatan larutan padat dan presipitasi karbida halus. Hal ini menyebabkan weld metal menjadi zona terkuat pada sambungan.
4. Hasil penelitian membuktikan bahwa PWHT secara signifikan meningkatkan kualitas mekanik sambungan, baik dari aspek kekuatan tarik maupun distribusi kekerasan yang lebih seimbang, sekaligus mengurangi resiko kegagalan dini akibat konsentrasi tegangan di HAZ.

### 3.7 Hubungan Antara Uji Tarik dan Uji Kekerasan Vickers

Berdasarkan hasil pengujian mekanik yang diperoleh, hubungan antara tegangan tarik dan

kekerasan Vickers pada sambungan las dissimilar metal AISI 304 dan ST 37 menunjukkan kecenderungan yang saling berkaitan. Data uji tarik pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa spesimen dengan perlakuan PWHT 600°C memiliki nilai kekuatan tarik maksimum rata-rata sebesar 39,43 kgf/mm<sup>2</sup>, lebih tinggi dibandingkan spesimen Non-PWHT dengan nilai sekitar 39,02 kgf/mm<sup>2</sup>.

Sejalan dengan hasil tersebut, data uji kekerasan Vickers pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa perlakuan PWHT 600°C menghasilkan distribusi kekerasan yang lebih optimal pada seluruh zona sambungan. Nilai kekerasan tertinggi pada kondisi PWHT terjadi di daerah weld metal sebesar 278,30 HV, sedangkan pada kondisi Non-PWHT nilai kekerasan tertinggi berada di HAZ AISI 304 sebesar 252,26 HV. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan kekerasan di daerah kritis sambungan berkontribusi langsung terhadap peningkatan kekuatan tarik sambungan las.

Secara metalurgi, fenomena ini dijelaskan oleh pengaruh PWHT terhadap struktur mikro sambungan las. Proses PWHT 600°C menyebabkan relaksasi tegangan sisa, reorganisasi struktur mikro, serta terurainya martensit menjadi struktur yang lebih stabil dan homogen. Akibatnya, sambungan mampu menahan beban tarik yang lebih besar sebelum mengalami deformasi plastis dan patah, sebagaimana ditunjukkan oleh kenaikan nilai tegangan luluh ( $\sigma_y$ ) dan tegangan tarik maksimum ( $\sigma_u$ ). Selain itu, pengujian tarik menunjukkan bahwa seluruh spesimen mengalami patah pada base metal ST 37, bukan pada daerah las, yang menandakan bahwa kekuatan sambungan las melebihi kekuatan logam induk. Kondisi ini memperkuat hubungan antara distribusi kekerasan yang baik dan peningkatan kekuatan tarik sambungan secara keseluruhan.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pada pengelasan dissimilar metal AISI 304 dan ST 37, peningkatan dan distribusi nilai kekerasan Vickers yang terkendali berkontribusi langsung terhadap peningkatan tegangan tarik sambungan las, khususnya setelah perlakuan PWHT 600°C. Hubungan ini membuktikan bahwa kekerasan dapat dijadikan indikator awal kualitas mekanik sambungan, meskipun pengujian tarik tetap menjadi parameter utama dalam evaluasi kekuatan sambungan las.

## 4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh Post Weld Heat Treatment (PWHT) pada suhu 600°C selama 30 menit terhadap sambungan las dissimilar metal AISI 304 dan ST37 dengan metode SMAW, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. PWHT berpengaruh positif terhadap kekuatan mekanik sambungan las, Hasil uji tarik menunjukkan bahwa spesimen yang diberikan PWHT memiliki kekuatan luluh rata-rata sebesar 24,53 Kgf/mm<sup>2</sup> dan kekuatan tarik maksimum sebesar 39,43 Kgf/mm<sup>2</sup>, lebih tinggi dibandingkan spesimen tanpa PWHT yang masing-masing sebesar 24,00 Kgf/mm<sup>2</sup> dan 39,02 Kgf/mm<sup>2</sup>. Hal ini

- membuktikan bahwa perlakuan panas mampu meningkatkan kemampuan sambungan dalam menahan beban tarik.
2. PWHT meningkatkan kualitas sambungan melalui perbaikan distribusi tegangan dan struktur fasa. Seluruh spesimen uji tarik mengalami patah pada base metal ST37, bukan pada daerah las, yang menandakan bahwa sambungan hasil pengelasan memiliki kekuatan lebih tinggi dibandingkan logam induk, serta kualitas sambungan berada pada kategori sangat baik.
  3. PWHT mempengaruhi distribusi kekerasan secara signifikan pada setiap zona sambungan. Perlakuan PWHT menurunkan kekerasan berlebih pada daerah HAZ AISI 304 dari 252,26 HV menjadi 213,28 HV, sehingga meningkatkan ketangguhan dan mengurangi potensi retak. Sebaliknya, kekerasan pada weld metal meningkat secara signifikan dari 214,60 HV menjadi 278,30 HV, menunjukkan terbentuknya struktur mikro yang lebih kuat dan stabil.
  4. PWHT efektif dalam mereduksi tegangan sisa akibat proses pengelasan. Proses tempering pada 600°C memungkinkan relaksasi tegangan sisa dan reorganisasi struktur mikro, yang secara langsung meningkatkan stabilitas mekanik sambungan las serta menurunkan risiko kegagalan dini.

## 5 Daftar Pustaka

- [1] R. Ramadan, "Pengelasan Logam Berbeda Astm A36 Dan Aisi 316l Setelah Pwht," *Dep. Tek. Mesin Fak. Tek. Univ. Hasanuddin Makassar*, 2022.
- [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] A. A. Cumaratunga, "Analisa Sifat Kekerasan Dan Struktur Mikro Proses Pwht Dengan Variasi Suhu Pemanasan Pada Pengelasan Logam Berbeda Astm A36 Dengan Aisi 316l. Skripsi Thesis, Universitas Hasanuddin," *Unhas*, Vol. 33, No. 1, Pp. 1–12, 2022.
- [4] "Mill Sertifikat Plate Ss 304 #1mm - 100mm.Pdf."
- [5] T. K. Tarik And T. Impact, "Jurnal Teknik Perkapalan," Vol. 10, No. 1, Pp. 17–23, 2022.
- [6] "Manufacturers Of A Diverse Range Of," P. 2008, 2008.
- [7] H. Hamdani, A. Akhyar, T. Rizwan, A. Sasmito, and H. A. Suhartono, "Mechanical and metallurgical properties of GTAW dissimilar welds between SUS304 and SA213T11 using ER308 filler metal, preliminary study," *Adv. Sci. Technol. Res. J.*, vol. 19, no. 8. <https://doi.org/10.12913/22998624/204768>
- [8] American Welding Society, *Structural Welding Code - Steel*. 2020.
- [9] A. P. Antika, I. P. Muliayatno, And A. W. B. Santosa, "Analisis Pengaruh Variasi Arus Las Terhadap Laju Korosi Dan Kekuatan Tarik Pengelasan Dissimilar Baja Astm A36 Dan Stainless Ss304," *Tek. Perkapalan*, Vol. 7, No. 2, Pp. 152–160, 2019, [Online]. Available: <https://Ejournal3.Undip.Ac.Id/Index.Php/Naval/Article/View/26745>