

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PWHT PADA BAJA AISI 1045 DAN BAJA AISI 1050 PASCA PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STUKTUR MIKRO

by Ganapati Iswarananda Duarsa

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PWHT PADA BAJA AISI 1045 DAN BAJA AISI 1050 PASCA PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO

G. I. Duarsa¹, T. Rahardjo²

Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia

Email: ganapatiiswaranandaduarsa@gmail.com

ABSTRAK

Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah proses pengelasan dengan mencairkan material dasar yang menggunakan panas dari listrik antara penutup metal (elektroda). Kekuatan sambungan material adalah salah satu tujuan dari proses pengelasan. Proses penyambungan dua logam yang berbeda seperti pengelasan AISI 1045 dengan AISI 1050 banyak dilakukan pada industri pembangkit tenaga, petrokimia, otomotif, dan perminyakan. Salah satu cara untuk memperbaiki kualitas lasan termasuk ketidak homogenan fasa dan sifat mekanik adalah dengan *Post weld heat treatment* (PWHT). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur PWHT pasca pengelasan SMAW baja AISI 1045 dan baja AISI 1050 terhadap sifat mekanis serta untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur PWHT pasca pengelasan SMAW baja AISI 1045 dan baja AISI 1050 terhadap struktur mikro. Perbedaan komposisi kimia, mampu las, sifat mekanis, serta struktur mikro kedua jenis logam yang akan dilas sangat menentukan proses dan parameter pengelasan yang dipilih karena akan berdampak pada kualitas lasan yang dihasilkan. Metode *Heat treatment* yang digunakan adalah *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) dengan variasi Non PWHT, 300°C dan 400°C dengan waktu penahanan (*Holding Time*) selama 15 menit dengan kuat arus 100 ampere. Indikator kualitas lasan ditentukan berdasarkan hasil analisa sifat mekanis dan struktur mikro. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel lasan yang telah mengalami PWHT memiliki kualitas lasan yang cukup baik, dan harga kekerasan tertinggi sebesar 238,5 VHN diperoleh pada sampel dengan parameter arus las 100 ampere dan PWHT dengan pemanasan pada 400 °C selama 15 menit dan pendinginan di udara.

Kata Kunci: Pengelasan SMAW, PWHT, Sifat Mekanis, Struktur Mikro

PENDAHULUAN

Las dalam bidang konstruksi sangat luas penggunaannya meliputi konstruksi jembatan, perkapalan, industri karoseri dan bidang lainnya. Disamping untuk konstruksi las juga dapat untuk mengelas cacat logam pada hasil pengecoran logam, mempertebal yang aus. Pengelasan SMAW (las *shielded metal arc welding*) adalah proses pengelasan dengan mencairkan material dasar yang menggunakan panas dari listrik antara penutup metal (elektroda). Dari seluruh jenis pengelasan tersebut salah satu jenis yang paling populer di Indonesia yaitu pengelasan dengan menggunakan busur nyala listrik (*Shielded Metal Arc Welding/ SMAW*). Pengelasan memunculkan efek pemanasan setempat dengan temperatur yang tinggi yang menyebabkan logam mengalami ekspansi termal maupun penyusutan saat pendinginan. Hal itu menyebabkan terjadinya tegangan sisa dan kekerasan yang tinggi pada daerah pengaruh panas atau *Heat Affected Zone* (HAZ). Terdapat dua cara untuk membebaskan tegangan sisa, yaitu cara mekanik dan cara termal. Dari kedua cara ini yang paling banyak dilakukan adalah cara termal dengan proses *Post Weld Heat Treatment* (PWHT). Pada proses PWHT, waktu penahanan (*holding time*), suhu pemanasan, dan laju pendinginan merupakan faktor yang sangat penting. Melihat dari hal itu, beberapa metode penelitian dapat digunakan untuk melakukan pengujian salah satunya dengan berfokus pada hasil pengelasan SMAW dengan variasi temperatur PWHT pada material baja AISI 1045 dan baja AISI 1050 dengan uji Sifat Mekanis dan Struktur Mikro yang akan dilakukan untuk memperoleh data.

TEORI A. Pengelasan SMAW

Pengelasan SMAW (las *shielded metal arc welding*) adalah proses pengelasan dengan mencairkan material dasar yang menggunakan panas dari listrik antara penutup metal (elektroda). Prinsip kerja las SMAW, saat ujung elektroda didekatkan pada benda kerja terjadi panas listrik (busur listrik)

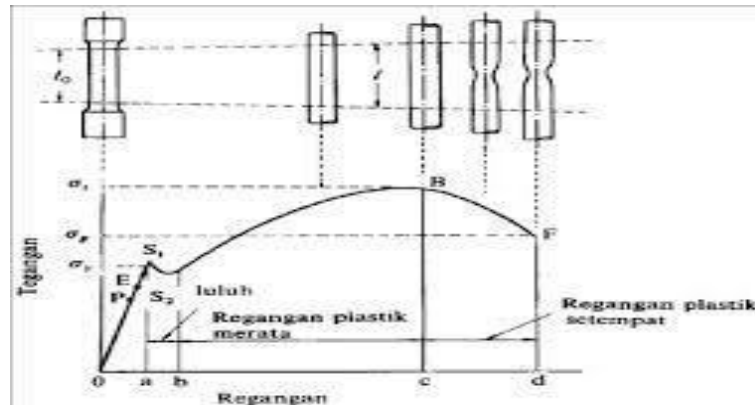
yang membuat antara benda kerja dengan ujung elektroda terbungkus tersebut mencair secara bersamaan.

B. PWHT

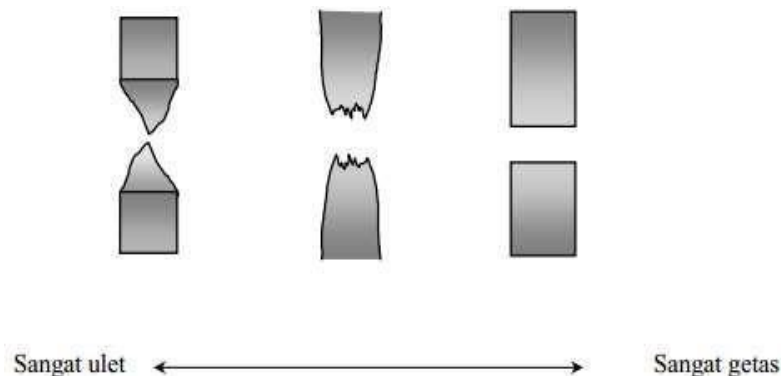
Post Weld Heat Treatment (PWHT) adalah salah satu proses *Heat Treatment* yang tujuan utamanya untuk menghilangkan tegangan sisa pada hasil *welding* (pengelasan). Material (terutama *carbon steel*) akan mengalami perubahan struktur karena proses pemanasan dan pendinginan, struktur yang tidak homogen ini lah yang menyebabkan tegangan sisa pada material pasca pengelasan (*welding*).

C. Sifat Mekanis

Salah satu cara untuk mengetahui besaran sifat mekanik dari logam adalah dengan uji tarik. Sifat mekanik yang dapat diketahui adalah kekuatan dan elastisitas dari logam tersebut. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat.

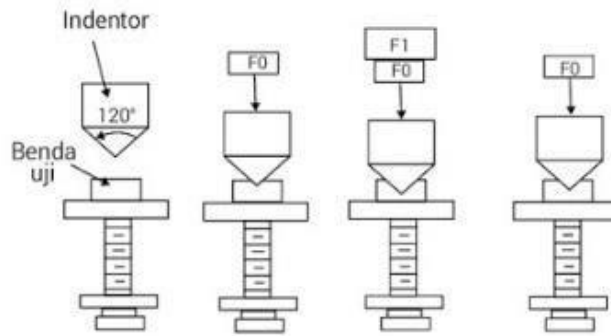


Gambar 2.13 Kurva Tegangan – Regangan



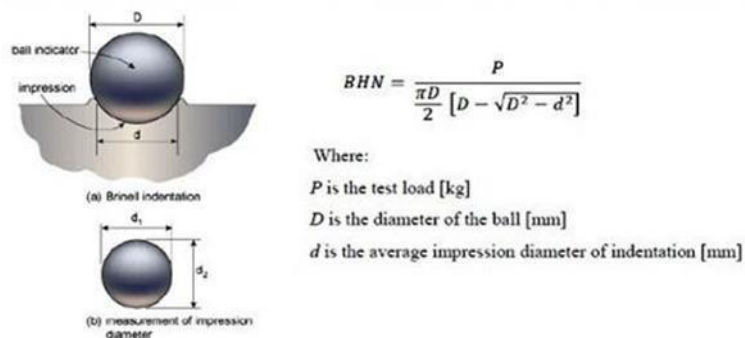
Gambar 2.14 Bentuk Patahan pada Uji Tarik

Salah satu sifat mekanis selain uji Tarik yaitu menentukan kekuatan suatu bahan adalah kekerasan. Uji kekerasan adalah tahanan yang dilakukan oleh bahan terhadap desakan kedalam perubahan yang tetap, ketika gaya tertentu diberikan pada suatu benda uji. Pengujian Rockwell didasarkan pada kedalaman masuknya penekan pada benda uji. Makin keras benda yang diuji makin dangkal masuknya penekan. Sebaliknya makin dalam masuknya penekanan pada bahan uji maka bahan uji tersebut makin lunak. Nilai kekerasan dapat langsung dibaca pada skala indikator.



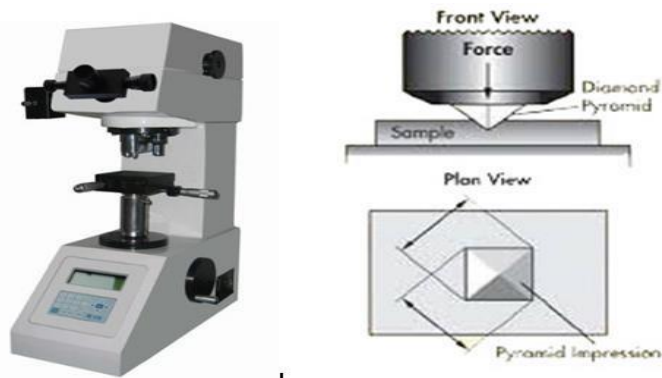
Gambar 2.15 Uji Kekerasan Rockwell

Uji kekerasan Brinell (*Brinell hardness test*) adalah sebuah pengujian kekerasan terhadap suatu bahan: Dalam tes ini, sebuah bola baja berdiameter tertentu diletakkan di atas bahan yang sedang diuji, lalu dikenakan suatu beban.



Gambar 2.16 Uji Kekerasan Brinell

Pengujian kekerasan Vickers dilaksanakan dengan cara menekan benda uji atau spesimen dengan indenter intan yang berbentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari permukaan permukaan yang berhadapan 136°.



Gambar 2.17 Uji Kekerasan Vickers

Perancangan dan pengujian Impak merupakan analisa bahan untuk mengetahui ketangguhan atau kegetasan bahan terhadap beban tiba – tiba. Uji Impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan serta keuletan material.

D. Struktur Mikro

Pengujian mikro (mikroscope test) ialah proses pengujian terhadap bahan logam yang bentuk kristal logamnya tergolong sangat halus. Mengingat demikian halusnya, sehingga pengujiannya

menggunakan suatu alat yaitu mikroskop optis bahkan mikroskop elektron yang memiliki kualitas pembesaran antara 50 hingga 3000 kali. Agar permukaan logam dapat diamati secara metalografi, maka terlebih dahulu dilakukan persiapan sebagai berikut :

- 1) Pemotongan
- 2) *Mounting spesimen* (bila diperlukan)
- 3) *Grinding dan polishing*
- 4) *Etsa (etching)*

METODE PENELITIAN

A. Persiapan Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan pada penelitian pengaruh variasi temperatur PWHT pada baja AISI 1045 dan baja AISI 1050 pasca pengelasan SMAW terhadap sifat mekanis dan struktur mikro adalah sebagai berikut :

- Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk penelitian yaitu :

- 1) Alat pembuat spesimen
 - Penggaris
 - Gerinda
 - Jangka Sorong
 - Sarung Tangan
 - Perlengkapan mesin las SMAW
 - Ragum
- 2) Alat Penelitian
 - Furnace
 - Mesin Uji Tarik
 - Mesin Uji Kekerasan
 - Mesin Uji Impak
 - Mesin Uji Struktur Mikro

- Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian yaitu :

1. Material Baja AISI 1045 (gambar)



Gambar 3.2 Material Baja AISI 1045

(Sumber : Dokumen Pribadi)

2. Material Baja AISI 1050 (gambar)



Gambar 3.3 Material Baja AISI 1050
(Sumber : Dokumen Pribadi)

3. Elektroda (gambar)



Gambar 3.4 Elektroda E7016
(Sumber : Dokumen Pribadi)

B. Cara Pembuatan Spesimen

1) Pemotongan Bahan

- Persiapan alat dan bahan
- Pemotongan material baja AISI 1045 dan material baja AISI 1050 dengan ukuran awal 100 mm x 50 mm x 8 mm
- Bentuk sudut kampuh V dengan sudut 60°

2) Pengelasan Logam

- Persiapkan alat dan Bahan
- Persiapkan mesin las SMAW dan atur arus nya



Gambar 3.5 Mesin Las SMAW

- Setelah arus (amper) sudah di atur, maka selanjutnya adalah proses pengelasan pada plat yang sudah di potong.



Gambar 3.6 Hasil Pengelasan Material

- Setelah selesai proses pengelasan, kemudian di lanjutkan dengan proses pembentukan spesimen sesuai masing – masing ukuran standart.



Gambar 3.7 Spesimen Uji

C. Proses *Post Weld Heat Treatment*

Setelah proses di atas di lalui, selanjutnya dilakukan proses PWHT. Dalam penelitian ini dilakukan variasi temperatur dan holding time. Dengan variasi Non PWHT, temperatur 300°C, 400°C dengan holding time 15 menit, pendinginan dilakukan di dalam furnace.



Gambar 3.8 Proses PWHT



Gambar 3.9 Spesimen Hasil PWHT

D. Pengujian Spesimen

Setelah proses pengelasan dan perlakuan panas (PWHT) sudah selesai selanjutnya adalah proses pengujian terhadap material. Pada penelitian ini dilakukan pengujian tarik, uji kekerasan, uji impak dan uji struktur metalografi.

A. Pengujian Tarik



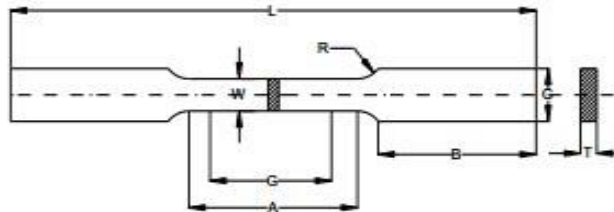
Gambar 3.10 Mesin Pengujian Tarik

Mesin pada pengujian tarik menggunakan mesin Universal Testing Machine yang ada pada lab pengujian di gedung mesin, dengan standart pengujian ASTM 370 dan beban tarik maksimal 10.000 kg. Berikut adalah tahap – tahap pengujian tarik :

1. Langkah pertama yaitu mengkoneksikan mesin uji tarik dengan komputer, kemudian menghidupkan komputer beserta mesin uji tarik.
2. Proses memasukan data spesimen kepada komputer yang meliputi panjang, lebar, tebal, jenis bahan spesimen dan standart uji tarik yang akan di gunakan.
3. Proses kalibrasi pada mesin uji tarik.
4. Meletakkan spesimen pada mesin uji tarik, dengan cara mecekam ujung atas dari spesimen, kemudian mengcekam lagi ujung bawah spesimen, dan di kencangkan hingga cukup kuat.
5. Proses pengujian kekuatan tarik dimulai dengan cara klik Start Test pada aplikasi komputer untuk mulai merekam grafik data uji, kemudian menekan tombol hidrolis Hyd ON pada control box serta memutar sedikit potensinya searah jarum jam (buka Hyd Valve). Selanjutnya menunggu hingga grafik nilai kekuatan tarik maksimum dihasilkan, sehingga menyebabkan spesimen mengalami deformasi hingga patah. Setelah spesimen patah, maka mesin uji tarik dimatikan dengan menekan tombol Hyd OFF pada control box.
6. Setelah itu, melepas spesimen dari cekam.
7. Nilai hasil pengujian kekuatan tarik berupa nilai kekuatan tarik maksimum akan langsung ditampilkan pada komputer karena menggunakan mesin uji tarik otomatis (mesin uji tarik

digital). Nilai yang dihasilkan menggunakan standar satuan MPa (N/mm). Data yang telah direkam dalam aplikasi pengujian kekuatan tarik dicatat dan ditulis sesuai dengan format cetak data hasil pengujian kekuatan tarik, setelah itu menyimpan berkas dokumen dengan ekstensi .pdf.

8. Proses pencetakan dokumen data hasil pengujian kekuatan tarik yang terdiri dari identitas spesimen pengujian kekuatan tarik, nilai kekuatan tarik, dan grafik kekuatan tarik.



Keterangan :

G (Gage Length) = 75 mm

C (Width Of Grip Section) = 20 mm

L (Overall Lengh) = 200 mm

T (Thickness) = 8 mm W

(Width) = 14 mm

R (Radius) = 12.5 mm

B. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan ini menggunakan mesin uji kekerasan *Rockwell Hardness Tester* dengan standart ASTM E384.



Gambar 3.11 Mesin Pengujian Kekerasan

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Berikut prosedur dan langkah-langkah pengujian kekerasan:

- 1) Mempersiapkan alat uji Rockwell skala C dengan cara menghidupkan alat uji. Memasang beban mayor sebesar 100 kg dibelakang alat uji. Kemudian, memasang indenter untuk skala C berupa diamond cone dan mengatur handel pada posisi atas.
- 2) Meletakkan spesimen pada meja uji dan memutar engkol agar spesimen berdekatan dengan indenter.
- 3) Proses kalibrasi alat uji, memposisikan spesimen hingga menyentuh indenter dengan cara memutar piringan (turn wheel) searah jarum jam hingga jarum besar pada skala jam ukur yang berwarna hitam berputar 2,5x dan menunjuk pada angka 0, sedangkan jarum kecil menunjuk pada titik merah.
- 4) Proses pengujian dengan cara menekan handle secara cepat, maka indenter akan mengenai permukaan spesimen kemudian jarum besar pada skala akan berputar. Selanjutnya, menunggu hingga jarum besar pada skala jam ukur berhenti.
- 5) Membaca nilai kekerasan dengan cara melihat posisi jarum besar pada skala jam ukur yang berwarna hitam.
- 6) Pada setiap daerah base metal, weld metal dan HAZ dari spesimen dilakukan pengambilan nilai kekerasan sebanyak tiga titik, titik kedua dan ketiga dilakukan dengan cara menggeser letak spesimen pada landasan sesuai dengan posisi yang diinginkan. Setelah itu, melakukan proses kalibrasi alat uji untuk menghasilkan nilai yang akurat. Kemudian menekan handle secara cepat untuk mendapatkan nilai kekerasan di posisi tersebut. Hasil nilai kekerasan dapat dilihat pada angka skala jam ukur yang ditunjuk oleh jarum besar.
- 7) Hasil dari pengujian kekerasan masing-masing daerah base metal, weld metal dan HAZ didapatkan hasil sebanyak tiga nilai kekerasan, kemudian hasil nilai tersebut akan dilakukan perhitungan rata-rata.

C. Pengujian Impak

Pada pengujian Impak ini, dilakukan metode langsung (*survey*), yang bertempat pada lab pengujian Gedung Mesin 1 Institut Teknologi Nasional Malang, yang memiliki tahap – tahap pengujian sebagai berikut :

- 1) Siapkan spesimen (bahan uji) yang sudah di bentuk
- 2) Memastikan jarum penunjuk pada posisi Nol pada saat godam menggantung bebas
- 3) Meletakkan bahan uji diatas penopang dan pastikan godam tepat memukul bagian tengah takikan
- 4) Menaikan godam secara perlahan hingga jarum penunjuk sudut menunjukan sudut awal, dalam hal ini godam terkunci otomatis
- 5) Kemudian tekan tombol pembebas kunci, sehingga godam akan mengayun ke bawah dan akan mematahkan benda uji

6) Setelah benda uji patah, barulah melakukan pengamatan dan membuat data secara tertulis.



Gambar 3.13 Mesin Pengujian Impak

(Sumber : Dokumen Pribadi)

D. Pengujian Struktur Mikro



Gambar 3.14 Mesin Pengujian Struktur Mikro

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Pengujian struktur mikro dan makro mesin yang digunakan yaitu Mikroskop Logam dan etsa yang digunakan Nital (5 ml HNO_3 + 95 ml alkohol 95%).

Berikut prosedur dan langkah-langkah pengujian struktur mikro:

- 1) Proses grinding (menghaluskan permukaan), dengan cara mengamplas permukaan spesimen. Media grinding menggunakan kertas amplas dengan grade bertahap mulai dari 440, 800, 1000, 1200, 2000. Proses grinding dilakukan hingga permukaan spesimen halus dan mengkilap.
- 2) Proses polish (memoles permukaan), menggunakan autosol yang digosok dengan media kain hingga permukaan spesimen menjadi lebih mengkilap.

- 3) Proses etching (pengetsaan) pada permukaan spesimen struktur mikro, dengan cara mengambil cairan etsa yang terdiri dari nital 5% dan alcohol 95%, lalu meneteskan cairan tersebut pada permukaan spesimen dengan selang waktu selama 15 detik.
- 4) Persiapan pengamatan struktur mikro pada spesimen yang sudah dilakukan proses PWHT dengan tiga variasi suhu yaitu Non PWHT, 300°C dan 400°C yang hanya akan dilakukan pengamatan struktur mikro pada daerah lasan (weld metal) saja. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan cara meletakkan spesimen uji yang telah dietsa pada meja uji mikroskop.
- 5) Selanjutnya menghidupkan mikroskop yang telah disambungkan dengan komputer agar proses pengambilan foto dapat dilihat pada monitor komputer.
- 6) Proses pengamatan struktur mikro, menggunakan pembesaran yang diperlukan yaitu sebesar 500x.
- 7) Proses pengambilan foto struktur mikro dengan cara klik ikon foto pada aplikasi, lalu simpan foto pada memori komputer.
- 8) Hasil dari pengamatan struktur mikro spesimen didapatkan masing-masing sebanyak satu foto pada daerah lasan (weld metal).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Pengujian Tarik

Pada pengujian yang telah dilakukan diperoleh data yang berbeda – beda dalam beberapa pengujian. Sehingga untuk memperoleh data yang aktual pada penelitian ini dilakukan pengujian minimal tiga kali pada setiap variasi media pendingin yang berbeda dengan tujuan data yang diperoleh lebih aktual dan valid. Dari hasil pengujian spesimen ini menghasilkan data berbentuk angka dalam bentuk tabel, grafik dan data pengujian kekerasan permukaan, kekuatan uji tarik dan data foto struktur mikro pada spesimen yang diuji yaitu Baja AISI 1045 dan Baja AISI 1050.

○ Perhitungan Data Pengujian Tarik : Rumus : $\sigma = \frac{F}{A_o}$

A_o

- Non PWHT

Tabel 4.1 Hasil perhitungan tegangan tarik Non PWHT

A	$\sigma = \frac{F}{A_o}$	$= \frac{2952}{96.00}$	$= 30,8$
B	$\sigma = \frac{F}{A_o}$	$= \frac{4701}{96.00}$	$= 48,9$
C	$\sigma = \frac{F}{A_o}$	$= \frac{4713}{96.00}$	$= 49,0$

2

Rata-rata tegangan tarik = 43,2 Kgf/mm

- PWHT dengan suhu 300°C

Tabel 4.2 Hasil perhitungan tegangan tarik suhu 300°C

A	$\sigma = \frac{F}{A_o}$	$= \frac{4495}{96.00}$	= 46,8
B	$\sigma = \frac{F}{A_o}$	$= \frac{4759}{96.00}$	= 49,5
C	$\sigma = \frac{F}{A_o}$	$= \frac{3069}{96.00}$	= 31,9

Rata-rata tegangan tarik = 42,7 *Kgf/mm²*

- PWHT dengan suhu 600°C

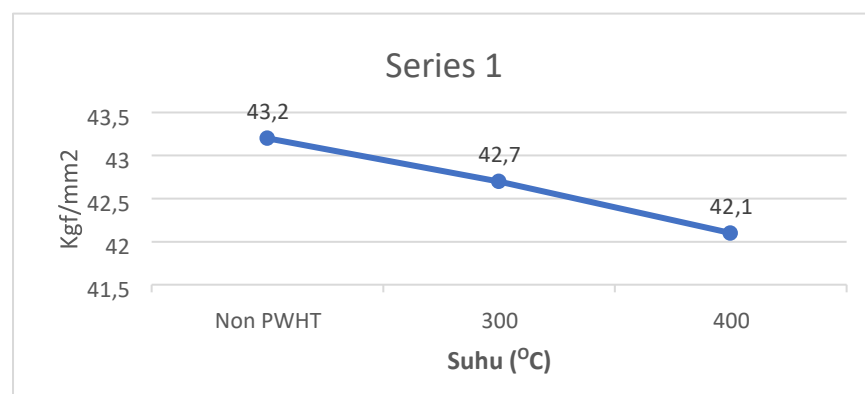
Tabel 4.3 Hasil perhitungan tegangan tarik suhu 400°C

A	$\sigma = \frac{F}{A_o}$	$= \frac{4674}{96.00}$	= 48,6
B	$\sigma = \frac{F}{A_o}$	$= \frac{3695}{96.00}$	= 38,4
C	$\sigma = \frac{F}{A_o}$	$= \frac{4493}{96.00}$	= 46,8

Rata-rata tegangan tarik = 44,6 *Kgf/mm²*

Tabel 4.4 Hasil Uji Tarik

No	Variasi Pengelasan Dengan PWHT	Jumlah Specimen	Area Mm ²	Max Force Kgf	0.2% Y. S Kgf/mm ²	Tensile Straing Kgf/mm ²	Elongition %
1	Non PWHT	A	72.00	2952	40.75	41.01	21
		B	72.00	4701	41.72	65.30	24
		C	72.00	4713	42.97	65.45	26
2	PWHT 300°C	A	72.00	4495	39.61	62.43	19
		B	72.00	4759	41.73	66.10	20
		C	72.00	3069	37.89	42.63	8
3	PWHT 400°C	A	72.00	4674	40.32	64.92	16
		B	72.00	3695	32.37	51.31	10
		C	72.00	4493	38.87	62.41	17



Berdasarkan Grafik diatas hubungan uji tarik dengan variasi suhu PWHT menunjukkan nilai kekuatan tarik cenderung mengalami penurunan. pada variasi Non PWHT memiliki kekuatan tarik

sebesar 43,2 Kgf/mm² kemudian untuk nilai kekuatan tarik variasi PWHT pada suhu 300°C sebesar 42,7 Kgf/mm², dan pada variasi PWHT dengan suhu 400°C memiliki kekuatan tarik terendah yaitu 42,1 Kgf/mm².

Dari hasil Uji Tarik didapatkan nilai uji tarik mengalami penurunan pada setiap peningkatan variasi suhu PWHT. Hal ini disebabkan karena perlakuan panas (post heat) memberikan pengaruh pada strukturmikro untuk bertransformasi ke fasa baru. ukuran ferit semakin besar dan ada yang membentuk pulau besar. Ukuran ferit yang bertransformasi tersebut akan mengakibatkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik menurun.

B. Data Hasil Pengujian Kekerasan

Dari hasil pengujian kekerasan dari sampel spesimen dengan variasi suhu PWHT yaitu Non PWHT, 300°C, 400°C . Sampel uji yang telah diuji dicantumkan pada tabel hasil uji kekerasan dibawah ini.

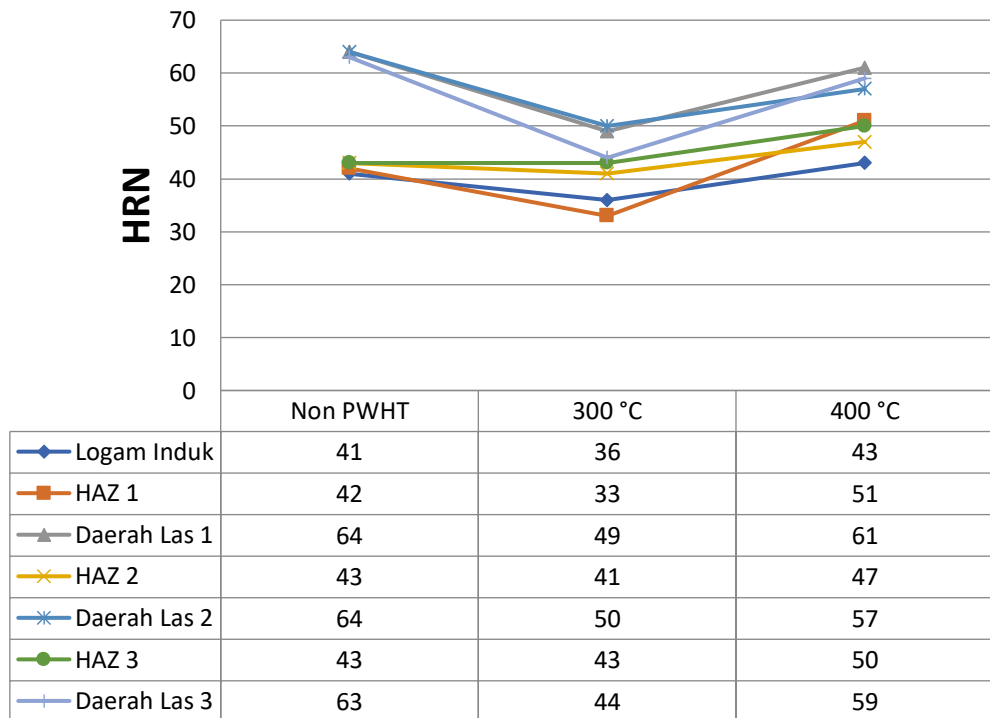
Tabel 4.5 Hasil Uji Kekerasan

Jumlah Titik	Daerah Las	Variasi Heat Treatment Baja AISI 1045 dan AISI 1050		
		Non PWHT	300°C	400°C
1	Logam Induk AISI 1045 AISI 1050	44	36	44
2		41	38	45
3		38	36	41

Rata-rata		41	36	43
1	HAZ 1 AISI 1045 AISI 1050	40	35	50
2		42	34	52
3		44	32	53
Rata-rata		42	33	51
1	Daerah Las 1 AISI 1045 AISI 1050	68	45	65
2		63	44	63
3		62	58	57

Rata-rata		64	49	61
1	HAZ 2 AISI 1045 AISI 1050	45	40	60
2		42	41	42
3		43	42	41
Rata-rata		43	41	47
1	Daerah Las 2 AISI 1045 AISI 1050	64	37	69
2		66	42	47
3		64	71	56
Rata-rata		64	50	57
1	HAZ 3 AISI 1045 AISI 1050	44	43	62
2		43	41	45
3		42	45	44
Rata-rata		43	43	50
1	Daerah Las 3 AISI 1045 AISI 1050	65	37	69
2		63	39	51
3			62	57
Rata-rata		63	44	59

Grafik Hubungan Variasi Suhu PWHT Terhadap Nilai Uji Kekerasan



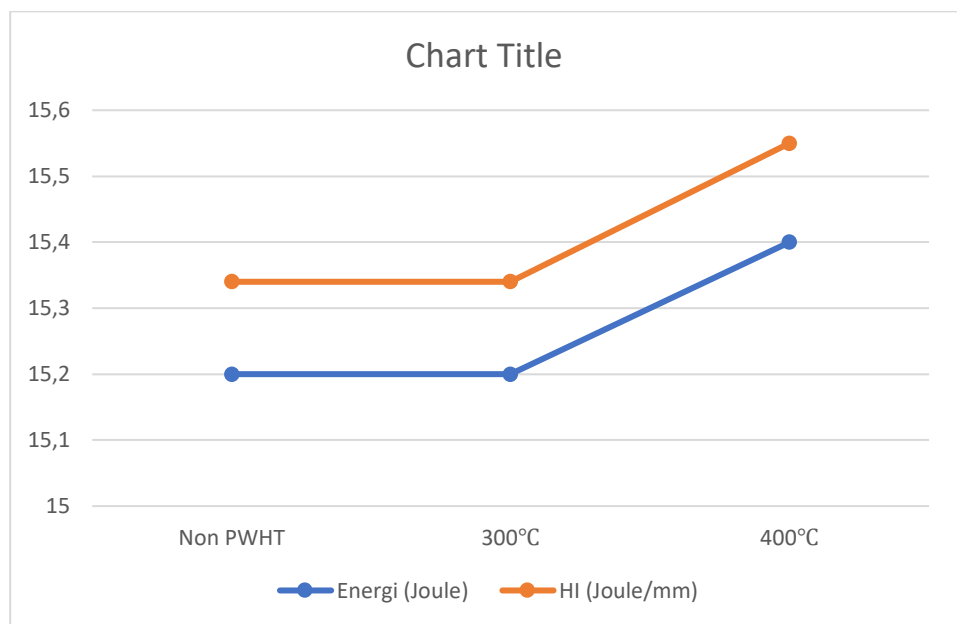
Berdasarkan Grafik menunjukkan bahwa nilai kekerasan untuk daerah las 1 nilai kekerasan pada variasi Non PWHT yaitu sebesar 64 HRN kemudian mengalami penurunan nilai kekerasan pada variasi suhu PWHT 300°C menjadi 49 HRN dan nilai kekerasan kembali naik pada saat suhu PWHT dinaikkan ke 400°C. Sedangkan pada daerah HAZ 1 nilai kekerasan pada variasi Non PWHT yaitu sebesar 42 HRN disetiap kenaikan variasi suhu PWHT 300°C nilai kekerasan selalu mengalami penurunan yaitu sebesar 33 HRN namun pada suhu PWHT 400°C nilai kekerasan akan naik kembali menjadi 51 HRN.

Proses pendinginan yang dilakukan didalam dapur pemanas (furnace) setelah dilakukannya heat treatment berakibat pada bertambahnya waktu pada proses pendinginan. Jika mengacu pada diagram CCT dan TTT lamanya waktu pendinginan mengakibatkan fasa yang terbentuk pada saat pendinginan mencapai suhu ruang adalah fasa ferrit dan perlit. Dan berdasarkan perhitungan persentase pada jumlah fasa ferrit dan perlit pada uji struktur mikro, pada daerah logam lasan jumlah fasa perlit lebih dominan dibandingkan fasa ferrit. Sehingga sifat mekanis yang didapatkan ialah relatif keras.

C. Data Hasil Pengujian Impak

Pengujian Impak dilakukan untuk mengetahui kekuatan Impak dari spesimen yang dipengaruhi oleh perlakuan panas dengan variasi Non PWHT, 300°C, 400°C. Berdasarkan dari pengujian sampel impak telah di peroleh data sebagai berikut :

Variasi Pengelasan Dengan PWHT	Jumlah Sempel	Energi (Joule)	HI (Joule/mm)
Non PWHT	1	14,7	0,14
	2	15,4	0,15
	3	15,6	0,15
Rata - Rata		15,2	0,14
300°C	1	14,8	0,14
	2	14,8	0,14
	3	16,2	0,16
Rata - Rata		15,2	0,14
400°C	1	15,3	0,15
	2	15,4	0,15
	3	15,6	0,15
Rata - Rata		15,4	0,15

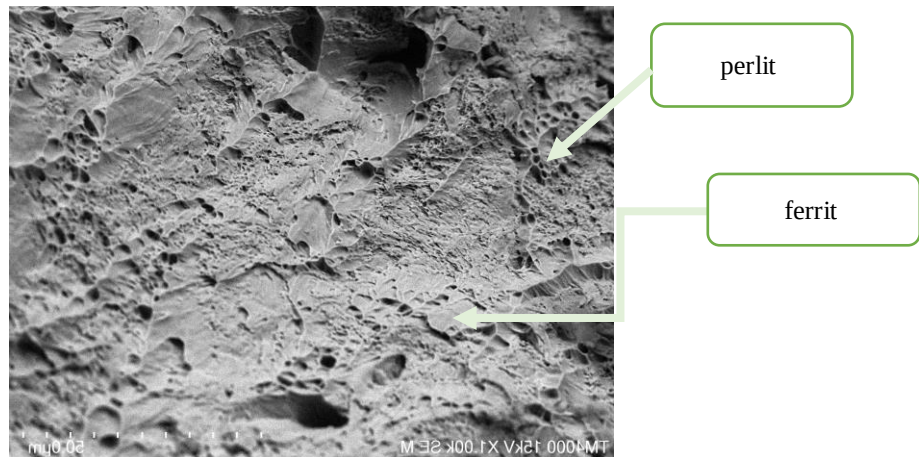


Bedasarkan data dan grafik di atas, pada variasi Non PWHT dan suhu PWHT 300°C memiliki rata – rata nilai Energi (*Joule*) dan HI (*Joule/mm*) yang hampir sama, dengan rata – rata Energi (*Joule*) 15,2 dan HI (*Joule/mm*) sebesar 0,14. Sedangkan pada variasi suhu PWHT 400°C Energi dan HI mengalami peningkatan yaitu dengan nilai Energi (*Joule*) 15,4 dan HI (*Joule/mm*) 0,15.

D. Data Hasil Pengujian Stuktur Mikro

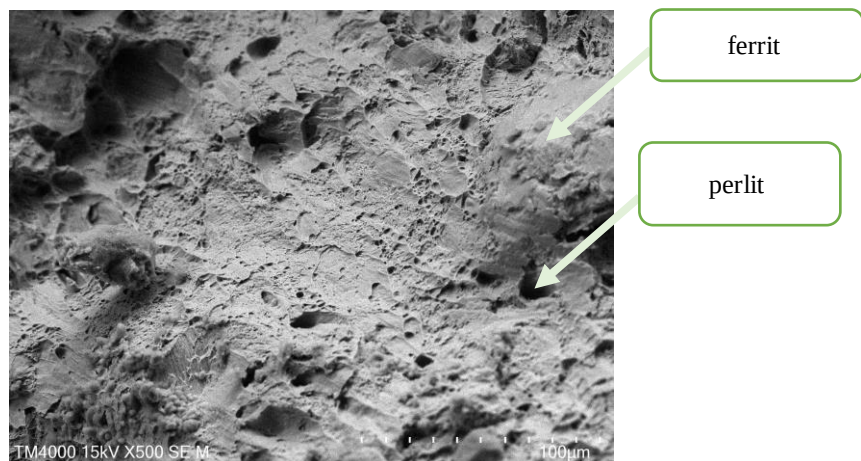
Pengujian mikro dilakukan untuk mengetahui perubahan struktur mikro yang terjadi setelah dilakukan

Post Weld Heat Treatment pada masing-masing spesimen dengan suhu dan *holding time* yang berbeda. Berdasarkan dari pengujian sampel struktur mikro telah diperoleh foto struktur mikro pada daerah logam las, dan kandungan jumlah fasa ferrit dan perlit dapat dilihat pada gambar berikut :



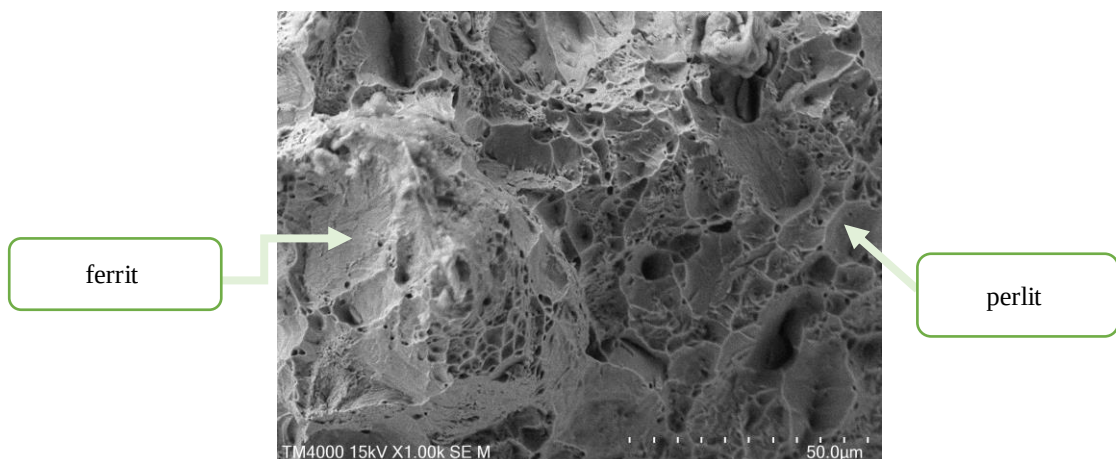
Gambar Struktur Mikro Non PWHT

(Sumber : Dokumen Pribadi)



Gambar Struktur Mikro PWHT pada suhu 300°C

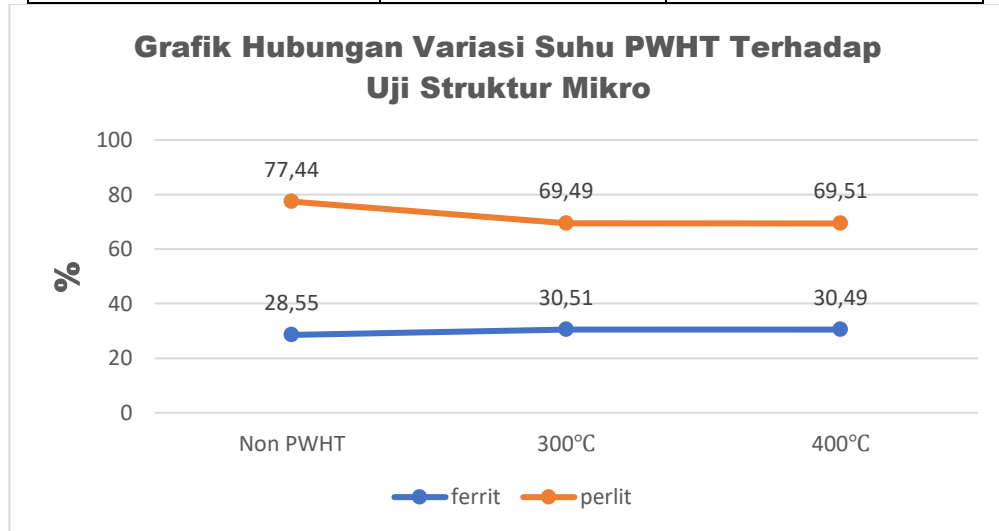
(Sumber : Dokumen Pribadi)



Gambar Struktur Mikro PWHT pada suhu 400°C

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Variasi PWHT	Ferrit	Perlit
Non PWHT	28,55	71,44
300°C	30,51	69,49
400°C	30,49	69,51



Berdasarkan Tabel dan grafik di atas, dapat diambil data bahwa pada daerah logam las dengan variasi suhu Non PWHT didapatkan kandungan fasa ferrit sebesar 28,55% dan fasa perlit sebesar 77,44%. Selanjutnya pada daerah logam las dengan variasi suhu PWHT 300°C didapatkan kandungan fasa ferrit sebesar 30,51% dan fasa perlit sebesar 69,49%. Kemudian pada daerah logam las dengan perlakuan variasi suhu PWHT 400°C didapatkan kandungan fasa ferrit sebesar 30,49% dan fasa perlit sebesar 69,51%. Jumlah persentase kandungan struktur ferrit lebih sedikit dibandingkan dengan kandungan struktur perlit.

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian yang dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Variasi Temperatur PWHT serta Non PWHT terhadap sambungan las SMAW pada baja AISI 1045 dan baja AISI 1050 sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik dan kekerasan sambungan las.
- 2) Nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 66.10 Kgf/mm² terjadi pada proses PWHT dengan suhu 300°C.
- 3) Nilai kekesaran tertinggi pada daerah las terjadi pada proses PWHT dengan suhu 300°C, yaitu sebesar 71 HRN.
- 4) Hasil pengamatan dari pengujian struktur mikro pada daerah logam las dihasilkan jumlah kandungan fasa perlit tertinggi pada variasi Non PWHT dan terendah pada variasi PWHT suhu 300°C. Untuk jumlah fasa Ferrit tertinggi pada PWHT 300°C dan terendah pada variasi Non PWHT.

5.3 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, agar memperoleh hasil yang lebih maksimal, maka penulis menyarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut antara lain, yaitu:

- 1) Perlu ketelitian dalam mengerjakan setiap spesimen uji dengan operasi permesinan.
- 2) Perlu dilakukan penelitian lanjut dengan menggunakan variasi nilai temperatur suhu PWHT yang berbeda lebih banyak agar bisa mendapat hasil yang lebih maksimal.
- 3) Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan sistem las yang berbeda agar dapat mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

REFERENSI

- 1 Amanto, Hari, dan Daryanto. 1999. “ Ilmu Bahan “. Jakarta: Pradya Paramita.
- 2 American Welding Society,(2015), Structural Welding Code – Steel, Miami
- 3 Amstead. B.H, F.Osatawaid, P, I.Begeman.M, Djaprie.s, 1922,. Teknologi Mekanika, Jilid I, UI- Jakarta, Erlangga,
- 4 Arifin,Samsul.2019.*Pengaruh Arus Pada Pengelasan SMAW Logam Berbeda Baja ASTM A36 Dengan Baja AISI 1050 Terhadap Sifat Mekanis*.Skripsi.Intitut Teknologi Nasional Malang.
- 5 Azwinur, Syukran, Hamdani.2018.*Kaji Sifat Mekanik Sambungan Las Butt Weld Dan Double Lap Joint Pada Material Baja Karbon Rendah*. Volume 12 No.1 : 9 – 16.
- 6 Daryanto, dkk. (2006). Ilmu Bahan. Jakarta: Bumi Aksara
- 7 Daryanto. (2013). Teknik Las. Bandung: Alfabeta. William, D., Callister J.R. (1985). Materials Science and Engineering. Singapore: State University of Utah.
- 8 E Book, *Modul Teknik Pengelasan Dasar*. Universitas Sumatra Utara, www.google.com
- 9 Janeal Arifin, Helmy Purwanto, Imam Syafa’at 2017. *Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SMAW Baja ASTM A36*. Vol.13 No.1 : Hal. 27 – 31.
- 10 Rusianto, Widi Widayat, Danang Dwi Saputro, (2012). Pengaruh Variasi Suhu Post Weld Heat Treatment Annealing Terhadap Sifat mekanis Material Baja EMS-45 Dengan Metode Pengelasan Shielded Metal Arc Welding. Semarang: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
- 11 Sudira Tata, Ir. Prof dan Sato Shinroku, DR Prof, 2005, Pengetahuan Bahan Teknik, Pradnya Parameta-Jakarta.
- 12 Sunari. (2007). Teknik Pengelasan Logam. Jakarta: Ganeca Exact.
- 13 T.Sudira dan Shinroku, Pengetahuan Bahan Teknik, (Jakarta: Pradnya Paramita, 1999)
- 14 Vlack, V., (1981). Ilmu dan Teknologi. ERLANGGA: Jakarta Wiryosumatro, H. d. (1996). “.

- 15 Wiryosumarto dan Okumura, Teknologi Pengelasan Logam, (Jakarta: PT.Pradya Pratamita, 1991),
- 16 Wiryosumarto H., Okumura T. 2000. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta. Pradya Paramita
- 17 Yustiasih Purwaningsih, Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Sambungan Las SMAW Baja A287 Sebelum dan Sesudah PWHT, (Jurnal Teknoim Vol. 11 Nomor 3, 2006).