



Pengaruh Variasi Waktu Tahan Proses Pengelasan SMAW terhadap Kekuatan Impak Material S45C

Effect of SMAW Holding Time Variation on Impact Strength of S45C Material

Tri Hartutuk Ningsih^{1,a)}, Tri Mulya Prayogo¹, Anggra Fiveriati²

¹Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi

^{a)}Corresponding author: triningsih@unesa.ac.id

Abstrak

Di dunia industri serta konstruksi berhubungan erat dengan perlakuan proses PWHT yang digunakan produk atau material pasca pengelasan, dikarenakan dari proses tersebut cukup mempengaruhi hasil produk atau material. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh kekuatan impak dari pengelasan baja S45C sebelum dan yang sudah dilakukannya proses PWHT *annealing* dengan variasi waktu tahan 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Dari hasil penelitian yang dilakukan memberikan hasil bahwa hasil pengelasan SMAW yang mengalami proses PWHT dengan variasi *holding time* 90 menit memiliki nilai ketangguhan impak tertinggi dari dua variasi *holding time* yang lainnya, yaitu sebesar 0,897 J/mm², sedangkan untuk variasi *holding time* 30 menit memiliki nilai ketangguhan impak sebesar 0,685 J/mm² dan variasi *holding time* 60 menit memiliki nilai ketangguhan impak 0.791 J/mm². Namun untuk hasil nilai ketangguhan impak terendah terdapat pada variasi tanpa proses PWHT bernilai sebesar 0,355 J/mm². dari penelitian diketahui bahwa nilai kekuatan impak semakin meningkat dengan seiring lama waktu tahan proses PWHTnya dikarenakan adanya pengurangan tegangan sisa pada material.

Kata Kunci: waktu penahanan; PWHT; SMAW, uji impak; S45C

Abstract

In the world of industry and construction it is closely related to the treatment of the PWHT process used by post-welding products or materials, because the process has quite an effect on the yield of the product or material. This study aims to determine the effect of impact strength from welding S45C steel before and after the PWHT annealing process was carried out with variations in holding times of 30 minutes, 60 minutes and 90 minutes. From the results of the research conducted, it was found that the results of SMAW welding which underwent a PWHT process with a holding time variation of 90 minutes had the highest impact toughness value of the other two variations of holding time, which was 0.897 J/mm², while for the 30 minute holding time variation it had a impact toughness of 0.685 J/mm² and the holding time variation of 60 minutes has an impact toughness value of 0.791 J/mm². However, the lowest impact toughness value is found in the variation without the PWHT process which is 0.355 J/mm². From the research it is known that the value of the impact strength increases with the longer the holding time of the PWHT process due to the reduction of residual stresses in the material.

Keywords: holding time; PWHT; SMAW; impact test; s45c

PENDAHULUAN

Dalam proses produksi dan manufaktur, pengelasan sangat penting untuk memproduksi sambungan las berkualitas tinggi yang sesuai dengan kriteria dalam hal kekuatan dan ketangguhan, diperlukan keahlian yang luas karena pengelasan melibatkan operasi peleburan, proses metalurgi, dan prosedur pembekuan logam.

Pengujian harus dilakukan untuk mengetahui apakah kekuatan dan ketangguhan sambungan las memenuhi standar atau tidak. Biasanya, uji material memerlukan pemeriksaan karakteristik mekanik dan mikro [1].

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi juga telah menyebabkan perbaikan dalam teknik pengelasan. Ketika dua atau lebih potongan logam disatukan menggunakan energi panas, logam di sekitar

daerah las mengalami perubahan struktur metalurgi, deformasi, dan tegangan termal [2].

Untuk meningkatkan sifat mekanik dan struktur mikro daerah yang terkena panas dan daerah logam las, prosedur perawatan yang dikenal sebagai perlakuan panas pasca las adalah panas yang diterapkan pada material setelah pemrosesan pengelasan [3]. Fungsi PWHT adalah untuk meredam *martensit* dalam logam las dan HAZ, untuk mengurangi kekerasan dan meningkatkan ketangguhan, dan untuk mengurangi tegangan sisa yang terkait dengan pengelasan [4].

Temperatur tinggi yang digunakan selama pengelasan memiliki dampak panas di satu lokasi yang dapat menyebabkan logam menyusut setelah didinginkan. Siklus pemanasan yang tidak merata diikuti oleh siklus pendinginan yang tidak merata menyebabkan tegangan sisa permanen [5]. Metode termal dan metode mekanis adalah dua cara untuk melepaskan tegangan sisa. Metode termal adalah yang paling sering digunakan dalam proses anil dari keduanya. Prosedur anil melibatkan memanaskan bahan yang dilas ke suhu tertentu [6]. Variabel yang berpengaruh signifikan terhadap proses reduksi tegangan sisa annealing antara lain temperatur pemanasan, laju pendinginan, dan durasi penahanan [7]. Annealing memiliki banyak fungsi selain untuk mengurangi tegangan sisa, juga meningkatkan ketangguhan di daerah HAZ [8].

Baja karbon sedang adalah kategori yang termasuk baja S45C. Jumlah unsur karbon dapat digunakan untuk menentukan ini. Baja ini sering digunakan dalam pengaplikasian seperti baut pengaman komponen mesin, batang ulir kemudi, poros engkol, roda gigi, pin ram, batang penghubung, bantalan, dan lainnya [9].

SMAW (*shielded metal arc welding*) atau las busur elektroda terbungkus. Logam dasar mengalami peleburan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja kemudian membeku secara bersamaan [10]. Tujuan dari *flux* pada pengelasan ini adalah untuk menghasilkan *slag* di atas lasan, yang melindungi sambungan dari udara (oksigen, hidrogen, dll.) saat sambungan sedang dilas [11].

Setelah proses pengelasan, material dipanaskan sekali lagi menggunakan suhu tertentu ini disebut dengan PWHT, [12] berfungsi untuk meningkatkan kualitas material dengan menyeragamkan struktur mikro. Pemanasan dilakukan secara bertahap dan

terkendali hingga suhu mempengaruhi kualitas barang yang digunakan. Untuk menyebarkan panas yang dihasilkan secara merata, suhu juga dipertahankan untuk jangka waktu tertentu. Proses pendinginan yang terkontrol kemudian dilakukan dengan memanfaatkan berbagai media pendingin.

Tujuan dari uji impak adalah untuk menjelaskan keadaan material dalam konstruksi atau alat transportasi, dimana beban kadang tiba secara tiba-tiba dan tidak selalu secara bertahap [13]. Dimana benturan terjadi secara cepat atau tiba-tiba bukan secara terus-menerus (kejutan). Tujuan uji impak *charpy* adalah untuk mengetahui kegetasan atau keuletan suatu bahan (spesimen) yang akan diuji dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda yang akan diuji secara *static* [14].

Pada penelitian ini akan dilihat bagaimana waktu tahan mempengaruhi tegangan sisa yang terlihat pada karakteristik mekanik. Dengan interval waktu tunggu 30 menit, 60 menit, dan 90 menit digunakan suhu PWHT 800°C. Karena proses PWHT juga mempengaruhi biaya produksi, maka harus dioptimalkan. Waktu tahan tambahan dihitung tergantung pada waktu tahan yang mungkin diterapkan pada pembuatan produk.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen (*experimental research*) yang memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh PWHT variasi lama waktu *holding time* pengelasan SMAW terhadap nilai uji impak pada material baja S45C.

Variabel Penelitian

Pada penelitian menggunakan mengacu pada variabel yang digunakan

1. Variabel bebas yang digunakan yaitu waktu tahan pada proses PWHT yaitu 30 menit, 60 menit dan 90 menit.
2. Variabel terikat yang digunakan yaitu hasil nilai kekuatan impak yang didapatkan dari material setelah dilakukannya PWHT.
3. Variabel kontrol yang digunakan yaitu material hasil pengelasan SMAW dan sudah mengalami proses PWHT suhu 800°C.

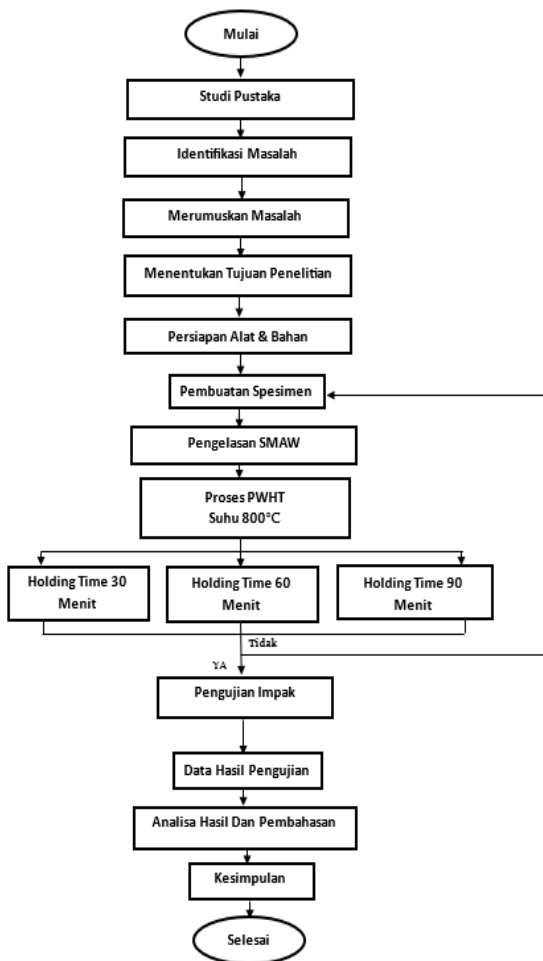
Tempat Pelaksanaan

Tempat yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini

1. Proses pengelasan, PWHT dan pembuatan spesimen dilaksanakan di Politeknik Negeri Malang
2. Pengujian impact dilaksanakan di Lab Teknik mesin, Politeknik Negeri Malang.

Diagram Alir

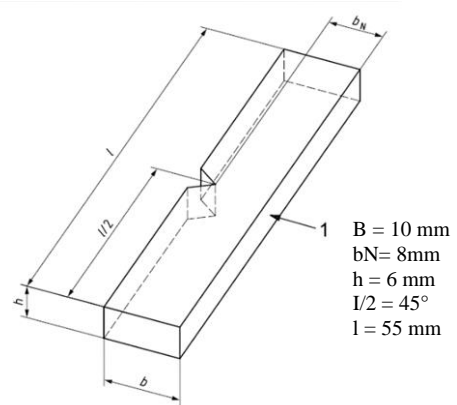
Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada Gambar 1. diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alir

Spesimen Uji Impact

Pengujian impact (Gambar 2.) dalam penelitian ini menggunakan standar ASTM E23[15] dan merujuk dari AWS B4.0 2016[16]. Dengan total 12 spesimen dengan panjang 55 mm lebar 10 mm.



Gambar 2. Uji impact

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Impact

Berikut data hasil pengujian impact terhadap sambungan las SMAW yang sudah dilakukan PWHT setelah melewati pengolahan data pada rumus yang sudah ditentukan:

Tabel 1. Uji Impact

Spesimen	α	β	E (Joule)	HI (Joule/mm ²)	
A	1	120°	68°	17,9	0,372
	2	120°	70°	16,3	0,339
	3	120°	69°	17,1	0,356
	Rata-rata			17,1	0,355
B	1	120°	52°	29,7	0,618
	2	120°	44°	34,8	0,725
	3	120°	45°	34,2	0,712
	Rata-rata			32,9	0,685
C	1	120°	37°	38,7	0,806
	2	120°	40°	37,1	0,772
	3	120°	38°	38,2	0,795
	Rata-rata			38	0,791
D	1	120°	30°	42,0	0,875
	2	120°	27°	43,3	0,902
	3	120°	25°	44,0	0,916
	Rata-rata			43,1	0,897

Berdasarkan Tabel 1. di atas diketahui hasil dari pengujian impact yaitu sudut awal (α) dan sudut akhir (β) terhadap material pengelasan yang sudah mengalami proses PWHT, maka dari data hasil tersebut dapat dihitung dengan rumus energi impact (E) dan harga impact (HI) sebagai berikut:

Diketahui: Gravitasi 9,81 m/s²
 Jarak Lengan Pengayun 0,6 mm
 Massa Pendulum 8,3 kg
 Luas Penampang Dibawah Takik 48 mm²

$$E = m \cdot g \cdot \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 8,3 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,6 \text{ mm} (\cos 68^\circ - \cos 120^\circ)$$

$$= 17,9 \text{ J}$$

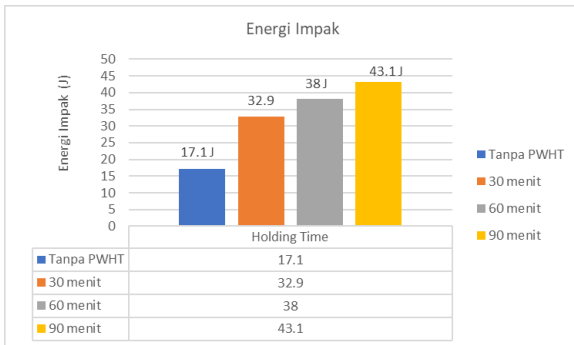
Keterangan:

- E : Energi Impak (J)
- g : gravitasi (m/s^2)
- m : Berat Pendulum (kg)
- β : Sudut Akhir Pendulum
- α : Sudut Awal Pendulum
- λ : Jarak Lengan Pengayun (m)

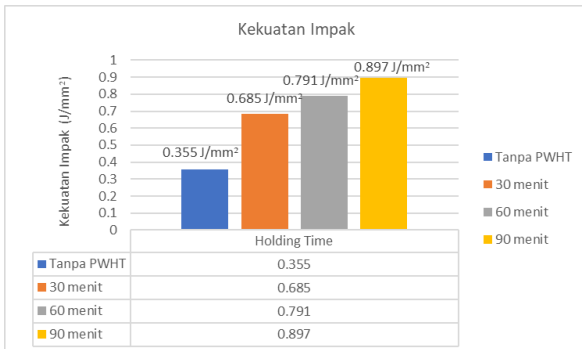
$$HI = \frac{E}{A} = \frac{17,9 J}{48 mm^2} = 0,372 J/mm^2$$

Keterangan:

- HI : Harga Impak
- E : Energi Impak
- A : Luas Penampang Dibawah Takik (mm^2)



Gambar 3. Energi impact



Gambar 4. Kekuatan impact

Nilai ketangguhan/harga *impact* didapat dari nilai energi terserap dibagi dengan luas penampang patah. Energi terserap adalah energi yang digunakan untuk mematahkan benda kerja dengan cara mengalikan gaya dan jarak. Penampang patah didapat dari daerah terjadi perpatahan, pada pengujian ini perpatahan terjadi pada daerah yang diberi takikan[17]. Pada **Gambar 4.** merupakan diagram batang perbandingan nilai ketangguhan impact, gambar tersebut melihat benda uji tanpa perlakuan PWHT annealing mempunyai nilai

ketangguhan yang paling rendah dengan rata-rata 0,355 J/mm^2 untuk spesimen PWHT *annealing* dengan waktu penahanan 30 menit memiliki nilai ketangguhan rata-rata 0.685 J/mm^2 , PWHT *annealing* dengan waktu penahanan 60 menit memiliki nilai ketangguhan rata-rata 0.791 J/mm^2 , sedangkan untuk PWHT dengan waktu 90 menit memiliki nilai tertinggi dari spesimen non PWHT dan spesimen waktu tahan 30 dan 60 yaitu rata-rata 0,897 J/mm^2 .

PWHT dan waktu tahannya menyebabkan ketangguhan meningkat dikarenakan tegangan sisa mengalami penurunan dan material mengalami proses perbaikan struktur pada PWHT setelah melakukan pengelasan, tetapi disisi lain mengorbankan kekuatan tariknya yang mengalami penurunan dengan seiring lama waktu tahannya dalam proses PWHT. Hal ini didukung oleh penelitian Immanuel Freddy (2015) yang mengatakan bahwa seiring dengan diberinya PWHT nilai tegangan sisa mulai menurun, Penurunan tegangan sisa terletak pada waktu yang paling lama yaitu 4 jam, sehingga waktu tahan berpengaruh terhadap nilai tegangan sisa pada material, dan menjelaskan bahwa ketangguhan yang paling tinggi dimiliki material yang diberi PWHT waktu 4jam, berbanding terbalik dengan nilai kekerasannya yang rendah, ketangguhan pun meningkat [1].

Dengan hasil pengujian impact yang telah dilakukan dan diketahui bahwa adanya kenaikan nilai kekuatan impact dengan seiring bertambahnya waktu tahannya. Sehingga bila ingin menggunakan *holding time* untuk pengaplikasian pada rangka, mal cetak ataupun komponen mesin yang memerlukan kekuatan impact maksimal atau ketangguhan cukup baik, penggunaan *holding time* sudah cukup memenuhi untuk pengaplikasiannya bila mana memerlukannya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada keluarga saya mulai dari rumah maupun di ruang lingkup Universitas Negeri Surabaya yang telah mendoakan dan mendukung dalam pembuatan jurnal penelitian ini hingga selesai.

PENUTUP

Simpulan

Hasil pengujian impact pada spesimen plat baja S45C pada hasil pengelasan SMAW dan PWHT dengan variasi *holding time* 90 menit memiliki nilai ketangguhan impact tertinggi dari dua variasi *holding*

time yang lainnya, yaitu sebesar 0,897 J/mm², sedangkan untuk variasi *holding time* 30 menit memiliki nilai ketangguhan impak sebesar 0,685 J/mm² dan variasi *holding time* 60 menit memiliki nilai ketangguhan impak 0.791 J/mm². Namun untuk hasil nilai ketangguhan impak terendah terdapat pada variasi tanpa proses PWHT bernilai sebesar 0,355 J/mm². Dari hasil tersebut bahwa waktu tahan pada proses PWHT sangat berpengaruh terhadap ketangguhan pada spesimen sambungan lasan baja S45C, semakin lama waktu tahan PWHT maka semakin tinggi nilai yang dihasilkan dan proses pendinginan yang lambat menyebabkan material semakin tangguh.

Saran

Saran. Penelitian ini menggunakan uji impak untuk lebih maksimal lagi memerlukan uji yang lainnya seperti uji banding, dan uji mikro. Proses PWHT perlu diperhatikan dengan teliti untuk waktunya saat proses berlangsung, Perlunya pengujian mikro guna mengetahui perubahan struktur mikro setelah proses PWHT dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Freddy, "Pengaruh Lama Waktu Tunggu Pada Proses PWHT Terhadap Sifat Mekanik, Struktur Mikro Dan Tegangan Sisa Pada Pengelasan Baja AAR M201 GR.B+," 2015.
- [2] P. Trihutomo, "Pengaruh Proses Annealing Pada Hasil Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah," *J. Tek. Mesin*, vol. 22, no. 1, pp. 81–88, 2014, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/134083-ID-pengaruh-proses-annealing-pada-hasil-pen.pdf>.
- [3] S. T. Mesin, F. Teknik, U. N. Surabaya, J. T. Mesin, F. Teknik, and U. N. Surabaya, "Pengaruh Post Weld Heat Treatment (Pwht) Dengan Variasi Media Pendinginan Hasil Pengelasan Smaw Pada Pipa Kilang Astm A 106 Grade B Terhadap Kekuatan Bending Dan Struktur Mikro Genio Yudha Pratama Yunus," 2000.
- [4] . M. S. Y., "a Review of Effect of Welding and Post Weld Heat Treatment on Microstructure and Mechanical Properties of Grade 91 Steel," *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 04, no. 03, pp. 574–580, 2015, doi: 10.15623/ijret.2015.0403096.
- [5] F. W. Wibowo, *Pengaruh Holding Time Annealing Pada Sambungan Smaw Terhadap Ketangguhan Las Baja K945 EMS45*. 2013.
- [6] R. Bintari Nurhayati, N. Syahroni, I. Handayanu, and F. Teknologi Kelautan, "Analisa Pengaruh Welding Sequence Terhadap Tegangan Sisa Dan Distorsi Pada Sambungan Tubular Dt-Joint Menggunakan Metode Elemen Hingga Dosen Pembimbing," 2016.
- [7] D. Mahbegi, "Analisa Pengaruh Temperatur Tempering Perubahan Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Coupler Yoke Rotary (Aar-M201 Grade E)," *Fak. Teknol. Ind. Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, pp. 1–94, 2016.
- [8] Syahrul, A. Trio Fazli, E. Nelvi, and A. Junil, "Experimental Test of Annealing Process on SMAW at Low Carbon Steel Toughness," *Teknomekanik*, vol. 1, no. 1, pp. 32–35, 2018.
- [9] F. P. Muharam, "Pengaruh Temperatur Post Weld Heat Treatment (PWHT) terhadap Sifat Fisik dan Mekanik pada Sambungan Las MIG Baja AISI 1000 SS," 2021.
- [10] J. Jasman, I. Irzal, J. Adri, and P. Pebrian, "Effect of Strong Welding Flow on the Violence of Low Carbon Steel Results of SMAW Welding with Electrodes 7018," *Teknomekanik*, vol. 1, no. 1, pp. 24–31, 2018, doi: 10.24036/tm.v1i1.972.
- [11] Fransiscus Josep Tulung, "Pengelasan SMAW," *Politek. Negeri Manad.*, pp. 1–74, 2019, [Online]. Available: <http://mesin.polimdo.ac.id/wp-content/uploads/2019/02/Modul-Pengelasan-SMAW.pdf>.
- [12] J. Hasil, K. Ilmiah, P. C. Lubis, U. Budiarto, and S. Jokosisworo, "JURNAL TEKNIK PERKAPALAN Analisa Pengaruh Variasi Waktu Post Weld Heat Treatment Pada Pengelasan SMAW Baja A36 Terhadap Kekuatan Uji Tarik, Uji Impak dan Struktur Mikro," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 10, no. 3, p. 48, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>.
- [13] E. Afandi, D. Y. Sari, H. Nurdin, and B. Rahim, "Analisa Pengaruh Kuat Arus Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Uji Impak Pada Sambunganbaja Karbon St 42," *J. Vokasi Mek.*, vol. 4, no. 1, pp. 58–64, 2022, doi: 10.24036/vomek.v4i1.287.
- [14] Harijono and H. Purwanto, "Analisis Keakuratan Hasil Uji Impact dengan Metode Izod dan Charpy," *Pros. Semin. Nas. Has. Penelit. 2017*, pp. 130–135, 2017.
- [15] ASTM, "Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials," *Annu. B. ASTM Stand.*

- [16] AWS, "AWS B4.0:2016 - Standard methods for mechanical testing of welds," *Aws B4.0*, pp. 1–135, 2016.
- [17] G. D. Haryadi, R. Ismail, and M. Haira, "Pengaruh Post Weld Heat Treatment (Pwht) dengan Pemanas Induksi Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Sambungan Las Shield Metal Arc Welding (Smaw) pada Pipa API 5L X52," *Rotasi*, vol. 19, no. 3, p. 117, 2017, doi: 10.14710/rotasi.19.3.117-124.