



## The Effect of Heat Input on the Tensile Strength and Toughness of welded SS400 Materials by SMAW

Alvi Syahri, Syukran, Adi Saputra Ismy, Al Fathier, Fadhlurrahman, Amrizal

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, Indonesia

\*Corresponding author: [syukran@gmail.com](mailto:syukran@gmail.com)

### Abstract

#### Article Processing Dates:

Received 2022-12-27

Accepted 2023-06-27

Available online 2023-06-30

#### Keywords:

SS-400

SMAW

Welding current

Tensile strength

Toughness

Joint materials using welding require the correct stages, starting from the design stage to the processing stage. The design stage starts from the selection of the type of welding, to the selection of the seam angle used. Meanwhile, at the processing stage, the current strength will be selected according to the processing position. The purpose of this study was to determine the effect of welding heat input on the mechanical strength of SS-400 steel in SMAW welding. In this study the material used was SS-400 with current variations of 90 A and 100 A. The results showed that the welding current affected the tensile strength and toughness of the material. The welding current of 100 A has the highest tensile strength and toughness, and then 90 A which has the lowest tensile strength and toughness, while the strain that occurs at current 90A is 13.53%, and the strain that occurs at current 100 A is 12.07%.

### 1. Pendahuluan

Kemajuan dunia industri yang semakin pesat diiringi oleh pembangunan fasilitas produksi yang kuat dan kokoh merupakan syarat utama dalam dunia konstruksi industri. Salah satu proses yang berperan utama dalam proses konstruksi industri adalah pengelasan. Pengelasan telah memegang peran yang sangat penting untuk menghasilkan konstruksi yang kuat dan berumur lama[1].

Proses pengelasan secara umum merupakan proses penyambungan dua buah atau lebih logam dasar (*base metal*) dengan cara pencairan material tersebut melalui masukan panas (*heat input*). Kekuatan sambungan pengelasan merupakan syarat utama dalam proses pengelasan untuk semua penggunaan proses pengelasan.

Dalam bidang pengelasan las proses SMAW adalah salah satu las proses yang sangat dominan dipakai dilapangan. Selain mudah dalam pelaksanaannya juga harga ekonomisnya lebih baik dibanding las proses lainnya[2].

Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) atau las elektroda terbungkus adalah cara pengelasan yang banyak digunakan saat ini. Pengelasan SMAW menggunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks. Busur listrik terbentuk di antara logam induk dan ujung elektroda. Karena panas dari busur ini maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama.

Prinsip pengelasan dengan busur nyala listrik ini adalah dua metal yang konduktif dialiri arus listrik yang cukup padat (*dense*) dengan tegangan yang relatif rendah akan menghasilkan loncatan elektron yang menimbulkan panas sangat tinggi yang dapat mencapai 5000°C sehingga dengan mudah/cepat dapat mencairkan kedua metal tersebut. Arus listrik yang dipakai berkisar antara 10~500 Ampere AC atau DC tergantung keperluannya. Untuk keselamatan kerja, maka tegangan yang dipakai hanya 23~40 volt saja,

sedangkan untuk pencairan pengelasan dipakai arus listrik hingga 500A. Secara umum berkisar antara 80~200 mper.

Masukan panas (*heat input*) adalah besarnya energi panas tiap satuan panjang las ketika sumber panas bergerak[3]. *Heat input* merupakan salah satu faktor penentu dalam proses pengelasan. Penggunaan heat input sangat mempengaruhi kekuatan dan kekerasan hasil pengelasan. *Heat Input* yang berlebihan dapat mengakibatkan degradasi pada distribusi panas pada material sehingga dapat mengakibatkan potensi material memiliki struktur akhir martensit lebih tinggi. Oleh karena itu pengawasan dalam besar atau kecilnya heat input harus diperhatikan sebelum proses pengelasan berlangsung.

Perubahan bentuk merupakan salah satu jenis cacat yang dihasilkan dari kurang tepatnya nilai heat input yang digunakan selama pengelasan. Perubahan bentuk yang terjadi dalam pengelasan tidak hanya mengurangi ketelitian ukuran dan penampakan luarnya saja tetapi juga menurunkan kekuatannya. Bila perubahan bentuk ini terjadi, untuk meluruskannya kembali diperlukan waktu dan kerja yang cukup banyak karena itu sedapat mungkin harus dihindari dengan menentukan prosedur lebih dahulu sebelum pelaksanaan pengelasan. Dalam penentuan prosedur yang tepat dalam pelaksanaan pengelasan hal pertama yang harus diperhatikan dalam mencegah terjadinya perubahan bentuk selama pengelasan adalah dengan mengurangi masukan panas pada logam lasan (*heat input*) /memperhatikan nilai heat input yang sesuai untuk proses pengelasan berlangsung.

Untuk menemukan parameter yang sesuai tentang kasus ini, sudah dilakukan berbagai penelitian[4][3][6][7][8].

Berdasarkan permasalahan di atas, tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh *heat input* terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan material SS400 hasil pengelasan SMAW dengan menggunakan elektroda E7018.

## 2. Metode penelitian

Material yang digunakan adalah SS400 yang merupakan material jenis *mild steel*. Jenis pengelasan yang digunakan proses las SMAW dengan elektroda jenis E7018 diameter 3,2mm. Variasi arus pengelasan yang digunakan adalah 90A dan 100A.

Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, jarak celah pelat 3 mm, tinggi akar 3 mm dan sudut kampuh 35°.

Selanjutnya dilakukan proses pengelasan menggunakan proses las SMAW (*Shielded metal arc welding*) dengan polaritas DCEP (*Direct current electrode positif*). Tahap awal dilakukan pengelasan pada *root* atau *root pass*, ini merupakan pengelasan layer pertama. Setelah secara visual diamati tidak ada cacat las dilanjutkan dengan pengelasan *hot pass*, selanjutnya dilakukan pengisian atau *filler pass* dan tahap terakhir dilas penutup atau *capping*.

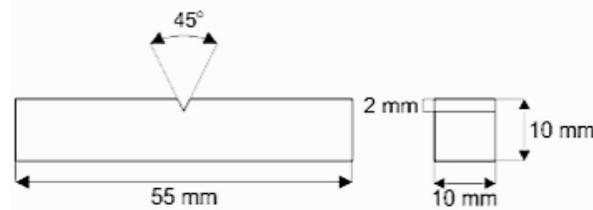
Setelah proses pengelasan selanjutnya dilakukan pemeriksaan secara visual terhadap hasil pengelasan untuk melihat adanya cacat pengelasan, hasil pemeriksaan tidak di temukan cacat pengelasan sehingga dilanjutkan ke pengujian sifat mekanik dengan diawali pembuatan specimen uji.

Uji sifat mekanik pertama adalah uji Tarik. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat[9], [10]. Sifat mekanik yang dapat diketahui adalah kekuatan dan elastisitas dari logam tersebut. Nilai kekuatan dan elastisitas dari material uji dapat dilihat dari kurva hasil uji tarik. Selain kekuatan dan elastisitas, sifat lain yang dapat diketahui adalah kekuatan luluh dari material, keuletan dari material, dan kelentingan dari suatu material.

Ada banyak hal yang bisa didapatkan dari uji tarik, dengan memberikan gaya tarik pada material sampai putus maka semua susunan struktur material bisa diketahui dengan jelas sehingga dapat menentukan kualitas dari material tersebut. Untuk Acceptance Criteria dari Uji Tarik (*Tensile test*) sendiri mengacu pada nilai kekuatan tarik pada sertifikat material atau bahan tersebut, apabila nilai dari Uji Tarik kurang dari nilai kekuatan tarik pada sertifikat material atau bahan maka material atau bahan tersebut tidak bisa diterima. Sedangkan untuk specimen hasil pengelasan mengacu pada ASME Sec IX, AWS dan API tergantung dari produk dan jenis material. Bentuk specimen benda uji tarik mengacu standar ASTM E8

Uji sifat mekanik lainnya adalah uji impak. Uji impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, serta keuletan material. Oleh karena itu uji impak banyak dipakai dalam bidang menguji sifat mekanik yang dimiliki oleh suatu material tersebut[11], [12]. Pengujian ini bertujuan untuk menguji kecenderungan logam untuk patah getas dan untuk mengukur energi impak atau istilah lainnya disebut *notch toughness* (mengukur ketangguhan logam terhadap adanya takik) Teknik charpy V-noch (CVN) adalah teknik yang paling banyak digunakan. Tujuan lainnya dari pengujian *impact test* ini adalah mengetahui pengaruh beban dampak terhadap sifat mekanik material, mengetahui standar

prosedur pengujian dampak, mengetahui faktor yang memengaruhi kegagalan material dengan beban dampak, dan mengetahui kemampuan material terhadap beban dampak dari berbagai temperatur yang diukur.



Gambar 1. Dimensi specimen uji impak

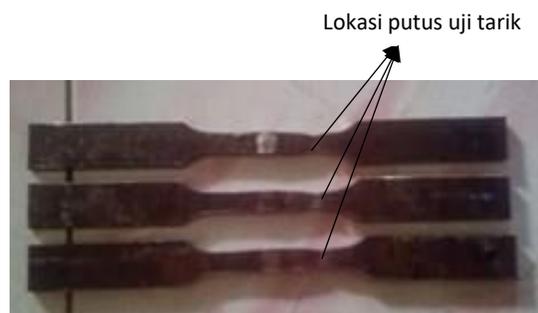
## 3. Hasil dan Pembahasan

*Heat input* pada las sangat mempengaruhi struktur fase, ketangguhan, laju pendinginan serta distorsi. Komposisi kimia pada *weld zone* (WZ) dan level *heat input* secara langsung berakibat pada struktur mikro dan ketangguhan las[13]. *Heat input* akan mempengaruhi laju pendinginan las, yang berakibat pada perubahan struktur mikro pada las[14]. Masukan panas atau *heat input* (HI) yang digunakan untuk melakukan sambungan las berasal dari busur listrik. Besaran tegangan busur las (V) dan arus busur las (I) merupakan parameter yang dapat diatur dari mesin las. Sedangkan kecepatan las (v) dapat diatur dari peralatan *welding rig*. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh data *heat input* seperti pada tabel 1.

Table 1. Hasil dari *heat input* pengelasan

Spesimen	Process	Type/ Polarity	Arus (A)	Volt (V)	Weld Length (mm)	Waktu (menit)	Travel Speed,s (mm/min)	Heat Input (J/mm) $HI=V.I.s/60$
HI-1	SMAW	DCEP	90	18	270	16	17	456
HI-2	SMAW	DCEP	100	18	270	11	28	840

Setelah proses pengelasan dilakukan uji tarik dan impak. Specimen hasil pengelasan berdasarkan hasil pengamatan secara visual tidak ditemukan cacat las sehingga dilakukan pengujian tarik seperti pada pada Gambar 2.





Gambar 2. Spesimen setelah pengujian tarik

Hasil pengujian tarik terjadi putus material pada daerah logam induk atau *base metal*. Berdasarkan lokasi terjadinya putus dapat dinyatakan bahwa kekuatan sambungan pada daerah *weld metal* dan HAZ lebih kuat dari daerah pada daerah logam induk atau *base metal*. Padahal daerah HAZ atau *Heat Affected Zone* ini merupakan daerah titik kritis pada area pengelasan namun kekuatannya masih lebih kuat dari logam induk.

*Heat Affected Zone* (HAZ) adalah area pada logam yang mengalami perubahan sifat yang disebabkan oleh paparan panas dengan temperatur yang sangat tinggi selama proses pengelasan[15]. Area HAZ pada pengelasan terletak diantara area pengelasan dan area logam induk yang tidak terpapar panas. Pengaruh atau efek HAZ dalam pengelasan khususnya sangat dipertimbangkan karena berpengaruh terhadap sifat logam dan kualitas akhir produk. Area pengelasan terdiri dari *weld metal* dan HAZ. Ini menunjukkan bahwa parameter yang dilakukan sudah sesuai prosedur dimana area pengelasan lebih kuat dari logam induk.

Hasil pengujian tarik seperti pada tabel 1 dan gambar 3. Nilai uji tarik tertinggi adalah pada specimen HI-2 atau *heat input 2* dengan arus 100A sebesar 48,45 kgf/mm<sup>2</sup>. Tetapi elongasi yang terbesar pada arus 90A sebesar 13,53%. Sedangkan nilai uji tarik terendah adalah pada spesimen HI-1 atau *heat input 1* dengan arus 90A sebesar 47,59 kgf/mm<sup>2</sup>, dan elongasi yang terendah pada arus 100A sebesar 12,07%.

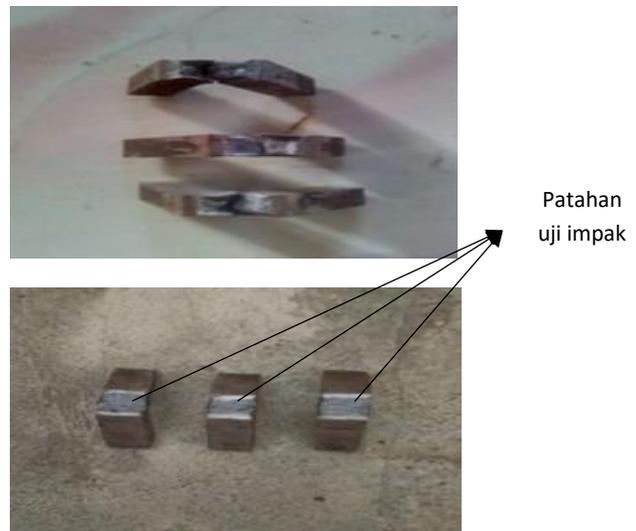
Tabel 2. Hasil Pengujian Tarik

No	Spesimen	Fy (Kgf)	$\sigma_y$ (kgf/mm <sup>2</sup> )	Fu (kgf)	$\sigma_u$ (kgf/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon$ (%)
1	HI (90A/18V)	T1	3919.13	32.70	5471.62	47.85
2		T2	4270.05	35.60	5642.57	47.02
3		T3	4040.82	33.70	5747.28	47.89
	<b>Rata-rata</b>	<b>4076.67</b>	<b>34.00</b>	<b>5620.49</b>	<b>47.59</b>	<b>13.53</b>
1	HI (100A/18V)	T1	4009.69	33.40	5917.08	49.31
2		T2	3899.32	32.50	5611.44	46.76
3		T3	4105.91	34.20	5914.25	49.29
	<b>Rata-rata</b>	<b>4004.97</b>	<b>33.37</b>	<b>5814.26</b>	<b>48.45</b>	<b>12.07</b>



Gambar 3. Nilai uji tarik

Pengujian sifat mekanik selanjutnya adalah melakukan uji impact seperti pada gambar 4 untuk mempelajari pola patahan spesimen uji, apakah getas (*brittle fracture*) atau patah ulet (*ductile fracture*) atau kombinasi keduanya. *Granular fracture* atau *cleavage fracture* adalah permukaan patah getas berkilat dan berbutir sedangkan patah ulet tampak lebih buram dan berserabut disebut juga *fibrous fracture* atau *shear fracture*.



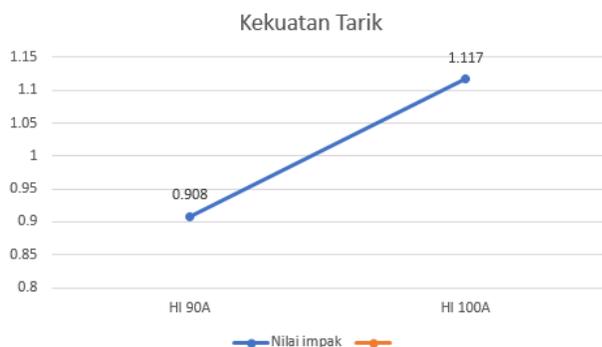
Gambar 4. Perpatahan uji impact

Pada pengujian ini terjadi patahan didaerah lasan, maksud dilakukan pengujian ini dititik beratkan pada kekuatan pengelasan pada material Baja SS400 terhadap ketangguhan impact

Dari hasil pengujian yang dilakukan perpatahan pada spesimen uji impact pada arus pengelasan 90 A dan 100 A terjadi patahan ulet. Patah ulet ini ditandai dengan adanya serat-serat pada sekitar patahan, berwarna kelabu dan juga bentuk patahannya terdapat pengecilan pada daerah patahan tersebut seperti pada gambar 4.

Tabel 2. Harga uji *impact*

No	Spesimen	Energi yang diserap (Joule)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Harga Impact (Joule/mm <sup>2</sup> )	Harga Impact Rata-Rata (Joule/mm <sup>2</sup> )
1	HI (90A/18V)	C1	58	80	0.725
2		C2	78	80	0.975
3		C3	82	80	1.025
1	HI (100A/18V)	C1	80	80	1
2		C2	112	80	1.4
3		C3	76	80	0.950



Gambar 5. Nilai uji impact

Berdasarkan nilai dari grafik gambar 5 bahwa nilai impact terbesar pada specimen HI 100A sebesar 1.117 joule/mm<sup>2</sup> dan terendah pada HI 90A sebesar 0.908 joule/mm<sup>2</sup>. Ini menunjukkan ada penurunan nilai impact dari specimen HI 100A ke HI 90A.

Dilihat dari hasil yang diperoleh bahwa *heat input* pada pengelasan sangat berpengaruh terhadap nilai impact, dimana baja karbon yang dilas dengan arus yang yang besar maka harga impactnya juga tinggi sedangkan baja karbon yang dilas dengan arus pengelasan yang agak sedikit rendah atau sebesar 90A terjadi penurunan harga impact dibandingkan dengan arus 100A. Jadi semakin kecil arus yang diberikan maka material semakin ulet. Berdasarkan nilai ini menunjukkan bahwa semakin besar arus materialnya semakin ulet.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa bahwa *heat input* pada pengelasan sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatan dan ketangguhan material baik nilai kekuatan tarik maupun impact Nilai uji tarik tertinggi adalah pada specimen HI-2 atau heat input 2 dengan arus 100A sebesar 48,45 kgf/mm<sup>2</sup>. Tetapi elongasi yang terbesar pada arus 90A sebesar 13,53%. Sedangkan nilai uji tarik terendah adalah pada specimen HI-1 atau heat input 1 dengan arus 90A sebesar 47,59 kgf/mm<sup>2</sup>, dan elongasi yang terendah pada arus 100A sebesar 12,07%. Nilai impact terbesar pada specimen HI 100A sebesar 1.117 joule/mm<sup>2</sup> dan terendah pada HI 90A sebesar 0.908 joule/mm<sup>2</sup>. Ini menunjukkan ada penurunan nilai impact dari specimen HI 100A ke HI 90A.

#### Referensi

- [1] M. Sochib and M. Afif, "ANALISA PERBANDINGAN PENGELASAN SMAW DENGAN VARIASI AMPERE TERHADAP SIFAT MEKANIS," *Wahana Tek.*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [2] A. Azwinur and M. Muhazir, "Pengaruh jenis elektroda pengelasan SMAW terhadap sifat mekanik material SS400," *J. POLIMESIN*, vol. 17, no. 1, pp. 19–25, Feb. 2019, doi: 10.30811/JPL.V17I1.870.
- [3] L. Quintino, O. Liskevich, L. Vilarinho, and A. Scotti, "Heat input in full penetration welds in gas metal arc welding (GMAW)," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 68, no. 9, pp. 2833–2840, 2013.
- [4] S. K. Sharma, S. Maheshwari, and R. K. R. Singh, "Effect of heat-input and cooling-time on bead characteristics in SAW," *Mater. Manuf. Process.*, vol. 34, no. 2, pp. 208–215, 2019.
- [5] A. Azwinur and Z. Zulkifli, "KAJI EKSPERIMENTAL PENGARUH BAFFLE PADA ALAT PENUKAR PANAS ALIRAN SEARAH DALAM UPAYA OPTIMASI SISTEM PENERING," *SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 8–14, Jun. 2019, doi: 10.24853/SINTEK.13.1.8-14.
- [6] D. Peng, J. Shen, Q. Tang, C. Wu, and Y. Zhou, "Effects of aging treatment and heat input on the microstructures and mechanical properties of TIG-welded 6061-T6 alloy joints," *Int. J. Miner. Metall. Mater.*, vol. 20, no. 3, pp. 259–265, 2013.
- [7] A. Assar, B. Nami, N. B. M. Arab, and I. Khoubrou, "Effect of heat input of TIG repair welding on microstructure and mechanical properties of cast AZ91 magnesium alloy," *Weld. World*, vol. 65, no. 6, pp. 1131–1143, 2021.
- [8] H. Hernández-Belmontes, I. Mejía, V. García-García, and C. Maldonado, "Heat Input Effect on the Microstructure of Twinning-Induced Plasticity (TWIP) Steel Welded Joints Through the GTAW Process," *MRS Adv.*, vol. 3, no. 64, pp. 3949–3956, 2018.
- [9] R. Jha and A. K. Jha, "Investigating the effect of welding current on the tensile properties of SMAW welded mild steel joints," *Int. J. Eng. Res.*, vol. 3, no. 4, 2014.
- [10] A. Azwinur and S. Syukran, "Effect of variation of TIG welding current on tensile strength and hardness of aluminium A-6061," *J. Weld. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 17–22, 2021.
- [11] R. Kumar, J. S. Chohan, R. Goyal, and P. Chauhan, "Impact of process parameters of resistance spot welding on mechanical properties and micro hardness of stainless steel 304 weldments," *Int. J. Struct. Integr.*, 2020.
- [12] Z. Fakri, B. Bukhari, and N. Juhan, "Analisa Pengaruh Kuat Arus Pengelasan Gmaw Pada Pengujian Impact Baja AISI 1050," *J. Weld.*

- Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 5–10, 2019.
- [13] X. Wenkai *et al.*, “Effect of heat input on cryogenic toughness of 316LN austenitic stainless steel NG-MAG welding joints with large thickness,” *Mater. Des.*, vol. 86, pp. 160–167, 2015.
- [14] O. Popović, C. Prokić, R. M. Burzić, and Z. Milutinović, “The effect of heat input on the weld metal toughness of surface welded joint,” in *14th International Research/Expert Conference, Mediterranean Cruise*, Citeseer, 2010, p. 64.
- [15] Y.-C. Chen, D. Bakavos, A. Gholinia, and P. B. Prangnell, “HAZ development and accelerated post-weld natural ageing in ultrasonic spot welding aluminium 6111-T4 automotive sheet,” *Acta Mater.*, vol. 60, no. 6–7, pp. 2816–2828, 2012.