

Pengaruh *interpass* temperatur terhadap sifat mekanik proses pengelasan SMAW material carbon steel SS400
(*Effect of temperature interpasses on mechanical properties welding process of SMAW SS400 carbon steel material*)

Muqsalmina¹, Syukran², Hanif³
^{1,2,3}*Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe*
Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata
Email : muksalmina.lsm@gmail.com

Abstrak

Pengelasan merupakan proses penyambungan logam dengan cara pencairan melalui pemanasan. *Interpass* temperatur dapat mempengaruhi cepat lambatnya laju pendinginan dan turut menentukan prosentasi terbentuknya *accicular ferrite*, laju pendinginan lebih lambat akan terbentuk *accicular ferrite* yang lebih banyak. *Accicular ferrite* ini merupakan struktur yang diharapkan dari setiap proses pengelasan karena memiliki *properties* yang lebih tangguh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *interpass* temperatur terhadap sifat mekanik proses pengelasan SMAW material carbon steel SS400. Spesimen pengelasan diberi variasi perlakuan temperatur *interpass* yakni 100°C, 150°C, dan 200°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi temperatur *interpass* dapat mempengaruhi nilai kekuatan tarik suatu material hasil lasan. Nilai tegangan pada spesimen *interpass* 100°C adalah sebesar 38,26 Kgf/mm². Nilai tegangan pada spesimen *interpass* 150°C adalah sebesar 39,09 Kgf/mm². Nilai tegangan pada spesimen 200°C adalah sebesar 37,37 Kgf/mm². Nilai tegangan tanpa perlakuan adalah sebesar 32,21 Kgf/mm².

Kata Kunci : Pengelasan, Carbon Steel SS400, Uji Tarik, Temperatur *Interpass*

Abstract

Welding is the process of joints metals by melting through heating. Interpass temperature can influence the rapid slowing of the cooling rate and also determine the percentage of accicular ferrite formation, the slower cooling rate will form more accicular ferrite. Accicular ferrite is a structure that is expected from every welding process because it has more resilient properties. This study aims to determine the effect of temperature interpass on the mechanical properties of the welding process SMAW SS400 carbon steel material. Welding specimens were given variations in interpass temperature treatment namely 100oC, 150oC, and 200oC. The results showed that interpass temperature variation could affect the tensile strength value of welded material. The voltage value on the 100oC interpass specimen is 38.26 Kgf / mm2. The value of the stress in the 150oC interpass specimen is 39.09 Kgf / mm2. The value of the stress in the 200oC specimen is 37.37 Kgf / mm2. The value of the stress without treatment is 32.21 Kgf / mm2.

Keywords: *Welding, SS400 Carbon Steel, Tensile Test, Interpass Temperature*

1 Pendahuluan

Pengelasan memunculkan efek pemanasan setempat dengan temperatur yang tinggi menyebabkan logam mengalami ekspansi termal maupun penyusutan saat pendinginan. Panas yang terjadi akan mempengaruhi distribusi suhu, tegangan sisa, dan distorsi. Selain itu panas juga mempengaruhi transformasi fasa yang selanjutnya berpengaruh pada struktur mikro dan sifat-sifat fisik dan mekanik las.

Proses terbentuknya struktur mikro berkaitan erat dengan fenomena laju pendinginan yang terjadi. Mengingat faktor laju pendinginan mempunyai arti yang sangat krusial pada temperatur kritis (antara 800° C sampai dengan 500° C) karena pada temperatur ini sangat rentan sekali akan terbentuknya fasa-fasa keras yang sangat tidak diharapkan yang dapat menimbulkan kemungkinan terjadinya cacat pengelasan yang dapat mengurangi ketangguhan hasil las.

Interpass temperatur dapat mempengaruhi cepat lambatnya laju pendinginan dan turut menentukan prosentasi terbentuknya *accicular ferrite*, laju pendinginan lebih lambat akan terbentuk *accicular ferrite* yang lebih banyak. *Accicular ferrite* ini merupakan struktur yang diharapkan dari setiap proses pengelasan karena memiliki *properties* yang lebih tangguh. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh *interpass* temperatur terhadap kekuatan tarik material SS400 pada proses pengelasan SMAW.

2 Studi Literatur

Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengelasan juga dapat

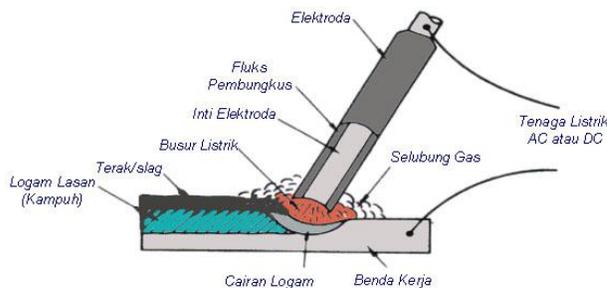
diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan.

Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektroda dan jenis kampuh yang digunakan [1].

2.1 Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dikenal juga dengan istilah *Manual Metal Arc Welding (MMAW)* atau Las elektroda terbungkus adalah suatu proses penyambungan dua keping logam atau lebih, menjadi suatu sambungan yang tetap, dengan menggunakan sumber panas listrik dan bahan tambah/pengisi berupa elektroda terbungkus. Pada proses las elektroda terbungkus, busur api listrik yang terjadi antara ujung elektroda dan logam induk/benda kerja (*base metal*) akan menghasilkan panas.

Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar. Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus [2]. Prinsip kerja las SMAW terlihat pada gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Prinsip Kerja Las SMAW

Arus listrik yang mempunyai arus besar ini adalah menimbulkan bunga api pada elektroda las yang berhubungan dengan bagian yang akan disambung (dilas) sehingga terjadilah panas yang tinggi untuk melelehkan logam. Sumber arus pada mesin las listrik adalah arus bolak-balik (AC), arus searah (DC) atau juga bisa AC-DC.

Pemilihan dalam penggunaan jenis arus baik AC maupun DC ditentukan dari jenis material yang akan dilas karena nantinya akan mempengaruhi masukan panas pada saat proses pengelasan.

2.2 Struktur Mikro Daerah Las

Daerah las-lasan terdiri dari tiga bagian yaitu: daerah logam las, daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* disingkat menjadi HAZ dan logam induk yang tak terpengaruh panas.

1. Daerah logam las. Daerah logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Komposisi logam las

terdiri dari komponen logam induk dan bahan tambah dari elektroda.

2. Daerah pengaruh panas atau *Heat Affected Zone (HAZ)*. Daerah pengaruh panas atau *Heat Affected Zone (HAZ)* adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan las.
3. Daerah logam induk. Logam induk adalah bagian logam dasar di mana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat.

2.3 Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S dan Cu. Baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0,3%, baja karbon sedang mengandung 0,3% sampai 0,6% karbon dan baja karbon tinggi berisi karbon antara 0,6% sampai 1,7%. [3]. Komposisi kimia baja karbon SS400 terlihat seperti tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Komposisi kimia baja karbon SS400

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Fe
0,20	0,09	0,53	0,01	0,04	0,03	0,03	balance

2.4 Interpass Temperature

Interpass Temperature adalah proses mengontrol suhu logam las sebelum dilakukan pengelasan berikutnya pada logam las yang sebelumnya. Metode yang umum dilakukan adalah dengan memonitor suhu logam lasan serta memasang *thermal blanket* bila diperlukan. Pengontrolan Interpass temperature perlu dilakukan dengan tujuan sebagai berikut.

1. Melarutkan hidrogen yang terperangkap saat dilakukan proses pengelasan.
2. Menurunkan laju pendinginan.
3. Untuk mendapatkan ukuran butir yang lebih baik atau struktur mikro yang diharapkan.

2.5 Acicular Ferrite

Pertumbuhan *Acicular ferrite* difasilitasi oleh adanya kerapatan dari tempat nukleasi yang tinggi. Inklusi membantu untuk tumbuhnya *acicular ferrite* yang berbentuk jarum dengan orientasi arah acak. Struktur *acicular ferrite* inilah yang diharapkan dari setiap proses pengelasan, karena struktur ini sebagai *interlocking structure* yang mampu menghambat laju perambatan retak. Keuletan dan ketangguhan logam las akan meningkat jika struktur mikro yang terbentuk berupa *acicular ferrite*.

Acicular ferrite memiliki *high tensile strength*, ketangguhan yang baik, tahan terhadap korosi dan kemampuan las yang baik. Jenis struktur mikro ini terbentuk sekitar temperatur 650°C dan mempunya

ketangguhan paling tinggi dibanding dengan struktur mikro lainnya.

2.6 Pengujian Kekuatan Tarik

Proses *tensile test* atau pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda [4]. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan regangan

3. Metode Penelitian

Alat yang digunakan selama melakukan penelitian ini adalah mesin las SMAW. Sedangkan bahan yang digunakan adalah Pelat carbon steel SS400 dengan ukuran tebal 6 mm, lebar 200 mm, dan panjang 300 mm. Elektroda E7018 dengan diameter 3.2 mm. Pelat carbon steel SS400 terlihat seperti gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Pelat carbon steel SS400

Proses pengelasan menggunakan las SMAW dengan polaritas DCEP (*Direct Current Electrode Positive*). Elektroda yang digunakan E7018 dengan diameter elektroda ϕ 3.2 mm. pembentukan *root face* selebar 3 mm, *root gap* antara 2 pelat yang akan di las dengan ukuran 3 mm, arus pengelasan sebesar 85 Ampere. Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan yang dimulai dari pengelasan *root pass*. Ketika pengelasan *root pass* sudah selesai dilakukan maka temperatur dari material tersebut di ukur dengan menggunakan *thermocouple* untuk mengetahui apakah temperaturnya sudah berada pada 200°C seperti terlihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Temperatur interpas

Jika temperatur sudah mencapai 200°C maka dilanjutkan dengan pengelasan *fill pass*, dan *cover pass*. Cara tersebut dilakukan kembali untuk mengelas spesimen berikutnya hanya saja untuk pengelasan spesimen selanjutnya menggunakan temperatur interpas 150°C dan 100°C seperti gambar 4 berikut.



Gambar 4. Hasil lasan

Spesimen yang sudah dilakukan pengelasan dengan variasi interpas temperatur 100°C, 150°C, dan 200°C selanjutnya dilakukan pengujian tarik untuk mengetahui nilai kekuatan tarik pada spesimen tersebut. Spesimen uji tarik mengacu pada standar ASTM E8 dengan panjang 25 mm, lebar 6 mm, dan panjang keseluruhan 100 mm. Untuk jelasnya lihat pada gambar 5 dibawah ini. Setiap variasi interpas temperatur jumlah spesimen untuk uji tarik berjumlah 3 spesimen. Jumlah spesimen yang harus dipersiapkan sebanyak 9 spesimen untuk tiga variasi interpas temperatur. Spesimen uji terlihat seperti pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Spesimen uji tarik

4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material baja paduan rendah sebagai material uji dalam penelitian ini. Spesimen uji tarik terlihat seperti pada gambar 6 dibawah ini.



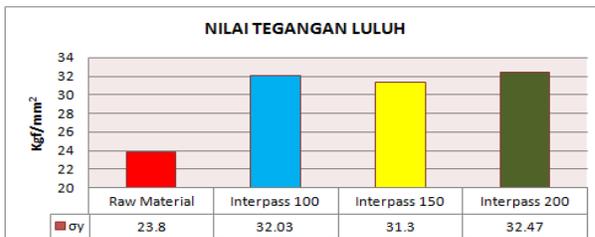
Gambar 6. Spesimen uji tarik interpass 100°C, 150°C, 200°C, dan raw material

Data hasil pengujian tarik pada kelompok *raw materials* dan kelompok variasi arus pengelasan yang sudah diperoleh dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Nilai hasil uji tarik

No	Suhu Interpass (°C)	σ_y (Kgf/mm ²)	σ_u (Kgf/mm ²)	ϵ (%)	F_y (Kgf)	F_u (Kgf)
1	Tanpa Perlakuan	23,80	32,21	12,73	1858,93	2512,65
2	100	32,03	38,26	11,33	2497,56	2984,31
3	150	31,30	39,09	11,35	2442,84	3049,40
4	200	32,47	37,37	11,11	2532,46	2914,50

Data pada tabel 2 nilai hasil uji tarik dapat dilihat pada diagram batang dibawah ini.



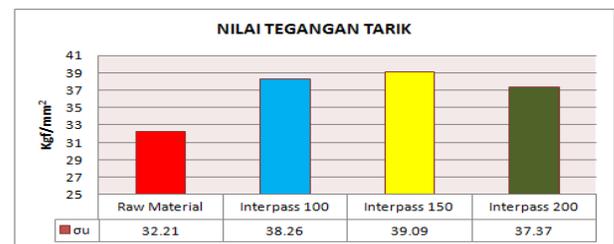
Gambar 7. Nilai tegangan luluh

Data pada gambar 7 diatas menunjukkan nilai tegangan luluh untuk spesimen raw material sebesar 23.8 Kgf/mm². Nilai tegangan luluh untuk spesimen interpass 100°C sebesar 32.03 Kgf/mm², hal ini menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan tegangan luluh sebesar 8.23 Kgf/mm² antara spesimen raw material dan spesimen yang dilakukan interpass 100°C. Selanjutnya nilai tegangan luluh untuk spesimen interpass 150°C sebesar 31.3 Kgf/mm², ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan sebesar 0.73 Kgf/mm² antara spesimen interpass 100°C. Pada spesimen interpass 200°C memiliki nilai tegangan luluh paling tinggi diantara spesimen raw material, interpass 100°C, dan interpass 150°C yakni sebesar 32.47 Kgf/mm².

Selama proses pengelasan, siklus thermal terjadi pada daerah logam las dan HAZ diantaranya yaitu pemanasan hingga mencapai suhu tertentu yang kemudian diikuti dengan pendinginan. Hal tersebut mempengaruhi struktur mikro dan sifat mekanik logam

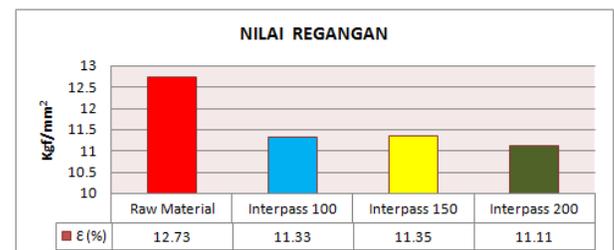
las dan HAZ, sehingga logam las akan mengalami transformasi fasa.

Nilai tegangan tarik untuk spesimen raw material sebesar 32.21 Kgf/mm². Nilai tegangan tarik untuk spesimen interpass 100°C adalah sebesar 38.26 Kgf/mm², terlihat bahwa terjadi peningkatan tegangan tarik sebesar 6.05 Kgf/mm² antara spesimen raw material dengan spesimen interpass 100°C. Selanjutnya nilai tegangan tarik pada spesimen interpass 150°C memiliki nilai sebesar 39.09 Kgf/mm², hal ini menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan nilai tegangan tarik sebesar 6.88 Kgf/mm² dari spesimen raw material dan 0.83 Kgf/mm² dari spesimen interpass 100°C. Nilai tegangan tarik spesimen interpass 200°C memiliki nilai sebesar 37.37 Kgf/mm², ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan sebesar 0.89 Kgf/mm² antara spesimen interpass 100°C dan sebesar 1.72 Kgf/mm² antara spesimen interpass 150°C. Nilai tegangan tarik terlihat seperti gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Nilai tegangan tarik

Nilai perpanjangan untuk spesimen raw material adalah sebesar 12.73 %. Nilai perpanjangan untuk spesimen dengan suhu interpass 100°C adalah sebesar 11.33 %, ini memperlihatkan terjadinya penurunan sebesar 1.4 % dari spesimen raw material. Pada suhu interpass 150°C memiliki nilai perpanjangan sebesar 11.35 %, terjadi peningkatan sebesar 0.02 % dari spesimen interpass 100°C. Nilai perpanjangan suhu interpass 200°C adalah sebesar 11.11 %. Nilai perpanjangan tertinggi terjadi pada spesimen raw material dan nilai perpanjangan terendah terjadi pada spesimen dengan suhu interpass 200°C. Nilai regangan terlihat seperti pada gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9. Nilai regangan

Variasi *interpass temperature* akan mempengaruhi struktur pada logam las. Struktur yang semakin kasar menandakan tingkat kekuatan pada logam las akan semakin getas. Perbedaan yang signifikan dipengaruhi suhu *interpass temperatur*, semakin tinggi suhu

interpass temperatur maka letak butir-butir *ferrite* semakin besar. Hal tersebut akan mengakibatkan tingkat kekuatan yang tinggi pada hasil lasan.

4.1 Patahan Hasil Uji Tarik

Hasil patahan hasil uji tarik spesimen interpass 100°C, 150°C, dan 200°C memperlihatkan bahwa patahan yang terjadi pada spesimen tersebut adalah patahan ulet. Patah ulet merupakan patah yang diakibatkan oleh beban statis yang diberikan pada material, jika beban dihilangkan maka penjaralan retak akan berhenti. Patah ulet ini ditandai dengan penyerapan energi disertai adanya deformasi plastis yang cukup besar di sekitar patahan, sehingga permukaan patahan nampak kasar, berserabut, dan berwarna kelabu. Patahan 3 spesimen interpass 100°C tidak terjadi pada area pengelasan. Patahan paling baik terjadi pada spesimen interpass 150°C, patahannya jauh dari area pengelasan sedangkan pada patahan spesimen interpass 200°C 1 spesimen patah pada area pengelasan dan 2 spesimen lainnya patah pada area yang dekat dengan pengelasan. Hasil uji tarik terlihat seperti pada gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10. Hasil uji tarik spesimen interpas 100°C, 150°C, 200°C, dan raw material

Siklus *thermal* yakni pencairan kemudian pembekuan. Kondisi ini menyebabkan perubahan struktur mikro dari logam yang bersangkutan, sedangkan perubahan ukuran butir dan struktur yang terbentuk pada struktur mikro mengakibatkan nilai kekuatan tarik yang berbeda.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi interpass temperatur mempengaruhi terhadap nilai kekuatan tarik suatu material hasil lasan.
2. Hasil patahan hasil uji tarik spesimen interpass 100°C, 150°C, dan 200°C memperlihatkan bahwa patahan yang terjadi pada spesimen tersebut adalah patahan ulet.
3. Nilai regangan tertinggi terjadi pada *raw material* dengan nilai 12.73 %, selanjutnya pada temperatur interpas 150 °C dengan nilai 11.35 %. Nilai regangan terendah terjadi pada spesimen yang dilakukan temperatur interpas 200 °C dengan nilai 11.11 %.

Saran

1. Perlu ditambahkan inspeksi pada hasil pengelasan untuk mengetahui hasil las sudah sesuai dengan spesifikasi, karena cacat las yang terjadi akibat kesalahan pada proses pengelasan akan mempengaruhi data dari proses pengujian.
2. Perlu ditambahkan proses pengujian lainnya seperti uji kekerasan dan uji impek pada spesimen yang akan dilakukan pengujian.

Referensi

- [1] Ichsan, T. A. *Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Laju Korosi dan Kekerasan pada Pelat Baja ST37*. Jurusan Teknik Mesin. Politeknik Negeri Lhokseumawe. 2018
- [2] Putut, D. *Teknik Las SMAW 2.*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2013
- [3] Yusim, A.K. *Pengaruh Pengelasan GMAW Terhadap Ketahanan Korosi Baja SS400 Studi Kasus di PT. Inka Madiun*. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. 2013
- [4] Santoso, J. *Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW dengan Elektroda E7018*. Universitas Negeri Semarang.