INFO TEKNIK
Volume 21 No. 1 Juli 2020 (63-74)

LAJU PENDINGINAN PENGELASAN BAJA CARBON SEDANG PADA TEMPERATUR LINGKUNGAN BERBEDA

R.N. Akhsanu Takwim[1], Kris witono[2], Pondi Udianto[3]
Politeknik Negeri Malang
E-mail : [1]akhsanu140174@gmail.com, [2]k_witono@yahoo.com, [3]pondi_udianto@yahoo.co.id

ABSTRACT

The quality of welding results is influenced by the shape of the microstructure of the welding material especially in the HAZ region. The shape of the welding microstructure is largely determined by the cooling rate of the weld material. The cooling rate of the weld is greatly influenced by the heat input from the arc and the ambient temperature. This study aimed to determine the effect of different environmental temperatures on the cooling rate of welding results. Welding of GMAW fillets on medium carbon steel plates S50C, with variations in welding currents 90 A, 100A and 110A and carried out at variations in environmental temperature of 15^{o}C, 10^{o}C and 5^{o}C. Temperature data on the middle, welding part is taken with a digital thermometer to compare the effect of each variable. The test results show that the greater the welding current, the slower the cooling rate. Similarly, an increase in ambient temperature causes a decrease in the weld metal's cooling rate.

Keywords: GMAW, ambient temperature, welding current, S50C steel.

1. PENDAHULUAN

Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam kontruksi mencakup bidang yang sangat luas termasuk di dalamnya untuk bidang pertambangan. Pengelasan kontruksi dalam pertambangan terkadang harus dilakukan dalam kondisi cuaca dan iklim setempat. Pada daerah dataran rendah atau negara beriklim tropis perubahan temperatur lingkungan tidak terlalu ekstrim. Berbeda dengan daerah dataran tinggi atau negara beriklim subtropis, dimana perubahan temperatur bisa terjadi sangat ekstrim.

Pada temperatur lingkungan normal atau cenderung tinggi tidak banyak mempengaruhi hasil pengelasan karena laju pendinginan yang cenderung lambat. Namun pada temperatur lingkungan yang cenderung rendah disinyalir akan mempercepat laju pendinginan yang berakibat pada penurunan kualitas hasil pengelasan.

Dalam penelitian ini, material pelat baja karbon S50C,dilas fillet menggunakan

proses GMAW dengan variasi arus pengelasan, 90 A, 100 A, dan 110 A, pada temperatur lingkungan 15 ^{o}C, 10 ^{o}C dan 5 ^{o}C . Data temperatur pada bagian pengelasan diambil dengan termometer data logger. Selanjutnya dilakukan perhitungan masukan panas yang terjadi selama proses pengelasan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Masukan Panas (HI)} = \frac{\eta \text{ x V x I x 60 (kilojoule)}}{\text{S x 1000 (mm)}} \quad (1)$$

Di mana η adalah efisiensi termal proses las (0,84 untuk GMAW), *V* adalah tegangan (volt) dan *S* adalah kecepatan pengelasan (mm/menit), (Kou, 2003)

Sedangkan perbandingan laju pendinginan dapat diperoleh dari hasil pengukuran gradien temperatur dari temperatur puncak sampai temperatur pada saat 30 detik setelah pengelasan berakhir. Laju pendinginan dipengaruhi oleh perpindahan panas yang terjadi dari logam lasan menuju lingkungan sekitarnya baik secara konduksi melalui logam induk, konveksi, maupun radiasi. Besarnya laju panas yang berpindah ke lingkungan melalui konveksi dihitung berdasarkan persamaan (2) berikut:

$$Q_{conv} = A_{surf} \cdot h(T_p - T_0) \quad (2)$$

Untuk laju perpindahan panas secara radiasi dapat dihitung menggunakan persamaan (3) berikut ini:

$$Q_{rad} = A_{surf} \cdot \varepsilon \cdot \sigma(T_p^4 - T_0^4) \quad (3)$$

Dan untuk laju perpindahan panas secara konduksi sebagaimana persamaan (4).

$$Q_{cond} = \frac{A_{surf} \cdot K (T_p - T_0)}{L} \quad (4)$$

Di mana, A_{surf} adalah luas permukaan , *h* adalah koifisien konveksi, ε adalah emisivitas termal, σ adalah konstanta *stefan boltzmann*, *K* adalah koifisien konduksi, T_p adalah temperatur puncak pengelasan, T_0 adalah temperatur lingkungan dan *L* adalah jarak logam las ke ujung logam induk, (Dutta,2014)

A. Kawat Las

Kawat las yang digunakan adalah AWS.A5.18 ER70S-6 dengan diameter 0,8 mm

B. Gas Pelindung

Gas pelindung yang digunakan adalah CO2 dengan debit aliran 10 liter per menit.

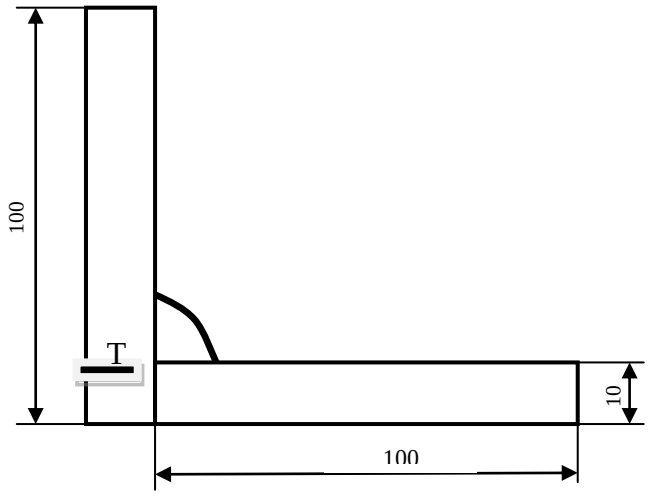
2. METODOLOGI

Langkah-langkah untuk meneliti laju pendinginan pengelasan baja karbon sedang pada temperatur lingkungan yang berbeda adalah sebagai berikut:

- Persiapan logam induk
- Persiapan bilik pengelasan
- Mengembangkan matriks desain.
- Melakukan percobaan sesuai dengan matriks desain.
- Pengukuran temperatur selama pengelasan.
- Membandingkan laju pendinginan.

A. Persiapan Logam Induk

Logam induk yang digunakan adalah pelat baja karbon sedang S50C dengan tebal 10 mm dan diatur untuk pengelasan fillet seperti gambar 1.



Gambar 1. Dimensi logam induk

Sedangkan komposisi kimia dari S50C sesuai sertifikat material adalah sebagaimana tabel 1.

TABEL 1. KOMPOSISI KIMIA LOGAM INDUK (SUMBER: ANONIM, 2019)

Standard	Grade	C	Mn	P	S	Si
JIS G4051	S50C	0.47-0.53	0.60-0.90	0.030	0.035	0.15-0.35

B. Persiapan Bilik Pengelasan

Untuk mengkondisikan proses pengelasan berada pada kondisi temperatur lingkungan yang sesuai, maka dibuat bilik pengelasan dengan pendingin campuran es

dan garam, sebagaimana tampak pada gambar 2. Tinggi rendah temperatur bilik diatur berdasarkan volume campuran es dan garam yang diberikan. Semakin banyak volume pendingin pada dinding bilik, maka semakin rendah temperatur di dalam bilik pengelasan. Demikian sebaliknya, untuk menaikkan temperatur di dalam bilik pengelasan, dengan cara mengurangi volume pendingin pada dinding bilik las.

Gambar 2. Bilik Pengelasan dengan Pendingin Es dan Garam

C. Matrik Desain

Selanjutnya mempersiapkan matrik desain penelitian yang ditunjukkan dalam tabel 2.

TABEL 2. MATRIK DESAIN PENELITIAN

Arus Pengelasan (I)	**Temperatur Lingkungan**			**Tegangan (V)**	**Travel Speed (S)**
	15 °C	**10 °C**	**5 °C**		
90 A	Sp. 1	Sp. 2	Sp.3	13 V	10 mm/ menit
100 A	Sp. 4	Sp.5	Sp.6	13 V	10 mm / menit
110 A	Sp.7	Sp.8	Sp.9	13 V	10 mm / menit

D. Pengukuran Temperatur Selama Pengelasan

Termokopel tipe k dipasang pada lubang berdiameter 1,5 mm sedalam 7mm, berjarak 10 mm dari ujung bawah pelat yang terletak pada bagian belakang salah satu logam induk (gambar 1). Satu termokopel dipasang di udara lingkungan di sekitar ruang pengelasan. Semua termokopel terhubung dengan digital meter untuk mencatat temperatur masing-masing dalam rentang waktu yang sama. Alat ukur temperatur hanya sebagai pembanding bukan nilai yang sebenarnya.

Selanjutnya proses pengelasan dilakukan menggunakan kawat las ER 70S-6 dengan debit gas 10 liter/menit untuk masing-masing variabel pengujian. Gambar 3 menunjukkan proses pengelasan spesimen pada bilik las berpendingin.

Gambar 3. Proses Pengelasan spesimen

3. Hasil dan Pembahasan

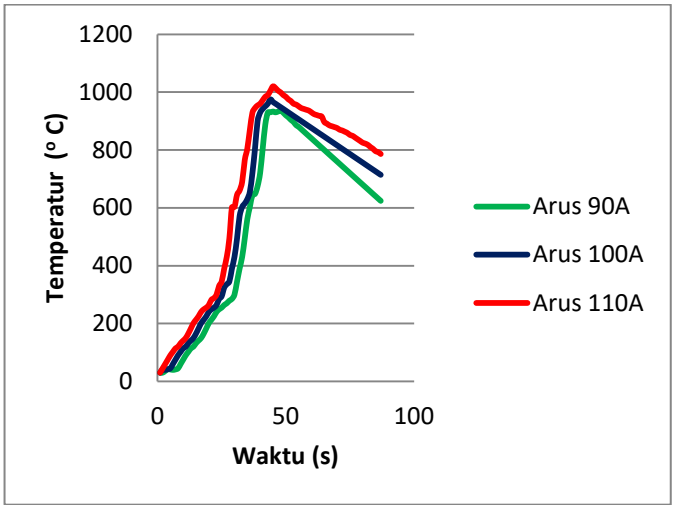
Dalam penelitian ini pengaruh arus pengelasan dan temperatur lingkungan terhadap laju pendinginan telah diteliti. Laju pendinginan lasan dipengaruhi oleh masukan panas yang diberikan oleh busur las pada lasan.

A. Arus Pengelasan

Arus pengelasan merupakan salah satu variabel yang mengontrol masukan panas selain tegangan (voltage) dan kecepatan pengelasan (travel speed). Hasil perhitungan masukan panas untuk beberapa arus pengelasan berbeda sebagaimana terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Masukan Panas Untuk Tiap Arus Pengelasan

No.	Arus Pengelasan (A)	Tegangan (V)	Kecepatan Pengelasan (m/menit)	Masukan Panas (KJ/mm)
1	90	13	100	0,58968
2	100	13	100	0,6552
3	110	13	100	0,72072



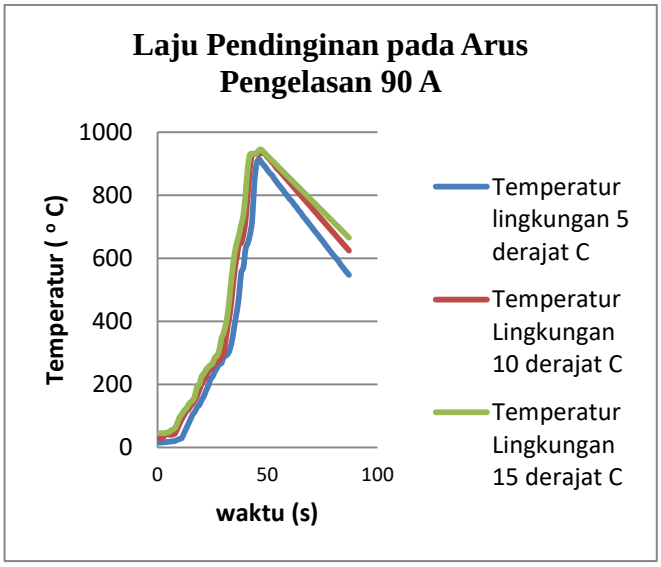
Gambar 4. Perbandingan temperatur pada arus pengelasan yang berbeda

Untuk tegangan dan kecepatan pengelasan yang sama, semakin besar arus pengelasan menghasilkan masukan panas yang semakin besar. Sehingga pada arus pengelasan yang lebih besar akan menghasilkan temperatur pengelasan yang lebih besar pula. Hal ini terlihat pada grafik temperatur hasil pengujian sebagai mana tampak pada gambar 4.

Tampak juga dalam grafik, bahwa pada arus pengelasan yang lebih besar memiliki laju pendinginan yang lebih lambat dibandingkan pada arus pengelasan yang lebih kecil. Dari data rekaman temperatur, menunjukan pada saat detik ke 87 temperatur lasan dengan arus pengelasan 90 A sudah mencapai 624 ^{o}C, sedangkan pada arus pengelasan 100 A dan 110 A masing-masing masih mencapai 714 ^{o}C dan 786 ^{o}C.

B. Temperatur Lingkungan

Pengelasan pada temperatur lingkungan yang berbeda menghasilkan grafik temperatur yang berbeda pula. Pengelasan pada temperatur lingkungan yang lebih tinggi dengan arus pengelasan yang sama, menyebabkan temperatur puncak yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengelasan pada temperatur lingkungan lebih rendah sebagai mana tampak pada gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan Temperatur Pengelasan Dengan Arus 90 A Pada Beberapa Temperatur Lingkungan yang Berbeda

Hal ini disebabkan oleh perbedaan temperatur awal pelat yang akan di las, dimana temperatur pelat cenderung mengikuti temperatur lingkungan. Pada temperatur lingkungan yang tinggi, maka temperatur awal pelat juga tinggi. Sebaliknya jika temperatur lingkungan rendah, maka temperatur awal logam induk juga cenderung rendah.

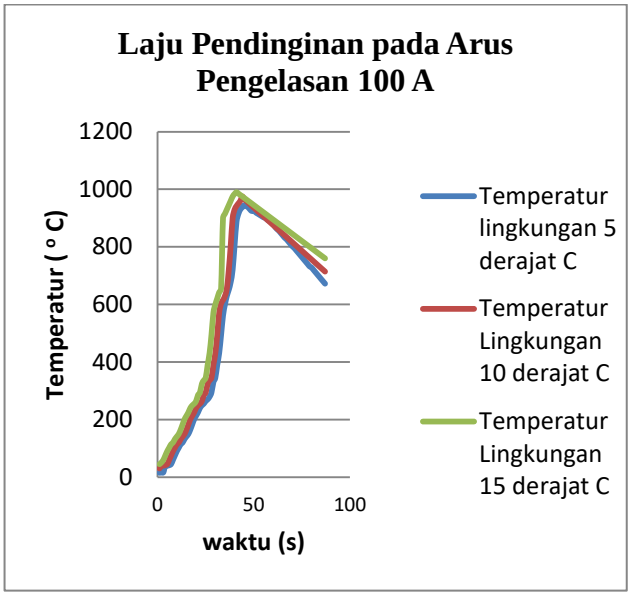
Pada proses pengelasan, masukan energi panas dari busur las digunakan untuk menaikkan temperatur logam induk dari kondisi awal sampai mencapai temperatur leburnya. Pada proses ini, gradien temperatur cukup besar dan dipengaruhi oleh temperatur awal material. Pada tahap selanjutnya, energi panas dari busur las digunakan untuk proses peleburan material, di mana pada tahapan ini gradien temperatur berkurang (terjadi pada logam paduan) atau sama dengan nol (untuk logam murni) sampai proses peleburan selesai. Setelah itu, energi panas digunakan untuk

menaikkan temperatur cairan logam. Dengan demikian untuk logam induk dengan temperatur awal lebih tinggi disamping memiliki temperatur puncak lebih tinggi juga memiliki gradien temperatur lebih tegak dibandingkan logam induk dengan temperatur awal yang lebih rendah.

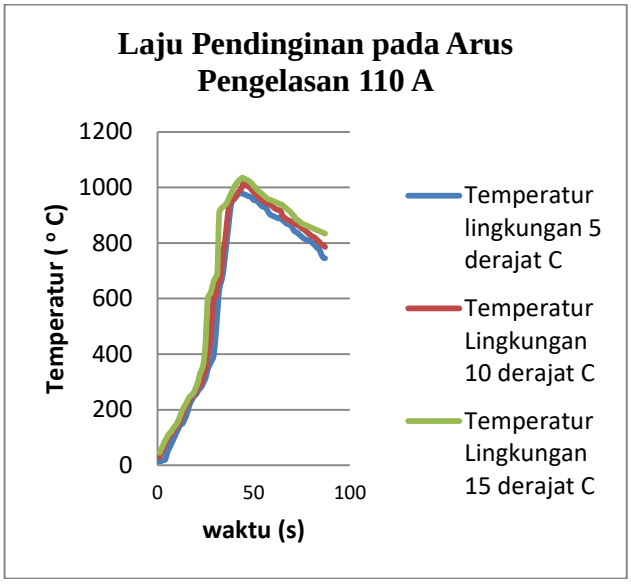
Walaupun besar arus pengelasan sama (90 A) tetapi temperatur puncak pengelasan tergantung pada temperatur awal logam induk. Demikian pula laju pendinginan yang terjadi dipengaruhi oleh temperatur puncak pengelasan. Semakin tinggi temperatur puncak pengelasan maka laju pendinginan semakin lambat.

Selain mempengaruhi temperatur awal logam induk, temperatur lingkungan juga secara langsung mempengaruhi laju pendinginan logam las melalui perpindahan panas dari logam las ke lingkungan sekitar, baik secara konduksi, konveksi maupun secara radiasi sesuai dengan persamaan (2), (3)dan (4).

Kondisi yang sama juga berlaku pada arus pengelasan yang lebih besar, baik pada temperatur 100 A maupun 110 A. Seperti terlihat pada gambar 6a dan 6b. Yang membedakan adalah temperatur puncak pada arus 110 A lebih tinggi dibandingkan temperatur puncak pada 100 A dan 90 A.

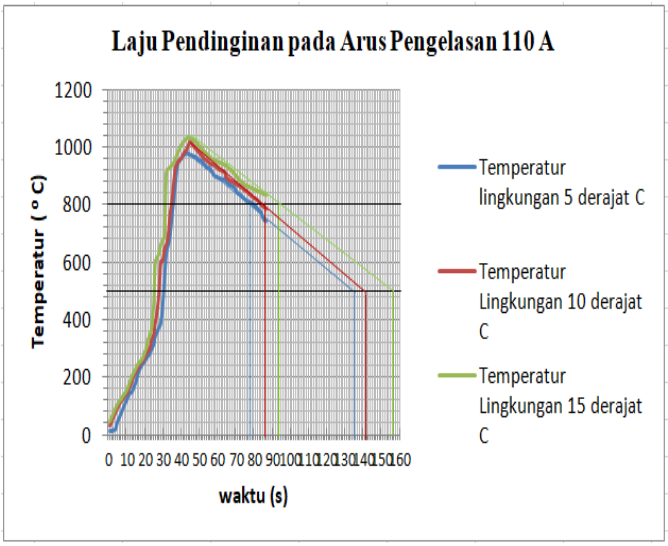


(a)



(b)

Gambar 6. Perbandingan grafik temperatur (a) pada arus 100 A (b) pada arus pengelasan 110 A, untuk temperatur lingkungan yang berbeda



Gambar 7. Cara menghitung laju pendinginan dari grafik temperatur

Perbedaan yang lain adalah gradien temperatur awal sampai temperatur puncak, dimana semakin tinggi arus pengelasan,semakin besar gradien temperatur yang terjadi.

Laju pendinginan yang terjadi pada tiap perlakuan, dapat dihitung dengan cara membuat perpanjangan garis gradien temperatur pendinginan dari temperatur puncak sampai menyentuh sebuah garis temperatur mendatar tertentu sebesar 500 ^{o}C, seperti tampak pada gambar 7.

Selanjutnya menghitung selisih temperatur batas atas 800 ^{o}C dengan temperatur batas bawah (ΔT), dan waktu yang dibutuhkan dari temperatur batas atas ke temperatur batas bawah (Δs). Laju pendinginan (CR) dapat dihitung dengan persamaan (5) berikut ini:

$$\text{Laju Pendinginan (CR)} = \frac{\Delta T}{\Delta s} \qquad (5)$$

Berdasarkan rekaman data pengelasan, hasil perhitungan laju pendinginan, disajikan pada tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Laju Pendinginan untuk arus pengelasan dan temperatur lingkungan berbeda

No.	Arus Pengelasan (A)	Laju Pendinginan ^{o}C/s		
		Temperatur lingk. 5^{o}C	Temperatur lingk. 10^{o}C	Temperatur lingk. 15^{o}C
1	90	9,38	7,69	7,32
2	100	7,14	6	5
3	110	5,77	5,45	4,76

Dari tabel 4. Tampak bahwa laju pendinginan semakin lambat dengan peningkatan arus pengelasan. Demikian halnya dengan peningkatan temperatur lingkungan juga dapat memperlambat laju pendinginan logam las.

.

4. Kesimpulan

Arus pengelasan berpengaruh secara langsung terhadap laju pendinginan, di mana semakin besar arus pengelasan, maka laju pendinginan semakin lambat. Sebaliknya semakin kecil arus pengelasan, maka laju pendinginan semakin cepat.

Semakin rendah temperatur lingkungan sekitar, menyebabkan laju pendinginan semakin cepat. Sebaliknya peningkatan temperatur lingkungan menyebabkan laju pendinginan semakin lambat.

Laju pendinginan yang cepat pada temperatur lingkungan pengelasan yang rendah dapat dikurangi dengan menaikkan arus pengelasan..

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2019. www.astmsteel.com

Dutta, J., and Narendranath, S., 2014. ESTIMATION OF COOLING RATE AND ITS EFFECT ON TEMPERATURE DEPENDENT PROPERTIES IN GTA WELDED HIGH CARBON STEEL JOINTS. Review of Industrial Engineering letters 2014 Vol. 1, No. 2, pp. 1-20

Kou,S., 2003 “Welding Metallurgy,” A Wiley-Interscience Publication John Willey & Sons, New York.

Rahul, Arya, K Harish,and Saxena, R K., 2014. Effect of Cooling Rate on Microstructure of Saw Welded Mild Steel Plate (Grade C 25 as Per IS 1570), International Journal Of Modern Engineering Research (IJMER), Vol. 4 Iss. 1 Jan. 2014

Syahida, Nurul Mohd Nasir, Azhar, Mohammad Khairul Abdul Razab, Iqbal, Muhammad Ahmad and Mamat, Sarizam. 2017. INFLUENCE OF HEAT INPUT

ON CARBON STEEL MICROSTRUCTURE. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences VOL. 12, NO. 8, APRIL 2017 ISSN 1819-6608