

# **Pengaruh Variasi *Welding Parameter* terhadap *Heat Input* Pengelasan SAW (*submerged arc welding*) Posisi 1G**

**Halfy Ramadhan<sup>\*1</sup>, Mega Gemala<sup>\*</sup> dan Rahman Hakim<sup>\*</sup>**

Politeknik Negeri Batam  
Program Studi Teknik Mesin  
Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

<sup>1</sup>E-mail: ramadhanhalfy@gmail.com

## **Abstrak**

Pengelasan SAW (*submerged arc welding*) adalah proses untuk menggabungkan dua material logam atau lebih menjadi satu menggunakan bahan tambah bernama elektroda (*filler metal*), elektroda (*filler metal*) yang digunakan bersifat habis pakai dan juga menggunakan fluks (*flux*) berbentuk seperti pasir yang menutupi elektrodanya ketika proses pengelasan untuk melindungi proses pengelasan dari udara ataupun partikel yang dapat mempengaruhi hasil dari pengelasan. Pada proses pengelasan memiliki prosedur sebagai acuan yaitu WPS (*welding procedure specification*) yang berisi tentang *welding parameter*. Penggunaan *welding parameter* juga harus diperhatikan karena memiliki pengaruh pada nilai *heat input* yang didapatkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari variasi *welding parameter* terhadap nilai *heat input*, dengan memperhatikan kesesuaian dengan spesifikasi prosedur pengelasan (WPS) yang telah ditetapkan. Metode penelitian dilakukan dengan cara observasi ke lapangan selama proses produksi berlangsung dan mengumpulkan data *parameter* yang dibutuhkan. Penelitian ini berfokus pada perhitungan nilai *heat input* per *pass* pengelasan SAW posisi 1G. Setelah data hasil observasi dikumpulkan kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *heat input* yang akan dibandingkan dengan nilai *heat input* yang tertera pada WPS. Untuk menjaga nilai *heat input* tidak melenceng dari *range* yang telah direkomendasikan WPS ialah dengan menggunakan *welding parameter* yang sesuai dengan *range* pada WPS.

**Kata kunci :** SAW (*submerged arc welding*), *Heat Input*, *Welding Parameter*, *Welding Procedure Specification* (WPS).

## **Abstract**

SAW (*submerged arc welding*) is a process of combining two or more metal materials into one using additional materials called electrodes (*filler metal*), the electrodes (*filler metal*) used are consumable and also use a flux shaped like sand that covers the electrodes during the welding process is to protect the welding process from air or particles which can affect the welding results. The welding process has a procedure as a reference, namely WPS (*welding procedure specification*) which contains welding parameters. The use of welding parameters must also be considered because they have influence on the heat input. The purpose of this research is to determine the effect of variations in welding parameters to heat input, taking into account compliance with the established welding procedure specifications (WPS). The research method is carried out by observing the field during the production process and collecting the required parameter data. This research focuses on calculating the heat input value each pass of SAW position 1G. After the observation data is collected, calculation are then carried out to obtain the heat input value which will be compared with heat input value stated on the WPS. To ensure that the heat input value does deviate from the range recommended by the WPS, use welding parameters that match the range in the WPS.

**Keywords :** SAW (*submerged arc welding*), *Heat Input*, *Welding Parameter*, *Welding Procedure Specification* (WPS).

## 1 Pendahuluan

Pengelasan adalah salah satu proses yang dilakukan untuk menggabungkan dua material logam atau lebih menjadi satu dengan menggunakan bahan tambah bernama elektroda (*filler metal*) yang harus memiliki klasifikasi yang sama dengan logam dasar (*base metal*) yang digunakan[1]. Pengelasan SAW (*submerged arc welding*) adalah pengelasan otomatis (*automatic*) sehingga membutuhkan alat bantu seperti rel dan *bogie* untuk membantu dalam proses pengelasan, sehingga pengelasan SAW (*submerged arc welding*) hanya dapat dilakukan pada posisi 1G atau datar. Teknik pengelasan ini menggunakan elektroda (*filler metal*) habis pakai dan menggunakan fluks (*flux*) yang berbentuk seperti pasir kasar yang menutupi elektrodanya ketika proses pengelasan, berfungsi untuk melindungi proses pengelasan dari udara ataupun partikel yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan[2]. Pengelasan SAW (*submerged arc welding*) menggunakan polaritas DCEP (*direct current electrode positif*) karena membutuhkan penetrasi yang lebih dalam[3].



Gambar 1. Rel dan *Bogie*

Beberapa keunggulan dari pengelasan SAW adalah mampu menghasilkan deposit *weld bead* yang lebih besar dibandingkan proses pengelasan lainnya, menghemat waktu karena proses pengisian cepat, hasil yang rapi dan stabil[4]. Pada prosesnya untuk mendapatkan hasil pengelasan yang bagus juga harus menggunakan *parameter* yang telah direkomendasikan oleh WPS, tetapi ada juga beberapa kasus yang menggunakan *parameter* diluar dari yang telah direkomendasikan juga menghasilkan pengelasan yang bagus secara *visual* namun hal tersebut memiliki pengaruh terhadap nilai *heat input*. *Heat input* adalah jumlah masukan panas yang diterima oleh logam dasar (*base metal*) selama proses pengelasan[5].

Variasi *parameter* seperti arus pengelasan (*amperage*), tegangan pengelasan (*voltage*), dan durasi pengelasan (*travel speed*) adalah faktor yang sangat berpengaruh terhadap nilai *heat input* pengelasan. Nilai *heat input* yang diterima oleh logam dasar (*base metal*) bergantung pada *parameter* yang digunakan ketika proses pengelasan.

Metode pengelitan yang diterapkan yaitu observasi langsung di lapangan selama proses produksi berlangsung untuk mengumpulkan data relevan. Data yang dikumpulkan mencakup *parameter-parameter* kritis seperti arus pengelasan (*amperage*), tegangan pengelasan (*voltage*), dan durasi pengelasan (*travel speed*). Setelah data terkumpul, perhitungan dilakukan untuk mendapatkan nilai *heat input* menggunakan formula yang telah ditetapkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi *welding parameter* terhadap nilai *heat input*, dengan memperhatikan kesesuaian dengan spesifikasi prosedur pengelasan (WPS) yang telah ditetapkan. Pada penelitian ini hanya berfokus pada perhitungan nilai *heat input* per *pass* yang didapatkan selama proses produksi berlangsung dari data *welding parameter* proses pengelasan SAW posisi 1G, tidak sampai dengan pengaruh nilai *heat input* terhadap uji rusak (*destructive test*) ataupun uji tidak rusak (*nondestructive test*).

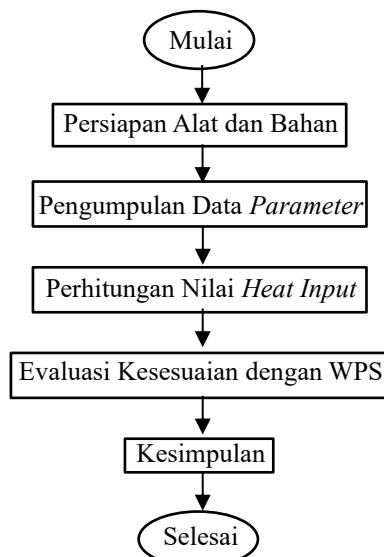
## 2 Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan di PT DWI SUMBER ARCA WAJA (DSAW). Penelitian dilakukan dengan cara membandingkan *welding parameter* yang digunakan saat produksi berlangsung.



**Gambar 2. Proses Produksi**

Spesifikasi material yang digunakan adalah baja karbon (*carbon steel*) S355MLO dengan panjang 3000mm, tebal 80mm, dan diameter luar (*outside diameter*) 2590mm. Diagram alir dapat dilihat pada gambar 3 dibawah.



**Gambar 3. Diagram Alir**

### 2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahap ini hal yang perlu dilakukan adalah mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk mengukur *welding parameter*. Alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu :

- *Tang Ampere* digunakan untuk mengukur arus pengelasan (*amperage*) dan tegangan pengelasan (*voltage*).



**Gambar 4. Tang Ampere**

- Kapur digunakan untuk menandai titik awal dan titik akhir pengukuran durasi (*travel speed*).



**Gambar 5. Kapur**

- *Stopwatch* digunakan untuk mengukur waktu pengelasan.



**Gambar 6. Stopwatch**

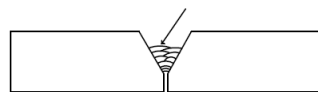
- Meteran digunakan untuk mengukur jarak antara titik awal dan titik akhir yang telah ditandai menggunakan kapur.



**Gambar 7. Meteran**

## 2.2 Pengumpulan Data *Parameter*

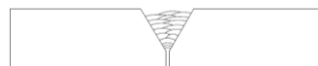
Tahapan pengumpulan data *welding parameter* dilakukan pada saat produksi di *post* atau *station* yang berbeda dan juga *welding* yang berbeda, namun mengerjakan barang dengan spesifikasi yang sama sesuai dengan WPS (*welding procedure specification*) yang telah ditetapkan. Data *welding parameter* yang diambil pada *welding pass* yang berbeda seperti pada gambar dibawah.



**Gambar 8. Fill Pass 1**



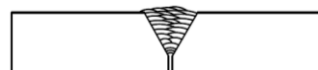
**Gambar 9. Fill Pass 2**



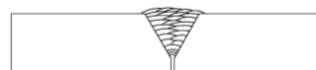
**Gambar 10. Fill Pass 3**



**Gambar 10. Cap Pass 1**



**Gamabr 11. Cap Pass 2**



**Gambar 12. Cap Pass 3**

Berikut ini adalah acuan atau prosedur (WPS) yang digunakan oleh *welder* untuk melakukan pengelasan SAW posisi 1G dengan standar berdasarkan DNV-OS-C401 edisi Juli 2021 dapat dilihat pada tabel 1 dibawah.

**Tabel 1. WPS (Welding Procedure Specification)**

WPS									
Welding Process		SAW							
Position		Flat (1G)							
Material Thickness		50 mm - 99 mm							
Diameter Range		OD 508 mm and above							
Qualified Base Metal		S355 to S355 & Equivalent							
Preheat	Thickness (mm)	$50 \leq T \leq 99$							
	Temperature (°C)	Min. 90 °C							
	Interpass Temperature	Max. 230 °C							
Preheat Checking		Tempilstick/ Infra Red Thermometer							
Method of Preheating		Oxifuel of Propane Gas Burners, Rapid Heat System							
Filler Metal	AWS Class	F7A8-EH12K							
	Diameter (mm)	4.0							
	Trade Name	OE-SD3							
	Flux Trade Name	OP 121TT							
	Manufacturer Name	Oerlikon							
Welding Parameter	Weld Pass	Amperage (A)		Voltage (V)		Travel Speed (mm/min)		Heat Input (KJ/mm)	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
	Fill Pass	580	630	27	33	535	585	1.61	2.33
	Cap Pass	570	615	28	33	560	586	1.63	2.17

Data yang diambil untuk penelitian ini adalah arus pengelasan (*amperage*), tegangan pengelasan (*voltage*), dan durasi pengelasan (*travel speed*). Data yang diambil hanya pada bagian *fill pass* dan *cap pass* saja. Untuk mengukur arus pengelasan (*amperage*) dan tegangan pengelasan (*voltage*) dilakukan ketika api pengelasan menyala. Sedangkan untuk mengukur durasi pengelasan (*travel speed*) dilakukan dengan cara menandai titik awal mulai sambil menekan tombol *start* pada *stopwatch* dan titik akhir ketika waktu sudah berjalan selama 1 menit atau 60 detik menggunakan kapur, lalu jarak antara titik awal dan titik akhir diukur menggunakan meteran..

**Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Welding Parameter**

Sampel Nomor	Weld Pass	Amperage (A)		Voltage (V)		Travel Speed (mm/min)
		Min.	Max.	Min.	Max.	
1	Fill Pass	620	640	33	34	510
2	Fill Pass	590	620	32	33	570
3	Fill Pass	600	620	31	32	550

4	Cap Pass	610	630	32	33	530
5	Cap Pass	580	610	31	32	560
6	Cap Pass	590	620	31	32	570

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan 3x percobaan setiap masing-masing *weld pass*. Metode evaluasi yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan membandingkan nilai *heat input* yang didapatkan dari hasil observasi di lapangan dengan nilai *heat input* yang telah direkomendasikan oleh WPS yang digunakan.

### 3 Analisa Data dan Pembahasan

#### 3.1 Perhitungan Nilai Heat Input

Pada tahap ini setelah mendapatkan data hasil observasi di lapangan adalah dengan melakukan perhitungan nilai *heat input*. Untuk mendapatkan nilai akhir *heat input* yang telah didapatkan dari perhitungan data *welding parameter* yang telah didapatkan setelah observasi di lapangan perlu menggunakan rumus sebagai berikut :

*Heat Input* (KJ/mm)[7] :

$$\text{Heat Input} = \frac{\text{Amperage} \times \text{Voltage} \times 0.06}{\text{Travel Speed} \left( \frac{\text{mm}}{\text{min}} \right)}$$

Contoh perhitungan :

- Fill Pass Sampel Nomor 1 :

$$\text{Heat Input Min} = \frac{620 \times 33 \times 0.06}{510 \left( \frac{\text{mm}}{\text{min}} \right)} = 2.40$$

$$\text{Heat Input Max} = \frac{640 \times 34 \times 0.06}{510 \left( \frac{\text{mm}}{\text{min}} \right)} = 2.56$$

- Cap Pass Sampel Nomor 4 :

$$\text{Heat Input Min} = \frac{610 \times 32 \times 0.06}{530 \left( \frac{\text{mm}}{\text{min}} \right)} = 2.20$$

$$\text{Heat Input Max} = \frac{630 \times 33 \times 0.06}{530 \left( \frac{\text{mm}}{\text{min}} \right)} = 2.35$$

**Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Nilai Heat Input**

Sampel Nomor	Weld Pass	Heat Input (KJ/mm) hasil perhitungan data	
		Min.	Max.
1	Fill Pass	2.40	2.56
2	Fill Pass	1.98	2.15
3	Fill Pass	2.02	2.16
4	Cap Pass	2.20	2.35
5	Cap Pass	1.92	2.09
6	Cap Pass	1.92	2.08

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus yang tertera didapatkan hasil seperti pada tabel diatas. Pada bagian *fill pass* sampel nomor 1 mendapatkan nilai *heat input* minimum 2.40 KJ/mm dan maksimum 2.56 KJ/mm, untuk sampel nomor 2 mendapatkan nilai *heat input* minimum 1.98 KJ/mm dan maksimum 2.15 KJ/mm, untuk sampel nomor 3 mendapatkan nilai *heat input* minimum 2.02 KJ/mm dan maksimum 2.16 KJ/mm. Pada bagian *cap pass* sampel nomor 4 mendapatkan nilai *heat input* minimum 2.20 KJ/mm dan maksimum 2.35 KJ/mm, untuk sampel nomor 5 mendapatkan nilai *heat input* minimum 1.92 KJ/mm dan maksimum 2.09 KJ/mm, dan untuk sampel nomor 6 mendapatkan nilai *heat input* minimum 1.92 KJ/mm dan maksimum 2.08 KJ/mm.

### 3.2 Evaluasi Kesesuaian dengan WPS

Pada tahap ini setelah didapatkan hasil perhitungan nilai *heat input* hasil observasi di lapangan kemudian tahap selanjutnya ialah melakukan perbandingan dengan nilai *heat input* yang tertera di WPS. Dapat dilihat pada tabel dibawah 4 dibawah.

**Tabel 4. Data Perbandingan Nilai Heat Input**

Sampel Nomor	Weld Pass	Heat Input (KJ/mm) pada WPS		Heat Input (KJ/mm) hasil perhitungan data		Hasil Evaluasi
		Min.	Max.	Min.	Max.	
1	Fill Pass	1.61	2.33	2.40	2.56	NO
2	Fill Pass			1.98	2.15	YES
3	Fill Pass			2.02	2.16	YES
4	Cap Pass	1.63	2.17	2.20	2.35	NO
5	Cap Pass			1.92	2.09	YES
6	Cap Pass			1.92	2.08	YES

Berdasarkan data diatas pada untuk *fill pass* terdapat sampel yang tidak sesuai dengan acuan pada WPS, hasil tersebut terdapat pada sampel nomor 1 karena terlalu tingginya *amperage* dan *voltage* yang digunakan serta lamanya proses pengelasan berlangsung sehingga menghasilkan nilai *heat input* yang melebihi batas acuan pada WPS yang berlaku. Hal tersebut dikarenakan tidak sesuai dengan *range heat input* pada WPS untuk *fill pass* adalah 1.61 - 2.33 KJ/mm sedangkan sampel nomor 1 nilai *heat input* yang didapatkan ialah 2.40 - 2.56 KJ/mm.

Untuk bagian *cap pass* terdapat sampel yang tidak sesuai, dapat diketahui pada sampel nomor 4 karena nilai *heat input* yang dihasilkan telah melebihi *range heat input* pada WPS. Nilai *heat input* yang dihasilkan sampel nomor 4 ialah 2.20 - 2.35 KJ/mm, sedangkan rekomendasi nilai *heat input* acuan pada WPS ialah 1.63 - 2.17 KJ/mm. Hal ini dikarenakan penggunaan *amperage* dan *voltage* yang tinggi dan juga durasi pengelasan yang lama.

Pada tabel diatas dapat diketahui ada beberapa sampel yang sesuai (*approved*) dengan acuan WPS, pada bagian *fill pass* sampel nomor 2 dan sampel nomor 3. Sedangkan pada *cap pass* baik sampel nomor 5 dan sampel nomor 6 adalah sesuai dengan acuan pada WPS. Ke-empat sampel ini menghasilkan nilai *heat input* yang sesuai dengan acuan WPS dikarenakan *welding parameter* yang tidak melenceng jauh dari acuan WPS.

## 4 Kesimpulan

Berdasarkan data perbandingan nilai *heat input* diatas dapat disimpulkan bahwa apabila penggunaan *welding parameter* tidak sesuai dengan prosedur yang berlaku maka akan menghasilkan nilai *heat input* yang tidak sesuai dengan acuan atau WPS yang berlaku. Maka, untuk mengatasi agar nilai *heat input* yang dihasilkan tidak melenceng dari acuan yang digunakan maka gunakan *welding parameter* yang sesuai dengan prosedur yang berlaku. Jika nilai *heat input* yang dihasilkan selama proses pengelasan tidak sesuai, hal tersebut dapat mempengaruhi hasil akhir pengelasan. Oleh karena itu, dengan dilakukan perbandingan ini membantu memastikan bahwa proses pengelasan berjalan sesuai dengan prosedur dan menjaga kualitas pengelasan.

## 5 Daftar Pustaka

- [1] Fajrin, Aulia, Putra, Juangsa, Giat, Lalu, Rezkia, Bima. Perbandingan Weld Bead terhadap Contact Tip to Work Distance (CTWD) pada mesin Welding Tractor GMAW. Batam State Polytechnic. 2021
- [2] Alam, Shahnwaz. Prediction of Weld Bead Penetration for Steel Using Submerged Arc Welding Process Parameters. Integral University. India. 2021
- [3] TWI. The Effect of Electrode Polarity in Submerged Arc Welding. Cambridge, United Kingdom. 2016
- [4] Karaoglu, Serdar, Secgin, Abdullah. Sensitivity Analysis of Submerged Arc Welding Process Parameters. Ege University, Dokul Eylul University. Turkey. 2017
- [5] Weldflow Engineers. Understanding Heat Input Welding : Is It Useful?. Vadovara, Gujarat, India. 2023
- [6] PT DWI SUMBER ARCA WAJA (DSAW). Changhua 2204 OFFSHORE WIND FARM PROJECTS JACKET OSS. Welding Procedure Specification GA428-C-LT40. Batam, Indonesia. 2023
- [7] ASME BPVC Section IX 2021. Boiler and Pressure Vessel Code An International Code. QW-409 ELECTRICAL CHARACTERISTICS.