

# Analisis variasi arus pengelasan *Submerged Arc Welding* pada proses *build-up beam* material SM490YA terhadap perubahan distorsi menggunakan metode eksperimen dan numerik

Rega Kurniawan, Muhamad Ari\*, Dika Anggara

Program Studi D4 Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, 60111, Indonesia

\*Corresponding author: m.ari@ppns.ac.id

## Abstrak

Proses Pengelasan SAW (*Submerged Arc Welding*) dengan arus besar secara kontinyu mengakibatkan panas yang masuk juga secara kontinyu pada satu titik. Hal ini mengakibatkan ekspansi yang signifikan jika terkena panas dan penyusutan jika mengalami pendinginan dan distorsi pada material. Pada penelitian ini, eksperimen dilakukan dengan variasi arus las. Pemodelan numerik struktural – termal dilakukan dengan software berbasis elemen hingga, dengan menggunakan data dari eksperimen sebagai validasi. Distorsi yang terjadi pada eksperimen dan pemodelan mendapatkan hasil yang mendekati. Distorsi sudut yang paling minimum pada eksperimen pengelasan SAW Single 450A sebesar  $1,0^\circ$  dan  $1,2^\circ$ , sedangkan pada pemodelan numerik sebesar  $1,15^\circ$ .

**Kata kunci:** Distorsi, Eksperimen, Struktural, Termal, Variasi Arus.

## *Analysis of variations in welding current of Submerged Arc Welding in the process of building-up beam material SM490YA against distortion changes using experimental and numerical methods*

### Abstrack

*The large current in submerged arc welding causes heat to enter continuously at one point. This results in significant expansion on exposure to heat, and shrinkage on cooling and distortion of the material. In this study, experiments were carried out with variations in welding current. Structural-thermal numerical modeling was carried out using finite element-based software, using experimental data as validation. Distortions that occur in the experiment and modeling get close results. The minimum angle distortion in the SAW Single 450A welding experiment is  $1.0^\circ$  and  $1.2^\circ$ , while the numerical modeling is  $1.15^\circ$ .*

**Keyword:** Current Variation, Distortion, Experiment, Structural, Thermal.

### 1. Pendahuluan

Teknologi pengelesan merupakan salah satu bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam dunia *manufacture, engineering, contruction, dan fabrication*. Pengelasan banyak digunakan pada dunia industri seperti maritim, *steel structure, maintance*, dan hampir disemua industri besar. Adapun salah satu perusahaan yang bergerak dibidang kontruksi dan fabrikasi adalah PT. Korindo Heavy Industry. Perusahaan tersebut dituntut untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang bagus dan sesuai dengan permintaan oleh *Owner* serta mengacu pada standart internasional yang sudah ditetapkan.

PT. Korindo Heavy Industry saat ini sedang mengerjakan proyek *Pipe Rack RDMP JO Balikpapan* yang bekerja sama dengan PT. Rekind Industry (REKIND). Pada proses pengerjaan proyek ini, PT. Korindo Heavy Industry sebagai *fabricator* dimana memproduksi sendiri *build-up beam* yang akan digunakan pada proyek tersebut. Proses pengerjaan *build-up beam* menggunakan material SM490YA dan menggunakan poses pengelasan SAW (*Submerged Arc Welding*).

Pengelasan *build-up beam* dengan proses SAW sering terjadi permasalahan yang biasanya disebabkan karena bagian logam yang dilas menerima panas pengelasan local. Selama prosesnya material menerima panas tinggi secara kontinyu pada satu titik, sehingga panas tidak dapat menyebar secara cepat dan menjadikan temperaturnya tidak merata. Akibat panas yang tidak merata, maka pada bagian yang dilas terjadi pengembangan termal sedangkan bagian yang tidak berubah terbentuk penghalang pada pengembangan termal yang mengakibatkan terjadinya peregangan kompleks. Apabila tidak dihindari, peregangan ini akan menyebabkan terjadinya perubahan bentuk yang ditimbulkan akibat distribusi panas tidak merata. Sehingga dalam pengelasan *bulid-up beam* pada *flange* mengalami deformasi yang berbentuk seperti gelombang. Selain itu, arah dan urutan pengelasan yang tidak sesuai dengan aturan serta proses pengelasan sering diabaikan menjadi akibat kurangnya pemahaman mengenai kekuatan sambungan dari juru las.

Adanya pengaruh heat input pada material yang sangat signifikan terhadap kualitas hasil lasan[1], maka dalam studi ini akan dilakukan analisis distorsi terhadap material hasil pengelasan. Pada analisis ini akan meneliti pengaruh pengelasan SAW *Single* dan SAW *Tandem* posisi 1F dengan jenis sambungan T-joint terhadap perubahan distorsi pada material SM490YA menggunakan perbedaan variabel arus. Selanjutnya, hasil nilai yang didapatkan akan digunakan untuk perbandingan dengan menggunakan pemodelan numerik

Dalam penelitian yang dilakukan oleh [2], Proses pengelasan busur terendam dua kawat tandem (SAW-T) adalah varian deposisi tinggi dari proses pengelasan busur terendam kawat tunggal konvensional (SAW). Dalam proses (SAW-T), kabel utama terhubung ke DC atau AC, dan kabel tambahan ke AC. Secara umum, arus busur *leading* sangat mempengaruhi penetrasi las sedangkan lebar manik las dan tinggi manik las sensitif terhadap arus busur *trailing*. Kedua elektroda biasanya berjarak 20 mm terpisah sehingga elektroda kedua masuk ke bagian belakang kolom las [3].

Energi yang dihasilkan dalam operasi pengelasan berasal dari bermacam-macam sumber yang tergantung pada proses pengelasannya. Energi panas ini sebenarnya hasil kolaborasi dari parameter arus las, tegangan las, dan kecepatan pengelasan. Parameter ketiga yaitu kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi pengelasan karena proses pemanasannya tidak diam ditempat akan tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu[4]. Semakin besar arus las maka semakin besar juga dilusi yang artinya semakin banyak bagian logam induk yang mencair [5].

Perubahan yang terjadi pada material dapat berupa pemuaihan maupun pengerutan. Apabila perubahan struktur dari material teratur, maka perubahan dimensi secara umum juga teratur [6]. Penelitian yang dilakukan oleh [7], material yang menerima beban panas yang tinggi terdistribusi tidak merata. Daerah tertentu yang mendapat panas lebih tinggi akan berekspansi, sedangkan bagian lain akan terkompresi. Pada waktu selanjutnya akan terjadi “tarik menarik” pada material tersebut yang pada akhirnya terjadi distorsi.

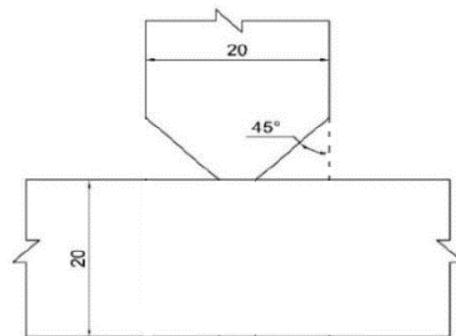
Penelitian ini bertujuan untuk mengukur besarnya pengaruh distorsi angular yang ditimbulkan pada proses pengelasan SAW *Single* dan *Tandem* dengan variasi arus yang berbeda. Lebih lanjut untuk mencari nilai distorsi terendah dalam permasalahan sebenarnya dengan parameter-parameter yang telah ditentukan sebelumnya. Pada dasarnya penelitian ini untuk mencegah atau merencanakan hasil yang lebih efektif.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dan pemodelan numerik. Parameter yang diaplikasikan pada eksperimen digunakan untuk simulasi pada pemodelan numerik.

### 2.1. Pengelasan

Pengelasan 1F dilakukan pada sambungan T joint dengan bevel  $45^\circ$  *partial joint penetration* dan root face 6 mm, Gambar 1, menggunakan proses las SAW *single* dan *tandem*. Kawat las yang digunakan adalah EM12K AWS A5.17 dengan diameter 4 mm, flux dengan type S-717 AWS A5.17 EM12K sedangkan untuk materialnya berupa plat HSLA SM 490YA dengan ketebalan 20 mm.



Gambar 1. Desain T joint

Ukuran *fillet weld* yang direncanakan rujukan pada tabel 1.

Tabel 1. Minimum fillet weld size [8]

Base Metal Thickness (T) <sup>a</sup>		Minimum Size of Fillet Weld	
in	mm	in	mm
$T \leq 1/4$	$T \leq 6$	1/8	3
$1/4 \leq T \leq 1/2$	$6 \leq T \leq 12$	3/16	5
$1/2 \leq T \leq 3/4$	$12 \leq T \leq 20$	1/4	6
$3/4 \leq T$	$20 \leq T$	5/16	8

Polaritas DC digunakan untuk *lead electrode* dan polaritas AC digunakan untuk *trailing electrode* pada pengelasan SAW *Tandem*, sedangkan untuk SAW *Single* menggunakan polaritas DC untuk *single wire electrode*. Parameter pengelasan yang dilakukan seperti pada tabel 2 dengan pemilihan arus berdasarkan [9].

Tabel 2. Parameter pengelasan SAW

No.	Jenis Pengelasan	Dimensi (mm)	Arus (A)	Travel Speed (cm/min)
1	SAW <i>Single</i>	400 x 150 x 20	450	50
2	SAW <i>Single</i>	400 x 150 x 20	500	50
3	SAW <i>Single</i>	400 x 150 x 20	550	50
4	SAW <i>Tandem</i>	400 x 150 x 20	450/480	50
5	SAW <i>Tandem</i>	400 x 150 x 20	500/500	50
6	SAW <i>Tandem</i>	400 x 150 x 20	600/500	50

Perhitungan *heat input* hasil pengelasan dilakukan dengan rumus:

$$Q = \eta \frac{V \cdot I \cdot 60}{v} \quad (1)$$

Dimana:

$Q$  = Heat Input (kJ/mm) per layer

$\eta$  = Thermal Efficiency (60 %) [10]

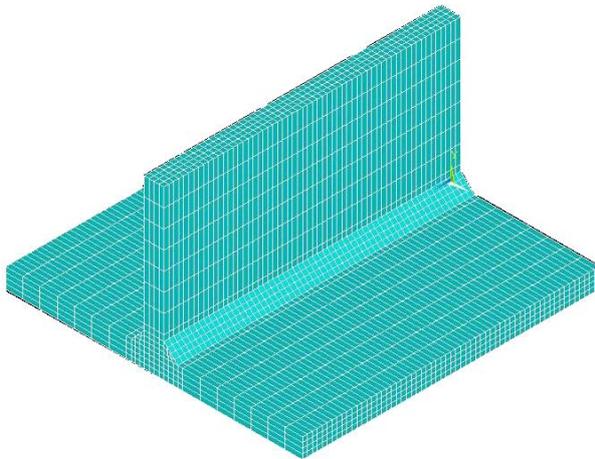
$V$  = Tegangan Busur Las / Voltage (V)

$I$  = Arus Listrik Las / Current (A)

$v$  = Kecepatan Pengelasan / Welding Speed (mm/min)

## 2.2. Pemodelan numerik

Simulasi metode elemen hingga untuk mendapatkan distribusi panas dan distorsi yang terjadi menggunakan struktur – termal pada software ANSYS. Elemen yang digunakan pada simulasi ini adalah SOLID 70 dan SOLID 90, Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan Sambungan T

Bentuk elemen yang digunakan dalam penelitian ini adalah hexahedral dan tetrahedral dengan ukuran *mesh* masing-masing adalah 0,03 dan 0,06 mm .

*Heat flux* diberikan pada setiap elemen yang dilalui pada proses pengelasan didasarkan pada parameter yang didapat dari eksperimen. Perhitungan *heat flux* dilakukan berdasarkan perumusan:

$$q_1 = q_e \frac{A_1}{A_f} \quad (2)$$

Dimana:

$q_e$  : heat flux yang dihasilkan elektroda

$A_1$  : Luas pada satu elemen.

$A_f$ : Luasan fluks yang dihasilkan elektroda (mm<sup>2</sup>)

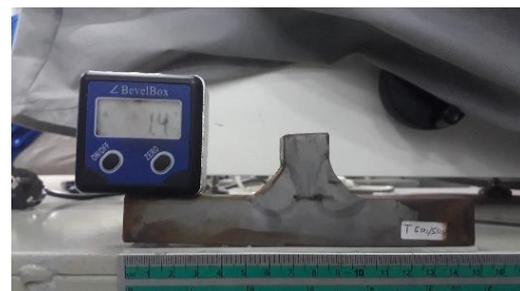
Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai *heat flux* sebesar 42.225850 Watt/mm<sup>2</sup>. Beban ini dikenakan secara transien atau berjalan sesuai dengan fungsi waktu. Luas permukaan satu elemen di hitung dengan bantuan *software* ANSYS dengan menghitung banyaknya elemen pada satu daerah lasan. Selain beban *heat flux*, ada kondisi batas yang harus dimasukkan ke dalam pembebanan pemodelan. Kondisi batas ini adalah kenyataan bahwa antara permukaan pelat dengan udara mengalami kontak langsung. Kondisi batas ini berupa beban konveksi, untuk itu harus dimasukkan koefisien yang digunakan untuk memasukkan faktor konveksi ke dalam pemodelan. Koefisien yang harus dimasukkan adalah sebagai berikut :

- Film coefficient = 10 W/m<sup>2</sup>K
- Bulk Temperature = 303.15 K

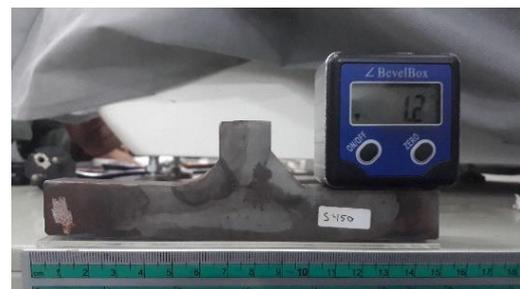
*Film coefficient* merupakan koefisien faktor konveksi yang terjadi antara logam yang dipanaskan dengan udara. Sedangkan *bulk temperature* adalah temperatur ruang yang terjadi pada saat pengelasan dilakukan. Pada simulasi ini, konvergensi berhasil dicapai dengan jumlah elemen sebanyak 2774 buah.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Proses pengelasan yang telah dilakukan menghasilkan distorsi pada sambungan T. Pengukuran distorsi yang terjadi dilakukan dengan menggunakan bevel box, Gambar 3.



(a)



(b)

Gambar 3. Pengukuran besar distorsi pada sisi A (a) dan sisi B (b)

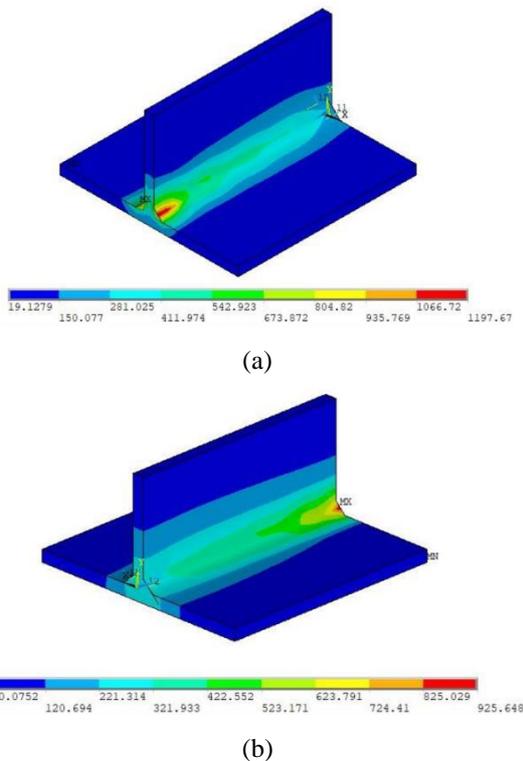
Nilai distorsi tersebut sebagaimana terekam pada tabel 3.

**Tabel 3.** Nilai distorsi yang terjadi

No.	Specimen	Sisi A (°)	Sisi B (°)
1	SAW Single 450	1,0	1,2
2	SAW Single 500	1,2	1,4
3	SAW Single 550	1,5	1,5
4	SAW Tandem 450/480	1,0	1,2
5	SAW Tandem 500/500	1,4	1,4
6	SAW Tandem 650/500	1,6	1,6

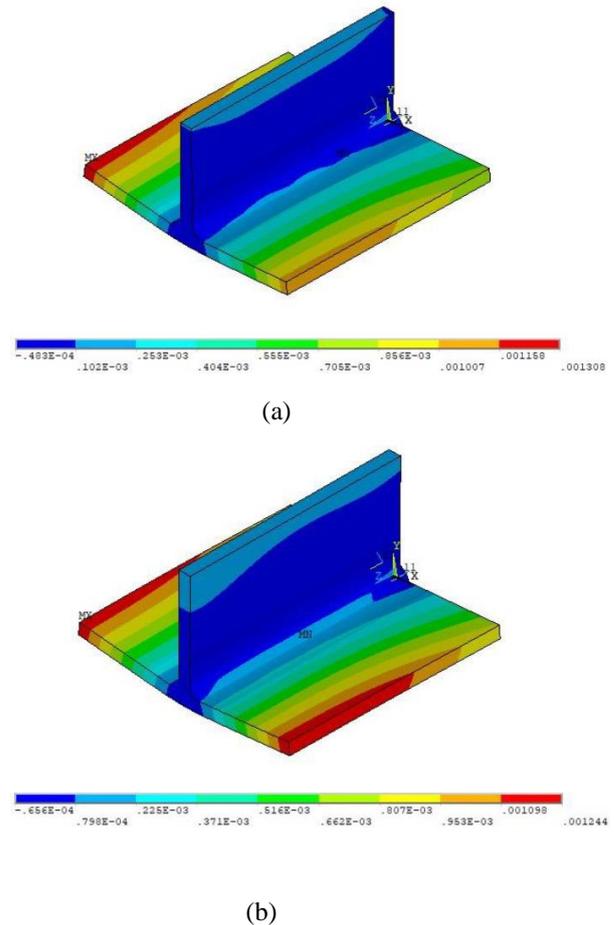
Semakin besar *heat input* yang diberikan, maka distorsi yang terjadi semakin besar. Hal ini dikarenakan ketika material diberikan beban panas, suhu pada spesimen mengalami peningkatan. Pada suhu tinggi, atom – atom akan bergerak lebih cepat dan membentur atom – atom yang ada disampingnya. Akibat dari benturan ini, atom – atom membutuhkan ruang yang lebih luas sehingga mengakibatkan material berubah bentuk. Jadi semakin besar beban panas yang diberikan, semakin cepat pula atom – atom akan saling berbenturan dan semakin besar pula perubahan bentuk material (distorsi).

Sebaran panas mempunyai kecenderungan semakin besar dengan input panas yang lebih besar, sebagaimana nampak pada hasil pemodelan numerik, Gambar 4.



**Gambar 4.** Distribusi panas pengelasan SAW  
(a) Tandem 450/480,  
(b) Single 450

Begitu juga untuk besar distorsi yang terjadi mempunyai kecenderungan yang sama seperti sebaran panas, Gambar 5.



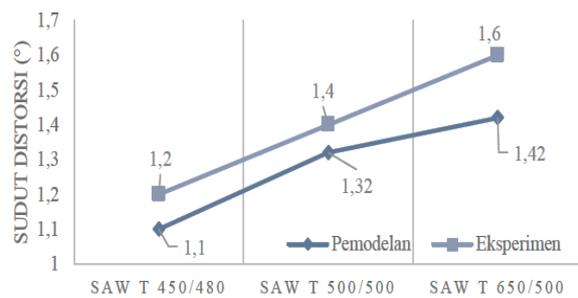
**Gambar 5.** Total Deformasi dari Analisis Struktural pemodelan SAW (a) Tandem 450/480,  
(b) Single 450

Hasil keseluruhan besar distorsi dari pemodelan numerik seperti pada tabel 4.

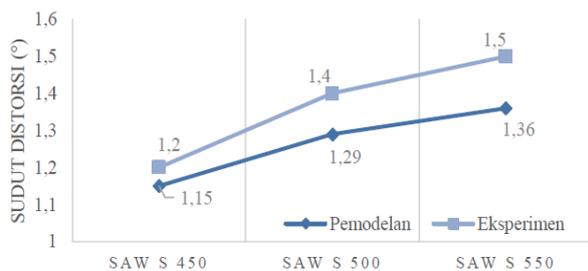
**Tabel 4.** Besar distorsi pemodelan numerik.

No	Specimen	Besar distorsi
1	SAW <i>Single</i> 450	1.10
2	SAW <i>Single</i> 500	1.29
3	SAW <i>Single</i> 550	1.36
4	SAW Tandem 450/480	1.15
5	SAW Tandem 500/500	1.32
6	SAW Tandem 650/500	1.42

Besar distorsi antara hasil eksperimen dengan pemodelan didapatkan hasil dengan tren yang sama, Gambar 6.



(a)



(b)

**Gambar 6.** Grafik deformasi pengelasan SAW

(a) tandem, (b) single

#### 4. Kesimpulan

Pemodelan numerik yang dilakukan telah berhasil mensimulasikan efek dari variasi arus terhadap distorsi yang terjadi pada proses pembuatan *build-up beam*. Secara umum pemakaian proses las SAW dengan filler metal tandem menghasilkan distorsi yang lebih besar dibandingkan dengan single, karena hal ini berkorelasi dengan besar input panas yang digunakan saat pengelasan.

#### Referensi

[1] 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.

[2] D. V. Kiran, D. W. Cho, H. K. Lee, C. Y. Kang, and S. J. Na, "A study on the quality of two-wire tandem submerged arc welds under iso-heat input conditions," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 78, no. 1–4, pp. 53–62, Apr. 2015, doi: 10.1007/S00170-014-6644-3.

[3] "Equipment for Submerged Arc Welding - TWI." <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/equipment-for-submerged-arc-welding-016> (accessed Nov. 30, 2021).

[4] T. Akbar and B. Santosa, "Analisa Pengaruh Dari Welding Sequence Terhadap Tegangan Sisa Dan Deformasi Pada Circular Patch Weld Dobule Bevel Butt-Joint Plat ASTM A36 Menggunakan Metode Elemen Hingga," *undefined*, 2012, doi: 10.12962/J23373539.VIII.317.

[5] C. Shen, "Low distortion welding for shipbuilding industry," *University of Wollongong Thesis Collection 1954-2016*, Jan. 2013, Accessed: Nov. 30, 2021. [Online]. Available: <https://ro.uow.edu.au/theses/3892>

[6] M. A. Nurfitriana, "Analisa Pengaruh Pengelasan Smaw Dan Fcaw-Ss Pada Material Low Carbon Steel Grade S355j2+N Terhadap Perubahan Distorsi Dengan Variasi Heat Input Dengan Menggunakan Metode Eksperimen Dan Metode Numerik," 2016.

[7] B. Firdiansyah, "Panas Distribusi, Deformasi dan Analisa Tegangan Sisa Las Aluminium Plate dengan Dua Profil Sudut Kanan dengan Metode Elemen Hingga," 2011.

[8] *AWS D1.1 Structural Welding Code — Steel*. 2015.

[9] Batam Institutional Development Project, "Pengenalan Las Busur Rendam," 2002.

[10] Prof. Dr. Ir. H. Wiryosumarto, *TEKNOLOGI PENGELASAN LOGAM*. PT. Pradnya Paramita, 2000.