

ANALISIS WELDING SEQUENCE DENGAN PENAMBAHAN TRANSIENT THERMAL TENSION PADA DUCTING TERHADAP DEFORMASI DAN TEGANGAN SISA

Aditya Susanto¹, Muhamad Ari², Mochammad Karim Al Amin³

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111^{1*}

Email: adityasusanto612@gmail.com¹

Abstract – In fabrication process of a construction there is often experiences obstacles within the implementation. Deformation is an obstacle that often occurs and can holding up the further fabrication process. Deformation causes problems in the form of misaligned connections between parts, which can cause excessive stress concentrations. Like the process of ducting which had deformation during the assembly process. Ducting deformation occurs in the base metal part after the welding process is carried out between one part and another. This problem happen as a result of excessive heat input on some sides, so that the heat is distributed unevenly across the base metal. The purpose of this final project research to analyze of welding sequence and the addition of transient thermal tension on deformation and residual stress in ducting using the finite element method. After the analysis was done, the results were obtained in the form of a quite significant difference in the deformation of welding sequences, where welding sequence 2 was 2.1169 mm. Then the residual stress that occurs of welding sequences is 192.27 MPa. From welding sequences are given additional heat that is line heating and the results obtained can reduce deformation significantly. However, the addition of heat can increase the high residual stress on welding sequence with transient thermal tension 200 °C distance 1000 mm the value up to 806.45 MPa. From the results, it is concluded that the greater the deformation value that given, the smaller the residual stress value will be. Otherwise, the smaller the deformation value, the greater the residual stress value.

Keyword: deformation, ducting, finite element method, transient thermal tension, intermittent weld, residual stress, welding sequence

1. PENDAHULUAN

Proses pengelasan memiliki parameter dan prosedur berasal dari WPS (*Welding Procedure Specification*). WPS berisi metode dan urutan pengelasan; *heat input*; *travel speed*; ukuran dan jenis dari *filler metal*; *shielding gas*; dan lain sebagainya yang berfungsi sebagai pedoman selama proses las. Sumber panas proses pengelasan yang terjadi secara terus menerus menyebabkan perbedaan distribusi panas, sehingga terjadi pemuaihan dan penyusutan yang tidak merata diseluruh luasan area logam. Terjadinya pemanasan lokal dan laju pendinginan cepat pada logam induk dapat menyebabkan butiran area las menyimpan energi tinggi sehingga memungkinkan untuk terjadinya deformasi dan tegangan sisa.

Deformasi adalah penyimpangan ukuran dan bentuk yang terjadi akibat panas yang diterima logam selama pengelasan, hal ini dapat menyebabkan logam melengkung sehingga menyulitkan proses instalasi selama fabrikasi serta keandalan struktur. Sedangkan, tegangan sisa terjadi karena adanya deformasi plastis yang tidak seragam pada material logam sehingga dapat mengurangi kemampuan tekuk, kekuatan hasil las, dan usia pakai dari struktur tersebut [3].

Seperti pada proses fabrikasi *square ducting* dengan tebal shell 6mm yang diperkuat dengan stiffener 10mm. Setelah menyatukan dinding shell dan proses *intermittent* pada stiffener hingga terbentuk struktur *square ducting* sesuai *drawing*, terjadi deformasi ketika seluruh plat bantu dilepas. Bentuk dari *square ducting* itu menggebung akibat dari urutan pengelasan yang tidak sesuai, sehingga mengharuskan para pekerja melakukan proses *repair*.

Untuk menganalisis penyebab terjadinya deformasi dapat dilakukan dengan bantuan analisis komputasi menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method*) untuk mengevaluasi permasalahan dengan efisien. Proses evaluasi dilakukan pada struktur *ducting* yang dimodelkan menggunakan bantuan *software* AutoCAD lalu di ekspor pada *software* ANSYS. Selanjutnya, akan dilakukan pemodelan selayaknya data lapangan salah satunya *welding sequence*. Lalu dari hasil *welding sequence* akan dilanjutkan dengan pemberian *transient thermal tension* (TTT). TTT (*transient thermal tension*) adalah perlakuan panas dengan memberikan panas dibawah temperatur deformasi plastis di sekitar pengelasan yang bekerja secara bersamaan dengan proses pengelasan. Dengan cara tersebut dapat mengurangi deformasi dan tegangan sisa

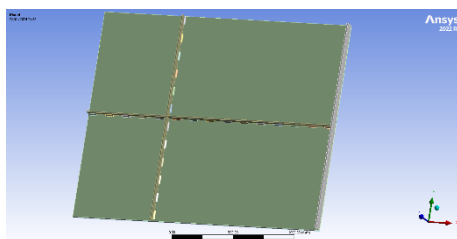
secara efektif dengan penggunaan variabel berupa variasi jarak antara area pengelasan dengan *side nozzle heating* [2].

Oleh karena itu, dengan adanya proses simulasi dengan metode elemen hingga pada *square ducting* yang dilakukan dengan cara mengatur *welding sequence* dan penambahan *transient thermal tension*, diharapkan dapat mengurangi nilai deformasi dan tegangan sisa secara efisien.

2. METODOLOGI.

2.1 Pemodelan

Proses pemodelan geometri dilakukan menggunakan *software* AutoCAD dengan membentuk lembaran plat berukuran 2194 x 1735 x 6 mm, stiffener 50 x 10 mm, dan flange 75 x 12mm. Pemodelan harus dirancang sesuai dengan *drawing* agar dapat mencerminkan kondisi yang sebenarnya, kemudian direplikasi dalam bentuk 3D untuk menciptakan representasi yang mirip dengan aslinya. Hasil pemodelan di ekspor menuju *software* ANSYS.



Gambar 1 Pemodelan *square ducting*

2.2 Perhitungan Time Steps dan Heat Flux

Time steps dan *heat flux* berfungsi sebagai data yang akan di masukkan ke dalam proses simulasi. Perhitungan ini membutuhkan data berupa arus (I); voltase (V); travel speed (mm/s); diameter elektroda (mm); thermal efficiency; dan dimensi dari pemodelan. Berikut data yang digunakan dalam proses simulasi:

- Arus : 150 A
- Voltase : 32 V
- Travel speed : 2 mm/ s
- Diameter elektroda : 3,2 mm
- Thermal efficiency : 0,8 η

Dalam menentukan *time steps* dapat dilakukan dengan cara menentukan panjang pengelasan yang dibagi dengan *travel speed*. Perhitungan *time steps* dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$Time\ steps = \frac{l\ weld}{t} \quad (1)$$

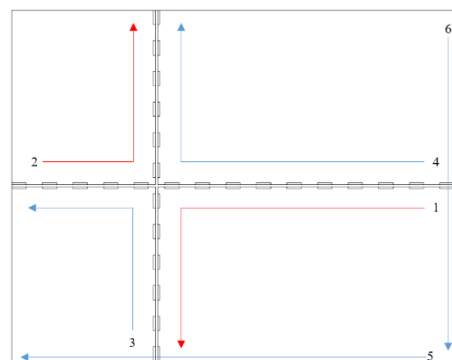
Dalam menentukan *load steps* dapat dilakukan dengan cara menentukan nilai *heat flux element* dengan persamaan berikut ini :

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

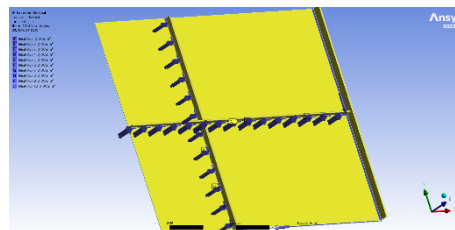
- Dimana,
- q_1 = Heat flux element (J/mm²)
 - q_e = Heat flux electrode (J/mm²)
 - A_1 = Luas penampang (mm²)
 - A_f = Luasan flux electrode (mm²)

2.3 Simulasi

Setelah proses pemodelan dan perhitungan telah dilakukan. Langkah selanjutnya ialah menentukan arah *welding sequence* dan juga input data *transient thermal tension* untuk menentukan hasil nilai deformasi dan tegangan sisa. *Welding sequence* dan *input data transient thermal tension* dapat dilihat pada gambar berikut.



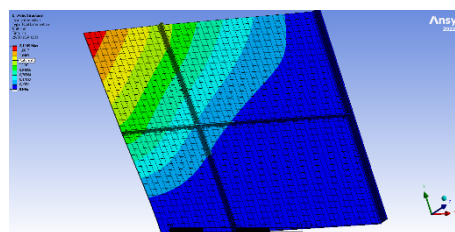
Gambar 2. Urutan *welding sequence*



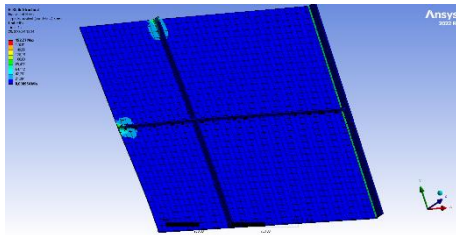
Gambar 3. Input data *time steps* dan *heatflux*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada setiap proses simulasi akan muncul nilai berupa deformasi dan tegangan sisa minimum dan maksimum. Nilai deformasi dan tegangan sisa terbesar dapat disiasati dengan munculnya warna merah pada permukaan bidang yang disimulasikan. Contoh hasil dari simulasi dapat dilihat pada gambar berikut.

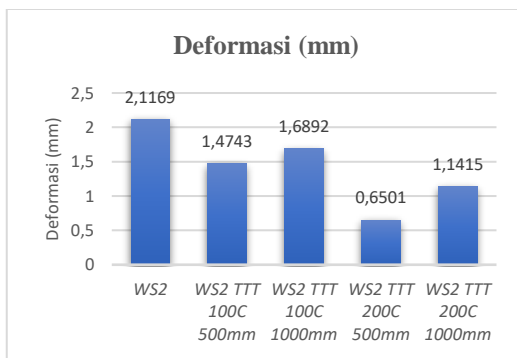


Gambar 4. Hasil simulasi deformasi

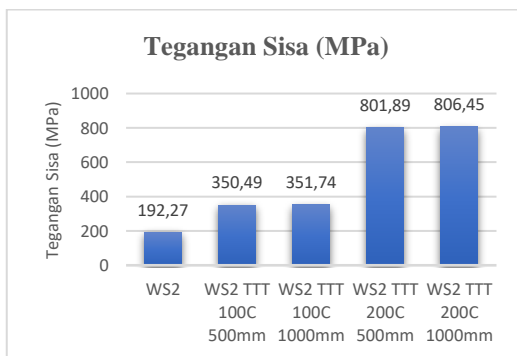


Gambar 5. Hasil simulasi tegangan sisa

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan dengan menggunakan software ANSYS. Didapatkan hasil berupa deformasi dan tegangan sisa seperti pada grafik berikut.



Gambar 6. Grafik deformasi



Gambar 7. Grafik tegangan sisa

Tabel 1. Hasil deformasi dan tegangan sisa

Variasi Pengelasan	Deformasi (mm)	Tegangan Sisa (MPa)
Welding sequence	2,1169	192,27
WS TTT 100 °C 500 mm	1,4743	350,49
WS TTT 100 °C 1.000 mm	1,6892	351,74
WS TTT 200 °C 500 mm	0,6501	801,89
WS TTT 200 °C 1.000 mm	1,1415	806,45

Berdasarkan Tabel 1 dari urutan pengelasan yang telah disimulasikan dengan metode elemen hingga, didapatkan nilai deformasi terbesar pada *welding sequence* dengan nilai 2,1169 mm dan tegangan sisa dengan nilai 192,27 MPa. Lalu juga didapatkan hasil deformasi terkecil yang terjadi pada *welding*

sequence dengan penambahan TTT (*transient thermal tension*) 200 °C pada jarak 500 mm yang mendapatkan nilai sebesar 0,6501 dan tegangan sisa senilai 801,89 MPa. Nilai deformasi yang didapatkan akan semakin mengecil ketika variasi *welding sequence* ditambahkan dengan *line heating* berupa *transient thermal tension*. Penambahan *transient thermal tension* dapat memperbaiki deformasi yang terjadi. Hal ini dapat terjadi diakibatkan oleh adanya tegangan tarik baru yang bersumber dari masukan panas *transient thermal tension* yang berseberangan dari sumber pengelasan yang menyebabkan deformasi. Sehingga, dapat mengurangi inkonsistensi antara panas logam las satu dengan logam las lainnya kemudian meningkatkan beban tekuk kritis pada plat yang berguna untuk mengendalikan deformasi pengelasan [1].

Pada Tabel 4.3 juga menunjukkan hasil keterkaitan antara deformasi dan tegangan sisa. Dimana nilai deformasi semakin mengecil, maka nilai tegangan sisa yang dihasilkan semakin besar. Begitupun sebaliknya, jika nilai deformasi besar, maka nilai tegangan sisa yang dihasilkan semakin kecil. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Yustanto pada tahun 2020, yang menyebutkan jika nilai deformasi yang terjadi besar, maka nilai tegangan sisa yang terjadi semakin kecil dan semakin kecil nilai deformasi yang terjadi, maka semakin besar nilai tegangan sisa yang dihasilkan [4].

4. KESIMPULAN

Perlakuan *welding sequence* dengan penambahan *transient thermal tension* (TTT) dapat mempengaruhi nilai deformasi dan tegangan sisa. Selain itu, dari hasil simulasi menunjukkan hasil deformasi dan tegangan sisa yang terjadi yaitu berbanding terbalik. Hasil deformasi besar, akan menimbulkan tegangan sisa yang kecil dan juga sebaliknya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan tugas akhir ini, seperti orang tua, dosen pembimbing, pembimbing magang, PT. Asuka Engineering Indonesia, dan terkhusus juga untuk Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

7. PUSTAKA

- [1] Li, M., Ji, S., Yan, D., & Yang, Z. (2019). *Controlling Welding Residual Stress and Distortion by a Hybrid Technology of Transient Thermal Tensioning and Trailing*

Intensive Cooling. Science and Technology of Welding and Joining, 0(0), 1-11.
<https://doi.org/10.1080/13621718.2018.1564473>

- [2] Souto, J., Ares, E., & Alegre, P. (2015). *Procedure in reduction of distortion in welding process by high temperature thermal transient tensioning*. *Procedia Engineering*, 132,732-739.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.554>
- [3] Wiryosumarto, H. dan Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [4] Yustamto, Mochamad Alvin. (2020). *Analisis Perbandingan Jarak Stopper pada Sambungan Butt Joint Material SA-240 Grade 304 Terhadap Nilai Deformasi*.