

Analisis Pengaruh Kuat Arus dan Kecepatan Pengelasan Terhadap Distorsi Baja SS400 Menggunakan Las *Tungsten Inert Gas (TIG)*

Ario Sunar Baskoro¹, Usman Munandar¹

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Indonesia, Depok, Indonesia (16434)
Tel : (+62 21) 7270032 ext 203 Fax : (+62 21) 7270033

E-mail : ario@eng.ui.ac.id
usman.munandar@ui.ac.id

Abstrak

Pengelasan sambungan banyak digunakan pada industri berbahan baja termasuk kapal. Permasalahan utama untuk proses pengelasan tersebut adalah terjadinya distorsi dan tegangan sisa. Tegangan sisa dan distorsi adalah fenomena yang terjadi pada logam yang dilas, yang dapat menyebabkan kegagalan pada logam tersebut saat beroperasi. Proses pengelasan tipe butt joint dilakukan pada spesimen baja SS400 dengan ukuran panjang, lebar, dan tebal adalah 100 x 50 x 2 mm. Mesin las yang digunakan adalah mesin las Tungsten Inert Gas (TIG) otomatis di laboratorium Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia. Pada penelitian ini akan diuji hubungan antara parameter kuat arus dengan variasi 60, 70, 80 ampere dan kecepatan pengelasan dengan variasi 1,2; 1,4; 1,8 mm/s terhadap terciptanya distorsi setelah proses las. Kajian dititik beratkan pada perhitungan distorsi dan tegangan sisa dengan pengukuran distorsi menggunakan mesin Coordinate Measuring Machine (CMM) setelah material mengalami pendinginan menuju temperatur ruangan. Dari hasil uji coba di laboratorium diperoleh distorsi terbesar diperoleh pada variabel kuat arus terbesar dan kecepatan terkecil. Dari hasil analisa didapatkan bahwa besarnya tegangan sisa yang terbentuk berbanding lurus dengan besarnya distorsi yang tercipta.

Kata Kunci : Las TIG, Distorsi, Tegangan Sisa, Kuat Arus, Kecepatan Pengelasan

Pendahuluan

Proses pengelasan saat ini digunakan secara luas pada proses konstruksi perkapalan dikarenakan hasil yang diperoleh lebih baik daripada proses penyambungan lain dalam hal efektivitas penggerjaan, sifat mekanis, lokasi penggerjaan, dan lain-lain [1]. Pengelasan adalah proses penggabungan material yang meliputi keadaan peleburan material dengan cara memberikan panas sesuai temperatur leleh dari material dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa penggunaan material logam pengisi [2].

Pada pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)/ Tungsten Inert Gas (TIG), busur listrik yang tercipta terletak di antara elektroda tak habis pakai dan logam kerja. Elektroda terletak pada sumbu las yang juga tempat keluarnya gas pelindung. Gas pelindung membentuk karakteristik busur listrik menjadi plasma dan juga melindungi elektroda, ujung filler metal, dan kolam manik las dari kontaminasi udara dan debu. Ketika busur las dan kolam las telah terbentuk, sumbu las bergerak searah

sambungan dan melelehkan permukaan yang akan disambung [3].

Distorsi pada proses pengelasan terjadi karena adanya tegangan sisa yang terjebak di dalam logam ketika proses pengelasan telah dilakukan. Tegangan sisa adalah tegangan yang tetap hadir dalam suatu struktur akibat adanya perlakuan termal atau perlakuan mekanik atau keduanya. Efek utama dari tegangan sisa adalah distorsi dan kegagalan prematur dari daerah lasan. Tegangan yang ditimbulkan oleh regangan menghasilkan gaya internal yang menyebabkan pencuitan material sehingga terjadinya perubahan dimensi yang disebut distorsi.

Tegangan akibat pemanasan dideskripsikan dengan membagi daerah lasan menjadi beberapa buah potongan melintang sebagai berikut :

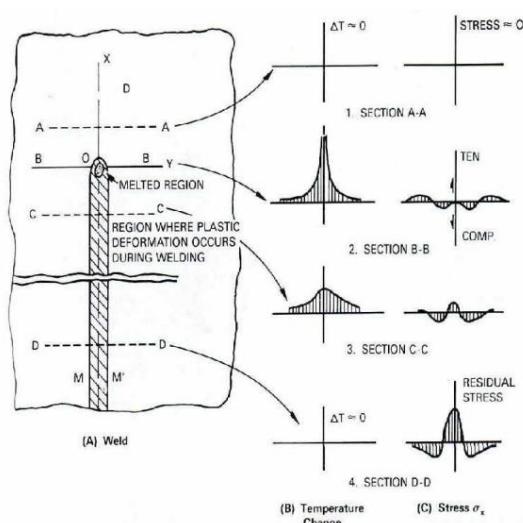
A – A : Daerah yang belum tersentuh panas

B – B : Daerah yang mencair tepat pada busur las

C – C : Daerah terjadinya deformasi plastis selama proses pengelasan

D – D : Daerah yang sudah mengalami pendinginan

Bila pengelasan berjalan dari potongan D – D ke potongan B – B maka akan terjadi distribusi panas sepanjang pengelasan. Sesaat pengelasan sampai di titik O maka setiap potongan pada alur pengelasan dapat dianalisa distribusi tegangannya. Besarnya tegangan yang terjadi karena adanya perubahan temperatur selama proses pengelasan ditunjukkan oleh gambar 1.1 berikut.



Gambar 1. Distribusi temperatur dan tegangan selama proses pengelasan [3]

Pada daerah A – A, dimana $\Delta T = 0$ maka di daerah ini tidak terjadi tegangan, sedangkan pada daerah B – B yaitu daerah yang mencair (terjadi suhu maksimum) tepat pada garis lasan akan terjadi tegangan tekan (compression) sedangkan di sisi kanan dan sisi kiri dari garis lasan akan terjadi tegangan tarik (tension). Pada daerah C – C, dimana suhu sudah mulai turun, pada daerah lasan akan terjadi tegangan tarik dan pada daerah sisi kanan dan kirinya akan terjadi tegangan tekan. Demikian pula pada daerah D – D yaitu pada daerah yang sudah terjadi pendinginan ($\Delta T = 0$) maka pada garis lasan akan terjadi tegangan tarik dan pada sisi kanan dan kiri dari garis akan mengalami tegangan tekan. Tegangan tarik yang terjadi pada daerah D – D sifatnya akan tetap tinggal pada daerah material tersebut dan lebih sering disebut tegangan sisa [3].

Tegangan sisa dapat dihitung melalui besarnya regangan sisa yang terjadi dengan menggunakan hukum Hooke. Sedangkan besarnya regangan sisa dapat diukur dari perubahan ukuran antara batang sebelum dilas, yaitu ukuran yang digambarkan pada bagian yang akan ditentukan tegangan sisanya dan ukuran

sebenarnya yang didapat setelah bagian yang akan diuji dilas. Dari hukum Hooke jelas bahwa perubahan ukuran ini disebabkan oleh adanya tegangan, karena itu besarnya tegangan dapat dihitung. Dalam hal tegangan satu arah dapat dihitung dengan persamaan (1), yaitu :

$$\sigma = E \frac{\Delta l}{l} \quad (1)$$

Di mana :

σ = tegangan sisa yang terjadi

E = Modulus elastis

l = panjang sebelum dilas

Δl = perubahan panjang sebelum dan sesudah dilas

Metode Penelitian

Pada penelitian ini spesimen yang diuji yaitu baja lunak SS400. Spesimen yang digunakan adalah plat datar ketebalan 2 mm dengan dimensi yaitu $p=100$ mm, $l=50$ mm, dan $t=2$ mm, dan jenis sambungan *butt joint*. Sambungan pengelasan pada penelitian ini mengacu pada aplikasi pengelasan di kapal yang dalam penyambungannya banyak menggunakan tipe *butt joint* untuk bagian lambung, geladak, dan dinding kapal. Berikut di bawah ini tercantum properti material dari baja SS400.

Tabel 1 Komposisi kimia dari baja SS 400 (% atom) [4]

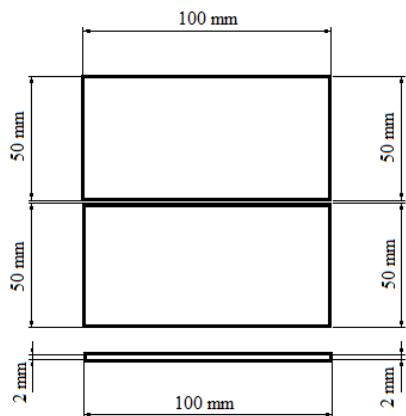
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Fe
0,20	0,09	0,53	0,01	0,04	0,03	0,03	99,3-100

Tabel 2 Properti mekanis baja SS 400 [4]

Density (kg/m ³)	Young's Modulus (GPa)	Tensile Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Melting Point
7860	190-210	400-510	205-245	1430°C

Penelitian ini menggunakan parameter kuat arus dan kecepatan pengelasan untuk menentukan besarnya pengaruh terhadap distorsi yang dihasilkan pada baja SS400. Variasi dari parameter kuat arus adalah 60, 70, 80 Ampere dan variasi dari kecepatan pengelasan adalah 1,2; 1,4; 1,8 mm/s. Untuk parameter lain, penelitian ini menggunakan elektroda tungsten 2% *thoriated*

dengan spesifikasi ANSI/AWS A5.12M-98, gas argon murni 99,9 %, dan tanpa filler atau autogeneous. Ukuran spesimen dari material yang dilas diilustrasikan pada gambar 2.



Gambar 2. Spesimen uji pada pengelasan TIG

Penelitian ini menggunakan 3 sampel pada setiap percobaan. Untuk setiap sampel menggunakan kuat arus dan kecepatan pengelasan yang berbeda. Jumlah total sampel yang digunakan berjumlah 27 sampel.

Data dan Analisis

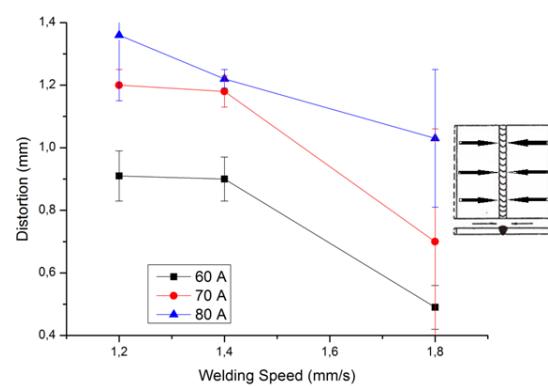
A. Distorsi Transversal

Tabel 3 menunjukkan data distorsi transversal dari pengukuran. Gambar 3 menunjukkan grafik pengaruh kecepatan terhadap distorsi angular transversal. Pada gambar 3 dapat terlihat bahwa grafik untuk arus pengelasan 60 A terjadi penurunan besarnya distorsi searah dengan naiknya nilai kecepatan pengelasan. Dan untuk arus pengelasan 80 A, mengalami penurunan berlawanan dengan naiknya kecepatan pengelasan. Dan untuk arus 70 A, untuk peningkatan kecepatan pengelasan dari 1,2 mm/s ke 1,8 mm/s juga mengalami peningkatan besarnya distorsi. Besarnya distorsi angular

transversal yang paling tinggi dialami pada kecepatan pengelasan 1,2 mm/s dan arus pengelasan 80 A dengan nilai distorsi 1,36 mm.

Tabel 3 Data Distorsi Transversal dari Pengukuran

No	Arus (A)	Kecepatan (mm/s)	Distorsi (mm)	Standar Deviasi (mm)
1	60	1,2	0,91	0,08
2	60	1,4	0,90	0,07
3	60	1,8	0,49	0,07
4	70	1,2	1,20	0,05
5	70	1,4	1,18	0,05
6	70	1,8	0,70	0,36
7	80	1,2	1,36	0,21
8	80	1,4	1,22	0,03
9	80	1,8	1,03	0,22



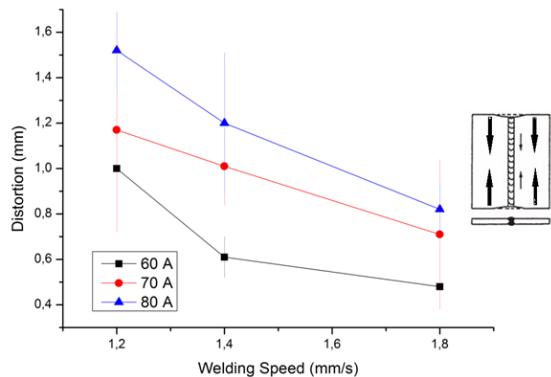
Gambar 3 Grafik pengaruh kecepatan terhadap distorsi angular transversal

B. Distorsi Longitudinal

Tabel 4 menunjukkan data distorsi longitudinal dari pengukuran. Dan Gambar 4 menunjukkan grafik pengaruh kecepatan pengelasan terhadap distorsi longitudinal. Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa pada arus 60 ampere, distorsi angular longitudinal pada kecepatan 1,2 mm/s hingga 1,8 mm/s mengalami penurunan. Begitu juga dengan arus 70 ampere dari kecepatan terlambat hingga tercepat mengalami penurunan. Sementara untuk arus 80 ampere, besarnya distorsi terletak di nilai yang terpaut 0,4 mm dari kedua variabel lainnya. Distorsi terbesar terjadi pada variabel arus 80 ampere dan kecepatan pengelasan 1,2 mm/s dengan nilai distorsi 1,52 mm.

Tabel 4 Data Distorsi Longitudinal dari Pengukuran

No	Arus (A)	Kecepatan (mm/s)	Distorsi (mm)	Standar Deviasi (mm)
1	60	1,2	1,00	0,08
2	60	1,4	0,61	0,09
3	60	1,8	0,48	0,07
4	70	1,2	1,17	0,45
5	70	1,4	1,01	0,17
6	70	1,8	0,71	0,33
7	80	1,2	1,52	0,17
8	80	1,4	1,20	0,31
9	80	1,8	0,82	0,12



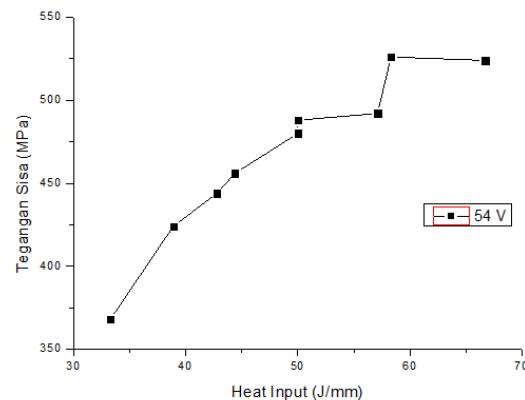
Gambar 4 Grafik pengaruh kecepatan pengelasan terhadap distorsi longitudinal

C. Tegangan Sisa

Dari data distorsi yang dihasilkan, akan dicari besarnya tegangan sisa yang terdapat pada sampel setelah dilas. Perhitungan besarnya tegangan sisa satu arah menggunakan rumus yang telah dibahas pada persamaan (1) dan akan digunakan sebagai pertimbangan analisis dalam penelitian ini. Tabel 5 di bawah adalah data mengenai tegangan sisa yang dihasilkan pada 9 sampel berdasarkan parameter uji kecepatan dan arus pengelasan.

Tabel 5 Tegangan Sisa pada Setiap Sampel

No	Arus (A)	Kecepatan (mm/s)	Heat Input (J/mm)	Tegangan Sisa σ (MPa)
1	60	1,2	50,0	480
2	60	1,4	42,8	444
3	60	1,8	33,3	368
4	70	1,2	58,3	516
5	70	1,4	50,0	488
6	70	1,8	38,9	424
7	80	1,2	66,7	524
8	80	1,4	57,1	492
9	80	1,8	44,4	456



Gambar 5 Tegangan sisa vs Heat input

Gambar 5 menunjukkan grafik tegangan sisa terhadap heat input. Pada gambar 5 dan tabel 5, dapat dilihat bahwa tegangan sisa yang paling besar dimiliki oleh sample dengan parameter 80 ampere dan kecepatan las 1,2 mm/s yaitu 524 MPa. Hal ini seperti yang telah diperkirakan sebelumnya bahwa material yang mengalami masukan panas yang paling tinggi akan mengalami distorsi yang paling besar pula. Sedangkan nilai tegangan sisa yang paling kecil adalah pada arus 60 ampere dan kecepatan pengelasan 1,8 mm/s.

D. Response Surface Methodology

Dengan Menggunakan perangkat lunak MATLAB dapat diperoleh model persamaan orde dua untuk penelitian ini.

Model regresi distorsi transversal

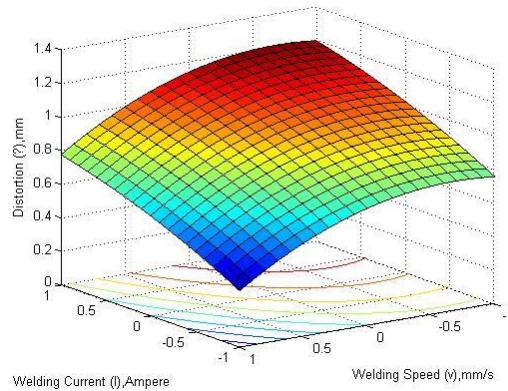
$$y_{dt} = 1,122 + 0,011A - 0,025B + 0,141A^2 - 0,0783B^2 - 0,087AB \quad (4)$$

Model regresi distorsi longitudinal

$$y_{dl} = 1,612 + 0,548A - 0,193B - 0,125A^2 - 0,57B^2 - 0,16AB \quad (4)$$

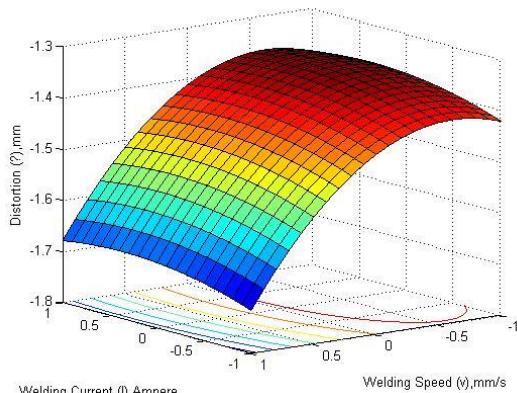
Dari model regresi yang diperoleh menunjukkan bahwa untuk distorsi transversal, arus pengelasan mempunyai pengaruh yang lebih besar terhadap distorsi, sedangkan pada distorsi longitudinal parameter kecepatan memiliki pengaruh yang lebih besar. Melalui nilai respon yang dimasukkan dari hasil pengukuran distorsi hasil lasan di laboratorium dan dihubungkan dengan parameter-parameter yang digunakan maka diperoleh grafik *response surface* yang menggambarkan hubungan antara dua buah

variabel independen terhadap satu variabel respon.



Gambar 6 Grafik pengaruh arus dan kecepatan terhadap distorsi transversal

Pada gambar 6 dapat dilihat perubahan distorsi transversal terhadap parameter arus dan kecepatan. Nilai distorsi terbesar terjadi pada saat nilai *welding current* 80 A dan kecepatan 1,2 mm/s. Sedangkan nilai distorsi terkecil terjadi pada saat *welding current* 60 A dan kecepatan 1,8 mm/s.



Gambar 7 Grafik pengaruh arus dan kecepatan terhadap distorsi longitudinal

Pada gambar 7 dapat dilihat perubahan distorsi longitudinal terhadap parameter arus dan kecepatan. Nilai distorsi terbesar terjadi pada saat nilai *welding current* 80 A dan kecepatan pengelasan 1,2 mm/s. sedangkan nilai distorsi terkecil terjadi pada saat *welding current* 60 A dan kecepatan pengelasan 1,8 mm/s.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan distorsi terbesar terjadi pada arus pengelasan 80 ampere dan kecepatan pengelasan 1,2 mm/s. pada parameter tersebut nilai distorsi angular transversal adalah 1,36 mm dan nilai

distorsi angular longitudinal adalah 1,52 mm. Pada parameter ini nilai tegangan sisa adalah yang terbesar yaitu 524 MPa. Arus dan kecepatan pengelasan yang digunakan pada proses pengelasan mempunyai pengaruh yang besar terhadap terjadinya distorsi. Pada distorsi angular transversal, parameter arus mempunyai pengaruh yang lebih besar, sementara pada distorsi angular longitudinal parameter kecepatan pengelasan mempunyai pengaruh yang lebih besar.

Daftar Pustaka

- [1] Wiryosumarto, H dan Okumura, T. (1996). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [2] American Welding Society, 1991. *Welding Handbook vol. I & II*. Miami.
- [3] Putra, Y. P., Pintowantoro, S., Sadino. 2012. *Analisa Tegangan Sisa dan Distorsi pada Pengelasan Fillet dengan Metode Elemen Hingga*. Fakultas Teknologi Industri, ITS, Surabaya.
- [4] American Welding Society, *Recommended Practices for Gas Tungsten Arc Welding*. 2003
- [5] Myoung Soo Han, B.S., M.S. 2002. *Fundamental Studies on Welding-Induced Distortion in Thin Plates*. The Ohio State University. Ohio.
- [6] Kanda Sakuma-Cho, Chiyoda-ku., 2010. *Welding and Joining Technology*, Tokyo 101-002, Japan Welding Society.
- [7] Donald, R. Askeland. *The Science And Engineering Of Material*. 1984.