

## Pengaruh Urutan Pengelasan Elektroda Ganda terhadap Distorsi pada Struktur Sambungan Las Logam Tak Sejenis Plat Tipis Berpenguat

Triyono, Heru Sukanto, Jaka Sulistya Budi

Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126, Telp. 0271-632163  
Email: triyonomesin@uns.ac.id

### Abstrak

Struktur plat tipis (*sheet*) yang diperkuat oleh plat yang lebih tebal (*frame*) banyak diaplikasikan pada bodi kendaraan karena mempunyai volume struktur yang rendah. Untuk penghematan biaya material, struktur ini menggunakan material berbeda dimana *sheet* yang berhubungan langsung dengan atmosfer menggunakan baja tahan karat, sedangkan *frame* menggunakan baja karbon karena posisinya terlindungi oleh *sheet*. Perbedaan sifat fisik, mekanik dan metalurgi material yang dilas menyebabkan pemanasan dan pemuaihan yang tidak seragam pada saat proses pengelasan sehingga terjadi distorsi (perubahan bentuk) pada permukaan *sheet*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan elektroda ganda dan urutan pengelasannya terhadap distorsi permukaan plat hasil pengelasan struktur logam tak sejenis plat tipis berpenguat. Material *frame* adalah baja karbon SS400 dengan tebal 3,2 mm sedangkan material *sheet* adalah baja tahan karat SUS304 dengan tebal 1,0 mm. Spesimen berukuran 350 mm x 410 mm disambung dengan las isi (*plug welding*) spasi 100 mm. Urutan pengelasan divariasi seri, paralel dan rotasi dengan variasi 1 dan 2 spasi serta dengan variasi waktu *interpass* 0 menit dan 5 menit. Distorsi diukur pada permukaan *sheet* dengan *meshing* 50 mm dan dinyatakan sebagai penyimpangan positif dan negatif terhadap bidang referensi. Permukaan *sheet* hasil pengelasan las elektroda ganda dengan pengelasan paralel 1 spasi *interpass* 0 menit lebih baik daripada permukaan hasil las dengan metode pengelasan yang lain. Distorsi maksimum hasil pengelasan dengan metode ini adalah 0 mm dan distorsi minimumnya -4,10 mm sehingga rentang distorsi adalah 4,1 mm. Permukaan plat tipis hasil pengelasan dengan metode elektroda ganda seri 1 spasi *interpass* 5 menit mempunyai karakteristik distorsi yang paling buruk dimana distorsi maksimum hasil pengelasan dengan metode ini adalah 3,95 mm dan distorsi minimumnya -4,39 mm sehingga rentang distorsi adalah 8,34 mm.

**Keywords:** distorsi, plat tipis, urutan pengelasan, elektroda ganda

### Pendahuluan

Hampir semua industri manufaktur melibatkan pekerjaan pengelasan. Dari sekian banyak industri manufaktur tersebut banyak pula yang produknya berbahan dasar plat tipis. Dalam pengelasan plat tipis hanya dibutuhkan arus 50 A dengan tegangan 38 volt. Padahal mesin las yang tersedia di pasaran rata-rata mempunyai kapasitas arus yang tinggi yaitu lebih besar dari 150 Ampere. Dengan demikian terlihat bahwa mesin las tidak digunakan secara optimal.

Pada setiap industri manufaktur menengah ke atas biasanya mempunyai jumlah mesin las lebih dari satu. Hal ini dikarenakan kapasitas produksi yang tinggi dan jumlah tenaga kerja yang banyak. Penggunaan mesin las dalam jumlah yang banyak akan terjadi akumulasi kerugian energi yang besar. Hal ini disebabkan setiap mesin las mempunyai kerugian energi, sehingga jika digunakan beberapa mesin las maka kerugian energi tersebut merupakan

penjumlahan masing-masing mesin las. Kerugian lain dengan penggunaan mesin las yang banyak adalah tingginya biaya investasi dan biaya pemeliharaan.

Diskripsi di atas menunjukkan bahwa merupakan hal yang sangat penting untuk merancang mesin las dengan elektroda lebih dari satu. Dengan mesin las tersebut, optimalisasi mesin las dapat dilakukan karena kemampuan mesin las termanfaatkan secara penuh. Jumlah mesin lasnya sedikit menyebabkan kerugian energi yang hilang juga sedikit, biaya pemeliharaannya juga dapat diminimalkan dan jika terjadi kerusakan biaya investasinya juga tidak terlalu besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh urutan pengelasan elektroda ganda terhadap distorsi hasil lasan.

Penggunaan elektroda lebih dari satu dapat meningkatkan *melting rate* dan efisiensi pengelasan dengan konsumsi energi yang sama untuk tiap elektroda. Elektroda ganda maupun elektroda tiga

yang disusun berjajar searah arah pengelasan menghasilkan pengelasan yang lebih baik dibandingkan dengan pengelasan elektroda tunggal *multipass*, dan pengelasan dengan elektroda ganda dan elektroda tiga menghasilkan sambungan dengan sifat mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan pengelasan elektroda tunggal (Bajcer *et al*, 2007). Selain itu susunan elektroda pada pengelasan elektroda ganda sangat mempengaruhi geometri hasil pengelasan dan efisiensi energi. Hasil geometri lasan terbaik diperoleh jika digunakan elektroda ganda dengan susunan transversal terhadap arah pengelasan, hasil asimetri diperoleh jika digunakan tripel elektroda yang disusun triangular dan penggunaan elektroda banyak menunjukkan efisiensi energi (Tusek, 2003).

Selain mempengaruhi sifat mekanik penggunaan elektroda ganda juga akan mempengaruhi distorsi hasil pengelasan. Okano *et al*. (2006) melakukan penelitian tentang distorsi angular pada *multi-heat-source welding* (pengelasan elektroda banyak). Distorsi angular pada pengelasan elektroda banyak dipengaruhi oleh parameter masukan panas, jarak antar elektroda, rasio masukan panas antara elektroda yang satu dengan elektroda yang lain dan kecepatan pengelasan. Pengelasan dengan elektroda ganda bisa dilakukan dengan elektroda yang sama atau dengan elektroda dari jenis las yang berbeda yang disebut las hibrid (Kelly *at al*, 2003). Pengelasan dengan menggunakan kombinasi las GMAW dengan las laser (*Laser Beam Welding/LBM*) yang disebut dengan HLAW (Hybrid Laser-Arc Welding) dapat digunakan untuk pengelasan dengan gap sangat kecil (0,065 inchi), dapat mereduksi heat input sebesar 50-90% dan mampu mereduksi distorsi 88% dibandingkan dengan las konvensional.

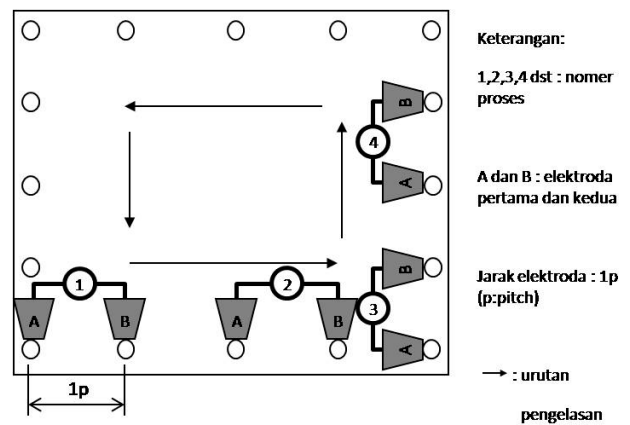
Peralatan pengelasan elektroda ganda/lebih juga berkembang cukup pesat. Clapp *at al*. (1946) mematenkan temuannya yang berupa *Multielektrode Welding Head* dalam United States Patent no. 2,401,722, tanggal 11 Juni 1946. Alat ini digunakan untuk pengelasan sambungan T, di mana 2 elektroda bersama-sama mengelas pada masing-masing sisi sambungan. Saenger *at al*. (1971) mematenkan temuannya yang berupa *dual electrode torch* untuk pengelasan manual dalam United States Patent no. 3,588,464, tanggal 28 Juni 1971. Breen (1982) membuat alat yang digunakan untuk menetralkan bidang magnet yang terjadi pada pengelasan multi elektroda jika dua elektroda saling berdekatan. Bidang magnet dapat mengakibatkan terjadinya percikan busur akibat gaya magnetik yang terjadi disekitar elektroda. Alat penetral bidang magnet ini dipatenkan dalam US patent nomor 4341944 tanggal 27 Juli 1982. Fumimaru *et al*. (1984) membuat kombinasi sudut untuk rangkaian 4 elektroda pengelasan busur redam (*Submerged Arc*

*Welding/SAW*). Pengaturan sudut ini dimaksudkan untuk menghilangkan gaya magnetik yang terjadi di sekitar elektroda. Prinsip ini dipatenkan dalam US patent nomor 4442340 tanggal 10 April 1984.

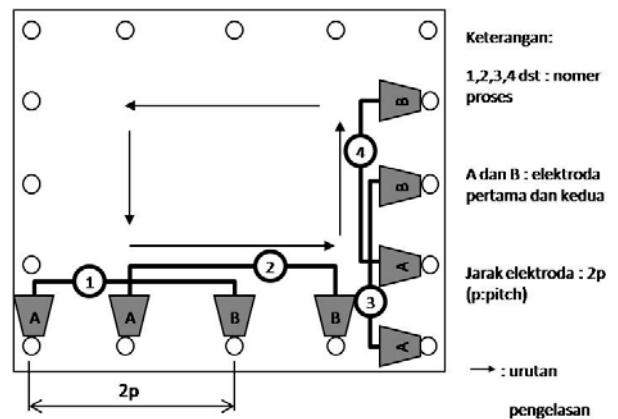
**Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan**

Untuk pengujian distorsi dalam penelitian ini disiapkan material baja karbon dengan tebal 3,2 mm dan baja tahan karat SU304 dengan tebal 1,0 mm. Ukuran specimen adalah sama dengan ukuran segmen bawah pintu kereta api yaitu 350 mm x 410 mm.

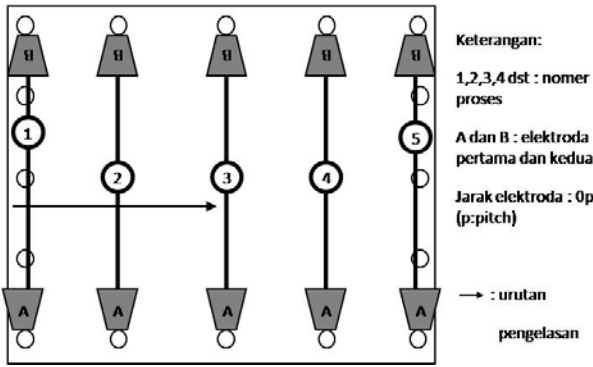
Parameter penelitian pengelasan elektroda ganda ini adalah model penempatan elektroda, jarak antar elektroda dan waktu *interpass*. Penjelasan parameter dan variasinya dapat dilihat pada gambar 1-5. Variasi waktu *interpass* adalah 0 menit dan 5 menit. Hasil lasan kemudian diukur distorsinya dengan proses pengukuran seperti terlihat pada gambar 6.



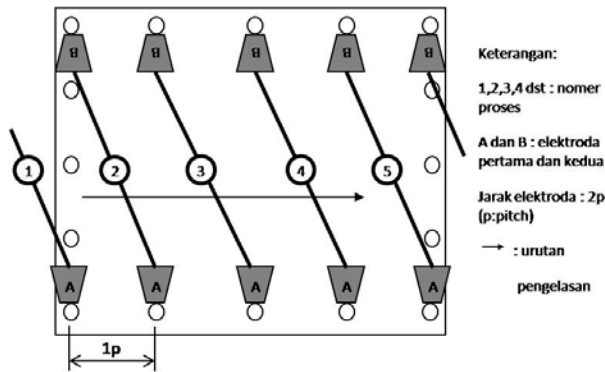
Gambar 1. Penempatan elektroda, urutan pengelasan dan jarak elektroda 1 pitch untuk model seri



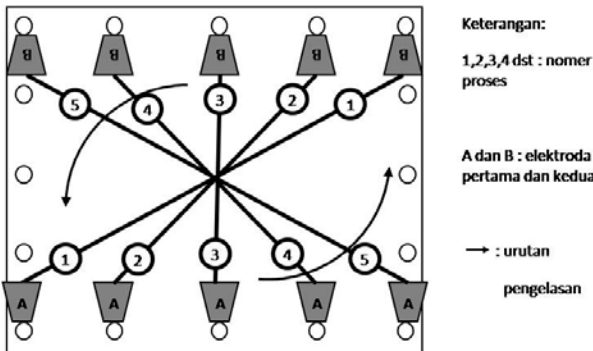
Gambar 2. Penempatan elektroda, urutan pengelasan dan jarak elektroda 2 pitch untuk model seri



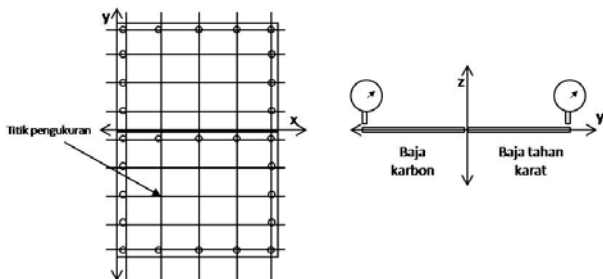
Gambar 3. Penempatan elektroda, urutan pengelasan dan jarak elektroda 0 pitch untuk model paralel



Gambar 4. Penempatan elektroda, urutan pengelasan dan jarak elektroda 1 pitch untuk model paralel



Gambar 5. Penempatan elektroda, urutan pengelasan untuk model lingkaran

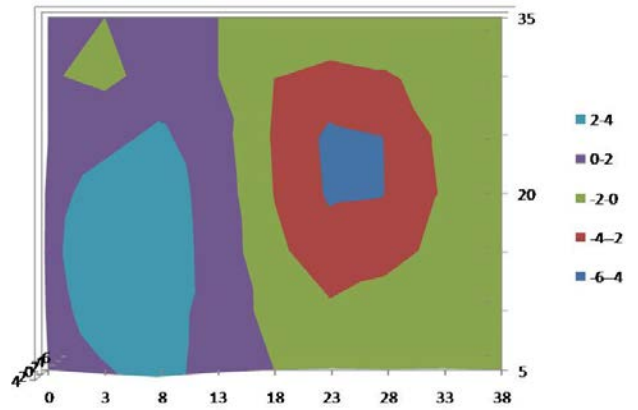


Gambar 6. Mesh pengukuran distorsi

**Hasil dan Pembahasan**

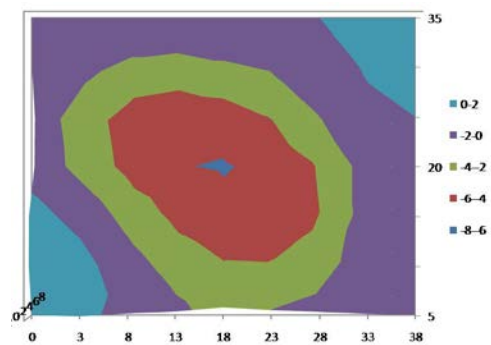
Hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk kontur permukaan. Gambar 7 memperlihatkan kontur

permukaan *sheeting* pintu kereta api yang dilas dengan mesin las konvensional dengan SOP PT. INKA. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa distorsi pada pengelasan konvensional ada yang positif dan ada yang negatif. Positif menunjukkan distorsi cembung dengan ketinggian lebih tinggi dari permukaan frame dan tanda negatif menunjukkan distorsi cekung dengan ketinggian lebih rendah dari permukaan frame. Untuk sambungan las *frame-sheeting* pintu kereta api yang dilas dengan mesin las hasil rekayasa menghasilkan distorsi dengan pola yang sama dengan las konvensional yaitu ada yang positif dan ada yang negatif. Nilai distorsi untuk masing-masing hasil pengelasan berbeda-beda seperti yang terlihat pada Gambar 7-12. Gambar (a) menunjukkan pengelasan dengan waktu interpass 0 menit sedangkan Gambar (b) menunjukkan pengelasan dengan waktu interpass 5 menit.

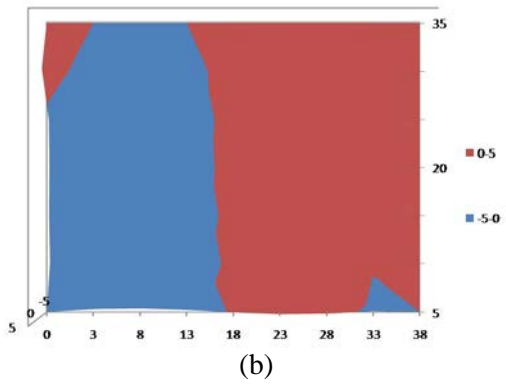


Gambar 7. Profil permukaan pintu kereta api dengan pengelasan konvensional

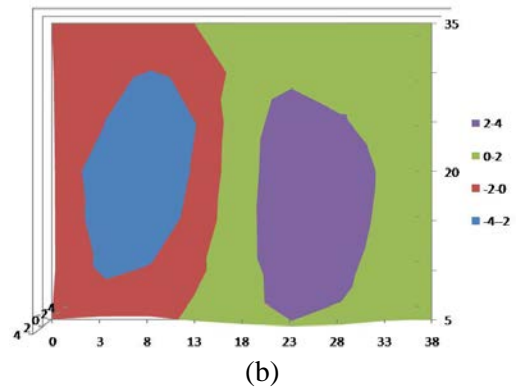
Gambar 7-12 membandingkan kontur permukaan *sheeting* hasil pengelasan las konvensional dan las elektroda ganda. Secara umum tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil las mesin konvensional dengan hasil las mesin rekayasa, baik untuk waktu interpass 0 maupun 5 menit. Gambar tersebut menunjukkan bahwa profil permukaan hasil pengelasan plat adalah kombinasi antara distorsi positif dan negatif.



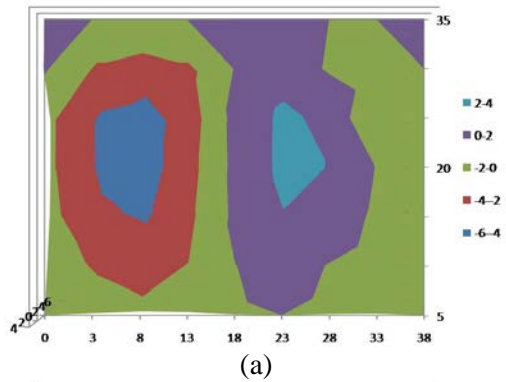
(a)



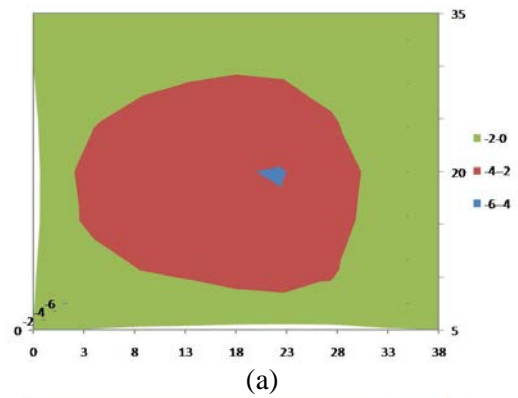
Gambar 8. Profil permukaan pintu kereta api dengan pengelasan dengan mesin las elektroda ganda seri 1P dengan interpass (a) 0 menit (b) 5 menit



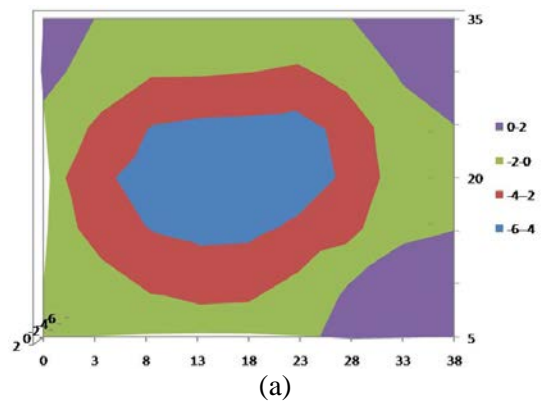
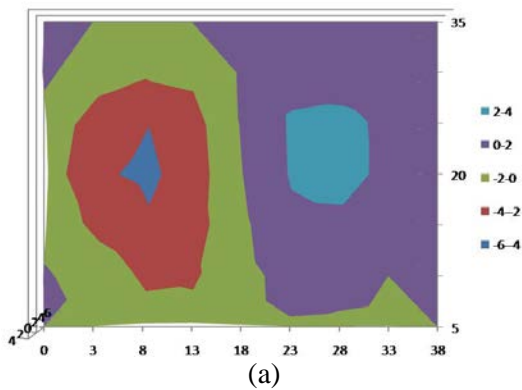
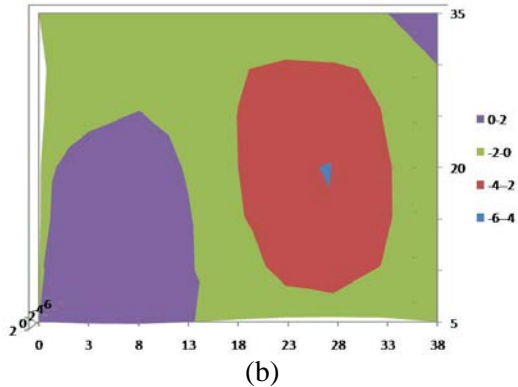
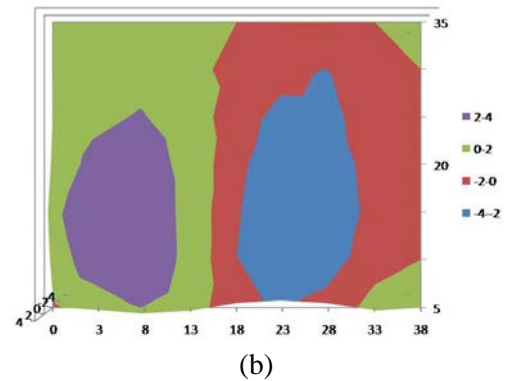
Gambar 10. Profil permukaan pintu kereta api dengan pengelasan dengan mesin las elektroda ganda parallel 0P dengan interpass (a) 0 menit (b) 5 menit

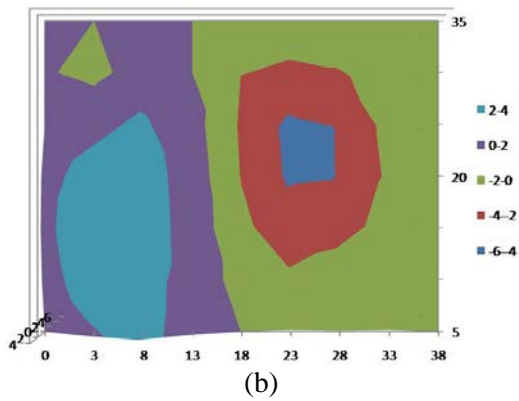


Gambar 9. Profil permukaan pintu kereta api dengan pengelasan dengan mesin las elektroda ganda seri 2P dengan interpass (a) 0 menit (b) 5 menit



Gambar 11. Profil permukaan pintu kereta api dengan pengelasan dengan mesin las elektroda ganda parallel 1P dengan interpass (a) 0 menit (b) 5 menit





Gambar 12. Profil permukaan pintu kereta api dengan pengelasan dengan mesin las elektroda ganda lingkaran dengan interpass (a) 0 menit (b) 5 menit

Tabel 1. Perbandingan nilai distorsi hasil pengelasan

No.	Variasi	Interpass time	Min	Max	Rentang
1.	Las konvensional	-	-2,45	4,68	7,13
2.	Elektroda ganda seri 1P	0	-6,15	0,80	6,95
3.		5 menit	-4,39	3,95	8,34
4.	Elektroda ganda seri 2P	0	-4,85	2,45	7,30
5.		5 menit	-4,00	3,55	7,55
6.	Elektroda ganda paralel 0P	0	-4,38	2,50	6,88
7.		5 menit	-3,82	3,31	7,13
8.	Elektroda ganda paralel 1P	0	-4,10	0	4,10
9.		5 menit	-4,08	1,36	5,44
10.	Elektroda ganda lingkaran	0	-5,50	0,60	6,10
11.		5 menit	-4,40	3,50	7,90

Untuk mempermudah perbandingan distorsi pada hasil pengelasan dengan berbagai variasi yang disebutkan di atas, data distorsi dinyatakan dalam maksimum dan minimum serta rentang nilai distorsi seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1. Perbandingan permukaan kontur hasil las pada tabel tersebut memperlihatkan bahwa permukaan hasil las dengan mesin las elektroda ganda dengan pengelasan paralel 1 spasi lebih baik daripada permukaan hasil las dengan metode pengelasan yang lain. Distorsi maksimum hasil pengelasan dengan metode ini adalah 0 mm dan distorsi minimumnya -4,10 mm sehingga rentang distorsi adalah 4,1 mm. Hasil pengelasan dengan metode elektroda ganda seri 1 spasi mempunyai karakteristik distorsi yang paling buruk dimana distorsi maksimum hasil pengelasan dengan metode ini adalah 3,95 mm dan distorsi minimumnya -4,39 mm sehingga rentang distorsi adalah 8,34 mm. Rata-rata distorsi pada sheeting pintu kereta api dalam riset ini adalah dalam rentang 6 mm. Nilai ini cukup besar dibandingkan dengan persyaratan harus dipenuhi oleh standar PT. INKA yaitu maksimum 1 mm dan minimum -1 mm.

**Kesimpulan**

Hasil pengukuran distorsi pada hasil pengelasan dengan variasi urutan pengelasan menunjukkan bahwa pengelasan dengan elektroda ganda dengan rangkaian las paralel 1 spasi menghasilkan karakteristik distorsi terbaik dibandingkan dengan pengelasan elektroda tunggal dan elektroda ganda dengan rangkaian lainnya.

**Ucapan Terima kasih**

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada DIKTI yang telah membiayai penelitian Hibah Bersaing ini dengan surat perjanjian pelaksanaan hibah penelitian DIPA Universitas Sebelas Maret Nomor Kontrak. 3829/H27/KU/2011, tanggal 2 Mei 2011.

**Referensi**

B. Bajcer, M. Hrzenjak, K. Pompe & B. Jez, 2007, *Improvement Of Energy And Materials Efficiencies By Introducing Multiple-Wire Welding*, METALURGIJA 46 : 1, p. 47-52, ISSN 0543-5846

Breen, 1982, *Reduction of arc blow in multi-electrode welding*, US Patent no. 4341944

E.A. Clapp, at al, (1946), *Multielectrode Welding Head*, US Patent no. 2401722

Fumimaru K, Atsushi S., & Tadamasu Y., 1984, *Four Electrode Submerged Arc Welding Process*, US patent no. 4442340.

J.F.Saenger, at al, (1971), *Dual Electrode Torch for Manual Welding*, US Patent no. 3588464.

Okano S., Mochizuki M. & Toyoda M., 2006, *Thermal Conductivity Theoretical Examination Concerning Characteristics of Welding Distortion Produced by Multiple Heat Sources : Studies on Welding Distortion Control by Temperature Distribution Control Using Multiple Heat Sources (Report 1)*, Quarterly Journal of The Japan Welding Society, Vol.24, No.4, pp. 324-330, ISSN:02884771

S.M. Kelly, R.P. Martukanitz, P. Michaleris, M. Bugarewicz, T.D. Huang, and L. Kvidahl, 2003, *Low Heat Input Welding for Thin Steel Fabrication*, Technical report of the Office of Naval Research and the U.S. Navy's Manufacturing Technology Program.

Tusek, J., 2003, *Bridging Of Welding Gaps In Welding With A Multiple-Wire Electrode*, METALURGIJA 42 : 1, p. 21-25