# ANALISA TEKNIK URUTAN PENGELASAN PADA PENGELASAN SMAW ALUR V DALAM UPAYA MEREDUKSI DISTORSI

**Oleh**
**Heri Wibowo dan Riswan Dwi Jatmiko**
**Staf Pengajar FT UNY**

***Abstract***

*Complicated distortion always happens in metal melting and freezing process on welding. Up to now, the common method to reduce distortion are: base metal preheating, heat input minimalization, welding process sequence, etc. the last has been used by welders, however the sequence of best effectivity and efficiency has not been yet studied.*
*This research aims to know effect of welding process sequence by studied 5 different welding route related to angle distortion ($\alpha$), bending distortion ($\theta$), cross distortion ($\Delta L$) and axial distortion ($\Delta P$). Welding process used shielded metal arc welding, base metal of ST 37 and electrode of E6013; 2.6 mm and 3.2 mm of diameter. Four kinds of test used angle gauge of 0.1° precision and caliper of 0.05 mm precision.*
*Based on the test, it could be known that the lowest angle distortion took place on 3 times route that was 3.07°, while the highest happened at 5 times route method that was 9.23°. the lowest bending distortion took place on 1 and 3 times route that ware 1.50 mm and 1.52, respectively, while the highest happened at 5 times route method that was 4.70 mm. Cross distortion and angle distortion tended to have lowest distortion at 3 times route, while axial distortion and bending distortion at 1 and 3 times routes. All that kinds of distortion had the lowest value at 3 times route which was the best welding route at sheet metal of 5 mm thickness.*

*Keywords: welding sequence, SMAW, distortion*

## PENDAHULUAN

Pada saat ini, penyambungan logam dengan sistem pengelasan semakin banyak digunakan, baik dipakai pada konstruksi bangunan maupun konstruksi mesin. Hal ini disebabkan oleh banyaknya keuntungan yang dapat diperoleh dari sambungan las antara lain beaya murah, pelaksanaan relatif lebih cepat, lebih ringan, dan bentuk konstruksi lebih variatif (Cary,1999). Namun demikian disamping keuntungan harus diakui bahwa sambungan las juga memiliki kelemahan, diantaranya adalah: turunnya kekuatan dan ketangguhan bahan akibat adanya tegangan sisa dan perubahan bentuk (distorsi) benda hasil lasan yang menyebabkan ketidak-akuratan dimensi.

Pengelasan dengan las busur jenis elektroda terbungkus atau SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan jenis las busur yang banyak dipakai pada sambungan struktur. Proses pengelasan dihasilkan dari busur listrik antara ujung elektroda dengan logam las. Elektroda yang digunakan terdiri dari kawat logam sebagai penghantar arus listrik ke busur dan sekaligus sebagai bahan pengisi (*filler*). Kawat ini dibungkus dengan bahan fluks. Biasanya pengelasan memakai energi listrik dengan potensial yang rendah (10–50 V) dan arus listrik yang tinggi (10–

500 A). Selama pengelasan, fluks mencair dan membentuk terak (*slag*) yang berfungsi sebagai lapisan pelindung logam las terhadap udara sekitarnya. Fluks juga menghasilkan gas yang bisa melindungi butiran-butiran logam cair yang berasal dari ujung elektroda yang mencair dan jatuh ketempat sambungan (Wiryosumarto, 2000).

Perubahan dimensi (distorsi) pada struktur las bisa terjadi karena tegangan thermal pada saat proses pengelasan. Empat jenis perubahan dimensi setelah proses pengelasan adalah: a) penyusutan tegak lurus garis las (*transverse shrinkage*), b) penyusutan searah dengan garis las (*longitudinal shrinkage*), c) perubahan sudut berupa rotasi terhadap garis las (*anguler distortion*), d) perubahan bentuk puntir berupa rotasi terhadap sumbu melintang. Besarnya distorsi dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain tebal plat (h), kecepatan pengelasan (v)dan besarnya arus (I). Penyusutan ke arah memanjang sangat kecil dibandingkan dengan penyusutan terhadap arah melintang. Hal ini disebabkan oleh adanya perlawanan dari logam induk (Cary, 1998).

Adanya proses pencairan logam, pembekuan, pengembangan termal, penyusutan karena proses pengelasan selalu terjadi perubahan bentuk (distorsi) yang sangat rumit. Hal ini mengundang para peneliti untuk ikut memecahkan persoalan distorsi. Walaupun sudah banyak diteliti dan dicari solusinya, sampai saat ini metode yang dipakai kurang efisien dan belum mereduksi distorsi secara signifikan sehingga tingkat presisi hasil las masih rendah. Metode yang dimaksud untuk mengurangi distorsi antara lain pemanasan awal benda kerja, minimalisir *heat input* pengelasan, urutan prosedur pengelasan, dan lain-lain. Urutan prosedur pengelasan sudah banyak dipakai oleh para *welder*, namun belum diteliti berapa tingkat efektifitas urutan prosedur pengelasan dalam menaggulangi tingkat distorsi.

Faktor yang mempengaruhi adanya perubahan bentuk (deformasi) pada hasil las dapat dibagi dalam 2 kelompok. Kelompok pertama erat hubungannya dengan masukan panas pengelasan yang dipengaruhi antara lain oleh tegangan las, arus las, kecepatan ukuran dan jenis elektroda, cara pengelasan, suhu pemanasan mula, tebal plat, geometri sambungan dan jumlah lapisan dari lasan. Sedang kelompok kedua disebabkan oleh penahan atau penghalang pada sambungan las. Cakupan kelompok ini antara lain: bentuk, ukuran, serta susunan batang-batang penahan dan urutan pengelasn (Wiryosumarto, 2000)

Melihat bahwa distorsi pada pengelasan merupakan persoalan penting yang perlu segera di pecahkan, maka pada

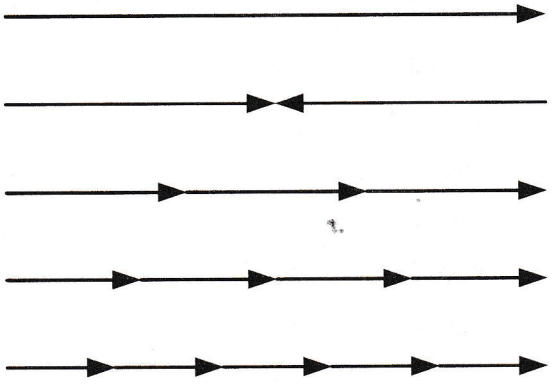
penelitian ini merupakan langkah awal yang difokuskan untuk mengetahui pengaruh teknik urutan pengelasan (dikenal dengan *Squence*) terhadap distorsi pada plat baja dengan ketebalan tertentu. Penelitian ini merupakan penelitian awal, dimana hasil penelitian ini akan dijadikan acuan untuk menentukan metode/prosedur pengelasan yang tepat sehingga dapat menjadi solusi dapat mengatasi permasalahan distorsi.

Adapun tujuan penelitian yang diharapkan adalah: a) untuk mengetahui tingkat efektifitas teknik urutan pengelasan pada alur V terhadap distorsi sudut, distorsi melintang, distorsi membujur dan distorsi puntir hasil pengelasan, b) untuk mengetahui urutan pengelasan yang mempunyai tingkat distorsi terkecil.

## METODE PENELITIAN

Sebelum dilakukan proses pengelasan, benda kerja dipotong miring pada ujungnya untuk membentuk alur V sebesar $30^0$ dan root pass 2 mm (sesuai standar alur V). Benda kerja diletakkan pada tempat yang benar-benar datar dan dilas 1 titik pada ujung-ujungnya. Panjang penampang melintang dan sudut diukur untuk menentukan panjang awal dan sudut awal. Langkah selanjutnya adalah proses pengelasan dengan memanfaatkan teknik urutan pengelasan. Ada 5 teknik yang akan diterapkan pada penelitian ini, yaitu:

1. Teknik 1 kali jalur:
2. Teknik 2 kali jalur:
3. Teknik 3 kali jalur:
4. Teknik 4 kali jalur:
5. Teknik 5 kali jalur:



Jenis mesin las yang dipakai pada penelitian ini adalah Las SMAW (las elektroda terbungkus) dengan parameter pengelasan sebagai berikut:

Jenis plat dan tebal: Baja karbon ST 37 dengan tebal 5 mm

Jenis pengelasan: SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Jenis elektroda: E 6013

Diameter elektroda: 2,6 mm untuk root pass dan 3,2 mm untuk filler pass

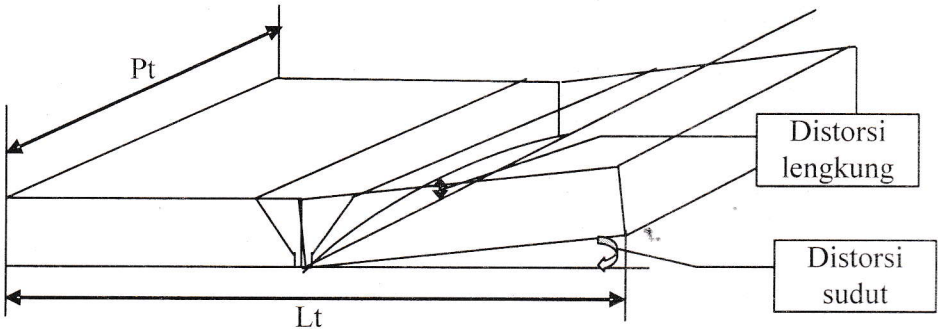
Voltase pengelasan (V): 38 volt AC

Arus pengelasan (I): 110 A

Kecepatan pengelasan: direncanakan 2,75 mm/ detik (kecepatan konstan)

Pengujian distorsi meliputi 4 pengujian yang dilakukan setelah proses pengelasan dengan teknik urutan yang berbeda dilakukan. Benda hasil pengelasan tersebut kemudian diuji meliputi: distorsi sudut ($\alpha$), distorsi melintang($\Delta L$), distorsi membujur ($\Delta P$) dan distorsi puntir($\theta$). Keempat jenis pengujian menggunakan 2 peralatan utama yaitu busur sudut dengan ketelitian $0,1^0$ dan jangka sorong dengan ketelitian 0,05 mm.

Pengujian distorsi sudut dan distorsi puntir dilakukan dengan alat busur sudut yang diukurkan pada benda setelah terjadi pengelasan. Distorsi melintang dan membujur diukur dengan alat jangka sorong pada bagian melintang las setelah proses pengelasan. Metode pengukuran benda ditunjukkan pada gambar 1. Pengumpulan data diambil dari spesimen yang telah dilakukan pengelasan, dengan rancangan spesimen ditunjukkan pada tabel 1. Pengolahan data dilakukan dengan metode sesuai pengujian yang dilakukan pada 4 jenis pengujian yang kemudian ditentukan tingkat distorsi yang paling minimal. Prosedur penelitian keseluruhan dapat dilihat dalam diagram alur penelitian pada gambar 2.

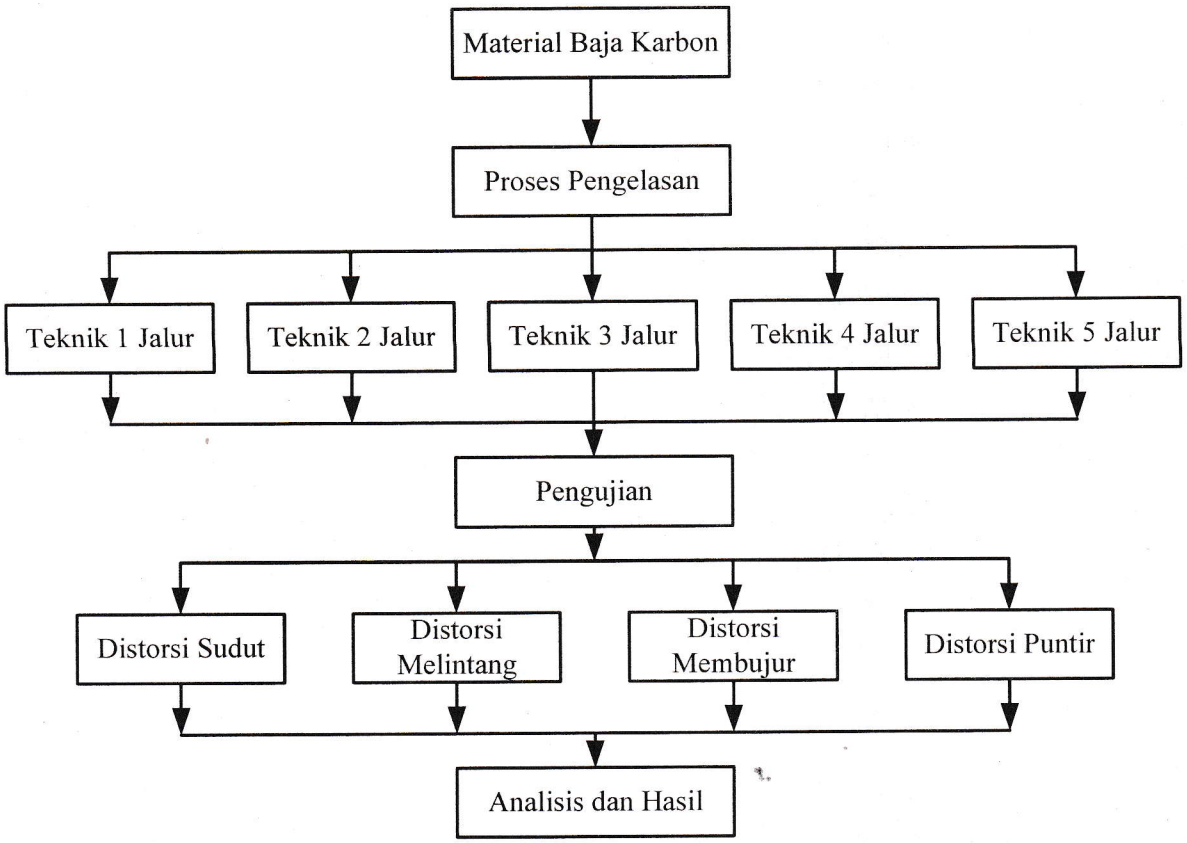



Distorsi melintang = Lt – Lo
Distorsi membujur = Pt - Po

Gambar 1. Benda hasil las dan metode pengukuran distorsi.

Tabel 1. Rancangan eksperimen

| **Teknik urutan Pengelasan** | **Pengujian/ Pengukuran** | | | | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|
| | Distorsi Sudut | Distorsi Puntir | Distorsi melintang | Distorsi Membujur | |
| 1 Jalur | 3 x | 3 x | 3 x | 3 x | 3 spesimen |
| 2 Jalur | 3 x | 3 x | 3 x | 3 x | 3 spesimen |
| 3 Jalur | 3 x | 3 x | 3 x | 3 x | 3 spesimen |
| 4 Jalur | 3 x | 3 x | 3 x | 3 x | 3 spesimen |
| 5 Jalur | 3 x | 3 x | 3 x | 3 x | 3 spesimen |




Gambar 2. Diagram alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dua buah plat baja dengan tebal 5 mm dengan panjang 300 mm dan lebar 100 mm dilas pada sisi panjang (arus 90 A dan kecepatan 2,8 mm/s) dengan menerapkan teknik jalur pengelasan. Pada penelitian ini menggunakan 5 jenis teknik jalur las sebagai variabel penelitian. Hasil pengukuran distorsi sudut (satuan derajat), distorsi melintang, distorsi membujur dan distorsi lengkung (satuan mm) pada 5 teknik jalur sambungan plat baja dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian dan komparasi hasil pengukuran distorsi.

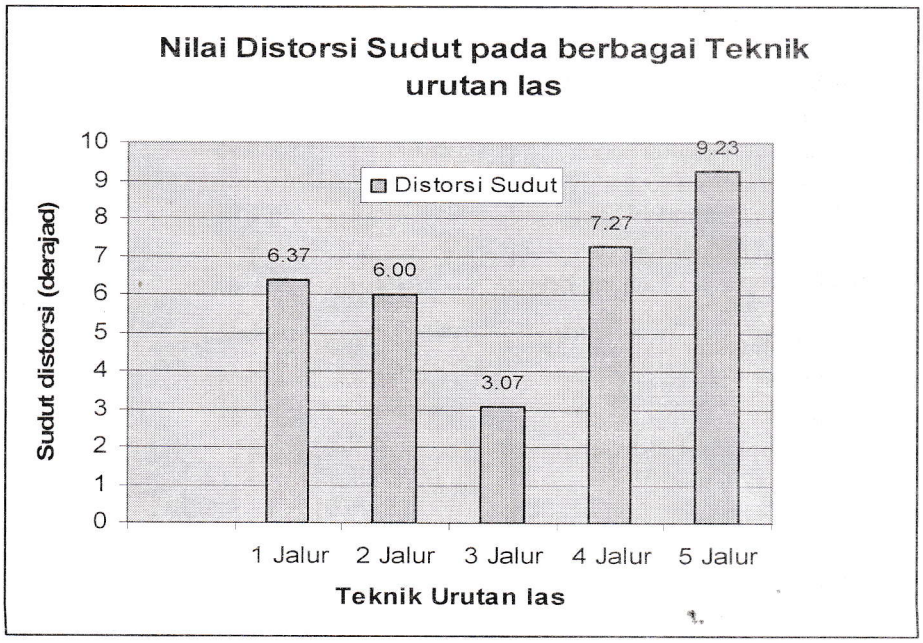
| Teknik urutan Pengelasan | Prosedur Las | Hasil Pengukuran | | | | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (α) | (θ) | (ΔL) | (ΔP) | |
| 1 Jalur | • Dibuat alur V kedua benda<br>• Setting jarak root sesuai diameter elektroda (2,6 mm)<br>• Dilakukan pengelasan dari ujung benda ke ujung lain tanpa berhenti<br>• Dilakukan 3 layer sampai kampuh tertutupi | 6,37 | 1,50 | 0,60 | 0,53 | Distorsi lengkung paling rendah |
| 2 Jalur | • Dibuat alur V kedua benda<br>• Setting jarak root sesuai diameter elektroda (2,6 mm)<br>• Dilakukan pengelasan dari ujung benda sampai tengah, dilanjut dari ujung lain sampai tengah lagi<br>• Dilakukan 3 layer | 6,00 | 3,40 | 0,67 | 1,07 | |
| 3 Jalur | • Dibuat alur V kedua benda<br>• Setting jarak root sesuai diameter elektroda (2,6 mm)<br>• Dilakukan pengelasan dari ujung benda sampai 1/3 panjang benda, lanjutkan dari 2/3 sampai ujung lain, dan terakhir sisanya.<br>• Dilakukan 3 layer | 3,07 | 1,52 | 0,30 | 0,51 | Distorsi sudut, lengkung, melintang,membujur paling minimal (merupakan teknik jalur las terbaik) |
| 4 Jalur | • Dibuat alur V kedua benda<br>• Setting jarak root sesuai diameter elektroda (2,6 mm)<br>• Dilakukan pengelasan dari ujung benda sampai 1/4 panjang benda, lanjutkan dari 2/4 sampai 3/4 , dari 1/4 sampai 2/4 dan terakhir sisanya<br>• Dilakukan 3 layer | 7,27 | 2,03 | 0,63 | 0,72 | |
| 5 Jalur | • Dibuat alur V kedua benda<br>• Setting jarak root sesuai diameter elektroda (2,6 mm)<br>• Dilakukan pengelasan dari ujung benda sampai 1/5 panjang benda, dari 4/5 sampai ujung, lanjutkan dari 2/5 sampai 3/5 , 1/5 sampai 2/5 dan terakhir sisanya.<br>• Dilakukan 3 layer | 9,23 | 4,70 | 0,83 | 1,65 | |

**1. Hasil Pengujian Distorsi Sudut**

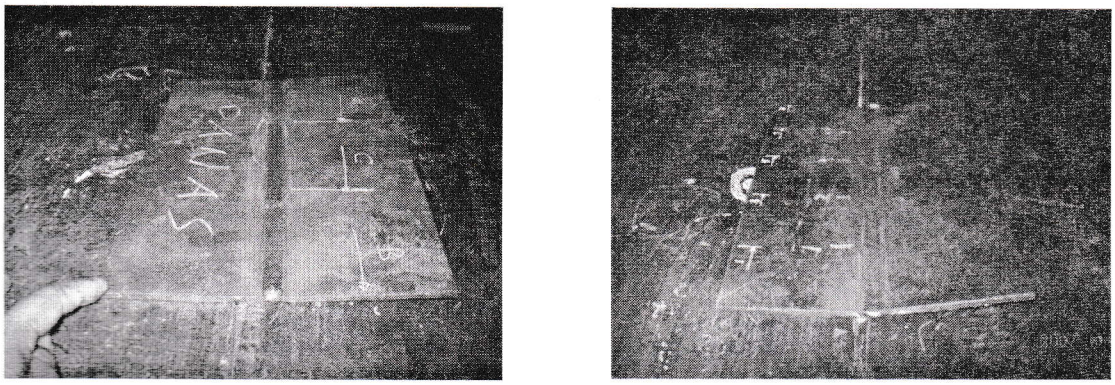
Dari data tabel 2 tentang distorsi sudut (pengelasan arus 90 A dan kecepatan las konstan) pada berbagai teknik urutan pengelasan terlihat bahwa dengan panjang 300 mm dan lebar 200 mm dengan bentuk kampuh V

multilayer memiliki kecenderungan untuk membentuk distorsi sudut, dengan sudut distorsi terkecil $3,07^0$ yaitu pada teknik 3 kali jalur dan sudut distorsi terbesar yaitu $9,23^0$ yaitu pada teknik 5 kali jalur. Gambar 3 memperlihatkan bahwa distorsi terkecil pada teknik 3 kali jalur las, bukan yang 5 kali jalur las. Hal ini disebabkan karena distorsi sudut sudah tertahan oleh jalur pertama dan kedua (panjang jalur las 100 mm) sehingga jalur ketiga tidak begitu mempengaruhi distorsi sudut.

Hasil penelitian gambar 4, bila panjang daerah yang mengalami pengelasan adalah 300 mm dengan lebar plat setelah pengelasan adalah 20 mm, maka panjang jalur las yang memiliki distorsi sudut terendah adalah 300: 3 jalur yaitu 100 mm tiap jalur las, atau dikatakan perbandingan panjang teknik jalur las: panjang las adalah 1/3.




Gambar 3. Distorsi sudut yang terjadi pada berbagai teknik urutan las.

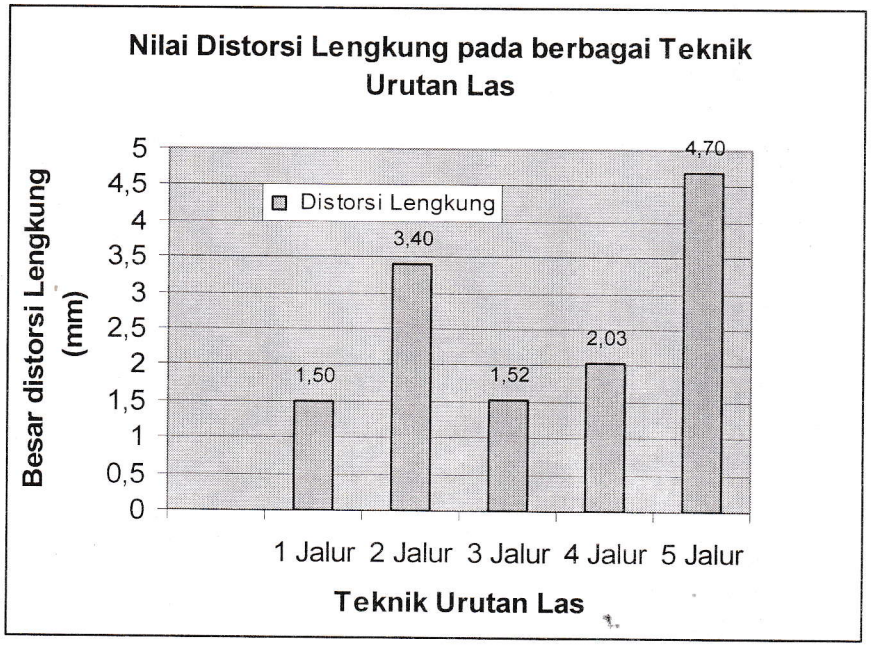


A) pada teknik 3 kali jalur B) pada teknik 5 kali jalur urutan pengelasan.

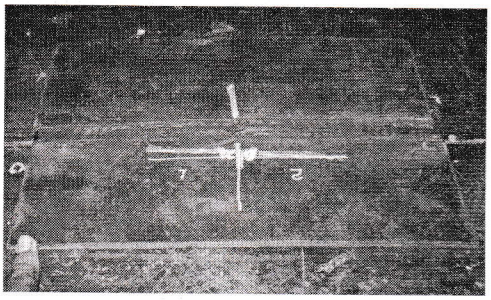
Gambar 4. Foto Distorsi sudut yang terjadi: A) pada teknik 3 kali jalur, B) pada teknik 5 kali jalur urutan pengelasan

**2. Hasil Pengujian Distorsi Puntir/ Lengkung**

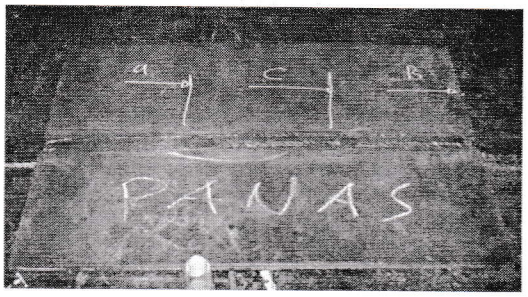
Dari data tabel 2 tentang distorsi lengkung pada berbagai teknik urutan las terlihat bahwa distorsi lengkung terkecil terjadi pada teknik 1 jalur las dan 3 jalur las masing masing sebesar 1,50 mm dan 1,52 mm. Sedangkan distorsi lengkung terbesar terlihat pada teknik 5 jalur las. Hal ini disebabkan karena distorsi lengkung sangat rentan terhadap heat input saat pengelasan. *Heat input* pada teknik 1 jalur las lebih kecil dari teknik yang lain karena pengelasan yang *continue*, tanpa ada jeda berhenti. Terlihat pada gambar 5, jalur 3 kali las distorsi lengkung berkurang, namun pada jalur 4 kali las dan jalur 5 kali las distorsi lengkung cukup melonjak. Penyebab lain sehingga distorsi lengkung cukup besar adalah plat yang digunakan bisa dikatakan tipis (5 mm).




Gambar 5. Distorsi lengkung yang terjadi pada berbagai teknik urutan las



A) teknik 2 jalur

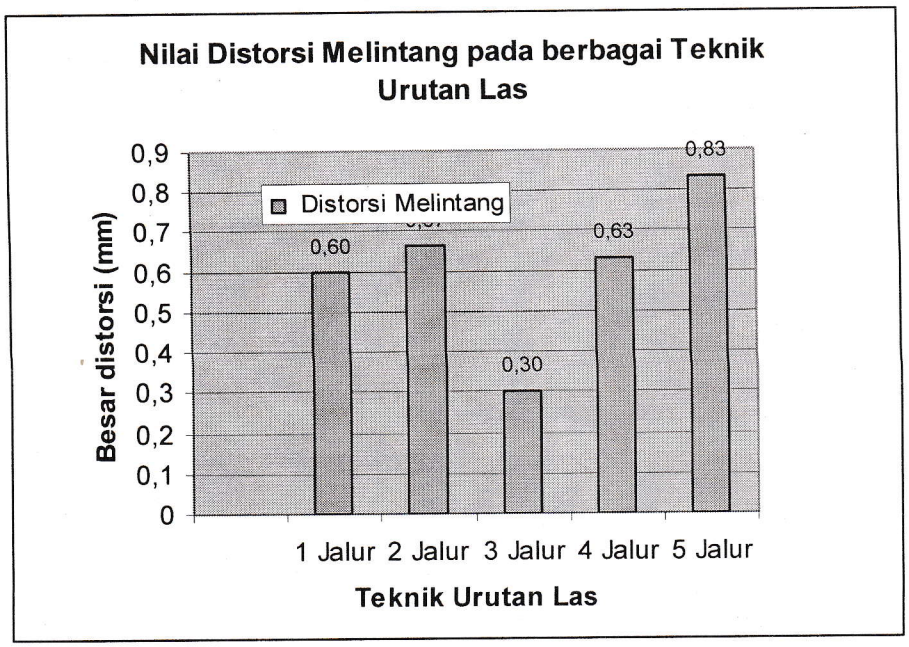



B) teknik 3 jalur urutan las

Gambar 6. Foto Distorsi lengkung pada: A) teknik 2 jalur, B) teknik 3 jalur urutan las

### 3. Hasil Pengujian Distorsi Melintang

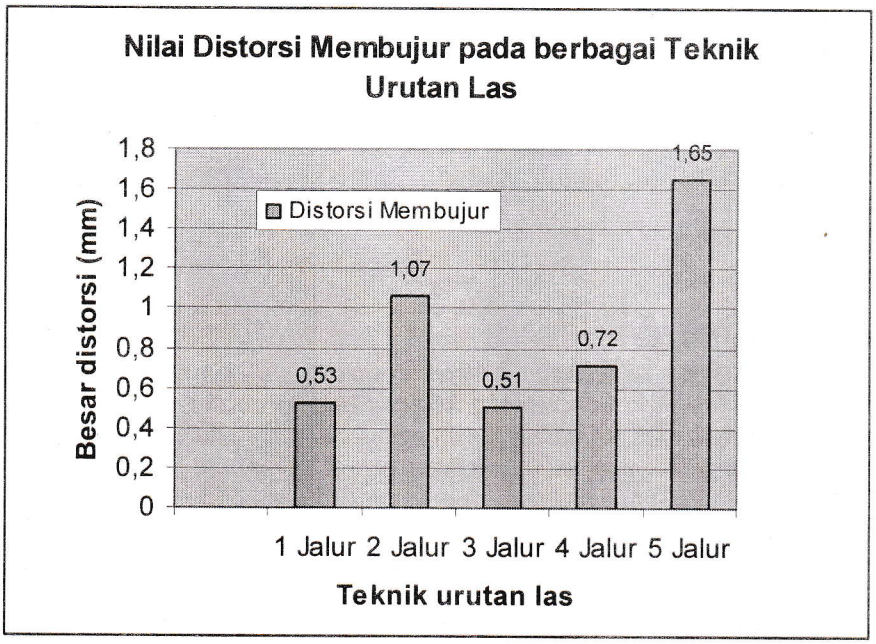
Dari gambar 7, distorsi melintang terendah cenderung pada teknik 3 kali jalur. Hal ini menguatkan bahwa distorsi melintang memiliki kecenderungan yang hampir sama dengan distorsi sudut. Distorsi melintang ini menjadi paling kecil pada teknik 3 jalur las karena pengukuran distorsi ini sangat bergantung pada distorsi sudut, semakin besar distorsi sudut, semakin besar pula distorsi melintang yang dihasilkan. Penyebab distorsi ini adalah perubahan sudut yang menyebabkan panjang melintang benda berkurang, serta penyusutan karena pendinginan logam filler las.




Gambar 7. Distorsi melintang yang terjadi pada berbagai teknik urutan las

### 4. Hasil Pengujian Distorsi Membujur

Dari gambar 8, distorsi membujur terendah juga terjadi pada teknik 3 kali jalur. Kecenderungan distorsi membujur sama dengan distorsi lengkung, dimana perubahan distorsi lengkung menyebabkan perubahan panjang memanjang (membujur) dari benda benda berkurang. Penyebab utama distorsi membujur ini sama dengan penyebab distorsi lengkung, yaitu besar heat input saat pengelasan.




Gambar 8. Distorsi membujur yang terjadi pada berbagai teknik urutan las

## KESIMPULAN

1. Distorsi sudut terkecil terjadi pada teknik 3 kali jalur yaitu 3,07° dan sudut distorsi terbesar pada teknik 5 kali jalur yaitu 9,23°.
2. Distorsi lengkung terkecil terjadi pada teknik 1 jalur yaitu 1,50 mm dan teknik 3 jalur yaitu 1,52 mm. Sedang sudut distorsi lengkung terbesar pada teknik 5 jalur yaitu 4,70 mm.
3. Distorsi melintang memiliki kecenderungan yang hampir sama dengan distorsi sudut yaitu distorsi terendah pada teknik 3 kali jalur las.
4. Distorsi membujur cenderung sama dengan distorsi lengkung, terendah terjadi pada teknik 1 jalur las dan 3 jalur las.
5. Distorsi sudut, lengkung, melintang, membujur paling minimal terjadi pada teknik 3 kali jalur las dan merupakan teknik jalur las terbaik pada pengelasan plat tebal 5 mm.

## DAFTAR PUSTAKA

Cary, H.B,. 1998, *Modern Welding Technology*, 4th edition, Prentice Hall, New Jersey USA.

Easterling, Kenneth, 1983, *Intoduction to the physical Metalurgi of Welding*, Butterwoeths & Co.

Honeycombe,R.W.K., dan Badhesia, H.K.D.N., 1995, *Steel Microstructure and Properties*, Edward Arnold, London.

Kou, S., 1987, *welding metallurgy*, John Wiley & Sons, Singapore.

Messler, R.W., 1999, *Principle of Welding*, John Wiley & Sons Inc, New York, USA.

Wiryosumarto, H., Okumura, T., 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya Paramita, Jakarta.