

ANALISA PENGARUH VARIASI ARUS DAN BENTUK KAMPUH PADA PENGELASAN SMAW TERHADAP DISTORSI SUDUT DAN KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN BUTT-JOIN BAJA AISI 4140

Saiful Huda¹, Joko Waluyo² dan Teguh Fintoro³,
Staf Pengajar Teknik Mesin¹, Staf Pengajar Teknik Mesin², Mahasiswa³
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Sains dan Teknologi Akprind,
Jl Kalisahak 28 Kompleks Balapan-Tromol Pos 45
Telp (0274) 563029, Fax (0274) 563847 Yogyakarta 552222

ABSTRAC

The purpose of the study was to determine the effect of variations of current (100 , 110 and 120 A) and form groove (V , U , and X) of the tensile strength , microstructure , and distortion , in low alloy carbon steel (AISI 4140) SMAW welding .

SMAW welding is done using E6013 electrodes which have a diameter of 3.2 mm and the specimen thickness of 8 mm . Further testing which includes tensile test using specimens prepared according to standard JIS Z 2201 (1968) , hardness test , microstructure test , and distortion test , for each grooves form (V , U , and X)

Based on the test results obtained the highest value of tensile strength in AISI 4140 steel welding is welds on the groove U of 35.9 kg/mm² at 120 A current variation , 35.2 kg/mm² at 110 A current variation and 32.8 kg / mm² on the variation of the current 100 A. While the lowest tensile strength values is the type of groove X is equal to 30.8 kg/mm² on the variation of the current 100 A , 30.9 kg/mm² and 31.7 kg/mm² at 110 A. The Distortion values occurred at the groove type V is 5.3 ° at 120 A current variation , and distortion 4.6 ° and 3.8 ° at the current 110 A and 120 A each. The current variation While the smallest distortion value occurs in groove X is 1.6 ° in the variation of the current 100 A , 120 A variation of 1.83 to 2.5 ° and the variation of the current 110 A. Large heat input welding distortion effect on a large corner angle distortion occurs where large variations in flow occurred at 120 A with a heat input of 7.92 Kj / mm followed by a variation of the current value of 110 A with a heat input of 7.26 Kj / mm and the smallest angle distortion occurs at 100 A current variation with large values of heat input (6.6 Kj / mm) .

Keywords : SMAW welding groove shape , electrode E 6013 , Distortion .

INTISARI

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh variasi arus (100, 110 dan 120 A) dan bentuk kampuh (V, U, dan X.) terhadap kekuatan tarik, struktur mikro, dan distorsi pada pengelasan SMAW baja karbon paduan rendah AISI 4140.

Pengelasan dilakukan dengan metode SMAW dan menggunakan elektroda E6013 yang memiliki diameter 3,2 mm serta benda uji memiliki ketebalan 8 mm. Selanjutnya dilakukan pengujian yang meliputi uji tarik menggunakan spesimen yang dibuat menurut standar JIS Z 2201 (1968), uji kekerasan, uji struktur mikro serta uji distorsi untuk masing-masing bentuk kampuh (V, U, dan X)

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh Nilai kekuatan tarik yang tertinggi pada pengelasan baja AISI 4140 ini adalah hasil pengelasan pada kampuh U sebesar 35,9 kg/mm² pada variasi Arus 120 A, 35,2 kg/mm² pada variasi arus 110 A dan 32,8 kg/mm² pada variasi arus 100 A. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah adalah pada jenis kampuh X pada yaitu sebesar 30,8 kg/mm² pada variasi arus 100 A, 30,9 kg/mm² dan 31,7 kg/mm² pada variasi arus 110 A. Nilai Distorsi sudut terbesar terjadi pada jenis kampuh V yaitu 5,3 ° pada variasi arus 120 A, 4,6° pada variasi arus 110 A dan 3,8° pada variasi arus 120 A. Sedangkan Nilai distorsi terkecil terjadi pada kampuh X yaitu 1,6 ° pada variasi arus 100 A, 1,83 pada variasi 120 A dan 2,5 ° pada variasi arus 110 A. Besar heat input pengelasan berpengaruh pada besar distorsi sudut yang terjadi dimana besar distorsi sudut terbesar terjadi pada variasi Arus 120 A dengan heat input sebesar 7,92 Kj/mm diikuti dengan variasi arus 110 A dengan nilai heat input

sebesar 7,26 KJ/mm dan distorsi sudut terkecil terjadi pada variasi arus 100 A dengan besar nilai heat input sebesar (6,6 KJ/mm).

Kata kunci : Pengelasan SMAW Bentuk kampuh, Elektroda E 6013, Distorsi.

PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peran penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Pembangunan konstruksi dengan logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan pengelasan khususnya bidang rancang bangun karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya.

Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan (meliputi: pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh). (Sumarto, 2000).

Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Bila arus yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukamya penyalaan busur listrik. Busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil, Sebaliknya bila arus terlalu besar akan menyebabkan masukan panas yang tinggi dimana hal ini dapat menimbulkan distorsi yang lebih besar.

Kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh tegangan busur, besar arus, kecepatan pengelasan, dan polaritas listrik. Penentuan besarnya arus dalam penyambungan logam menggunakan las busur mempengaruhi

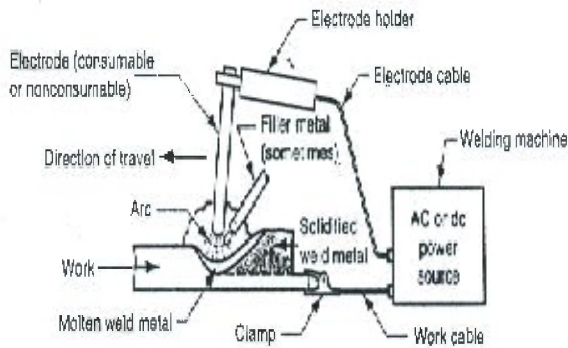
efisiensi pekerjaan dan bahan las. Semakin besar masukan panas pengelasan yang diterima akan mengakibatkan semakin besar regangan termal (pengembangan dan penyusutan) non-uniform yang terjadi didaerah sambungan las dan sekitarnya. Pada konstruksi las yang dibiarkan bebas bergerak (tanpa mendapat gaya atau beban luar), regangan termal yang tersisa setelah suhu lasan mencapai temperatur kamar (mendingin) disebut sebagai distorsi las.

Pada tahap distorsi ini tidak diketahui apakah pemilihan persiapan penyambungan menimbulkan efek besar terhadap distorsi pengelasan. Lepas dari kontraksi sambungan melintang dan *longitudinal* dalam bidang, sudut diantara komponen-komponen cenderung berkurang kearah sisi dimana sumber panas berasal (*distorsi angular*). Secara umum, semua jenis distorsi meningkat dengan volume logam yang ditempatkan. Preparasi yang meminimalkan volume misalnya, bentuk U atau V dobel bukannya V tunggal yang memberikan keiritan dan distorsi minimum.

Landasan Teori

Definisi pengelasan menurut *Deutsche Industrie Normen (DIN)* adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Definisi menurut *AWS (American welding society)* adalah proses penyambungan material dengan memanaskannya sampai mencapai temperatur pengelasan, dengan atau menggunakan tekanan atau dengan tanpa menggunakan logam pengisi. .

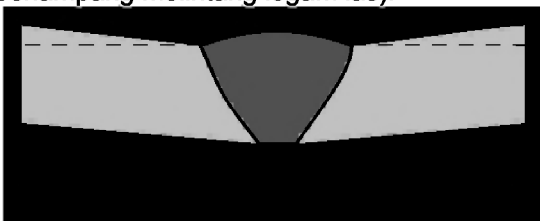
Pengelasan SMAW adalah pengelasan lebur dimana penyatuan logam dicapai dengan menggunakan panas dari busur listrik, secara umum ditunjukkan dalam gambar 1.



Gambar 1 Konfigurasi dan rangkaian listrik dasar proses pengelasan busur (Sumarto 2000)

Busur listrik timbul karena adanya pelepasan muatan listrik melewati celah dalam rangkaian, dan panas yang dihasilkan akan menyebabkan gas pada celah tersebut mengalami ionisasi (disebut plasma). Untuk menghasilkan busur dalam pengelasan busur, elektrode disentuh dengan benda kerja dan secara cepat dipisahkan dalam jarak yang pendek. Energi listrik dari busur dapat menghasilkan panas dengan suhu 10.000°F (5500°C) atau lebih, cukup panas untuk melebur logam. Genangan logam cair, terdiri atas logam dasar dan logam pengisi (bila digunakan) terbentuk di dekat ujung elektrode. Kebanyakan proses pengelasan busur, logam pengisi ditambahkan selama operasi untuk menambah volume dan kekuatan sambungan las-an.

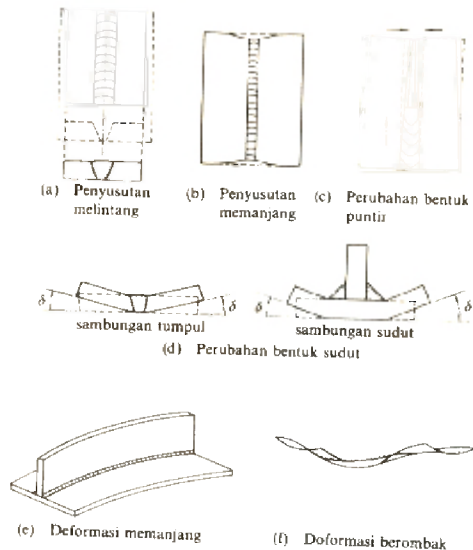
Perbedaan temperatur yang sangat besar didaerah busur las dengan daerah sekitar logam induk menimbulkan distribusi temperatur yang tidak uniform, menyebabkan terjadinya pencairan, pembekuan, pengembangan, dan penyusutan termal didaerah sambungan dan sekitarnya pada suatu konstruksi las yang juga tidak uniform (mendorong terjadinya gaya eksentris pada penampang melintang logam las).

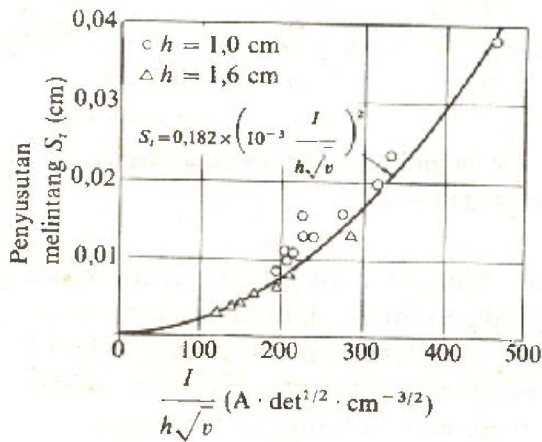


Gambar 2 Distorsi sudut Pengelasan SMAW (Sumarto 2000)

Semakin besar masukan panas pengelasan yang diterima akan mengakibatkan semakin besar regangan thermal (pengembangan dan penyusutan) non-uniform yang terjadi didaerah sambungan las dan sekitarnya. Pada konstruksi las yang dibiarkan bebas bergerak (tanpa mendapat gaya atau beban luar), regangan termal yang tersisa setelah suhu lasan mencapai temperatur kamar (mendingin) disebut sebagai distorsi las. Distorsi didefinisikan sebagai setiap perubahan dari bentuk atau kontur yang diinginkan. Distorsi yang terjadi pada hasil lasan biasanya berupa bentuk yang sangat rumit. Demikian untuk sambungan fillet dan tumpul, secara kasar masih dapat dibedakan menjadi enam macam distorsi las. Berbagai bentuk distorsi tersebut dapat dibedakan atas:

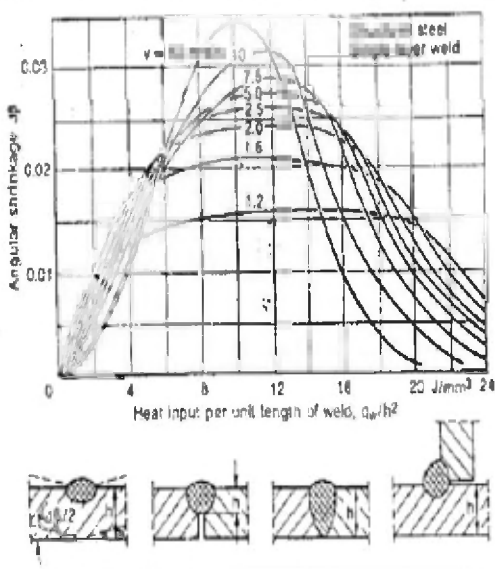
- Penyusutan melintang (*transverse shrinkage*) yang muncul tegak lurus terhadap garis lurus.
- Penyusutan memanjang (*longitudinal shrinkage*) yang muncul paralel terhadap garis las.
- Perubahan anguler berupa rotasi disekitar garis las (*antar web dan flange*).
- perubahan bentuk sudut
- deformasi memanjang
- deformasi berombak





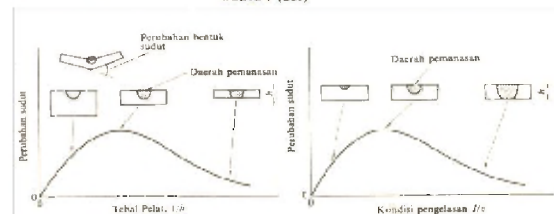
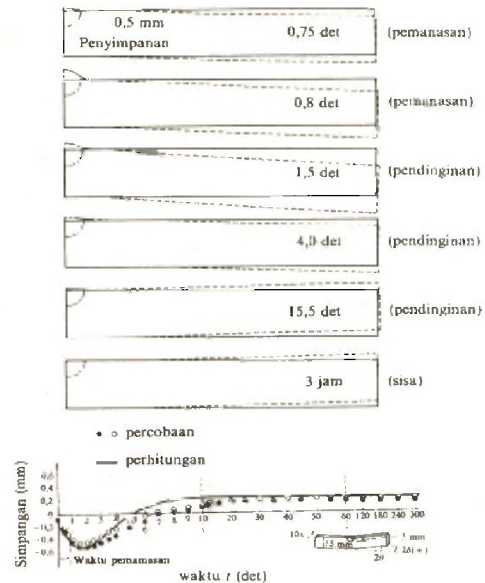
Gambar 3 jenis-jenis deformasi pada pengelasan (Sumarto 2000)

Proses pengelasan adalah proses penyambungan dengan pemanasan lokal, dimana kecepatan pemanasannya relatif cepat. Akibat pemanasan ini akan terjadi pertumbuhan butir, peregangan dan penyusutan logam yang berlangsung dengan cepat dan tidak seragam, sehingga mengakibatkan perubahan bentuk dan ukuran (distorsi).



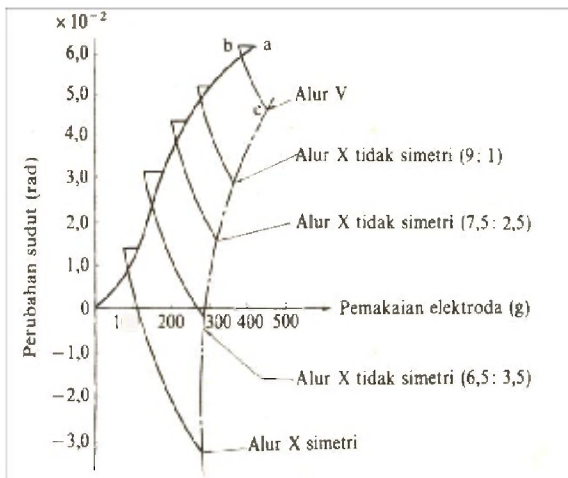
Gambar 4. Distorsi sudut las tunggal untuk baja struktural (Sumarto, 2000)

Terjadinya distorsi ini mengakibatkan permukaan pelat menjadi melengkung atau bergelombang, sehingga terjadi penyimpangan dimensi dari yang direncanakan. Hal ini dapat mempersulit proses pengerjaan selanjutnya. Pada tahap distorsi ini tidak diketahui apakah pemilihan persiapan penyambungan menimbulkan efek besar terhadap distorsi pengelasan.



Gambar 5. Perubahan bentuk dalam pengelasan (Sumarto 2000)

Lepas dari kontraksi sambungan melintang dan longitudinal dalam bidang, sudut diantara komponen-komponen cenderung berkurang kearah sisi dimana sumber panas berasal (*distorsi angular*). Secara umum, semua jenis distorsi meningkat dengan volume logam yang ditempatkan. Preparasi yang meminimalkan volume misalnya, bentuk U atau V dubel bukannya V tunggal yang memberikan keiritan dan distorsi minimum. Jika las sisi ganda dipakai, distorsi angular bisa di sambungkan pada las bergantian.



Gambar 6. Pengaruh bentuk alur terhadap distorsi sudut pada tebal plat 19 mm (Sumarto 2012)

Pergerakan ini selalu lebih besar untuk las sebelumnya, dimana komponen-komponennya bebas dan mungkin perlu menggunakan preparasi asimetri (volume yang lebih kecil pada sisi pertama yang dilas) atau menyeimbangkan proses pertama dengan dua proses pada sisi kedua dan seterusnya untuk lapisan-lapisan berikutnya. Preparasi asimetris juga memungkinkan proses pertama dari aplikasi tiga proses untuk ditempatkan pada sumbu netral.

Menurut Lincoln electric company USA, dalam bukunya berjudul (*The Procedure Handbook Of Welding, 3-1-8*) besar distorsi sudut pengelasan dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Angular distorsion} = \frac{0.02 W \omega^{1,3}}{t}$$

Dimana :

- W = Lebar pinggiran las
- ω = lebar las
- t = tebal benda

Metodologi penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja AISI 4140 yang ada dipasaran dengan komposisi kimia sebagai berikut : Table 1. Komposisi kimia Baja AISI 4140

AISI or SAE designation	Chemical composition ranges and limits, % (heat analysis)(a)								
	C	Mn	P	S	Si(b)	Ni	Cr	Mo	V
Regular quality and structural quality standard steels commonly produced (ASTM A 310)									
4118	0.18-0.23	0.70-0.90	0.035	0.040	0.15-0.30	..	0.40-0.60	0.03-0.15	..
4120	0.28-0.33	0.40-0.60	0.035	0.040	0.15-0.30	..	0.00-1.10	0.15-0.25	..
4140	0.38-0.43	0.75-1.00	0.035	0.040	0.15-0.30	..	0.00-1.10	0.15-0.25	..
4340	0.38-0.43	0.80-0.90	0.035	0.040	0.15-0.30	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30	..

Sumber : ASM Metal handbook Vol 1 Properties and selection iron, steel dan high performace alloy.

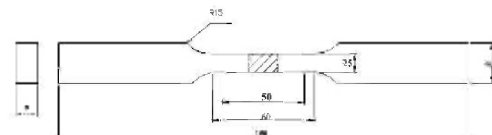
Spesifikasi dan Dimensi benda uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Material berupa plat dengan tebal 8 mm



Gambar 7. Bentuk Spesimen Pengelasan

2. Jumlah specimen yang disiapkan berjumlah 36 buah
3. Bentuk kampuh yang digunakan adalah ;
 - bentuk kampuh U
 - Bentuk Kampuh X
 - Bentuk Kampuh V
4. Bentuk specimen mengacu pada standart pengujian tarik JIS 2201



Gambar 8. Spesimen uji standart JIS2201 Z

5. Elektroda yang digunakan adalah E6013 berdiameter 3.2 mm

Bahan *fluks* yang digunakan untuk jenis E6013 adalah serbuk kalium titanat tinggi.

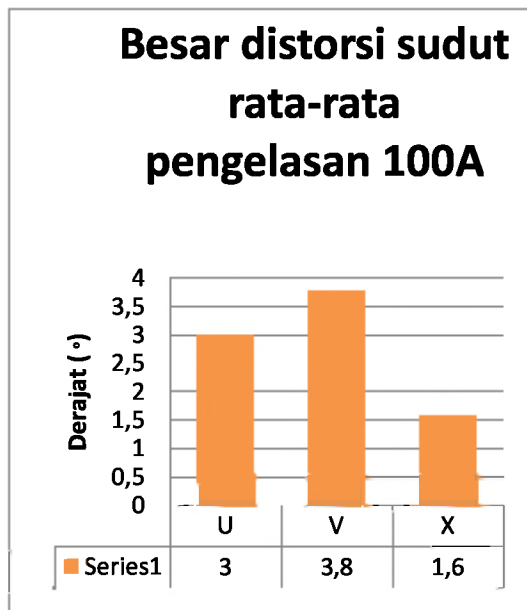
Hal yang kurang menguntungkan adalah busur listriknya kurang mantap sehingga butiran yang dihasilkan agak besar dibandingkan jenis lain. Dalam pelaksanaan pengelasan memerlukan juru las yang sudah berpengalaman. Sifat mampu las *fluks* ini sangat baik maka biasa digunakan untuk konstruksi yang memerlukan tingkat pengaman tinggi. Spesifikasi elektroda untuk baja karbon berdasarkan jenis dari lapisan elektroda (*fluks*), jenis listrik yang digunakan, posisi pengelasan dan polaritas pengelasan disesuaikan dengan bahan yang dilas.

PEMBAHASAN

1. Pembahasan Distorsi sudut

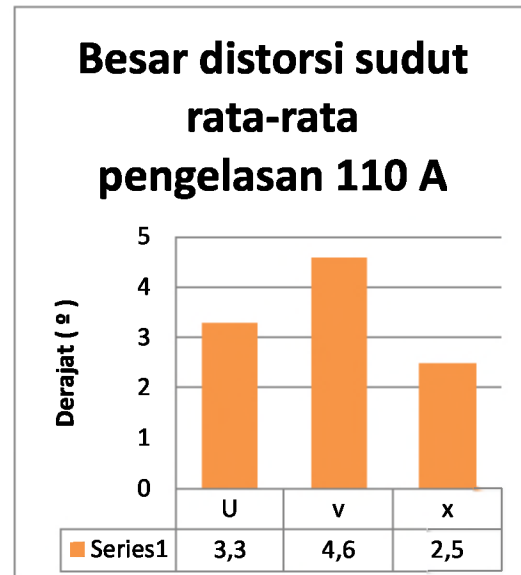
Dari pengamatan dan pengukuran yang dilakukan didapatkan data-data besar distorsi sebagai berikut seperti pada gambar 8 sampai dengan gambar di bawah ini.

1. Pengelasan Dengan Arus 100 A



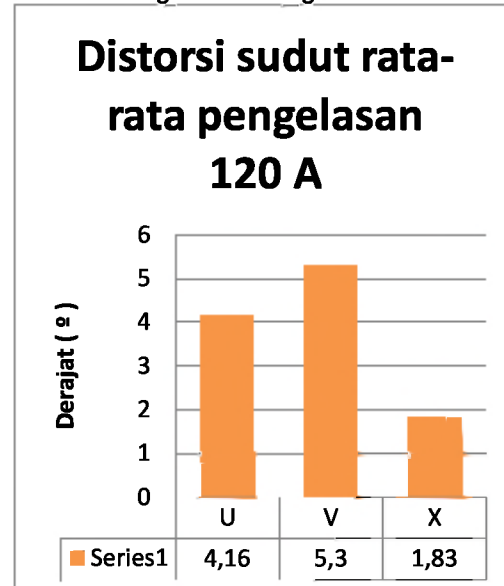
Gambar 8 Besarnya distorsi sudut rata-rata pada pengelasan dengan arus 100 A

2. Pengelasan dengan arus 110 A



Gambar 9. Diagram nilai besar distorsi sudut rata-rata pada pengelasan dengan arus 110 A

3. Pengelasan dengan arus 120 A



Gambar 10. Besarnya distorsi sudut rata-rata dengan arus 120 A

Dari diagram hasil pengukuran besar distorsi sudut terlihat bahwa Variasi arus dan bentuk kampuh berpengaruh terhadap besar distorsi sudut yang terjadi dalam pengelasan dimana semakin besar arus pengelasan akan berpengaruh terhadap besar distorsi sudut

pada jenis kampuh yang digunakan. Pada tiap-tiap jenis kampuh besar distorsi bertambah seiring dengan besar arus yang digunakan. Distorsi terbesar terjadi pada bentuk kampuh V dengan variasi arus terbesar yaitu 120 A sebesar 5,3%. ini terjadi karena adanya perbedaan penyusutan yang besar, dimana pada bagian atas dari kampuh V mengalami penyusutan yang besar sedang pada bagian bawah kampuh V mengalami penyusutan yang kecil.. Sedangkan besar distorsi sudut terkecil terjadi pada kampuh X dengan variasi arus terendah 100 A sebesar 1,6 % hal ini disebabkan karena pada kampuh X pada saat pengelasan bagian atas akan terjadi distorsi ke atas sedang pada saat pengelasan bagian bawah distorsi ini akan dinetralkan oleh adanya distorsi kearah bawah, namun hal ini mempunyai konsekwensi adanya tegangan sisa yang dapat menurunkan kekuatan tarik hasil las.

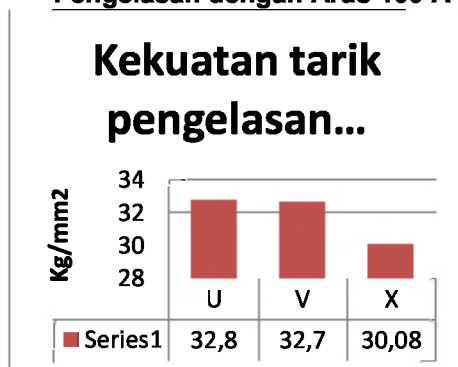
2. Pembahasan Kekuatan Tarik Las

Hasil pengujian tarik raw material, pengelasan dengan menggunakan arus 100 A, 110 A dan 120 Amper dapat dilihat seperti pada pada table 2 dan gambar 11 sampai dengan gambar 13 di bawah ini.

A. Tabel 2 Hasil Pengujian tarik material uji.

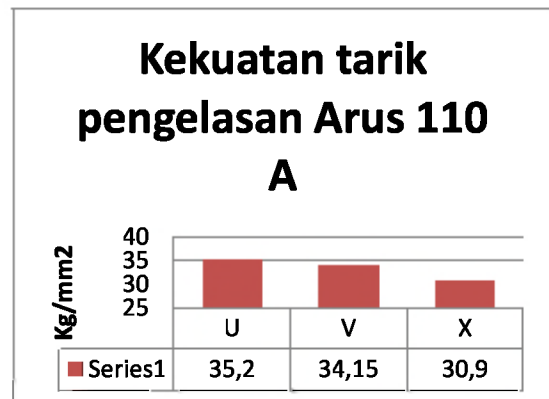
NO	Specimen	Kekuatan Tarik (kg/mm ²)
1	Material Uji	55,58 (kg/mm ²)

B. Pengelasan dengan Arus 100 A



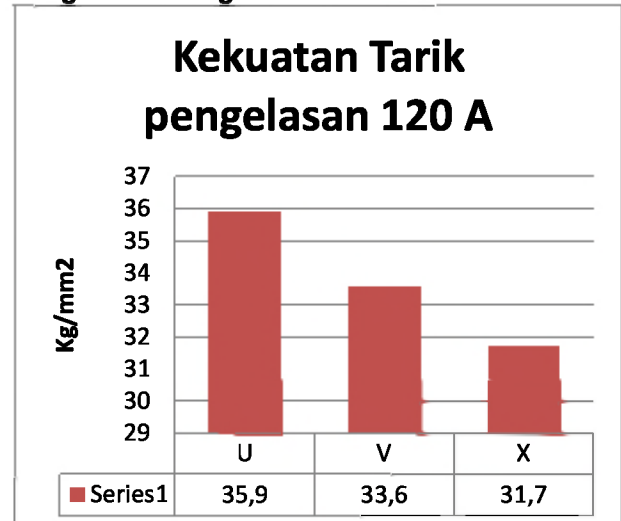
Gambar 11. diagram harga rata-rata kekuatan tarik pengelasan arus 100A

C. Pengelasan dengan arus 110A
1. Kampuh U



Gambar 12. diagram harga rata-rata kekuatan tarik pengelasan arus 110 A

Pengelasan Dengan Arus 120 A



Gambar 13. diagram harga rata-rata kekuatan tarik pengelasan arus 120 A

Dari gambar kekuatan tarik hasil pengelasan dengan variasi arus terlihat bahwa pada kampuh U semakin besar arus kekuatan tarik akan meningkat, demikian juga pada kampuh X, hal ini membuktikan bahwa besar arus akan mengakibatkan dilusi semakin besar sehingga homogenitas hasil las semakin baik dan kekuatannya meningkat, sementara pada kampuh V diperoleh data yang tidak linier dengan peningkatan besar arus, hal ini disebabkan karena kualitas pengelasan yang kurang baik karena harga perbedaannya hanya 1,6 %

Sementara itu kekuatan tarik dengan variabel bentuk kampuh terlihat bahwa Kampuh U

memiliki hasil terbaik diikuti kampuh V dan terakhir kampuh X yang terendah untuk semua variabel arus, baik arus 100, 110 maupun 120 A. Hal ini menunjukkan bahwa kampuh U akan menghasilkan homogenitas terbaik dan tegangan sisa terkecil, karena perbedaan penyusutan antara bagian atas dengan bagian bawah dari kampuh terkecil. Kampuh X memiliki kekuatan tarik terendah karena adanya tegangan sisa yang besar, hal ini terjadi karena pengelasan dilakukan dua kali, pada pengelasan pertama pada sisi kampuh yang satu akan terjadi distorsi, saat kampuh yang lainnya di las, kampuh pertama sudah membeku dan timbul distorsi permanen. Sesudah pengelasan kampuh yang sebaliknya akan terjadi distorsi pada arah yang berlawanan, distorsi ini akan menetralkan distorsi pertama sehingga hasil las menjadi lurus (distorsi kecil) tapi sebagai akibatnya terdapat tegangan sisa yang besar sehingga kekuatan tariknya menjadi rendah.

Secara rata-rata penurunan kekuatan hasil las dibandingkan dengan kekuatan raw material diperoleh hasil terbaik adalah kampuh U dengan kekuatan hasil las 62 % dari kekuatan raw material, kampuh V dengan kekuatan 59 % dari raw material sementara terendah adalah kampuh X dengan kekuatan tarik 55 % dari kekuatan raw material.

KESIMPULAN

1. Nilai kekuatan tarik yang tertinggi pada pengelasan baja AISI 4140 ini adalah hasil pengelasan pada kampuh U pada setiap variasi arus yang digunakan yaitu sebesar 35,9 kg/mm² pada variasi Arus 120 A, 35,2 kg/mm² pada variasi arus 110 A dan 32,8 kg/mm² pada variasi arus 100 A. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah adalah pada jenis kampuh X pada setiap variasi arusnya yaitu sebesar 30,8 kg/mm²

pada variasi arus 100 A, 30,9 kg/mm² pada variasi arus 110 A dan 31,7 kg/mm².

2. Nilai Distorsi sudut terbesar terjadi pada jenis kampuh V pada setiap variasi arus yang digunakan yaitu 5,3 mm pada variasi arus 120 A, 4,6 mm pada variasi arus 110 A dan 3,8 mm pada variasi arus 120 A. Sedangkan Nilai distorsi terkecil terjadi pada kampuh X pada setiap variasi arus yang digunakan yaitu 1,6 mm pada variasi arus 100 A, 1,83 mm pada variasi 120 A dan 2,5 mm pada variasi arus 110 A.
3. Pada penelitian ini terlihat bahwa variasi arus yang besar cenderung menimbulkan distorsi sudut yang besar. Pada variasi arus pengelasan 120 A memiliki nilai distorsi yang lebih besar dibandingkan nilai distorsi sudut pada variasi arus 110 A dan 100 A.
4. Besar heat input pengelasan berpengaruh pada besar distorsi sudut yang terjadi dimana besar distorsi sudut terbesar terjadi pada variasi Arus 120 A dengan heat input sebesar 7,92 KJ/mm diikuti dengan variasi arus 110 A dengan nilai heat input sebesar 7,26 KJ/mm dan distorsi sudut terkecil terjadi pada variasi arus 100 A dengan besar nilai heat input sebesar (6,6 KJ/mm).

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Metals Handbook, Vol 06 WELDING, BRAZING, AND SOLDERING
- ASM Metals Handbook, Vol 01 Properties and Selection Irons, Steels, and High-Performance Alloys
- JIS, Hand Book 1984, Ferrous Material and, Tokyo Japanese Standart Acociation
- Lincoln electric company *The Procedure Handbook Of Welding, USA*
- Wiryosumarto, H., 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Erlangga, Jakarta.