

KAJIAN EKSPERIMENTAL ARUS LISTRIK DAN KETANGGUHAN LAS SMAW TERHADAP KEKUATAN TARIK DENGAN ELEKTRODA E7018

Wahyu Hidayat¹ Nazaruddin² Teuku Zulfadli³

Department of Mechanical Engineering, Iskandarmuda University
Jln. Kampus Unida No.15 Surien – Banda Aceh 23234, INDONESIA

Phone/Fax.: (0651) 44413, e-mail : nazar@unida-aceh.ac.id, teukuzulfadli@unida-aceh.ac.id,

Abstrat

Perkembangan teknologi di Abad ke-21 ini terutama di bidang kontruksi baja semakin berkembang sehingga tidak dapat dipisahkan dari proses pengelasan. Oleh karena itu sangat penting untuk mempunyai peran dalam proses rekayasa dan reparasi logam. Terutama dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruh arus listrik terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan las SMAW dengan elektroda E7018 diameter 3,2 mm. Metode penelitian ini dengan menggunakan baja paduan rendah dengan pengelasan bervariasi arus 110 Amper, 140 Amper, 160 Amper. Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan sudut 70^oC. Kajian penelitian ini dilakukan untuk mengukur kekuatan tarik, ketangguhan las dengan elektroda SMAW E7018. Nilai kekuatan tarik tertinggi untuk daerah las terjadi pada kelompok spesimen 110 Amper yaitu 723,1 MPa dari kelompok 140 Amper dan 160 Amper. Tegangan luluh tertinggi pada kelompok 110 Amper sebesar 621,4 MPa. Perubahan las tertinggi pada kelompok 160 Amper sebesar 35,1%. Nilai reduksi penampang tertinggi pada kelompok 160 Amper 67,5%. Nilai tenaga patah untuk kelompok *raw materials* sebesar 84,3 Joule. Nilai Ketangguhan pada daerah las tertinggi pada kelompok 110 Amper yaitu sebesar 1,9 Joule/mm², sedangkan kelompok arus 140 Amper sebesar 1,7 Joule/mm hal ini mengalami kenaikan dari *raw materials* dan arus 160 Amper.

Kata kunci: *Arus, SMAW, Kekuatan Tarik, Ketangguhan, E7018.*

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi bidang kontruksi berkaitan erat dengan pengelasan karna pengelasan sangat berperan erat dalam merekayasa dan reparasi logam. Perubahan kontruksi pada logam pada saat sekarang ini banyak melibatkan pengelasan terutama dibidang sambungan las dengan rancang bangun yang menjadikan salah satu pembuatan sambungan yang teknisnya memerlukan keterampilan tinggi untuk pengelasannya seperti bejana tekan, rangka baja, saran traspotasi kontruksi ppalan, dan lain-lainya. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi las adalah tahapan kegiatan pengelasan dalam perencanaan proses kontruksi las sesuai yang rencana dan spesifikasi sangat menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan seperti dalam menentukan jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan yang meliputi pemilihan mesin, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh, wiryosumarto 2000).

Klasifikasi pengelasan berdasarkan cara kerja dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu pengelasan cair, pengelesan tekan dan pematrian. . Pilihan ketika menggunakan DC polaritas negatif atau positif adalah terutama ditentukan elektroda yang digunakan. Beberapa elektroda SMAW didisain untuk digunakan hanya untuk DC- dan DC+.

Elektroda E7018 dapat digunakan pada DC polaritas terbalik (DC+). Pengelasan digunakan dengan elektroda E7018 dengan diameter 3,2 mm, maka arus digunakan berkisar diantara 100-160 Amper. Dengan interval arus tersebut, pengelasan yang dihasilkan berbeda-beda, (Soetardjo, 1997).

Bahan yang mempunyai sifat mampu las yang baik diantaranya adalah baja paduan rendah. Baja ini dapat dilas dengan las busur elektroda terbungkus, las busur rendam dan las MIG (las logam gas mulia). Baja paduan rendah biasanya digunakan untuk pelat-pelat tipis dan konstruksi umum, (Wiryosumarto, 2000).

Proses penguat arus listrik akan mempengaruhi hasil las. Bila arus las digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik, busur listrik yang terjadi akan menjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga dihasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan, (Arifin, 1997).

Kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh tegangan busur, besar arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan polaritas listrik. Penentu besarnya arus dalam penyambungan logam. Menggunakan las busur mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. Penentuan besar arus pengelasan ini mengambil 110 A, 140 A, dan 160 A. Pengambilan 110 A dimaksudkan

2. Tinjauan Pustaka

1. Pengertian Pengelasan

Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan dari benda atau logam yang dipanaskan. Mengelas menurut Alif (1989) aktivitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan dua bagian dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya.

2. Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Busur listrik yang dibangkitkan suatu mesin las, elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung yang berupa *fluks* sehingga pengelasan ini akan mengalami pencairan bersama logam induk dan membeku bersama dan menjadi kumpuh las. Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar.

3. Elektroda Terbungkus

Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi lapisan dari campuran kimia. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (fluks) dan tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi dari fluks adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur.

Berdasarkan jenis elektroda dan diameter kawat inti elektroda dapat ditentukan arus dalam ampere dari mesin las seperti pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 2.1 spesifikasi arus menurut tipe elektroda dan diameter dari elektroda (soetarjo, 1997).

Diameter		Tipe elektroda dan amper yang digunakan					
Mm	Inch	E 6010	E 6014	E 7018	E 7024	E 7027	E 7028
2,5	3/32	-	80-125	70-100	70-125	-	-
3,2	1/8	80-120	110-160	115-165	140-190	125-185	140-190
4	3/32	120-160	150-210	150-250	180-250	160-240	180-250
5	3/16	150-200	200-275	200-275	270-375	250-350	275-365
5,5	7/32	-	260-340	360-430	275-375	250-350	275-365
6,3	¼	-	330-415	315-400	335-430	300-420	335-430
8	5/16	-	90-500	375-470	-	-	-

Sumber : (Soetarjo, 1997).

4. Baja Paduan Rendah

Baja paduan rendah adalah baja paduan yang mempunyai kadar karbon sama dengan baja lunak, tetapi ditambah dengan sedikit unsur-unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Baja paduan banyak digunakan untuk kapal, jembatan, roda kerta api, ketel uap, tangki-tangki dan dalam permesinan. Baja paduan rendah dibagi menurut sifatnya yaitu baja tahan suhu rendah, baja kuat dan baja tahan panas (Wiryosumarto, 2000).

1. Baja tahan suhu rendah. Baja ini mempunyai kekuatan tumbuk yang tinggi dan suhu transisi yang rendah, karena itu dapat digunakan dalam konstruksi untuk suhu yang lebih rendah dari suhu biasa.
2. Baja kuat. Baja ini dibagi dalam dua kelompok yaitu kekuatan tinggi dan kelompok ketangguhan tinggi. Kelompok kekuatan tinggi mempunyai sifat mampu las yang baik karena kadar karbonnya rendah. Kelompok ini sering digunakan dalam konstruksi las. Kelompok yang kedua mempunyai ketangguhan dan sifat mekanik

yang sangat baik. Kekuatan tarik untuk baja kuat berkisar antara 50 sampai 100 kg/mm².

3. Baja tahan panas adalah baja paduan yang tahan terhadap panas, asam dan mulur. Baja tahan panas yang terkenal adalah baja paduan jenis Cr-Mo yang tahan pada suhu 6000C. Pengelasan yang banyak digunakan untuk baja paduan rendah adalah las busur elektroda terbungkus, las busur rendam dan las MIG (las logam gas mulia). Perubahan struktur daerah las selama pengelasan, karena adanya pemanasan dan pendinginan yang cepat menyebabkan daerah HAZ menjadi keras. Kekerasan yang tertinggi terdapat pada daerah HAZ.

5. Heat Input

Pada pengelasan busur listrik, sumber energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini sebenarnya hasil kolaborasi dari arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan. Parameter ketiga yaitu kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi pengelasan karena proses pemanasannya tidak diam akan tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu. Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan. Hubungan antara ketiga parameter itu menghasilkan energi pengelasan yang sering disebut heat input. Persamaan dari heat input hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut :

$$HI(\text{heatinput}) = \frac{\text{Tegangan pengelasan (E)} \times \text{Arus Pengelasan (I)}}{\text{Kecepatan Pengelasan (V)}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Untuk memperoleh masukan panas yang sebenarnya dari suatu proses pengelasan, persamaan satu dikalikan dengan efisiensi proses pengelasan (η) sehingga persamaannya menjadi.

$$HI(\text{Heatinput}) = \eta \times \frac{\text{Tegangan Pengelasan } \epsilon \times \text{Arus Pengelasan (I)}}{\text{Kecepatan Pengelasan (V)}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Efisiensi masing-masing proses pengelasan dapat dilihat dari tabel di bawah ini :

Tabel 2-2. Efisiensi proses pengelasan (Malau, 2003)

Proses pengelasan	Efisiensi (%)
SAW (<i>Submerged Arc Welding</i>)	95
GMAW (<i>Gas Metal Arc Welding</i>)	90
FCAW (<i>Flux Cored Arc Welding</i>)	90
SMAW (<i>Shielded Metal Arc Welding</i>)	90
GTAW (<i>Gas Tungsten Arc Welding</i>)	70

Sumber : (Malau, 2003).

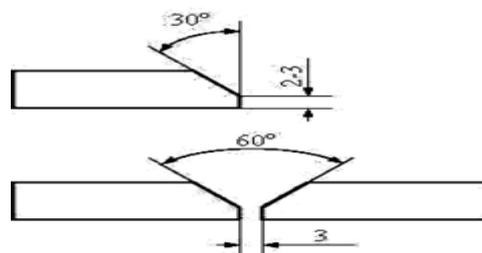
6. Pengujian Ketangguhan

Ketangguhan adalah tahanan bahan terhadap beban tumbukan atau kejutan (takikan yang tajam secara drastis menurunkan ketangguhan). Tujuan utama dari pengujian impak adalah untuk mengukur kegetasan atau keuletan bahan terhadap beban tiba-tiba dengan cara mengukur energi potensial sebuah palu godam yang dijatuhkan pada ketinggian tertentu. Pengujian impak adalah pengujian dengan menggunakan beban sentakan (tiba-tiba). Metode yang sering digunakan adalah metode Charpy dengan menggunakan benda uji standar.

Pada pengujian pukul takik (impact test) digunakan batang uji yang bertakik (notch). Pada metode Charpy, batang uji diletakkan mendatar dan ujung-ujungnya ditahan kearah mendatar oleh penahan yang berjarak 40 mm. Bandul akan berayun memukul batang uji tepat dibelakang takikan. Untuk pengujian ini akan digunakan sebuah mesin dimana sebuah batang dapat berayun dengan bebas. Pada ujung batang dipasang pemukul yang diberi pemberat. Batang uji diletakkan di bagian bawah mesin dan takikan tepat pada bidang lintasan pemukul

7. Kampuh V

Sambungan kampuh V dipergunakan untuk menyambung logam atau plat dengan ketebalan 6-15 mm. Sambungan ini terdiri dari sambungan kampuh V terbuka dan sambungan kampuh V tertutup. Sambungan kampuh V terbuka dipergunakan untuk menyambung plat dengan ketebalan 6-15 mm dengan sudut kampuh antara 60-80°, jarak akar 2 mm, tinggi akar 1-2 mm (Sonawan, 2004).



Gambar: 2.9 Kampuh V (Sonawan, 2004)

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat antara dua faktor yang berpengaruh. Eksperimen dilaksanakan di Laboratorium SMKN 2 Lhong Raya Banda Aceh, dengan kondisi dan peralatan yang diselesaikan guna memperoleh data tentang pengaruh arus listrik terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan las SMAW dengan Elektroda E7018 Diameter 3,2 mm.

1. Dimensi Benda Uji

Spesifikasi benda uji yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut

1. Plat baja karbon rendah

2. Ketebalan plat 11 mm
3. Elektroda jenis E7018 dengan diameter 3,2 mm.
4. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi bawah tangan.
5. Arus pengelasan adalah 110 A, 140 A, 160 A.
6. Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, jarak celah plat 2 mm, tinggi akar 2 mm dan sudut kampuh 70° .

2. Alat Uji Tarik Dan Ketangguhan

Peralatan yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut :

1. Mesin uji tarik
2. Mesin uji ketangguhan
3. Jangka sorong
4. Meteran



Gambar 3.1 Mesin uji kekuatan tarik
Sumber: BLK Banda Aceh



Gambar 3.2 mesin uji ketangguhan
Sumber: BLK Banda Aceh

3. Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai tanggal 1 April s/d 30 April 2020. Adapun pelaksanaannya di 2 (dua) lokasi yaitu sebagai berikut :

1. Pengujian spesimen benda uji dilakukan di BLK Kota Banda Aceh.
2. Proses pengelasan dilakukan di SMKN 2 Lhong Raya Banda Aceh,

4. Sampel

. Jumlah sampel dalam penelitian ini sebanyak masing-masing kelompok arus pengelasan adalah 10 buah.

5. Pelaksanaan penelitian

1. Persiapan Penelitian

a. Persiapan Bahan

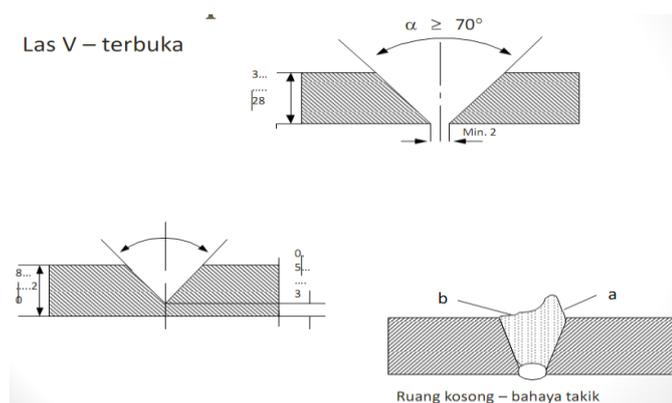
Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah (ST) dengan ukuran panjang 18 cm, lebar 15 cm, tebal 11 mm, Elektroda jenis E7018 dengan diameter 3,2 mm.

b. Persiapan Alat-alat

- a. Mesin gergaji beserta kelengkapannya
- b. Mesin skrap
- c. Mesin frais
- d. Peralatan pengelasan
- e. Mesin las SMAW DC
- f. Penggaris
- g. Mesin amplas
- h. Kikir
- i. Mesin uji tarik *Hydrolic Servo Pulser*
- j. Mesin uji ketangguhan
- k. *Stopwatch*
- l. Pengukur sudut

2. Pembuatan Kampuh V terbuka

Pembuatan kampuh V terbuka dengan menggunakan mesin frais. Bahan yang telah dipersiapkan dipotong dengan mesin gergaji, dengan ukuran 30 cm sebanyak empat buah dan 25 cm sebanyak dua buah. setelah bahan dipotong kemudian permukaan digambar dengan spidol, tepi permukaan diukur sedalam 2 mm dan di ukur sudut 35° . Setelah bahan digambar bahan dicekam dan dilakukan pengefraisan dengan sudut 35° .



Gambar 3-3 Kampuh V terbuka

3. Jenis filler metal

Jenis *filler metal* yang digunakan dalam pengelasan ini adalah AWS A5.1 E7018. Kandungan maksimal tipe logam las menurut spesifikasi AWS adalah sebagai berikut :
 Tabel 3-1 kandungan tipe logam las AWS A5.1 E7018 (*Hobart Brothers Company* 2002).

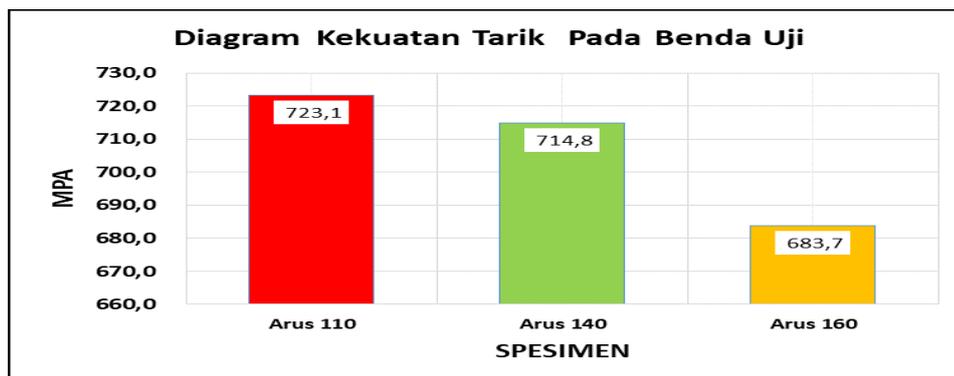
C	Mn	P	S	Si	Cr	V	Ni	Mo
0,5	1,5	0,035	0,035	0,75	0,20	0,08	0,30	0,3

Sumber : (*Hobart Brother company*, 2002).

4. Hasil Dan Pembahasan

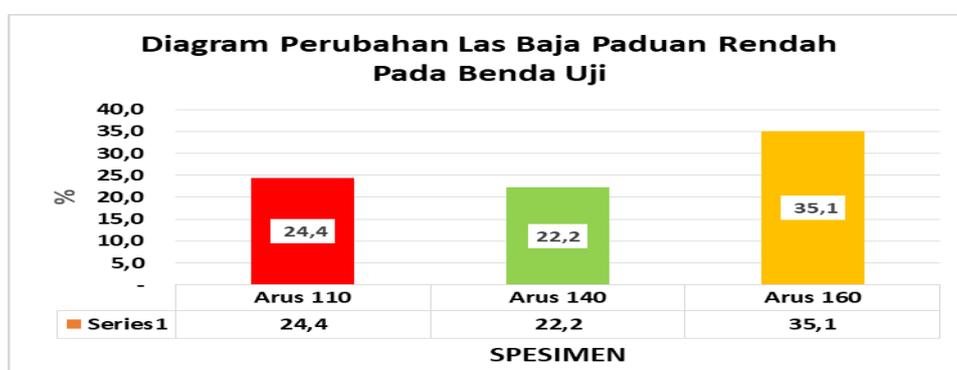
Hasil rekapan data penelitian ini merupakan suatu hal yang sangat penting, hal ini disebabkan karena dengan banyak data yang tersedia maka akan mempermudah dalam penyelesaian masalah dan hasil dari pemecahan masalah tersebut lebih dipercayai. Hasil yang berhubungan dengan arus listrik terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan las smaw sudah dicatat dengan baik sehingga dalam pengambilan data tidak terlalu sulit. Data penelitian dapat dilihat ditabel dibawah ini:

Data dari tabel 4-1 hasil penelitian pengujian tarik selanjutnya dimasukkan dalam diagram batang seperti dibawah ini :



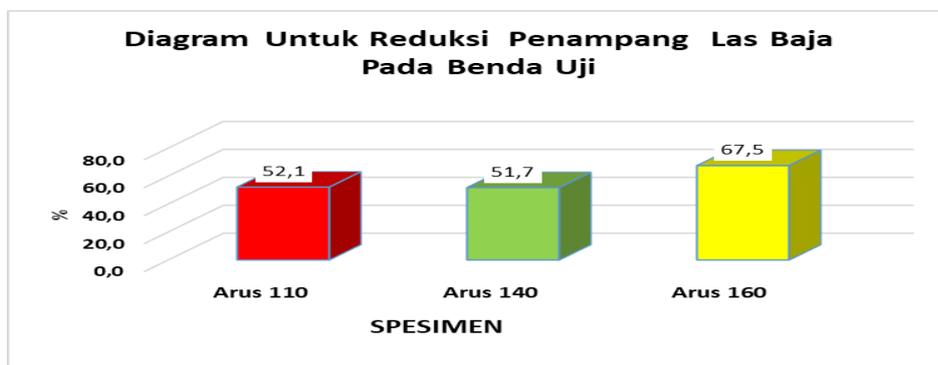
Gambar 4-1 Diagram Kekuatan Tarik pada Benda Uji

Data dari hasil percobaan untuk nilai kekuatan tarik pada benda uji pada kelompok 110 Amper adalah 723,1 MPa. Kekuatan tarik pada benda uji untuk kelompok 140 Amper adalah 714,8 MPa dan Nilai kekuatan tarik untuk kelompok 160 Amper adalah 683,7 Mpa. Data dari hasil percobaan menunjukkan nilai tegangan luluh daerah las untuk kelompok 110 Amper adalah 621,4 MPa. Nilai luluh daerah las untuk kelompok lainnya mengalami penurunan dibanding kelompok ini. Nilai tegangan luluh untuk kelompok 140 Amper sebesar 589,4 MPa, Nilai tegangan luluh untuk 160 Amper mengalami penurunan sebesar 555,4 MPa.



Gambar 4-3 Diagram Perubahan Las Baja Pudian Rendah Pada Benda Uji

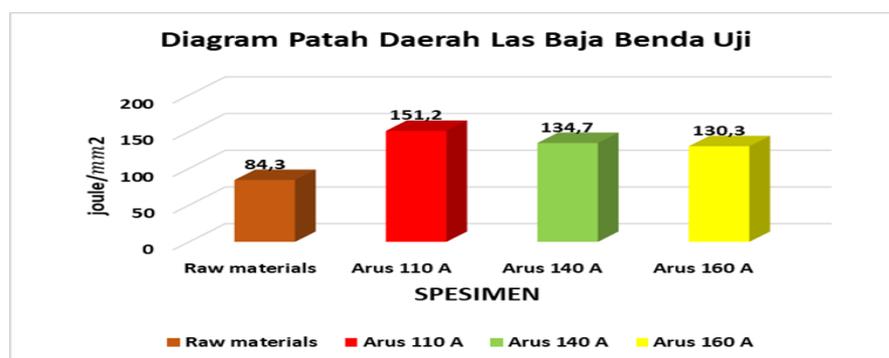
Kelompok spesimen arus 110 Amper mengalami perubahan las baja sebesar 24,04 %, sedangkan pada arus 140 Amper mengalami perubahan las baja sebesar 22,2 % dan pada arus 160 Amper mengalami perubahan las baja sebesar 35,1 %



Gambar 4-4 Diagram Untuk Reduksi Penampang Las Baja Pada Benda Uji

Nilai reduksi penampang pada kelompok spesimen arus 160 Amper sebesar 67,5 %. Nilai reduksi penampang untuk kelompok lain, semua mengalami penurunan dibandingkan kelompok spesimen arus 160 Amper besarnya reduksi penampang untuk kelompok 110 Amper mengalami penurunan sebesar 52,1 % sedangkan nilai reduksi penampang untuk kelompok 140 Amper mengalami penurunan sebesar 51,7%.

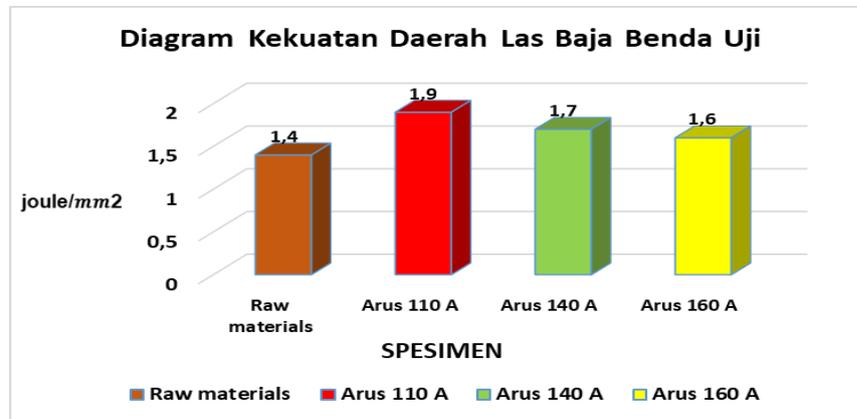
Hasil Penelitian Pengujian Ketangguhan Daerah Las Baja Paduan Rendah Dengan Menggunakan Mesin ASTM-E-8-yr-13 sebagai berikut:



Gambar 4-5 Diagram patah Daerah Las Baja Benda Uji

Nilai tenaga patah untuk kelompok *raw materials* sebesar 84,3 Joule/mm². Nilai tenaga patah pada kelompok pengelasan mengalami kenaikan terhadap *raw materials*.

Kelompok nilai tenaga patah arus 110 Amper sebesar 151,2 Joule/mm² dari *raw materials*. Kelompok nilai tenaga patah arus 140 Amper sebesar 134,7 Joule/mm² dari *raw materials*. Kelompok nilai tenaga patah arus 160 Amper sebesar 130,3 Joule/mm² dari *raw materials*.



Gambar 4-6 Diagram Kekuatan Daerah Las Baja Benda Uji

Data dari gambar menunjukkan nilai tenaga patah kelompok *raw materials*, kelompok spesimen arus 110 Amper, kelompok spesimen arus 140 Amper dan kelompok spesimen arus 160 Amper. Nilai ketangguhan untuk kelompok *raw materials* sebesar 1,4 Joule/mm². Nilai tenaga patah pada kelompok pengelasan mengalami kenaikan terhadap *raw materials*. Kelompok dengan arus 110 Amper mengalami kenaikan sebesar 1.9 Joule/mm² dari *raw materials*. Kelompok dengan arus 140 Amper mengalami kenaikan sebesar 1,7 Joule/mm² dari kelompok *raw materials*. Kelompok dengan arus 160 Amper mengalami kenaikan nilai tenaga patah sebesar 1,6 Joule/mm² dari kelompok *raw materials*.

Pembahasan

Dari hasil penelitian diketahui ada perbedaan kekuatan tarik dan ketangguhan dari kelompok *raw materials* dan kelompok yang dikenai proses pengelasan dengan 3 variasi arus, yaitu sebesar 110 Amper, 140 Amper, 160 Amper. Pengujian yang pertama adalah pengujian tarik untuk variasi arus pengelasan 110 Amper. Nilai kekuatan tarik, tegangan luluh, reduksi penampang dan perpanjangan untuk kualitas baja paduan rendah mempunyai nilai yang paling kecil diantara variasi arus pengelasan. Pada kelompok variasi arus 110 Amper, arus yang terjadi terlalu rendah menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang dihasilkan tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan penembusan yang terjadi kurang maksimal. Pada pengujian tarik untuk kualitas lasan, kelompok ini mempunyai nilai kekuatan tarik dan tegangan luluh tertinggi diantara kelompok variasi arus pengelasan lain. Nilai perpanjangan dan reduksi penampang yang lebih tinggi dari kelompok arus 140 Amper dan lebih rendah dari kelompok arus 160 Amper.

Pengujian yang kedua adalah pengujian tarik dan ketangguhan untuk variasi arus pengelasan 140 Amper. Nilai kekuatan tarik dan tegangan luluh untuk kualitas baja

karbon rendah mempunyai nilai yang lebih besar dibanding kelompok variasi arus 110 Amper dan kelompok *raw materials*, tetapi lebih rendah dibanding kelompok variasi arus 160 Amper. Nilai reduksi penampang dan perpanjangan mempunyai nilai yang lebih tinggi dibanding kelompok 110 Amper dan lebih rendah dibanding kelompok variasi arus pengelasan 160 Amper. Pada kelompok ini arus terjadi cukup stabil dibanding kelompok 110 Amper. Arus yang stabil ini menyebabkan penembusan dan nyala busur yang baik. Pada pengujian tarik kualitas lasan, kelompok ini mempunyai nilai kekutan tarik dan tegangan luluh lebih tinggi dari kelompok variasi arus pengelasan 110 Amper dan lebih rendah dari kelompok variasi arus 160 Amper.

Pengujian yang ketiga adalah pengujian tarik dan ketangguhan untuk variasi arus pengelasan 160 Amper. Nilai kekuatan tarik dan tegangan luluh untuk kualitas baja karbon rendah mempunyai nilai yang yang paling tinggi diantara variasi arus pengelasan. Nilai untuk perpanjangan dan reduksi penampang kelompok ini lebih rendah dibandingkan kelompok *raw materials* dan lebih tinggi diantara variasi arus pengelasan. Arus pengelasan 160 Amper termasuk dalam interval arus diijinkan untuk elektroda E7018 diameter 3,2 mm, yaitu antara 115 sampai 165 Amper. Pada pengelasan busur terjadi lebih besar dibandingkan arus 140 Amper. Percikan busur terlihat lebih besar dan peleburan elektroda lebih cepat nilai yang dihasilkan dari pengujian tarik untuk kualitas lasan lebih kecil dibandingkan kelompok variasi arus pengelasan yang lain.

Data dari hasil pengujian ketangguhan diketahui bahwa nilai untuk *raw materials* penurunan dibanding dengan variasi arus pengelasan, ini karena panas yang dihasilkan saat pengelasan menyebabkan bahan makin ulet sehingga ketangguhan yang dihasilkan makin tinggi. Nilai ketangguhan untuk 110 Amper lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok spesimen variasi arus pengelasan 140 Amper dan 110 Amper, karena struktur mikro *ferrit acicular* lembut yang berupa bilah-bilah menyilang lebih optimal, sehingga menahan retak yang terjadi. Ini berbanding lurus dengan pernyataan Lancaster (1996), bahwa semakin lembut *ferrit acicular* mempunyai ketangguhan yang semakin tinggi.

5. Kesimpulan

1. Nilai kekuatan tarik dan tegangan luluh untuk spesimen kualitas kekuatan tarik baja pada paduan rendah kelompok pengelasan arus 160 Amper adalah 723,1 MPa. Kekuatan tarik pada benda uji untuk kelompok 140 Amper adalah 714,8 MPa dan Nilai kekuatan tarik untuk kelompok 160 Amper adalah 683,7 MPa.
2. Nilai kekuatan tarik dan tegangan luluh untuk spesimen kekuatan tarik daerah lasan kelompok 110 Amper adalah 621,4 MPa. Nilai tegangan luluh untuk kelompok 140 Amper sebesar 589,4 MPa, Nilai tegangan luluh untuk 160 Amper mengalami penurunan sebesar 555,4 MPa.
3. Nilai reduksi penampang pada kelompok spesimen arus 160 Amper sebesar 67,5 %. Nilai reduksi penampang untuk kelompok lain, semua mengalami penurunan dibandingkan kelompok spesimen arus 160 Amper besarnya reduksi penampang untuk kelompok 110 Amper mengalami penurunan sebesar 52,1 % sedangkan nilai reduksi penampang untuk kelompok 140 Amper mengalami penurunan sebesar 51,7%.

4. Nilai tenaga patah untuk kelompok *raw materials* sebesar 84,3 Joule/mm². Nilai tenaga patah pada kelompok pengelasan mengalami kenaikan terhadap *raw materials*. Kelompok nilai tenaga patah arus 110 Amper sebesar 151,2 Joule/mm² dari *raw materials*. Kelompok nilai tenaga patah arus 140 Amper sebesar 134,7 Joule/mm² dari *raw materials*. Kelompok nilai tenaga patah arus 160 Amper sebesar 130,3 Joule/mm² dari *raw materials*

6. Daftar Kepustakaan

1. Adnyana, 1998, *Optimization of Welding Technology for User*, Yayasan Puncak Sari, Jakarta.
2. Alip, M., 1989, *Teori dan Praktik Las*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
3. Arifin, S. , 1997, *Las Listrik dan Otogen*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
4. ASM, 1989, *Metallurgy and Microstructures*, ASM Handbook Committe, Metal Park, Ohio.
5. Bintoro, A. G., 2005, *Dasar-Dasar Pekerjaan Las*, Kanisius, Yogyakarta.
6. Cary, H. B., 1994, *Modern Welding Technology*, A Simon & Schuster Company, Englewood Cliffs, New Jersey.
7. Kenyon, W., Ginting, D., 1985, *Dasar-Dasar Pengelasan*, Erlangga, Jakarta.
8. Kou, S., 1987, *Welding of Metallurgy*, A Wiley Interscience Publication, University of Winconsin, Kanada.
9. Malau, V., 2003, *Diktat Kuliah Teknologi Pengelasan Logam*, Yogyakarta.
10. Smith, D., 1984, *Welding Skills and Technology*, McGraw-Hill, New York.
11. Sonawan, H., Suratman, R., 2004, *Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam*, Alfa Beta, Bandung.
12. Suharsimi, A., 2002, *Prosedur Penelitian*, Bina Aksara, Jakarta.
13. Suharto, 1991, *Teknologi Pengelasan Logam*, Rineka Cipta, Jakarta.
14. Widharto, S., 2001, *Petunjuk Kerja Las*, Pradnya Paramita, Jakarta.
15. Wiryosumarto, H., 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Erlangga, Jakarta.