



PENGARUH JENIS WELDING GROOVE TERHADAP KEKUATAN IMPACT PLAT BAJA ASTM A36 MENGGUNAKAN MESIN LAS SMAW

Ariyanto^a, Tati Noviati^b

^aFakultas Teknologi Industri/Teknik Mesin, ariyanto@staff.gunadarma.ac.id, Universitas Gunadarma

^bFakultas Teknik Sipil dan Perencanaan/Teknik Sipil, Tatinoviati@staff.gunadarma.ac.id, Universitas Gunadarma

ABSTRACT

Currently, metal joining with welding process is increasingly used, both in building construction, piping, and machine construction. This is due to the many advantages obtained from joining by welding. The use of the right welding groove will also affect the welding results. The purpose of using welding groove is for the place to fill the welding material and can also strengthen the design of the metal joint. Welding groove plays an important role in improving the design and properties of the joint in the welding process. ASTM A36 welding using SMAW welding current 110 A is carried out with Groove variations, namely VGroove, Square Groove, and Bevel Groove and using E6013 electrodes with a diameter of 2.6 mm. The purpose of this study was to determine the strength of SMAW welding joints on ASTM A36 against the Charpy impact test. the required impact charphy effort results (W) are on V Groove of 73.519 J, Square Groove of 67.43 J, and Bevel Groove of 70.485 J. And produces an impact charphy value (K) on V Groove of 0.918 J / mm², on Square Groove of 0.842 J / mm² and on Bevel Groove of 0.881 J / mm². The impact charphy value on V Groove with SMAW welding current of 110 A on ASTM A36 carbon steel is the best with the required impact charphy results (W) namely on V Groove of 73.519 J and the impact charphy value (K) on V Groove of 0.918 J / mm².

Keywords: SMAW Welding, ASTM A36, Charphy Impact Test

ABSTRAK

Saat ini penyambungan logam dengan proses pengelasan semakin banyak digunakan, baik pada konstruksi bangunan, perpipaan, maupun pada konstruksi mesin. Ini disebabkan oleh banyaknya keuntungan yang diperoleh dari penyambungan dengan cara dilas. Penggunaan Groove las yang tepat juga akan mempengaruhi hasil dari pengelasan. Tujuan penggunaan Groove las adalah untuk tempat pengisi bahan lasan juga dapat memperkuat desain sambungan logam. Groove las berperan penting dalam memperbaiki desain maupun sifat dari sambungan pada proses pengelasan. Pengelasan ASTM A36 dengan menggunakan las SMAW arus 110 A dilakukan dengan variasi Groove yaitu VGroove, Square Groove, dan Bevel Groove serta menggunakan elektroda E6013 diameter 2,6 mm. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan sambungan las SMAW pada ASTM A36 terhadap uji *impact charphy*. hasil usaha *impact charphy* yang di butuhkan (W) yaitu pada V Groove sebesar 73,519 J, Square Groove sebesar 67,43 J, dan Bevel Groove sebesar 70,485 J. Dan menghasilkan nilai *impact charphy* (K) pada V Groove sebesar 0,918 J/mm², pada Square Groove sebesar 0,842 J/mm² dan pada Bevel Groove sebesar 0,881 J/mm². Nilai *impact charphy* pada V Groove dengan pengelasan SMAW arus 110 A pada baja karbon ASTM A36 adalah yang paling baik dengan hasil *impact charphy* yang di butuhkan (W) yaitu pada V Groove sebesar 73,519 J dan nilai *impact charphy* (K) pada V Groove sebesar 0,918 J/mm².

Kata Kunci : Las SMAW, ASTM A36, Uji *Impact Charphy*

1. PENDAHULUAN

Saat ini penyambungan logam dengan proses pengelasan semakin banyak digunakan, baik pada konstruksi bangunan, perpipaan, maupun pada konstruksi mesin. Ini disebabkan oleh banyaknya keuntungan yang diperoleh dari penyambungan dengan cara dilas. Luasnya penggunaan pengelasan karena biayanya murah, pelaksanaannya relatif lebih cepat, lebih ringan, kekuatannya tinggi, dan bentuk konstruksinya yang lebih variatif. Faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan meliputi: pemilihan mesin las,

menunjukkan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis groove. ^[1]

Penggunaan Groove las yang tepat juga akan mempengaruhi hasil dari pengelasan. Tujuan penggunaan Groove las adalah untuk tempat pengisi bahan lasan juga dapat memperkuat desain sambungan logam. Groove las berperan penting dalam memperbaiki desain maupun sifat dari sambungan pada proses pengelasan. ^[2]

Proses pengelasan yang pada prinsipnya menyambungkan dua atau lebih komponen, lebih tepat ditunjukkan untuk merakit (assembly) beberapa komponen menjadi suatu bentuk mesin. Komponen yang dirakit mungkin saja berasal dari produk pengecoran, pembentukan atau permesinan, baik dari logam yang sama maupun berbeda-beda. ^[1]

Arus listrik las menjadi salah satu parameter pengelasan busur yang dapat memberikan dampak terhadap kemampuan penembusan dan kecepatan pencairan logam induk. Makin besar arus listrik las yang digunakan akan semakin mampu penembusan kecepatan pencairannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las bila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. ^[2]

Uji impact adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Agar dapat memahami uji impact terlebih dahulu mengamati fenomena yang terjadi terhadap suatu kapal yang berada pada suhu rendah ditengah laut, sehingga menyebabkan materialnya menjadi getas dan mudah patah. Disebabkan laut memiliki banyak beban (tekanan) dari arah manapun. Kemudian kapal tersebut menabrak gunung es, sehingga tegangan yang telah terkonsentrasi disebabkan pembebanan sebelum sehingga menyebabkan kapal tersebut terbelah dua. Dalam Pengujian Mekanik, terdapat perbedaan dalam pemberian jenis beban kepada material.

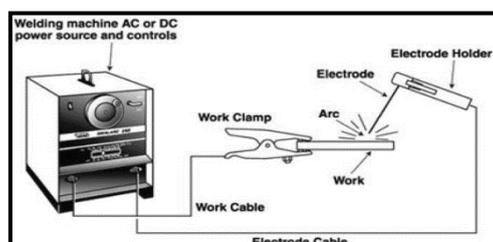
Uji tarik, uji tekan dan uji puntir adalah pengujian yang menggunakan beban statik. Sedangkan uji impact (fatigue) menggunakan jenis beban dinamik. Pada uji impact, digunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Perbedaan dari pembebanan jenis ini dapat dilihat pada strain rate. Pada pembebanan cepat atau disebut dengan beban impact, terjadi proses penyerapan energi yang besar dari energi kinetik suatu beban yang menumbuk ke spesimen. Proses penyerapan energi ini, akan diubah dalam berbagai respon material seperti deformasi plastis, efek histerisis, gesekan, dan efek inersia.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Las SMAW

SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah salah satu jenis pengelasan yang menggunakan loncatan elektron busur listrik sumber panas untuk pencairan. suhu busur dapat mencapai 3300 °C jauh diatas titik lebur baja sehingga dapat mencairkan baja. SMAW dapat menggunakan arus listrik bolak-balik AC (*alternating current*) maupun arus searah DC (*direct current*).

Jika arus bolak-balik yang digunakan tidak ada kutub-kutub, sebaliknya apabila arus searah yang digunakan maka digunakan katup- katup (+) dan kondisi ini disebut polaritas. Terdapat dua jenis polaritas untuk pengelasan yakni polaritas lurus dimana elektroda bermuatan (-) dan bahan induk bermuatan (+) dan polaritas terbalik dimana elektroda bermuatan (+) dan bahan induk bermuatan (-).^[5]



Gambar 2.1 Mesin Las SMAW

Pengelasan SMAW memiliki beberapa keunggulan diantaranya:

1. Pengelasan dapat dipakai disemua material.
2. Dapat dihasilkan hasil las yang bagus dan bermutu/berkualitas tinggi pada bahan *non ferrous* dan *ferrous*.
3. Pengelasan SMAW sangat cocok dipakai pada pengelasan dilapangan karena fleksibilitasnya tinggi.
4. Dapat dikerjakan pada ketebalan material berapapun.
5. Biaya material pengisi/elektroda rendah.

Sedangkan kekurangan dari metode pengelasan ini diantaranya:

1. Efisiensi kecepatan las SMAW rendah.
2. Dibandingkan dengan proses las lainnya, laju pengisian lambat.
3. Pada *low hydrogen* elektroda perlu penyimpanan khusus yaitu harus dipanaskan sebelum digunakan.
4. Efisiensi edapan rendah dan rentan terjadi cacat las *porosity* dan *slag inclusion*.

2.2 Proses Pengelasan SMAW

Pengelasan ini bisa menggunakan arus bolak-balik ataupun arus searah, dimana pemilihan tergantung pada jenis logam yang dilas. Arus searah polaritas, langsung digunakan untuk pengelasan baja, besi cor, paduan tembaga dan baja tahan karat.

sedangkan polaritas terbalik jarang digunakan.

Pengelasan arus bolak-balik banyak digunakan untuk pengelasan aluminium, magnesium, besi cor dan beberapa jenis logam lainnya. Proses ini banyak dilakukan untuk pengelasan pelat tipis karena biayanya akan mahal jika digunakan untuk pengelasan pelat tebal proses pengelasan bisa dilakukan secara manual atau otomatis. Filler metal ditambahkan ke dalam daerah las dengan cara mengumpankan sebatang kawat polos. Teknik pengelasan ini mirip dengan proses las *oxyfuel gas welding* atau OAW, tetapi pada SMAW pekerjaan manual dengan peralatan meliputi Mesin las, kabel elektroda kabel massa dan elektroda.

Elektroda dan system kerja adalah bagian dari rangkaian listrik. Rangkaian dimulai dengan sumber daya listrik dan kabel termasuk pengelasan, pemegang elektroda, sambungan benda kerja, benda kerja (*Weldment*), dan elektroda las. Salah satu dari dua kabel dari sumber listrik terpasang ke bekerja, selebihnya melekat pada pemegang elektroda, Sebagaimana dalam AWS (*American Welding Society*),

Prinsip dari SMAW adalah menggunakan panas dari busur untuk mencairkan logam dasar dan ujung sebuah consumable elektroda terbungkus dengan tegangan listrik yang dipakai 23-45 Volt dan untuk pencairan digunakan arus listrik hingga 500 ampere yang umum digunakan berkisar antara 80–200 ampere. Dalam proses SMAW dapat terjadi oksidasi, hal ini perlu dicegah karena oksidasi metal merupakan senyawa yang tidak mempunyai kekuatan mekanis. Adapun untuk mencegah hal tersebut maka bahan penambah las dilindungi dengan selapis zat pelindung yang disebut *flux* atau *slag* yang ikut mencair ketika pengelasan. Tetapi karena berat jenisnya lebih ringan dari bahan metal yang dicairkan, cairan flux akan mengapung diatas cairan metal, sekaligus mengisolasi metal tersebut sehingga tidak beroksidasi dengan udara luar. Sewaktu membeku, *flux* akan ikut membeku dan tetap melindungi metal dari reaksi oksidasi titik lebur dan sekering sebagian logam dasar dan terus menambahkan logam pengisi. Saat busur menjadi sumber panas dengan suhu di atas (3300 ° C), pencairan logam dasar terjadi hampir seketika. Jika pengelasan dilakukan baik dalam posisi datar atau horizontal, transfer logam disebabkan oleh gaya gravitasi, ekspansi gas, listrik dan kekuatan elektromagnetik, dan tegangan permukaan. Sedangkan pada posisi las yang lain, gravitasi bekerja terhadap kekuatan lain.^[1]

2.3 Prosedur Pengelasan

Hal yang perlu dilakukan ketika merangkai cara las SMAW sesuai standar operasional prosedur (SOP) adalah:

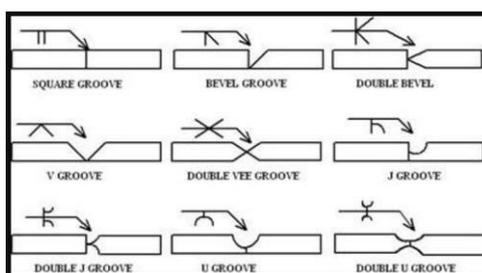
1. Menyiapkan material yang akan dilas digabungkan, alat keselamatan dalam pekerjaan las.
2. Memasang elektroda pada kutub positif dan negative pada mesin las SMAW.
3. Menyetting mesin las SMAW.
4. Melakukan pengelasan sesuai garis pada plat atau alur dalam pekerjaan.
5. Membuang sisa terak pada hasil pengelasan dengan menggunakan palu terak.
6. Cek hasil pengelasan apakah sudah sesuai,apabila sesuai lanjutkan kepenghalusan hasil pengelasan, dan apabila belum selesai ulang kembali setting pada mesin las dan pengerjaan ulang pengelasan.
7. Melakukan penghalusan pada hasil pengelasan dengan menggunakan gerinda, dengan catatan tidak sampai merusak hasil pengelasan.
8. Membersihkan kembali area kerja dari terak dan kotoran lain akibat pekerjaan pengelasan.
9. Merapihkan dan menyimpan kembali alat-alat yang digunakan dalam melakukan pengelasan.

2.4 Jenis Sambungan

Jenis Sambungan Pengelasan adalah tipe sambungan material atau plat yang digunakan untuk proses pengelasan.jenis sambungan las mempunyai beberapa macam yang menjadi jenis sambungan utama yaitu ^[6]

1. Butt Joint

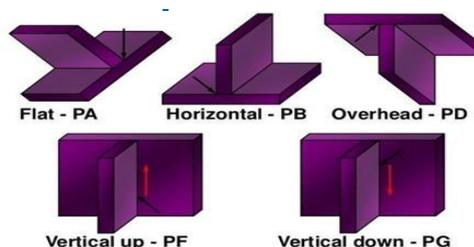
Sambungan butt joint adalah jenis sambungan tumpul, dalam aplikasinya jenis sambungan ini terdapat berbagai macam jenis kampuh atau *groove* yaitu *V groove* (kampuh V), *single bevel*, *J groove*, *U Groove*, Square Groove untuk melihat macam macam kampuh las lebih detail silahkan lihat gambar berikut ini.



Gambar 2.2 Sambungan Butt Joint

2. T Joint

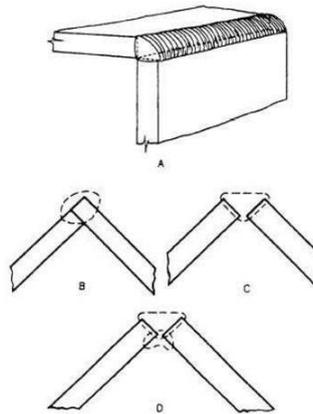
T Joint adalah jenis sambungan yang berbentuk seperti huruf T, tipe sambungan ini banyak diaplikasikan untuk pembuatan konstruksi atap, konveyor dan jenis konstruksi lainnya. Untuk tipe *groove* juga terkadang digunakan untuk sambungan T adalah *double bevel*, namun hal tersebut sangat jarang kecuali pelat atau materialnya sangat tebal. Berikut ini gambar sambungan T pada pengelasan. ^[6]



Gambar 2.3 Sambungan T Joint

3. Corner Joint

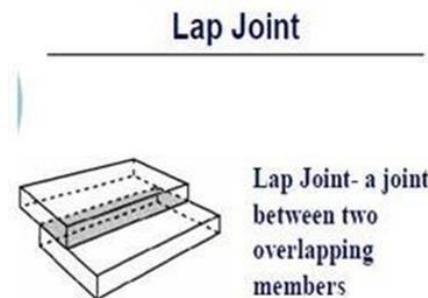
Corner Joint mempunyai desain sambungan yang hampir sama dengan T Joint, namun yang membedakannya adalah letak dari materialnya. Pada sambungan ini materialnya yang disambung adalah bagian ujung dengan ujung. Ada dua jenis corner joint, yaitu *close* dan *open*. Untuk detailnya silahkan lihat pada gambar di bawah ini. [6]



Gambar 2.4 Sambungan Corner Join

4. Lap Joint

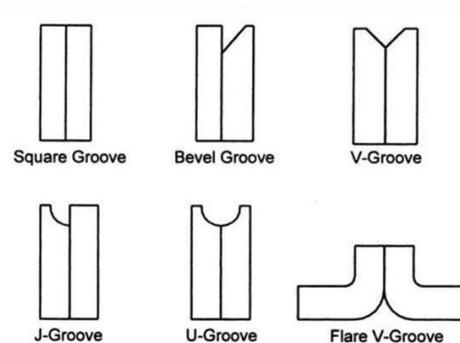
Tipe sambungan las yang sering digunakan untuk pengelasan *spot* atau *seam*. Karena materialnya ini ditumpuk atau disusun sehingga sering digunakan untuk aplikasi pada bagian body kereta dan cenderung untuk plat-plat tipis. Jika menggunakan proses las SMAW, GMAW atau FCAW pengelasannya sama dengan sambungan *fillet*. [6]



Gambar 2.5 Sambungan Lap Joint

5. Edge Joint

Merupakan sambungan di mana kedua benda kerja sejajar satu sama lain dengan catatan salah satu ujung dari kedua benda kerja tersebut berada pada tingkat yang sama. [6]

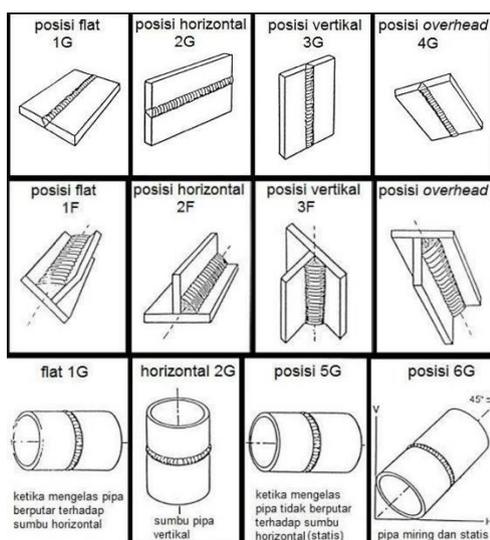


Gambar 2.6 Sambungan Edge Join

2.5 Posisi Pengelasan

Posisi Pengelasan adalah jenis atau posisi sambungan yang akan dilakukan pengelasan, posisi pengelasan ini dilakukan berdasarkan material atau produk yang akan dilas. Dalam teknologi pengelasan, semua itu ada pengkodeannya berdasarkan jenis sambungan. Untuk sambungan *fillet* maka disimbolkan dengan posisi 1F, 2F, 3F dan 4F, sedangkan untuk sambungan *groove* atau *bevel* maka disimbolkan dengan 1G, 2G, 3G dan 4G. [6]

Jenis jenis Posisi pengelasan pada pipa pun juga berbeda, untuk Pipa biasanya menggunakan jenis sambungan *groove* oleh karena itu pada Pipa disimbolkan dengan 1G, 2G, 5G dan 6G. Namun pada Pipa juga terkadang disambung dengan plat. [6]. Adapun secara spesifik dapat dilihat pada gambar dibawah



Gambar 2.7 Posisi Pengelasan

2.6 Elektroda

Elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (*American Welding Society*) dinyatakan dengan tanda Exxx yang artinya sebagai berikut. E menyatakan elektroda, xx (dua angka) sesudah E menyatakan kekuatan Tarik deposit dalam rinuam lb/in^2 , berikut tabel:

Tabel 2.1 Kekuatan Tarik Menurut AWS

Klarifikasi	Kekuatan Tarik	
	lb/in^2	Kg/mm^2
E 60 XX	60.000	42
E 70 XX	70.000	49
E 80 XX	80.000	56
E 90 XX	90.000	63
E 100 XX	100.000	70
E 110 XX	110.000	77
E 120 XX	120.000	84

Keterangan:

- E adalah elektroda
- Angka pertama dan kedua adalah kekuatan tarik
- Angka X (pertama) adalah menyatakan posisi pengelasan
- Angka X (kedua) adalah menyatakan jenis selaput dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan

Besar arus listrik untuk pengelasan tergantung pada ukuran diameter dan macam-macam elektroda las. Tabel berikut adalah besar ampere pengelasan untuk bermacam-macam ukuran diameter elektroda dan beberapa tipe elektroda.

Tabel 2.2 Arus Listrik Baja Lunak

Diameter Elektroda		Arus (Ampere) Tipe Elektroda					
Inci (1)	Mm (2)	E6010 (3)	E6014 (4)	E7018 (5)	E7024 (6)	E7027 (7)	E7028 (8)
3/32	2,5		80-125	70-100	100-145		
1/8	3,2	60-120	110-160	115-165	140-190	125-185	140-190
5/32	4	120-160	150-210	150-220	180-250	160-240	180-250
3/16	5	150-200	200-275	200-275	230-305	210-300	230-305
7/32	5,6		260-340	260-340	275-285	250-350	275-365
¼	6,3		330-415	315-400	335-430	300-420	335-430
5/16	8		390-500	375-470			

2.7 Kampuh Las

Untuk menghasilkan kualitas sambungan las yang baik, salah satu faktor yang harus diperhatikan yaitu kampuh las. Kampuh las ini berguna untuk menampung bahan pengisi agar lebih banyak yang melekat pada benda kerja, dengan demikian kekuatan las akan terjamin. Untuk kampuh-kampuh las pada saat pembakarannya dapat mengisi pada seluruh tebalnya plat. Sebelum pengelasan dilaksanakan kampuh las harus melalui proses pengerjaan awal, karat, minyak, cat harus dihilangkan untuk memperoleh pembakaran yang baik, pada kampuh V dipakai elektroda dengan diameter yang kecil atau sesuai dengan besar sudut kampuh dan tebal plat yang akan dilas. ^[4]

Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan jenis kampuh adalah:

1. Ketebalan benda kerja.
2. Jenis benda kerja.
3. Kekuatan yang diinginkan.
4. osisi pengelasan.

Kampuh V digunakan untuk menyambung logam/plat yang tebalnya antara 6-16 mm, dimana sambungan ini terdiri dari sambungan kampuh V terbuka dan tertutup. Kampuh V terbuka digunakan untuk menyambung logam/plat yang tebalnya 6-16 mm dengan sudut kampuh 30°-80° dan jarak/celah kampuh sekitar 2 mm serta tinggi dasar sampai sudut kampuh 1-2 mm. Pada waktu mengelas kampuh V terbuka diberi plat penahan cairan sepanjang kampuh yang gunanya untuk mencegah cairan bertumpuk disebelah bawah kampuh dan plat penahan tersebut dapat dibuka bila diperlukan. 14 Sambungan kampuh V tertutup digunakan untuk menyambung logam/plat yang tebalnya 8-16 mm dengan sudut kampuh dan tinggi dari dasar sampai dasar sudut kampuh dibuat sama dengan sambungan kampuh V terbuka, Sambungan Kampuh I dipakai pada ketebalan 3 mm -4 mm. Kampuh tirus memerlukan persiapan yang tidak sebanyak kampuh V. Penirusan dilakukan hanya pada satu bagian saja sedangkan pada bagian lain yang akan dilas dibiarkan dalam bentuknya. Desain ini memerlukan tingkat endapan las yang lebih sedikit dibandingkan kampuh V dengan kekuatan las yang baik, Kampuh Tirus tunggal dipakai pada ketebalan 5 mm -20mm.

2.8 Baja Karbon

Baja karbon tersusun dari unsur besi dan karbon. Karbon merupakan unsur pengeeras besi yang efektif dan murah, oleh karena itu umumnya sebagian besar baja hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lainnya. Baja karbon digolongkan menjadi tiga bagian, yaitu : ^[4]

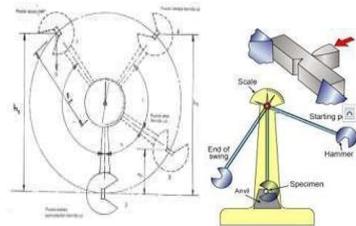
1. Baja Karbon Rendah
 - 1) Mengandung kandungan karbon < 0,25%.
 - 2) Struktur didominasi oleh ferit dan sedikit perlit.
 - 3) Mempunyai keuletan yang tinggi dan mudah di-matchining.
 - 4) Tidak responsif terhadap perlakuan panas yang bertujuan membentuk martensit.
 - 5) Mempunyai nilai kekerasan rendah.
 - 6) Aplikasinya digunakan sebagai pagar pintu rumah, body mobil, dan pipa saluran.
2. Baja Karbon Menengah
 - 1) Struktur didominasi oleh ferit dan sedikit perlit.
 - 2) Mempunyai keuletan yang tinggi dan mudah di-matchining.
 - 3) Tidak responsif terhadap perlakuan panas yang bertujuan membentuk martensit.
 - 4) Mempunyai nilai kekerasan rendah.
 - 5) Aplikasinya digunakan sebagai pagar pintu rumah, body mobil, dan pipa saluran.
 - 6) Mengandung kandungan karbon 0,25% - 0,6%
 - 7) Dapat dinaikan sifat mekaniknya melalui perlakuan panas austenizing, quenching dan tempering
 - 8) Lebih kuat dari karbon rendah
 - 9) Lebih sulit untuk dibengkokkan, dilas dan dipotong daripada baja karbon rendah
 - 10) Aplikasinya digunakan sebagai bahan baku pembuatan perangkat mesin seperti roda gigi, poros dan crankshaft
- 11) Baja Karbon Tinggi

- 12) Mengandung kandungan karbon 0,6% - 1,7%.
- 13) Lebih kuat, lebih keras, lebih getas daripada baja karbon menengah
- 14) Lebih sulit untuk dibengkokkan, dilas dan dipotong daripada baja karbon menengah
- 15) Aplikasinya digunakan untuk gergaji, perkakas potong, pisau cukur pegas dan rel kereta api

2.9 Uji Impact

Pada pengujian ini adalah suatu bahan uji yang ditakik, dipukul oleh pendulum (godam) yang mengayun. Dengan digunakan untuk mengetahui kegetasan atau keuletan suatu bahan (*specimen*) yang akan diuji dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda yang akan diuji secara statik. Cara ini dapat dilakukan dengan *charpy* atau cara *izod*.^[5]

Pada pengujian kegetasan bahan dengan cara *impact charpy*, pendulum diarahkan pada bagian belakang takik dari batang uji. Sedangkan pada pengujian *impact cara izod* adalah pukulan pendulum diarahkan pada jarak 22 mm dari penjepit dan takikannya menghadap pada pendulum.^[5]



Gambar 2.8 Prinsip Dasar Mesin Uji Impact

Apabila pendulum dengan berat G dan pada kedudukan h_1 dilepaskan, maka akan mengayun sampai kedudukan posisi akhir 4 pada ketinggian h_2 yang juga hampir sama dengan tinggi semula (h_1), dimana pendulum mengayun bebas. Pada mesin uji yang baik, skala akan menunjukkan usaha lebih dari 0,5 Joule (J) pada saat pendulum mencapai kedudukan 4.^[5]

Apabila batang uji dipasang pada kedudukannya dan pendulum dilepaskan, maka pendulum akan memukul batang uji dan selanjutnya pendulum akan mengayun sampai kedudukan 3 pada ketinggian h_2 . Usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau usaha yang diserap benda uji sampai patah dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut :

$$W_1 = G \cdot h_1 \cdot g \dots\dots\dots (1)$$

Atau

$$W_1 = G \cdot \lambda(1 - \cos \alpha) \cdot g \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- W_1 = usaha yang dilakukan (Joule) G = berat pendulum (kg)
- h_1 = jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m)
- λ = jarak lengkung ayunan (m) $\cos \alpha$ = sudut posisi awal pendulum

Sedangkan sisa usaha setelah mematahkan benda uji dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut :

$$W_2 = G \cdot h_2 \cdot g \dots\dots\dots (3)$$

Atau

$$W_2 = G \cdot \lambda(1 - \cos \beta) \cdot g \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- W_2 = sisa usaha yang dilakukan (Joule)
- h_2 = jarak akhir antara pendulum dengan benda uji (m)
- $\cos \beta$ = sudut posisi akhir pendulum

Besarnya usaha yang diperlukan untuk memukul patah benda uji dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut :

$$W = W_1 - W_2 \dots\dots\dots (5)$$

Atau

$$W = G \cdot \lambda(\cos \beta - \cos \alpha) \cdot g \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

W = usaha yang dibutuhkan untuk mematahkan benda uji (Joule)

Dan besarnya harga *impact* dapat diketahui dari rumus berikut ini.

$$K = W/A_o \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

K = nilai *impact* (Joule /mm²)

W = usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji (Joule)

A_o = luas penampang di bawah takikan (mm²)

Besar energi (W₁) pada setiap sudut ayun dapat diketahui dari data pada tabel berikut ini^[3].

Tabel 2.3 Besar Energi (W₁) Pada Setiap Ayun

Besar Sudut (α)	Energi (W ₁) (Kg M)	Energi (W ₁) (Joule)
10°	0,0768	0,768
20°	0,292	2,92
30°	0,6432	6,432
40°	1,1232	11,232
50°	1,7184	17,184
60°	2,4	24
70°	3,1584	31,584
80°	3,9667	39,667
90°	4,8	48
100°	5,6332	56,332
110°	6,4416	64,416
120°	7,2	72
130°	7,8816	78,816
140°	8,4768	84,768

Sedangkan sisa usaha (W2) pada setiap sudut ayun dapat diketahui dari data pada tabel berikut ini^[5].

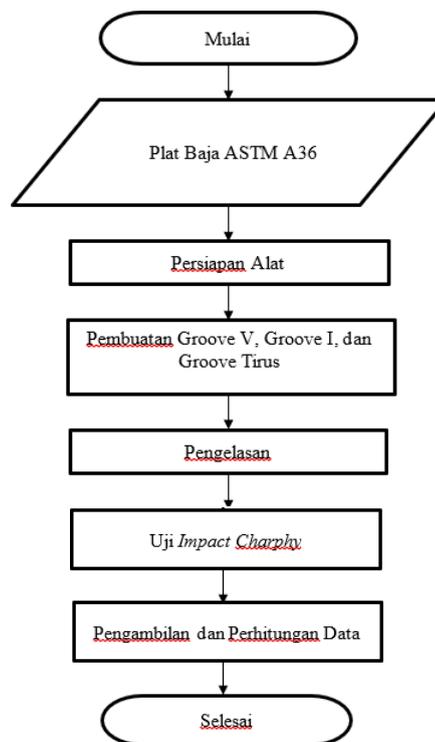
Tabel 2.4 Sisa Usaha (W2) Pada Setiap Ayun

Besar Sudut (β)	Sisa Usaha (W2) (kg/m)	Sisa Usaha (W2) (J)
10°	0,0768	0,768
15°	0,168	1,68
20°	0,292	2,92

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Berikut ini merupakan diagram alir atau Flowchart Pengelasan untuk pengelasan ASTM A36 dan Uji *Impact Charpy*.



Gambar 3.1 Diagram Pengelasan dan Pengujian *Impact Charpy*

3.2 Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan adalah plat baja karbon ASTM A36 dengan ukuran awal 40 cm x 10 cm dan dipotong menjadi ukuran menjadi 20 cm x 10 cm.



Gambar 3.2 Plat Baja Karbon ASTM A36 Sedangkan sifat mekanis dari material yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Mechanical Properties ASTM A36

Product	Shapes ^a	Plates ^b				
		To ¼ [20], incl	Over ¼ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 2½ [40 to 65], incl	Over 2½ to 4 [65 to 100], incl	Over 4 [100]
Thickness, in. [mm]	All					
Carbon, max, %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29
Manganese, %	0.80-1.20	0.80-1.20	0.85-1.20	0.85-1.20
Phosphorus, max, %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max, %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40
Copper, min, % when copper steel is specified	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

Elektroda yang digunakan untuk mengelas spesimen adalah elektroda E6013. Elektroda E6013 dapat digunakan pada sebuah mesin las dengan menggunakan sebuah arus AC atau *alternating current* dan juga DC atau *direct current*, dengan seluruh macam posisi pengelasan. Kekuatan daripada tegangan tarik kawat ini hingga mencapai sebesar 60.000 psi.

Tabel 3.2 Spesifikasi Eletkroda E6013

AWS Classification	Current	Type of Covering	Arc Type	Min. Tensile Strength (MPa)	Min. Yield Strength (MPa)	Elongation (%)
E6013	AC and DC	Rutile Potassium	Light	460	380	17
E7016	AC and DCEP	Low hydrogen potassium	Medium	500	420	22

3.3 Persiapan Alat

Alat yang disiapkan untuk mengelas aluminium adalah sebagai berikut:

1. Mesin Las SMAW
2. Sisir kawat untuk membersihkan hasil pengelasan
3. Kabel Elektroda
4. Palu las untuk membersihkan *slag* yang keras
5. Jangka sorong untuk mengukur ketebalan plat sebelum dilas
6. Kabel massa untuk mengalirkan arus listrik dari mesin las ke meja las
7. Topeng las untuk melindungi wajah dari percikan las, panas dan sinar las agar tidak mengenai mata
8. Sarung tangan las untuk melindungi tangan selama mengelas
9. Gerinda untuk menghaluskan hasil pengelasan.

3.4 Proses Pengelasan

Sebelum dilakukan pengelasan material ASTM A36 dibuatkan *V groove* dengan sudut 30 derajat setiap sisi material, pembuatan *square groove* dengan cara meratakan masing masing sisi pada bagian material yang akan di las, dan pembuatan *bevel groove* dengan cara membuat tirus dengan sudut 30° pada satu sisi dan meratakan bagian sisi material lainnya.



Gambar 3.3 Proses Pembuatan *Groove*

Setelah pembuatan Groove V, Groove I dan Groove Tirus dilakukan pengelasan pada material ASTM A36 yang telah di buat groove menggunakan elektroda E 6013 dengan arus listrik pada mesin las SMAW yaitu : 110 A, dilakukan pengelasan dengan 3 layer.



Gambar 3.4 Proses Pengelasan

Setelah proses pembuatan kampuh V tunggal, Tirus Tunggal dan Tirus ganda selesai selanjutnya dilakukan proses pengelasan pada arus 100 ampere dengan polaritas DCEP (direct current elektroda positive). Hasil pengelasan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3.5 Hasil Pengelasan

3.5 Uji *Impact Charpy*

Pengujian *impact Charpy* digunakan untuk mengetahui kekuatan dari sambungan plat Alumunium 5052, kekuatan yang akan ditinjau adalah patah getas dan patah ulet. Spesifikasi mesin *impact charpy* adalah sebagai berikut.

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Uji *Impact Charpy*

Jenis alat uji	Impact Charpy
Kapasitas	215 Joule
Berat pendulum	16 kg
Jarak titik ayun dengan titik pukul	1200 mm = 1.2 m
Posisi awal pemukulan	140°
Sudut pisau pemukul	45°
Dimensi alat uji	1150 mm × 800 mm × 500 mm
Standar bahan uji	Material ferro dan non ferro yang memiliki sifat getas (brittleness) yang tinggi dan tidak dapat menguji material dengan sifat mekanik keuletan yang tinggi



Gambar 3.3 Alat Uji *Impact Charpy*

Pengujian *impact charphy* digunakan untuk mengetahui kekuatan dari sambungan plat baja ASTM A36, kekuatan yang akan ditinjau adalah patah getas dan patah ulet. Langkah-langkah pengujian *Impact charphy* adalah sebagai berikut:

1. Siapkan tiga material yang telah di lakukan proses V Groove, Square Groove dan Bevel Groove dengan pengelasan arus 110 A.
2. Menghaluskan permukaan material dengan kertas gosok, untuk menghindari kotoran pada material saat pengujian.
3. Membuat takik pada material yang akan di uji impact.
4. Melakukan pemasangan material satu- persatu pada alat uji *Impact charphy* dan melakukan pengujian.

4. PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perhitungan Uji *Impact Charpy*

Tujuan *impact charphy* ini untuk membandingkan besarnya usaha (W) dan nilai *impact charphy* (K) pada material yang telah di buat V Groove, Square Groove dan Bevel Groove dengan pengelasan SMAW arus 110 A. Untuk contoh perhitungan yaitu hasil impact V Groove:

1. Usaha (W)

$$W = G \times \lambda(\cos \beta - \cos \alpha) \times g \text{ (Joule)}$$

$$W = 16 \times 1,2 (\cos 67^\circ - \cos 90^\circ) \times 9,8$$

$$W = 16 \times 1,2 (0,39 - 0) \times 9,8$$

$$W = 16 \times 0,468 \times 9,8$$

$$W = 73,519 \text{ J}$$

2.

$$K = \frac{W}{A_0}$$

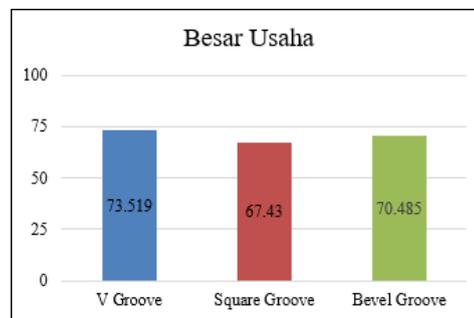
$$K = \frac{73,519}{80}$$

$$K = 0,918 \text{ J/mm}^2$$

Sedangkan keseluruhan hasil perhitungan uji *impact charpy* dirangkum kedalam tabel sebagai berikut.

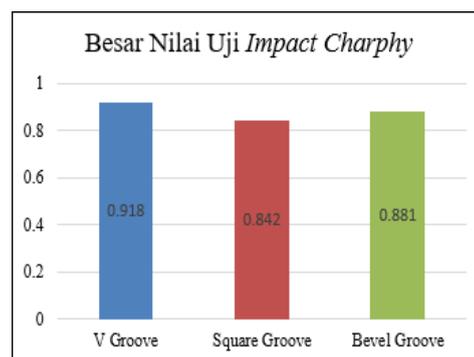
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Uji *Impact Charpy*

Data	Hasil Material ASTM A36		
	V Groogve	Square Groove	Bevel Gr
Berat Pendulu,(G)	16 kg	16 kg	16 kg
Panjang Lengan Ayun (λ)	1,2 mm	1,2 mm	1,2 mm
Luas Benda Uji (A_0)	80 mm ²	80 mm ²	80 mm ²
Sudut Awal (α)	90°	90°	90°
Sudut Akhir (β)	67°	69°	68°
Usaha yang Dibutuhkan (W)	73,519 J	67,43 J	70,485 J
Nilai <i>Impact Charpy</i> (K)	0,9180 J/mm ²	0,842 J/mm ²	0,8810 J/mm ²



Gambar 4.1 Grafik Besar Usaha yang Dibutuhkan Uji *Impact Charpy*

Pada dilakukan proses pengolahan data besar usaha yang dibutuhkan uji *impact charpy* seperti Grafik Usaha yang di butuhkan (W). Hasil dari grafik menunjukkan bahwa *V Groove* semakin besar usaha yang dibutuhkan pada uji *impact charpy* lebih baik di bandingkan *Bevel Groove* dan *Square Groove*.



Gambar 4.2 Grafik Besar Nilai Uji *Impact Charpy*

Pada dilakukan proses pengolahan data besar nilai uji *impact charpy* seperti Grafik diatas. Hasil dari grafik menunjukkan bahwa *V Groove* semakin besar nilai pada uji *impact charpy* lebih baik di bandingkan *Bevel Groove* dan *Square Groove*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengelasan *V groove*, *Square Groove*, *Bevel Groove* dan pengujian *impact charpy* yang

telah dilakukan dari pembahasan yang ada pada Penulisan Ilmiah ini dapat dibuat kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Hasil usaha *impact charphy* yang dibutuhkan (W) yaitu pada V Groove sebesar 73,519 J, Square Groove sebesar 67,43 J dan Bevel Groove sebesar 70,485 J. Nilai *impact charphy* (K) yang dihasilkan pada V Groove sebesar 0,918 J/mm², Square Groove sebesar 0,842 J/mm² dan Bevel Groove sebesar 0,881 J/mm².
2. Nilai *impact charphy* pada V Groove dengan pengelasan SMAW arus 110 A pada baja karbon ASTM A36 adalah yang paling baik dengan hasil *impact charphy* yang di butuhkan (W) yaitu pada V Groove sebesar 73,519 J dan nilai *impact charphy* (K) pada V Groove sebesar 0,918 J/mm².

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hamdani, 2019, Pengaruh Masukan Panas Proses Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Baja Aisi 1045: Suatu Kajian Eksperimental Dan Analisa Numerik. Jurnal Polimesin, Vol. 17. No. 1. 2019. P3M Politeknik Negeri Lhokseumawe Awal Syahrani, Alimuddin Sam, Chairulnas. (2013). Variasi Arus Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Pada Hasil Pengelasan. Jurnal Mekanikal, 18(2), 393-402.
- [2] Ismah Fawaiz, 2017, Analisis pengaruh kekerasan , kekuatan impak dan struktur mikro dengan proses laju panas pada baja karbon AISI 1050, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Khotasa Al Syujuan M, Analisa pengaruh variasi arus dan bentuk kampuh pada pengelasan SMAW terhadap kekuatan impact sambungan *butt joint* pada plat baja A36
- [4] V. A. Setyowati and S. Suheni, "Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan Pada Material Austenitic Stainless Steel 304 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Strukturmakro," J. IPTEK, vol. 20, no. 2, p. 29, Dec. 2016.
- [5] Modul Praktikum Material Teknik 2021 Universitas Gunadarma