



ANALISIS PENGARUH VARIASI ARUS DAN KAMPUH PENGELASAN SMAW PADA PIPA BAJA KARBON ASTM A106 TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN IMPAK

Haikal Alafta Rusfandi (Mahasiswa), Maula Nafi (Dosen Pembimbing)

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: ikal.afta10@gmail.com

ABSTRAK

Pengelasan merupakan teknik penyambungan antara bagian logam dasar dan logam pengisi yang dilebur atau tanpa tekanan dan ataupun tanpa bahan pengisi untuk membuat sambungan yang menerus. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis Pengaruh fluks las SMAW dan variasi lapisan terhadap kekerasan dan kekuatan impact pipa baja karbon ASTM A106 dianalisis. Material yang digunakan adalah pipa baja karbon ASTM A106 berdiameter 6 inci dan tebal 10 mm. Proses pengelasan dilakukan dengan las SMAW (Shield Metal Arc Welding) dengan elektroda E7016 dengan posisi pengelasan 6G. Dalam Penelitian ini menggunakan variasi arus 60 A, 80 A dan 100 A dan kampuh V 60°, K 30°, X 60°. Setelah itu melakukan pengujian kekerasan Rockwell skala C dengan indentor kerucut intan 120° untuk dapat mengetahui sifat kekerasan dan Selanjutnya dilakukan pengujian impact metode Charpy untuk mengetahui Pipa baja karbon ASTM A106 memiliki karakteristik ketangguhan. pengelasan SMAW. Dari hasil uji kekerasan, Kekerasan tertinggi terdapat pada Arus 100A kampuh K dengan nilai kekerasan 56,25 HRC di Base Metal, 58,75 HRC di HAZ, 60 HRC di Weld Metal sedangkan Arus 60A kampuh X mendapatkan nilai Kekerasan terendah yaitu sebesar 48,5 HRC di Base Metal, 49 HRC di HAZ, 45 HRC di Weld Metal dan Dari hasil uji impact menunjukkan bahwa nilai Nilai tumbukan tertinggi terdapat pada varian saat ini 60 A pada lapisan V dengan frekuensi tumbukan 0,11 J/mm² dan nilai tumbukan terendah pada varian saat ini 100 A pada lapisan K dengan laju tumbukan 0,01 J/mm². Dari hasil uji kekerasan disimpulkan bahwa peningkatan fluktuasi arus pengelasan meningkatkan sifat kekerasan material setelah pengelasan, dan dari hasil uji impact dapat disimpulkan bahwa semakin besar fluktuasi arus pengelasan, semakin tinggi arus pengelasan, semakin kontinu fluktuasi arus pengelasan. Bahan ASTM A106 dalam pipa baja karbon.

Kata kunci : Ketangguhan, Pengelasan SMAW, Pipa Baja karbon ASTM A106, Sifat Kekerasan, Variasi Arus Pengelasan

ABSTRACT

Welding is a metal joining technique A permanent bond is formed by melting a portion of the base and filler metals with or either under pressure or with filler metal. Analysis of the effects of SMAW welding current and seam variations on the hardness and impact strength of ASTM A106 carbon steel pipes was the main goal of this study. The material used is ASTM A106 carbon steel tubing, 6 inches in diameter and 10 mm thick. The welding process uses SMAW (Shield Metal Arc Welding) welding with an E7016 electrode with a 6G welding position. In this study using a variation of current 60 A, 80 A and 100 A and seam V 60°, K 30°, X 60°. Furthermore, the Rockwell hardness test was carried out on the C scale with a 120° diamond cone indenter to determine the hardness properties. Furthermore, the Charpy method impact test was carried out to determine the toughness properties of ASTM A106 carbon steel pipes as a result of SMAW welding. The hardest substance was discovered based on the results of the testing for hardness Arus 100A-Bead K with a base metal hardness of 56.25 HRC, a HAZ hardness of 58.75 HRC and a weld metal hardness of 60 HRC. On the other hand, Flow 60A-Bead X has a base material with a minimum hardness value of 48.5 HRC, 49 HRC in HAZ, 45 HRC in Weld Metal and from the impact test results The highest impact value is found for a current swing of 60 A using a V-seam Impact number is 0.11 J/mm², impact value is minimal of 0.01 J/ is found for a current swing of 100 A using Kanpu K indicates that mm². mm². From the results of the hardness test, it can be concluded that the hardness properties of the material after welding increase as the change in welding current, from the impact test findings and increases, the greater the change in welding current, the greater the hardness of the material after welding. It can be concluded that the hardness properties of Harder than ASTM A106 carbon steel tube material.

Keywords : *ASTM A106 Carbon Steel Pipe, Changes Of Welding Current, Hardness Properties, SMAW Welding, Toughness.*

PENDAHULUAN

Dalam industri gas serta minyak, ASTM A106 atau pipa tanpa sambungan berguna untuk sarana untuk mendistribusikan aliran gas serta minyak dari kilang dengan pemrosesan sampai berubah menjadi minyak dan gas di tangki penyimpanan terakhir yang dapat dijual. Pipa dalam saluran pipa harus bisa menahan suhu serta tekanan tinggi; jika tidak, mereka tidak digunakan dengan benar dan dapat mengakibatkan kecelakaan di tempat kerja.

Pengelasan ialah metode penyambungan logam yang melibatkan peleburan beberapa logam dasar serta logam pengisi di bawah tekanan atau tidak, dan untuk membuat sambungan menerus, dengan atau tanpa logam pengisi. (Hery Sonawan 2006).

Agar menghasilkan sambungan las yang baik diperlukan pengetahuan tentang bahan dan proses serta teknik pengelasan. Tidak semua jenis logam mudah dilas, tetapi ada beberapa faktor seperti las dan arus listrik

yang perlu dipertimbangkan. Kampuh las ini digunakan agar menyesuaikan pengisi ke benda kerja. Karena sambungan las akan menanggung beban, penting untuk mengidentifikasi jenis sambungan sebelum memulai pengelasan. Arus memiliki pengaruh yang signifikan pada proses las busur. Ukuran dan bentuk endapan penetrasi dan las dapat dipengaruhi oleh jumlah arus yang digunakan dalam proses pengelasan, yang juga dapat berdampak pada sifat mekanik seperti kekuatan dan kekerasan tarik. Kerapuhan hasil pengelasan sehingga dapat mempengaruhi sifat mekanik kekuatan Tarik, kekerasan, serta kerapuhan dari hasil pengelasan.

Oleh sebab itu, penulis melaksanakan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh fluktuasi 60A, 80A, 100 ampere dan kampuh pengelasan V, K, X terhadap kekerasan dan kekuatan impak pada pipa ASTM A106 hasil Pengelasan SMAW.

Baja Karbon

Baja karbon ialah bahan logam yang

dibentuk dengan Fe sebagai unsur utama, serta unsur ke 2 yang mempengaruhi sifatnya karbon, dan unsur lainnya dipengaruhi oleh rasio unsur. Saat menggunakan alat Amanto, perlu menggunakan paduan baja karbon, Saat menggunakan alat Amanto, baja harus mengandung karbon dalam jumlah tertentu. (1999).

Semakin tinggi paduan karbon dalam Fe, semakin rendah titik didih titik lelehnya. Oleh karena itu, Penambahan elemen karbon pada baja berpengaruh signifikan terhadap kekerasan material yang dikerjakan permesinan dan produk lainnya. Ini juga menentukan kekuatan dan ketegasan material selama uji kekerasan.

1. Low Carbon Steel

Baja karbon rendah ialah baja yang mempunyai kandungan karbon 0.025% - 0.30 %. Hasil grade baja ini biasanya berupa pelat yang digulung. Karena kandungan karbonnya rendah dan Baja karbon rendah ini memiliki struktur mikro ferit dan perlit, yang memberikan sifat lunak dan kekuatan rendah tetapi daya tahan dan keuletan yang sangat baik.

2. Medium Carbon Steel

Uji ini merupakan baja carbon yang mempunyai kandungan karbon antara 0.30 % - 0.6%. Hasil grade baja ini banyak digunakan pada peralatan mesin. Baja jenis ini sering digunakan dalam industri, manufaktur, konstruksi dan lainnya.

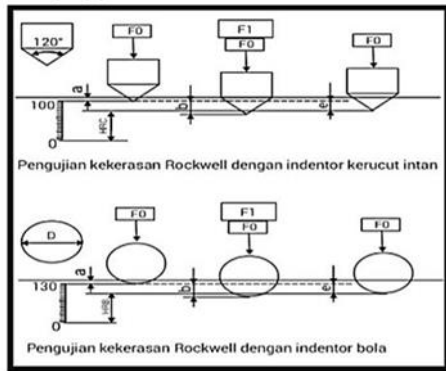
3. High Carbon Steel

Merupakan jenis baja yang mempunyai kandungan karbon antar 0.6% - 1.4 %. Baja ini merupakan baja yang memiliki kekuatan paling high namun sulit dilaksanakan proses pengelasan. Jenis baja ini digunakan untuk membuat perkakas seperti palu, kikir, mesin bubut, dan mesin pemotong pelat.

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan berguna dalam memahami tingkat kesulitan materi yang kita kerjakan. Uji kekerasan Rockwell adalah uji kekerasan yang sering digunakan di Amerika Serikat. Ini di sebabkan karakteristiknya yaitu kecepatan dan ketelitian yang tinggi, mampu membedakan perbedaan kecil pada kekerasan dan ukuran lekukan yang kecil pada baja yang dikeraskan, sehingga area yang diberi Tanpa menyebabkan kerusakan, kekerasan dari perlakuan panas yang lengkap dapat diuji. Uji kekerasan rockwell ketika beberapa kondisi langsung terpenuhi, uji kekerasan Rockwell sangat membantu dan dapat diulang.

Pengujian kekerasan Rockwell menggunakan indentor bola baja yang diperkeras, tetapi indentor kerucut berlian juga dapat digunakan. Gaya atau beban yang diterapkan untuk meredam tergantung pada logam yang diuji. Kedalaman lekukan yang dihasilkan mempengaruhi seberapa keras sesuatu itu. Metode Rockwell membagi nilai kekerasan menjadi skala kekerasan, yaitu: Skala kekerasan Rockwell C, biasa disingkat HRC. Singkatan HRB adalah singkatan dari Rockwell hardness scale B. Berbeda dengan rockwell scale C yang digunakan untuk logam yang relatif keras, rockwell scale B digunakan untuk material atau logam yang relatif lunak. Indentor bola baja dengan diameter 1 titik 6 mm dan beban 100 kilogram digunakan untuk menentukan kekerasan Rockwell B. Sedangkan skala kekerasan Rockwell versi C menggunakan indentor kerucut berlian dengan beban tekanan 150 kilogram.

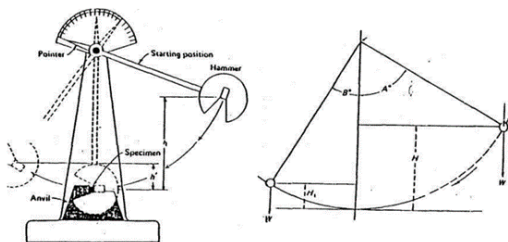


Gambar 1. Skema Pengujian Kekerasan

Pengujian Impak

Uji impak adalah uji ketahanan material pada beban impak harus diukur. Uji impak dibedakan dari uji tarik serta uji kekerasan, dimana beban dilakukan secara perlahan. Pengujian impak mencoba mensimulasikan operasi material dalam kondisi tekanan yang sering dijumpai pada konstruksi atau peralatan transportasi, dimana tekanan tidak selalu lambat melainkan tiba-tiba.

Pada prinsip dasar pengujian tumbukan adalah penyerapan energi potensial pendulum saat berayun pada ketinggian tertentu dan membentur beban uji. agar beban uji berubah bentuk dan patah paling besar.



Gambar 2. Ilustrasi Uji Impak

Energi yang diserap sampel selama uji impak dijelaskan pada satuan Joule serta dibaca langsung dari skala ukur (dial) yang sudah dikalibrasi mesin uji. Kekuatan impak material yang diuji dengan metode Charpy diberikan oleh rumus

$$\text{Rumus Harga Impak : } HI = E/A$$

Diimana :

E : Energi yang di serap (Joule)

A : Luas penampang dibawah takik (mm²)

Sedangkan : $E = m.g.H_1 - m.g.H_2$

Diimana :

m : Berat pendulum

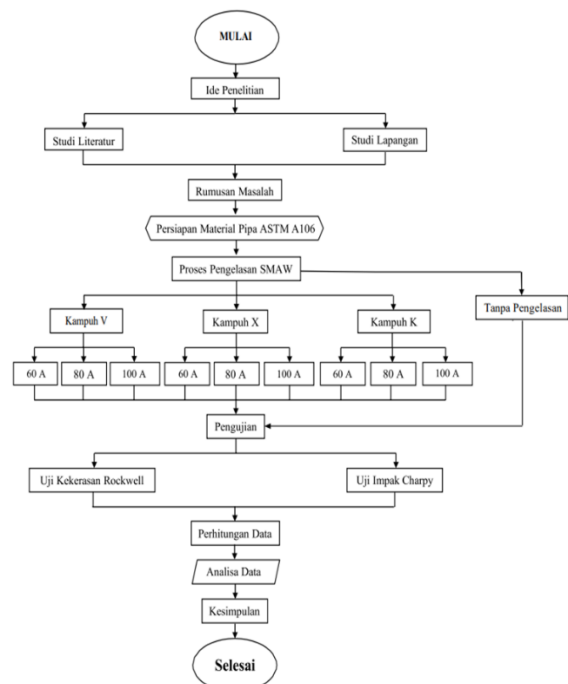
g : Percepatan gravitasi

H₁ : Sudut sebelum diayun

H₂ : Sudut setelah diayun

PROSEDUR EKSPERIMEN

Diagram Alir



Gambar 3. Diagram Alir

Alat dan Bahan Yang Dibutuhkan:

Alat :

- 1) Travo Las Listrik
- 2) Gerinda
- 3) Alat Uji Kekerasan
- 4) Alat Uji Impak
- 5) Kikir

Bahan :

- 1) Pipa ASTM A106
- 2) Elektroda E7016
- 3) Mata Gerinda Asah

Pipa Seamless

Pipa seamless ialah pipa yang terbuat dari batangan bulat kemudian dibentuk menjadi pipa. Jenis pipa ini bervariasi diameter luarnya dari 1/8 inci hingga 26 inci. Standar kode untuk bahan perpipaan yang biasa digunakan dalam proses produksi minyak serta gas alam meliputi standar Pengujian dan Material Amerika (ASTM), American Petroleum Institute (API), serta American National Standard Institute (ANSI). Kode bahan pipa hanyalah nama memisahkan pipa dari proses produksi. Kode material pipa yang digunakan dalam pengujian meliputi ASTM A106 Grade A Seamless serta ASTM A53 Grade B ERW. Satu-satunya perbedaan antara kedua kode tersebut adalah kualitas dan proses produksi. ASTM A106 dibagi menjadi tiga kelas berdasarkan kekuatan tarik: Kelas A (48 ksi), Kelas B (60 ksi), serta Kelas C (70 ksi). Bahan pipa ASTM A53, biasanya berlapis seng (galvanis), yang biasanya digunakan sebagai alternatif ASTM A106 dan juga dibagi menjadi tiga grade, yaitu A, B, serta C, yang mempunyai kekuatan tarik yang sama dengan ASTM A106 grade A, B, dan C. Prasyarat kimia mengungkapkan ASTM A106 persyaratan kimia kelas A. Bisa dilihat *chemical requirement*.

TABLE 1 Chemical Requirements

	Composition, %	
	Grade A	Grade B
Carbon, max ^A	0.25	0.30
Manganese	0.27-0.93	0.29-1.06
Phosphorus, max	0.035	0.035
Sulfur, max	0.035	0.035
Silicon, min	0.10	0.10
Chrome, max ^B	0.40	0.40
Copper, max ^B	0.40	0.40
Molybdenum, max ^B	0.15	0.15
Nickel, max ^B	0.40	0.40
Vanadium, max ^B	0.08	0.08

Gambar 4. Spesifikasi Komposisi Kimia Pipa ASTM A106

Proses Pengelasan

Penelitian ini menggunakan jenis las SMAW. Pada saat akan memulai proses pengelasan, spesimen uji yang telah dibentuk kampuh las perlu dibersihkan dari kotoran debu, karat, oli, dan minyak. Kemudian melakukan pengelasan dengan menggunakan

prosedur pengelasan yang sudah ditentukan sebagai berikut :

1. Pengelasan kampuh V 60°, K 30°, X 60°
2. Arus yang digunakan 60 A, 80 A, 100 A
3. Tegangan 26 V
4. Posisi pengelasan 6G
5. Menggunakan elektroda E7016 dengan ukuran diameter 3,2 mm

Proses Pemotongan

Sebelum melalui tahap pengujian, spesimen uji yang sudah menjalani proses pengelasan selanjutnya dipotong dengan ukuran 60 milimeter (mm) x 10 milimeter (mm) x 10 milimeter (mm) sebanyak 40 buah. Pada tahap ini spesimen uji juga menjalani proses *frais* untuk meratakan permukaan bekas las agar spesimen lebih presisi.

Pengujian Kekerasan

Spesimen uji kekerasan rockwell ada 10 buah spesimen Rincian 9 sampel dengan varian real dan las dan 1 sampel tanpa las. Sebelum menjalankan uji kekerasan, alangkah baiknya spesimen dibersihkan terlebih dahulu dari debu, karat, oli, dan minyak yang muncul. Uji kekerasan dilaksanakan pada 3 daerah pengamatan, yakni pada daerah HAZ, Base Metal dan Weld Metal dan dilaksanakan penandaan sebanyak 6 titik pengujian kekerasan dengan masing-masing 2 titik pada setiap daerah pengamatan. Uji kekerasan Rockwell memakai C-Scale (HRC) dengan lekukan kerucut intan dengan sudut 120° dan beban uji total 150 kgf. Setelah itu, sampel siap untuk uji kekerasan.

Pengujian Impak

Setelah spesimen uji melalui prosedur pengelasan, berikutnya akan dilakukan uji impak. Spesimen uji impak seluruhnya ada 30 buah, pada variasi arus beserta kampuh berjumlah 27 buah serta tanpa pengelasan berjumlah 3 buah. Adapun tahap pengujian impak sebagai berikut:

- 1) Menyediakan spesimen uji dengan ukuran 60 milimeter (mm) x 8 milimeter (mm) x 8 milimeter (mm). Berikutnya membuat takik

ditengah spesimen uji dengan kedalaman 2 milimeter (mm).

2) Melaksanakan pengujian impak menggunakan metode charpy. Benda uji dikonsentrasikan pada kedua ujungnya, dan permukaan berlekuk menghadap jauh dari ayunan pendulum. Setelah mencapai benda uji, bandul dilepas setelah ditarik dengan sudut awal 120 derajat.

3) Catat setiap nilai sudut yang diperoleh setelah pembebanan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

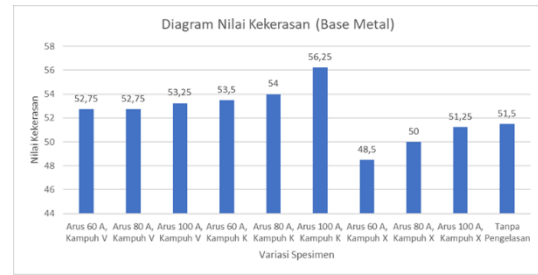
Hasil Uji Kekerasan

Uji kekerasan ini dilaksanakan agar mengetahui seberapa keras suatu benda spesimen atas penekanan permukaan seraya mengetahui dampak dari keadaan variasi arus 60 A, 80 A, 100 A dengan kampuh las V, K, X atas rata – rata taksiran Kekerasan dari ke 3 daerah pengamatan (HAZ, Base metal & Weld metal) Pipa Baja ASTM A106 hasil pengelasan SMAW.

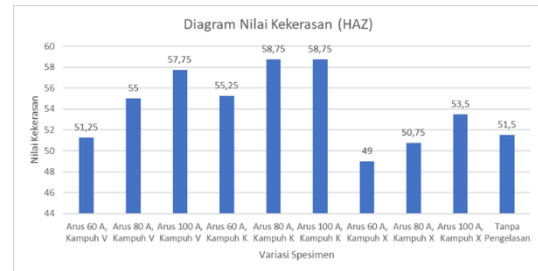
Pengujian Kekerasan ini menggunakan skala Rockwell C (HRC) dan beban lekukan kerucut intan pada sudut 120 derajat. Beban awal 10kgf serta beban utama 140kgf, jadi total beban 150 kgf. Dua titik diuji pada masing-masing dari tiga area pengamatan (Logam Dasar, Zona Area Berbahaya, dan Logam Las), sehingga total 6 titik Uji pada setiap spesimen.

No.	Variasi Pengujian	Indentor	Jumlah Beban	Daerah Pengamatan	Rata-rata Nilai Kekerasan (HRC)
1.	Arus Las 60 A dengan Kampuh Las V	Diamond Cone	150 kg	Base Metal	52,75
				HAZ	51,25
				Weld Metal	51
2.	Arus Las 80 A dengan Kampuh Las V	Diamond Cone	150 kg	Base Metal	52,75
				HAZ	54,5
				Weld Metal	52
3.	Arus Las 100 A dengan Kampuh Las V	Diamond Cone	150 kg	Base Metal	53,25
				HAZ	57,75
				Weld Metal	55
4.	Arus Las 60 A dengan Kampuh Las K	Diamond Cone	150 kg	Base Metal	53,5
				HAZ	55,25
				Weld Metal	52,5
5.	Arus Las 80 A dengan Kampuh Las K	Diamond Cone	150 kg	Base Metal	54
				HAZ	58,75
				Weld Metal	59
6.	Arus Las 100 A dengan Kampuh Las K	Diamond Cone	150 kg	Base Metal	56,25
				HAZ	58,75
				Weld Metal	60
7.	Arus Las 60 A dengan Kampuh Las X	Diamond Cone	150 kg	Base Metal	48,5
				HAZ	49
				Weld Metal	45
8.	Arus Las 80 A dengan Kampuh Las X	Diamond Cone	150 kg	Base Metal	50
				HAZ	50,75
				Weld Metal	46
9.	Arus Las 100 A dengan Kampuh Las X	Diamond Cone	150 kg	Base Metal	51,25
				HAZ	53,5
				Weld Metal	47
10.	Tanpa Pengelasan	Diamond Cone	150 kg		51,5

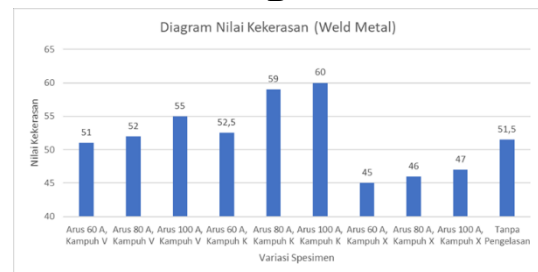
Gambar 5. Hasil Uji Kekerasan



A



B



C

Gambar 6. Hasil Uji Kekerasan Daerah Base Metal (A), HAZ (B), serta Weld Metal

Pada Gambar 6 diketahui bahwa hasil pengelasan dengan menggunakan Las Listrik pada Pipa baja karbon ASTM A106 diameter 6 inch serta tebal 10 milimeter (mm) dengan Elektroda E-7016 diameter 3,2 mm. Kekerasan paling tinggi terdapat pada Arus 100A kampuh K dengan nilai kekerasan 56,25 HRC di Base Metal, 58,75 HRC di HAZ, 60 HRC di Weld Metal sedangkan Arus 60A kampuh X mendapatkan nilai Kekerasan terendah yaitu sebesar 48,5 HRC di Base Metal, 49 HRC di HAZ, 45 HRC di Weld Metal.

Dari gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan Arus meningkatkan kecenderungan untuk meningkatkan nilai kekerasan sampel dengan variasi arus las yang berbeda. Efek panas dari itulah yang menyebabkan ini. fluks las Shield Metal Arc

Welding di setiap benda uji las baik di area HAZ maupun di area logam las. Bertambah tinggi suhu panas yang diperoleh oleh arus pengelasan maka, bertambah lama laju pendinginan dan semakin rendah sifat mekanis logam (Wiriyosumarto, 2000).

Dari gambar 6 pada arus 100 A nilai kekerasan lebih besar dari arus 60A karena suhu panas yang tinggi dari logam induk pipa, bisa disimpulkan bahwasanya kekerasan bahan meningkat karena panas yang masuk tinggi, dan bahan menjadi lebih ulet.

Hasil Uji Impak

Pelaksanaan Pengujian impak memakai metode Charpy. Hasil dari uji tangguh impak yaitu Harga impak (HI) dalam satuan J/mm² dan Energi (W) dengan satuan J (Joule). Pengujian ini untuk mengetahui Jumlah energi yang diserap material untuk menyebabkan pecah adalah ukuran ketahanan benturan atau ketangguhan material. Hasil yang diperoleh dari pengujian dapat dilihat sebagai berikut :

No.	Spesimen	Berat Pendulum (kg)	Panjang Pendulum (m)	Sudut a	Sudut B
1	Arus 60A dengan Kampuh V	8,3	0,6	120	49
2	Arus 80A dengan Kampuh V	8,3	0,6	120	53
3	Arus 100A dengan Kampuh V	8,3	0,6	120	57
4	Arus 60A dengan Kampuh K	8,3	0,6	120	56
5	Arus 80A dengan Kampuh K	8,3	0,6	120	58
6	Arus 100A dengan Kampuh K	8,3	0,6	120	59
7	Arus 60A dengan Kampuh X	8,3	0,6	120	49,3
8	Arus 80A dengan Kampuh X	8,3	0,6	120	51
9	Arus 100A dengan Kampuh X	8,3	0,6	120	52
10	Tanpa Pengelasan	8,3	0,6	120	56

Gambar 7. Data Uji Impak

Contoh Cara Menghitung HI (Harga Impak)

Diketahui :
 m = 8,3 kilogram
 A = 48 milimeter
 r = 0,6 meter
 g = 9,8 m/s²
 b = 49°
 a = 120°

- Perhitungan Variasi Arus 60 A dengan Kampuh V

$$E = H_1 \times m \times g - H_2 \times m \times g$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } H_1 &= (\sin a \times r) + r \\ &= (0,86 \times 0,6) + 0,6 \\ &= 1,116 \\ \text{➤ } H_2 &= (\sin b \times r) + r \\ &= (0,75 \times 0,6) + 0,6 \\ &= 1,05 \\ &= 1,116 \times 8,3 \times 9,8 - 1,05 \times 8,3 \times 9,8 \\ &= 90,78 - 85,41 \\ &= 5,37 \\ HI &= \frac{E}{A} \\ &= \frac{5,37}{48} \\ &= 0,11 \text{ J/mm}^2 \end{aligned}$$

- Perhitungan Variasi Arus 80 A dengan Kampuh V

$$E = H_1 \times m \times g - H_2 \times m \times g$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } H_1 &= (\sin a \times r) + 0,6 \\ &= (0,86 \times 0,6) + 0,6 \\ &= 1,116 \\ \text{➤ } H_2 &= (\sin b \times r) + r \\ &= (0,8 \times 0,6) + r \\ &= 1,08 \\ &= 1,116 \times 8,3 \times 9,8 - 1,08 \times 8,3 \times 9,8 \\ &= 90,78 - 87,85 \\ &= 2,93 \\ HI &= \frac{E}{A} \\ &= \frac{2,93}{48} \\ &= 0,06 \text{ J/mm}^2 \end{aligned}$$

- Perhitungan Variasi Arus 100 A dengan Kampuh V

$$E : H_1 \times m \times g - H_2 \times m \times g$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } H_1 &: (\sin a \times r) + r \\ &: (0,86 \times 0,6) + 0,6 \\ &: 1,116 \\ \text{➤ } H_2 &: (\sin b \times r) + r \\ &: (0,84 \times 0,6) + 0,6 \end{aligned}$$

$$: 1,104$$

$$= 1,116 \times 8,3 \times 9,8 - 1,104 \times 8,3 \times 9,8$$

$$= 90,78 - 89,8$$

$$= 0,98$$

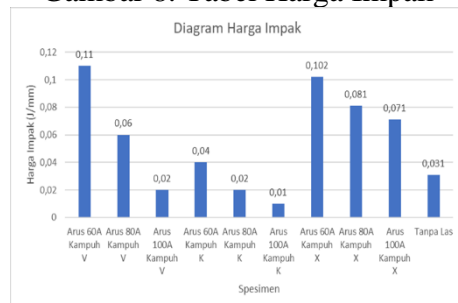
$$HI = \frac{E}{A}$$

$$= \frac{0,98}{48}$$

$$= 0,02 \text{ J/mm}^2$$

No.	Spesimen	Berat Pendulum (kg)	Panjang Pendulum (m)	Sudut a	Sudut B	Energi (J)	Harga Impak (HI)
1	Arus 60A dengan Kampuh V	8,3	0,6	120	49	5,37	0,11
2	Arus 80A dengan Kampuh V	8,3	0,6	120	53	2,93	0,06
3	Arus 100A dengan Kampuh V	8,3	0,6	120	57	0,98	0,02
4	Arus 60A dengan Kampuh K	8,3	0,6	120	56	1,96	0,04
5	Arus 80A dengan Kampuh K	8,3	0,6	120	58	0,99	0,02
6	Arus 100A dengan Kampuh K	8,3	0,6	120	59	0,5	0,01
7	Arus 60A dengan Kampuh X	8,3	0,6	120	49,3	4,88	0,102
8	Arus 80A dengan Kampuh X	8,3	0,6	120	51	3,91	0,081
9	Arus 100A dengan Kampuh X	8,3	0,6	120	52	3,42	0,071
10	Tanpa Pengelasan	8,3	0,6	120	56	1,47	0,031

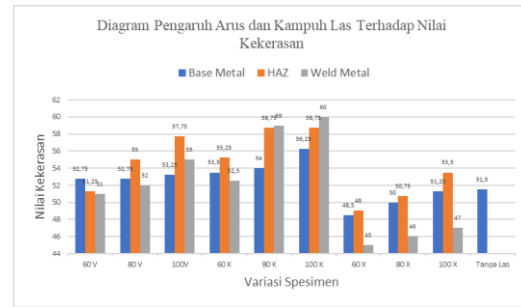
Gambar 8. Tabel Harga Impak



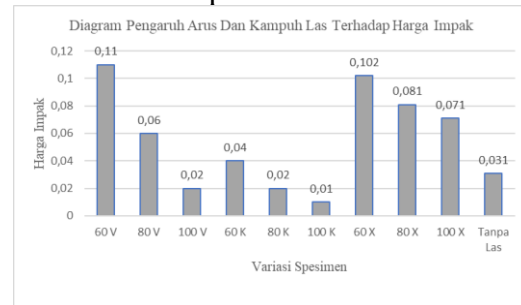
Gambar 9. Diagram Harga Impak

Dari data pengujian impact pada Variasi arus pengelasan diatas menunjukkan bahwa nilai ketangguhan impact tertinggi terdapat pada variasi arus 60 A dengan kampuh V dengan hasil harga impact 0,11 J/mm² dan poin ketangguhan impact terkecil ada pada variasi arus 100 A dengan Kampuh K dengan harga impact 0,01 J/mm².

Hubungan Pengaruh Variasi Arus dan Kampuh Pengelasan Terhadap Hasil Pengujian Kekerasan dan Impact



Gambar 10. Diagram Pengaruh Variasi Terhadap Nilai Kekerasan



Gambar 11. Diagram Pengaruh Variasi Terhadap Harga Impact

Proses pengelasan dengan variasi arus dan seam mempengaruhi distribusi nilai kekerasan serta kekuatan impact pada pipa baja ASTM A106 yang dilas. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan dan impact, spesimen tanpa pengelasan dan spesimen dengan variasi pengelasan memiliki nilai kekerasan dan nilai impact yang berbeda; spesimen tanpa pengelasan memiliki nilai impact yang kecil dan nilai kekerasan yang besar, serta spesimen dengan variasi pengelasan memiliki distribusi kekerasan yang lebih merata, Sedangkan spesimen dengan berbagai klasifikasi memiliki harga impact yang kecil dan nilai kekerasan yang besar dan tidak merata pada setiap daerah yang dilas sehingga meningkatkan ketangguhan.

Dari kedua grafik tersebut terlihat adanya hubungan terbalik antar nilai kekerasan serta nilai impact akibat pengaruh fluktuasi arus dan kapuh pengelasan. Bertambah tinggi rata-rata hasil nilai kekerasan yang didapat maka bertambah rendah harga impact yang di dihasilkan. Berdasarkan kedua grafik di atas, arus pengelasan yang lebih banyak akan mempengaruhi pertumbuhan harga impact dan

meningkatkan nilai kekerasan rata-rata, meningkatkan ketangguhan material. Sebaliknya, material yang lebih keras cenderung memiliki harga dampak tingkat kekerasan yang lebih tinggi dan lebih rendah.

Dari dua diagram di atas, kami juga mencoba mencari varian las yang tepat untuk mencapai hasil yang optimal di antara varian contoh lainnya, dengan ayunan arus 100 A pada kampuh K, karena mempunyai nilai kekerasan 56,25 HRC di area base metal, 58,75 HRC di area HAZ, serta 60 HRC di area weld metal serta harga dampak yang kecil yaitu 0,01 J/mm². Kesimpulan dapat ditarik dari data variabel tersebut semakin tinggi arus pengelasan dapat meninggikan Tingkat kekerasan, distribusi nilai kekerasan yang tidak merata di seluruh area pengamatan, yang meningkatkan sifat durabilitas material pipa baja ASTM A106 setelah proses pengelasan SMAW.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Rata-rata kekerasan tertinggi di peroleh dari material dengan variasi arus tertinggi karena panas yang di hasilkan pada variasi arus yang tinggi menyebabkan peningkatan kekerasan material. Variasi arus 100A dengan kampuh K memiliki rata-rata kekerasan tertinggi yaitu 56,25 HRC di base metal, 58,75 HRC di HAZ, dan 60 HRC di weld metal dan variasi arus 60A dengan kampuh X memiliki rata-rata kekerasan terendah yaitu 45 HRC di base metal, 49 HRC di HAZ, 48,5 HRC di weld metal. Dari sini bisa disimpulkan bahwasanya peningkatan variasi arus pengelasan meningkatkan sifat kekerasan material setelah pengelasan.
2. Semakin tinggi variasi arus pengelasan akan menurunkan harga dampak. Dimana semakin rendah harga dampak maka akan menaikkan sifat ketangguhan material tersebut. Variasi arus 100A kampuh K memiliki harga dampak terendah yaitu 0,01 J/mm² dan variasi arus 60A dengan kampuh

V memiliki harga dampak tertinggi yaitu 0,11 J/mm². Dapat disimpulkan bahwa semakin besar variasi arus las maka material semakin lunak, dan sebaliknya semakin kecil variasi arus las maka semakin rendah durabilitas material pada pipa baja karbon ASTM A106.

Saran

1. Gunakan APD saat melaksanakan proses pengelasan untuk mengurangi tingkat risiko dalam melakukan proses pengelasan.
2. Pastikan bentuk spesimen sudah sesuai dengan standar untuk pengujian.

REFERENSI

- Aisyah Nur Khalifah, Y. (2021). Pengaruh Variasi Arus pengelasan SMAW Pada Refenery Pipe ASTM A106 Grade B terhadap kekuatan Impak dan kekerasan . JTM. Volume 9 No2 , 37-44.
- Amanto, H. &. (1999). Ilmu Bahan. Jakarta: Bumi Aksara,.
- American Piping Products | Steel Pipe Supply. (2019, June 18). American Piping Products. . (n.d.).
- ASTM, C. (1985). ASTM Standart American Society For Testing Materials. American: Philadelphia.
- Callister William.Jr. (2004). Materials Science And Engineering. Utah: The University of Utah.
- Dr. Ir. I KT. Suarsana, MT (2017). Diktat Ilmu Material Teknik.
- Harsono, W. O. (2000). Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Hery Sonawan, d. S. (2006). Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan

Logam Cetakan Kedua. Bandung: Cv
Alfabeta.

Ir Syamsul Hadi. (2016). Teknologi Bahan.
Yogyakarta: CV ANDI OFFSET.

Musaikan. (2002). Diktat Kuliah Teknik
Material dan Metalurgi ITS Surabaya
Teknologi Pengelasan (RL 1564).
Teknik Mesin INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH
NOVEMBER SURABAYA.