



**MENGANALISIS PENGARUH PWHT TERHADAP KEKERASAN DAN
KEKUATAN IMPAK PADA HASIL PENGELASAN SMAW PADA PIPA BAJA
KARBON ASTM A106 DENGAN VARIASI MEDIA PEDINGIN DAN WAKTU
TAHAN**

YOGA RIZKY P.S , Maula Nafi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: yogarizky810@gmail.com

ABSTRAK

PWHT (*Post Weld Heat Treatment*) ialah: laju pemanasan, waktu penahanan, laju pendinginan. Fungsi PWHT selain menghilangkan tegangan sisa, jua menyempurnakan butir-butir kristal suatu material dan ketangguhan pada sambungan pengelasan penelitian lebih lanjut pengaruh variasi media pendingin dan waktu tahan PWHT terutama pada kekuatan impak dan kekerasan pada pipa baja karbon ASTM A106 hasil pengelasan SMAW, Material yang akan diuji pada pengkajian ini adalah material pipa baja karbon ASTM A106 atas penampang 6" serta tebal 8 mm. metode pengelasan memakai las SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) dengan elektroda E7016 menggunakan posisi pengelasan 6G. Dalam Penelitian ini menggunakan variasi arus 100 A dan kampuh V 60°. Selanjutnya Penelitian ini menggunakan PWHT *Normalizing* yang bermaksud bakal menghilangkan tegangan tinggalan yang terbentuk pengaruh metode pengelasan. Material bakal mengalami peralihan bentuk serta *grain size* sebab pemanasan serta pendinginan. Bentuk yang tak seragam ini menyimpan tegangan sisa yang mengakibatkan material tersebut mempunyai karakter yang lebih keras sehingga ketangguhannya rendah. Selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan Rockwell skala C dengan indenter kerucut intan 120° untuk mengetahui sifat kekerasan dan Selanjutnya dilakukan pengujian impak metode Charpy untuk mengetahui sifat ketangguhan pada pipa baja karbon ASTM A106 hasil pengelasan SMAW. Dari hasil uji kekerasan dimana rata-rata nilai tertinggi di dapat oleh material dengan variasi media pendingin Coolant 20 Menit karena memiliki nilai kekerasan 55,5 HRC di Base Metal, 56,52 HRC pada HAZ, 54,75 pada Weld Metal dan variasi media pendingin oli 60 menit memiliki nilai rata-rata kekerasan terendah yaitu 43 HRC pada titik Base Metal dan HAZ, 43,5 HRC pada titik Weld Metal dan dari hasil pengujian impak Hasil pengelasan SMAW perlakuan panas PWHT dengan variasi media pendingin dan waktu tahan, semakin lama waktu tahan spesimen di dadalam tungku bakal meninggikan angka impak. Semakin rendah nilai impak bakal meninggikan karakter kekuatan material tersebut. Variasi media pendingin Coolant 20 menit memiliki harga impak terendah yaitu 0,021 j/mm² dan variasi media pendingin Udara 20 menit memiliki harga impak tertinggi yaitu 0,284 j/mm² Dapat di simpulkan bahwa adanya perlakuan panas PWHT dengan variasi media pendingin Udara, Coolant dan Oli, semakin cepat waktu tahan spesimen di dalam tungku maka semakin tangguh material tersebut, sebaliknya semakin lama waktu tahan spesimen di dalam tungku akan menurunkan sifat ketangguhan material atas pipa baja ASTM A106.

Kata kunci : Ketangguhan, Pipa Baja karbon ASTM A106, PWHT (*Post Weld Heat Treatment*), Sifat Kekerasan, Variasi Media Pendingin dan Waktu Tahan

ABSTRACT

PWHT (Post Weld Heat Treatment) are: heating rate, holding time, cooling rate. The function of PWHT apart from eliminating residual stresses, also improves the crystalline grains of a material and toughness in welding joints. Tested in this study were ASTM A106 carbon steel pipe materials with a diameter of 6" and a thickness of 8 mm. The welding process uses SMAW (Shield Metal Arc Welding) welding with E7016 electrodes using the 6G welding position. In this study using a current variation of 100 A and a 60° V seam. Furthermore, this research uses PWHT Normalizing which aims to eliminate the residual stress that is formed due to the welding process. The material will experience changes in structure and grain size as a result of heating and cooling. This inhomogeneous structure stores residual stress which makes the material have harder properties so that the toughness is low. 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. From the results of the hardness test where the highest average value was obtained by the material with the Coolant 20 Minute variety of cooling media because it has a hardness value of 55.5 HRC in Base Metal, 56.52 HRC in HAZ, 54.75 in Weld Metal and variations in cooling media 60 minutes of oil has the lowest average hardness value of 43 HRC at the Base Metal and HAZ points, 43.5 HRC at the Weld Metal point and from the impact test results. SMAW welding results PWHT heat treatment with variations in cooling media and holding time, the longer the time holding the specimen in the furnace will increase the impact price. Where the lower the impact price, the toughness of the material will increase. The Coolant 20 minute variation of cooling media has the lowest impact price of 0.021 j/mm² and the 20 minute Air cooling media variation has the highest impact price of 0.284 j/mm² It can be concluded that the PWHT heat treatment with variations of Air, Coolant and Oil cooling media, the more the faster the holding time of the specimen in the furnace, the tougher the material is, conversely, the longer the holding time of the specimen in the furnace will reduce the toughness of the material in ASTM A106 steel pipes.

Keywords: Toughness, Carbon Steel Pipe ASTM A106, PWHT (Post Weld Heat Treatment), Hardness Properties, Variation of Cooling Media and Hold Time

PENDAHULUAN

Diperindustri MIGAS, material Pipa Seamless ataupun ASTM A106 berguna menjadi instrumen pendistribusian aliran MIGAS dari kilang melewati metode pengolahan sampai ke tangki penyimpanan akhir hingga menjadi minyak dan gas yang siap dipasarkan. Pada saluran pipa pipa tersebut harus mampu menahan tekanan dan suhu tinggi, jika tidak maka pipa tidak akan bisa di gunakan dengan baik dan akan menimbulkan kecelakaan kerja.

Banyak cara pengelasan yang awam dipakai diindustry serta konstruksi salah satunya yakni pengelasan SMAW. Metode ini banyak dipakai sebab lebih gampang dioperasikan. Dapat dengan dengan mudah untuk semua pengelasan. Pengelasan

busur nyala logam terlindung (SMAW) yang termasuk salah satu jenis las listrik yang menggunakan energi panas yang berasal dari busur listrik yang akan digunakan untuk mencairkan material utama serta elektroda.

Beberapa factor bernilai yang mengakibatkan kesuksesan atas menghilangkan tegangan sisa atas PWHT ialah laju pemanasan, waktu penahanan, laju pendinginan. Peranan PWHT selain menghilangkan tegangan sisa, jua menyempurnakan elemen-elemen kristal suatu material dan ketangguhan pada sambungan pengelasan.

Oleh karena itu penulis melakukan penelitian lebih lanjut pengaruh variasi media pendingin dan waktu tahan PWHT terutama pada kekuatan impak dan kekerasan pada pipa baja

karbon ASTM A106 hasil pengelasan SMAW.

Baja Karbon

Baja karbon ialah material metal yang terbentuk dari partikel utama Fe serta partikel kedua yang berdampak pada sifat sifatnya ialah karbon, sedangkan unsur yang lain berdampak berdasarkan bagian partikel. Penggunaan paduan karbon pada baja yang menginginkan pada pemanfaatan suatu perangkat Amanto, (1999).

Semakin besar kombinasi karbon pada Fe titik didihnya lebih rendah dari titik leburnya. Bahwa penambahan partikel karbon pada baja sangatlah berdampak pada fase kekerasan suatu bahan yang bakal diproses sebagai barang yang berangkaian atas permesinan maupun lainnya. Serta pula memastikan ketahanan serta kegetasan suatu bahan tersebut pada saat uji kekerasannya.

1. Low Carbon Steel

Low carbon steel baja karbon rendah ialah baja yang memiliki kandungan karbon 0.025 % - 0.30 %. Hasil dari baja ragam ini kebanyakan berupa plat dari hasil pembuatan roll. Lantaran mempunyai kandungan karbon yang rendah serta struktur mikro yang berbentuk ferrite serta pearlite sehingga baja karbon rendah ini mempunyai karakter lunak serta kekuatannya rendah lamun dari segi ketahanan serta ketanguhan sangat baik.

2. Medium Carbon Steel

Medium carbon steel ialah baja *carbon* yang memiliki kandungan karbon kira-kira 0.30 % sampai 0.6%. Hasil dari baja model ini banyak dipakai buat alat-alat perkakas mesin. Baja model ini banyak diaplikasikan pada sektor industri, fabrikasi, kontruksi serta lainnya.

3. High Carbon Steel

Baja karbon tinggi ialah model baja yang memiliki kandungan karbon kira-kira 0.6% sampai 1.4%. Baja ini ialah baja yang memiliki kekuatan paling tinggi namun jua getas serta sulit dilakukan teknik pengelasan. Aplikasi untuk baja ragam ini ialah untuk perangkat alat semacam palu, kikir, pahat bubut, mesin pemotong plat.

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

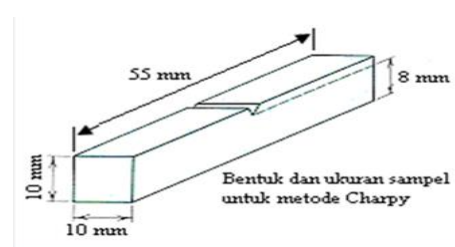
Gambar 1 Chemical Requirements grade A A10

Pengujian Impact Uji Impact metode Charpy

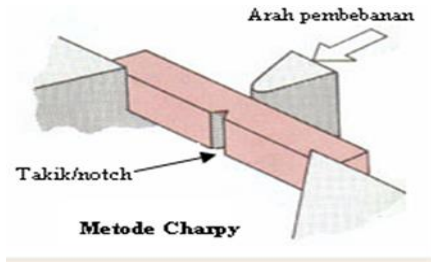
Pengujian impact merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Inilah yang membedakan pengujian impact dengan pengujian tarik dan kekerasan dimana pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan. Pengujian impact merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan, melainkan datang secara tiba-tiba.

Prinsip dasar dari pengujian impact adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk beban uji, sehingga beban uji mengalami deformasi maksimum hingga mengakibatkan perpatahan.

Batang uji Charpy sebagaimana telah ditunjukkan pada Gambar 3.1 sering dipakai di USA. Sample uji memiliki segi skala yakni 10 x 10 x 55 mm (tinggi x lebar x panjang). letak takik berpengaruh ditengah, kedalaman takik 2mm dari bidang sample serta ujung takik 45. Struktur takik berbentuk U, V, *key hole*.



Gambar 2 Bentuk serta ukuran metode charpy



Gambar 3 Arah pembebanan metode charpy

Energi yang diserap oleh sample pada percobaan impac dinyatakan atas satuan Joule serta langsung dibaca pada skala (*dial*) penunjuk yang sudah dikalibrasi yang diperoleh pada mesin penguji. Angka impak suatu bahan yang diuji atas tehnik *Charpy* diberikan oleh Rumus angka Impak : $HI = E/A$

Diimana :

E : Energi yang di serap (Joule)

A : Luas penampang dibawah takik (mm^2)

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

Diimana :

m : Massa pendulum

g : Percepatan gravitasi

H_1 : Sudut awal bandul

H_2 : Sudut setelah diayun

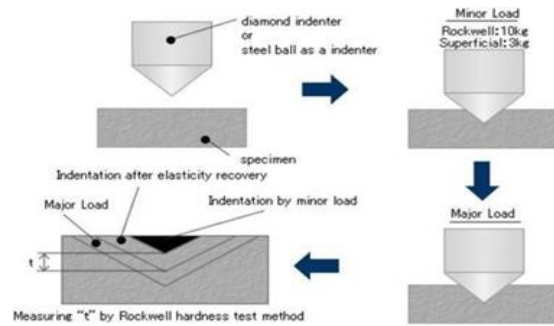
Pengujian kekerasan Rockwell

Metode *Hardness Test Rockwell* berbeda dengan Brinell dan Vickers. Pada uji kekerasan Rockwell tidak melakukan pengukuran tapak tekan secara manual, pengukuran langsung dilakukan oleh mesin dan langsung menunjukkan nilai hardness dari bahan yang diuji, nilai ini dapat dilihat pada dial indicator

angka kekerasan yang didapati bersangkutan terbalik atas kedalaman indentasi. Indenter yang digunakan adalah bola baja yang diperkeras berukuran 1/16 in dan 1/8 in serta kerucut intan bersudut 120o dengan ujung bulat diberi nama brale.

Saat operasi percobaan, Beban minor diterapkan sebesar 10 kgf yang menyebabkan

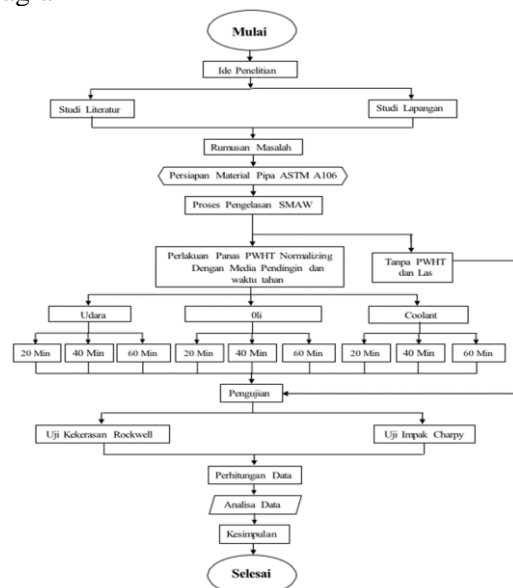
indentasi awal serta menempatkan *indenter* pada posisi yang akurat untuk penekanan. Dial ditempatkan pada skala tanda set nol. Seterusnya, pemberian beban utama (major) yang berbeda besarnya tergantung pada skala rockwell yang dipakai lihat Tabel 1. Rockwell skala A dipakai buat metal yang sangat keras. Rockwell skala B dipakai buat mencoba material dengan kekerasan medium. Skala B memiliki angka 0–100. angka Hardness diatas 100 melepaskan hasil percobaan yang kurang valid sebab kemungkinan indenter menilik menjadi rata. Rockwell skala C dipakai buat menguji material atas kekerasan tinggi yakni diatas B 100. Baja paling keras memiliki angka C70. Skala C dipakai pada C20 ke atas.



Gambar 4 prinsip uji rockwel

PROSEDUR EXPERIMEN

Diagram Alir



Gambar 5. Diagram Alir Pengkajian

Persiapan Alat Serta Bahan

Alat :

1. Travo Las SMAW
2. Gerinda
3. Furnance
4. Alat uji kekerasan rockwell
5. Alat uji impak
6. Palu

Bahan :

1. Pipa Baja ASTM A106
2. Elektroda E7016
3. Amplas
4. Oli
5. Coolant

Pipa seamless

Pipa Seamless ialah ragam pipa yang dibuat dari besi bundar yang dibentuk sebegitu rupa menjadi bentuk pipa. Pipa model ini mempunyai ukuran penampang luar 1/8 inchi sampai 26 inchi. Standar kode material pipa yang sering dipakai atas operasi produksi minyak serta gas alam ialah standar ASTM (*American Standar Testing and Material*), API (*American Petroleum Institute*), serta ANSI (*American National Standard Institute*). Kode material pipa hanya sebuah penamaan untuk membedakan pipa dari metode manufakturnya, kode material pipa yang dipakai buat percobaan aalah ASTM A106 grade A Seamless serta ASTM A53 grade B ERW. Dari kedua kode tersebut cuma dibedakan berlandaskan grade serta metode manufakturnya, ASTM A106 terpecah atas 3 grade terkait *tensile strength*nya, buat grade terkait A (48 ksi), grade B (60 ksi) serta grade C (70 ksi). ASTM A53 material pipa

yang biasanya dilapisi oleh Zinc (*galvanize*) yang biasanya adalah alternatif dari ASTM A106 ini juga terpecah atas 3 grade yakni grade A, B, serta C yang mempunyai *tensile strength* yang sama dengan grade A, B, serta C ASTM A106. Untuk grade A diambil atas ASTM A106 bahwa bisa dilihat *chemical requirementnya*.

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 6. Spesifikasi Komposisi Kimia Pipa ASTM A106

Proses Pengelasan

Penelitian ini menggunakan jenis las Shielded Metal Arc Welding (SMAW). Sebelum memulai proses pengelasan, spesimen uji yang sudah dibentuk kampuh las harus dibersihkan dari kotoran seperti debu, minyak, oli, dan karat. Kemudian dilakukan pengelasan dengan prosedur pengelasan yang telah ditentukan sebagai berikut :

1. Pengelasan kampuh X 60°
2. Arus yang digunakan 100 A
3. Tegangan 26 V
4. Posisi pengelasan 6G
5. Menggunakan elektroda E 7016 dengan diameter 3,2 mm

Proses Pemotongan

Sebelum melalui tahap pengujian, spesimen uji yang telah melalui proses pengelasan selanjutnya dipotong

dengan dimensi ukuran 60 mm x 10 mm x 10 mm sebanyak 40 buah. Pada tahap ini spesimen uji juga melalui proses frais untuk meratakan permukaan bekas las agar spesimen lebih presisi.

Pengujian Kekerasan

Spesimen uji kekerasan rockwell ada 10 buah spesimen dengan rincian 9 sample variasi arus dan kampuh las serta 1 sample tanpa pengelasan. Sebelum dilakukan uji kekerasan, spesimen dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran atau terak yang muncul. Uji kekerasan dilakukan pada 3 daerah pengamatan, yaitu pada daerah Base Metal, HAZ, dan Weld Metal dan dilakukan penandaan sebanyak 6 titik pengujian kekerasan dengan masing-masing 2 titik disetiap daerah pengamatan. Uji kekerasan Rockwell memakai skala C (HRC) dengan indentor berupa Kerucut Intan yang memiliki sudut 120° serta beban total pengujian yakni 150 kgf dan selanjutnya sample siap untuk di uji kekerasan.

Pengujian Impak

Spesimen uji yang telah melalui proses pengelasan, selanjutnya akan di uji impak. Sample uji impak berjumlah 30 dengan rincian variasi arus serta kampuh berjumlah 27 buah serta sonder pengelasan berjumlah 3 buah. Adapun tahap pengujian impak sebagai berikut:

1. Mempersiapkan spesimen pengujian dengan ukuran 60 mm x 8 mm x 8 mm. Setelah itu dibentuklah takik ditengah tengah benda uji dengan kedalaman 2 mm.

2. Dilakukan pengujian impak dengan teknik *charpy*. Benda uji ditumpu pada kedua ujungnya serta permukaan tak berlawanan atas ayunan bandul. Pendulum ditarik dengan sudut awal 120° serta dilepaskan sampai menabrak sample.

3. Mencatat setiap angka sudut yang diperoleh setelah pembebanan.

Proses PWHT (*Post Weld Heat Treatment*)

Setelah proses pengelasan pada pipa pipa baja ASTM A106, tahap seterusnya ialah metode *post weld heat treatment* (PWHT). Aplikasi PWHT dilakukan dengan pemanasan didalam tungku pemanasan yang mempunyai kapasitas maksimum 3000°C. Material uji dipanasi sampai dengan temperatur (925°C) atas waktu tahan 20,40,60 menit. Seterusnya material didinginkan udara. Metode pemanasan bahan ini dilakukan dilab. pelapisan logam

HASIL DAN PEMBAHASAN

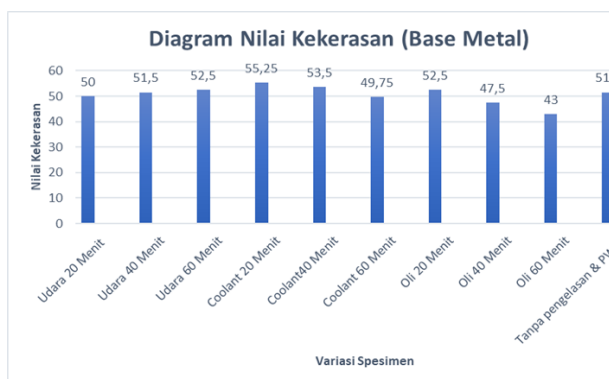
Hasil Uji Kekerasan

Percobaan Kekerasan dilakukan untuk mengetahui harga Kekerasan dari specimen terhadap penekanan permukaan serta mengetahui pengaruh dari adanya variasi pendingin dan waktu tahan dengan waktu tahan PWHT selama 20 menit, 40 menit dan 60 menit terhadap rata – rata nilai Kekerasan dari ketiga daerah pengamatan (*Base Metal, HAZ & Weld metal*) baja profil siku hasil pengelasan SMAW. Pengujian ini memakai Kekerasan Rockwell skala C (HRC) memakai beban indentor Kerucut intan dengan sudut 120°, atas beban awal 10 kgf serta beban utama 140 kgf jadi total banyak beban yang digunakan sebesar 150 kgf dan dilakukan Pengujian sebanyak 4 titik pada

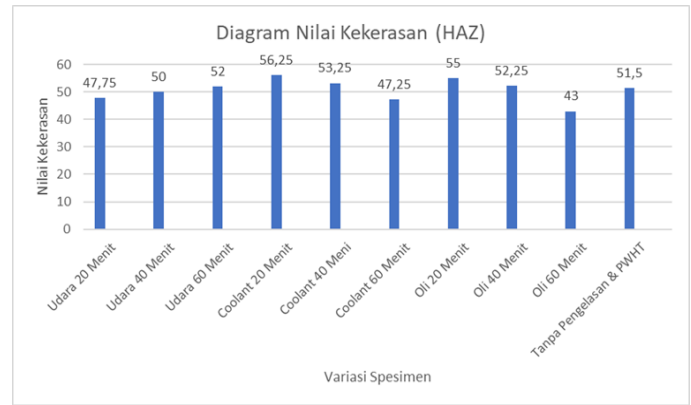
setiap masing-masing daerah pengamatan (*Base Metal*, *HAZ* & *Weld metal*), jadi total ada 12 titik Pengujian pada setiap specimen. Lalu amati permukaan bekas penekanan *indentor* melalui lihat berapa nilai Kekerasan pada monitor mesin uji Kekerasan rockwell. Berikut merupakan data hasil Pengujian Kekerasan yang telah di peroleh setelah Melakukan Pengujian di lab material Teknik mesin untag Surabaya

Gambar 7 Hasil Perhitungan Rata-Rata Nilai Kekerasan Pada Tiap Daerah Pengamatan

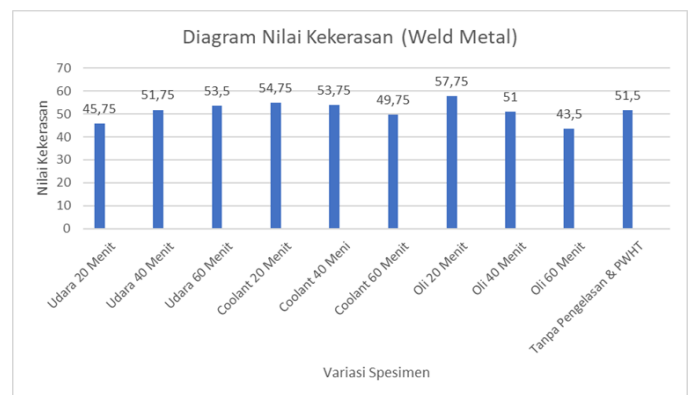
NO	Variasi Pengujian	Indentor	Jumlah Beban	Daerah Pengamatan	Rata-rata Nilai Kekerasan (HRC)
1.	PWHT media pendingin udara dengan Waktu Tahan 20 menit	Diamond Cone	150 kg	Base Metal	50
				HAZ	47,75
				Weld Metal	47,75
2.	PWHT media pendingin udara dengan Waktu Tahan 40 menit	Diamond Cone	150 kg	Base Metal	51,5
				HAZ	50
				Weld Metal	51,75
3.	PWHT media pendingin udara dengan Waktu Tahan 60 menit	Diamond Cone	150 kg	Base Metal	52,5
				HAZ	52
				Weld Metal	53,5
4.	PWHT media pendingin coolant dengan Waktu Tahan 20 menit	Diamond Cone	150 kg	Base Metal	55,25
				HAZ	56,25
				Weld Metal	54,75
5.	PWHT media pendingin dengan Waktu Tahan 40 menit	Diamond Cone	150 kg	Base Metal	53,5
				HAZ	53,25
				Weld Metal	53,75



Gambar 8 Diagram Nilai Kekerasan HRC Pada Setiap Daerah (Base Metal)



Gambar 9 Diagram Nilai Kekerasan HRC Pada Setiap Daerah (HAZ)



Gambar 10 Diagram Nilai Kekerasan HRC Pada Setiap Daerah (Weld Metal)

Dari Gambar 7 diketahui bahwa hasil pengelasan dengan memakai Las SMAW pada Pipa baja karbon ASTM A106 Ø 6 inch serta tebal 10 mm dengan Elektroda LB E-7016 Ø 3,2 mm. kekerasan tertinggi pada media pendingin oli dengan waktu tahan 20 menit pada titik weld metal dengan nilai kekerasan 57,75 HRC sedangkan media pendingin oli dengan waktu tahan 60 menit pada titik HAZ dan *weldmetal* mendapatkan nilai Kekerasan terendah yaitu sebesar 43 HRC.

Dari Diagram nilai kekerasan pada daerah Base metal, weld metal, HAZ menunjukkan bahwa penambahan waktu tahan akan menambahkan kecenderungan menurunkan nilai kekerasan atas sample yang diberikan variasi arus pengelasan yang berbeda. Perihal ini diakibatkan oleh lama waktu tahan spesimen di dalam tungku dan penambahan waktu tahan pada setiap spesimen

beserta macam media pendingin . Semakin lama waktu tahan di dalam tungku dan macam media pendingin bisa mempengaruhi peningkatan nilai kekerasan serta ketangguhan menjadi turun.

Bisa di simpulkan bahwa rata-rata nilai kekerasan terendah dari ketiga daerah pengamatan (*Base Metal, HAZ, Weld metal*) memakai variasi waktu tahan 60 menit dengan menggunakan media pendingin oli dan suhu tungku sebesar 925°C Rata – rata kekerasan terendah sebesar 43 HRC pada titik HAZ dan Weld metal

Hasil Uji Impak

Pengujian Kekerasan ini dilakukan untuk mengetahui harga Kekerasan dari spesimen terhadap penekanan permukaan serta mengetahui pengaruh dari adanya variasi arus 60 A, 80 A, 100 A dengan kampuh las V, K, X terhadap rata-rata angka Kekerasan dari ketiga daerah pengamatan (*Base Metal, HAZ & Weld metal*) Pipa Baja ASTM A106 hasil pengelasan SMAW.

Peercobaan ini memakai Kekerasan Rockwell C (HRC) memakai beban indentor Kerucut intan dengan sudut 120°, atas beban awal 10 kgf dan beban utama 140 kgf jadi total jumlah beban yang dipakai sebesar 150 kgf dan dilakukan Pengujian sebanyak 2 titik pada setiap masing-masing daerah pengamatan (*Base Metal, HAZ & Weld metal*), jadi total ada 6 titik Pengujian pada setiap spesimen.

No.	Spesimen	Berat Pendulum (kg)	Panjang Pendulum (m)	Sudut a	Sudut b	Energi (J)	Harga Impak
1	Pendingin Udara Dengan Waktu Tahan 20 Menit	8,3	0,6	120	37,3	13,67	0,284
2	Pendingin Udara Dengan Waktu Tahan 40 Menit	8,3	0,6	120	36,3	13,19	0,274
3	Pendingin Udara Dengan Waktu Tahan 60 Menit	8,3	0,6	120	36	12,7	0,264
4	Pendingin Coolant Dengan Waktu Tahan 20 Menit	8,3	0,6	120	52,3	3,43	0,021
5	Pendingin Coolant Dengan Waktu Tahan 40 Menit	8,3	0,6	120	43,6	8,79	0,183
6	Pendingin Coolant Dengan Waktu Tahan 60 Menit	8,3	0,6	120	41,3	9,77	0,203

Gambar 11 Hasil Perhitungan Energi Impak

Contoh Perhitungan Harga Impak

$$\begin{aligned} \text{Diket} = A & : 48 \text{ mm} \\ m & : 8,3 \text{ kg} \\ r & : 0,6 \text{ m} \\ g & : 9,8 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

- Perhitungan Pendingin Udara Dengan Waktu Tahan 20 Menit

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

$$\text{➤ } H_1 = r + (\sin a \cdot r)$$

$$= 0,6 + (0,86 \cdot 0,6)$$

$$= 1,116$$

$$\text{➤ } H_2 = r + (\sin b \cdot r)$$

$$= 0,6 + (0,58 \cdot 0,6)$$

$$= 0,948$$

$$= 8,3 \cdot 9,8 \cdot 1,116 - 8,3 \cdot$$

$$9,8 \cdot 0,948$$

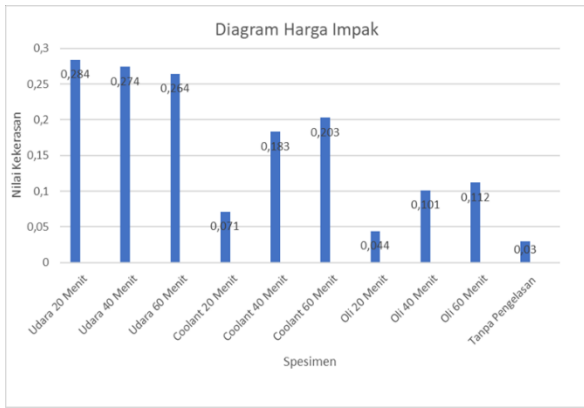
$$= 90,78 - 77,11$$

$$= 13,67$$

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

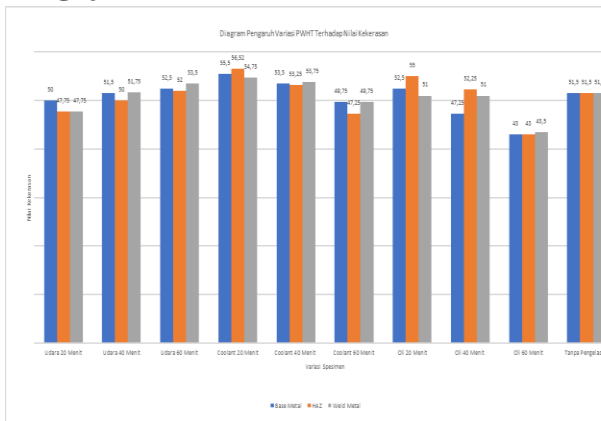
$$= \frac{13,67}{48} = 0,284 \text{ J/mm}^2$$

Gambar 12 Hasil Perhitungan Energi Impak

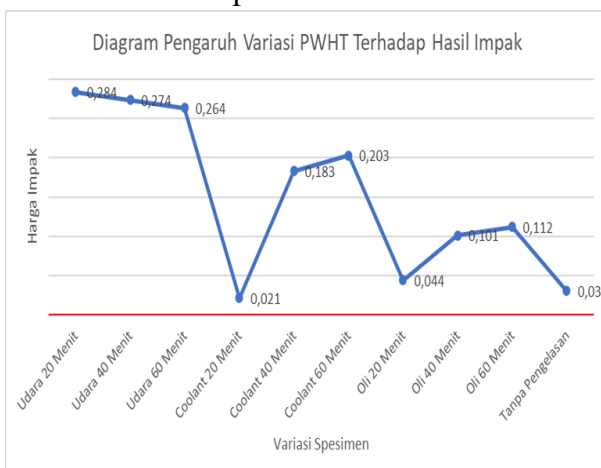


Gambar 12 Diagram Harga Impak

Hubungan Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Tahan PWHT Terhadap Hasil Pengujian kekerasan



Gambar 12 Diagram Pengaruh Vaasi PWHT Terhadap Nilai Kekerasan



Gambar 13 Diagram Pengaruh Variasi PWHT Terhadap Hasil Impak

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses PWHT dengan variasi waktu tahan 20, 40, 60 Menit, menggunakan media pendingin Udara, Coolant, Oli berpengaruh pada distribusi nilai kekerasan serta harga impact pada Pipa Baja karbon ASTM A106 hasil pengelasan SMAW. Dari hasil pengujian kekerasan dan impact terdapat perbedaan nilaikekerasan serta harga impact antara sample dengan perlakuan panas PWHT dan pengelasan atas sample yang di beri perlakuan panas PWHT dengan media pendingin Udara, Coolant, Oli dengan waktu tahan 20, 40 , 60 Menit dan pengelasan, sample tanpa pengelasan memiliki haga impact yang kecil serta nilai kekerasan yang tinggi memiliki nilai distribusi kekerasan yang merata, sedangkan spesimen yang di beri perlakuan panas PWHT dengan media pendingin Udara, Coolant, Oli dengan waktu tahan 20, 40, 60 Menit dan pengelasan mempunyai nilai kekerasan yang besar dan tidak merata pada setiap variasi media pendingin dan waktu tahan serta mempunyai harga impact yang kecil menyebabkan meningkatnya sifat ketangguhan.

Dari gambar 4.5 dan 4.6 menjelaskan bahwa adanya hubungan berbanding terbalik antara nilai kekerasan atas harga impact diakibatkan pengaruh dari Proses PWHT dengan variasi waktu tahan 20, 40, 60 Menit, menggunakan media pendingin Udara, Coolant, Oli. Semakin tinggi rata-rata nilai kekerasan yang didapatkan maka semakin rendah nilai harga impact yang dihasilkan. Dari gambar 4.5 dan 4.6 juga menjelaskan bahwa perlakuan panas PWHT media pendingin Udara, Coolant, Oli dengan waktu tahan 20, 40, 60 Menit akan mempengaruhi pertumbuhan harga impact serta melonjaknya rata-rata angka kekerasan

yang bakal berakibat pada meningkatnya sifat ketangguhan pada material dimana semakin kecil harga impak dan semakin besar angka kekerasan material cenderung bersifat tangguh.

Dari gambar 4.5 dan 4.6 bertujuan untuk mencari variasi media pendingin dan waktu tahan untuk mendapatkan hasil yang optimum di antara variasi spesimen yang lain yaitu pada variasi media pendingin Coolant 20 Menit karena memiliki nilai kekerasan 55,5 HRC di Base Metal, 56,52 HRC pada HAZ, 54,75 pada Weld Metal dan harga impak yang rendah yaitu 0,021 j/mm². Dari data variasi ini dapat di simpulkan bahwa semakin lama waktu tahan maka akan menurunkan nilai kekerasan dan menaikkan harga impak sifat ketangguhan material pipa baja ASTM A106 setelah dilakukan perlakuan panas PWHT media pendingin Udara, Coolant, Oli dengan waktu tahan 20, 40, 60 Menit.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian hasil pengelasan material pipa baja karbon ASTM dengan variasi waktu tahan 20, 40, 60 menit, menggunakan media pendingin Udara, Coolant, Oli dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian kekerasan dimana rata-rata nilai tertinggi di dapat oleh material dengan variasi media pendingin Coolant 20 Menit karena memiliki nilai kekerasan 55,5 HRC di Base Metal, 56,52 HRC pada HAZ, 54,75 pada Weld Metal dan variasi media pendingin oli 60 menit memiliki nilai rata-rata kekerasan terendah yaitu 43 HRC pada titik Base Metal dan HAZ, 43,5 HRC pada titik Wele Metal. Dapat di simpulkan bahwa

semakin lama waktu tahan di dalam tungku dan macam media pendingin bisa mempengaruhi peningkatan nilai kekerasan menjadi turun.

2. Dari hasil pengujian impak Hasil pengelasan SMAW perlakuan panas PWHT dengan variasi media pendingin dan waktu tahan, semakin lama waktu tahan spesimen di dadalam tungku bakal menaikkan angka impak. Dimana semakin rendah harga impak maka bakal menaikkan sifat ketangguhan material tersebut. Variasi media pendingin Coolant 20 menit memiliki harga impak terendah yaitu 0,021 j/mm² dan variasi media pendingin Udara 20 menit memiliki harga impak tertinggi yaitu 0,284 j/mm² Dapat di simpulkan bahwa adanya perlakuan panas PWHT dengan variasi media pendingin Udara, Coolant dan Oli, semakin cepat waktu tahan spesimen di dalam tungku maka semakin tangguh material tersebut, sebaliknya semakin lama waktu tahan spesimen di dalam tungku akan menurunkan sifat ketangguhan material pada pipa baja ASTM A106

Saran

1. Melakukan pengujian NDT terlebih dahulu untuk mengetahui adanya cacat las dan porositas didalam sambungan pengelasan
2. Pada saat pengelasan harus memperhatikan parameter lainnya seperti kecepatan las dan lain – lain karena akan mempengaruhi sifat mekanis bahan dan hasil las

DAFTAR PUSTAKA

- Amanto, H. &. (1999). *Ilmu Bahan*. Jakarta: Bumi Aksara,.
- ASME. (2017). *SECTION IX Boiler and Pressure Vessel Code An International Code*. New York America: The American Society of Mechanical Engineers.
- ASTM, C. (1985). *ASTM Standart American Society For Testing Materials*. American: Philadelphia.
- Augustino, I. F. (2015, Juni). Pengaruh lama waktu tunggu pada proses PWHT terhadap sifat mekanik dan struktur mikro dan tegangan sisa pada pengelasanbaja AAR M201GR.B+. *TESIS –TL 142501*, 1-90.
- Callister William.Jr. (2004). *Materials Science And Engineering* Utah: The University of Utah.
- Fempi Susilo. (2018). *Buku Informasi Pengelasan Seusai WPS.*,. Jakarta Selatan: Direktorat Jenderal Pembinaan Pelatihan Dan Produktivitas Direktorat Bina Standardisasi Kompetensi Dan Pelatihan Kerja.,.
- Harsono, W. O. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Heri Sunaryo. (2008). *Teknik Pengelasan Kapal Jilid I*. Jakarta: Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional.
- Ir Syamsul Hadi. (2016). *Teknologi Bahan*. Yogyakarta: CV ANDI OFFSET.
- Khalik Achmad Nasra, Z. J. (2020, Oktober). Pengaruh PWHT Terhadap Sifat Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh November.
- Sonawan, d. S. (2006). *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam Cetakan Kedua*. Bandung: Cv Alfabeta.
- Tio Gefien, I. (2017). Analisis Struktur Mikro Baja Tulangan Karbon. *Program Studi Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik ITB*.
- Vlack, V. (1981). *Ilmu dan Teknologi Bahan , terjemahan Sriati Djaprie, Cetakan keempat.* Jakarta: Erlangga.