

## PENGUJIAN IMPAK SAMBUNGAN CIRCUMSEAM PADA BEJANA TEKAN HASIL PENGELASAN MULTIPROSES MATERIAL SA 516 GRADE 70N

Rakha Aditya Aji, Ari Wibowo\*

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

\*Corresponding author: ariwibowo@polibatam.ac.id

### Article history

**Received:**

17-04-2022

**Accepted:**

29-06-2022

**Published:**

30-06-2022

Copyright © 2022  
Jurnal Teknologi dan  
Riset Terapan

Open Access

### Abstrak

Bejana tekan merupakan salah satu komponen penting yang diperlukan dalam bidang perminyakan. Bejana tekan memiliki tekanan karena digunakan untuk menyimpan fluida dalam bentuk cair maupun gas dan memiliki karakteristik tahan terhadap suhu tinggi dan suhu rendah. Objek dari penelitian ini adalah bejana tekan yang dioperasikan pada suhu rendah yaitu  $-25^{\circ}\text{C}$ . Bejana tekan tersebut difabrikasi melalui pengelasan multi-proses yaitu GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) pada bagian *root*, SAW (*Submerged Arc Welding*) pada bagian *outside*, dan FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) pada bagian *inside*. Kualitas dari pengelasan tersebut salah satunya bisa dilihat dari pengujian *impact*. Pengujian *impact* dilakukan pada daerah *weld metal* dan HAZ (*Heat Affected Zone*) pada masing-masing proses las pada suhu  $-25^{\circ}\text{C}$  yang didahului oleh proses PWHT (*Post Weld Heat Treatment*). Suatu bejana tekan dianggap memenuhi standar apabila hasil pengujian *impact* menunjukkan energi yang diserap di atas 27 Joule. Hasil pengujian *impact* menunjukkan bahwa semua spesimen uji menyerap energi di atas 27 Joule, sehingga memenuhi standar untuk digunakan sebagai bejana tekan dan proses las yang digunakan dapat diterapkan dalam pembuatan bejana tekan.

**Kata Kunci:** Bejana Tekan, Uji Impact, Las Multi Proses, SA 516 70N

### Abstract

*Pressure vessels are one of the important components needed in the petroleum sector. A pressure vessel is a vessel that has pressure because it is used to store fluids in the form of liquid or gas which has the characteristics of being resistant to high and low temperatures. The object of this research is a pressure vessel which is operated at a low temperature of  $-25^{\circ}\text{C}$ . The pressure vessel is fabricated through multi process welding, namely GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) on the *root*, SAW (*Submerged Arc Welding*) on the *outside*, and FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) on the *inside*. One of the quality of the welding can be seen from impact testing. Impact testing was carried out on the *weld metal* and HAZ (*Heat Affected Zone*) areas in each welding process at  $-25^{\circ}\text{C}$  which was preceded by the PWHT (*Post Weld Heat Treatment*) process. A pressure vessel is considered to comply the standard if the impact test results show the energy absorbed is above 27 Joules. The impact test results show that all test specimens absorb energy above 27 Joules so that they comply the standards for use as pressure vessels and the welding process used can be applied in the manufacture of pressure vessels.*

**Keywords:** Pressure Vessel, Impact Test, Multi-Process Welding, SA 516 70N

## 1.0 PENDAHULUAN

*Welding Procedure Specification* (WPS) adalah prosedur atau acuan bagi *welder* untuk melakukan pengelasan. Dalam bidang industri, WPS adalah hal yang wajib dipenuhi aturannya karena memenuhi persyaratan agar didapatkan hasil pengelasan yang diinginkan.

Pengelasan multi-proses adalah proses pengelasan

yang menggunakan lebih dari satu proses pengelasan dalam satu sambungan atau *joint*. Dalam penelitian ini, pengelasan multi-proses terdiri dari tiga proses pengelasan, yaitu proses SAW (*Submerged Arc Welding*) yang digunakan untuk menyambung bevel *single V* bagian luar dan proses FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) yang digunakan untuk menyambung bevel *single V* bagian dalam. Untuk pengelasan *root* memakai proses GMAW (*Gas Metal Arc Welding*), proses ini bersifat

sementara yang nantinya akan dihilangkan dengan proses *gouging*.

Pengelasan FCAW adalah proses pengelasan yang memiliki *filler metal* panjang yang bisa dikeluarkan secara otomatis sesuai kebutuhan. Pengelasan ini memiliki karakteristik pada *filler metal*-nya, yaitu memiliki inti fluks yang terlindungi dan ditambah beberapa unsur untuk inti fluks nya, bahan tambah itu adalah unsur – unsur deoksidiser dan unsur *alloy* [1].

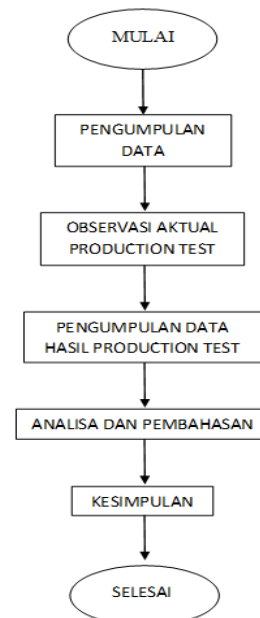
Pengelasan SAW (*Submerged Arc Welding*) adalah pengelasan dengan *filler metal* yang direndam dalam pasir khusus atau serbuk *flux*, kemudian *filler metal* bergerak secara terus menerus sesuai keperluan. *Filler metal* digunakan secara otomatis dari gulungan ke *nozzle* lasan, lalu pasir atau *flux* dituangkan atau lebih tepatnya melapisi bagian *filler metal* yang keluar secara otomatis, sehingga *filler metal* yang keluar sudah terlapisi dengan *flux*. Pasir atau *flux* melindungi cairan *filler metal* yang meleleh akibat busur las, sehingga melindungi *filler metal* dari proses oksidasi dan mencegah percikan [1]. Untuk mendapatkan hasil *destructive test* tidak memungkinkan untuk memotong bagian sambungan *circumseam* pada *vessel* untuk digunakan dalam *destructive test* lalu disambungkan kembali setelah selesai. Maka dari itu digunakanlah proses *production test* sebagai sarana agar tetap bisa mendapatkan nilai hasil dari *destructive test*. *Production test* adalah proses representasi aktual dari sambungan pengelasan (dalam hal ini pada *vessel*) untuk pengujian *destructive test*. Material yang dijadikan representasi dari sambungan *circumseam* disebut *production test coupon*. Berikut adalah hal-hal yang direpresentasikan di dalam *production test*; 1. *Welding Process*, 2. *WPS*, 3. *Weld Position*, 4. *Thickness material*, 5. Jenis material, dan 6. *Welding parameter*.

Di dalam *production test* terdapat banyak pengujian *destructive*, tetapi dalam penelitian ini hanya mengambil *impact test* sebagai penelitian. Ketangguhan bahan adalah jumlah energi yang diperlukan untuk bisa mematahkan suatu bahan material. Bahan yang memiliki sifat ulet atau elastis memiliki sifat ketangguhan yang bagus dan memerlukan energi yang besar untuk bisa mematahkannya jika dibandingkan dengan bahan yang mempunyai sifat getas dengan kekuatan bahan yang sama. Penurunan ketangguhan suatu bahan material sangat fatal sekali, maka dari itu perlu adanya cara pengukuran secara kuantifikasi yang konvensional, yaitu dengan uji *impact* [1].

*Pengujian impact* bertujuan untuk mengukur seberapa besar energi yang dapat diserap material hingga material itu mengalami patah [5]. Pengujian ini terdiri dari dua teknik, yaitu *charpy* dan *izod*. Metode *charpy* menggunakan batang yang akan dipakai sebagai sarana *impact*, yang tumpuannya terletak di kedua ujungnya. Benda uji *charpy* memiliki luas penampang kotak dan memiliki takik V 45° dengan jari-jari 0.25 mm dan kedalaman 2 mm. Pada uji *charpy*, spesimen diletakkan dalam posisi mendatar, dan bagian yang memiliki takik dihantam dengan beban *impact* dari ayunan bandul. Benda uji akan melengkung dan patah saat regangan tinggi [3]. Metode *izod* menggunakan batang yang digunakan sebagai sarana *impact* atau biasa disebut

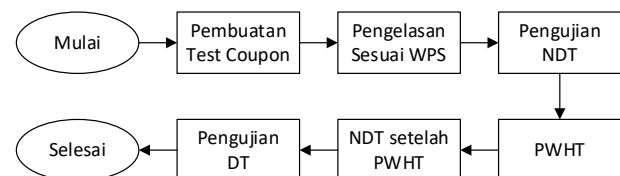
*striker* atau pendulum. Benda uji *izod* memiliki luas penampang bujur sangkar atau lingkaran, memiliki ukuran spesimen yang lebih panjang dari *charpy*, takik V terletak hampir di ujung ragum atau penjepit. Berbeda dengan *charpy*, arah pukulan *striker* pada metode *izod* mengarah ke hadapan takik, sedangkan untuk *charpy* mengarah ke belakang takik. Metode *izod* hanya menggunakan temperatur ruangan dan diperuntukkan untuk material yang didesain menjadi *cantilever* [6]. Pemilihan terhadap metode pengujian *impact* sudah ditentukan oleh *client spec*, yaitu metode *Charpy V notch*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui energi yang diserap pada suhu -25°C hasil dari pengelasan multi-proses dengan material SA 516 70N melalui *production test* sehingga dapat digunakan untuk proses fabrikasi bejana tekan.

## 2.0 METODE



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 menjelaskan tentang alur penelitian yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. Penelitian dimulai dari pengumpulan data, observasi aktual proses *production test*, pengumpulan data hasil proses *production test*, analisa dan pembahasan, kesimpulan.



Gambar 2. Diagram Alir Proses *Production Test*

Gambar 2 menjelaskan tahapan pengerjaan dalam *production test*. *Production test* dimulai dari mempersiapkan *test coupon*, yaitu material dan *bevel joint*, setelah itu dilanjutkan dengan mengelas *test coupon* dengan *WPS* yang tersedia dengan metode pengelasan multi-proses. Setelah pengelasan selesai, dilanjutkan dengan NDT (*Non-Destructive Test*) yang dalam proses

ini menggunakan UT (*Ultrasonic Test*) dan MT (*Magnetic Test*). MT digunakan untuk menemukan cacat lasan pada bagian *surface*, sedangkan UT digunakan untuk melacak cacat lasan pada bagian *sub-surface* sampai *root*. Setelah proses NDT selesai, dilanjutkan dengan proses PWHT (*Post Weld Heat Treatment*). Proses PWHT menggunakan jenis PWHT *Furnace*, temperatur *heating rate* 50°C/hour, *soaking temperature* 600-620°C dengan *soaking time* 2 hours 40-minute dan *cooling rate* 30°C/hour. Tujuan dilakukannya proses PWHT adalah untuk menghilangkan tegangan sisa yang terbentuk setelah proses pengelasan selesai. Setelah proses PWHT selesai, dilanjutkan dengan proses NDT kembali. Proses ini dilakukan untuk memastikan bahwa lasan yang dihasilkan tidak ada cacat atau *accept* sesuai *acceptance criteria* yang dipakai.

Setelah proses NDT ini selesai, dilanjutkan dengan proses *destructive test*, pengujian yang dipakai adalah pengujian *impact*. Jenis pengujian *impact* yang dipakai adalah *Charpy V-notch*, dengan *test specimen* sebanyak 18 buah, dan diuji dengan suhu -25°C. Setelah pengujian selesai, hasil yang didapatkan dirujuk ke *G.A drawing* dan *Client Specification*. WPS yang dipakai terdapat beberapa variabel yang sangat penting untuk diperhatikan, Variabel-variabel tersebut akan ditampilkan dalam bentuk tabel 1 sampai tabel 7.

Tabel 1. Spesifikasi Base Material

Material Spec. Range With <i>Impact Test</i>	P-No.1 Group No,1 & Group No.2
Thickness Range Base Metal With <i>Impact</i> , Groove	9.53 – 200 mm
Delivery/Supply Condition (When <i>Impact</i> Properties are required by ASME SEC.VIII Div. ½)	Normalized

Tabel 1 menjelaskan tentang grup material, ketebalan, dan perlakuan panas *base material* yang digunakan. Range ketebalan material yang bisa digunakan adalah 9.53-20 mm. Sedangkan Tabel 2. Menjelaskan Spesifikasi *Filler Metal* FCAW. *Filler metal* FCAW memiliki diameter 1,2 mm dengan kekuatan tarik sebesar 70 ksi. Tabel 3 menunjukkan spesifikasi *filler metal* untuk proses SAW. *Filler metal* yang bisa digunakan untuk pengelasan yaitu memiliki diameter 3,2 dan 4,0 mm.

Tabel 2. Spesifikasi *Filler Material* FCAW

Welding Process	FCAW
AWS Class No.	E71T-12CJ
F No./A No.	6/1
Filler Metal Size	1.2 mm
Specification (SFA) No.	SFA-5.20

Tabel 3. Spesifikasi Filler Metal SAW

Welding Process	SAW
AWS Class No.	EH12K
F No./A No.	6/1
Filler Metal Size	3.2/4.0
Specification (SFA) No.	SFA-5.17

Tabel 4. Preheat Proses FCAW

Welding Process	FCAW
Preheat Temperature (°C) Min.	Thickness 38.1 mm – 55 mm : 65°C
Interpass Temperature Max.	220°C

Tabel 4 menjelaskan tentang *preheat* dan temperatur *interpass* yang dipakai dalam proses FCAW. Preheat dilakukan sebelum pengelasan dengan minimum suhu sebesar 65°C, sedangkan temperatur *interpass* maksimum adalah 220°C.

Tabel 5. Preheat Proses SAW

Welding Process	SAW
Preheat Temperature (°C) Min.	25 °C
Interpass Temperature Max.	250°C

Tabel 6. Parameter pengelasan Proses FCAW

Welding Process	FCAW	FCAW	
Weld Layer	Fill Pass	Cap Pass	
Curent	Polarity	DCEP	DCEP
	Amperage Range (A)	170 – 250	150 - 230
Volt Range (V)		23- 25	23 - 24
Travel Speed (mm/min)		200 – 300	210 - 250
Heat Input (kJ/mm)	Min.	0.8	0.8
	Max.	1.9	1.6

Tabel 7. Welding Parameter Proses SAW

Welding Process		SAW		SAW	
Weld Layer		Fill Pass		Cap Pass	
Filler Metal Size		3.2	4.0	3.2	4.0
Current	Polarity	DCEP		DCEP	
	Amperage Range (A)	425 - 530	550 - 700	450 - 545	550 - 650
Volt Range (V)		26 - 30	28- 33	26 - 30	28 - 33
Travel (mm/min)	Speed	444 - 535	645 - 740	479 - 610	628 - 740
Heat Input (kJ/mm)	Min.	1.2	1.2	1.2	1.2
	Max.	2.1	2.1	2.0	2.0

Tabel 5 menjelaskan tentang *preheat* dan temperatur *interpass* yang dipakai dalam proses SAW. Tabel 6 menjelaskan tentang *welding parameter* yang akan dipakai pada proses FCAW. Tabel 7 menjelaskan tentang *welding parameter* yang akan dipakai pada proses SAW. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah material dengan kode SA 516 70N yang mempunyai ketebalan 50.8 mm. Berikut adalah komposisi kimia material tersebut;

Tabel 8. Komposisi Kimia SA 516 70N

Unsur Kimia	Kandungan (%)
Carbon (C)	0,22
Mangan (Mn)	1,7
Silikon (Si)	0.6
Fosfor (P)	0,03
Sulfur (S)	0,03
Nikel (Ni)	0,3
Tembaga (Cu)	0,3
Cromium (Cr)	0,3
Molibdenum (Mo)	0,08
Niobium (Nb)	0,01

Tabel 8 menjelaskan tentang unsur kimia yang terkandung dalam material yang digunakan sebagai *test coupon*. Tabel 9 menjelaskan unsur kimia dalam *filler metal* yang terdapat dalam proses FCAW.

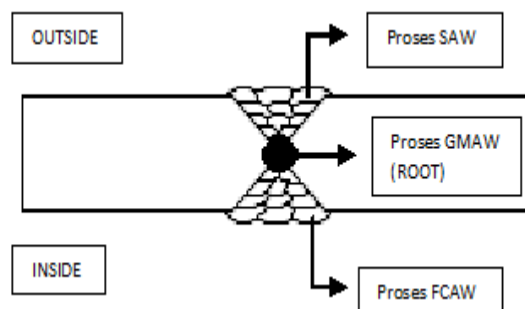
Tabel 9. Spesifikasi *Filler Metal* Proses FCAW

Unsur Kimia	(%)
Carbon (C)	0.03
Silikon (Si)	0.26
Mangan (Mn)	1.16
Fosfor (P)	0.010
Sulfur (S)	0.006
Nikel (Ni)	0.41
Cromium (Cr)	0.04
Molibdenum (Mo)	0.01
Tembaga (Cu)	0.01

Tabel 10. Spesifikasi *Filler Metal* Proses SAW

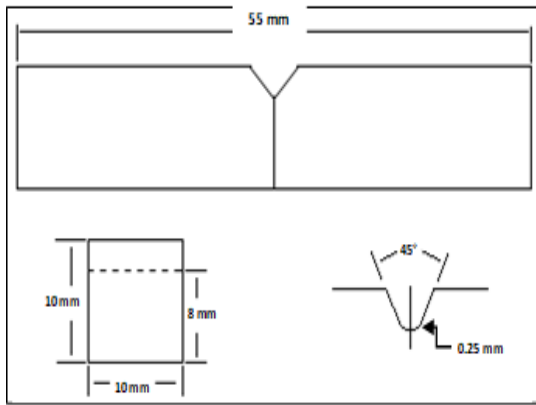
Unsur Kimia	Kandungan (%)
Carbon (C)	0.10
Silikon (Si)	0.32
Mangan (Mn)	1.73
Fosfor (P)	0.011
Sulfur (S)	0.007
Tembaga (Cu)	0.08

Tabel 10 menjelaskan unsur kimia dalam *filler metal* yang terdapat dalam proses SAW.

Gambar 3. Detail *Joint* Pengelasan Multiproses

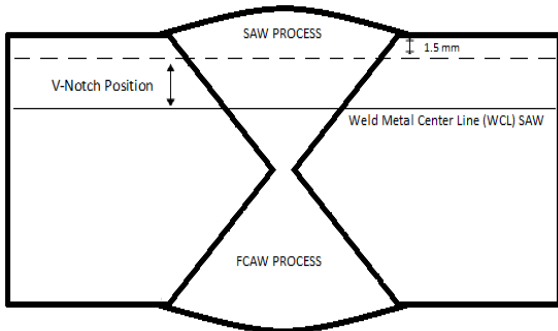
Gambar 3 menjelaskan *joint* dan proses pengelasan yang digunakan pada penelitian ini. Pengelasan *root* memakai proses GMAW, proses ini hanya bersifat sementara dan akan dihilangkan dengan *gouging*. Bevel *single V* bagian dalam (*inside*) menggunakan proses FCAW sebagai *filler pass* dan *capping pass*, dan untuk bevel *single V* bagian luar (*outside*) menggunakan proses SAW sebagai *filler pass* dan *capping pass*.

Pengujian *impact* menggunakan spesimen *impact v-notch* dengan ukuran panjang 55 mm, tinggi 10 mm, dan lebar 10 mm. *V notch* mempunyai kedalaman 2 mm, dengan derajat *V-notch* 45° dan radius *notch* 0.25 mm seperti yang ditunjukkan gambar 4 [7].

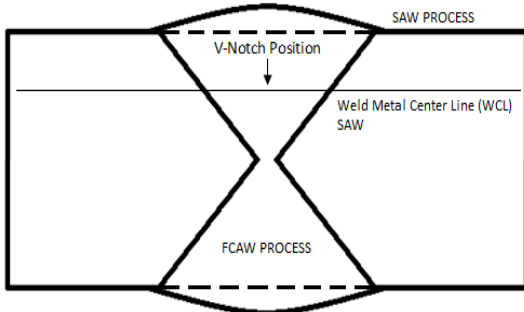


Gambar 4. Dimensi Spesimen Impact Test

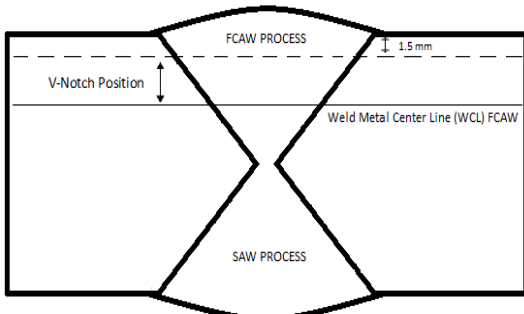
Pengambilan spesimen *impact charpy V-notch* terdiri dari 6 posisi yaitu WCL A, WCL B, WCL C, HAZ A, HAZ B, dan HAZ C (Gambar 5-10). Berikut adalah lokasi pengambilan spesimen dalam *test coupon* untuk uji *impact*;



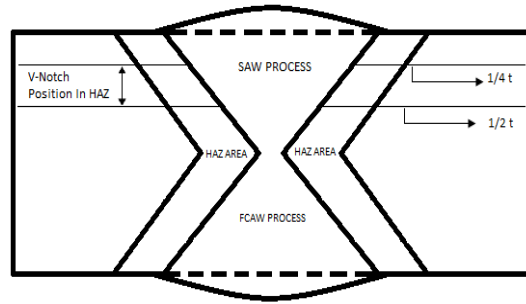
Gambar 5. Posisi Spesimen WCL A



Gambar 6. Posisi Spesimen WCL B

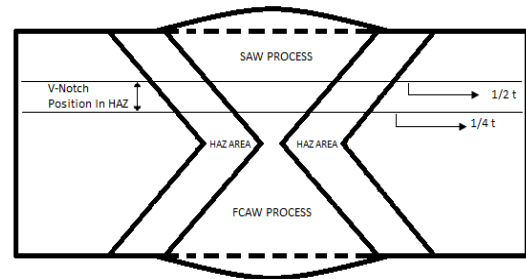


Gambar 7. Posisi Spesimen WCL C



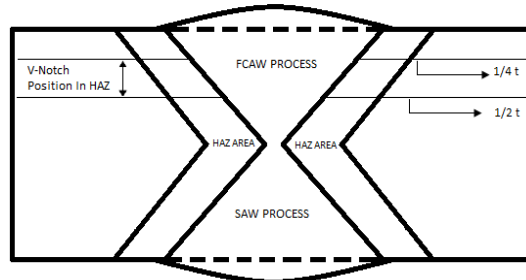
Gambar 8. Posisi Spesimen HAZ A

Gambar 5 menjelaskan posisi *V-notch* spesimen WCL A. WCL A adalah : WCL SAW 1.5 mm di dalam permukaan lasan. Gambar 6 menjelaskan posisi *V-notch* spesimen WCL B; WCL B : WCL SAW di pertengahan. Gambar 7 menjelaskan posisi *V-notch* spesimen WCL C; WCL C : WCL FCAW 1.5 mm di dalam permukaan lasan. Gambar 8 menjelaskan posisi *V-notch* spesimen HAZ A; HAZ A : HAZ SAW  $\frac{1}{4}$  t sampai  $\frac{1}{2}$  t dari permukaan lasan ( $t = \text{weld deposit } 38 \text{ mm}$ ).



Gambar 9. Posisi Spesimen HAZ B

Gambar 9 menjelaskan posisi *V-notch* spesimen HAZ B; HAZ B : HAZ SAW  $\frac{1}{4}$  t sampai  $\frac{1}{2}$  t dari permukaan *root* ( $t = \text{weld deposit } 38 \text{ mm}$ ). Gambar 10 menjelaskan posisi *V-notch* spesimen HAZ C; HAZ C : HAZ FCAW  $\frac{1}{4}$  t sampai  $\frac{1}{2}$  t dari permukaan lasan ( $t = \text{weld deposit } 12.8 \text{ mm}$ ).



Gambar 10. Posisi Spesimen HAZ C

Sebelum pengujian *impact*, spesimen uji direndam setidaknya 5 menit dalam media *liquid* dan 30 menit pada media *gas*. Media *liquid* yang dipakai adalah cairan *acetone* dan  $\text{CO}_2$  padat (*dry ice*).

### 3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian *impact* ditunjukkan oleh tabel 11. Hasil pengujian spesimen posisi *V-Notch* WCL A menunjukkan nilai energi *impact* tertinggi sebesar 124 Joule, sedangkan energi *impact* terkecil sebesar 93 Joule. Energi *impact* rata-rata pada posisi WCL A sebesar 113 Joule dengan simpangan sebesar 14,38 Joule. Dari

keenam posisi pengujian *impact*, hasil pengujian *impact* dengan serapan energi tertinggi terdapat pada posisi HAZ A sebesar 179 Joule, kemudian disusul pada posisi HAZ C, HAZ B, WCL A, WCL B, dan terkecil pada posisi WCL C yaitu sebesar 49 Joule.

Tabel 11. Hasil pengujian *impact*

V-Notch Position	Spesimen Uji			Average (J)
	1	2	3	
WCL A	124	123	93	113
WCL B	106	100	106	104
WCL C	57	40	50	49
HAZ A	195	169	173	179
HAZ B	178	151	163	164
HAZ C	161	163	173	167

Tabel 12. Hasil Pengujian *Impact* dan *Acceptance Criteria*

V-Notch Position	Average (J)	Acceptance Criteria (J)	Remarks (Accept/Reject)
WCL A	113	27	Accept
WCL B	104	27	Accept
WCL C	49	27	Accept
HAZ A	179	27	Accept
HAZ B	164	27	Accept
HAZ C	167	27	Accept

Nilai energi *impact* yang besar menunjukkan bahwa material pada posisi tersebut bersifat ulet walaupun pada kondisi suhu rendah. Sedangkan nilai energi *impact* yang rendah menunjukkan bahwa material pada posisi tersebut mengalami transisi dari ulet menuju getas. Berdasarkan Tabel 12, bahwa material yang hanya memiliki energi *impact* maksimum sebesar 27 Joule [4] dianggap tidak memenuhi syarat untuk digunakan sebagai material bejana tekan. Material yang menyerap energi maksimum sebesar 27 Joule dianggap memiliki sifat getas. Material getas tidak mampu menahan beban tiba-tiba atau beban hantakan. Untuk material baja carbon, energi *impact* yang diserap berbanding terbalik dengan kekerasan dan kekuatan [7]. Semakin besar energi *impact* yang diserap, maka semakin rendah kekerasan dan kekuatannya.

#### 4.0 KESIMPULAN

Hasil pengujian *impact* dengan serapan energi tertinggi terdapat pada posisi HAZ A sebesar 179 Joule, kemudian disusul pada posisi HAZ C sebesar 167 Joule, HAZ B sebesar 164 Joule, WCL A sebesar 113 Joule, WCL B sebesar 104 Joule, dan terkecil pada posisi WCL C yaitu sebesar 49 Joule. Hasil pengujian *impact charpy V-notch* dengan spesimen yang diuji dalam suhu  $-25^{\circ}\text{C}$  adalah *accept* sesuai dengan *acceptance criteria* yang digunakan, yaitu dengan rata-rata energi diserap di atas 27 J.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siswanto, Rudi. “*Teknologi Pengelasan*”. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarmasin, 2018
- [2] Aziz Abdul, Abdul H., dan Imam H. “*Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) Untuk Separasi Tiga Fasa*”. Jakarta, Universitas Mercu Buana.
- [3] Muhibuddin. “*Pengujian Dan Validasi Alat Uji Impak Type Charpy ( Impact Testing Machine )*”.: Universitas Teuku Umar. Aceh. 2014
- [4] ASME BPVC SEC VIII. *Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Procedures; Welders; Brazers; and Welding, Brazing, and Fusing Operators*, USA, 2019
- [5] Umam, Nasrul. “*Analisis Uji Impact Pada Baja ST60 Dengan Variasi Ketebalan Lapisan Karbon Viber Untuk Aplikasi Kerangka Mobil Listrik*”. Semarang: Universitas Negeri Semarang, 2015
- [6] Ramadani, Rizkiyah. “*Analisa Pengaruh Variasi Sudut Bevel Akibat Kombinasi Pengelasan FCAW dan SMAW Terhadap Kekuatan Impact Butt Joint Pada Spesimen Pipa API 5L Grade X42*”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya, 2016
- [7] ASTM E23. *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing Of Metallic Material*. USA, 2018
- [8] ASTM A370, *Standard Test Methods and Definitions For Mechanical Testing Of Steel Products*. USA, 2019