

WPS (*Welding Procedure Specification*) Untuk Pembuatan Konstruksi *Module* Menggunakan Material S355J2 Dengan Proses Pengelasan FCAW-GS

Aji Sutrisno¹, Basuki Rahmat², Rapiansyah Putra³, Abdul Hamid⁴, Sony Liston⁵

^{*1,2,3,4,5}Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Batam, Jalan Abulyatma No.05
Batam Center, Batam, 29464

Abstrak

Di dalam dunia proyek baik itu minyak dan gas, Pembangkit Listrik, Petrochemical maupun Industri Galangan Kapal (*Ship Yard*) tentu sangat lazim dan tidak terlepas dari Pengelasan. Arti dasar pengelasan sendiri secara dasar adalah penyambungan dua buah material yang menggunakan busur las, dimana akan terjadi meleburnya (*Fusion*) dua buah material tersebut menjadi bersatu dan padu. Proses Pengelasan itu sendiri terdiri dari bermacam macam proses dan kegunaannya. Sedangkan Pelaksanaan uji nya juga terdiri dari bermacam metode dan teknik, baik itu hasil lasannya ataupun orang yang melakukan pengelasan. Disini Hasil Uji sudah di Lakukan di Laboratorium Uji dengan metode *Charpy impact test*, *Tensile Test*. Sedangkan Badan dan Tempat uji juga tersertifikasi *ISO (International Standart Organization)* dan *UKAS*, Badan yang sangat penting di dalam industri module lepas pantai ini Internasional. Latar belakang tugas akhir ini saya buat adalah untuk menganalisa terhadap penggunaan WPS (*Welding Procedure Specification*) dengan *material Plate S 355J2* yang menyebabkan cacat pada pengelasan yang seharusnya tidak terjadi. Tujuan dari tugas akhir ini saya buat juga untuk bisa menemukan dan mengakhiri penyebab cacat las dan terjadi repair pada pengelasan *structure* itu sendiri. Metode yang di lakukan penulis dengan menggunakan beberapa cara yang sudah pernah penulis lakukan di proyek sebelumnya, baik dilakukan di pekerjaan ataupun dengan pelatihan ataupun *training* sebagai ilmu teori. Hasil dari tugas akhir ini juga menghasilkan solusi dan akar permasalahan yang dihadapi penulis serta mempraktekan kerja yang sesuai dengan prosedur. Memberikan pengalaman cara melakukan praktek pelaksanaan *WPS (Welding procedure sepecification)* yang memegang kunci.

Kata kunci: Aturan Pengelasan standart proyek Lepas Pantai

Abstract

In the world of projects, be it oil and gas, power plants, petrochemicals or the shipbuilding industry, it is certainly very common and cannot be separated from welding. The basic meaning of welding itself is basically the joining of two materials using a welding arc, where there will be a fusion (fusion) of the two materials to become united and unified. The welding process itself consists of various processes and their uses. Meanwhile, the test implementation also consists of various methods and techniques, be it the results of the weld or the person carrying out the welding. Here the test results have been carried out in the test laboratory using the Charpy impact test method, tensile test. Meanwhile, the body and test site are also ISO and UKAS certified, bodies recognized by national and international oil operators. The background of this final assignment I made is to analyze the use of WPS (Welding Procedure Specification) with Plate S 355J2 material which causes defects in welding that should not have occurred. The purpose of this final assignment I made is also to be able to find and end the cause of welding defects and repair the welding structure itself. The method used by the author is to use several methods that the author has done in previous projects, both in work and with training or training as theoretical knowledge. The results of this final assignment also produce solutions and root causes of the problems faced by the author and practice work in accordance with the procedure. Providing experience in how to practice the implementation of WPS (Welding Procedure Specification) which holds a very important key in the structural construction industry in this offshore module building.

Keywords: Standard Welding Rule for Offshore Structure

Latar Belakang

Pengujian suatu material saat ini semakin meluas baik dalam konstruksi, Permesinan, bangunan, maupun bidang lainnya. Hal ini disebabkan karena sifat dari suatu material yang bisa diubah sehingga pengetahuan tentang *Metalurgi* terus berkembang. Pengujian *Destruktif* adalah pengujian yang dilakukan terhadap suatu material atau spesimen Objek yang akan diujikan sampai material tersebut mengalami kerusakan. Tujuan dari pengujian destruktif adalah untuk memahami ketahanan suatu material dengan cara merusak agar dapat mengetahui apakah material kuat jika ditekan, ditarik, dan dilengkungkan sehingga menciptakan material yang berkuwalitas nantinya. Pengujian ini dirancang untuk memastikan bahwa material tersebut cocok untuk kualifikasi yang ditujukan. Pengujian ini mencakup beberapa metode seperti kekuatan dan keuletan. Latar Belakang dari Penulisan ini di dasari pada kenyataannya *WPS* (*Welding Procedure Specification*) ini prakteknya di lapangan menghasilkan pengelasan dengan *Repair* yang tinggi. Atas dasar itulah Penulis merangkum table dan grafik di bawah ini sebagai acuan betapa tingginya *repair* pengelasan tersebut. Dasar tabel dan diagram di bawah ini menjadikan penulis utuk mengetahui cacat las yang paling dominan dan jalan keluar yang harus dilakukan menurut pengalaman penulis adalah Investifigasi yang berkesinambungan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan material plate S355J2 fengan menggunakan welding proses *FCAW-GS* serta *PWPS* (*Prilemenery welding procedure specification*) .Mekanikal test nya melalui uji *impact test*, *Tensile test* dan *Bend test*. *NDT* (*Non distructive test*) yang di pakai menggunakan metode *UT* (*Ultra sonic test*) dan *MPT* (*Magnetic partical test*), *code standart* yang di pakai *AWS* (*American welding society*) *DI.1* edisi tahun 2023.

Untuk Assurance ataupun thryparty nya kita menggunakan standart *DNV* (*Death north veritas*)

Pelaksanaan waktu dan tempat.

Tempat penelitian dan perancangan ini dilaksanakan di sebuah PT yang ada di pulau Batam. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2023 – Mei 2023 dengan jangka waktu 3 bulan.



Gambar 1 Lokasi pengujian *mechanical Test*

URAIAN	Maret			April				Mei				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Survei dan Identifikasi Masalah												
Penelusuran dan studi pustaka/Teori												
Pengajuan dan penulisan Proposal dan rencana penelitian												

Tabel 1 Jadwal penelitian 2023-2024

Analisa Data

Pengujian tarik (*Tensile Tests*) Tabulasi awal data pengujian tarik dapat dilihat pada Tabel di bawah ini

Tabulasi	Thickn ess (mm)	Width (mm)	Effecti ve Area (mm ²)	Tensile strength (Mpa)
1				
2				

Tabel 2 Tabulasi dari pengujian tarik

Pengujian lengkung (*Bend Tests*) Tabulasi awal data pengujian tarik dapat dilihat pada Tabel 3

<i>Specimen No.</i>	<i>Result</i>
1	
2	

Tabel 3. Tabulasi data pengujian lengkung

Tabel 4 Tabulasi pengujian *impact weld center line*

Pengujian impak (*Impact Tests*)

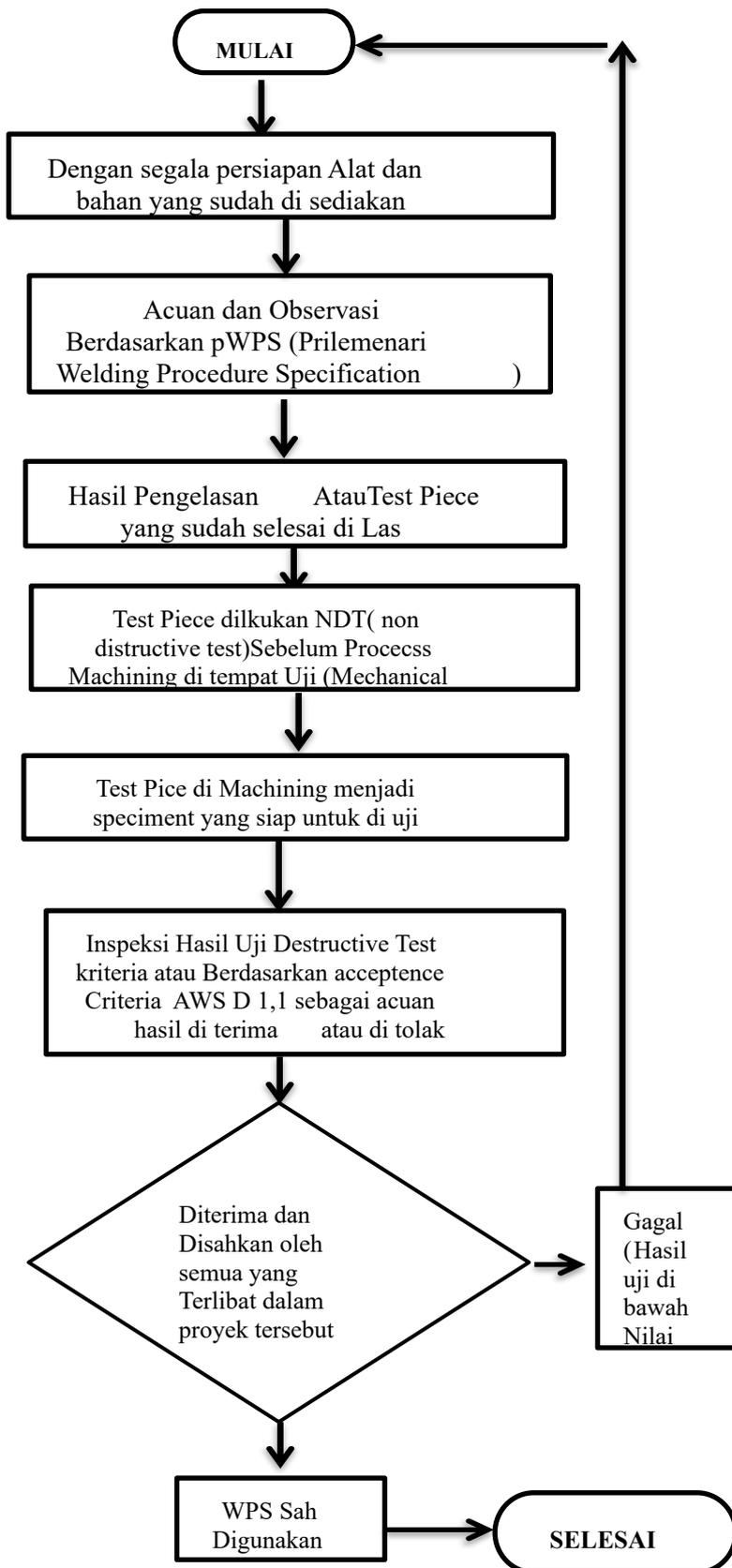
Tabulasi awal data pengujian tarik dapat dilihat pada Tabel 4.

<i>V-Notch Position</i>	<i>Spesi men No.</i>	<i>Impact Value (Joule)</i>
	1	
<i>Weld Centreline</i>	2	
	3	
<i>Average</i>		

V-Notch Position	Spesim en No.	Impact Value (Joule)	<i>Heat- Effected</i>
	1		2
<i>Zone</i>	3		
<i>Average</i>			

Tabel 5 Tabulasi *impact test areal HEZ*

Diagram alur penelitian atau
 Flow Chart



menyenangkan dan Lelah jika proses uji tidak

Penelitian di Mulai

Persiapan Bahan, Alat dan Tenaga Kerja Meliputi dari Persiapan Material Yang akan di pakai beserta kelengkapan document asal usul material, produk material, tahun berapa material di buat serta detail ukuran tebal, Panjang dan lebar serta grade nya sesuai atau tidak. Untuk Alat-alat yang harus di siapkan seperti mesin las *FCAW-GS full set* komplit, gerinda, chiping, serta APD (Alat pelindung diri) buat si tukang las, Kemudian untuk tenaga kerja terkalibrasi seperti \, contoh Tang *Ampere, Voltase* Meter, *stopwach* (alat Pengukur waktu) jangka sorong, meteran serta senter lampu. Yang tak kalah pentingnya adalah document rekaman pengelasan (*Run sheet*).

Pelaksanaan Proses pengelasan yang wajib terlibat dan selalu di tempat pengelasan adalah seperti Tukang las sebagai pelaksanaan, QC Inspektor sebagai pencatat rekaman Variable proses Las serta tim yang membantu keperluan pengelasan tersebut agar tidak terjadi masalah ataupun hambatan yang menyebabkan proses Pembuatan lasdan rekaman data terhambat.

(Post Cleaning) Pembersihan hasil las dilakukan dan dilaksanakan oleh tukang las dal QC (*Quality Control*) Inspektor agar maksimal dalam visual inspeksi sebelum proses uji tanpa rusak (*Non-Destructive Test*) *NDT* yang sesungguhnya.

Pengujian tanpa rusak atau *NDT (Non Destructive Test)* dilakukan oleh qc inspektor, pihak ke tiga (*Third Party*) seperti *MIGAS* (Minyak dan gas, *DNV (Death north Veritas)*), *ABS (America Biraue Ship)* atau pihak ke tiga lainnya tergantung dari fungsi dan kontrak perusahaan tersebut. Tujuan dari pihak ke tiga dalah sebagai Penjamin (*Asurance*) Bahwa nantinya akan menjadi penjamin bahwa proses pelaksanaan sudah sesuai standart dan persyaratan yang berlaku. Uji rusak dilakukan mulai dari *Visual* Inspeksi, Kemudian dilakukan *MT (Magnetic Test)* lalu dilakukan *Ultrasonic Test (UT)* ataupun *RT (Radiography Test)*. Jika hasilnya Gagal ataupun *Repair* maka pengujian pengelasan di ulang Kembali dari Nomor-1 yaitu persiapan material baru Kembali dan sebagainya seperti urutan proses di atas. Memang tidak

rusak gagal (*Fail*).Hal yang tidak di perbolehkan *Repair* (Perbaikan) karena ini *PQR (Procedure Qualification Record)* Aturan Pembuatan procedure.Akan tetapi jika berhasil bahan uji tersebut bisa di kirimkan ke laboratorium uji (*Mecanical Test*) di sertai dengan data dan *document* pada waktu persiapan hingga pengelasan dan uji tanpa rusak dilakan. Di Laboratorium mekanikal,bahan las tersebut di lakukan pemotongan di area yang akan di uji rusak sesuai dengan persyaratan yang berlaku serta di lakukan machining atau penghalusan bahan sesuai dengan bentuk masing masing yang akan di Uji rusak seperti Benturan *Test (Impac Test)*,*Tensile Test* atau uji Tarik,*Bend Test* atau uji Bengkok serta *Hardness Test* atau uji Kekerasan.Pengujian tersebut harus di saksikan oleh phak yang terlibat,serta penjamin (*Asurance*).Jika pengujian menemui kegagalan,maka dilakukan persiapan dari awal kembali ataupun di ulang dalam melakukan pengelasan Kembali sengan bahan yang baru.Singkatnya di lakukan dari awal kembali.Tetapi jika pengujian itu Berhasil maka bahan uji tadi bisa secara otomatis menjadi *WPS (Aturan spesifikasi Pengelasan)*.*WPS* tersebut bisa di pakai untuk proyek yang akan ataupun sedang berlangsung.

Hasil uji bahan yang berhasil maka akan menjadi *WPS (Weldng Procedure Specification)*.*WPS (Weldng Procedure Specification)* atau dalam Bahasa indonesiannya adalah Aturan dan spesifikasi Pengelasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai data-data yang telah didapatkan dari proses pengujian serta menganalisis hasil perolehan data. **Hasil Penelitian**

Dari pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil pengujian dan penelitian yang akan dijelaskan dibawah ini.

Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

<i>Specimen</i>	<i>Tensile - 1</i>	<i>Tensile - 2</i>
<i>Measured Thickness</i>	18.50 mm	18.45 mm
<i>Measured Width</i>	20.00 mm	20.14 mm
<i>Efective Area</i>	370 mm ²	371.58 mm ²

Tabel 6 Pengukuran dimensi speciment uji tarik

Berikut ini adalah spesimen setelah dilakukan pengujian tarik yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 *Speciment* pertama setelah uji tarik



Gambar 3 *Speciment* kedua setelah uji Tarik

Berikut hasil pengujian kekuatan tarik (*tensile strength*) pada spesimen pertama yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. Hasil kekuatan tarik pada spesimen pertama

Pada Gambar 4.3 menunjukkan hasil kekuatan tarik (*tensile strength*) pada spesimen pertama yaitu 584 N/mm^2 (Mpa). Maka hasil kekuatan tarik (*tensile strength*) yang didapatkan masih melebihi batas minimum dari standar yang ditentukan.

Berikut hasil pengujian kekuatan tarik (*tensile strength*) pada spesimen kedua yang dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 5 Hasil uji tarik spesimen kedua

Pada Gambar 4.4 menunjukkan hasil kekuatan tarik (*tensile strength*) pada spesimen pertama yaitu 566 N/mm^2 (Mpa). Maka hasil kekuatan tarik (*tensile strength*) yang didapatkan masih melebihi batas minimum dari standar yang ditentukan.

Pengujian Lengkung (*Bend Test*)

Berikut ini adalah spesimen setelah dilakukan pengujian tarik yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 6 Spesimen pertama uji lengkung



Gambar 7 Spesimen kedua setelah uji lengkung



Gambar 8 Spesimen ketiga setelah uji lengkung



Gambar 9 Spesimen ke empat setelah uji lengkung

Pada pengujian lengkung (*bend tests*) yang dilakukan dengan 4 *spesimen side bend* bisa dilihat bahwa sambungan pengelasan mengalami fusi dengan baik dan tidak terdapat indikasi cacat las pada permukaan

atau sudut dari spesimen tersebut. **Pengujian impact (*Impact Test*)**

Berikut ini adalah dua set spesimen *impact test* setelah dilakukan pengujian yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 10 *Speciment set pertama setelah uji impact*



Gambar 11 *Speciment set kedua setelah uji impact*



Gambar 12 *Speciment set ketiga setelah uji Impact*

Setelah dilakukan pengujian *impact test* hasil yang didapatkan ini berbentuk bilangan dengan satuan *Joule*. Hasil yang didapat pada ketiga spesimen di setiap set akan di *average* untuk mendapatkan rata-rata dari ketiga spesimen di setiap setnya. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini dengan keterangan akumulasi nilai spesimen 1,2,dan 3 dijumlah total nilainya kemudian di bagi 3.

V-Notch Position	Specimen No.	Impact Value (Joule)
Weld Centreline	1	100
	2	102
	3	99
Average		100

Tabel 7
Pengujian *impact* weld center line

V-Notch Position	Specimen No.	Impact Value (Joule)
Heat Effected Zone (+1mm)	1	113
	2	52
	3	43
Average		69

Tabel 8 Pengujian *impact* hrat efective zone (+1 mm)

V-Notch Position	Specimen No.	Impact Value (Joule)
Heat Effected Zone (+5mm)	1	36
	2	36
	3	39
Average		37

Tabel 9 Hasil pengujian *impact* HEZ(+5 mm)

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan sambungan pengelasan pada kualifikasi prosedur pengelasan dengan cara pengujian merusak (*destructive test*) berdasarkan standar AWS D1.1/D1.1M: 2020. *Test Coupon* akan dilakukan pengujian dengan tiga metode yaitu, uji tarik, uji lengkung, dan uji impact. *Test Coupon* yang akan di

uji harus mendapatkan hasil pengujian yang sesuai dengan standar yang digunakan. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah *plate* dengan spesifikasi EN S355J2.

Pengujian Tarik (*Tensile Tests*)

Setelah proses pengujian tarik (*tensile tests*) dilakukan pada kedua spesimen, maka diperoleh hasil kekuatan tarik dari masing-masing spesimen yaitu, spesimen pertama memperoleh kekuatan tarik (*tensile strength*) sebesar 584 N/mm² (MPa) dan spesimen kedua memperoleh kekuatan tarik (*tensile strength*) sebesar 566 N/mm² (MPa). Untuk persyaratan minimum rentang kekuatan tarik (*tensile strength*) dari material yang digunakan pada pengujian ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

<i>Spesifikasi</i>	<i>Tensile Strength Range</i>
EN S355J2	490 - 620 MPa (N/mm ²)

Tabel 4. 1 Spesifikasi minimumn tensile strength S355J2

Dilihat dari hasil yang diperoleh dari kedua spesimen adalah 584 N/mm² (MPa) dan 566 N/mm² (MPa) menunjukkan bahwa kedua spesimen sesuai dengan persyaratan *minimum* yang telah ditentukan oleh standar yaitu *AWS D1.1/D1.1*.Edisi 2023.

Lokasi patahan dari kedua spesimen terdapat di area *base metal*. Untuk lokasi patahan ini tidak termasuk kedalam *acceptance criteria* dari uji tarik karena yang termasuk ke dalam *acceptance criteria* di *AWS D1.1* Edisi 2023 adalah hasil kekuatan tarik dari spesimen tidak boleh kurang atau melebihi dari minimum rentang tarikan dari material yang digunakan. Maka jika lokasi patahan terletak di *weld metal* ataupun *base metal* tidak akan mempengaruhi dari *acceptance criteria* tersebut.

Pengujian Lengkung (*Bend Tests*)

Pengujian lengkung (*bend test*) dilakukan pada 4 spesimen *side bend* menggunakan *former* atau pendulum dengan ukuran 50.8

mm. Hasil yang diperoleh dari 4 spesimen *side bend* menunjukkan bahwa permukaan dari spesimen tidak ada indikasi cacat las yang ditemukan dan sambungan pengelasan yang fusi dengan baik. Untuk *acceptance criteria bend tests* pada *AWS D1.1* Edisi 2023 dijelaskan bahwa permukaan spesimen tidak boleh mengandung diskontinuitas melebihi ukuran berikut ini: - 1/8 inch [3 mm] diukur ke segala arah di permukaan spesimen.

- 3/8 inch [10 mm] dari jumlah gabungan semua diskontinuitas yang melebihi 1/32 in [1 mm], tetapi kurang dari atau sama dengan 1/8 in [3 mm].
- 1/4 inch [6 mm] *maksimum* untuk *corner crack* , kecuali apabila *crack* yang dihasilkan berasal dari *slag* atau jenis fusi diskontinuitas lainnya, maka *maksimum* 1/8 inch [3 mm].

Dilihat dari hasil yang diperoleh

spesimen menunjukkan bahwa spesimen *bend tests* sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan.

Pengujian Impak (*Impact Tests*) Pengujian impak (*impact tests*) pada penelitian ini menggunakan metode *Charpy V-Notch Tests* yang dilakukan pada 2 lokasi *V-Notch* yang berbeda yaitu *Weld Centreline* dan *Heat Effective Zone* sesuai dengan standar yang digunakan. Untuk hasil yang diperoleh pada pengujian ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

V-Notch Position	Specimen No.	Impact Value (Joule)
<i>Weld Centreline</i>	1	100
	2	102
	3	99
<i>Average</i>		100

Tabel 10 Hasil pengujian *impact weld center line*

V-Notch Position	Specimen No.	Impact Value (Joule)
------------------	--------------	----------------------

Heat Effected Zone (+1mm)	1	113
	2	52
	3	43
Average		69

Tabel 11 Hasil pengujian *impact HEZ (+1 mm)*

V-Notch Position	Specimen No.	Impact Value (Joule)
Heat Effected Zone (+5mm)	1	36
	2	36
	3	39
Average		37

Tabel 12 Hasil pengujian *impact HEZ (+5 mm)*

Berdasarkan *standard EN 10025,S355J2* berarti: “S” Standar untuk “*structural steel, 355*” menjelaskan bahwa *minimum yield strength* adalah 355 MPa ketika nilai *thickness* material adalah $\leq 16\text{mm}$; dan “J2” menjelaskan bahwa material ini memiliki nilai *minimum impact energy* 27J pada suhu -20°C (-4°F). Maka Untuk hasil *acceptance criteria CVN tests* pada percobaan ini ialah diatas 27J pada suhu -20°C (-4°F).

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan penelitian mengenai pengujian dengan cara merusak (*destruktif*) untuk kualifikasi prosedur, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

- 1 WPS (*Welding Procedure Specification*) yang memakai *material S 355J2* sudah sesuai dan layak digunakan untuk pengelasan *structure module*, akan tetapi aplikasi ataupun praktek di lapangan banyak di langgar oleh para *welder* (*Tukang las*) dan pengawas yang menyebabkan *repair* tinggi.
- 2 Pengujian *tension tests* pada material S 355J2 menghasilkan nilai *ultimate strength* (550,6 MPa (N/mm²)) dan (551,8 MPa (N/mm²)) menunjukkan bahwa material ini sudah sesuai

dengan range persyaratan minimum yaitu (490 - 620 MPa (N/mm²))

- 3 Pengujian *bend tests* dengan diameter *former* 50.8 mm menunjukkan bahwa spesimen tidak terdapat indikasi *crack* pada permukaan atau sudut dari spesimen.
- 4 Hasil yang didapatkan dari pengujian *CVN tests* pada *temperature* ($- 20^{\circ}\text{C}$) memiliki nilai *toughness* yang sesuai dengan kontrak dokumen dan melebihi nilai minimum pada *AWS D1.1/D1.1* Edisi 2023 yaitu 27 *Joule*.

Hasil dari pengujian destruktif ini berdasarkan *AWS D1.1/D1.1* Edisi 2023 sudah memenuhi persyaratan untuk mengkualifikasi suatu prosedur pengelasan.

WPS (Welding Procedure Specification) untuk pengelasan *structure Module* secara aturan sudah sesuai untuk pengelasan kategori *structure module FPSO* tinggal bagaimana cara mempraktekan sesuai aturan atau tidak, dapat dilihat hasilnya.

Saran

1. Melakukan pengujian dengan menggunakan material yang berbeda untuk lebih membuka wawasan dunia industri tentang spec material yang akan di las.
2. Menggunakan parameter pengelasan sebagai salah satu data yang akan di olah.
3. Menggunakan metode pengelasan lain agar mendapat hasil yang bervariasi guna memperluas wawasan tentang hasil pengelasan

. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bayu (2016). Jenis Pengujian Dengan Cara Merusak (*Destructive Testing*). CV. Jaya Multi Mandiri.
- [2] Gunawan Refiadi (2015). Pembuatan WPS dan PQR API 5L Gr.B untuk Manual *SMAW Pipe Supply* sesuai Standar API (*American Petroleum Institute*) – 1104. Program Studi Pendidikan Teknik Mesin STKIP Sebelas April.
- [3] Ikhsan Kholis (2010) Kualifikasi *Welding Procedure Specification (WPS)* Dan Juru Las (*Welder*) Berdasarkan *ASME Section IX* di Industri Migas. Jurnal Forum Teknologi.

- [4] AWS D1.1/D1.1M:2023 – *Structural Welding Code-Steel*
- [5] Cok Isti Putri Kusuma Kencanawati (2017). Proses Pemesinan. Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana.
- [6] ASTM E23 - 16a - *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials.*