

## Pengujian *Non Destructive Test* dan *Destructive Test* WPS untuk Product Tubular *Lower Leg Jacket* S420 G2+M Z35

Moh.Joehan Abdulloh<sup>1</sup>, Benny Haddli Irawan<sup>2\*</sup>, Mutiarani<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam, Batam, 29461  
E-mail : \*benny@polibatam.ac.id

### ABSTRAK

Kualifikasi prosedur pengelasan WPS (*Welding Procedure Specification*) dibuat untuk memberikan panduan bagi juru las atau operator las dalam melaksanakan pengelasan yang memenuhi persyaratan standar dan kode. Parameter serta data hasil pengujian dari pengelasan yang dilaksanakan berdasarkan WPS dan dicatat sebagai PQR (*Procedure Qualification Record*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah hasil *test coupon* dari PQR yang telah melalui WPT (*Welding Production Test*) diterima berdasarkan kode dan spesifikasi proyek.

*Welding Production Test* yang dilakukan menggunakan proses SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dan SAW (*Submerged Arc Welding*) dengan ukuran spesimen pelat S420 G2+M Z35 tebal 70 mm panjang 700 mm dan lebar 600 mm. Metode pengujian yang akan dilakukan menggunakan uji NDT (*Non Destructive Test*) dan DT (*Destructive Test*). Pengujian NDT yang digunakan yaitu *visual inspection*, *Magnetic Particle Test* (MPT) dan *Ultrasonic Test* (UT). Pengujian DT yang digunakan yaitu *tensile test (transverse)*, *bending test (side bend)*, *impact test*, *hardness test (vickers)*, dan *macro test*. Pengujian menggunakan kode standar AWS D1.1(2015) dan *Client Specification* F2-FOU-CON-SMO-PL-QA-00024. Hasil Pengujian Spesimen NDT dan DT yang dilakukan tidak ditemukan diskontinuitas pada hasil pengelasan dan diterima berdasarkan spesifikasi FORMOSA 2 *Offshore Windfarm Project*.

### Kata Kunci

Pengelasan, WPS, PQR, NDT, DT

### 1. PENDAHULUAN

Proses produksi penyambungan pipa atau tubular di PT. SMOE (*Sembawang Marine Offshore Engineering*) menggunakan metode pengelasan. Dalam setiap proses pengelasan memiliki standar dimana pada saat menjalankan pekerjaan di lapangan proses produksi harus berjalan mengikuti sesuai dengan prosedur yang sudah ada. Penelitian yang dilakukan merupakan bagian dari pengerjaan proyek Formosa 2 *Offshore Windfarm*. Untuk pengendalian kualitas pengelasan secara berkala, pada proyek Formosa 2 *Offshore Windfarm* diperlukan proses *Welding Production Test* (WPT)[1]. Pengujian dilakukan pada *test coupon* menggunakan WPS proyek Formosa 2 *Offshore Windfarm*. WPT digunakan untuk membuktikan kepada *owner* bahwa barang tersebut masih diterima berdasarkan spesifikasi mekanis proyek Formosa 2 *Offshore Windfarm*.

Pada proses fabrikasi diperlukan pengendalian kualitas pengelasan secara berkala untuk memastikan pengelasan *welder* operator yang sudah terqualifikasi

berkualitas[2]. Oleh karena itu pada proyek Formosa 2 *Offshore Windfarm* diperlukan PQR (*Procedure Qualification Record*) WPT sehingga dibutuhkan uji pada *test coupon* menggunakan WPS (*Welding Procedure Specification*) pada proyek Formosa 2 *Offshore Windfarm*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bahwa *test coupon* dari PQR WPT diterima berdasarkan kode dan spesifikasi proyek. Pengujian dilakukan pada spesimen pelat S420 G2+M Z35 tebal 70 mm, panjang 700 mm, dan lebar 600 mm. Metode pengujian yang akan dilakukan menggunakan NDT (*Non Destructive Test*) dan DT (*Destructive Test*).

Pada studi ini, pengujian NDT yang digunakan yaitu *visual inspection*, *Magnetic Particle Test* (MPT) dan *Ultrasonic Test* (UT). Pengujian DT yang digunakan yaitu *tensile test (transverse)*, *bending test (side bend)*, *impact test*, *hardness test (vickers)*, dan *macro test*.

Proses pemeriksaan hasil pengelasan dengan pembuatan PQR WPT mengacu pada code AWS D1.1(2015) dan *Client Specification* F2-FOU-CON-SMO-PL-QA-00024. Prosedur ini digunakan oleh

P.T. SMOE untuk pembuatan produk *Tubular Lower Leg Jacket* proyek *Formosa 2 Offshore Windfarm*. PQR ini akan dikaji dan dilakukan analisa lebih lanjut untuk mendapatkan *properties* yang sesuai atau tidak dengan prosedur *code* yang sudah ditentukan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1: Diagram Alir Penelitian

Tempat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Proses pembuatan WPT di workshop P.T. DSAW.
2. Proses pengujian NDT di workshop P.T. DSAW.
3. Proses pengujian DT di P.T. Hitest.

Penelitian ini akan dilakukan dengan beberapa tahapan seperti yang terlihat pada gambar 1.

### 2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Tipe material yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan spesifikasi S420G2+M Z35. Ukuran material dengan panjang 700 mm, lebar 600 mm, dan ketebalan 70 mm dikikis ke ketebalan 36 mm yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2: Material yang digunakan untuk Pembuatan PQR

Komposisi kimia pada material S420 G2+M Z35 yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel 1. Komposisi ini didapat dari sertifikat material. Kemudian peralatan dan bahan yang digunakan pada uji adalah sebagai berikut:

Perlengkapan Alat Pelindung Diri (APD).

1. Mesin las SAW (*Submerged Arc Welding – Single Wire*);
2. Mesin las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*);
3. *Flux*;
4. *Wire*;
5. Elektroda ;
6. *Template*;
7. Meteran minimal 3 meter;
8. *Thermometer infrared*;
9. *Clamp meter*;
10. *Welding dryer rod*;
11. *Stopwatch*;
12. *Welding gauge*; dan
13. *Mistar*

Tabel 1: Komposisi Kimia Material S420 G2+M Z35

Chemical Composition								
C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cu %	Ni %	Cr %	Nb %
0.07	0.22	1.44	0.009	0.02	0.21	0.36	0.02	0.015

Pada proses pengelasan ada beberapa tahapan sebelum melakukan proses pengelasan.

1. Pengelasan utama;
2. *Back weld process* dengan *Milling Machine*; dan
3. Pengelasan *Back weld*.

Prosedur pengelasan awal mula sebelum melakukan pengelasan *back weld* yaitu melakukan pengelasan utama yang dilakukan sesuai dengan WPS yang sudah ada (WPS-DSAW-20008-02). *Record* parameter pengelasan utama bisa dilihat pada tabel 2.

Tabel 2: Parameter Pengelasan pada WPT/WPS-DSAW-20008-02

No. Pas s	Proces s	A	V	Type of Polarit y	TS (mm/mi n)	Minut e	HI
1	SMA W	167.5	22	DCEP	160	1.22	1.11
2	SMA W	597.5	28	DCEP	550	1.93	1.83
3	SMA W	592.5	29	DCEP	530	2.05	1.95
4	SMA W	597.5	29	DCEP	540	2.03	1.93
5	SMA W	580	28	DCEP	540	1.90	1.81
6	SMA W	595	29	DCEP	540	1.93	1.52
7	SMA W	585	29.5	DCEP	680	2.06	1.52
8	SMA W	602.5	28	DCEP	695	2.03	1.51
9	SMA W	585	29	DCEP	680	1.91	1.49
10	SMA W	592.5	29.5	DCEP	695	1.59	1.47
11	SMA W	587.5	29	DCEP	680	1.59	1.54
12	SMA W	592.5	29.5	DCEP	700	1.50	1.47
13	SMA W	587.5	30	DCEP	700	1.61	1.50

Untuk Alat Pengecekan Temperature *preheat* yang digunakan adalah *Thermometer infrared*



Gambar 3: *Preheat Temperature* Sebelum Melakukan Pengelasan

Berdasarkan hasil pengukuran temperatur *preheat* yang dapat dilihat pada gambar 3, selama proses pengelasan diperoleh hasil yang sesuai berdasarkan parameter WPS yang sudah ditentukan pada proses pembuatan *test PQR*.

Pengecekan parameter pengelasan juga dilakukan dengan tujuan bahwa parameter dari *Preliminary Welding Procedure Specification* (PWPS) yang sudah disetujui dari pihak *Welding Engineer Departement* telah diterapkan diproses pembuatan WPQT (*Welding Procedure Qualification Test*). Proses pengecekan *Ampere* dan *Voltage* pengelasan dapat dilihat pada gambar 4.

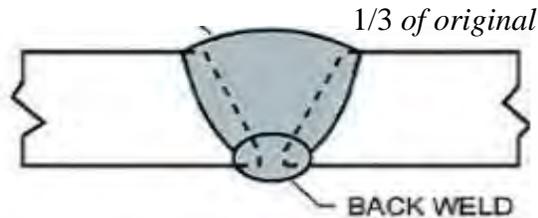


Gambar 4: Pengecekan Parameter Ketika Pengelasan

Setelah melakukan pengelasan utama, diteruskan dengan proses *back weld* kemudian proses *milling 1/3* dari *original weld metal* atau dengan kedalaman 15 mm dan lebar 15 mm, bagian luar akan di *backweld*. Proses *backweld* dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 5: Dimensi *Back Weld* Sesudah di Proses Miling



Gambar 6: Sketsa Sesudah *Back Weld* untuk Proses *Back Weld Simulation*

Setelah proses *back weld* selesai dilanjutkan proses pengelasan *seal weld* mengikuti PWPS (*Preliminary Welding Procedure Specification*) yang sudah ada.

## 2.2 NDT (*Non Destructive Testing*)

Setelah proses pengelasan selesai dilakukan maka berlanjut ke tahap pengujian NDT (*Non Destructive Testing*). NDT adalah salah satu pengujian yang dapat dilakukan pada suatu material, komponen, struktur, atau mengukur beberapa karakteristik tanpa merusak komponen atau material benda uji tersebut[3]. Adapun 3 metode pengujian yang akan dilakukan yaitu:

### 1. *Visual Inspection*

*Visual inspection* adalah proses dimana pengujian pada hasil pengelasan dengan melihat dan mengamati hasil las tersebut secara kasat mata atau dengan alat bantu penerangan seperti senter ketika melakukan inspeksi di *workshop*. Hal ini bertujuan untuk memastikan hasil pengelasan sesuai dengan persyaratan kode dan spesifikasi proyek. Pada proyek Formosa 2 *Offshore Windfarm* untuk *acceptance criteria visual testing* merujuk ke spesifikasi ISO 5817-class B dan ISO 8501-3.

### 2. UT (*Ultrasonic Testing*)

*Ultrasonic Testing* adalah pengujian yang menggunakan energi suara frekuensi tinggi gelombang ultrasonik untuk melakukan pemeriksaan dan membuat pengukuran. Pemeriksaan ultrasonik dapat digunakan untuk mendeteksi cacat/evaluasi, pengukuran dimensi, dan karakteristik material.

Pada proyek Formosa 2 *Offshore Windfarm* untuk *acceptance criteria UT* merujuk ke spesifikasi ISO 17640-2010/DNV GL-CG-0051;2015 dan ISO 11666:2010-Acceptance level 2.

### 3. MPI (*Magnetic Particle Inspection*)

*Magnetic Particel Inspection* adalah pengujian yang dapat digunakan untuk mengecek adanya diskontinuitas pada material yang telah dilakukan proses pengelasan, pemanasan, machining, dan proses manufaktur lainnya. Proses pengujian ini menggunakan daya magnet yang diaplikasikan terhadap material dan proses interpretasi dilakukan berdasarkan bentuk partikel magnet yang dihasilkan dari proses magnetisasi[4]. Pada proyek Formosa 2 *Offshore Windfarm* untuk *acceptance criteria MT* merujuk ke spesifikasi ISO 23278 level 2x dan ISO 5817-class B.

## 2.3 DT (*Destructive Testing*)

Setelah pengujian NDT selesai, maka akan dilakukan pengujian *Mechanical Testing* atau biasa disebut DT (*Destructive Testing*). DT adalah pengujian atau pengetesan yang dilakukan untuk menghasilkan kegagalan spesimen, dalam rangka untuk menghasilkan kegagalan spesimen atau perilaku material di bawah beban yang berbeda. Dalam pengujian ini ingin diketahui nilai dari suatu sifat mekanik[5]. Adapun metode pengujian yang dilakukan yaitu:

### 1. *Tensile Test* (Uji Tarik)

Spesimen yang akan dilakukan untuk *tensile test* dapat dilihat pada gambar 7. Terdapat 3 buah spesimen untuk *tensile test* yaitu 2 *tensile test (transverse)* dengan ukuran untuk spesimen 1 ketebalan 39,18 mm dan lebar spesimen 25,18 mm. Adapun ukuran untuk spesimen 2 pada ketebalannya yaitu 39,28 mm dan lebar spesimen 25.12 mm.



Gambar 7: *Spesimen Tensile Test (Transverse)*

## 2. Bending test (Uji Bengkok)

Spesimen yang akan dilakukan untuk *bending test* bisa dilihat pada gambar 8. Untuk melakukan pengujian *bending* dibutuhkan 4 spesimen. Ukuran pada masing-masing spesimen yaitu lebar 36 mm, ketebalan 10 mm, dan *former* diameter 50.8 mm. Spesimen pengujian *bending* akan di bengkokkan hingga 180° dan akan dilihat apakah terdapat indikasi yang terbuka pada bagian hasil pengelasan.



Gambar 8: Spesimen Uji Bending

## 3. Impact Test (Uji Impak)

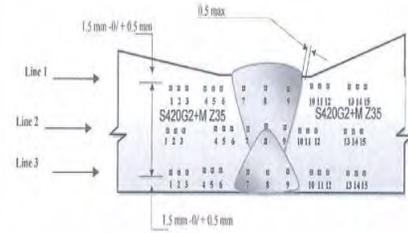
Spesimen yang akan dilakukan untuk *impact test* dapat dilihat pada gambar 9. Metode pengujian *impact* yang digunakan yaitu *charpy*. Pengujian *impact* akan dilakukan pada 3 bagian yaitu, *weld metal centre line*, *fusion line to original weld*, *fusion line + 2 mm to original welds*. Jumlah spesimen yang digunakan sebanyak 3 spesimen dari 1 bagian yang akan diuji. Dimensi pada setiap spesimen yang diuji yaitu panjang 55 mm, lebar 10 mm dan tebal 10 mm. Spesimen akan di uji pada suhu -40°C.



Gambar 9: Spesimen *Impact Test*

## 4. Hardness Test (Uji Kekerasan)

Titik pengujian *hardness test* dapat dilihat pada gambar 10. Metode pengujian *hardness* yang digunakan yaitu *hardness test vickers*. Indentor yang digunakan berjenis intan dan *test load applied* yang digunakan adalah Hv 10 kgf. Titik pengujian *hardness vicker* akan dilakukan pada daerah *base metal*, *heat affected zone to weld metal*, *weld metal*, *heat affected zone to base metal*, dan *base metal*.



Gambar 10: Sketsa *Hardness Vickers*

## 5. Macro Test (Uji Makro)

Hasil dari uji spesimen yang dilakukan untuk *macro test* dapat dilihat pada gambar 11. Untuk memperjelas bagian-bagian spesimen diperlukan proses *etching*. Cairan *etching* mempermudah untuk menunjukkan bagian *base metal*, *HAZ*, *fusion line*, dan *weld metal*. Komposisi yang digunakan adalah nitric acid 65% dan methanol 1:4. *Macro test* dilakukan agar mengetahui hasil pengelasan sudah *complete fusion* dan terhindar dari *crack* dan *undercut*.



Gambar 11: Sketsa dari Pengujian *Macro Test*

## 3. ANALISA DATA PENGUJIAN

Data hasil pengelasan pembuatan PQR WPT pada material *S420 G2+M Z35* dapat dilihat hasil pengelasannya dengan pengujian NDT dan DT. Pada proses pengelasan, mulai dari proses pengelasan utama hingga proses pengelasan *back weld* tidak di temukan kendala ketika proses pengelasan sedang berjalan. Hasil pengelasan dapat dilihat pada gambar 12, 13, 14 dan 15 :



Gambar 12: Hasil Pengelasan *seal weld*



Gambar 13: Hasil *Back weld* dengan *Miling Machine*



Gambar 17: Hasil Pengujian UT *Surface outside*



Gambar 14: Hasil Pengelasan *Main Inside*

Pada saat melakukan pengujian NDT menggunakan MPT. Proses pengujian menggunakan AC YOKE, *consumable* yang digunakan *spray white contrast* dan *black magnetic particle spray*. Pada saat proses pengujian dilakukan tidak ditemukan indikasi pada bagian permukaan dari hasil pengelasan. Hasil pengujian MPT dapat dilihat pada gambar 18 dan gambar 19.



Gambar 15: Hasil Pengelasan *Main Outside*



Gambar 18: Hasil Pengujian MPT (*main*) *inside*

Pada saat melakukan pengujian NDT-UT proses pengujian menggunakan 4 *probe* yaitu, *probe* 0°, 45°, 60°, dan 70°. Ketika proses pengujian dilakukan tidak ditemukan indikasi *defect* pada hasil pengelasan. Proses *scanning* UT dapat dilihat pada gambar 16 dan 17.



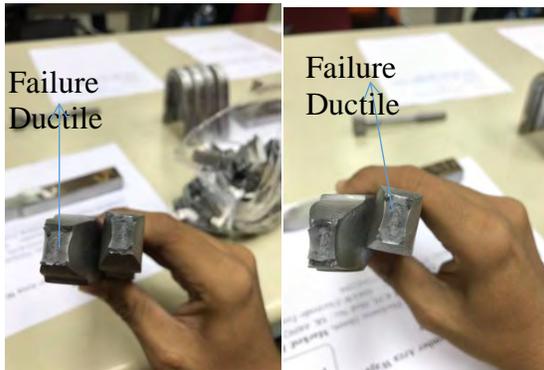
Gambar 16: Hasil Pengujian UT (*main inside*)



Gambar 19: Hasil Pengujian MPT (*main*) *outside*

Hasil pengujian DT dapat dilihat pada gambar 20. Tipe patahan yang terjadi pada gambar tersebut disebut *ductile*. Patahan *ductile* diakibatkan oleh beban statis yang diberikan pada material. Jika beban dihilangkan maka penyebaran retak akan berhenti. Patah ulat ditandai dengan penyerapan energi disertai

adanya deformasi plastis yang cukup besar di sekitar patahan sehingga permukaan patahan terlihat kasar, berserabut (*fibrous*), dan berwarna kelabu.



Gambar 20: Hasil Spesimen *Tensile Test* (*transverse*) setelah di uji

Pada tabel 3 terlihat nilai dari hasil pengujian *tensile*. Nilai dari hasil pengujian yang didapat pada saat melakukan *tensile test* sudah memenuhi standar. Nilai *tensile strength* tertinggi yang diperoleh terdapat pada pengujian *transverse* yaitu 596 MPa. Dikarenakan terdapat perpaduan antara *base metal* dan *weld metal* sehingga mendapatkan hasil yang bagus.

Tabel 3: Hasil nilai *tensile strength* setelah di uji

No. Specimen	Tipe Pengujian	Nilai <i>Tensile Strength</i>	Nilai Minimum <i>Tensile Strength</i>
1	<i>Transverse</i>	596 Mpa	470-630 Mpa
2	<i>Transverse</i>	596 Mpa	470-630 Mpa

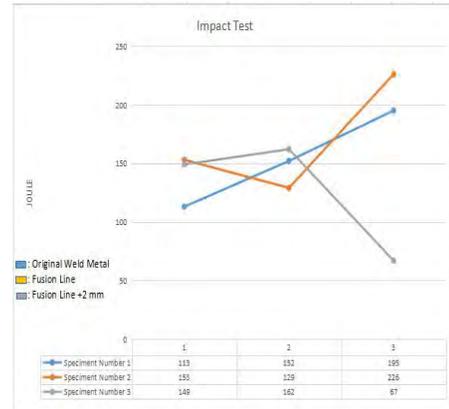
Pada gambar 21 terlihat bahwa pada hasil pengujian *bending* dilakukan tidak ada diskontinuitas yang terlihat pada spesimen *bending test*.



Gambar 21: Hasil Spesimen *Bending Test*

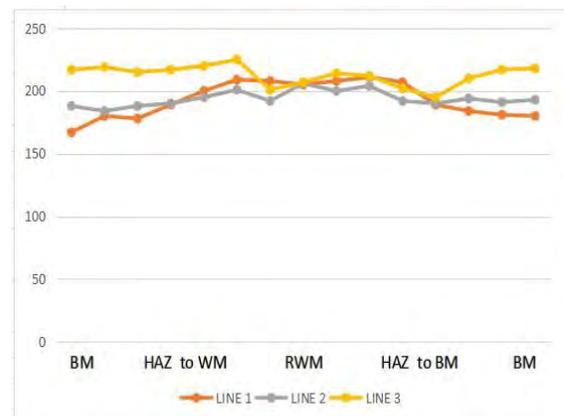
Pada gambar 22 terlihat bahwa hasil uji *impact* tertinggi terdapat pada spesimen 2 dengan nilai 226J

pada daerah *fusion weld metal to base metal* dan hasil uji *impact* terendah terdapat pada spesimen 3 dengan nilai 67J pada daerah *fusion line*. Hasil uji *impact* terendah dikarenakan pengaruh masukan panas atau *heat input* pada daerah *fusion line* tinggi sehingga nilai *impact* nya rendah. Karena pengaruh tinggi rendahnya *heat input* sangat berpengaruh pada nilai *impact* nya.



Gambar 22: Grafik Hasil Uji *Impact*

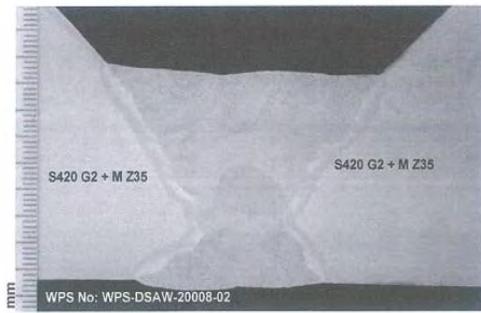
Pada gambar 23 terlihat bahwa hasil uji *vickers* tertinggi ada pada bagian *HAZ weld* (HAZ to WM) dengan nilai 225 dan hasil terendah terdapat pada bagian *base metal* (BM) dengan nilai 167. Nilai tertinggi dikarenakan pada bagian HAZ adalah daerah yang pendinginannya cepat sehingga menghasilkan nilai yang tinggi. Pada pengujian *vickers* semakin rendah nilai hasil yang didapat semakin bagus hasil pengujian.



Gambar 23: Grafik Hasil Uji *Vickers*

Pada gambar 21 terlihat bagian hasil pengelasan yang telah diuji makro sudah *complete fusion* dan tidak ditemukan *crack*, *lack of fusion* dan *undercut* pada

daerah hasil pengelasan.



Gambar 24: Hasil Pengujian *Macro*

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian spesimen NDT dan DT diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil uji kekuatan tarik yaitu 596 MPa dengan *range* dari spesifikasi yaitu 470-630 MPa. dimana hasil nominal ini didapat karena pengaruh kontrol dari *heat input* ketika proses pengelasan berlangsung di terapkan berdasarkan PWPS yang sudah teruji.
2. Hasil *hardness test* yaitu pada bagian HAZ *weld* dengan nilai 225 dan hasil terendah terdapat pada bagian *base metal* dengan nilai 167. Nilai tertinggi dikarenakan pada bagian HAZ merupakan daerah yang pendinginannya cepat sehingga menghasilkan nilai yang tinggi.
3. Hasil uji *macro test* dan *bending test* tidak terdapat diskontinuitas yang terlihat pada spesimen.
4. Hasil uji *ultrasonic test* dan *magnetic particle test* tidak terdapat indikasi yang *out tolerance* dan dinyatakan *accept* berdasarkan ISO 17640-2010/DNV GL-CG-0051;2015, ISO 11666:2010-Acceptance level 2 untuk UT, dan ISO 23278 level 2x dan ISO 5817-class B untuk MPI.

Ditinjau dari hasil-hasil pengujian menunjukkan bahwa pengujian NDT dan DT yang dilakukan

diterima berdasarkan spesifikasi FORMOSA 2 *Offshore windfarm project*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ravelino,Ravialdo. Analisa Pembuatan Prosedure Pengelasan Repair Untuk Proyek Hulu Mahakam Pada *Product Pipe Conductor S355 KTO 20"* . Politeknik Negeri Batam, 02 Juni 2019.
- [2] Saudur,Rika Ernita. Usulan Pengendalian Proses Welding Untuk Produk *Furnace Bed Boiler* Dengan Menggunakan Metode Seven Tools. Universitas Bina Nusantara, 20 Januari 2005.
- [3] Sihotang,Wandesmoni. *Analysis of Welding Procedure Specifications (WPS) for Material Pipe Steel API5L.GR X52*. President University, Februari 2020.
- [4] Kristianto,Duta. Patah Getas, Patah Ulet & Ductile to Brittle Tension. 02 Mei 2019. <https://blog.ub.ac.id/dutak/2011/12/29/patah-getas-patah-ulet-ductile-to-brittel-tension/>
- [5] American Welding Society (AWS) D1 Committee on Structural Welding."Structural Welding Code – Steel AWS D1.1/D1.1M:2015" 23<sup>rd</sup> Edition