

ANALISIS KEKUATAN LASAN BAJA S355J2 HASIL PENGELASAN FLUX CORED ARC WELDING

Fajar Putra Ryadi* Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T.

Program Studi Sarjana Teknik Metalurgi, FTD-ITSB, Jl. Ganesha Boulevard LOT
A1 CBD Kota Deltamas E-mail : *fajarryadi0104@gmail.com

Intisari

ANALISIS KEKUATAN LASAN BAJA S355J2 HASIL PENGELASAN FLUX CORED ARC WELDING.

Pengujian destruktif merupakan salah satu metode pengujian pada hasil pengelasan, pengujian ini bertujuan untuk memahami ketahanan suatu material dengan cara merusak agar dapat mengetahui apakah material kuat jika ditekan, ditarik, dan dilengkungkan sehingga menciptakan material yang berkualitas. Metode pengelasan yang digunakan adalah metode FCAW, dan material yang digunakan ialah S355J2, kedua komponen uji ini dipilih karena keduanya merupakan komponen yang paling sering digunakan pada konstruksi struktur minyak dan gas. Percobaan ini akan membahas tentang pengujian destruktif untuk kualifikasi prosedur pada pengelasan berdasarkan AWS (*American Welding Society*) D1.1/D1.1M:2020. Tujuan percobaan ini untuk mengetahui kualitas suatu material yang akan digunakan untuk kualifikasi prosedur. Metode pengujian yang dilakukan untuk kualifikasi prosedur pada penelitian ini ada tiga jenis yaitu: *tension test*, *bend tests*, dan *CVN (Charpy V-Notch) tests*. Pada pembuatan suatu WPS (*Welding Procedure Specification*) yang belum terqualifikasi selanjutnya harus dilakukan kualifikasi menggunakan *Procedure Qualification Record (PQR)* atau rekaman kualifikasi prosedur. Hasil dari percobaan ini menunjukkan bahwa nilai dari specimen pertama uji Tarik adalah 584 N/mm² dan specimen kedua adalah 566 N/mm². Pada pengujian 4 specimen uji lengkung dengan metode side bend menggunakan pendulum dengan ukuran 50.8 mm tidak ditemukan indikasi cacat las pada permukaan specimen. Dan pada uji Impak pada suhu -20°C, nilai rata rata pada pengujian ini paling rendah ialah 37 Joule pada *Fusion line +5 mm*. Dengan demikian percobaan ini sudah sesuai dengan syarat yang telah diatur oleh *Code AWS D1.1/D1.1M:2020*.

Kata kunci: Destruktif, FCAW, S355J2, AWS D1.1/D1.1M:2020.

Abstract

STRENGTH ANALYSIS OF STEEL WELDS S355J2 FLUX CORED ARC WELDING RESULTS. *Destructive testing is one of the test methods on welding results, this test aims to understand the resistance of a material by damaging it so that it can find out whether the material is strong when pressed, pulled and bent so as to create a quality material. The welding method used is the FCAW method, and the material used is S355J2, these two test components were chosen because they are the components most often used in the construction of oil and gas structures. This trial will discuss destructive testing for procedural qualification in welding based on AWS (American Welding Society) D1.1/D1.1M:2020. The purpose of this experiment is to determine the quality of a material that will be used for procedural qualification. There are three types of test methods for procedural qualification in this study: tension tests, bend tests, and CVN (Charpy V-Notch) tests. In the manufacture of a WPS (Welding Procedure Specification) that has not been qualified, qualification must then be carried out using the Procedure Qualification Record (PQR) or procedure qualification record. The results of this experiment showed that the value of the first specimen of the tensile test was 584 N/mm² and that of the second specimen was 566 N/mm². In testing 4 curved test specimens using the side bend method using a pendulum with a size of 50.8 mm, no indication of weld defects was found on the surface of the specimen. And in the Impact test at -20°C, the lowest average value in this test is 37 Joules on the +5 mm Fusion line. Thus this experiment is in accordance with the requirements set by the AWS Code D1.1/D1.1M:2020.*

Keywords: Destructive, FCAW, S355J2, AWS D1.1/D1.1M:2020.

PENDAHULUAN

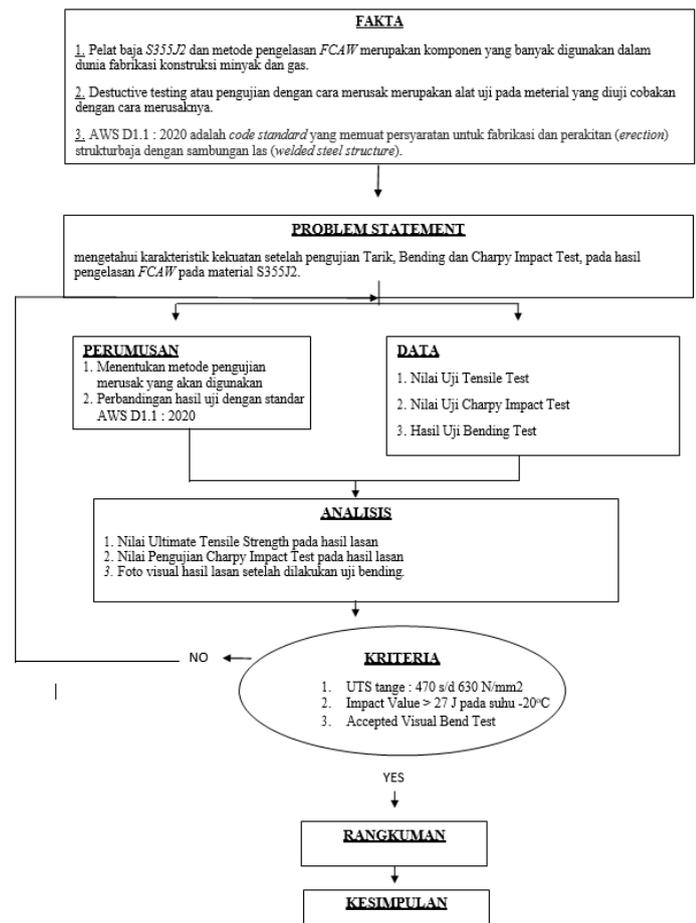
Pengujian suatu material saat ini semakin meluas baik dalam konstruksi, permesinan, bangunan, maupun bidang lainnya. Hal ini disebabkan karena sifat dari suatu material yang bisa diubah sehingga pengetahuan tentang metalurgi terus berkembang. Pengujian destruktif adalah pengujian yang dilakukan terhadap 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 berkualitas nantinya. Pengujian ini dirancang untuk memastikan bahwa material tersebut cocok untuk kualifikasi yang ditunjukkan. Pengujian ini mencakup beberapa metode seperti kekuatan tarik, kekuatan kompresi, ketahanan benturan, ketangguhan patah dan keuletan.

WPS (Welding Procedure Specification) adalah dokumen proses pengelasan yang dibuat sebelum dilaksanakn fabrikasi pengelasan untuk tujuan memperoleh jaminan keseragaman kualitas suatu hasil proses pengelasan. *Welding Procedure Specification (WPS)* atau spesifikasi prosedur las merupakan prosedur tertulis tentang pengelasan yang sudah terqualifikasi untuk memberikan arahan dalam membuat pengelasan produksi (*production weld*) sesuai dengan persyaratan dari standar yang dipakai.

Pada umumnya, WPS dibuat oleh perusahaan manufaktur pada saat mendapatkan proyek, misalnya pembuatan bejana tekan. WPS yang sudah dibuat tersebut dan belum terqualifikasi selanjutnya dilakukan kualifikasi menggunakan *Procedure Qualification Record (PQR)* atau rekaman kualifikasi prosedur. Untuk kualifikasi WPS dibutuhkan *test coupon* yang dilas oleh seorang *welder* dengan mengikuti variabel yang tercantum dalam WPS dan dituangkan dalam PQR. *Test coupon* tersebut selanjutnya dilakukan pengujian secara mekanik dengan metode uji dan jumlah pesimen berdasarkan *standard* yang digunakan. Maka tujuan dari pengujian destruktif untuk kualifikasi prosedur dengan tiga metode pengujian yaitu: uji tarik, uji lengkung, dan uji *impact* berdasarkan AWS D1.1/D1.1M:2020.

PROSEDUR PERCOBAAN

Pada gambar 1.1 menunjukkan metodologi penelitian mengenai pengujian destruktif pada hasil pengelasan FCAW terhadap material S355J2 dan bersumber dari jurnal, buku, internet yang dapat digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Diagram alir

Preparasi Sampel

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah test coupon yang dapat kita lihat pada gambar 2 dibawah, dengan kategori material higher strength hull structural steel. Berikut ini merupakan deskripsi dari test coupon yang akan diuji pada penelitian ini, yaitu: One welded steel plate test sample, Thickness: 25mm, Marked: Specimen I.D.: Mock test weldable primer/Production test WPS-W-352, Welding Process: FCAW GS, Position: 4G, Material: S355J2, Heat No.: 9121031, Welder ID: B-2112.



Gambar 2. Tes Kupon

Proses Sectioning

Test coupon dibagi menjadi beberapa bagian spesimen uji, tujuan dari sectioning adalah menentukan jumlah specimen dari setiap metode uji. Jumlah dan tipe dari spesimen uji telah dijelaskan di AWS D1.1/D1.1M: 2020 pada klausa 6 tabel 6.2 yang ditunjukkan pada tabel 1 berikut :

Tabel I. Pembagian Jumlah Dan Tipe Dari Spesimen Uji

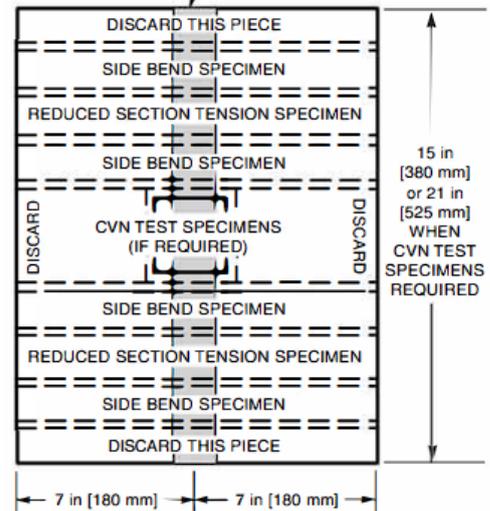
Nominal Plate Thickness (T) Tested, mm	Number of Specimens			
	Reduced Section Tension	Root Bend	Face Bend	Side Bend
$3 \leq T \leq 10$	2	2	2	(Note)
$10 \leq T \leq 25$	2	-	-	4
25 and over	2	-	-	4

Proses Machining

Machining adalah proses yang dilakukan dengan cara membuang bagian benda kerja yang tidak digunakan menjadi beram (*chips*) sehingga terbentuk benda kerja (Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati 2017). Pada proses ini *test coupon* dibagi menjadi beberapa spesimen uji yang terdiri dari:

- 2 spesimen *tensile tests*
- 4 spesimen *side bend*
- 3 set spesimen *CVN tests* (1 set: 3 pcs)

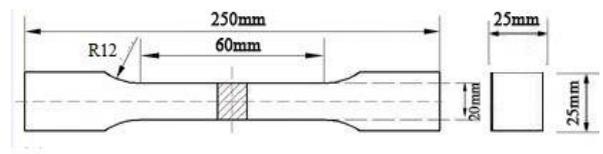
Untuk lokasi pembagian *test coupon* menjadi spesimen uji sesuai dengan standar AWS D1.1/D1.1M: 2020 pada klausa 6 figure 6.6 yang dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Lokasi Pembagian Spesimen Uji

Uji Tarik

Tension tests atau uji tarik merupakan salah satu metode *destructive test* untuk menentukan *ultimate strength* dari sambungan pengelasan tipe *groove* pada *test coupon*. Untuk mendapatkan nilai *ultimate strength* dari specimen, proses uji tarik dilakukan dengan cara spesimen ditarik menggunakan mesin *Tensile: Universal Testing Machine 1000kN* dengan kecepatan tarik 35 mm/min. Kecepatan tarik pada *tension test* tidak diatur didalam standar atau *code* karena fungsinya hanya untuk menentukan seberapa cepat spesimen akan putus atau patah ketika ditarik. Spesimen *tension tests* yang ditunjukkan pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4: Dimensi Spesimen *Tension Tests* [4]

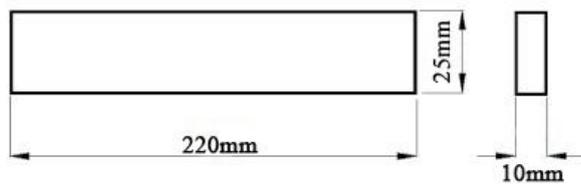


Gambar 5: Spesimen *Tension Tests*

Sebelum dilakukannya proses uji tarik, hal yang harus dilakukan adalah mengukur *thickness* dan *width* aktual dari spesimen yang akan diuji. Kemudian ukuran *thickness* dan ukuran *width* dikali kan agar mendapatkan *effective area* yang tujuannya untuk mendapatkan ukuran luas penampang dari spesimen yang akan diuji.

Uji Lengkung

Bend tests atau uji lengkung adalah pengujian untuk menentukan derajat kemulusan (*soundness*) dan kelenturan (*ductility*) dari sambungan pengelasan tipe *groove*. Pada pengujian ini spesimen ditekan menggunakan *former* berdiameter 50.8 mm sampai melengkung 180° dengan menggunakan mesin *bend test* yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan lengkung suatu material. Jenis pengujian yang dilakukan adalah *side bend*. Spesimen *bend test* yang ditunjukkan pada gambar 6 dan 7.



Gambar 6: Dimensi Spesimen Bend Tests



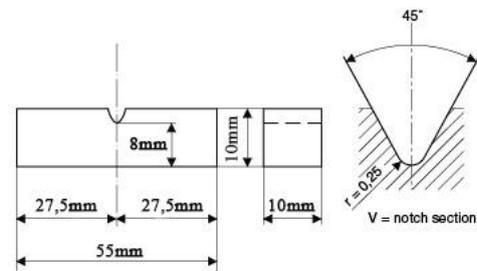
Gambar 7: Spesimen Bend Tests

Sebelum proses pengujian berlangsung, spesimen uji tekuk harus diberikan tanda menggunakan spidol *marker* pada bagian *weld metal* tujuannya untuk menandakan bagian *weld metal* agar saat proses pengujian tidak salah dalam melakukan penekanan pada spesimen sehingga bagian *weld metal* dapat terlihat dengan jelas di permukaan spesimen.

CVN Tests

CVN tests untuk menentukan *notch toughness* dari pengelasan. Metode yang digunakan yaitu *Charpy V-Notch*. Sebelum dilakukan pengujian, spesimen harus mengalami proses *conditioning temperature* dengan cara diletakkan ke dalam *temperature box*

dengan menggunakan cairan *acetone* dan gas CO_2 yang sudah dipadatkan. Pada pengujian ini temperatur dari spesimen adalah $-40^\circ C$. Ukuran *striker radius* dari alat uji *Charpy V-Notch* adalah 8mm. Tujuan dari proses penyesuaian suhu adalah untuk mengetahui *toughness* pada material di temperatur tertentu. Spesimen untuk *CVN tests* yang ditunjukkan pada gambar 8 dan 9.



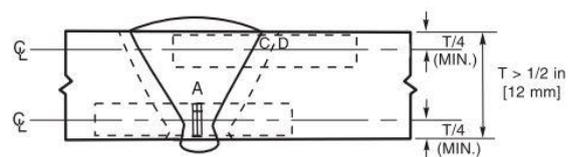
Gambar 8: Dimensi Spesimen CVN Tests [7]



Gambar 9: Spesimen CVN Tests

Pada pengujian *CVN tests* dilakukan di 3 lokasi *V-Notch* yang berbeda yaitu *Weld Centreline*, *Fusion Line +1 mm*, dan *Fusion Line +5 mm*. Hal ini telah dijelaskan di AWS D1.1/D1.1M:2015 pada klausa 4 tabel 4.14 tentang *CVN Test Requirements* berlaku untuk semua posisi pengelasan dengan jumlah 3 pcs spesimen untuk setiap lokasi *V-Notch*.

Untuk sketsa dari lokasi *V-Notch* dijelaskan pada klausa 4 *Figure 4.28-CVN Test Specimen Locations* yang ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10: CVN Tests Specimen Locations

Notes:

- A = Centreline of weld on specimen centreline
- C = HAZ (+1 mm from Fusion Line)
- D = HAZ (+5 mm from Fusion Line)

Sebelum dilakukannya proses pengujian *impact*, spesimen uji impak harus dicek kembali menggunakan mesin proyektor *V-Notch* yang tujuannya untuk memastikan sudut dan radius dari *V-Notch* sudah sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan. Berikut ini gambar dari mesin proyektor *V-Notch*.



Gambar 11: Mesin Proyektor *V-Notch*

HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Pembahasan Hasil Pengujian *Tension Tests*

Berikut ini adalah spesimen setelah dilakukan pengujian *tension tests* yang ditunjukkan pada gambar 12.



(a)



(b)

Gambar 12: Spesimen *Tension Tests* setelah pengujian (a)Spesimen 1 dan (b)Spesimen 2

Setelah dilakukan pengujian pada kedua spesimen, maka diperoleh hasil kekuatan tarik (*tensile strength*) yang ditunjukkan pada tabel berikut ini.

TABLE II
HASIL TENSILE STRENGTH SPESIMEN TENSION TEST

Spesifikasi	Tensile Strength
Spesimen 1	584 MPa (N/mm ²)
Spesimen 2	566 MPa (N/mm ²)

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/D1.1M:2020 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. Untuk minimum rentang tarikan dari material yang digunakan pada pengujian ini ditunjukkan pada tabel berikut ini.

TABLE III
SPESIFIKASI MATERIAL S335J2[7]

Spesifikasi	Tensile Strength Range
S335J2	490 - 620 MPa (N/mm ²)

Dilihat dari hasil *tensile strength* yang diperoleh kedua spesimen adalah 584 MPa (N/mm²) dan 566 MPa (N/mm²) menunjukkan bahwa kedua spesimen sesuai dengan persyaratan minimum yang telah ditentukan.

3.2 Pembahasan Hasil Pengujian *Bend Tests*

Berikut ini adalah spesimen setelah dilakukan pengujian *bend tests* yang ditunjukkan pada gambar 13.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 13: Spesimen *Bend Tests* setelah pengujian
(a)Spesimen 1, (b)Spesimen 2, (c)Spesimen 3, dan
(d)Spesimen 4

Pada pengujian *bend tests* yang dilakukan dengan 4 spesimen *side bend* bisa dilihat bahwa sambungan pengelasan mengalami fusi dengan baik dan tidak terdapat indikasi *crack* pada permukaan atau sudut dari spesimen.

Untuk *acceptance criteria bend tests* pada AWS D1.1/D1.1M:2015 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].

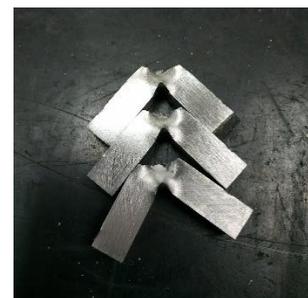
Dilihat dari hasil yang diperoleh dari 4 spesimen menunjukkan bahwa spesimen *bend tests* sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan.

3.3 Pembahasan Hasil Pengujian *CVN Tests*

Berikut ini adalah ketiga set spesimen *CVN tests* setelah pengujian yang ditunjukkan pada gambar 14.



(a)



(b)



(c)

Gambar 14: Spesimen CVN Tests setelah pengujian (a)Spesimen set 1, (b)Spesimen set 2, (c)Spesimen set 3, dan (d)Spesimen set 4

Hasil pengujian dari CVN tests ditunjukkan pada tabel-tabel berikut ini.

TABLE IV
V-NOTCH WELD CENTRELINE

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

TABLE V
V-NOTCH FUSION LINE +1 MM

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

TABLE VI
V-NOTCH FUSION LINE +5 MM

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

Untuk *acceptance criteria CVN tests* pada AWS D1.1/D1.1M:2015 dijelaskan pada klausa 4.28.1 tentang *Test Requirements* menyatakan bahwa *base metal* dengan minimum *yield strengths* 50 ksi [345 MPa] atau kurang maka tidak boleh kurang dari *minimum requirements* pada table 4.14, sedangkan untuk *base metal* dengan minimum *yield strengths* melebihi 50 ksi [345 MPa] maka ditentukan di dalam kontrak dokumen.

Jadi, untuk *acceptance criteria CVN tests* pada pengujian ini ditentukan oleh kontrak dokumen. Jika mengacu pada *acceptance criteria* yang tertera pada AWS D1.1/D1.1M:2020 hasil yang

didapatkan pada pengujian ini sudah melebihi dari minimum yang ditentukan yaitu 20 Joule.

4 Kesimpulan

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

1. Pengujian *tension tests* pada material S533J2 menghasilkan nilai *ultimate strength* (584 MPa) dan (560 MPa) menunjukkan bahwa material ini sudah sesuai dengan *range* persyaratan minimum yaitu (470 - 630 MPa (N/mm²)).
2. Pengujian *bend tests* dengan diameter *former* 50.8 mm menunjukkan bahwa spesimen tidak terdapat indikasi *crack* pada permukaan atau sudut dari spesimen.
3. Hasil yang didapatkan dari pengujian CVN tests pada *temperature* (-20°C) memiliki nilai *toughness* yang sesuai dengan kontrak dokumen dan melebihi nilai minimum pada AWS D1.1/D1.1M:2020 yaitu 27 Joule.
4. Hasil dari pengujian destruktif ini berdasarkan AWS D1.1/D1.1M:2020 sudah memenuhi persyaratan untuk mengkualifikasi suatu prosedur 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:200 – Structural Welding Code-Steel
- [5] Cok Istri 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.

