

Evaluasi Kualitas Pengelasan dan Ketahanan Ketebalan Pipa SA-312 TP316L pada Pembuatan *Scrubber* Menggunakan Metode *Three-Point Bend Test*

Amsal prima Simatupang*1, Ir. Aulia Fajrin, S.T., M.Sc.2* and Adhe Aryswan, S.Pd.3*

*Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin

Jl. Ahmad Yani Batam Kota. Kota Batam. Kepulauan Riau. 29461, IndonesiaE-mail:

Amsalprimasimatupang46@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini membahas pengujian tekuk (*bend test*) untuk mengetahui kualitas pengelasan dan ketahanan ketebalan pada material SA-312 TP316L yang dibuat dengan proses pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) berdasarkan standar ASME *Boiler and Pressure Vessel Code* (BPVC) Section IX-2021. Evaluasi dilakukan melalui pengujian bending pada spesimen uji yang diambil dari sambungan las. Parameter pengelasan yang digunakan mengacu pada *Welding Procedure Specification* (WPS) yang telah dikualifikasi sesuai dengan ASME BPVC Sec. IX-2021. Pengujian bending dilakukan dengan menggunakan mesin bending standar untuk menentukan tingkat keuletan dan ketangguhan sambungan las. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua spesimen uji memenuhi kriteria penerimaan ASME BPVC Sec. IX-2021, dengan tidak adanya retak atau cacat lain yang terlihat pada permukaan las. Hal ini menunjukkan bahwa sambungan las GTAW pada material SA-312 TP316L memenuhi persyaratan ASME BPVC Sec. IX-2021 dan dapat digunakan untuk aplikasi *boiler* dan *pressure vessel*.

Kata Kunci: Uji Tekuk, Kualitas Las, SA-312 TP316L, GTAW, ASME BPVC

Abstract

This research investigates the use of bend testing to evaluate the weld quality and thickness resistance of SA-312 TP316L material fabricated using the Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) process in accordance with ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC) Section IX-2021. The evaluation was conducted through bend testing on test specimens extracted from the weld joints. The welding parameters used refer to the Welding Procedure Specification (WPS) that has been qualified according to ASME BPVC Sec. IX-2021. Bend testing was performed using a standard bending machine to determine the ductility and toughness of the weld joints. The test results showed that all test specimens met the ASME BPVC Sec. IX-2021 acceptance criteria, with no visible cracks or other defects on the weld surface. This indicates that GTAW weld joints on SA-312 TP316L material meet the requirements of ASME BPVC Sec. IX-2021 and can be used for boiler and pressure vessel applications.

Keywords: Bend Testing, Weld Quality, SA-312 TP316L, GTAW, ASME BPVC

1. Pendahuluan

Industri minyak dan gas di Indonesia merupakan sektor yang menarik bagi investor domestik dan internasional. Salah satu komponen penting dalam industri ini adalah *scrubber*, yang berfungsi sebagai knalpot pada kapal untuk menyaring asap karbon dioksida dan mengubahnya menjadi oksigen. Permintaan untuk *scrubber* terus meningkat, mendorong kebutuhan akan produksi yang berkualitas.

Proses pembuatan *scrubber* membutuhkan pengetahuan dan ketelitian tinggi dalam pengelasan. Setelah pengelasan, diperlukan pengujian untuk memastikan kualitas hasil las dan mendeteksi cacat yang mungkin terjadi. Pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian material induk dan material pengisi, dengan atau tanpa material tambahan, untuk menghasilkan sambungan yang kuat dan tahan lama [1].

Dalam pembuatan *scrubber*, jenis pengelasan yang umum digunakan adalah *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW). Proses GTAW memanfaatkan gas mulia seperti *Argon* atau *Helium* sebagai gas pelindung untuk mencegah kontaminasi oksigen dan hidrogen pada daerah lasan, sehingga dikenal pula sebagai las tungsten gas mulia atau *Tungsten Inert Gas* (TIG). Elektroda *tungsten* yang tidak terumpan (*non-consumable*) digunakan untuk menghasilkan busur listrik antara batang elektroda dan logam induk [2].

Untuk mengevaluasi kualitas hasil lasan, diperlukan pengujian destruktif berdasarkan standar *ASME (American Society of Mechanical Engineers) Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC) Sec. IX-2021* [3]. Beberapa jenis pengujian yang umum dilakukan antara lain *tensile test* (uji tarik), *bend test* (uji tekuk), *charpy impact test*, dan *hardness vickers* (uji kekerasan). Jumlah spesimen untuk *tensile test* dan *bend test* telah ditentukan dalam *ASME BPVC Sec. IX-2021* pada QW-451.1 [4]. Dalam pengujian terdapat 2 pengujian yaitu NDT dan DT, *Non-Destructive Test* (NDT) adalah tes fisik suatu material atau benda uji untuk mencari cacat pada benda dengan tidak merusak atau menghancurkan benda uji tersebut. Hasil dari pengujian ini akan menentukan suatu part akan diganti atau tidak tergantung dari jumlah cacat yang ada yang merujuk pada suatu standar [5] dalam pengujian penelitian ini menggunakan pengujian *bending* yang menggunakan prinsip *three point bend*.

Uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan lengkung (*bending strength*) suatu material. Alat yang digunakan umumnya terdiri dari rangka, alat tekan, titik *bending*, dan alat ukur. Rangka harus memiliki kekuatan yang memadai untuk menahan gaya balik selama pengujian, sehingga mencegah kerusakan pada rangka itu sendiri [6].

Perusahaan sebagai sumber penelitian ini menggunakan *penetrant test* untuk memeriksa cacat pada hasil pengelasan. Sehingga ditambahkan *bend test* untuk pemeriksaan cacat pada hasil pengelasan.

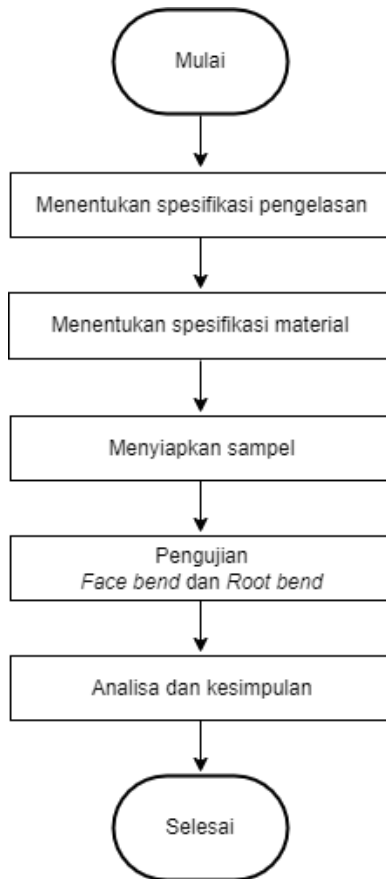
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas pengelasan dan ketahanan ketebalan pada material pipa SA-312 TP316L saat menerima tekukan 180 derajat dengan menggunakan metode *three point bend test*.

Batasan pada penelitian ini hanya berfokus pada pipa dengan spesifikasi material SA-312 TP316L dan *angle* pengujian *bend test* hingga 180 derajat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi berharga tentang kualitas pengelasan dan ketahanan ketebalan pada material pipa SA-312 TP316L, sehingga dapat membantu meningkatkan kualitas produksi *scrubber* dan menunjang keamanan dan keandalan operasinya dalam industri minyak dan gas.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Diagram Alur Penelitian

Pada pengujian ini melewati beberapa tahapan. Adapun proses pengujian yang akan dilaksanakan Sebagai berikut pada gambar 1:



Gambar 1.0 Diagram alur penelitian

2.2 Menentukan spesifikasi pengelasan

Sebelum melakukan Pengelasan harus menentukan spesifikasi pengelasan yang bertujuan untuk mengurangi kegagalan dalam proses pengelasan. Spesifikasi pengelasan yang dimaksud ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Pengelasan

<i>Material</i>	SA-312 TP316L
<i>Thicknes</i>	3.05mm
<i>Welding process</i>	GTAW
<i>Position</i>	5G
<i>Wire</i>	ER316L/SKR
<i>Joint Design</i>	Single Bevel Butt Joint

2.3 Menentukan spesifikasi material

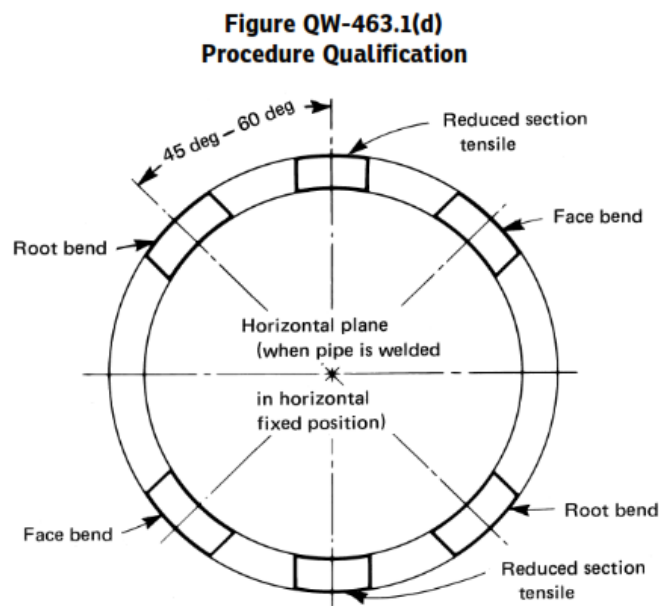
Material yang dipakai untuk pengujian *bend* dan dilas menggunakan proses (GTAW) *Gas Tungsten Arc Welding* dengan posisi 5G. Spesifikasi Material SA-312 Steel Grade TP316L.P-No 8 Group No 1, UNS No S31603, *thickness* 3.05 mm. Untuk kandungan unsur kimia pada material ditunjukkan pada Tabel 2:

Tabel 2. Unsur paduan material SA-312

Unsur Kimia	(%)
Carbon (C)	0.035
Silicon (Si)	1
Mangan (Mn)	2
Fosfor (P)	0.045
Sulfur (S)	0.030
Nikel (Ni)	8-13
Chromium (Cr)	18-20

2.4 Menyiapkan sampel

Pemotongan Spesimen mengikuti kode ASME BPVC *Sec.IX-2021* ditunjukkan pada gambar 2.




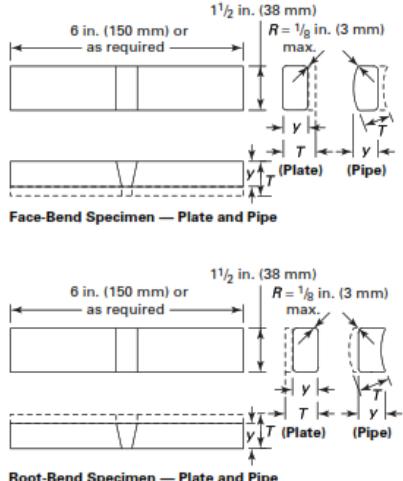


Gambar 2. Lokasi Pemotongan Spesimen

Setelah lokasi pengambilan spesimen telah dibuat sketsa pada *test coupon*, tahap selanjutnya *machining*. Hasil dari *machining* terdapat beberapa bagian spesimen yaitu dua spesimen *face bend*, dua spesimen *root bend* dan dua spesimen *tensile*

Beberapa tahapan dari menyiapkan sample sampai menjadi spesimen uji dijelaskan pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Tahap menyiapkan sampel

No	Gambar	Keterangan
1		<p>Melakukan proses <i>marking</i> (penandaan) pada <i>test coupon</i> pada bagian yang akan di pakai sebagai uji <i>bend</i>. Terdapat 4 spesimen yang akan diambil pada <i>test coupon</i> yaitu dua spesimen <i>face bend</i> (f1,f2) dan dua spesimen <i>root bend</i> (f3,f4) yang telah disesuaikan terdapat pada QW-451.1. Untuk <i>test coupon</i> yang sudah dilas dan akan diberi marking.</p>
2		<p>Melakukan proses pemotongan pada spesimen menggunakan mesin <i>band saw</i>, memotong pada spesimen yang sudah ditandai. Mesin <i>band saw</i>.</p>
3		<p>Membersihkan <i>face weld</i> dan <i>root weld</i> pada spesimen menggunakan dua mesin gerinda yaitu mesin gerinda asah dan mesin gerinda baping yang akan membuat ukurannya sama dengan <i>base metal</i>.</p>
4	<p style="text-align: center;">Figure QW-462.3(a) Face and Root Bends — Transverse</p>  <p style="text-align: center;">Face-Bend Specimen — Plate and Pipe</p> <p style="text-align: center;">Root-Bend Specimen — Plate and Pipe</p>	<p>Pada spesimen <i>root bend</i> dan <i>face bend</i>, selanjutnya melakukan proses penghalusan permukaan <i>face weld</i> dan <i>root weld</i> menggunakan mesin gerinda poles. Untuk mengetahui dimensi spesimen <i>face bend</i> dan <i>root bend</i> ditunjukkan pada QW-462.3(a) (<i>Face and Root Bends-Transverse</i>).</p>

2.5 Pengujian Bend

Pengujian *bend* dengan lokasi *face bend* dan *root bend* termasuk dalam pengujian yang tidak memiliki nilai kuantitatif. Uji tekuk ini merupakan pengujian yang bertujuan untuk menentukan kemulusan (*soundness*) dan keuletan (*ductility*) pada sambungan pengelasan. Proses pengujian dilakukan dengan menekan spesimen sampai melengkung 180° menggunakan *former* yang berdiameter 40 mm sesuai dengan ASME BPVC Sec. IX-2021 *figure QW-466.1*. Gambar 7 menunjukkan spesimen *face bend* dan *root bend* sebelum diuji.



Gambar 7: Spesimen *face bend* dan *root bend* sebelum di uji

Langkah – langkah pengujian *bending* adalah sebagai berikut:

- Melakukan pengukuran pada spesimen *bend*
- Persiapan pada mesin uji *bending*, dengan pemilihan dan pemasangan *former* (palu penekuk) pada mesin dan mengatur jarak antar *roller jig* (penyangga dengan roda pada bagian atas dan bawah)
- Meletakkan spesimen diatas *roller jig*, untuk posisi yang akan diuji menghadap ke bawah *roller jig*
- Selanjutnya menyalakan mesin dan melakukan proses pengujian *bending* sampai 180 derajat hingga membentuk huruf U
- Setelah selesai melakukan proses pengujian, tahapan terakhir spesimen sudah bisa dilakukan pengecekan pada permukaan yang di tekuk

Point bend yang digunakan pada pengujian ini menggunakan *threepoint bending* dengan sistem kerjanya *2point* pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan *1point* pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan.

3. Analisa Data

Setelah dilakukan pengujian, maka mendapatkan hasil dari pengujian yang akan dijelaskan sebagai berikut.

3.1 Hasil pengujian *bend*

Hasil dari spesimen *root bend* dan *face bend* yang telah dilakukan pengujian bisa dilihat pada gambar 8:



a) F1 dan F2



b) F3 dan F4

Gambar 8: Spesimen *bend* yang telah diuji: F1 (spesimen 1), F2 (spesimen 2), F3 (spesimen 3), F4 (spesimen 4)

Dalam pengujian tekuk yang dilakukan sesuai dengan ASME BPVC Sec. IX-2021, terdapat kriteria penerimaan yang tertuang dalam QW-163. Kriteria ini menyatakan bahwa spesimen yang diuji tidak boleh memiliki diskontinuitas terbuka (*open discontinuity*) pada area las (*weld*) atau zona yang terkena panas (*heat affected zone* - HAZ) yang melebihi 3 mm. Diskontinuitas terbuka adalah cacat pada permukaan material yang dapat dilihat dan diukur dengan mata telanjang.

Pada Gambar 8, hasil pengujian tekuk dapat dilihat pada Tabel 3. Tabel ini menunjukkan bahwa semua spesimen uji (F1, F2, F3, dan F4) tidak memiliki diskontinuitas terbuka pada permukaan las atau HAZ yang melebihi 3 mm. Hal ini menunjukkan bahwa semua spesimen uji memenuhi kriteria penerimaan ASME BPVC Sec. IX-2021 dan kualitas pengelasannya memenuhi standar yang ditetapkan.

Tabel 3
Hasil pengujian spesimen *bend*

<i>Specimen marking</i>	<i>Type of bend</i>	<i>Bend test result</i>
F1	<i>Face Bend</i>	<i>No open discontinuity in the weld was observed</i>
F2	<i>Face Bend</i>	<i>No open discontinuity in the weld was observed</i>
F3	<i>Root Bend</i>	<i>No open discontinuity in the weld was observed</i>
F4	<i>Root Bend</i>	<i>No open discontinuity in the weld was observed</i>

Tabel 3 menyajikan hasil pengujian tekuk untuk spesimen F1, F2, F3, dan F4. Tabel ini memuat nomor spesimen, jenis pengujian tekuk (*face bend* atau *root bend*), dan hasil pengujian. Berdasarkan data pada Tabel 3, tidak ditemukan diskontinuitas terbuka pada permukaan las maupun HAZ pada semua spesimen uji (F1, F2, F3, dan F4) yang melebihi batas 3 mm. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas pengelasan telah memenuhi standar yang ditetapkan dan produk ini dinyatakan lulus pengujian.

Hasil pengujian tekuk yang memuaskan ini menunjukkan bahwa sambungan las pada pipa SA-312 TP316L memiliki ketahanan tekuk yang memadai dan dapat diaplikasikan dalam pembuatan *scrubber*. Hal ini menunjang keamanan dan keandalan operasi *scrubber* dalam industri minyak dan gas.

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode *three-point bend test* efektif dalam mengevaluasi kualitas pengelasan dan ketahanan ketebalan pipa SA-312 TP316L. Penerapan metode ini memberikan informasi berharga untuk meningkatkan kualitas produksi *scrubber* dan mendukung operasi yang aman dan andal di industri minyak dan gas.

4. Kesimpulan

Pengujian bending (face bend dan root bend) yang dilakukan pada sambungan las menunjukkan hasil yang memuaskan. Semua spesimen (F1, F2, F3, dan F4) memenuhi persyaratan ASME BPVC Sec. IX-2021 dan tidak menunjukkan diskontinuitas terbuka yang melebihi 3 mm pada permukaan las atau HAZ. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas pengelasan dan materialnya sangat baik, sehingga dapat diaplikasikan dalam pembuatan *scrubber*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Cahyo Wahyudi, S. Dri Handono, H. A. Sanjaya, A. Basir, and S. Azis, “Analisa pengaruh media pendingin dan arus listrik pada proses pengelasan titik (spot welding) stainless steel terhadap nilai kekuatan tarik,” vol. 2, no. 2, p. 2021.
- [2] Amelia Rahmatika, Setiani Ibrahim, Megarini Hersaputri, Ely Aprilia. (2019). “STUDI PENGARUH VARIASI KUAT ARUS TERHADAP SIFAT MEKANIK HASIL PENGELASAN GTAW ALUMINIUM 1050 DENGAN FILLER ER 4043”. *Jurnal Polimesin*. Vol 17 No 1, Febuari 2019
- [3] A. Rahmatika *et al.*, “Pengujian Merusak Pada Kualifikasi Prosedur Las Plat Baja Karbon SA-36 dengan Proses Pengelasan SMAW Berdasarkan Standar ASME Section IX”.
- [4] “Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Procedures; Welders; Brazers; and Welding, Brazing, and Fusing Operators SECTION IX Welding, Brazing, and Fusing Qualifications ASME Boiler and Pressure Vessel Code International Code.” [Online].
- [5] GILANG AVILLA. (n.d.). *ANALISIS VARIASI KUAT ARUS DAN KELEMBAPAN ELEKTRODA PADA PENGELASAN SMAW TERHADAP CACAT LAS PADA PENGELASAN BAJA SS400 DENGAN METODE NONDESTRUCTIVE TEST (NDT) PENETRANT TESTING*. <https://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/jktm/article/download/7004/2557>.
- [6] FIRMAN, M. C. (n.d.-a). *ANALISA PENGARUH VARIASI KAMPUH TERHADAP PENGELASAN SMAW PADA BAJA ST 37 MENGGUNAKAN PENGUJIAN ULTRASONIC TESTING (UT) DAN PENGUJIAN BENDING*. Vol 3(1), Agustus 2023