# EVALUASI *NON-DESTRUCTIVE TEST* (PT DAN UT) PADA SAMBUNGAN LAS SMAW PELAT UJI BAJA ASTM SA-283 GRADE A

**Muhammad Adli Fahrezy Tombora[1,] *, Ayende[1], Fernando[1]**
[1]Teknik Mesin Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jalan Gajah Mada No.38, Cepu, Blora, 58315
**Email:* muhadlifahrezi@gmail.com

## ABSTRAK

Integritas sambungan las pada peralatan migas perlu diverifikasi karena diskontinuitas permukaan dan internal dapat menjadi lokasi konsentrasi tegangan selama operasi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi hasil *Non-Destructive Test* (NDT) pada sambungan las *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) pelat uji baja ASTM SA-283 Grade A setebal 8 mm (*butt joint single V-groove*, posisi 1G, elektroda E7016 dan E7018) menggunakan *Liquid Penetrant Test* (PT) dan *Ultrasonic Flaw Detector Test* (UT) dengan probe sudut 60°. Prosedur pemeriksaan mengacu pada ASME Section V Article 6 (PT) dan Article 4 (UT), sedangkan penerimaan indikasi dinilai terhadap ASME Section VIII Division 1 Mandatory Appendix 8 (PT) dan Appendix 12 (UT). PT menemukan satu indikasi porositas dan satu *undercut* berukuran ≤ 1,5 mm yang tidak termasuk indikasi relevan. UT menemukan tiga indikasi internal pada kedalaman 7,52 mm, 7,65 mm, dan 5,38 mm (94,0%, 95,6%, dan 67,3% tebal pelat) dengan panjang 4 mm, 2 mm, dan 2 mm, seluruhnya di bawah batas panjang 6 mm. Karena itu penerimaan ditentukan oleh jenis indikasi: dua indikasi dekat akar berpotensi berupa cacat planar (*incomplete penetration* atau *lack of fusion*) yang ditolak berapa pun panjangnya, dan amplitudo terhadap level referensi belum terdokumentasi. Sambungan ini lolos PT, sedangkan status UT-nya bersyarat sampai jenis indikasi terkonfirmasi.

**Kata kunci: NDT, *liquid penetrant test*, *ultrasonic test*, SMAW, ASME VIII Div. 1**

## 1. PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan metode utama dalam fabrikasi peralatan migas seperti bejana tekan dan tangki karena mampu menghasilkan sambungan permanen pada pelat baja. Keandalan sambungan tidak hanya ditentukan oleh kekuatan material, tetapi juga oleh ada atau tidaknya diskontinuitas yang dapat menjadi titik awal kegagalan. Porositas, retak, *undercut*, *incomplete penetration*, *lack of fusion*, dan cacat internal lain perlu diidentifikasi secara sistematis agar integritas struktur dapat dinilai. Proses SMAW banyak digunakan pada pekerjaan lapangan karena fleksibel, tetapi hasilnya dipengaruhi oleh arus, polaritas, kecepatan, elektroda, dan keterampilan operator sehingga parameter tersebut perlu dikendalikan sejak tahap prosedur [1].

*Non-Destructive Test* (NDT) memeriksa kualitas sambungan tanpa merusak benda uji. *Liquid Penetrant Test* (PT) memunculkan diskontinuitas yang terbuka ke permukaan, sedangkan *Ultrasonic Flaw Detector Test* (UT) mendeteksi pantulan gelombang dari diskontinuitas di dalam material; tata cara keduanya diatur dalam ASME BPVC Section V Article 6 dan Article 4 [2]. PT tidak dapat menjangkau kondisi di bawah permukaan sehingga perlu dilengkapi UT untuk mendeteksi *incomplete penetration*, *lack of fusion*, atau porositas internal [3].

Evaluasi pengelasan peralatan migas dengan proses SMAW melalui pengendalian prosedur dan pemeriksaan sambungan telah dilaporkan oleh Ayende dkk. [1], sedangkan validasi WPS tangki BBM dengan pengujian destruktif dan non-destruktif dilaporkan oleh Ginting dkk. [4]. Pada sisi UT, penelitian pada pelat baja karbon bersambungan *single-V butt* menekankan peran kalibrasi, *echo dynamic pattern*, dan kondisi *couplant* dalam penentuan ukuran dan karakter

cacat [5], serta perhitungan *skip distance* dan *stand-off* dalam interpretasi [6]. UT konvensional juga telah dibandingkan dengan *phased array* pada las SMAW pelat baja karbon [7]. Penelitian ini melengkapinya dengan evaluasi indikasi PT dan UT terhadap kriteria penerimaan kode yang dinyatakan secara eksplisit.

Material yang digunakan adalah pelat baja ASTM A283/A283M Grade A (SA-283) [8], baja karbon berkekuatan rendah hingga menengah. Spesimen berupa pelat uji (*test plate*) berukuran 300 mm × 250 mm, bukan bejana tekan atau tangki jadi, sehingga hasil penelitian tidak langsung merepresentasikan peralatan tersebut. Penggunaan SA-283 pada bagian bertekan dari bejana tekan dibatasi oleh ASME Section VIII Division 1 (antara lain UCS-6) [9], sedangkan acuan konstruksi tangki penyimpanan atmosferik adalah API 650 [10].

Artikel ini berfokus pada evaluasi PT dan UT, sedangkan hasil uji tarik dan tekuk dari pelat uji yang sama dilaporkan terpisah pada artikel pendamping [11]. Pemisahan dilakukan karena kedua artikel memakai metode, kriteria penerimaan, dan jenis keputusan yang berbeda; keterkaitannya dibahas pada Subbab 4.B dengan mengorelasikan indikasi UT dekat akar dengan hasil uji tekuk akar. Kebaruan artikel ini terletak pada penilaian setiap indikasi terhadap kriteria penerimaan yang dinyatakan eksplisit (ASME VIII Div. 1 Appendix 8 dan 12) serta klasifikasi indikasi UT sebagai planar atau volumetrik, bukan sekadar pelaporan bahwa pemeriksaan telah dilakukan.

Rumusan masalah penelitian ini adalah (1) indikasi permukaan dan internal apa yang terdeteksi oleh PT dan UT pada sambungan las pelat uji; (2) apakah ukuran dan jenis indikasi tersebut memenuhi batas penerimaan ASME VIII Div. 1 Appendix 8 dan 12; dan (3) apa implikasinya terhadap kelayakan sambungan. Tujuannya adalah mengidentifikasi dan mengukur indikasi permukaan dan internal, mengklasifikasikan jenis indikasi UT, serta mengevaluasinya terhadap kriteria tersebut.

## 2. METODE

Penelitian ini bersifat eksperimental. Pengelasan dan pemeriksaan NDT dilakukan oleh Adli di Laboratorium Mekanik Pem Akamigas setelah permukaan sambungan dipersiapkan. Prosedur PT mengikuti ASME Section V Article 6 dan prosedur UT mengikuti Article 4 [2]. Kriteria penerimaan diuraikan pada Subbab 2.D.

### A. Material dan Parameter Pengelasan

Pelat uji baja ASTM SA-283 Grade A berukuran 300 mm × 250 mm dengan tebal 8 mm dilas pada kampuh *single V-groove* bersudut 60°, *root face* 2–3 mm, dan *root gap* 3,6 mm, posisi 1G. Pengelasan SMAW dilakukan secara *multilayer* dengan elektroda E7016 berdiameter 2,6 mm pada *root pass* dan *hot pass*, serta E7018 berdiameter 3,2 mm pada *capping pass*. Keduanya elektroda *low-hydrogen* menurut AWS A5.1 [12]–[14]. Parameter tiap lapis diberikan pada Tabel 1. Temperatur *interpass* dikendalikan maksimum 250 °C. Tegangan busur 22–26 V, tanpa *preheat* (temperatur pelat sekitar suhu ruang), dan pengelasan terdiri atas tiga lapis (*root*, *hot*, dan *capping*).

**Tabel 1. Parameter Pengelasan SMAW**

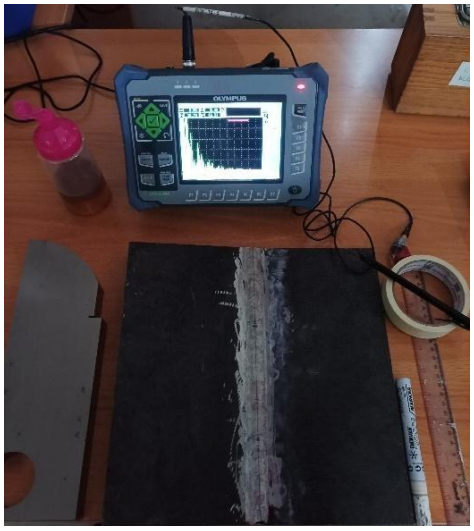
| Lapis | Elektroda (diameter) | Arus (A) | Kecepatan (mm/menit) | Polaritas |
|---|---|---|---|---|
| *Root pass* | E7016 (2,6 mm) | 60–70 | 38,3 | DCEN |
| *Hot pass* | E7016 (2,6 mm) | 70–80 | 34,15 | DCEN |
| *Capping pass* | E7018 (3,2 mm) | 80–90 | 30,35 | DCEP |

## B. Liquid Penetrant Test

PT dilakukan sesuai ASME Section V Article 6 menggunakan *red penetrant* visible tipe *solvent-removable* dalam kemasan aerosol (pembersih, penetrant, dan *developer* pada temperatur permukaan 5–52 °C. Setelah permukaan *weld area* dibersihkan, penetrant diaplikasikan dengan waktu penetrasi 10 menit, penetrant berlebih dihilangkan dengan kain bersih kering, lalu kain yang dibasahi pembersih, kemudian *developer* disemprotkan dan dibiarkan 10 menit sebelum indikasi diamati secara visual pada pencahayaan ≥ 1000 lux. Indikasi diklasifikasikan sebagai bulat atau linear dan dimensi utamanya diukur.

## C. Ultrasonic Flaw Detector Test

UT dilakukan sesuai ASME Section V Article 4 menggunakan *ultrasonic flaw detector* Olympus dan probe sudut 60° berfrekuensi 4 MHz dengan kristal 8 × 9 mm. *Couplant* yang digunakan adalah gel. Alat dikalibrasi pada blok kalibrasi baja karbon (IIW V1 untuk indeks probe, sudut, dan jarak). Level referensi dibuat dengan kurva *DAC* dari lubang *side-drilled* pada blok referensi baja karbon dan *gain* pemindaian level referensi + 6 dB. Pemindaian dilakukan dengan teknik *lateral*, *orbital*, dan *swivel* dari kedua sisi las. Kedalaman indikasi ditentukan dari jarak lintasan berkas dan posisi probe, sedangkan panjang ditentukan dengan metode *6 dB drop*. Pelaksanaan UT ditunjukkan pada Gambar 1.




**Gambar 1. Pelaksanaan *Ultrasonic Flaw Detector Test***

## D. Kriteria Penerimaan

Hasil dievaluasi terhadap ASME Section VIII Division 1 [9] sebagaimana diringkas pada Tabel 2. Batas 1,5 mm yang dipakai pada pelaporan PT sesuai dengan ambang indikasi relevan pada Appendix 8. Appendix 12 dipakai untuk UT karena menetapkan batas amplitudo dan panjang untuk pelat bertebal sampai 19 mm, sehingga mencakup pelat 8 mm.

**Tabel 2. Kriteria Penerimaan PT dan UT**

| Metode | Acuan | Diterima | Ditolak |
|---|---|---|---|
| PT | ASME VIII Div. 1 Mandatory Appendix 8; prosedur ASME V Article 6 | Indikasi berdimensi utama ≤ 1,5 mm (tidak relevan); indikasi bulat relevan ≤ 5 mm | Indikasi linear relevan; indikasi bulat relevan > 5 mm; empat indikasi bulat relevan atau lebih sebaris dengan jarak tepi ke tepi ≤ 1,5 mm |
| UT | ASME VIII Div. 1 Mandatory Appendix 12; prosedur ASME V Article 4 | Imperfeksi selain retak, *lack of fusion*, dan *incomplete penetration* bila amplitudo ≤ level referensi atau panjang ≤ 6 mm (t ≤ 19 mm) | Retak, *lack of fusion*, dan *incomplete penetration* berapa pun panjangnya; imperfeksi lain bila amplitudo > level referensi dan panjang > 6 mm |

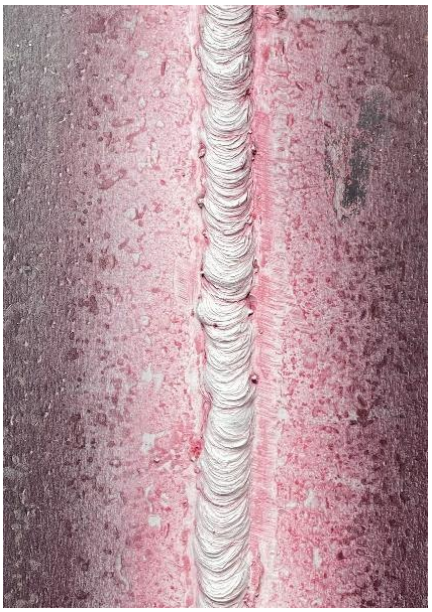
## 3. HASIL

### A. Hasil Liquid Penetrant Test

PT menemukan dua indikasi pada *weld area*, yaitu satu porositas dan satu *undercut* (Gambar 2 dan 3), dan tidak ada indikasi linear yang mengarah pada retak. Kedua indikasi dilaporkan berdimensi ≤ 1,5 mm sehingga, menurut Appendix 8, bukan indikasi relevan dan diterima (Tabel 3).



**Gambar 2. Hasil Pemeriksaan *Liquid Penetrant Test***



**Gambar 3. Indikasi pada Permukaan Sambungan**

**Tabel 3. Hasil Pemeriksaan PT**

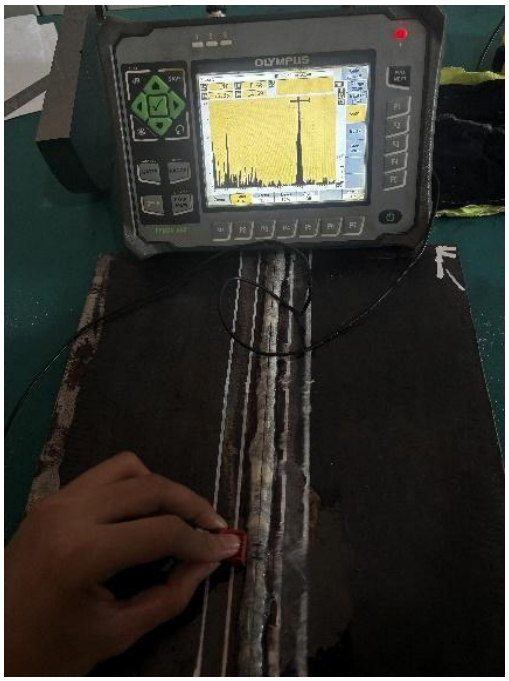
| Area | Jenis indikasi | Jumlah | Dimensi terukur (mm) | Dimensi utama dilaporkan | Status |
|---|---|---|---|---|---|
| *Weld area* | Porositas (bulat) | 1 | ≤ 1,5 mm | ≤ 1,5 mm | Diterima |
| *Weld area* | *Undercut* | 1 | ≤ 1,5 mm | ≤ 1,5 mm | Diterima |

## B. Hasil Ultrasonic Flaw Detector Test

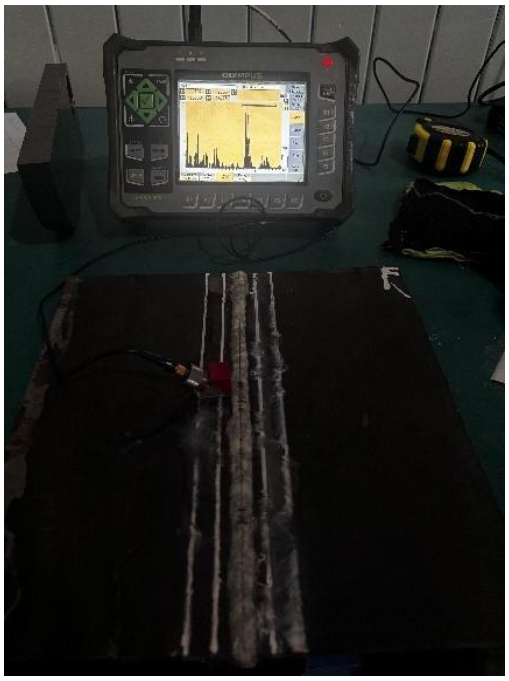
UT menemukan tiga indikasi internal (Gambar 4–7 dan Tabel 4). Indikasi 1 dan 2 berada pada kedalaman 7,52 mm dan 7,65 mm (94,0% dan 95,6% tebal pelat), dekat sisi belakang pelat yang pada kampuh V merupakan daerah akar, sedangkan indikasi 3 pada kedalaman 5,38 mm (67,3%) berada di zona tengah. Persentase tebal dihitung dari kedalaman terhadap tebal 8 mm yang diukur dari permukaan inspeksi. Panjang ketiganya (4 mm, 2 mm, dan 2 mm) lebih kecil daripada batas 6 mm pada Appendix 12.



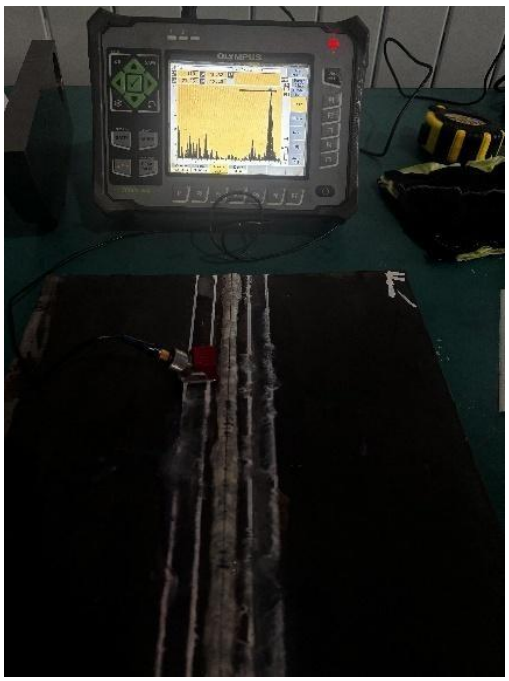
**Gambar 4. Visualisasi Lokasi Indikasi Internal**




**Gambar 5. Indikasi UT Ke-1**



**Gambar 6. Indikasi UT Ke-2**



**Gambar 7. Indikasi UT Ke-3**

**Tabel 4. Hasil Pemeriksaan UT**

| No | Kedalaman (mm) | % tebal | Panjang (mm) | Amplitudo (% FSH atau dB) | Posisi sepanjang las (mm) | Jenis indikasi | Status (App. 12) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7,52 | 94,0 | 4 | 70 | 40 | Diduga planar | Bersyarat |
| 2 | 7,65 | 95,6 | 2 | 60 | 95 | Diduga planar | Bersyarat |
| 3 | 5,38 | 67,3 | 2 | 30 | 180 | Diduga volumetrik atau antarlapis | Bersyarat |

Status "Bersyarat" berarti panjang indikasi di bawah 6 mm sehingga penerimaan bergantung pada jenis indikasi: diterima bila bukan retak, *lack of fusion*, atau *incomplete penetration* (Tabel 2).

## 4. PEMBAHASAN

### A. Kesesuaian Hasil dengan Kriteria Penerimaan

Pada PT, porositas dan *undercut* berdimensi ≤ 1,5 mm sehingga bukan indikasi relevan menurut Appendix 8, dan tidak ada indikasi linear yang mengarah pada retak; sambungan karenanya lolos PT. Hasil ini hanya berlaku untuk permukaan, sehingga kondisi di bawah permukaan perlu dinilai dengan UT [3].

Pada UT, panjang ketiga indikasi di bawah batas 6 mm pada Appendix 12 untuk tebal sampai 19 mm. Dengan panjang tersebut, penerimaan tidak lagi ditentukan oleh amplitudo, melainkan oleh jenis indikasi: retak, *lack of fusion*, dan *incomplete penetration* ditolak berapa pun panjangnya, sedangkan imperfeksi lain diterima. Karena jenis indikasi belum terkonfirmasi, status UT sambungan ini bersyarat dan klaim bahwa sambungan memenuhi evaluasi NDT belum dapat dinyatakan sepenuhnya. Amplitudo tetap perlu dicatat agar rekaman pemeriksaan dapat diaudit.

### B. Klasifikasi Indikasi UT dan Korelasi dengan Uji Tekuk

Indikasi 1 dan 2 berada pada 94–96% tebal, yaitu di sekitar akar las. Pada posisi ini pantulan dapat berasal dari cacat sebenarnya (*incomplete penetration* atau *lack of fusion* pada akar) atau dari geometri akar yang sah seperti manik penetrasi dan *root face*. Keduanya dibedakan melalui pola *echo dynamic* saat probe digerakkan sepanjang dan melintang terhadap indikasi [5], posisi proyeksi indikasi terhadap sumbu las yang dihitung dari *skip distance* dan *stand-off* [6], serta pemindaian dari kedua sisi las. UT mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan cacat fabrikasi planar dan volumetrik pada las pelat baja karbon [15].

Petunjuk yang tersedia mengarah pada jenis planar. Uji tekuk akar pada pelat uji yang sama dalam artikel pendamping [11] menunjukkan *incomplete penetration*, dan kedalaman indikasi 1 dan 2 konsisten dengan lokasi tersebut. Bila dikonfirmasi, kedua indikasi ditolak menurut Appendix 12 meskipun panjangnya hanya 2–4 mm. Indikasi 3 pada kedalaman 5,38 mm berada di zona tengah tebal las sehingga lebih mungkin berupa diskontinuitas antarlapis, misalnya *slag inclusion* atau *lack of fusion* antarlapis; indikasi ini ditolak bila *lack of fusion* dan diterima bila *slag* atau porositas. Jenis indikasi yang diduga di sini sejalan dengan jenis cacat yang dilaporkan pada las SMAW baja SS400, yaitu porositas dan *undercut* pada PT serta *incomplete penetration*, *incomplete fusion*, dan *slag inclusion* pada UT [16].

### C. Kemungkinan Penyebab Berdasarkan Data Pengelasan

Penyebab dibahas dari parameter pada Tabel 1 dan bersifat dugaan yang perlu diverifikasi. Pertama, *root gap* 3,6 mm dengan *root face* 2–3 mm dan *root pass* E7016 berdiameter 2,6 mm pada arus 60–70 A membuat peleburan sisi akar sangat bergantung pada ketepatan gerak elektroda; arus yang relatif rendah terhadap *root face* yang tebal dapat menyebabkan *incomplete penetration* atau *lack of fusion* pada akar. Kedua, kecepatan 30–38 mm/menit tergolong lambat untuk SMAW sehingga penjelasan "kecepatan terlalu tinggi" tidak didukung data; bila satuan ini benar, kecepatan rendah justru memungkinkan terak mendahului busur dan terperangkap, dengan catatan satuan kecepatan perlu diverifikasi. Ketiga, porositas dapat berkaitan dengan kelembapan elektroda *low-hydrogen* (bila tidak dipanaskan ulang sebelum dipakai) atau kontaminasi permukaan, dan *undercut* dengan teknik gerak elektroda di tepi kampuh pada arus *capping* 80–90 A. Keempat, kebersihan terak antarlapis perlu dicatat untuk menjelaskan indikasi antarlapis. Hubungan parameter dan indikasi ini tidak membuktikan penyebab tunggal.

### D. Keterbatasan dan Implikasi

Evaluasi ini mencakup satu spesimen dengan tiga indikasi UT, tanpa nilai amplitudo, peta pemindaian, maupun data pembanding. Konfirmasi jenis indikasi memerlukan metode pembanding seperti *radiographic testing* (RT), UT *phased array*, atau pemotongan makro pada lokasi indikasi. Hasil berlaku untuk pelat uji, metode, dan kriteria yang digunakan, dan belum cukup untuk menyatakan bahwa PQR lulus atau Pre-WPS terkualifikasi; keputusan akhir berada pada *inspector* berwenang sesuai kode dan spesifikasi proyek.

## 5. SIMPULAN

PT menemukan satu porositas dan satu *undercut* pada *weld area* berdimensi ≤ 1,5 mm. Keduanya bukan indikasi relevan menurut ASME VIII Div. 1 Appendix 8 dan tidak ada indikasi linear, sehingga sambungan lolos PT.

UT menemukan tiga indikasi internal pada kedalaman 7,52 mm, 7,65 mm, dan 5,38 mm (94,0%, 95,6%, dan 67,3% tebal) dengan panjang 4 mm, 2 mm, dan 2 mm, seluruhnya di bawah batas 6 mm pada Appendix 12. Penerimaan karena itu bergantung pada jenis indikasi. Indikasi 1 dan 2 dekat akar diduga planar (*incomplete penetration*), konsisten dengan hasil uji tekuk akar, dan ditolak bila terkonfirmasi. Status UT sambungan ini bersyarat, sehingga klaim bahwa sambungan memenuhi evaluasi NDT belum dapat dinyatakan.

Penelitian lanjutan disarankan melengkapi amplitudo dan posisi indikasi, mengklasifikasikan indikasi dengan *echo dynamic* dari dua sisi las, membandingkannya dengan RT atau uji makro dan uji merusak, serta mengevaluasi pengaruh *root gap*, *root face*, dan arus *root pass* terhadap penetrasi akar.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Ayende, M. B. Bahtiar, H. Kotrisna, S. Damayanti, R. D. Santoso, and M. B. A. P., "Experimental study of oil and gas pressure vessel welding using the Shielded Metal Arc Welding process," Scientific Contributions Oil and Gas, vol. 48, no. 2, pp. 41–51, 2025, doi: 10.29017/scog.v48i2.1775.

[2] The American Society of Mechanical Engineers, ASME BPVC Section V—Nondestructive Examination, Articles 4 and 6. New York: ASME, 2021.

[3] A. Zolfaghari and F. Kolahan, "Reliability and sensitivity of visible liquid penetrant NDT for inspection of welded components," Materials Testing, vol. 59, no. 3, pp. 290–294, 2017, doi: 10.3139/120.111000.

[4] F. H. Ginting, Ayende, T. Antonio Jr., and A. Nadhiroh, "Evaluasi kualitas sambungan las tangki BBM menggunakan elektroda E7016 dan E7018 berdasarkan pengujian destruktif–non-destruktif dan validasi WPS sesuai ASME Section IX," Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral, vol. 5, no. 1, pp. 740–748, 2025, doi: 10.53026/prosidingsntem.v5i1.648.

[5] M. A. Baduhalin, A. S. A. Abdul Rani, and E. M. Yusup, "Evaluation of the ultrasonic flaw detector inspection on single vee butt welded of carbon steel plate using three different couplant," J. Adv. Mech. Eng. Appl., vol. 4, no. 2, pp. 31–37, 2023, doi: 10.30880/jamea.2023.04.02.005.

[6] I. Burhan, G. Mutaiyah, D. I. Hashim, T. M. Loganathan, and M. T. H. Sultan, "A guideline of ultrasonic inspection on butt welded plates," IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., vol. 554, art. no. 012002, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/554/1/012002.

[7] J. Jamil, S. Y. Syed Yahya, and R. Zakaria, "Multi display scan in detecting weld discontinuity of thick carbon steel plate using ultrasonic testing phased array (UTPA) with comparison to conventional ultrasonic testing (UT)," Scientific Research Journal, vol. 17, no. 2, 2020. pp. 209–220, DOI 10.24191/srj.v17i2.8345.

[8] ASTM International, ASTM A283/A283M—Standard Specification for Low and Intermediate Tensile Strength Carbon Steel Plates. West Conshohocken, PA: ASTM International,

[9] The American Society of Mechanical Engineers, ASME BPVC Section VIII, Division 1—Rules for Construction of Pressure Vessels. New York: ASME, 2021.

[10] American Petroleum Institute, API Standard 650—Welded Tanks for Oil Storage, 13th ed. Washington, DC: API, 2020.

[11] Adli, Ayende, and Fernando, judul artikel ID 291 (uji tarik dan tekuk) Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral.

[12] American Welding Society, AWS A5.1/A5.1M—Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding. Miami, FL: AWS,.

[13] H. M. Munawar, I. N. Gusniar, and R. Hanafi, "Pengaruh jenis elektroda las SMAW terhadap sifat mekanik dan struktur mikro," J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha, vol. 11, no. 1, pp. 93–110, 2023.

[14] Kobe Steel, "Welding materials," Kobelco. [Online]. Available: https://www.kobelco.co.jp/english/products/welding/materials.html. Accessed: Jun. 10, 2026.

[15] T. L. Moran, M. T. Anderson, A. D. Cinson, S. L. Crawford, and C. A. Nove, "Using phased array ultrasonic testing in lieu of radiography for acceptance of carbon steel piping welds," in Proc. ASME 2014 Pressure Vessels & Piping Conf., Anaheim, CA, USA, Jul. 2014, Paper PVP2014-28832.

[16] M. R. Al Faiq, S. Hastuti, N. Hadi, and N. Mulyaningsih, "Defect analysis of butt joint type SMAW welding connection of SS400 steel material using liquid penetrant and ultrasonic test methods," J. Weld. Technol., vol. 7, no. 1, pp. 24–28, 2025, doi: 10.30811/jowt.v7i1.6930.

**Daftar Simbol**

| | | |
|---|---|---|
| NDT | = | Non-Destructive Test |
| PT | = | Liquid Penetrant Test |
| UT | = | Ultrasonic Flaw Detector Test |
| SMAW | = | Shielded Metal Arc Welding |
| WPS | = | Welding Procedure Specification |
| Pre-WPS | = | Preliminary Welding Procedure Specification |
| PQR | = | Procedure Qualification Record |
| DCEN | = | Direct Current Electrode Negative |
| DCEP | = | Direct Current Electrode Positive |
| DAC | = | Distance Amplitude Correction |
| FSH | = | Full Screen Height |
| RT | = | Radiographic Testing |