

Metode kerja pengujian *bending* hasil pengelasan pipa dengan metode SMAW elektroda E7018 standar ASTM D790

Samuel Febrinary Khristyson, Indro Dwi Cahyo

Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Gubernur Mochtar, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275
Email korespondensi: samuelefebrinaryk@gmail.com

Abstrak

Pengujian bending merupakan salah satu cara pengujian hasil pengelasan atau material yang termasuk dalam pengujian merusak. Pemilihan keputusan dalam menentukan pilihan urutan metode proses dapat menunjukkan tingkat keakuratan dan keefektifan suatu kegiatan. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui kriteria metode kerja pengujian hasil pengelasan pada pipa dengan alat hidrolik press di Laboratorium Pendidikan dan Penelitian Konstruksi Perkapalan, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Semarang. Metode alternatif dengan pendekatan rasional untuk mengetahui kriteria dari masing-masing fungsi proses pengujian tersaji dalam kajian ini. Nilai alternatif tertinggi yaitu 80% terdapat pada preferensi pertama, di mana metode alternatif kedua sebagai acuannya dengan jumlah praktikan 2 orang dan rata-rata waktu penggunaannya 75 menit, sehingga pemilihan parameter fungsi seperti dilihat dari aspek fungsi, ekonomis, dan waktu yang digunakan dapat menyesuaikan dengan kegunaan alat kerja yang ada pada laboratorium.

Kata kunci: pengujian bending, pengelasan pipa, metode alternatif.

Abstract

Bending testing is one way of testing welding results or materials which are included in destructive testing. Selection of decisions in determining the choice of the sequence of process methods can indicate the level of accuracy and effectiveness of an activity. The purpose of this study was to find out the criteria for work methods for testing the results of welding on pipes with a hydraulic press in the Welding and Ship Construction Education and Research Laboratory, Industrial Technology Department, Vocational School, Diponegoro University, Semarang. An alternative method with a rational approach to find out the criteria for each function of the testing process is presented in this study. The highest alternative value, 80%, is in the first preference where the second alternative method is used as a reference with 2 practitioners and an average usage time of 75 minutes. So that the selection of function parameters as seen from the aspects of function, economy, and time used can be adjusted to the usefulness of the work equipment in the laboratory.

Keywords: bending testing, pipe welding, alternative method.

1. Pendahuluan

Pengelasan adalah suatu cara untuk memadukan dan menyambungkan dua logam yang sama, antara logam induk dengan logam isian dengan energi panas, sehingga dapat melelehkan logam isian. Suatu siklus termal yang terlalu berlebihan dapat menyebabkan terjadi gradasi perbedaan sifat fisik pada material [1]. Salah satu sifat karakter logam hasil pengelasan dapat terlihat dari kekuatan hasil pengelasan yang dipengaruhi oleh elektroda serta variasi arus listrik yang digunakan [2]. Para *welder* memiliki faktor penentu untuk menjadi indikator hasil pengelasan yang baik. Jika terjadi suatu kondisi, di mana permukaan material yang bersih akan menghasilkan sambungan las yang jauh lebih kuat, suatu oksidasi permukaan harus dapat diminimalisir karena dapat saja terperangkap dalam logam yang membeku [3]. Untuk itu suatu cara untuk mengetahui hasil pengelasan yang tepat adalah uji *bending*, tujuan dilakukan uji *bending* pada pengelasan adalah untuk mengetahui kualitas hasil

pengelasan apakah *accepted* atau *reject* oleh suatu *standart*. Kajian sebelumnya tentang pengujian *bending* 3 titik, menunjukkan perpindahan gaya yang terurai oleh kapasitas penyerapan energi dan data perpindahan titik tumpuannya [3]. Pemeriksaan adalah untuk menentukan standar-standar kualitas tertentu, sementara itu dengan pengujian dan pemeriksaan, maka dapat menjamin kualitas serta memberikan kepercayaan pada hasil pengelasan [4]. Penggunaan metode yang tepat wajib dilakukan untuk meningkatkan kecepatan hasil dari pengujian hasil pengelasan ini. Jika terdapat metode yang kurang tepat akan berdampak pada keterlambatan waktu penyelesaian pekerjaan, atau pembengkakan biaya atau kedua-duanya yaitu keterlambatan waktu penyelesaian pekerjaan dan pembengkakan biaya konstruksi [5]. Semakin lama hasil pengujian, maka akan mempengaruhi *progress* pekerjaan suatu kegiatan. *Welder* sebelum ditugaskan oleh suatu perusahaan untuk melakukan pengelasan tentunya harus dapat diketahui terlebih dahulu bagaimana

kualitas hasil pengelasannya. Kajian pengujian hasil dari pengelasan sebelumnya menunjukkan tingkat tegangan sisa las memiliki dampak yang besar pada kekakuan lentur material, dengan pengurangan lebih dari 8%, sementara itu tidak mempengaruhi kapasitas lentur akhir dengan pengaruh tidak lebih dari 5% [6].

Pemilihan keputusan dalam menentukan pilihan urutan metode proses dapat menunjukkan tingkat keakuratan dan keefektifan suatu kegiatan. Mengurutkan metode berdasarkan kajian sebelumnya menunjukkan alternatif pekerjaan dengan menentukan bobot dan matriks evaluasi [6]. Senada dengan kajian tersebut pada metode alternatif menunjukkan siklus proses yang dapat menunjukkan keefektifan dari suatu kegiatan *bending* uji komposit material SCI [7]. Kajian sebelumnya juga menunjukkan adanya keterkaitan antara penggunaan metode terhadap proses pengujian suatu material, *effective yield* dan *effective section method* [8]. Setiap penentuan metode yang tersedia, baik untuk *section mode* ataupun *effective* memberikan gambaran tentang kekuatan pengelasan sebuah objek. Dalam pengelasannya menggunakan *beam column* memiliki desain yang menyerupai pipa hanya saja geometri yang terbentuk berbentuk profil *beam*. Namun demikian, pada kajian uji *bending* untuk metode kombinasi menunjukkan hasil bahwa setiap *standart* yang dikuarkan oleh suatu badan memiliki ketentuan batas regulasi yang digunakan, namun hasil kajian terdahulu umumnya melebihi untuk faktor keamanan dari kapasitas beban *ultimate*, sehingga baik dan sesuai dengan hasil eksperimen atau numerik dan dengan demikian cocok untuk rentang parameter yang dipelajari [8]. Kajian uji *bending* pipa terdahulu juga menunjukkan banyaknya jumlah pengelasan pada bagian pipa menunjukkan peningkatan kekuatan lentur, sehingga dapat melimpah hingga 86% dari kekuatan awal, sehingga suatu hasil eksperimen dan numerik menunjukkan bahwa sambungan las secara memutar, dapat mempertahankan tingkat signifikan deformasi dan regangan lentur, tanpa kehilangan penahanan tekanan [9]. Hasil lain dari kajian sebelumnya dapat memberikan pedoman untuk desain tes, seperti pemilihan geometri spesimen dan tingkat pemuatan. Sebagai teori, memberikan dekomposisi modal dinamis tegangan normal dan geser, itu juga dapat digunakan di bidang pemantauan strukturalnya [4]. Perlunya pembuktian metode yang tepat untuk pengujian *bending test*, di mana terdapat kajian sebelumnya juga yang menunjukkan adanya tegangan sisa dari proses pengelasan memiliki dampak yang besar pada kekakuan lentur material, dengan pengurangan lebih dari 10%, sementara itu tidak mempengaruhi kapasitas lentur akhir material tersebut [10–12].

Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui kriteria metode kerja pengujian hasil pengelasan

pada pipa dengan alat hidrolik *press* pada Laboratorium Pendidikan dan Penelitian Konstruksi Perkapalan, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Semarang. Kajian ini diawali dengan penyusunan metode, melakukan uji coba pengujian, kemudian dilakukan pengambilan data dan analisis terhadap kriteria fungsi dan rekomendasi terhadap metode pengujian.

2. Metode

Alat-alat yang digunakan dalam kajian ini adalah alat *bending* hidrolik *press* 12 ton (Gambar 1), jangka sorong, mistar, dan kamera.



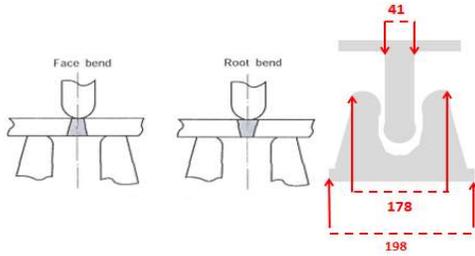
Gambar 1. Hidrolik press 12 ton.

Kemudian untuk bahan menggunakan *specimen* baja karbon pipa dengan diameter 3 inchi, dengan pengelasan SMAW elektroda E7018 sesuai standar ASTM D790, seperti terlihat pada Gambar 2.



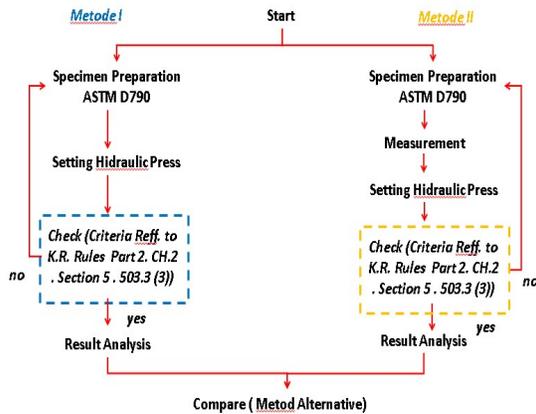
Gambar 2. Spesimen pengelasan pipa.

Sedangkan regulasi yang digunakan sebagai standar *accepted* dari pengujian pipa adalah sesuai *rules Class Korea Register Part 2, CH.2, Section 5, 503.3 (3)*, yaitu pada penataan spesimen dengan ukuran seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Guide bend test jig for 9 mm thick (unit mm).

Terdapat 2 metode yang akan diujikan, setiap metode memiliki alur yang hampir menyerupai namun terdapat perbedaan pada bagian proses. Material pipa disiapkan sebelum dilakukan pengelasan sesuai dengan WPS (*Welding Procedur Spesification*), kemudian spesimen dilakukan pembersihan dari kampuh las yang terbentuk dan pemotongan sesuai standar ASTM D790. Langkah selanjutnya kemudian dilakukan pendataan dan *marking* untuk bagian *root* dan *face welding*, serta diposisikan pada alat *press* hidrolik 12 ton, seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan metode.

Kemudian dari hasil *bending* dilakukan pengecekan sesuai standar *Rules class*, jika telah sesuai, maka dilakukan pengolahan data dan analisis. Perbandingan antara metode yang dilakukan dengan fungsi kriteria adapun kriteria yang digunakan adalah faktor-faktor dalam parameter pengujian hasil pengelasan, lihat Tabel 1. Selain itu, fungsi analisis dan fungsi kerja dibandingkan untuk mendapatkan nilai-nilai pendekatan terbaik dari setiap metode dan proses pengujian. Nilai ini berdasarkan skala yang ditentukan untuk mendapatkan total nilai sebagai parameter perbandingan suatu metode ataupun cara analisis.

Tabel 1. Alternatif metode kerja.

No	Uraian
I Alternatif I	
a	Persiapan & Pengelasan pipa sesuai WPS
b	Pemotongan Material Pipa sesuai ASTM D790
c	Penghalusan/gerinda pada bagian <i>reinforcement</i>

	<i>weld</i>
d	<i>Marking</i> spesimen
e	Pengujian <i>Bending</i>
f	Analisis hasil pengujian <i>bending</i>
2 Alternatif II	
a	Persiapan & Pengelasan pipa sesuai WPS
b	Pemotongan Material Pipa sesuai ASTM D790
c	Penghalusan/gerinda pada bagian <i>reinforcement weld</i>
d	<i>Marking</i> spesimen dan pengukuran spesimen
e	Pengujian <i>Bending</i>
f	Analisis hasil pengujian <i>bending</i>

Adapun waktu/durasi yang digunakan sesuai dengan kapasitas praktikan, di mana dalam kajian ini terdapat 1 dan 2 orang praktikan, lihat Tabel 2. Berdasarkan tabel tersebut, diketahui waktu pelaksanaan akan lebih cepat saat menggunakan 2 orang praktikan dengan proses yang relatif sama.

Tabel 2. Waktu untuk masing-masing alternatif.

No	Kegiatan	Waktu (menit)	
		2 Praktikan	1 Praktikan
1 Metode I			
a	Persipan & Pengelasan pipa sesuai WPS	20	30
b	Pemotongan Material Pipa sesuai ASTM D790	15	15
c	Penghalusan / gerinda pada bagian <i>reinforcement weld</i>	15	20
d	<i>Marking</i> spesimen	1	1
e	Pengujian <i>Bending</i>	2	3
f	Analisis hasil pengujian <i>bending</i>	5	5
	Sub Total	68	58
2 Metode II			
a	Persipan & Pengelasan pipa sesuai WPS	20	30
b	Pemotongan Material Pipa sesuai ASTM D790	15	15
c	Penghalusan/gerinda pada bagian <i>reinforcement weld</i>	15	20
d	<i>Marking</i> spesimen dan pengukuran spesimen	3	5
e	Pengujian <i>Bending</i>	2	3
f	Analisis hasil pengujian <i>bending</i>	5	5
	Sub Total	75	60

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan proses pengujian *bending*, lihat Gambar 5.



Gambar 5. Proses uji bending.

Posisi proses pengujian dari hasil pengelasan harus tepat sesuai regulasi rujukan yang akan digunakan sebagai acuan. Pada bagian hasil pengelasan akan mengalami pembungkakan, sehingga untuk bagian *root welding* atau *face welding* akan terlihat jika terjadi *crack* atau patahan pada hasil pengelasan seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar. 6. Hasil uji bending spesimen.

Hasil dari pengelasan baik *face bend* atau *root face* terhadap kondisi *accepted* baik dengan *crack* yang masih sesuai regulasi dan tanpa *crack*, dapat mudah teridentifikasi ketika proses pembersihan. Selanjutnya, berdasarkan evaluasi fungsi kinerja, maka dilakukan pembobotan untuk fungsi analisis yang akan ditinjau, diperoleh informasi seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Fungsi analisis.

No	Fungsi	Bobot (%)	Keterangan
1	Mutu	40	Tinggi
2	Biaya	30	Tinggi
3	Waktu	20	Sedang
4	Kemudahan Pelaksanaan	10	Rendah

Setelah dilakukan perbandingan proses metode dan penilaian berdasarkan masing-masing fungsi dari alternatif, lihat Tabel 4. Berdasarkan prioritas bobot tersebut, maka dapat ditarik kesimpulan sementara jika kriteria penilaian melihat dari tingkat keefektifan proses metode pengujian. Setiap alternatif memiliki penilaian 0-1 dan kemudian dilakukan pengumpulan data dan analisis, maka dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Fungsi kriteria.

Alternatif	Preferensi	Keterangan	Penilaian Kriteria
Fungsi Kriteria Mutu			
I	I<II	Mtd 2 lebih baik dari Mtd 1	1
II	I>II	Mtd 1 lebih baik dari Mtd 2	1
III	I=II	Mtd 1 sama dengan Mtd 2	0,5
Fungsi Kriteria Biaya			
I	I<II	Mtd 2 lebih baik dari Mtd 1	1
II	I>II	Mtd 1 lebih baik dari Mtd 2	0
III	I=II	Biaya Alt 1 sama dengan Alt 2	0,5
Fungsi Kriteria Waktu			
I	I<II	Mtd 2 lebih baik dari Mtd 1	0
II	I>II	Mtd 1 lebih baik dari Mtd 2	1
III	I=II	Waktu Alt 1 sama dengan Alt 2	0,5
Fungsi Kriteria Kemudahan Pelaksanaan			
I	I<II	Mtd 2 lebih baik dari Mtd 1	1

II	I>II	Mtd 1 lebih baik dari Mtd 2	0
III	I=II	Mtd 1 sama dengan Mtd 2	0,5

Berdasarkan hasil analisis proses pengukuran dan *marking* lebih diperdalam guna menghasilkan hasil pengujian yang sesuai dengan *output* yang lengkap dan merujuk pada spesimen yang tepat. Namun demikian dari segi kecepatan waktu kerja akan lebih menambah durasi dari proses metode pengujian. Beban tersebut dapat diringankan dengan alokasi *person yang in charge* untuk aktif serta membantu pengerjaan proses pengujian.

Tabel 5. Penilaian kinerja.

Alternatif	Preferensi i	Bobot				Total
		A	B	C	D	
I	I<II	40 %	30 %	0%	10 %	80%
II	I>II	40 %	0%	20 %	0%	60%
III	I=II	20 %	15 %	10 %	5%	50%

Nilai alternatif tertinggi yaitu 80%, terdapat pada preferensi pertama di mana metode alternatif kedua lebih baik dari metode alternatif pertama. Hal itu menunjukkan jika pada metode pengujian alternatif kedua memiliki keunggulan dari segi persiapan hingga proses dan hasil analisisnya. Akan tetapi untuk tahap parameter, fungsi waktu lebih cepat pada metode pengujian pertama karena tanpa pengukuran ulang sebelum dilakukan pengujian *bending* hasil pengelasan. Pada posisi kedua adalah alternatif kedua dan pada posisi ketiga terdapat alternatif ketiga, di mana parameter metode pengujian cara pertama dan cara kedua adalah sama. Namun hal tersebut juga perlu adanya pengkajian ulang karena berdasarkan data di lapangan untuk pengerjaan dengan metode pertama memerlukan waktu yang relatif lebih lambat 28% atau selisih rata-rata 17,3 menit. Senada dengan kajian sebelumnya untuk material komposit, menunjukkan siklus proses keefektifan dari suatu kegiatan uji *bending*, dan alternatif pekerjaan dengan menentukan bobot dan matriks evaluasi [5,13,14].

4. Kesimpulan

Metode pengujian hasil pengelasan dengan menggunakan hidrolik *press* dapat mengetahui kualitas hasil pengelasan. Pendekatan metode alternatif menuangkan beberapa kemungkinan dengan parameter yang rasional dan sesuai dengan alur kerja alat. Berdasarkan kajian tersebut, maka kriteria metode kerja pengujian hasil pengelasan pada pipa dengan alat hidrolik *press* pada Laboratorium Pendidikan dan Penelitian Konstruksi Perkapalan, Departemen Teknologi Industri, Sekolah

Vokasi, Universitas Diponegoro, Semarang, terdiri dari beberapa fungsi yaitu mutu, biaya, waktu, dan kemudahan dalam penggunaan. Pengujian hasil pengelasan pipa ini menunjukkan hasil yang sesuai dengan kriteria lebih cepat dan efektif dengan alternatif metode yaitu dengan urutan persiapan WPS pengelasan, menyiapkan spesimen sesuai ASTM D790, pengukuran spesimen, *setting* alat hidrolik *press*, proses uji, *record* data. Meskipun demikian, pemilihan parameter fungsi yang digunakan, disesuaikan dengan kegunaan alat kerja yang tersedia di laboratorium, sehingga dapat menjadi *input* untuk kajian selanjutnya, adanya parameter fungsi yang lain atau dengan proses dan elektroda yang berbeda serta standar yang berbeda. Alat praktik antar kategori memiliki tingkat analisis kegunaan dan operasional yang berbeda dan akan lebih mengoptimalkan fungsi penggunaan ketika tercatat dalam sebuah SOP (*Standart Operating Procedur*) penggunaan alat.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pihak yang telah memberi dukungan dalam pengujian, baik berupa sarana maupun dana terhadap kajian yang telah dilakukan.

Daftar Pustaka

- [1] Nata OD. Analisis Kekuatan Uji Bending Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (Smaw) Material Ss400 Menggunakan Kawat Las E6013 Berbagai Variasi Arus Listrik. *J Tek dan Sains Fak Tek Univ Teknol Sumbawa*. 2021;2(1):12–5.
- [2] Sayed AR, Kumar D, Shahare GM, Nawkhare NN, Bhanarkar RY, Dhande DR, et al. Mechanical and microstructural testing of C-45 material welded by using SMAW and GMAW process. *Mater Today Proc* [Internet]. 2021;38:223–8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320351142>
- [3] Ghanbari HR, Shariati M, Sanati E, Masoudi Nejad R. Effects of spot welded parameters on fatigue behavior of ferrite-martensite dual-phase steel and hybrid joints. *Eng Fail Anal* [Internet]. 2022;134:106079. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135063072200053X>
- [4] Chen T, Jiang Q, Xue J, Harvey CM, Zhang X, Silberschmidt V V, et al. Dynamic three-point bending tests under high loading rates. *Thin-Walled Struct* [Internet]. 2023;188:110836. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263823123003142>
- [5] Yuni NKSE. Pemilihan Alternatif Metode Kerja dengan Menentukan Urutan Prioritas Kriteria Fungsi pada Pekerjaan Struktur. *J Tek Media Pengemb Ilmu dan Apl Tek Unjani*. 2019;18(2):81–9.
- [6] Yan R, Yu Z, Wang S, Liu J. Influence of welding residual stress on bending resistance of hollow spherical joints. *J Constr Steel Res* [Internet]. 2023;208:108004. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143974X23002316>
- [7] Shen H-X, Xu K-K, Yang Z-Q, Nie Z-J. Testing and design on local-biaxial flexural interactive buckling behavior of high strength steel welded box beam-columns subjected to biaxial bending. *J Constr Steel Res* [Internet]. 2023;206:107932. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143974X23001591>
- [8] Shen H-X, Xu K-K, Nie Z-J. Testing of high strength steel welded thin-walled RHS subjected to combined compression and bending. *Thin-Walled Struct* [Internet]. 2022;179:109661. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026382312200427X>
- [9] Al-Abtah FG, Mahdi E, Gowid S. The use of composite to eliminate the effect of welding on the bending behavior of metallic pipes. *Compos Struct* [Internet]. 2020;235:111793. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263822319345982>
- [10] Sarvanis GC, Chatzopoulou G, Fappas D, Karamanos SA, Keil BD, Lucier G, et al. Bending response of lap welded steel pipeline joints. *Thin-Walled Struct* [Internet]. 2020;157:107065. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263823120309393>
- [11] Caisso C, Dagorn N, Albouy W, Arrigoni M, Thévenet D. Experimental and numerical investigations of a soft projectile impact three-point bending (SPITPB) test for adhesion assessment under dynamic loading. *Eur J Mech - A/Solids* [Internet]. 2023;101:105060. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0997753823001523>
- [12] Guo H, Wang L, Yin J, Yao C, Zhang C, Luo J. Finite element simulation prediction of repeated bending failure zone of roll-welded bellows based on an equivalent welding model. *Eng Fail Anal* [Internet]. 2023;151:107371. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350630723003254>
- [13] Bolzoni L, Raynova S, Yang F. An alternative method to manufacture Ti alloys from particulate materials. *Powder Technol* [Internet]. 2021;380:341–8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032591020310664>

- [14] Zulfiqar S, Saad AA, Sharif MFM, Samsudin Z, Ali MYT, Ani FC, et al. Alternative manufacturing process of 3-dimensional interconnect device using thermoforming process. *Microelectron Reliab* [Internet]. 2021;127:114373. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026271421003395>