

Studi Hasil Pengelasan Mahasiswa Semester 6 Konsentrasi Teknik Produksi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan Untuk Posisi Pengelasan Pipa Pa Dan HLO45

Melvin Bismark H. Sitorus, Piktora Tarigan, Udur 1 Januari Hutabarat

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Kampus USU, Medan

E-mail: bsm4rk@gmail.com

Abstrak--Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan tingkat kesiapan mahasiswa dalam mengikuti sertifikasi profesi pada bidang pengelasan SMAW untuk kriteria pengelasan pipa pada posisi PA dan HLO45 dimana sampel yang diamati berasal dari hasil pengelasan 8 mahasiswa semester 6 Program Studi Teknik Mesin konsentrasi Teknik Produksi dan dari hasil penelitian ini didapat persentase mahasiswa yang kompeten pada posisi pengelasan tersebut dengan standar pengelasan TWI, dalam bentuk visual test, dan bending test. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa pada posisi pengelasan PA hanya 25% yang diterima sedangkan pada posisi pengelasan HLO45 yang sebenarnya lebih sulit secara teori 75% diterima.

Kata kunci: Kata kunci: Studi Pengelasan, TWI, HLO 45, PA

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Program studi teknik mesin terdiri atas dua konsentrasi keahlian, konsentrasi Teknik Produksi dan konsentrasi teknik perawatan dan perbaikan. Lulusan Program studi Teknik Mesin Konsentrasi teknik Produksi merupakan tenaga pengelola tingkat menengah profesional yang menguasai dan mampu menerapkan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang proses produksi. Salah satu kompetensi dalam konsentrasi ini adalah di bidang pengelasan. Keputusan menteri tenaga kerja dan transmigrasi Republik Indonesia Nomor: KEP. 342/MEN/X/2007 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Sektor Industri Pengolahan Sub Sektor Industri Barang Dari Logam Bidang Jasa Industri Pengelasan Sub Bidang Pengelasan SMAW menetapkan kualifikasi juru las dalam 3 jenjang, yaitu juru las SMAW 1, Juru Las SMAW 2 dan Juru Las SMAW 3 (BNSP 2007). Untuk lulusan D3 Politeknik, berdasarkan KKNI setidaknya sudah ada dalam jenjang juru las SMAW 3.

Berdasarkan posisi pengelasan, Juru las SMAW 2 sudah dapat mengelas pipa posisi sumbu mendatar dapat diputar (PA) dan posisi sumbu tegak dapat diputar. Sedangkan untuk juru las SMAW 3 sudah dapat mengelas pipa posisi sumbu mendatar tidak dapat diputar (PG atau PF) dan sumbu miring (HLO45 atau JLO45).

Mengacu kepada SKKNI pengelasan tersebut, peneliti mencoba mengukur tingkat kompetensi pengelasan mahasiswa Program Studi Teknik Mesin semester 6 konsentrasi teknik produksi, minimal pada KKNI 2 untuk bidang pengelasan. Indikatornya adalah hasil pengelasan tumpul pipa untuk posisi pengelasan PA dan HLO45 yang kemudian diinspeksi secara

visual dan pengujian merusak (destructive test) dengan melakukan uji bending mengacu kepada standar BS EN ISO.

Luaran dari penelitian ini nantinya diharapkan dapat menjadi alat evaluasi dalam mengembangkan/ merevisi kurikulum di Program Studi Teknik Mesin kedepannya khususnya pada pembentukan RPS pada mata kuliah Praktek Kerja mesin perkakas dan las yang ada di semester 2 dan 3 serta praktek kerja las yang ada di semester 5. Selain itu hasil penelitian ini dapat juga menjadi perangkat untuk memprediksi tingkat kelulusan mahasiswa pada uji kompetensi pengelasan yang akan diadakan di LSP P1 Polmed untuk Skema Pengelasan SMAW 2 Pengelasan SMAW 3.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu muatan pada kurikulum Program Studi Teknik Mesin, Konsentrasi Teknik Produksi (kurikulum terlampir) sudah sepantasnya mahasiswa pada prodi tersebut kompeten, minimal pada pengelasan SMAW 2 atau SMAW 3 mengingat praktek pengelasan sudah diberikan dalam 3 semester.

Masalah pada penelitian ini adalah bagaimana perbandingan hasil pengelasan mahasiswa program studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan, konsentrasi teknik produksi tahun ajaran 2017/2018 dengan standar yang berlaku secara Internasional dalam hal ini adalah standar BS EN ISO dalam bentuk Visual test (BS EN ISO 7637:2011) dan Destructive Test berupa Bending Test (BS EN ISO 4136)

1.3 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi untuk las temu (butt joint) berupa profil pipa dengan menggunakan mesin

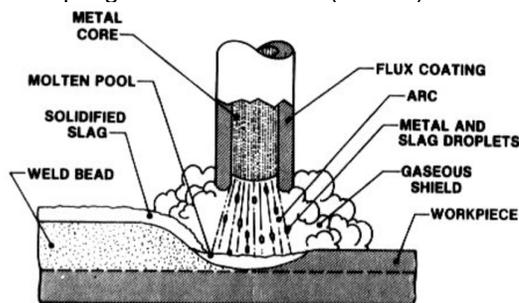
las jenis SMAW. Sampel diambil 4 buah untuk posisi PA, 4 buah untuk posisi HLO45 dari 4 orang mahasiswa. Metode penelitian ini berupa hasil pengamatan dari Visual Test dan Destructive Test berupa Bending Test. Posisi pengelasan dibatasi untuk pengelasan pipa sumbu mendatar dapat diputar (PA) dan pengelasan pipa sumbu miring (HLO45).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengelasan adalah suatu teknologi penting pada industri produksi dan proses manufaktur modern dan telah diterapkan secara luas dalam bidang industri kendaraan, perminyakan, perkapalan, dan industri lainnya (Zhan, Ou et al. 2016). *Submerged arc welding* (SMAW) adalah proses las busur manual yang menggunakan elektroda yang terbungkus dalam flux. Arus listrik, baik AC maupun DC membentuk busur listrik antara elektroda dan logam yang akan disambung. Saat pengelasan, lapisan flux terlepas dan menghasilkan gas pelindung dan lapisan terak yang berguna untuk melindungi hasil lasan dari kontaminasi sampai benar-benar dingin. Karena peralatannya yang sederhana dan proses yang serbaguna, SMAW lazim digunakan dalam proses pengelasan.

SMAW yang juga dikenal sebagai las busur adalah salah satu proses pengelasan dengan metode fusi dalam menggabungkan dua buah logam dengan jalan mencairkan kedua ujungnya dengan busur listrik antara dua konduktor, elektroda dan benda kerja. Setelah busur listrik menyala, jarak antara elektroda dan benda yang dilas diatur sedemikian sehingga mendekati 3 mm (Gowthaman, Muthukumar et al. 2016).

Pada kurikulum Program Studi Teknik Mesin, Konsentrasi Teknik Produksi, praktek pengelasan SMAW diberikan pada semester 2, 3 dan 5, namun belum pernah dilakukan pengukuran terhadap sejauh mana kompetensi pengelasan SMAW yang dimiliki mahasiswa. Pada penelitian terdahulu telah dilakukan inspeksi NDT terhadap hasil pengelasan mahasiswa untuk pengelasan SMAW dengan metode ultrasonic dan penetrant test dan didapat 75% mahasiswa kompeten untuk posisi pengelasan PB dan PC (Sitorus).



Gambar 1. Prinsip pengelasan SMAW (Gowthaman, Muthukumar et al. 2016)

2.1 Tahapan Pengelasan

Ada tiga tahapan berurutan yang harus dilakukan untuk menghasilkan pengelasan yaitu perencanaan (disain), pengelasan (produksi) dan pemeriksaan (inspeksi). Pada tahap perencanaan seorang perencana (*welding engineer*) harus mengetahui kekuatan las yang dibutuhkan, peralatan las yang dibutuhkan, prinsip kerja mesin las termasuk kekurangan dan kelebihan, pemilihan tipe las yang cocok, pengetahuan mampu las bahan dan gambar kerja las berdasarkan standard tertentu. Seorang *welding engineer* harus mempersiapkan *Welding Procedure Standard (WPS)*.

Pada tahap kedua seorang *welder* harus memiliki latar belakang pengetahuan mengenai proses pengelasan, mengetahui mampu las berbagai material, mengetahui cara mencegah terbentuknya cacat las, melakukan perhitungan biaya sehingga dapat memilih proses las dengan biaya produksi yang terendah untuk tingkat kualitas tertentu. Seorang *welder* harus mempedomani WPS dalam melaksanakan pengelasan.

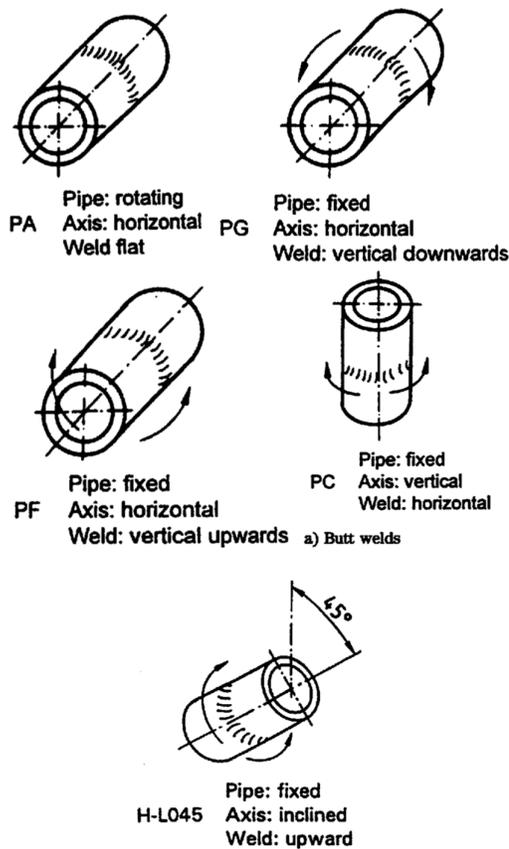
Pada tahap ketiga, *welding inspector* harus mengetahui metoda inspeksi yang tersedia, menguasai prinsip kerja dari berbagai jenis proses las, mengetahui mampu las berbagai material sehingga dapat mengklasifikasikan dan mengidentifikasi penyebab terjadinya cacat las, mengetahui berbagai standar dan peraturan. *Welding Inspection* adalah kegiatan pemeriksaan dalam rangka pengendalian dan penetapan mutu sambungan las sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Seorang *welding inspector* harus mampu berindak sehingga pekerjaan pengelasan, baik pada tahap perencanaan maupun tahap pelaksanaan, dapat dilakukan sesuai dengan prosedur pengelasan yang baku yang dengan demikian dapat dicapai mutu pengelasan yang dapat dipertanggungjawabkan.

2.2. Posisi Pengelasan Pipa

Berdasarkan standar pengelasan BS EN ISO, beberapa posisi pengelasan pipa untuk sambungan tumpul (*butt joint*) adalah sebagai berikut:

- posisi sumbu horizontal dapat diputar (PA).
- posisi sumbu horizontal tidak dapat diputar pengelasan vertical turun (PG).
- posisi sumbu horizontal tidak dapat diputar pengelasan vertical naik (PF).
- posisi sumbu vertikal tidak dapat diputar (PC).
- posisi sumbu miring 45° pengelasan dari bawah ke atas (HLO45)

Untuk lebih jelasnya mengenai posisi pengelasan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Posisi pengelasan pipa sambungan tumpul (butt weld) (BSI 1997)

2.3 Cacat Las

Banyak parameter terjadinya cacat pada hasil pengelasan termasuk jenis bahan yang dilas, elektroda, lingkungan dimana pengelasan dilakukan, mesin las, dll. Cacat las secara aktual sering kali terjadi dalam penyambungan las, diantaranya adalah: *crack* (retak) yaitu cacat las yang disebabkan oleh guncangan pada waktu proses pengelasan sehingga terjadi retak pada daerah las-lasan. *Crater* yaitu cacat las yang disebabkan karena mengkerutnya metal las pada akhir perjalanan proses pengelasan (akibat panas las berkurang). *Porosity* yaitu cacat las yang disebabkan oleh udara atau gas yang terkandung oleh las, sehingga dalam las terjadi rongga-rongga besar ataupun kecil. *Slag* yaitu cacat las yang disebabkan karena tertinggalnya slag atau metal lain dalam las. *Incomplete penetration* yaitu cacat las yang disebabkan karena ketidaksempurnaan pengisian las pada kaki las. *Undercut* yaitu cacat las yang disebabkan karena termakannya metal induk pada waktu proses pengelasan sehingga menjadi lekukan pada kaki pinggir metal (Hartono and Pujo 2008).

Beberapa cacat las adalah distorsi pada pengelasan (*misalignment*) merupakan cacat las yang terjadi akibat kontraksi logam las selama pengelasan yang mendorong/menarik benda

kerja untuk bergerak. *Spatter* merupakan bintik-bintik kecil logam las akibat cairan elektroda yang diteteskan berupa semprotan (*spray*). *Lack of Penetration* atau kurangnya penetrasi adalah cacat las karena logam las gagal mencapai *root* (akar) dari sambungan dan gagal menyambungkan permukaan *root* secara menyeluruh. *Lack of Fusion* atau kurang menyatu adalah cacat las karena logam las dan benda kerja gagal menyatu. Cacat jenis ini bisa terjadi akibat benda kerja yang kurang panas atau permukaan benda kerja yang kurang bersih.

3. METODE PELAKSANAAN

3.1 Tahapan-Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan dalam 4 tahapan yaitu:

- 1) Persiapan test piece pengelasan
- 2) Pelaksanaan pengelasan
- 3) Inspeksi hasil pengelasan dengan metode visual test dan destructive test dengan pengujian bending test
- 4) Menyimpulkan hasil inspeksi secara statistik sederhana

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Politeknik Negeri Medan, tepatnya di bengkel las ATB lantai 1 untuk pelaksanaan pengelasan dan inspeksi hasil pengelasan dilaksanakan di ATB lantai 2. Untuk proses pemotongan pipa dilaksanakan di Workshop Teknik Mesin dimana peralatan potong gas berada.

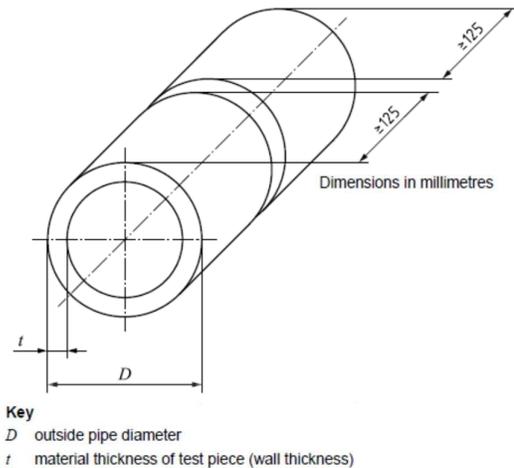
3.3 Parameter Pengukuran dan Pengamatan

Parameter yang diamati adalah ada tidaknya cacat pada test piece hasil pengelasan yang diuji tekuk tersebut. Apabila ada cacat berupa retak di logam lasan, mengacu ke standar BS EN ISO, maka ditentukan apakah hasil pengelasan diterima (accepted) atau ditolak (rejected).

3.4 Model Penelitian

Model penelitian ini adalah eksperimen terhadap hasil pengelasan mahasiswa semester 6 Program Studi Teknik Mesin, konsentrasi teknik Produksi untuk posisi pengelasan pipa PA dan HLO45 berupa visual test dan bending test, untuk mendapat gambaran tingkat kesesuaian hasil pengelasan mahasiswa tersebut dengan standar profesi bidang pengelasan tingkat internasional, dimana mereka diminta melakukan pengelasan langsung dan hasilnya diinspeksi dengan metode *Visual Test* dan *Destructive Test* berupa *Bending Test*. Adapun test piece yang akan dikerjakan oleh 4 mahasiswa program studi teknik mesin

konsentrasi teknik produksi yang dipilih secara acak dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Test piece untuk butt weld (ISO 2012)

3.5 Rancangan Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan dalam 4 tahapan yaitu:

- 1) Persiapan test piece pengelasan
- 2) Pelaksanaan pengelasan
- 3) Inspeksi hasil pengelasan dengan metode destructive test berupa Bending Test
- 4) Menyimpulkan hasil inspeksi secara statistik sederhana

Test piece untuk butt joint dengan ukuran panjang 125 mm, diameter pipa 6 in (152.4 mm) dan tebal 12 mm. Penyiapan test piece dilakukan di workshop teknik mesin dengan menggunakan mesin bubut. Untuk pelaksanaan pengelasan dilakukan di ATB. Untuk pengujian visual dan tekuk (bending test) dilakukan di Laboratorium Mesin.

3.6 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Penelitian dilaksanakan dengan metode kuantitatif dengan jalan menghitung persentase hasil pengelasan yang memenuhi standar baik dengan inspeksi visual maupun destructive test. Untuk pengujian bending, spesimen yang diambil dari mahasiswa sebanyak 2 sampel, yaitu untuk face bend test specimen dan root bend test specimen.

Kriteria kompeten apabila hasil inspeksi terhadap hasil pengelasan mahasiswa yang bersangkutan menunjukkan jumlah cacat yang timbul dibawah standar yang ditetapkan untuk kedua test piece. Apabila hanya pada salah satu test piece saja mahasiswa yang tersebut lulus, tetap dinyatakan belum kompeten.

4. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

4.1 Hasil Penelitian

Spesimen hasil lasan dari mahasiswa yang dijadikan sampling dapat dilihat pada gambar 4 (a) dan 4 (b).



(a) Spesimen untuk posisi pengelasan PA (1G)



(b) Spesimen untuk posisi pengelasan HLO45 (6G)

Gambar 4. Spesimen Hasil Pengelasan Mahasiswa

Spesimen tersebut selanjutnya diamati secara visual dimana data pengujian visual dibuat dalam table kuantifikasi hasil pengamatan visual seperti pada tabel 1 untuk masing-masing mahasiswa. Sedangkan hasil pengamatan visual mahasiswa berikut scoring hasil pengelasannya ditunjukkan pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 1. kuantifikasi hasil pengamatan visual

No	ASPEK PENILAIAN	EXERCISE MEASUREMENT	SCORE
1	Arch strike	1 arch strike = 1 cacat	
2	Keteraturan rigi-rigi las	Sangat baik = 10; baik = 8; cukup = 6; buruk = 4; sangat buruk = 2	
3	Spatter	Tidak ada = 10; sedikit = 6, banyak = 2	
4	Stop/restart pada capping layer	Mulus = 10; 1 cacat = 8; 2 cacat = 6; 3 cacat = 4; >3 cacat = 2	
5	Stop/restart pada root pass	Mulus = 10; 1 cacat = 8; 2 cacat = 6; 3 cacat = 4; >3 cacat = 2	

6	Permukaan lasan bebas dari porositas sampai pada toleransi tertentu	Lubang = 1 cacat	
7	Permukaan lasan bebas dari visual inclusion sampai pada toleransi tertentu	1 inclusion = 1 cacat	
8	Tidak ada undercut sampai pada toleransi tertentu (kedalaman maks 0.5)	10mmL = 1 cacat	
9	Sambungan tidak ada lack of penetration dan lack of root fusion sampai pada toleransi tertentu	10mmL = 1 cacat	
10	Exesive weld (tinggi lasan lebih dari 3 mm)	s.d 3 mm = 10; 3.1-4mm mm = 8; 4.1-5mm = 6; 5.1-6 = 4; >6 mm = 2	
11	Exesive root penetration (lebih dari 2 mm)	s.d 2 mm = 10; 2.1-3 mm = 8; 3.1-4mm = 6; 4.1-5mm =4; >5mm = 2	
12	Exesive root concavity sampai pada toleransi tertentu (kedalaman maks 0.5)	10mmL = 1 cacat	
13	Angular distorsion pada sambungan las (< 5°)	< 5° = 10; 5°-10° = 6; >10° = 2	
14	Parallel misalignment pada	s.d 1 mm = 10; 2 mm = 8; 3mm = 6; 4mm =4; >4 mm = 2	

sambungan las (<1mm)		
SUB TOTAL		
Keterangan: Tidak ada cacat = 10; satu cacat = 8; dua cacat = 6; Tiga cacat = 4; > 4 cacat = 2		

Tabel 2. Data hasil inspeksi visual pipa posisi HLO45

No	Asesi	Score	Hasil Inspeksi visual		Penyebab Reject
			Accept	Reject	
1	Mhs 1	65.71		V	Undercut, exces weld
2	Mhs 2	84.28	V		
3	Mhs 3	71.43		V	Undercut, exces weld, porosity
4	Mhs 4	72.86		V	Undercut, porosity

Tabel 3. Data hasil inspeksi visual pipa posisi HLO45

No	Asesi	Score	Hasil Inspeksi visual		Penyebab Reject
			Accept	Reject	
1	Mhs 1	85.71	V		
2	Mhs 2	84.28	V		
3	Mhs 3	74.28		V	Undercut, porosity
4	Mhs 4	84.28	V		

Selanjutnya dilakukan uji bending hasil pengelasan pipa posisi PA untuk root weld dan face weld yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 4 dan 5. Hasil pengelasan pipa posisi HLO45 untuk root weld dan face weld dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 4. Hasil uji bending untuk pengelasan pipa posisi PA Root Weld

No	Kode	Lebar, b [mm]	Tebal, t [mm]	Fu [N]	L [mm]	Momen [Nmm]	Tegangan	Sudut
							Lengkung [N/mm ²]	Lengkung 90°
1	PA01	32.09	11.34	17,000	160	680,000	988.70	Tidak retak
2	PA02	29.86	10.92	15,800	160	632,000	1,064.96	Tidak retak
3	PA03	33.23	11.14	12,000	200	600,000	872.97	Tidak retak
4	PA04	41.52	10.91	18,200	170	773,500	939.08	Tidak retak

Tabel 5. Hasil uji bending untuk pengelasan pipa posisi PA Face Weld

No	Kode	Lebar, b [mm]	Tebal, t [mm]	Fu [N]	L [mm]	Momen [Nmm]	Tegangan	Sudut
							Lengkung [N/mm ²]	Lengkung 90°
1	PA01	34.12	10.96	17,400	160	696,000	1,018.90	Tidak retak
2	PA02	30.58	11.61	15,600	160	624,000	908.31	Tidak retak
3	PA03	33.6	11.12	12,100	200	605,000	873.69	Tidak retak
4	PA04	38.16	10.79	16,400	170	697,000	941.31	Tidak retak

Tabel 6. Hasil uji bending untuk pengelasan pipa posisi HLO45 root weld

No	Kode	Lebar, b [mm]	Tebal, t [mm]	Fu [N]	L [mm]	Momen [Nmm]	Tegangan	Sudut
							Lengkung [N/mm ²]	Lengkung 90°
1	HLO451	33.24	10.96	18,000	160	720,000	1,081.94	Tidak retak
2	HLO452	35.51	10.5	13,800	210	724,500	1,110.35	Tidak retak
3	HLO453	36.78	10.53	12,100	200	605,000	890.10	Tidak retak
4	HLO454	29.86	10.92	15,800	160	632,000	1,064.96	Tidak retak

Tabel 7. Hasil uji bending untuk pengelasan pipa posisi HLO45 face weld

No	Kode	Lebar b, [mm]	Tebal t, [mm]	Fu [N]	L [mm]	Momen [Nmm]	Tegangan	Sudut
							Lengkung [N/mm ²]	Lengkung 90°
1	HLO451	33.15	11.08	16,800	160	672,000	990.73	Tidak retak
2	HLO452	36.38	10.52	13,400	210	703,500	1,048.39	Tidak retak
3	HLO453	30.86	11.62	12,100	200	605,000	871.16	Tidak retak
4	HLO454	30.58	11.61	15,600	160	624,000	908.31	Tidak retak

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh hasil pengelasan mahasiswa yang mendapatkan kriteria acceptance berdasarkan hasil pengujian visual untuk posisi pengelasan PA adalah sebesar 25%. Penyebab ditolaknya hasil pengelasan disebabkan utamanya oleh karena undercut dan porositas. Selain itu excess weld juga menjadi salah satu penyebab ditolaknya hasil pengelasan untuk posisi pengelasan ini. Berdasarkan berdasarkan hasil pengujian bending pada tabel 4 dan 5 diperoleh hasil pengelasan mahasiswa yang mendapatkan kriteria acceptance untuk posisi pengelasan PA adalah sebesar 100% dimana semua specimen tidak retak saat di tekuk 90°.

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh hasil pengelasan mahasiswa yang mendapatkan kriteria acceptance berdasarkan hasil pengujian visual untuk posisi pengelasan HLO45 adalah sebesar 75%. Penyebab ditolaknya hasil pengelasan disebabkan utamanya oleh karena undercut dan porositas. Selain itu excess weld juga menjadi salah satu penyebab ditolaknya hasil pengelasan untuk posisi pengelasan ini. Berdasarkan berdasarkan hasil pengujian bending pada tabel 6 dan 7 diperoleh hasil pengelasan mahasiswa yang mendapatkan kriteria acceptance untuk posisi pengelasan HLO 45 adalah sebesar dimana semua specimen tidak retak saat di tekuk 90°.

Berdasarkan hasil di atas maka untuk pengelasan SMAW dengan posisi pengelasan PA, angka kelulusan mahasiswa adalah sebesar 25%, sedangkan untuk pengelasan SMAW dengan posisi pengelasan PA, angka kelulusan mahasiswa adalah sebesar 75%.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini:

1. Persentasi mahasiswa semester 6 sebagai objek penelitian yang hasil pengelasannya

dapat diterima untuk pengelasan pipa posisi PA adalah sebesar 25%.

2. Persentasi mahasiswa semester 6 sebagai objek penelitian yang hasil pengelasannya dapat diterima untuk pengelasan pipa posisi HLO45 adalah sebesar 75%.
3. Hasil pengelasan yang ditolak (reject) adalah disebabkan karena kurangnya pengaturan arus dan posisi pengelasan itu sendiri dimana kondisi pipa yang dapat diputar pada pengelasan posisi PA memiliki kecenderungan terjadinya penumpukan cairan las di sisi cappingnya sehingga terjadi undercut, excess weld dan porosity.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. BNSP (2007). SKKNI Pengelasan SMAW, Kementerian Tenaga Kerja.
- [2]. BSI (1997). British Standard BS EN 287-2: 1992. Approval Testing of Welders for fusion Welding.
- [3]. Gowthaman, P., et al. (2016). "Review on Mechanical Characteristics of 304 Stainless Steel using SMAW Welding."
- [4]. Hartono, Y. and M. I. Pujo (2008). "Pengaruh Penggunaan Gas Pelindung Argon Grade A dan Grade C Terhadap Kekuatan Tarik Lasan Sambungan Butt Pada Material Kapal Aluminium 5083." Universitas Diponegoro.
- [5]. ISO (2012). INTERNATIONAL STANDARD ISO 9606-1. Qualification testing of welders — Fusion welding, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.
- [6]. Sitorus, M. B. H. "Inspeksi Ndt Hasil Pengelasan Gmaw Tingkat 1 Mahasiswa Semester 6 Prodi Teknik Mesin Konsentrasi Teknik Produksi Polmed." Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana 6(3): 182-186.
- [7]. Zhan, X., et al. (2016). "The feasibility of intelligent welding procedure qualification system for Q345R SMAW." The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 83(5-8): 765-777