

ANALISIS CACAT LAS dan KEKUATAN *BENDING* pada MATERIAL BAJA ASTM A36 ELEKTRODA E7018

Fredderik Yodianto¹, Abiyani Choirul Huda¹, Anggoronadhi Dianiswara³

¹Program Studi Teknik Kelautan, Jurusan Sains Teknologi Pangan dan Kemaritiman
Jl. PDAM, Balikpapan Kalimantan Timur, Indonesia 76127
Email: fredderik.yodianto11@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kuat arus dan jenis kampuh pada pengelasan SMAW terhadap cacat hasil lasan dan kekuatan Bending pengelasan sambungan butt joint baja ASTM A36. Penelitian ini sampel yang digunakan adalah baja ASTM A36 dengan pengelasan variasi kuat arus yaitu 90 A, 110 A, dan 130 A serta variasi bentuk kampuh V dan Single V dengan pengelasan SMAW menggunakan elektroda E7018. Spesimen dilakukan pengujian NDT berupa Visual Test, Penetrant Test, dan Magnetic Test, dan pengujian DT berupa Bending Test. Pada pengujian NDT didapatkan cacat pada spesimen arus 90 A berupa cacat Spatter dan Arc Strike. Pada arus 110 A berupa cacat Spatter, Undercut, dan Porosity. Pada arus 130 A berupa cacat Spatter, Undercut, dan Overlap. Hasil pengujian DT kekuatan Bending tertinggi ada pada kampuh SV dan V dengan arus 90 A dan nilai terendah ada pada kampuh V arus 110 A sebesar 1069,44 Mpa. Setelah dilakukan pengujian NDT variasi arus memiliki pengaruh terhadap hasil lasan namun tidak dapat dipastikan pengaruh pada jenis kampuh, sedangkan pada pengujian DT variasi arus dan jenis kampuh berpengaruh terhadap kekuatan Bending.

Kata Kunci: SMAW, Baja ASTM A36, Jenis kampuh, Arus las, Pengujian NDT & DT

Abstract

This research aims to determine the influence of current strength variations and electrode types in SMAW welding on weld defects and the bending strength of butt joint welds in ASTM A36 steel. The study utilized ASTM A36 steel samples with current strength variations of 90 A, 110 A, and 130 A, as well as variations in electrode types, including V-shape and Single V, using SMAW welding with E7018 electrodes. The specimens underwent non-destructive testing (NDT) through Visual Tests, Penetrant Tests, and Magnetic Tests, as well as destructive testing (DT) through Bending Tests. During NDT, defects were observed in the 90 A current specimens, such as Spatter and Arc Strike. The 110 A current specimens exhibited defects like Spatter, Undercut, and Porosity. The 130 A current specimens displayed defects such as Spatter, Undercut, and Overlap. In the DT, the highest bending strength was observed in the SV and V-shaped electrodes with a 90 A current, while the lowest was recorded in the V-shaped electrode with a 110 A current, measuring 1069.44 MPa. After conducting NDT testing, it was evident that current variations had an impact on weld quality, but the influence of electrode types was inconclusive. Meanwhile, during DT testing, both current variations and electrode types influenced bending strength.

Keywords: SMAW, ASTM A36 Steel, Electrode Type, Welding Current, NDT & DT Testing.

1. PENDAHULUAN

Dalam bidang konstruksi dan fabrikasi untuk membangun sarana dan prasarana. Kebutuhan konstruksi di Indonesia semakin meningkat terutama pada penggunaan baja. Pemakaian baja pada saat ini sudah banyak digunakan dikarenakan mempunyai kekuatan dan ketebalan yang baik. Sehingga pada penggunaannya dibutuhkan suatu metode penyambungan dengan proses pengelasan.

Salah satu metode yang sering digunakan pada proses pengelasan adalah SMAW (*Shield Metal Arc Welding*). Metode Pengelasan SMAW adalah sebuah penyatuan logam dengan bantuan panas untuk melelehkan benda kerja dan elektroda.

Parameter penting yang berpengaruh pada proses pengelasan adalah besar arus yang digunakan. Hal ini juga akan berpengaruh terhadap sifat mekanik dari material yang digunakan. Sifat mekanik tersebut meliputi kekuatan, ketangguhan, kekerasan, kekakuan, dan keuletan. Perubahan sifat material biasanya akan terlihat apabila dilakukan sebuah pengujian.

Pengujian setelah proses pengelasan dibagi menjadi dua, yaitu NDT (*Non Destructive Test*) dan DT (*Destructive Test*). NDT bertujuan untuk mengetahui hasil pengelasan tanpa merusak material sedangkan DT merupakan pengujian untuk mengetahui kekuatan sambungan las pada specimen uji.

Pengujian Bending yang dilakukan menggunakan proses pengelasan SMAW mengalami cacat open crack dan longitudinal crack [10]. Pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan Bending dengan kampuh double V [1]. Pada penelitian tersebut mendapatkan hasil bahwa semakin besar penggunaan kuat arus pada variasi kampuh double V tegangan Bending yang dihasilkan semakin menurun.

Penelitian yang membahas terkait pengujian NDT setelah proses pengelasan [12]. Penelitian tersebut melakukan variasi arus pengelasan dan menggunakan pengujian NDT dengan metode Ultrasonic Test (UT). Hasilnya terdapat cacat las berupa slag, crack, incomplete fusion, dan incomplete penetrasi.

Pada penelitian yang sudah ada, belum terdapat penelitian yang mengkaji kedua pengujian setelah proses pengelasan yaitu NDT dan DT dengan variasi arus pengelasan serta jenis kampuh. Pengujian NDT yang dilakukan akan menggunakan metode visual test, penetran test dan magnetic test sedangkan untuk pengujian DT akan menggunakan metode bending test. Material yang digunakan untuk proses pengelasan adalah baja ASTM A36 dan elektroda E7018. Hal ini dilakukan untuk mengetahui jenis cacat dan kekuatan bending dari hasil pengelasan terhadap pengaruh variasi kuat arus dan jenis kampuh. Besarnya kuat arus yang digunakan dalam penyambungan ini memilih 90 Ampere, 110 Ampere, dan 130 Ampere. Dengan jenis kampuh V dan Single V.

2. METODE

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

2.1 Studi Literatur

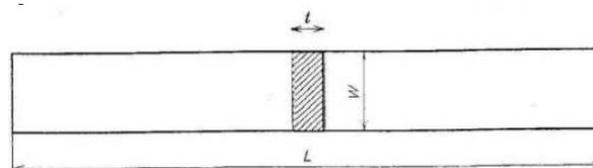
Pada tahap studi literatur penelitian mempelajari teori-teori yang berkaitan dengan cara-cara, pengujian NDT berupa visual test, penetrant test, magnetik test dan, bending serta

perhitungan heat input. Diambil dari jurnal, artikel, dan buku kemudian menerapkannya pada data hasil penelitian.

2.2 Pembuatan Spesimen Uji

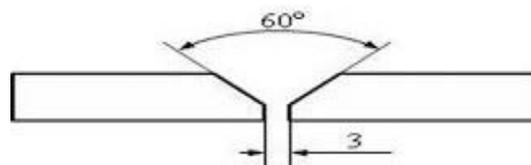
Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja ASTM A36 dengan ukuran sebagai berikut[5]:

1. Tipe benda uji : ASTM A36
2. Tebal benda uji : 9.80 mm
3. Lebar benda uji : 28.40 mm
4. Panjang benda uji : 190.1 mm
5. Desain Sambungan : *Butt Joint*
6. Jenis kampuh : *V Groove* dan *Single V Groove*

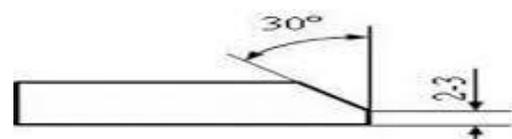


Gambar 1. Spesimen Uji Bending

Jenis kampuh yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kampuh V dengan sudut 60° dan kampuh Single V dengan sudut 30° dengan menggunakan jenis sambungan butt joint.



Gambar 2. Kampuh V Sudut Pengelasan 60°



Gambar 3. Kampuh Single V Sudut Pengelasan 30°

2.3 Proses Pengelasan

Selanjutnya masuk pada proses pengelasan, pengelasan ini menggunakan pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) dengan menggunakan jenis elektroda E7018. Berikut merupakan parameter persiapan pengelasan:

1. Proses Pengelasan : SMAW
2. Tipe Benda Uji : Baja ASTM A36
3. Jenis Elektroda : E7018
4. Ukuran Elektroda : 2,6 mm
5. Posisi Pengelasan : 1G (Datar)
6. Ampere : 90A, 110A, dan 130A
7. Voltase : 24V, 27V, dan 29V



Gambar 4. Proses Pengelasan

2.4 Pengujian NDT

Pengujian *NonDestructive Test* (NDT) adalah pengujian pada material tanpa merusak material tersebut baik sifat fisik maupun kimia dari material tersebut. Pada dasarnya, tes ini dilakukan untuk menjamin bahwa material yang kita gunakan masih aman dan belum melewati damage tolerance[7].

2.4.1 Uji Visual

Inspeksi Visual berarti inspeksi peralatan dan struktur menggunakan kombinasi indra manusia seperti pengelihatian, pendengaran, sentuhan dan penciuman. Inspeksi visual umum dilakukan sebelum melakukan pengujian lainnya. Pengujian Visual hasil sambungan las pada bagian permukaan material biasanya ditunjukkan adanya manik las[9].

Setelah dilakukan pengelasan maka untuk memastikan hasil dari pengelasan tersebut dapat diterima maka dilakukan inspeksi Visual [6]. Inspeksi Visual ini mengacu pada standar AWS D1.1

2.4.2 Uji Penetrant

Prinsip pada pengujian penetrant adalah kapilaritas, yaitu dengan membersihkan bagian permukaan hasil las menggunakan cleaner, kemudian disemprotkan cairan penetrant pada bagian kepermukaan spesimen hasil lasan dan biarkan hingga kering, selanjutnya permukaan yang sudah disemprot dibersihkan kembali menggunakan cleaner, dan langkah yang terakhir pada bagian permukaan disemprot menggunakan developer untuk melihat apakah pada bagian permukaan hasil las terdapat cacat las atau tidak. Tahap pengujian penetrant ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui cacat yang terjadi pada bagian permukaan material hasil lasan. Standar yang digunakan pada pengujian pentrant ini mengacu pada ASME Section V[4].



(a) (b) (c)

Gambar 5. (a) Red Penetrant, (b) Developer, dan (c) Cleaner

2.4.3 Uji Magnetik

Prinsip dasar pengujian *Magnetic* partikel yaitu pada benda uji tersebut dimagnetisasi dengan cara memberikan medan magnet. Dengan adanya perlakuan tersebut maka pada benda uji akan timbul medan magnet sebagai akibat dari adanya beda potensial (arus listrik mengalir dari tegangan tinggi ke tegangan rendah). Pada daerah tersebut ditaburkan serbuk ferromagnetic[13]. Selanjutnya serbuk ferroMagnetic tersebut akan mengikuti bagian yang cacat dari benda uji tersebut. Tahap pengujian Magnetic ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui cacat yang terjadi pada bagian permukaan material hasil lasan. Standar yang digunakan pada

pengujian pentrant ini mengacu pada ASME Section VIII Appendix 6[3,4].

2.5 Pengujian DT

Pengujian destructive Test atau pengujian dengan cara merusak material. Bertujuan untuk mengetahui ketahanan suatu material dengan cara merusaknya guna mengetahui apakah material tersebut kuat saat ditekan, ditarik, dan ditekuk. sehingga tercipta material yang berkualitas nantinya.

2.5.1 Uji Bending

Pada tahap ini dilakukan pengujian bending pada spesimen, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan mekanis dari material baja ASTM A36[5].

Pada proses uji Bending spesimen mengalami proses penekanan dan bagian bawah mengalami proses tarik sehingga spesimen mengalami patah bagian bawah karena tidak dapat menahan tegangan tarik. Proses pengujian menggunakan persamaan *3point bending*. Maka dirumuskan uji Bending sebagai berikut:

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2} \tag{1}$$

Keterangan:

σ_f = Kekuatan Bending (Mpa)

P = Beban / Gaya (kN)

L = Jarak Point/ Panjang span (mm)

b = Lebar Benda Uji (mm)

d = Ketebalan Benda Uji (mm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian mengenai analisis cacat las dan kekuatan Bending menggunakan material baja ASTM A36 elektroda E7018 dengan variasi arus pengelasan yaitu 90A, 110A dan 130 A dan jenis kampuh V dan *Single V*, untuk memperoleh data jenis cacat dan kekuatan bending. Maka dilakukan beberapa pengujian yaitu pengujian NDT berupa Visual Test, Penetrant Test, dan Magnetic Test dengan pengujian DT yaitu berupa pengujian Bending Test.

3.1 Visual Test

Setelah dilakukan proses pengelasan, maka dilakukan pengamatan Visual pada hasil lasan kampuh V dan kampuh *Single V*. Inspeksi Visual ini mengacu pada standar AWS D.1.1. Hasil pengujian Visual dipaparkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Data *Visual Test* kampuh V

Parameter	Kode Spesimen	Indikasi	Ukuran	Keterangan		Kriteria (mm)	Keterangan
			(mm)	Accept	Reject		
Arus 90 A	A1	<i>Spatter</i>	-	√	-	1	Perbaikan
		<i>Arc Strike</i>	2,5	-	√		
		<i>Undercut</i>	-	√	-		
	A2	<i>Porosity</i>	-	√	-	1	Diterima
		<i>Spatter</i>	-	√	-		
		<i>Arc Strike</i>	-	√	-		
		<i>Undercut</i>	-	√	-		
		<i>Porosity</i>	-	√	-		
		A3	<i>Spatter</i>	-	√		
	<i>Arc Strike</i>		-	√	-		
	<i>Undercut</i>		-	√	-		

Parameter	Kode Spesimen	Indikasi	Ukuran	Keterangan		Kriteria (mm)	Keterangan
			(mm)	Accept	Reject		
Arus 110 A	B1	Porosity	-	√	-	1	Perbaikan
		Spatter	-	√	-		
		Arc Strike	-	√	-		
		Undercut	4	-	√		
	B2	Porosity	-	√	-		Diterima
		Spatter	-	√	-		
		Arc Strike	-	√	-		
		Undercut	-	√	-		
	B3	Porosity	-	√	-		Perbaikan
		Spatter	-	√	-		
		Arc Strike	-	√	-		
		Undercut	-	√	-		
Arus 130 A	C1	Porosity	1,5	-	√	1	Perbaikan
		Spatter	-	√	-		
		Arc Strike	-	√	-		
		Undercut	6 & 8	-	√		
	C2	Porosity	-	√	-		Diterima
		Spatter	-	√	-		
		Arc Strike	-	√	-		
		Undercut	-	√	-		
	C3	Porosity	-	√	-		Perbaikan
		Spatter	-	√	-		
		Arc Strike	-	√	-		
		Undercut	12	-	√		
		Porosity	-	√	-		

Pada tabel 3.1 hasil data visual test kampuh V kriteria keterimaan pada permukaan tidak boleh terdapat keretakan dan seluruh kampuh pengelasan harus terisi logam las. Berdasarkan standar AWS D.11 cacat tidak boleh melebihi 1/32in (1 mm) dan dinyatakan diterima. Pada tabel didapatkan ukuran cacat las dari hasil

pengukuran menggunakan jagka sorong. Ditemukan cacat yang melebihi standar kriteria keterimaan sehingga perlu dilakukan perbaikan terhadap spesimen lasan karena dapat berpengaruh terhadap masa pemakaian komponen.

Tabel 1. Hasil data *Visual Test* Kampuh *Single V*

Parameter	Kode Spesimen	Indikasi	Ukuran	Keterangan		Kriteria (mm)	Keterangan
			(mm)	Accept	Reject		
Arus 90 A	D1	Spatter	-	√	-	1	Diterima
		Pin Hole	-	√	-		
		Undercut	-	√	-		
		Porosity	-	√	-		

Parameter	Kode Spesimen	Indikasi	Ukuran	Keterangan		Kriteria	Keterangan
			(mm)	Accept	Reject	(mm)	
Arus 110 A	D2	Over Lap		√	-		Perbaikan
		Spatter	-	√	-		
		Pin Hole	1,5	-	√		
		Undercut	-	√	-		
		Porosity	-	√	-		
	D3	Over Lap		√	-		Diterima
		Spatter	-	√	-		
		Pin Hole	-	√	-		
		Undercut	-	√	-		
		Porosity	-	√	-		
	E1	Over Lap		√	-		Perbaikan
		Spatter	-	√	-		
		Pin Hole	-	√	-		
		Undercut	-	√	-		
		Porosity	2	-	√		
	E2	Over Lap		√	-		Diterima
		Spatter	-	√	-		
		Pin Hole	-	√	-		
		Undercut	-	√	-		
		Porosity		√	-		
E3	Over Lap		√	-		Perbaikan	
	Spatter	-	√	-			
	Pin Hole	-	√	-			
	Undercut	5	-	√			
	Porosity	-	√	-			
F1	Over Lap		√	-		Perbaikan	
	Spatter	-	√	-			
	Pin Hole	-	√	-			
	Undercut	4	-	√			
	Porosity	-	√	-			
F2	Over Lap		√	-		Perbaikan	
	Spatter	-	√	-			
	Pin Hole	-	√	-			
	Undercut	-	√	-			
	Porosity	-	√	-			
F3	Over Lap	2,3	-	√		Perbaikan	
	Spatter	-	√	-			

Parameter	Kode Spesimen	Indikasi	Ukuran	Keterangan		Kriteria	Keterangan
			(mm)	Accept	Reject	(mm)	
		<i>Pin Hole</i>	-	√	-		
		<i>Undercut</i>	3,5	-	√		
		<i>Porosity</i>	-	√	-		
		<i>Over Lap</i>	-	√	-		

Pada tabel 2 hasil data visual test kampuh single V kriteria keterimaan pada permukaan tidak boleh terdapat keretakan dan seluruh kampuh pengelasan harus terisi logam las. Berdasarkan standar AWS D.11 cacat tidak boleh melebihi 1/32in (1 mm) dan dinyatakan diterima. Pada tabel didapatkan ukuran cacat las dari hasil pengukuran menggunakan jagka sorong. Ditemukan cacat yang melebihi standar kriteria keterimaan sehingga perlu dilakukan perbaikan terhadap spesimen lasan karena dapat berpengaruh terhadap masa pemakaian komponen.

3.2 Penetrant Test

Setelah dilakukan pengamatan secara visual, selanjutnya dilakukan pengujian penetrant test untuk mendeteksi adanya cacat yang tidak terlihat pada saat pengamatan visual. Pengujian penetrant test ini mengacu pada standar ASME Section V. Hasil pengujian penetrant test dipaparkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Hasil Data Uji Penetrant Kampuh V

Parameter	Kode Spesimen	Type of defect	Ukuran	Kriteria		Keterangan	
			(mm)	Linear	Rounded	Accept	Reject
				(mm)	(mm)		
Arus 90 A	A1	Linier	0.67			√	
	A2	-	-			√	
	A3	Linear	1,2			√	
Arus 110 A	B1	Linier	0.20 - 0.50			√	
	B2	Linear	1.6	1.5	5		√
	B3	Linier	0.10 - 1.70				√
Arus 130 A	C1	-	-			√	
	C2	Linear	0.7			√	
	C3	-	-			√	

Pada tabel 3.3 hasil data pengujian penetrant pada ketiga spesimen lasan menggunakan kampuh V dengan arus 90 A. Ditemukan adanya indikasi cacat *Porosity* dan *Pin Hole* berupa lubang kecil dengan ukuran 0,67 & 1,20 mm. Pada ketiga spesimen lasan dengan

arus 110 A. Ditemukan adanya indikasi cacat *Porosity* berupa lubang kecil dengan ukuran 0.10 – 1.70 mm. Pada ketiga spesimen lasan dengan arus 130 ampere. Ditemukan adanya indikasi cacat *Pin Hole* berupa lubang kecil dengan ukuran 0.70 mm. Berdasarkan standar

code ASME Section V cacat yang ditemukan dalam kategori indikasi cacat linier relevan dinyatakan diterima. Penerimaan cacat ini

berdasarkan batasan yang terdapat pada standar code tersebut yaitu indikasi linier (1.5) mm dan indikasi Rounded (5) mm.

Tabel 3. Hasil Data Uji Penetrant Kampuh Single V

Parameter	Kode Spesimen	Type of defect	Ukuran	Kriteria		Keterangan	
			(mm)	Linear	Rounded	Accept	Reject
				(mm)	(mm)		
Arus 90 A	D1	Linier	0.16			√	
	D2	-	-			√	
	D3	Linear	0.20			√	
Arus 110 A	E1	-	-			√	
	E2	Linier	1.20 - 1.37	1.5	5		√
	E3	-	-			√	
Arus 130 A	F1	-	-			√	
	F2	Linear	0.16			√	
	F3	Linear	0.30			√	

Pada tabel 4 hasil data pengujian penetrant. Pada ketiga spesimen lasan menggunakan kampuh *Single V* dengan arus 90 A. Ditemukan adanya indikasi cacat *Porosity* berupa lubang kecil dengan ukuran 0,16 & 0,20 mm. Pada ketiga spesimen lasan menggunakan kampuh *Single V* dengan arus 110 A. Ditemukan adanya indikasi cacat *Porosity* dengan ukuran 0,16 & 0,20 mm. Pada ketiga spesimen lasan menggunakan kampuh *Single V* dengan arus 130 A. Ditemukan adanya indikasi cacat *Porosity* dengan ukuran 0,16 & 0,30 mm. Berdasarkan standar code ASME Section V cacat yang ditemukan dalam

kategori indikasi cacat linier relevan dinyatakan diterima. Penerimaan cacat ini berdasarkan batasan yang terdapat pada standar code tersebut yaitu indikasi linier (1.5) mm dan indikasi Rounded (5) mm.

3.3 Magnetik Test

Pengujian NDT selanjutnya menggunakan Magnetic tes pada spesimen kampuh V dan Single V. Pengujian magnetik test mengacu pada standart ASME Section VII Division I hingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Magnetik Test Kampuh V

Parameter	Kode Spesimen	Jenis Indikasi	Kriteria		Keterangan
			Linear	Rounded	
			(mm)	(mm)	
Arus 90 A	A1	-			Accept
	A2	Rounded	1.5	5	Reject
	A3	Rounded			Reject

Parameter	Kode Spesimen	Jenis Indikasi	Kriteria		Keterangan
			Linear	<i>Rounded</i>	
			(mm)	(mm)	
Arus 110 A	B1	Linier			<i>Accept</i>
	B2	<i>Rounded</i>			<i>Reject</i>
	B3	<i>Rounded</i>			<i>Reject</i>
Arus 130 A	C1	<i>Rounded</i>			<i>Reject</i>
	C2	<i>Rounded</i>			<i>Reject</i>
	C3	<i>Rounded</i>			<i>Reject</i>

Dapat dilihat pada tabel 3.5 pada kampuh V arus 90 A. Menunjukkan hasil pada ketiga spesimen terdapat satu yang memenuhi standar dinyatakan diterima. Sedangkan pada spesimen A2 dan A3 ditemukan indikasi *Rounded* relevan berbentuk seperti cerukan pada base metal dengan ukuran panjang 20 mm dan lebar 2 mm. Pada spesimen kampuh V menggunakan arus 110 ampere. Menunjukkan hasil pada ketiga spesimen terdapat satu spesimen terindikasi cacat linier yang memenuhi standar dinyatakan diterima. Sedangkan spesimen lainnya

ditemukan indikasi *Rounded* relevan berbentuk seperti cerukan pada *base metal* dengan ukuran panjang 24 mm dan lebar 3 mm. Pada spesimen kampuh V menggunakan arus 130 ampere. Menunjukkan hasil pada ketiga spesimen ditemukan indikasi *Rounded* relevan berbentuk seperti cerukan pada *base metal* dengan ukuran panjang 20 mm dan lebar 3 mm. Kriteria keterimaan pengujian Magnetic berdasar pada standar ASME Section VIII dengan indikas linier 1.5 mm dan indikasi rounded 5 mm.

Tabel 5. Tabel magnetik kampuh *Single V*

Parameter	Kode Spesimen	Jenis Indikasi	Kriteria		Keterangan
			Linear	<i>Rounded</i>	
			(mm)	(mm)	
Arus 90 A	D1	<i>Rounded</i>			<i>Reject</i>
	D2	Linier			<i>Accept</i>
	D3	<i>Rounded</i>			<i>Reject</i>
Arus 110 A	E1	<i>Rounded</i>			<i>Reject</i>
	E2	<i>Rounded</i>	1.5	5	<i>Reject</i>
	E3	<i>Rounded</i>			<i>Reject</i>
Arus 130 A	F1	<i>Rounded</i>			<i>Reject</i>
	F2	<i>Rounded</i>			<i>Reject</i>
	F3	<i>Rounded</i>			<i>Reject</i>

Dapat dilihat pada tabel 3.6 pada kampuh *single V* arus 90 A. Menunjukkan hasil pada ketiga spesimen terdapat satu yang memenuhi

standar dinyatakan diterima. Sedangkan spesimen lainnya ditemukan indikasi *Rounded* relevan berbentuk seperti cerukan pada *base*

metal dengan ukuran panjang 20 mm dan lebar 3 mm. Pada specimen kampuh *Single V* menggunakan arus 110 ampere. Menunjukkan hasil pada ketiga spesimen, ditemukan indikasi *Rounded* relevan berbentuk seperti cerukan pada *base metal* dengan ukuran panjang 18 mm dan lebar 3 mm. Pada spesimen kampuh *Single V* menggunakan arus 130 ampere. Menunjukkan hasil pada ketiga spesimen, ditemukan indikasi *Rounded* relevan berbentuk seperti cerukan pada *base metal* dengan ukuran panjang 15 mm dan lebar 3.5 mm. Kriteria penerimaan pengujian Magnetic berdasar pada standar ASME Section VIII dengan indikasi linier 1.5 mm dan indikasi rounded 5 mm

3.4 Analisis Perbandingan Jenis Cacat Hasil Pengujian NDT

Pada pengujian NDT terdapat jenis-jenis cacat yang dihasilkan yaitu spatter, arc strike, porosity, undercut, pin hole dan overlap. Penyebab terjadinya cacat-cacat las tersebut

adalah, pada cacat spatter dikarenakan ampere yang digunakan terlalu tinggi, material uji dengan jarak elektroda terlalu jauh, dan bisa disebabkan penggunaan elektroda yang lembab. Pada cacat arc strike terjadinya goresan pada material uji disebabkan faktor ketidaksempurnaan oleh *welder*. Pada cacat porosity disebabkan oleh udara yang terperangkap saat proses pengelasan berlangsung dan pada saat pengelasan terlalu cepat sehingga terbentuk lubang-lubang kecil pada hasil lasan. Pada cacat undercut disebabkan karena arus pengelasan yang tinggi, kecepatan pada saat pengelasan sehingga filler tidak masuk sempurna pada bagian kampuh. Pada cacat pin hole sama halnya seperti cacat porosity hanya pada cacat ini lubang yang terbentuk hanya satu disebabkan oleh udara yang terperangkap. Pada cacat overlap disebabkan karena penggunaan arus yang tinggi sehingga filler tidak menyatu dengan sempurna pada permukaan material uji.

Tabel 6. tabel hasil pengujian NDT

Kampuh	Arus	Spesimen	NDT			DT
			Visual Test	Penetrant Test	Magnetik Test	Bending Test
V	90	A1	Ditolak	Diterima	Diterima	A1
		A2	Diterima	Diterima	Ditolak	A2
		A3	Diterima	Diterima	Ditolak	-
	110	B1	Ditolak	Diterima	Diterima	B1
		B2	Diterima	Ditolak	Ditolak	B2
		B3	Ditolak	Ditolak	Ditolak	-
	130	C1	Ditolak	Diterima	Ditolak	-
		C2	Diterima	Diterima	Ditolak	C2
		C3	Ditolak	Diterima	Ditolak	C3
SV	90	D1	Diterima	Diterima	Ditolak	-
		D2	Ditolak	Diterima	Diterima	D2
		D3	Diterima	Diterima	Ditolak	D3
	110	E1	Ditolak	Diterima	Ditolak	E1
		E2	Diterima	Ditolak	Ditolak	E2
		E3	Ditolak	Diterima	Ditolak	-
130	F1	Ditolak	Diterima	Ditolak	F1	

NDT				DT
F2	Ditolak	Diterima	Ditolak	F2
F3	Ditolak	Diterima	Ditolak	-

Setelah dilakukan pengujian NDT kemudian dikelompokan dalam tabel untuk dianalisis pada setiap spesimen berdasarkan kriteria standar penerimaan. Hal ini bertujuan agar pemilihan spesimen yang digunakan untuk pengujian DT lebih baik dan efisiensi. Pemilihan spesimen berdasarkan kriteria diterima dan ukuran cacat pada spesimen lasan hasil pengujian NDT.

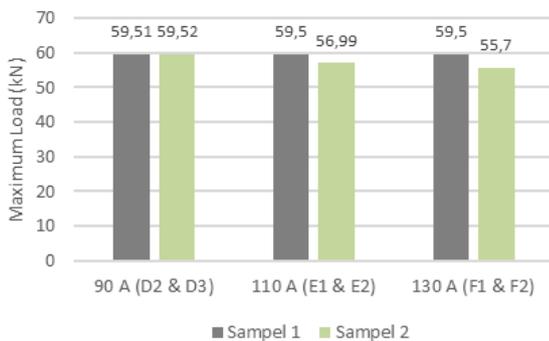
3.5 Bending Test

Spesimen yang digunakan pada pengujian bending harus sudah tahap pembersihan hingga tidak ditemukan cacat lasan. Pada tugas akhir ini pengujian bending hanya dilakukan terhadap 2 spesimen disetiap jenis arus dan jenis kampuh karena keterbatasan alat uji.

Hal ini dilakukan untuk memvalidasi nilai bending yang dilakukan apabila terdapat kesalahan dan anomali data hasil pengujian. Hasil pengujian Bending pada bagian *Face Bend* menggu-

nakan variasi kuat arus dan jenis kampuh V dan Single V.

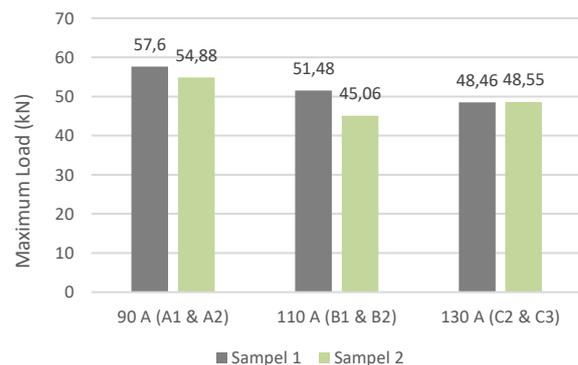
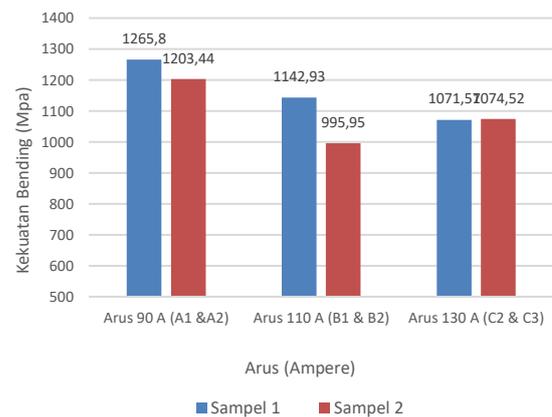
Gambar 6. Data Maximum Load Kampuh V



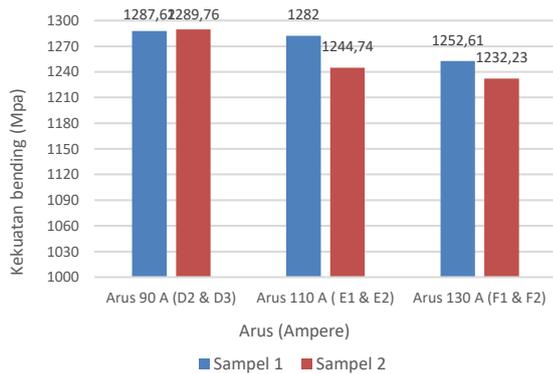
Gambar 7. Data Maximum Load Kampuh Single V

Berdasarkan diagram batang pada gambar 3.1 dan 3.2 hasil pengujian pada spesimen bending baja ASTM A36. Bahwa maximum load dapat berpengaruh terhadap hasil

kekuatan bending. Jika dilihat pada gambar, arus 90 A kampuh V didapatkan nilai maximum load sebesar 57,6 kN dan 54,88. Pada arus 90 A kampuh single V didapatkan nilai maximum load sebesar 59,51 kN dan 59,52 kN. Semakin besar nilai maximum load maka nilai kekuatan bending juga akan semakin bertambah. Dari hal tersebut dapat dikatakan bahwa maximum load memiliki hubungan terhadap kenaikan nilai kekuatan bending. Hubungan akan dilihat pada hasil gerafik berikut.



Gambar 8. Diagram Pengaruh Kuat Arus Terhadap Nilai Bending Pada Kampuh V



Gambar 9. Diagram Pengaruh Kuat Arus Terhadap Nilai Bending Pada Kampuh Single V

Pada sampel ke 2 arus 110 A terdapat adanya anomali pada nilai hasil pengujian bending. Hal ini dikarenakan pada saat proses pengujian berlangsung sampel benda uji mengalami perubahan posisi, karena adanya pergeseran tumpuan pada mesin UTM yang disebabkan oleh human eror sehingga didapatkan nilai sampel kedua yang berbeda jauh dengan sampel pertama.

Berdasarkan diagram batang pada gambar 3.3 dan 3.4 bahwa kekuatan bending mengalami penurunan terhadap kenaikan variasi arus. Hal ini sebabkan karena semakin besar arus yang digunakan maka panas yang dihasilkan untuk mencairkan elektroda semakin bertambah, sehingga struktur baja yang terbentuk akan bertambah dan mempengaruhi kekuatan Bendingnya.

Apabila ditinjau dari penggunaan jenis kampuh, kampuh single V menghasilkan nilai bending yang lebih besar dibanding kampuh V. Hal ini disebabkan semakin luas penampang permukaan yang akan dilas maka

masa pendinginan semakin bertambah dan sebaliknya semakin kecil luas penampang yang akan dilas maka masa pendinginan akan semakin cepat. Dari hal tersebut dapat dikatakan bahwa variasi jenis kampuh berpengaruh terhadap nilai kekuatan bending.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Heat Input

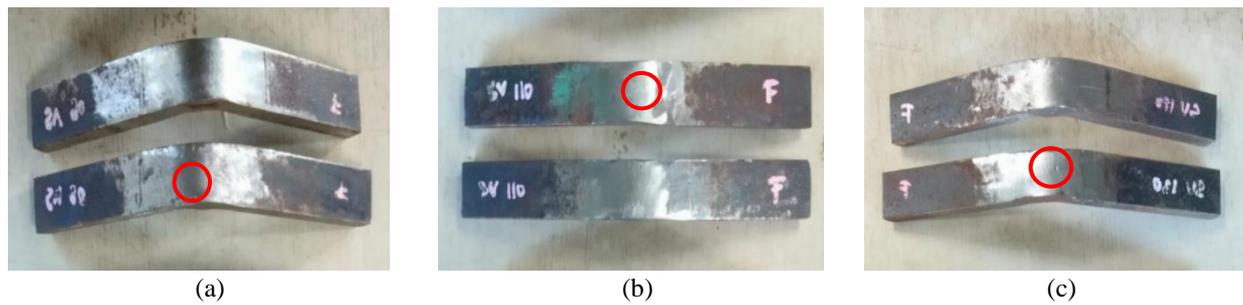
Kampuh	Arus (A)	Tegangan (V)	Efisiensi Mesin	Travel Speed (mm/s)	Heat Input (kJ/mm)
V	90	24	0,9	228	8.52
V	110	27	0,9	209	12.78
V	130	29	0,9	216	15.70
SV	90	24	0,9	120	16.2
SV	110	27	0,9	105	25.45
SV	130	29	0,9	116	29.25

Diketahui nilai Heat Input pada kampuh V pengelasan SMAW, pada arus 90 A memiliki nilai Heat Input sebesar 8.52 kJ/mm. Pada arus 110 memiliki nilai Heat Input sebesar 12.78 kJ/mm. Pada arus 130 A memiliki nilai Heat Input sebesar 15.70 kJ/mm. Sedangkan pada kampuh SV pengelasan SMAW, pada arus 90 A memiliki nilai Heat Input sebesar 16.2 kJ/mm. Pada arus 110 A memiliki nilai Heat Input sebesar 25.45 kJ/mm. Pada arus 130 A memiliki nilai Heat Input sebesar 29.25 mm. Terlihat pada hasil Heat Input yang didapatkan bahwa semakin tinggi arus yang digunakan maka Heat Input yang dihasilkan juga akan semakin besar.



(a) Arus 90 A Tidak didapatkan Crack
(b) Arus 110 A Adanya didapatkan Crack
(c) Arus 120 A Tidak didapatkan Crack

Gambar 10. Spesimen Hasil Uji Bending Kampuh V



(a) Adanya Didapatkan Crack

(b) Tidak Didapatkan Crack

(c) Adanya didapatkan Crack

Gambar 11. Spesimen Hasil Uji Bending Kampuh Single V

Setelah dianalisa hasil uji Bending didapatkan 3 spesimen yang memiliki open defect yang tidak melebihi standar kriteria. Standar yang digunakan AWS sec IX mengenai kriteria yang diterima untuk pengujian Bending ialah tidak terjadi open defect melebihi 3 mm. Spesimen yang terdapat defect adalah kampuh V dengan arus 110 A dengan ukuran 0,46 mm dan spesimen kampuh Single V dengan arus 90 A dan 130 A dengan ukuran 0,35 mm dan 0,48 mm dinyatakan diterima.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil tugas akhir ini adalah: Setelah dilakukan pengujian NDT didapatkan bahwa variasi arus mempengaruhi jenis cacat yang dihasilkan, semakin tinggi kuat arus maka cacat yang dihasilkan akan semakin banyak. Namun variasi kampuh pada pengelasan tidak mempengaruhi cacat yang dihasilkan. Berdasarkan arus 90 A jenis cacat yang dihasilkan berupa cacat Spatter dan Arc Strike. Pada arus 110 A jenis cacat yang dihasilkan berupa cacat Spatter, Undercut dan Porosity. Pada arus 130 A jenis cacat yang dihasilkan berupa cacat Spatter, Undercut, dan over lap.

Pada Penelitian ini setelah dilakukan pengujian DT didapatkan bahwa variasi arus dan jenis kampuh berpengaruh terhadap nilai kekuatan Bending. Pada kampuh SV dan V Bending tertinggi ada pada 90 A. Apabila ditinjau dari nilai Bending kampuh SV pada arus tersebut mempunyai nilai lebih tinggi

sebesar 1288.69 MPa dibanding kampuh V sebesar 1234.62 MPa. Dan didapatkan pada kampuh SV dan V nilai Bending terendah ada pada Arus 130 A sebesar 1242.42 MPa dan 110 A sebesar 1069.44 MPa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amzamsyah, R., Kosjoko, & Lazuardi, M. (2021). Pengaruh Variasi Kampuh dan Kuat Arus Pengelasan SMAW terhadap Kekuatan Bending pada Baja ASTM A36. In *Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin* (Vol. 5, Issue 2). <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/J-Proteksion>
- [2] ASM Handbook. (1995). Volume 16 of the 9th Edition Metals Handbook.
- [3] ASME Section V. (2015). *Nondestructive Examination*. ASME, Two Park Avenue, New York. <http://st2014.ir>
- [4] ASME Section VIII Division 1. (2019). *ASME Boiler and Pressure Vessel Code An International Code* (1st ed., Vol. 1). <https://www.asme.org/shop/certification-accreditation>.
- [5] ASTM A 36. (2004). *A36/A 36M-05 Standard Specification for Carbon Structural Steel*. www.astm.org,

- [6] AWS D1.1. (2022). Structural Welding Code-Steel. 550 N. Lejeuene Road Miami, FL, 33126 (17th ed.).
- [7] Gery, D., Long, H., & Maropoulos, P. (2005). Effects of welding speed, energy input and heat source distribution on temperature variations in butt joint welding. *Journal of Materials Processing Technology*, 167(2–3), 393–401.
<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.06.018>
- [8] Kenyon, W. & G. D. (1985). *Basic Welding and Fabrication*. Jakarta : Erlangga, 1985.
- [9] Messler, R. W. (2004). *Principles Of Welding Processes*. Vol. 3.
- [10] Pamungkas, F. (2016). Analisa Perbandingan Hasil Pengelasan Menggunakan Metode Smaw Dan Metode Gmaw Terhadap Ketahanan Bending Pada Sambungan Aluminium Seri 5083.
- [11] Woman, Klas. (2003). *Welding Processes Handbook*. North America : Woodhead Publishing Ltd.
- [12] Tri Ardiansyah, R., Basuki, M., & Soejitno. (2017). Analisa Cacat Las Pada Pengelasan Butt Joint Dengan Variasi Arus & Posisi Pengelasan
- [13] Wiryosumanto, H. (1996). *Teknologi Pengelasan Logam (Cet.ke-7)*. Pradnya Paramitha.