

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu memiliki peran penting dalam memberikan landasan teoritis dan empiris terhadap penelitian yang dilakukan, serta sebagai acuan untuk mengetahui perkembangan metode dan pendekatan yang telah digunakan sebelumnya. Selain itu, kajian terhadap penelitian terdahulu juga bertujuan untuk mengidentifikasi kesenjangan penelitian sehingga penelitian yang dilakukan memiliki kontribusi yang jelas dan terarah.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa variasi jenis kampuh dan arus pengelasan memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro sambungan las. Rizalul Haq, Untung Budiarto, dan Imam Pudio Mulyatno (2019) melakukan penelitian pada baja ST 40 menggunakan metode FCAW dengan variasi arus 135 A dan 165 A, serta menguji tarik, tekuk, dan dampak sesuai standar ASTM. Hasil menunjukkan bahwa arus 135 A memberikan kekuatan tarik dan tekuk lebih tinggi, sedangkan arus 165 A memberikan nilai dampak lebih besar, sehingga arus optimal ditentukan berdasarkan keseimbangan sifat mekanik. Pada tahun yang sama, Mathews Yose Pratama dkk meneliti pengaruh variasi kampuh (V dan U) dan posisi pengelasan (1G dan 2G) pada baja SS 400. Penelitian ini menggunakan uji tarik, tekuk, dan mikrofografi, dan menemukan bahwa variasi kampuh dan posisi pengelasan berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro sambungan las, dengan beberapa variasi memenuhi standar BKI. Ian Niko Iswara, Untung Budiarto, dan Ahmad Fauzan Zakki (2019) meneliti posisi pengelasan 2G dan 3G serta bentuk kampuh V dan U pada aluminium 6061 menggunakan metode MIG, dengan pengujian tarik dan mikrofografi. Penelitian ini menunjukkan posisi 3G dengan kampuh V menghasilkan kualitas sambungan las terbaik, dengan tegangan tarik rata-rata 164,49 MPa, regangan 20,84%, dan modulus elastisitas 51,94 GPa, memenuhi standar BKI (>160 MPa). Struktur mikro menunjukkan kerapatan butir lebih halus dan homogen, serta penetrasi dan fusi lebih baik dibanding posisi 2G dan kampuh U. Palti Yosua Tampubolon, Untung Budiarto, dan Good Rindo (2019) meneliti pengaruh variasi arus pengelasan 135 A, 150 A, dan 165 A pada baja ST 40 dengan metode FCAW 2G, uji tarik, dampak, dan mikrofografi. Hasil menunjukkan arus 150 A memberikan keseimbangan terbaik antara kekuatan tarik dan keuletan, sedangkan arus 165 A menghasilkan nilai dampak tertinggi dan arus 135 A nilai dampak terendah. Struktur mikro menunjukkan dominasi pearlite dan ferrite dengan distribusi yang lebih seragam pada kondisi optimal.

Penelitian lebih baru oleh Pengcheng You dkk (2025) membandingkan FCAW dan FCLW pada baja Q235B, dengan analisis struktur mikro, kekerasan, dan uji geser. Hasil menunjukkan FCAW memiliki HAZ lebih sempit, struktur mikro lebih halus, dan kekuatan geser 2–3 kali lebih tinggi dibanding FCLW, menunjukkan FCLW berpotensi sebagai alternatif untuk meningkatkan kekuatan sambungan struktural. Sementara itu, Travis Welt, Mariam Junaid, Rylee Mory, dan Jack Kenney (2020) melakukan studi basis data pada lebih dari 400 Welding Procedure Qualification Records (WPQR) selama ± 30 tahun, mencakup berbagai proses FCAW-G, SMAW, SAW, dengan variasi posisi pengelasan dan jenis kampuh. Penelitian ini menunjukkan bahwa weld metal mengontrol ketangguhan dampak sambungan las, dengan nilai dampak 2–3 kali lebih tinggi dibanding weld metal, dan pengujian dapat difokuskan untuk efisiensi waktu dan biaya kualifikasi pengelasan.

Berdasarkan keseluruhan kajian penelitian terdahulu menekankan bahwa pengaruh jenis kampuh dan arus pengelasan sangat signifikan terhadap kualitas mekanik dan struktur mikro sambungan las. Arus 135 A cenderung meningkatkan kekuatan tarik, arus 165 A meningkatkan nilai impak, sedangkan posisi 3G dengan kampuh V menghasilkan kualitas sambungan las optimal. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi parameter pengelasan yang optimal untuk mencapai distribusi panas lebih seragam dan struktur makro sambungan las yang lebih baik, memperkaya wawasan tentang pengoptimalan sambungan las untuk aplikasi struktural. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan karena masih terdapat celah pada pemahaman interaksi antara variasi jenis kampuh, posisi pengelasan, dan arus pengelasan terhadap sifat mekanik dan keuletan sambungan las. Penyesuaian parameter pengelasan yang tepat sangat penting untuk mencapai keseimbangan optimal antara kekuatan tarik, nilai impak, dan struktur mikro, sehingga sambungan las dapat digunakan secara aman dan efisien dalam aplikasi struktural. Dengan demikian, penelitian ini berperan untuk memberikan rekomendasi praktis dalam optimasi proses pengelasan, mengurangi risiko kegagalan material, serta meningkatkan efisiensi biaya dan waktu pada kualifikasi pengelasan.

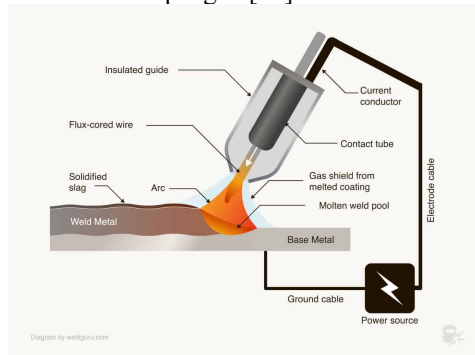
2.2 Pengertian Pengelasan

Pengelasan adalah metode penyambungan dua atau lebih material logam atau non-logam dengan cara melelehkan material menggunakan panas tinggi, sering kali disertai elektroda atau material pengisi. Proses ini memanfaatkan panas dari busur listrik atau sumber panas lainnya untuk mencairkan logam sambungan dan menciptakan ikatan kuat antar material. Seiring perkembangan teknologi, pengelasan kini menjadi metode penyambungan utama di berbagai industri, seperti konstruksi, otomotif, dan perkapalan [14]. Sejarah pengelasan dimulai pada abad ke-19, saat Humphry Davy menemukan busur listrik sebagai sumber panas untuk melelehkan logam. Pengelasan berkembang pesat pada awal abad ke-20 dengan penemuan elektroda berlapis dan metode lain seperti pengelasan gas dan listrik, yang meningkatkan efisiensi dan kualitas sambungan las [15]. Pengelasan sangat penting dalam industri karena digunakan untuk menyambung komponen yang memerlukan kekuatan dan ketahanan tinggi, seperti pada jembatan, kapal, dan kendaraan. Kualitas sambungan las mempengaruhi kekuatan dan keselamatan konstruksi, sehingga pengendalian parameter pengelasan menjadi kunci untuk mendapatkan hasil yang optimal [16]. Prosedur pengelasan dimulai dengan pemilihan metode dan persiapan material, termasuk pemotongan dan pembersihan permukaan. Selama proses pengelasan, pengaturan parameter seperti arus, tegangan, dan kecepatan sangat penting untuk menghindari cacat las. Setelah pengelasan, sambungan las diuji melalui uji tarik, uji impak, atau inspeksi visual untuk memastikan kualitasnya [17].

2.3 Pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW)

Flux Cored Arc Welding (FCAW) merupakan suatu proses pengelasan busur listrik yang memanfaatkan kawat elektroda berinti *fluks* sebagai bahan pengisi sekaligus pelindung selama berlangsungnya proses pengelasan, di mana panas yang dihasilkan dari busur listrik antara elektroda dan benda kerja berfungsi untuk mencairkan logam dasar serta logam pengisi, sehingga terbentuk sambungan las yang kuat [18]. Inti *fluks* pada kawat elektroda tersebut berperan dalam menghasilkan gas pelindung dan terak (*slag*) yang secara efektif melindungi kolom las dari kontaminasi udara luar, sehingga kualitas sambungan dapat dipertahankan

dengan baik. Metode FCAW ini banyak diterapkan dalam industri karena menawarkan laju deposisi yang tinggi, efisiensi kerja yang optimal, serta kemampuan untuk digunakan pada berbagai posisi pengelasan dan kondisi lingkungan kerja, termasuk luar lapangan [19]



Gambar 2. 1 Pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW)
(Sumber: <https://weldguru.com/flux-core-welding/>)

2.3.1 Prinsip Dasar Pengelasan *Flux Cored Arc Welding*

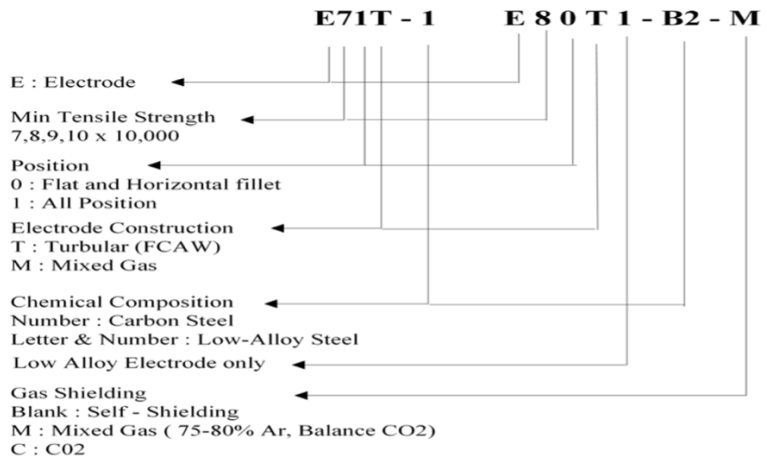
Dasar prinsip pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW) adalah pembentukan busur listrik antara kawat elektroda berinti *fluks* dan logam induk untuk menghasilkan panas yang cukup tinggi guna mencairkan logam dasar serta logam pengisi secara bersamaan [20]. Selama proses berlangsung, elektroda dialirkan secara kontinu sehingga kolam las terbentuk dan mengisi celah sambungan secara stabil. Inti *fluks* yang terdapat dalam kawat elektroda akan terurai akibat panas busur listrik dan menghasilkan gas pelindung serta terak (*slag*) yang berfungsi melindungi kolam las dari pengaruh udara luar, sehingga oksidasi dan cacat las dapat diminimalkan. Selain itu, prinsip kerja FCAW yang mengombinasikan suplai elektroda kontinu dan perlindungan *fluks* menjadikan proses ini memiliki laju deposisi logam yang tinggi, sehingga efisiensi pengelasan meningkat dan sangat sesuai diterapkan pada pekerjaan struktur berskala besar di industri manufaktur dan perkapalan[21].

2.3.2 Klasifikasi Elektroda

Dalam standar AWS A5.20/A5.20M:2021 [22], klasifikasi elektroda pada pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW) secara resmi diatur. Sistem klasifikasi ini memberikan acuan teknis yang jelas bagi *welder* dan perancang struktur dalam memilih elektroda FCAW yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi, kondisi lingkungan kerja, jenis pelindung, dan karakteristik metal las yang dihasilkan.

Electrode Classification	Welding Positions	Process	Polarity
E70T-1X	H & F	FCAW - G	DCEP
E71T-1X	H, F, VU & OH		
E70T-2X	H & F	FCAW - G	DCEP
E71T-2X	H, F, VU & OH		
E70T-3	H & F	FCAW - S	DCEP
E70T-4	H & F	FCAW - S	DCEP
E70T-5X	H & F	FCAW - G	DCEP /
E71T-5X	H, F, VU & OH		DCEN
E70T-6	H & F	FCAW - S	DCEP
E70T-7	H & F	FCAW - S	DCEN
E71T-7	H, F, VU & OH		
E70T-8	H & F	FCAW - S	DCEN
E71T-8	H, F, VU & OH	FCAW - S	DCEN
E70T-9X	H & F	FCAW - G	DCEP
E71T-9X	H, F, VU & OH		
E70T-10	H & F	FCAW - S	DCEN
E70T-11	H & F	FCAW - S	DCEN
E71T-11	H, F, VU & OH		
E70T-12X	H & F	FCAW - G	DCEP
E71T-12X	H, F, VU & OH		
E71T-14	H, F, VD & OH	FCAW - S	DCEN
E60T-G	H & F	Not Specified	No Specified
E70T-G		Not Specified	
E61T-G	H, F, VU or VD & OH	Not Specified	Not Specified
E71T-G		Not Specified	
E60T-GS	H & F	Not Specified	Not Specified
E70T-GS		Not Specified	
E61T-GS	H, F, VU or VD & OH	Not Specified	Not Specified
E71T-GS		Not Specified	

Gambar 2. 2 FCAW Specification Electrode
(Sumber: AWS A5.20/A5.20M:2021)



Gambar 2. 3 FCAW Electrode Designator
(Sumber: AWS A5.20/A5.20M:2021)

2.3.3 Kelebihan dan Kekurangan

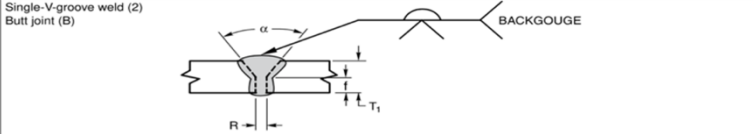
Adapun kelebihan dan kekurangan dari pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW), dapat dilihat pada table 2.1.

Tabel 2. 1 Kelebihan dan Kekurangan Pengelasan FCAW

Kelebihan	Kekurangan
Produktivitas tinggi	Asap lebih banyak
Cocok untuk material tebal	Kurang cocok untuk plat tipis
Dapat digunakan di luar ruangan	Potensi spatter dan porositas karena kawat las yang sensitif
Fleksibilitas posisi dan aplikasi	Perlu <i>setting</i> parameter yang sensitif

2.4 Jenis Kampuh

Jenis kampuh pada pengelasan sangat memengaruhi kualitas sambungan yang dihasilkan. Kampuh berfungsi untuk menentukan bentuk dan ukuran sambungan las serta mempengaruhi distribusi panas, penetrasi, dan kekuatan sambungan [7]. Beberapa jenis kampuh yang sering digunakan dalam pengelasan meliputi kampuh V (*single bevel*), X (*double bevel*). Kampuh V, yang merupakan salah satu jenis yang paling sering digunakan, biasanya diterapkan pada material dengan ketebalan sedang karena lebih sederhana dalam proses fabrikasi dan memerlukan volume logam pengisi yang lebih sedikit. Kampuh X lebih banyak digunakan pada pelat yang lebih tebal karena memungkinkan penetrasi yang lebih merata dari kedua sisi sambungan. Pemilihan jenis kampuh sangat tergantung pada ketebalan material, jenis pengelasan, dan posisi pengelasan yang akan dilakukan. Setiap jenis kampuh memberikan dampak yang berbeda terhadap kualitas sambungan las, oleh karena itu, pemilihan yang tepat sangat penting untuk memastikan sambungan yang kuat dan aman.



Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U – unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes	
		T ₁	T ₂	Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
					As Detailed (see 5.4.1.1)				As Fit-Up (see 5.4.1.8)
SMAW	B-U2	U	—	R = 0 to 1/8 f = 0 to 1/8 $\alpha = 60^\circ$	+1/16, -0 +1/16, -0 +10°, -0°	+1/16, -1/8 Not limited +10°, -5°	All	—	d, e, j
GMAW FCAW	B-U2-GF	U	—	R = 0 to 1/8 f = 0 to 1/8 $\alpha = 60^\circ$	+1/16, -0 +1/16, -0 +10°, -0°	+1/16, -1/8 Not limited +10°, -5°	All	Not required	a, d, j
SAW	B-L2c-S	Over 1/2 to 1	—	R = 0 f = 1/4 max. $\alpha = 60^\circ$	R = ± 0 f = +0, -f $\alpha = +10^\circ,$ -0°	+1/16, -0 $\pm 1/16$ +10°, -5°	F	—	d, j
		Over 1 to 1-1/2	—	R = 0 f = 1/2 max. $\alpha = 60^\circ$					
		Over 1-1/2 to 2	—	R = 0 f = 5/8 max. $\alpha = 60^\circ$					

Gambar 2. 4 *Single V - Groove Weld*
(Sumber: AWS D1.1, 2020)

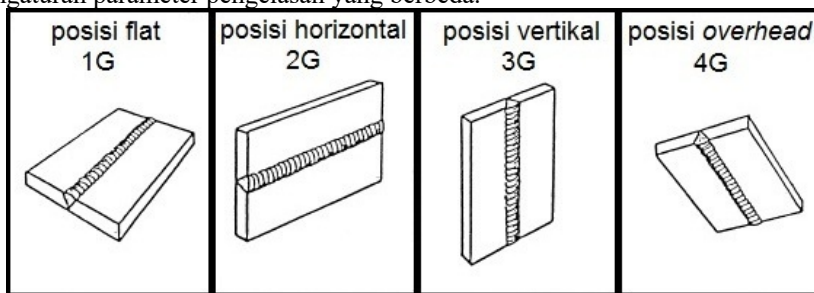
Welding Process		Joint Designation	Base Metal Thickness (U – unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
			T ₁	T ₂	Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
							As Detailed (see 5.4.1.1)	As Fit-Up (see 5.4.1.8)		
SMAW	B-U3b	U	—	R = 0 to 1/8 f = 0 to 1/8 α = β = 60°	+1/16, -0 +1/16, -0 +10°, -0°	+1/16, -1/8 Not limited +10°, -5°	All	—	d, e, h, j	
GMAW FCAW	B-U3-GF	U	—	R = 0 f = 1/4 min. α = β = 60°	+1/16, -0 +1/4, -0 +10°, -0°	+1/16, -1/8 +1/4, -0 +10°, -5°	All	Not required	a, d, h, j	
SAW	B-U3c-S	U	—	To find D ₂ , see table above: D ₂ = T ₂ - (D ₁ + f)			F	—	d, h, j	

For B-U3c-S only		
Over	T ₁ to	D ₁
2	2-1/2	1-3/8
2-1/2	3	1-3/4
3	3-5/8	2-1/8
3-5/8	4	2-3/8
4	4-3/4	2-3/4
4-3/4	5-1/2	3-1/4
5-1/2	6-1/4	3-3/4
For T ₁ > 6-1/4 or T ₁ ≤ 2 D ₁ = 2/3 (T ₁ - 1/4)		

Gambar 2. 5 Double V - Groove Weld
(Sumber: AWS D1.1, 2020)

2.5 Posisi Pengelasan

Posisi pengelasan merujuk pada orientasi atau sudut di mana proses pengelasan dilakukan pada benda kerja. Pemilihan posisi pengelasan yang tepat sangat penting karena dapat memengaruhi kualitas sambungan las, kecepatan pengelasan, serta potensi terjadinya cacat pada hasil las. Posisi pengelasan terbagi menjadi empat kategori utama, yaitu posisi datar (1G), posisi horizontal (2G), posisi vertikal (3G), dan posisi *overhead* (4G). Masing-masing posisi ini memiliki tantangan dan cara pengelasan yang berbeda, yang memerlukan teknik dan pengaturan parameter pengelasan yang berbeda.



Gambar 2. 6 Posisi Pengelasan Groove Weld
(Sumber: <https://www.pengelasan.net/posisi-pengelasan/>)

2.5.1 Dampak Posisi Terhadap Pengendalian Las

Pemilihan posisi pengelasan dapat memengaruhi kualitas sambungan las dan keefisienan proses pengelasan. Posisi datar adalah yang paling mudah karena memberikan kestabilan terbaik untuk logam cair dan kontrol yang lebih baik terhadap kolam las. Posisi horizontal, meskipun lebih sulit daripada posisi datar, masih relatif mudah dikendalikan dengan pengalaman yang tepat. Di sisi lain, posisi vertikal dan *overhead* memberikan tantangan yang lebih besar karena gravitasi memengaruhi

pengendalian logam cair. Pemilihan posisi yang tepat akan mempengaruhi penetrasi sambungan, kecepatan pengelasan, dan risiko cacat las[9].

2.5.2 Pengaruh Gravitasi pada Posisi 3G

Pada posisi 3G (vertikal), gravitasi memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas sambungan las. Logam cair yang dihasilkan oleh busur listrik cenderung mengalir ke bawah, dan jika pengelasan tidak dikendalikan dengan benar, hal ini dapat menyebabkan penurunan penetrasi, spatter, dan terak berlebih. Dalam pengelasan vertikal, *welder* harus lebih hati-hati dalam mengatur kecepatan pengelasan, arus listrik, dan teknik pengelasan untuk mencegah masalah ini [23]. Beberapa teknik yang sering digunakan untuk mengatasi pengaruh gravitasi adalah metode *zig-zag* atau metode naik turun (*weaving*) untuk mengontrol aliran logam cair dan memastikan kedalaman penetrasi yang tepat. Pengelasan vertikal biasanya memerlukan kontrol lebih besar terhadap parameter pengelasan, karena logam cair bisa tergelincir atau mengalir ke bawah jika kecepatan pengelasan terlalu tinggi atau parameter lainnya tidak sesuai [24].

2.6 Plat Abs Grade A

Plat ABS Grade A adalah jenis baja karbon struktural yang banyak digunakan dalam industri perkapalan, terutama untuk pembuatan kapal dan struktur laut lainnya. Plat ini memenuhi standar yang ditetapkan oleh *American Bureau of Shipping* (ABS), yang mengatur spesifikasi baja yang digunakan untuk konstruksi kapal [25]. Baja ABS Grade A dikenal karena kekuatannya, ketangguhannya, serta kemampuan las yang baik, menjadikannya bahan yang sangat populer di industri perkapalan untuk bagian-bagian kapal yang membutuhkan ketahanan terhadap beban statis dan dinamis. Plat ini umumnya digunakan untuk pembuatan bodi kapal, struktur bawah kapal, dan komponen lainnya yang terkena tekanan tinggi dan kondisi laut yang keras[26]. Komposisi kimia dari ABS Grade A terdiri dari baja karbon rendah dengan kandungan karbon maksimal sekitar 0,21%, yang memberikan sifat keuletan yang baik. Selain itu, ABS Grade A mengandung elemen paduan seperti mangan (0,80–1,00%), yang berfungsi untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap keausan [26]. Kandungan fosfor dan sulfur dalam baja ABS Grade A dibatasi pada tingkat yang sangat rendah untuk menjaga kekuatan las dan menghindari pembentukan retakan pada sambungan las. Berikut adalah komposisi utama baja ABS Grade A pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Komposisi Plat Baja ABS Grade A

Karbon (C)	:	Maksimum 0,21%
Mangan (Mn)	:	0,80 – 1,00%
Fosfor (P)	:	Maksimum 0,035%
Sulfuran (S)	:	Maksimum 0,035%
Silicon (Si)	:	0,15 – 0,30%

Tabel 2. 3 Plat *ABS Grade A Properties*

Grade	Mechanical Property				Charpy V Impact Test		
	Thickness	Yield	Tensile	Elongation	Degree	Energy 1	Energy 2
ABS Grade A	mm	Min Mpa	Mpa	Min %	20	J	J
	$t \leq 50$	235	400 - 520	18%		-	-
	$50 < t \leq 70$	235	400 - 520	18%		24	34
	$70 < t \leq 100$	235	400 - 520	18%		27	41

2.7 *Welding Procedure Specification (WPS)*

Welding Procedure Specification (WPS) berfungsi sebagai panduan yang memberikan informasi detail mengenai langkah-langkah dan kondisi pengelasan yang harus diikuti, termasuk jenis dan ukuran elektroda atau kawat las, jenis material yang dilas, posisi pengelasan, kecepatan pengelasan, arus dan tegangan listrik, serta gas pelindung yang digunakan [27]. Prosedur ini sangat penting untuk memastikan bahwa sambungan las yang dihasilkan memiliki kualitas yang konsisten, dapat diandalkan, dan sesuai dengan standar yang berlaku, seperti yang diatur dalam kode-kode pengelasan internasional seperti AWS (*American Welding Society*) atau ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) [28]

Welding Procedure Specification (WPS) juga membantu dalam memastikan keselamatan selama pengelasan, dengan mengidentifikasi parameter yang tepat untuk menghindari terjadinya cacat pada sambungan las seperti porositas, *undercut*, dan keretakan. Proses pembuatan WPS melibatkan evaluasi terhadap berbagai faktor teknis, seperti jenis material dasar, ketebalan material, metode pengelasan yang digunakan, serta prosedur inspeksi dan pengujian yang diperlukan untuk menjamin kualitas sambungan [29]. WPS yang baik akan mencakup seluruh variabel ini secara jelas, sehingga welder atau teknisi pengelasan dapat mengikuti pedoman yang terstandardisasi dan menghindari kesalahan dalam pelaksanaan pengelasan.

Dokumen ini sering kali disertai dengan dokumen pendukung lainnya, seperti *Procedure Qualification Record (PQR)*, yang digunakan untuk mendokumentasikan hasil uji kualifikasi terhadap prosedur yang telah ditentukan dalam WPS. Melalui kombinasi kedua dokumen ini, perusahaan dapat mengonfirmasi bahwa prosedur pengelasan yang digunakan dapat menghasilkan sambungan las yang memenuhi spesifikasi teknik yang diperlukan [30].

2.8 Pengujian Mekanik

Pengujian mekanik merupakan proses yang dilakukan untuk menilai sifat-sifat mekanis dari suatu material atau sambungan las dengan tujuan utama memastikan bahwa material atau sambungan tersebut mampu menahan beban serta kondisi operasional yang dihadapi dalam aplikasi nyata. Proses ini penting untuk menjamin bahwa material memiliki kekuatan, ketangguhan, dan ketahanan yang cukup agar dapat mencegah kegagalan struktural. Dalam pelaksanaannya, pengujian ini mengevaluasi bagaimana material merespons tekanan, deformasi, serta pengaruh faktor eksternal lainnya yang berpotensi memengaruhi integritas struktur [31]. Khususnya dalam konteks pengelasan, pengujian mekanik berfungsi memastikan kualitas sambungan las dari segi kekuatan tarik, ketahanan terhadap kejutan, dan

kemampuan material untuk menghadapi kondisi kerja yang ekstrem secara andal. Ada beberapa jenis pengujian mekanik yang sering dilakukan untuk menilai kualitas material dan sambungan las, di antaranya adalah uji tarik dan uji impak

2.8.1 Pengujian Tarik

Uji tarik merupakan metode pengujian yang digunakan untuk menentukan kekuatan tarik suatu material atau sambungan las, yang mencerminkan kemampuan material dalam menahan beban tarik hingga titik kegagalan [32]. Parameter yang dianalisis dalam uji ini meliputi kekuatan tarik maksimum, batas luluh, serta tingkat perpanjangan, yang secara kolektif menunjukkan kapasitas material untuk mengalami deformasi plastis sebelum mengalami patahan.



Gambar 2. 7 Alat Uji Tarik (*Tensile Test*)

(Sumber: <https://alatuji.co.id/product/100kg-2t-tensile-test-machine-hd-kb605s/>)

2.8.2 Pengujian Impak

Uji impak merupakan prosedur pengujian yang bertujuan mengukur ketangguhan material, yakni kemampuan material dalam menyerap energi saat mengalami beban mendadak atau benturan [33]. Pengujian ini memiliki peranan penting bagi material yang digunakan dalam aplikasi yang rentan terhadap kejutan atau benturan, seperti struktur bangunan kapal. Metode yang umum diterapkan dalam uji impak meliputi uji Charpy dan Izod, yang mampu memberikan data terkait ketahanan material terhadap retak akibat beban dinamis.



Gambar 2. 8 Alat Uji Impak (Charpy Test)

(Sumber: <https://uptlabterpadu.uns.ac.id/alat-laboratorium/impact-tester-charpy-jb-300b/>)

2.9 Pengujian Makrografi

Pengujian makrografi merupakan metode visual yang diterapkan untuk memeriksa struktur material atau sambungan las dengan memperbesar citra menggunakan mikroskop atau alat observasi lainnya, dengan tujuan memperoleh gambaran mengenai penetrasi las, keutuhan fusi, serta keberadaan cacat seperti retakan, porositas, atau inklusi [34]. Prosedur ini melibatkan pemotongan, penghalusan, dan pewarnaan sampel guna memperjelas struktur material di bawah alat optik. Pentingnya pengujian ini terletak pada analisis kualitas sambungan las dan dokumentasi struktur material agar sesuai dengan spesifikasi teknis yang ditetapkan [35].



Gambar 2. 9 Alat Mikroskop Metalografi

(Sumber: <https://www.lonroy.com/id/shop/laboratory-metallographic-optical-microscope-metallographic-optical-microscope/>)