

ANALISA PENGARUH PERBEDAAN ARUS LISTRIK TERHADAP BESARNYA DEFORMASI PADA LAS SMAW**Arif Bayu Pramudya¹, Syahril Sayuti²**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Bandung

arifbayupramudya@gmail.com**Abstract (English)**

This study aims to analyze the effect of varying welding currents on the magnitude of angular distortion in the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) BX1-300 process on SS-400 steel. The welding currents applied were 100A, 105A, 110A, 115A, and 120A. The research method involved preparing SS-400 steel specimens with a V-groove angle of 30° and a 2 mm root gap, followed by welding in a horizontal position using a circular motion technique. After welding, the specimens were cooled at room temperature to observe the resulting distortion. The distortion angles were measured using a dial indicator at three measurement points-left, center, and right-to ensure accuracy. The results show that the increase in welding current is directly proportional to the amount of angular distortion produced. At lower currents, the generated heat was insufficient to optimally melt the base metal, resulting in shallow penetration and minimal distortion. Conversely, higher currents produced excessive heat, increasing the volume of molten metal and leading to greater thermal contraction during cooling, which caused more significant distortion. This relationship is generally linear up to a certain point, beyond which excessively high currents may worsen distortion. These findings highlight the importance of selecting the appropriate welding current to minimize distortion and maintain weld quality.

Article History*Submitted: 25 Agustus 2025**Accepted: 28 Agustus 2025**Published: 29 Agustus 2025***Key Words***SMAW, welding current, angular distortion, SS-400 steel, dial indikator.***Abstrak (Indonesia)**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi arus listrik terhadap besarnya deformasi memelengkung pada proses pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) BX1-300 pada baja SS-400. Variasi arus yang digunakan adalah 100A, 105A, 110A, 115A, dan 120A. Metode penelitian dilakukan dengan menyiapkan spesimen baja SS-400 berbentuk kampuh V dengan sudut 30° dan celah 2 mm, kemudian dilas menggunakan posisi horizontal dengan teknik gerakan melingkar. Setelah proses pengelasan, spesimen didinginkan pada suhu ruang untuk mengamati deformasi yang terjadi. Besar sudut deformasi diukur menggunakan dial indikator pada tiga titik pengukuran, yaitu kiri, tengah, dan kanan, untuk memperoleh data yang akurat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan arus listrik berbanding lurus dengan besarnya deformasi memelengkung yang terjadi. Pada arus rendah, panas yang dihasilkan tidak cukup untuk mencairkan logam induk secara optimal sehingga penetrasi kurang dalam dan deformasi relatif kecil. Sebaliknya, pada arus tinggi, panas berlebih menyebabkan volume logam cair yang lebih banyak, sehingga penyusutan saat pendinginan lebih signifikan dan mengakibatkan deformasi yang lebih besar. Hubungan ini bersifat linier hingga titik tertentu, di mana arus yang terlalu tinggi dapat memperburuk distorsi. Temuan ini menegaskan bahwa pengaturan arus pengelasan yang tepat sangat penting untuk meminimalkan deformasi dan menjaga kualitas sambungan las.

Sejarah Artikel*Submitted: 25 Agustus 2025**Accepted: 28 Agustus 2025**Published: 29 Agustus 2025***Kata Kunci***SMAW, arus pengelasan, deformasi memelengkung, baja SS-400, dial indikator.***Pendahuluan**

Menurut Callister dan Rethwisch (2018), deformasi memelengkung adalah reaksi material terhadap tegangan yang mengakibatkan perubahan bentuk tanpa disertai perubahan volume secara signifikan. Deformasi ini dapat memengaruhi tingkat presisi pada hasil las,

sehingga berdampak terhadap kualitas sambungan secara keseluruhan. Deformasi biasanya muncul sebagai perubahan bentuk atau pergeseran pada benda kerja akibat penyusutan material yang terjadi selama proses pendinginan. Ketika proses pengelasan berlangsung, material logam mengalami pemanasan hingga temperatur tinggi dan kemudian menyusut saat didinginkan, sehingga menyebabkan perubahan bentuk yang sebelumnya rata menjadi memelengkung. Jika deformasi ini tidak dikendalikan, maka dapat menyebabkan ketidaktepatan ukuran, menurunkan kekuatan struktural sambungan, bahkan berpotensi menyebabkan kegagalan fungsi komponen hasil las. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian deformasi melalui pengaturan parameter pengelasan yang optimal.

Salah satu metode pengelasan yang banyak digunakan dalam dunia industri adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Metode ini dipilih karena memiliki karakteristik yang fleksibel, sederhana dalam pengoperasiannya, dapat digunakan di berbagai posisi pengelasan, serta cocok untuk pekerjaan di lapangan maupun di dalam ruangan. SMAW menggunakan busur listrik sebagai sumber panas untuk mencairkan elektroda sekaligus logam induk. Elektroda yang dilapisi fluks menghasilkan gas pelindung dan terak, yang membantu melindungi logam cair dari kontaminasi atmosfer, menjaga stabilitas busur listrik, serta meningkatkan mutu hasil las (Wiryosumarto & Okumura, 2010).

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah tipe SS-400, yang banyak digunakan dalam aplikasi konstruksi dan manufaktur karena memiliki sifat mekanik yang baik, harga ekonomis, mudah dilas, dan cukup kuat secara struktural. Sifat mudah dilas dari baja SS-400 menjadikannya pilihan tepat untuk mengamati pengaruh parameter pengelasan terhadap deformasi tanpa mengalami kerusakan material akibat suhu tinggi.

Jenis elektroda yang digunakan adalah E7018, yang merupakan elektroda dengan lapisan low-hydrogen dan banyak digunakan untuk pengelasan struktur baja. E7018 dipilih karena mampu menghasilkan hasil lasan yang kuat, stabil, dengan penetrasi sedang hingga dalam, serta cocok digunakan pada baja karbon rendah seperti SS-400. Selain itu, elektroda ini memiliki sifat *low spatter* dan mudah digunakan, sehingga cocok untuk proses pengelasan yang mengutamakan kualitas hasil sambungan dan mengurangi kemungkinan terjadinya cacat las.

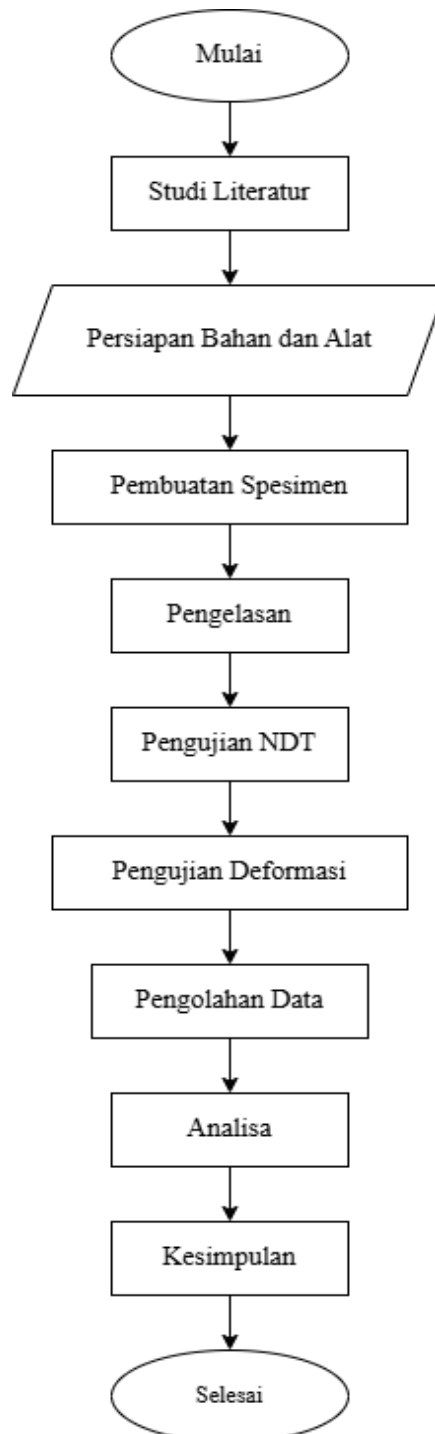
Keberhasilan pengelasan dengan metode SMAW sangat dipengaruhi oleh parameter proses, salah satunya adalah besar arus listrik. Arus listrik menentukan jumlah panas yang dihasilkan selama proses pengelasan, yang berpengaruh langsung terhadap bentuk daerah las, ukuran sambungan, dan tingkat deformasi yang terjadi. Apabila arus terlalu besar, maka panas berlebih akan menyebabkan logam induk dan pengisi meleleh lebih banyak, sehingga saat pendinginan akan terjadi penyusutan besar yang memicu deformasi signifikan. Sebaliknya, arus yang terlalu kecil tidak mampu menghasilkan energi panas yang cukup, sehingga sambungan menjadi kurang kuat dan penetrasinya dangkal.

Variasi arus listrik dalam proses pengelasan berpengaruh langsung terhadap karakteristik hasil las, khususnya pada pembentukan deformasi. Penelitian ini menggunakan variasi arus 100A, 105A, 110A, 115A, dan 120A untuk Mendapatkan keterkaitan antara besar arus las dengan sudut deformasi yang timbul akibat perbedaan laju pemanasan dan pendinginan material. Melalui pengendalian parameter arus pengelasan yang tepat, diharapkan deformasi dapat diminimalisasi sehingga kualitas sambungan meningkat, baik dari segi kekuatan mekanik maupun keandalan struktural.

Metode Penelitian

Diagram Alir

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. 1 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan umum dari diagram alir untuk mendukung tercapainya tujuan dari pengujian yang dilakukan.

1. Studi Literatur

Merupakan sebagai Langkah awal untuk mencari referensi atau teori mengenai pengelesan.

2. Persiapan Bahan dan Alat

Persiapan alat dan bahan meliputi mesin las SMAW BX1-300 untuk melakukan pengelasan terhadap spesimen.

Baja SS-400 yang bertujuan untuk dilakukan pengelasan dan pengujian spesimen.

- ◆ Spesimen ini dibentuk dengan ukuran 100 X 50 X 10 mm.

Untuk mendapatkan hasil yang sesuai maka spesimen membutuhkan 10 buah yang akan menjadi 5 buah pasang.

Elektroda menggunakan jenis LB-52-18 E7018 3.2 mm

3. Pembuatan spesimen.

Spesimen baja SS-400 ini dipotong menggunakan mesin potong yang kemudian dilakukan pengelasan menggunakan mesin las BX1-300.

4. Pengelasan.

Pada tahapan ini dilakukan pengelasan dengan arus bervariasi 100,105, 110,115 dan 120 ampere.

5. Pengujian penetrant

Pengujian NDT ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada *crack* pada hasil pengelasan atau tidak.

6. Pengujian deformasi

Dilakukan pengujian deformasi melengkung untuk mengetahui nilai sudut dari hasil pengelasan yang telah mendingin.

7. Pengolahan data

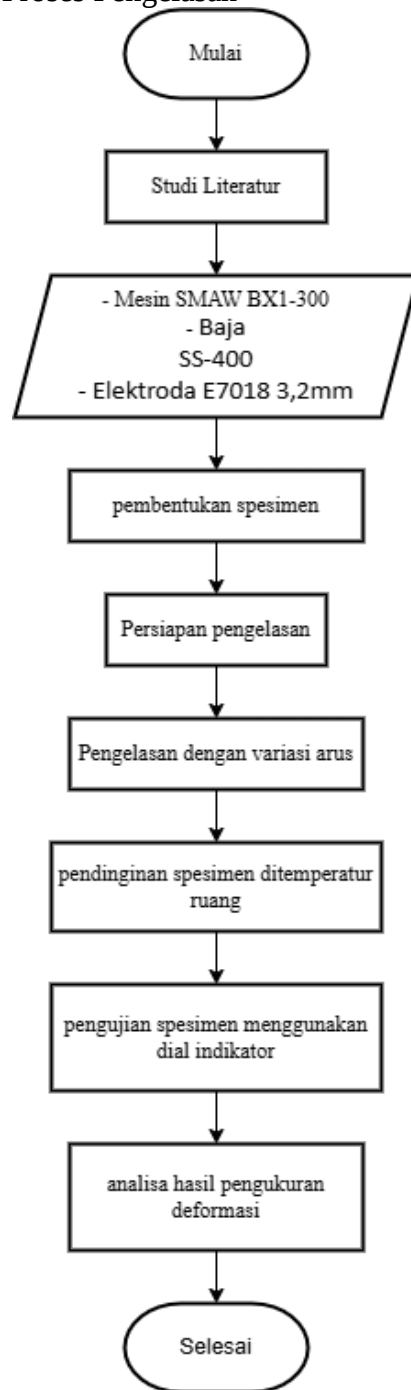
Mendapatkan data dari hasil pengujian deformasi yang sudah dilakukan.

8. Analisa dan kesimpulan

Analisa ini berupa hasil sudut melengkung, cacat pengelasan hasil penetrant serta mencari parameter untuk mendapatkan hasil yang sesuai.

9. Selesai

Diagram Alir Pengerjaan Proses Pengelasan

**Gambar 2. 2** Diagram Alir Proses Pengerjaan Pengelasan

1. Untuk mendukung proses penelitian, langkah awal yang dilakukan adalah studi literatur yang mencakup buku dan jurnal terkait pengelasan, metode pengujian *non-destruktif* (NDT), serta deformasi.
2. Dalam langkah ini, ditentukan alat dan bahan utama yang digunakan, yaitu: Mesin las SMAW BX1-300, bahan baja SS-400 sebagai material spesimen, dan elektroda E7018 berdiameter 3,2 mm sebagai bahan las
3. Material baja SS-400 dibentuk sesuai dengan ukuran dan jumlah yang dibutuhkan untuk pengujian, mengikuti standar atau desain penelitian.
4. Spesimen yang telah dibentuk dipersiapkan untuk proses pengelasan. Persiapan ini

bisa meliputi: Pembersihan permukaan, penempatan di posisi pengelasan, pemeriksaan alat dan elektroda.

5. Proses pengelasan dilakukan pada masing-masing spesimen menggunakan variasi arus listrik yang berbeda. Tujuannya untuk mengetahui pengaruh arus terhadap deformasi hasil las.
6. Setelah pengelasan, spesimen didinginkan secara alami di suhu ruang. Ini dilakukan agar proses pendinginan berlangsung merata dan tidak mengganggu hasil deformasi.
7. Setelah dingin, spesimen diuji menggunakan dial indikator untuk mengukur besar deformasi yang terjadi akibat proses pengelasan dengan arus yang berbeda.
8. Data hasil pengukuran dianalisis untuk melihat hubungan antara besar arus listrik dan deformasi yang terjadi pada baja SS-400.

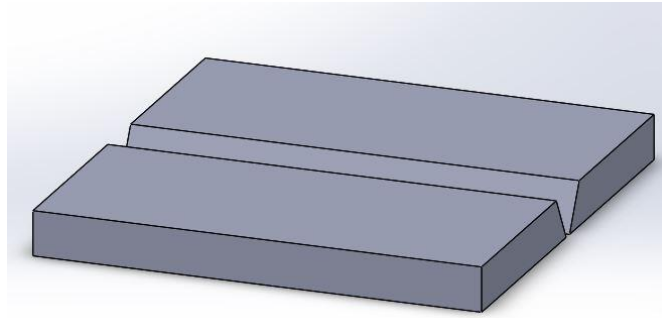
Alat dan Bahan

1. Alat dan bahan yang digunakan saat pembuatan spesimen
 - Baja ketebalan 10 mm
 - Elektroda E7018 diameter 3.2 mm
 - Mesin las SMAW BX1-300
 - Gerinda
 - Sikat Kawat
 - Palu las
 - Ragum
 - *Cutting*
 - Penggaris
 - Jangka sorong
 - *Waterpass*
 - APD las
2. Alat Pengujian Spesimen
 - Dial Indikator
 - Meja Rata
 - Penetrant
 - Developer
 - Bensin

Pembentukan Spesimen

Spesimen digunakan sesuai dengan standar ASTM E8 yang berbentuk plat yang dipotong menjadi 2 bagian dengan sudut bevel 30 derajat pada daerah tengah spesimen yang nantinya akan di las. Adapun ukuran serta jenis material yang digunakan pada penelitian ini:

Jenis material	: Baja SS-400
Tebal plat	: 10 mm
Lebar plat	: 50 mm
Panjang plat	: 100 mm
Kampuh	: 30 (dalam derajat per satu kampuh)



Gambar 2. 3 Pembentukan Spesimen

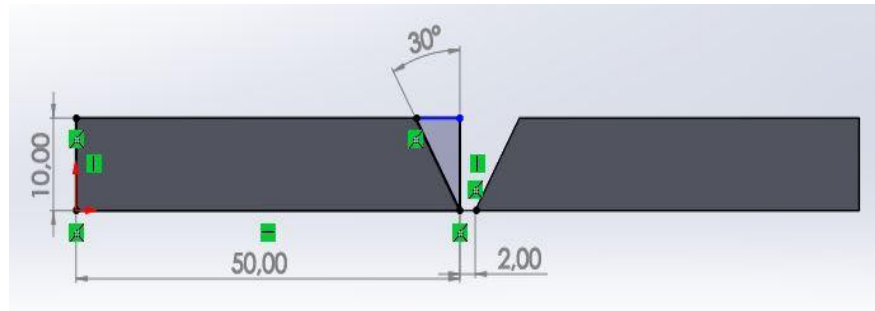
Persiapan Benda Kerja

1. Proses pengelasan dalam penelitian ini dilakukan menggunakan mesin las tipe **Shielded Metal Arc Welding (SMAW)** dengan kapasitas maksimum 300 Ampere. Mesin ini memiliki spesifikasi teknis sebagai berikut:
 - a. Tegangan input pengenalan (V) 380/220 yang menunjukkan bahwa mesin dapat beroperasi pada dua level tegangan listrik sesuai sumber daya yang tersedia.
 - b. Tegangan tanpa beban (V) 64 yang menggambarkan tegangan listrik pada kondisi mesin menyala tetapi belum terjadi proses pengelasan.
 - c. Rentang arus (AMP) 60-300 memungkinkan pengaturan arus sesuai kebutuhan ketebalan material, jenis elektroda, dan jenis sambungan las.
 - d. Kapasitas beban (%) 32 yang menunjukkan kemampuan mesin bekerja pada arus maksimal dalam periode tertentu sebelum memerlukan jeda pendinginan.
 - e. Kapasitas input (KVA) 19 menunjukkan daya listrik yang diperlukan mesin untuk beroperasi. Spesifikasi ini memastikan mesin las mampu menghasilkan panas yang cukup untuk melelehkan logam induk dan elektroda, sehingga dapat membentuk sambungan las yang kuat. Mesin las SMAW BX1-300 dipilih karena memiliki performa yang stabil, fleksibel untuk berbagai variasi arus, dan umum digunakan dalam industri maupun penelitian.



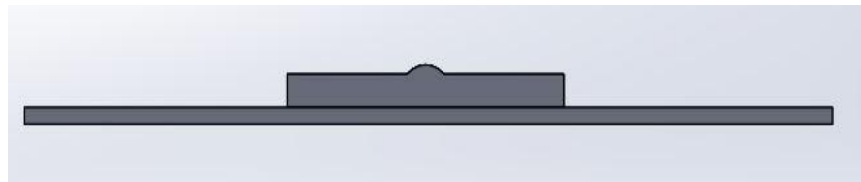
Gambar 2. 4 Mesin Las BX1-300

2. Sambungan las yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk **kampuh V** dengan sudut kemiringan 30° . Bentuk kampuh V dipilih karena mampu memberikan penetrasi yang baik serta memudahkan cairan logam las mengisi celah sambungan secara merata. Jarak antar permukaan logam yang akan dilas diatur sebesar 2 mm. Celah ini bertujuan untuk memberikan ruang bagi logam cair saat proses pengelasan, sehingga sambungan dapat terisi sempurna tanpa cacat seperti porositas atau kurangnya fusi. Pemilihan sudut kampuh dan celah yang tepat sangat penting untuk menghasilkan sambungan dengan kekuatan optimal



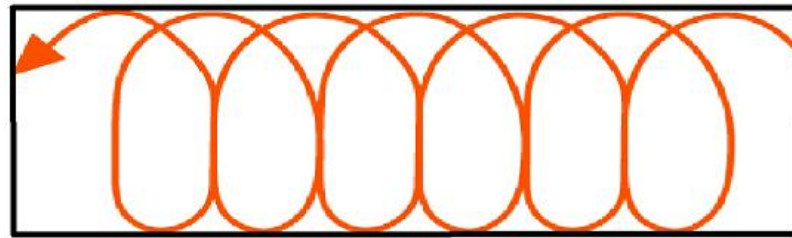
Gambar 2. 5 Ukuran Spesimen SS-400

3. Proses pengelasan dilakukan pada permukaan meja kerja yang rata, untuk memastikan kestabilan spesimen selama pengerjaan. Posisi pengelasan yang digunakan adalah **posisi horizontal**, di mana sumbu sambungan berada sejajar dengan lantai atau permukaan kerja. Posisi ini dipilih karena relatif mudah dikontrol, meminimalkan risiko logam cair mengalir keluar jalur, dan memberikan hasil las yang konsisten. Dengan posisi horizontal, operator las dapat mengatur arah dan kecepatan gerakan elektroda secara lebih stabil, sehingga mempengaruhi kualitas sambungan yang dihasilkan.



Gambar 2. 6 Pengelasan Spesimen Horizontal

4. Teknik atau alur pengelasan yang digunakan adalah **pola gerakan melingkar** (*circular weaving pattern*). Pada teknik ini, elektroda digerakkan membentuk lingkaran kecil secara berulang sepanjang jalur las. Gerakan melingkar ini memiliki beberapa tujuan utama, yaitu:
- Memperluas lebar manik las**, sehingga logam cair dapat menutup kampuh dengan sempurna.
 - Memastikan penetrasi merata** pada seluruh permukaan sambungan, baik di bagian akar las maupun di sisi-sisinya.
 - Mengurangi risiko cacat las**, seperti *undercut* atau kurangnya pengisian di sisi kampuh.
 - Menyebarkan panas secara merata**, yang membantu mengurangi konsentrasi panas pada satu titik dan meminimalkan distorsi akibat pendinginan tidak merata.



Gambar 2. 7 Alur Melingkar

Pembuatan Spesimen

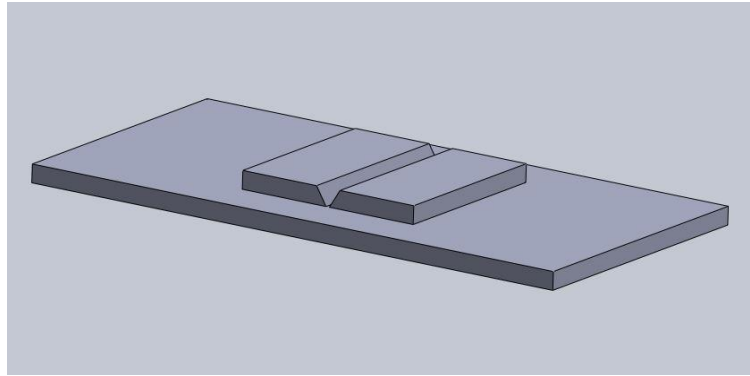
1. Pembuatan spesimen las
 - Siapkan plat baja SS-400 berukuran 100 mm x 50 mm x 10 mm
 - Buat kampuh V 30°
2. Pengelasan
 - Siapkan plat baja SS-400 yang sudah dipotong dan dibuat kampuh v sesuai dengan ukuran.
 - Bersihkan permukaan baja yang akan dilas menggunakan sikat kawat.
 - Siapkan mesin las sesuai prosedur yang telah ditentukan.
 - Gunakan Alat Pelindung Diri saat berjalan alat mesin las.
 - Beri celah 2 mm antara spesimen 1 dan spesimen 2.
 - Gunakan waterpass sebelum melakukan pengelasan untuk memeriksa kerataan antara 2 spesimen yang akan dilas.
 - Lakukan pengelasan sesuai dengan prosedur yang sudah ditetapkan.
 - Bersihkan *slag* dari hasil pengelasan menggunakan palu.
3. Pembuatan spesimen uji
 - Siapkan spesimen yang telah dilas sebelumnya.
 - Bersihkan spesimen yang sudah dilas menggunakan sikat kawat
 - Lakukan uji NDT dengan metode *dye penetrant* sebelum melakukan pengujian deformasi.
 - Buang *weld metal* apabila menembus root.

Proses Pengelasan

Deformasi merupakan dampak yang dihasilkan dari proses pengelasan. Fenomena ini sangat krusial karena berkaitan dengan fungsi, bentuk, dan potensi risiko yang muncul jika hasil pengelasan mengalami deformasi plastis, yang dapat menyebabkan kegagalan pada konstruksi. Selain deformasi, besar arus yang digunakan juga memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat deformasi yang terjadi selama proses pengelasan, terutama pada mesin las. Berikut pengujian yang dilakukan pada penelitian ini:

1. Persiapan Spesimen

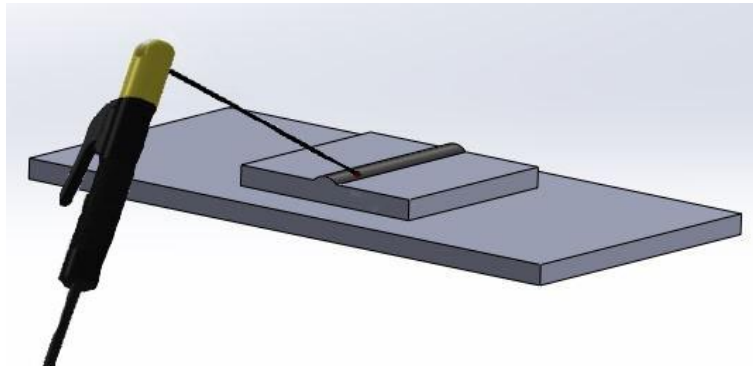
Langkah pertama yang dilakukan adalah mempersiapkan spesimen dengan ukuran 100 mm x 50 mm x 10 mm. Spesimen dipotong sesuai ukuran tersebut menggunakan alat pemotong logam, kemudian diletakkan di atas permukaan datar dan stabil. Hal ini bertujuan agar posisi spesimen tetap rata dan sejajar, sehingga proses pengelasan nantinya dapat berlangsung secara merata dan akurat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Spesimen SS-400 yang sudah dipotong

2. Proses Pengelasan

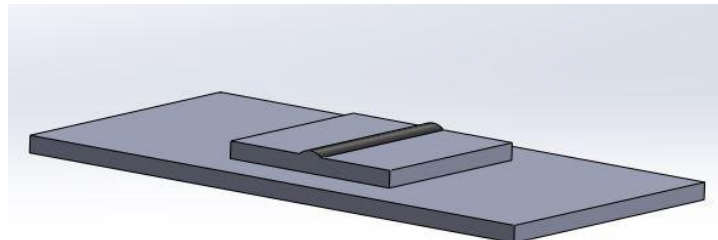
Setelah spesimen siap, dilakukan proses pengelasan tanpa penjepitan pada kedua ujung spesimen. Pengelasan dilakukan dengan variasi arus listrik yang berbeda, yaitu 100 Ampere, 105 Ampere, 110 Ampere, 115 Ampere, dan 120 Ampere. Setiap variasi arus digunakan untuk satu spesimen, dengan teknik dan durasi pengelasan yang dibuat konstan. Tujuan dari variasi arus ini adalah untuk mengetahui pengaruh besar arus terhadap tingkat deformasi pada spesimen setelah proses pengelasan yang ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Proses Pengelasan Spesimen

3. Pendinginan Spesimen

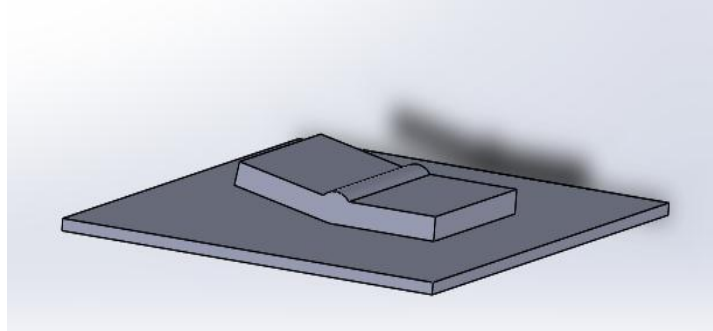
Setelah proses pengelasan selesai, spesimen didiamkan di suhu ruang tanpa pendinginan buatan (seperti air atau udara tekan), agar proses pendinginan berlangsung secara alami. Pendinginan alami ini dilakukan untuk mengamati deformasi yang terjadi sebagai dampak dari pengelasan. Bentuk deformasi awal yang muncul dapat diamati secara visual dan didokumentasikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Proses Pendinginan Spesimen

4. Pengamatan dan Sudut deformasi

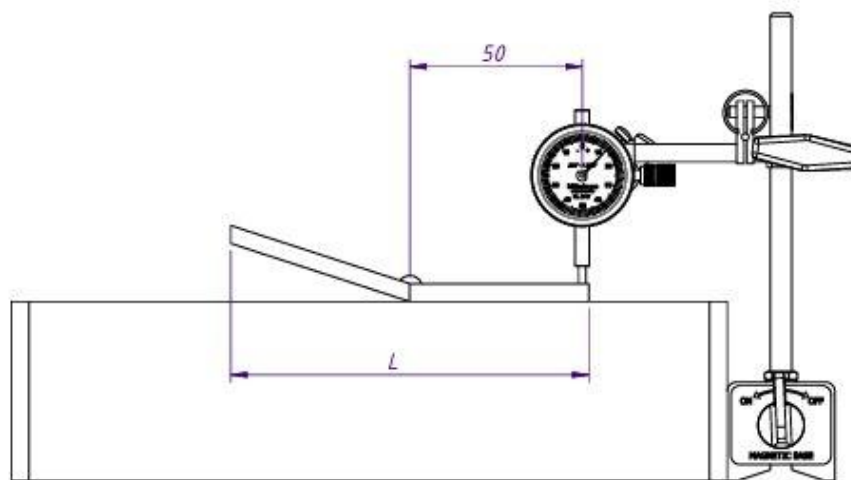
Setelah pendinginan, spesimen diperiksa untuk melihat adanya perubahan bentuk (deformasi). Deformasi yang terjadi umumnya berupa perubahan sudut deformasi pada permukaan spesimen akibat tegangan sisa dari proses pengelasan. Besar sudut deformasi kemudian dihitung menggunakan alat bantu pengukuran sudut. Data ini penting untuk mengetahui hubungan antara besar arus pengelasan dengan tingkat deformasi yang ditimbulkan. Hasil pengukuran sudut deformasi dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 hasil Deformasi dari Pengelasan

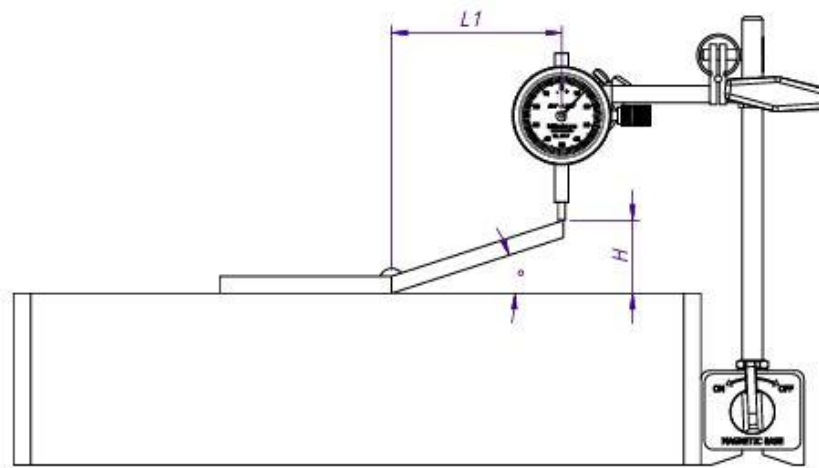
5. Pengujian Deformasi dengan Dial Indikator

Untuk memperoleh data deformasi secara lebih akurat, dilakukan pengujian menggunakan dial indikator yang ditempatkan pada permukaan meja rata sebagai acuan.



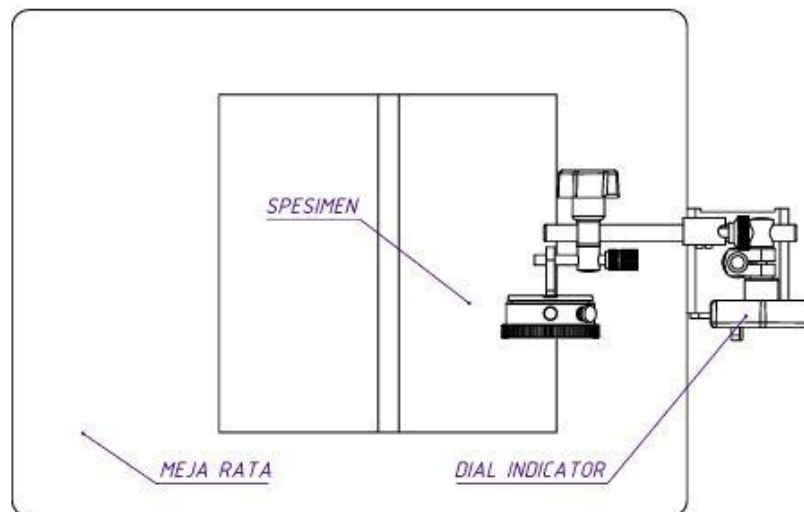
Gambar 2. 12 Proses Pengaturan Nol Dial Indikator

Sebelum pengujian dimulai, dial indikator disetel terlebih dahulu pada posisi nol (0) guna memastikan hasil pengukuran yang presisi dan menghindari kesalahan awal.



Gambar 2. 13 Proses Pengambilan Data

Setelah dilakukannya Pengaturan nol maka kemudian bagian sebelah kiri diberi beban agar posisi sebelah kanan akan naik yang nantinya dial akan memberikan nilai berapa tinggi yang dihasilkan oleh spesimen tersebut.



Gambar 2. 14 Titik Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada tiga titik pengukuran, yaitu bagian kiri, tengah, dan kanan spesimen, untuk mendapatkan gambaran deformasi secara menyeluruh. Proses pengaturan dan pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 2.14.

HASIL DAN PEMBAHASAN**Hasil Pengukuran Deformasi**

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan dengan menggunakan dial indikator untuk menentukan hasil sudut deformasi yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 3. 1 Hasil Pengukuran Deformasi

No	Arus (A)	Elektroda	Waktu	L1 (mm)	h (mm)	Posisi Titik
1	Spesimen 1 100 A	E7018	02:59	50	1,11	Kanan
					1,20	Tengah
					1,25	Kiri
	Spesimen 2 100 A		02:55		1,13	Kanan
					1,19	Tengah
					1,23	Kiri
RATA-RATA					1,19	
2	Spesimen 1 105 A	E7018	02:56	50	1,30	Kanan
					1,63	Tengah
					1,66	Kiri
	Spesimen 2 105 A		02:57		1,26	Kanan
					1,60	Tengah
					1,65	Kiri
RATA-RATA					1,52	
3	Spesimen 1 110 A	E7018	03:02	50	1,97	Kanan
					1,98	Tengah
					2,35	Kiri
	Spesimen 2 110 A		03:04		1,99	Kanan
					2,03	Tengah
					2,37	Kiri
RATA-RATA					2,12	
4	Spesimen 1 115 A	E7018	03:10	50	3,16	Kanan
					3,26	Tengah
					3,24	Kiri
	Spesimen 2 115 A		03:07		3,11	Kanan
					3,20	Tengah
					3,24	Kiri
RATA-RATA					3,20	
5	Spesimen 1 120 A	E7018	03:08	50	4,48	Kanan
					4,59	Tengah
					4,78	Kiri
	Spesimen 2 120 A		03:10		4,51	Kanan
					4,62	Tengah
					4,89	Kiri
RATA-RATA					4,65	

Untuk merubah milimeter kedalam derajat maka dapat menggunakan prinsip trigonometri, Jika dua sisi diketahui, rumus trigonometri dapat digunakan untuk menentukan sudut hasil deformasi.

Keterangan:

- L : Panjang Keseluruhan
- $L1$: Panjang Awal
- h : Deformasi
- $Tan \theta$: $\frac{h}{L1}$
- $Tan^{-1}(\theta)$: Sudut

Tabel 3. 2 Hasil Pengolahan Data Deformasi Sudut

No	Arus	L1 (mm)	h (mm)	Θ (°)	Posisi Titik
1	Spesimen 1 100 A	50	1,11	1,26	Kanan
			1,20	1,37	Tengah
			1,25	1,43	Kiri
	Spesimen 1 100 A	50	1,13	1,26	Kanan
			1,19	1,31	Tengah
			1,23	1,37	Kiri
Rata-rata			1,19	1,33	
2	Spesimen 1 105 A	50	1,30	1,48	Kanan
			1,63	1,83	Tengah
			1,66	1,89	Kiri
	Spesimen 1 105 A	50	1,26	1,43	Kanan
			1,60	1,83	Tengah
			1,65	1,89	Kiri
Rata-rata			1,52	1,73	
3	Spesimen 1 110 A	50	1,97	2,23	Kanan
			1,98	2,23	Tengah
			2,35	2,69	Kiri
	Spesimen 1 110 A	50	1,99	2,23	Kanan
			2,03	2,29	Tengah
			2,37	2,69	Kiri
Rata-rata			2,12	2,39	
4	Spesimen 1 115 A	50	3,16	3,60	Kanan
			3,26	3,71	Tengah
			3,24	3,66	Kiri
	Spesimen 1 115 A	50	3,11	3,54	Kanan
			3,20	3,66	Tengah
			3,24	3,66	Kiri
Rata-rata			3,20	3,64	
5	Spesimen 1 120 A	50	4,48	5,08	Kanan
			4,59	5,19	Tengah
			4,78	5,42	Kiri

Spesimen 1 120 A	50	4,51	5,14	Kanan
		4,62	5,25	Tengah
		4,89	5,54	Kiri
Rata-rata		4,65	5,27	

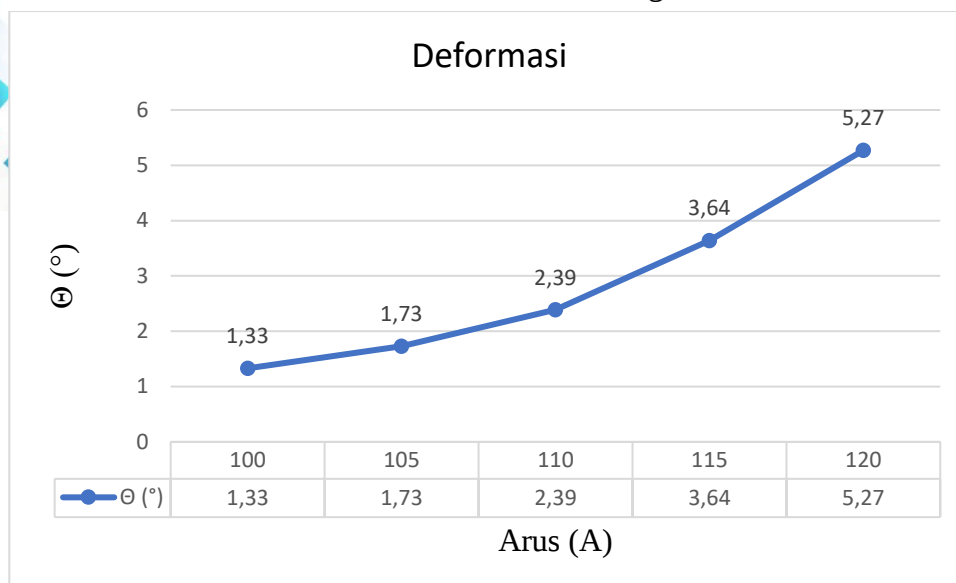
Tabel 3. 3 Hasil Rata Rata Sudut Deformasi

No	Arus (A)	Θ (°)
1	100	1,33
2	105	1,73
3	110	2,39
4	115	3,64
5	120	5,27

Berdasarkan hasil pengukuran deformasi, terdapat kenaikan yang signifikan setelah arus mencapai 110 A. Kenaikan deformasi dari 100 A ke 105 A hanya sebesar $0,40^\circ$, sedangkan dari 110 A ke 115 A meningkat sebesar $0,66^\circ$, dan dari 115 A ke 120 A naik lagi sebesar $1,63^\circ$. Hal ini menunjukkan bahwa setelah arus melebihi 110 A, efek pemanasan dan deformasi meningkat secara drastis. Artinya, pada rentang arus tinggi, material menjadi lebih sensitif terhadap perubahan arus listrik yang diberikan selama proses pengelasan.

**Gambar 3. 1** Hasil Pengujian Dye Penetrant

Setelah hasil *dye penetrant* 5 spesimen menunjukkan hasil yang baik tanpa indikasi *crack* permukaan. Maka dapat dipahami bahwa deformasi terjadi akibat variasi arus bukan disebabkan oleh faktor lain seperti meja tidak rata, atau adanya *crack* dalam pengelasan yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3. 2 Grafik Arus dan Sudut

Grafik menunjukkan adanya hubungan positif antara besar arus listrik dan sudut deformasi. Artinya, semakin besar arus listrik yang digunakan, semakin besar pula deformasi yang terjadi pada material las. Peningkatan arus menyebabkan suhu las meningkat, sehingga logam dasar mengalami ekspansi dan penyusutan yang lebih ekstrem. Ini yang memicu terjadinya deformasi lebih besar pada spesimen.

Pembahasan

Dari data pada Tabel 3.3, terlihat bahwa terdapat hubungan antara besar arus pengelasan dengan besar sudut deformasi yang terjadi pada spesimen baja SS-400. Artinya, semakin besar arus yang digunakan saat pengelasan, semakin besar pula sudut deformasi yang ditimbulkan.

Hal ini disebabkan oleh meningkatnya energi panas input seiring dengan bertambahnya arus. Semakin besar arus, maka busur listrik akan menghasilkan panas yang lebih tinggi, yang menyebabkan volume logam cair lebih banyak. Ketika proses pendinginan berlangsung, logam akan mengalami penyusutan besar (*shrinkage*). Penyusutan inilah yang menjadi sumber utama dari sudut deformasi yang terjadi pada hasil las.

Sebaliknya, pada arus rendah seperti 100 A dan 105 A, energi panas yang masuk lebih sedikit, sehingga melelehkan logam dalam jumlah yang lebih kecil. Akibatnya, saat pendinginan, penyusutan juga lebih kecil, dan deformasi yang terbentuk pun lebih minim.

Pada Gambar 3.2 menunjukkan grafik hubungan antara arus listrik dan sudut deformasi. Grafik ini menunjukkan garis naik secara signifikan dari arus 100 A hingga 120 A, yang menandakan bahwa variasi arus memang sangat memengaruhi besar deformasi.

Peningkatan sudut deformasi paling drastis terjadi antara arus 110 A hingga 120 A. Hal ini menandakan bahwa di atas titik tertentu, peningkatan arus akan menghasilkan lonjakan panas berlebih, yang menyebabkan deformasi meningkat lebih tajam. Oleh karena itu, pemilihan arus dalam praktik industri harus memperhatikan batas aman deformasi, agar sambungan tidak mengalami perubahan bentuk yang berpotensi menurunkan kekuatan dan presisi struktur.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi arus listrik terhadap sudut deformasi memelengkung pada pengelasan baja SS-400 menggunakan metode SMAW BX1-300, dapat disimpulkan bahwa arus listrik berpengaruh signifikan terhadap besar kecilnya

deformasi yang terjadi.

Semakin besar arus yang digunakan dalam proses pengelasan, maka semakin besar pula sudut deformasi yang terbentuk. Hal ini disebabkan oleh peningkatan panas input yang mengakibatkan penyusutan logam lebih besar saat pendinginan.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada arus 100 A, sudut deformasi rata-rata adalah 1,33°, dan meningkat menjadi 5,27° pada arus 120 A. Kenaikan ini menunjukkan adanya hubungan antara besar arus listrik dan deformasi.

Grafik hubungan antara arus dan sudut deformasi memperkuat kesimpulan bahwa arus merupakan parameter penting yang harus dikontrol dalam proses pengelasan untuk menjaga presisi dan kualitas sambungan.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penyebab utama terjadinya deformasi pada spesimen adalah variasi arus pengelasan, bukan faktor lain.

Saran

1. Penelitian ini masih terbatas pada variasi arus listrik dengan rentang 100 A hingga 120 A. Peneliti selanjutnya disarankan untuk mengembangkan penelitian dengan mempertimbangkan variabel lain seperti jenis elektroda, kecepatan pengelasan, jenis kampuh, maupun posisi pengelasan, agar diperoleh pemahaman yang lebih menyeluruh terhadap pengaruh parameter las terhadap deformasi.
2. Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan ajar atau referensi tambahan dalam praktikum pengelasan, khususnya dalam mata kuliah teknik pengelasan atau proses produksi. Selain itu, penelitian ini bisa dijadikan dasar untuk pengembangan topik tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Aljufri. (2008). Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Tunggal dan Kuat Arus Sambungan Logam dan Aluminium-Mg 5083 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan TIG.
- Azwinur dan Muhazir. (2019). Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanik Material SS400. Jurnal Polimesin.
- Callister W dan Rethwisch D. (2018). *Materials Science and Engineering*. . New York: Wiley Publisher.
- Hidayatullah dan Syarif M. (2023). Analisis Variasi Arus Pada pengelasan *Shielded Metal ARC Welding* (SMAW) Matrial SS-400 Terhadap Kekuatan Impak dan Uji Makro.
- Jeffus. (2016). *Welding: Principles And Applications*. Canada : Cengage Learning.
- Moniz B dan Miller R. (2004). *Welding Skills Third Edition*. American Technical.
- Nutalapati, S., Azad, D., & Naidu, G. S. (2016). *Effect Of Welding Current Onwelding Speed And Ultimate Tensile Streght (UTS) Ofmild Steel*. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), 156-176.
- Patchett, B. (2003). *Castie Metals Blue Book: Welding Filler Metals 4th Edition*. Canada: Castie Publication.
- Saefuddin A, Zulkifli, dan Rahayu. (2017). Analisa Kekuatan Impak Pada Penyambungan Pengelasan SMAW Material Assab 705 Dengan Variasai Arus Pengelasan. Jurnal Polimesin.
- Santoso. (2006). pengaruh Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW Dengan Elektroda E7018. Jurnal Riset Industri.
- Sonawan H dan Sutratman R. (2006). Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Material. Bandung: Alfa Beta.
- Tarkono, G. Sihan dan Zulhanif. (2012). Studi Penggunaan Elektroda Las Yang Berbeda terhdap Sifat Mekanik Pengalasan SMAW Baja AISI 1045. Journal Mechanical.
- Wirjomarto H dan Okumura T . (2010). Teknologi Pengelasan Logam .

- Yudha Kurniawan Afandi, Irfan Syarif Arif dan Amiadji. (2015). Analisa Laju Korosi Pada
◆ Plat Baja Karbon Dengan Variasi Ketebalan *Coating*. Jurnal Teknik ITS.
- Z, H. (2016). Analisa Pengaruh Variasi Komposisi Gas Pelindung Terhadap Hasil Pengelasan
◆ GMAW-Short Circuit Dengan Penggunaan Mesin Khusus Regulated Metal Deposition
◆ (RMD). Jurnal Teknik ITS.