

Analisa Pengaruh Perbedaan Arus Listrik Pada Proses Pengelasan Terhadap Deformasi Hasil Pengelasan Pada Baja St-37

FERY MARDIANSYAH^{1*} , SYAHRIL SAYUTI¹

Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: ferymardiansyah389@gmail.com

Received 31 01 2024 | Revised 07 02 2024 | Accepted 07 02 2024

ABSTRAK

Deformasi merupakan salah satu hasil dari proses pengelasan yang didapatkan ketika proses pendinginan material las. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui Pengaruh variasi arus las pada proses pengelasan SMAW portable pada baja terhadap deformasi dan deformasi yang terjadi pada hasil pengelasan benar-benar akibat variasi arus las bukan dari faktor lain. Metode penelitian yang digunakan yaitu pengujian pengelasan dengan arus las yang bervariasi menggunakan mesin las SMAW portable. Berdasarkan hasil percobaan, diperoleh hasil pengelasan yaitu pada arus 60 A mengalami deformasi rata-rata sebesar 1,13 mm dan sudut rata-rata 2,13, pada arus 65 A mengalami deformasi rata-rata 1,43 mm dan sudut rata-rata 2,7, pada arus 70 A mengalami deformasi rata-rata 1,55 mm dan sudut rata-rata 2,93, pada arus 75 A mengalami deformasi rata-rata 1,85 mm dan sudut rata-rata 3,14. Pada arus 80 A mengalami deformasi rata-rata 5,08 mm dan sudut rata-rata 2,17. Dapat disimpulkan bahwa arus pengelasan sangat berpengaruh terhadap tinggi arus.

Kata kunci: Mesin las SMAW portable, Baja, Arus las, Deformasi, Arus listrik

ABSTRACT

Deformation is one of the outcomes of the welding process obtained during the cooling process of the welded material. The purpose of this final project is to determine the effect of varying welding currents on the portable SMAW welding process on steel towards deformation and to ascertain that the deformation occurring in the welded results is solely due to the variation in welding currents rather than other factors. The research method employed involves welding tests with varying welding currents using a portable SMAW welding machine. The results obtained are as follows: at 60 A current, the average deformation experienced is 1.13 mm with an average angle of 2.13; at 65 A current, the average deformation is 1.43 mm with an average angle of 2.7; at 70 A current, the average deformation is 1.55 mm with an average angle of 2.93; at 75 A current, the average deformation is 1.85 mm with an average angle of 3.14. Welding with an 80 A current results in an average deformation of 5.08 mm with an average angle of 2.17. In conclusion, welding current significantly influences the heat produced

Keywords: Portable SMAW welding machine, Steel, Welding current, Deformation, Electric Currentson

1. PENDAHULUAN

Deformasi merupakan hasil yang diperoleh dari proses pengelasan. Deformasi ini sangat penting karena menyangkut dengan fungsi, bentuk dan resiko yang terjadi apabila hasil pengelasan mengalami deformasi plastis yang mengakibatkan kegagalan pada konstruksi. Selain deformasi, arus yang digunakan juga sangat berpengaruh terhadap deformasi yang dihasilkan pada proses pengelasan terutama pada mesin las SMAW portable. Besar atau kecilnya arus listrik memiliki hubungan dengan elektroda yang akan digunakan dalam pengelasan. Elektroda yang digunakan pada proses pengelasan dibungkus dengan fluks atau disebut dengan shielded metal arc welding (SMAW). Fluks memiliki peran penting karena bertujuan untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, dan menstabilkan busur. Selama proses pengelasan bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda akibat panas busur listrik, mencair membentuk terak yang kemudian menutupi logam cair yang menggenang di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi. Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk. Makin tinggi arus las makin besar penembusan dan kecepatannya. Sebaliknya arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Untuk mengetahui nilai deformasi yang dihasilkan dari variasi arus yang digunakan pada hasil proses pengelasan, maka dilakukan pengujian pengelasan dengan arus las yang bervariasi menggunakan mesin las SMAW portable. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi arus las pada proses pengelasan SMAW portable pada baja terhadap deformasi dan mengetahui deformasi yang terjadi pada hasil pengelasan benar-benar akibat variasi arus las bukan dari faktor lain.

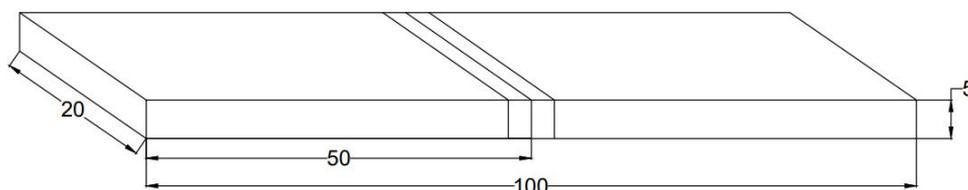
2. METODOLOGI

2.1. Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, berbagai alat dan bahan digunakan untuk pembuatan dan pengujian specimen. Alat dan bahan pembuatan specimen melibatkan baja ketebalan 5 mm, elektroda E7018 dengan diameter 2,6 mm, mesin las SMAW portable 450 Watt 120 A, gerinda, sikat kawat, palu las, ragun, cutting plasma, penggaris, jangka sorong, waterpass, dan alat pelindung diri (APD) untuk keamanan. Sementara itu, alat pengujian mencakup dial indikator, meja rata, penetrant, developer, dan bensin.

2.2. Bentuk Spesimen

Spesimen yang digunakan mengikuti standar ASTM E8, berbentuk plat tanpa pengecilan penampang pada daerah tengah. Gambar 1 mengilustrasikan bentuk specimen uji.



Gambar 1. Bentuk Spesimen uji

2.3. Prosedur Pengelasan

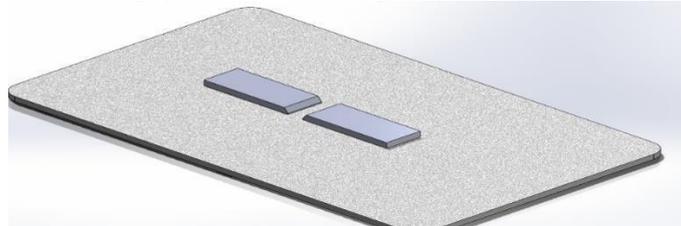
Proses pengelasan dilakukan menggunakan mesin las SMAW portable 450 Watt 120 A dengan kampuh V sudut 30° dan jarak antara bagian specimen yang akan dilas sebesar 2 mm. Pengelasan dilakukan dalam posisi horizontal dengan alur pengelasan bergerak melingkar.

2.4. Pembuatan Spesimen

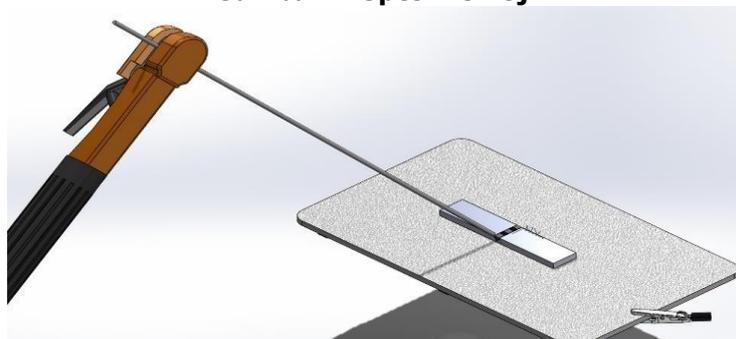
Pembuatan specimen las melibatkan persiapan plat baja ST 37 berukuran 100 mm x 300 mm x 5mm, pemotongan plat menjadi 50 mm x 20 mm menggunakan cutting plasma, dan pembuatan kampuh V 30°. Proses pengelasan melibatkan persiapan plat, pembersihan permukaan baja dengan sikat kawat, penggunaan mesin las sesuai prosedur, pemakaian APD las, pemberian celah 2 mm antara specimen, penggunaan waterpass untuk pengecekan kerataan, dan pengelasan sesuai prosedur. Setelah pengelasan, slag hasil pengelasan dibersihkan dengan palu las. Pembuatan specimen uji melibatkan pembersihan dengan sikat kawat, uji dye penetrant sebelum pengujian deformasi, dan pembuangan weld metal jika menembus root.

2.5. Prosedur Penelitian

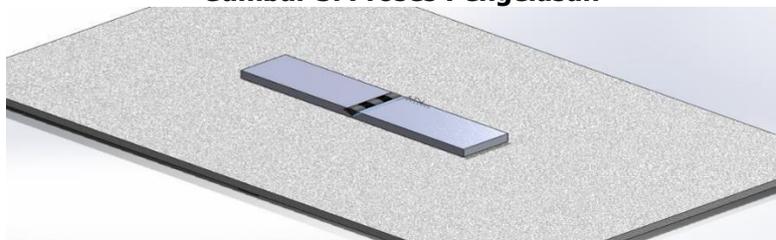
Penelitian ini fokus pada uji deformasi yang disebabkan oleh pemuai logam pada saat proses pengelasan dan penyusutan pada pendinginan setelah proses pengelasan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Metrology Industri Institut Teknologi Nasional Bandung dengan standar pengujian dari Badan Standardisasi Nasional. Gambar 2 hingga Gambar 5 menggambarkan instalasi pengujian, proses pengelasan, pendinginan, dan hasil deformasi.



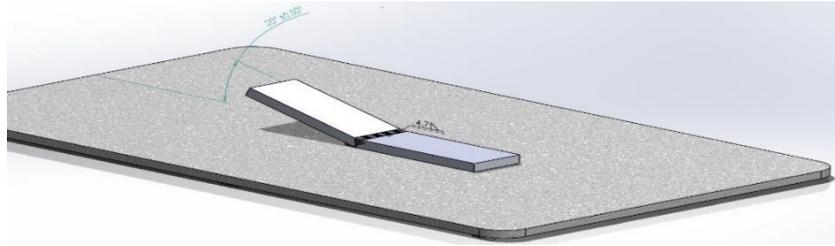
Gambar 2. Spesimen Uji



Gambar 3. Proses Pengelasan



Gambar 4. Proses Pendinginan Spesimen



Gambar 5. Hasil deformasi dari proses pengelasan

2.6. Pelaksanaan Penelitian

Pengujian deformasi dilakukan menggunakan dial indicator dan meja rata. Sebelumnya, dilakukan pemeriksaan NDT dengan metode dye penetrant untuk memastikan bahwa deformasi disebabkan oleh pemuai logam, bukan oleh crack. Alat-alat yang digunakan dalam pengujian NDT melibatkan penetrant DP-50, developer DP-100, bensin, sikat kawat, dan handuk. Langkah-langkah pengujian NDT mencakup membersihkan permukaan baja, penyemprotan dye penetrant, pembersihan cairan, penyemprotan developer, dan pengamatan untuk memastikan tidak adanya crack. Setelah konfirmasi deformasi, dilanjutkan dengan pengujian deformasi menggunakan dial indicator dengan langkah-langkah yang melibatkan persiapan alat, kalibrasi, membersihkan meja rata, setting nol dial indicator, pengujian deformasi, dan pengolahan data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Uji Deformasi

Untuk menguji deformasi, hal yang perlu disiapkan yaitu alat ukur seperti dial indikator dan alat bantu meja rata. Setting nol dilakukan pada dial indikator sebelum melakukan pengujian untuk meminimalkan kesalahan dalam pengukuran dan pengujian dial indikator. Dari hasil uji deformasi yang dilakukan menggunakan alat ukur dial indikator, diperoleh hasil yang terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Uji Deformasi Arus 60 A

No.	Spesimen (ST 37)	L1 (mm)	h (mm)
1.	Baja 1	30	1,15
2.	Baja 2	30	0,98
3.	Baja 3	30	1,28
Rata-rata		30	1,13

Tabel 2. Hasil Uji Deformasi Arus 65 A

No.	Spesimen (ST 37)	L1 (mm)	h (mm)
1.	Baja 1	30	1,68
2.	Baja 2	30	1,21
3.	Baja 3	30	1,40
Rata-rata		30	1,43

Tabel 3. Hasil Uji Deformasi Arus 70 A

No.	Spesimen (ST 37)	L1 (mm)	h (mm)
1.	Baja 1	30	1,52
2.	Baja 2	30	1,28
3.	Baja 3	30	1,87
Rata-rata		30	1,55

*Analisa Pengaruh Perbedaan Arus Listrik
Pada Proses Pengelasan Terhadap
Deformasi Hasil Pengelasan Pada Baja St-37*

Tabel 4. Hasil Uji Deformasi Arus 75 A

No.	Spesimen (ST 37)	L1 (mm)	h (mm)
1.	Baja 1	30	1,83
2.	Baja 2	30	2,11
3.	Baja 3	30	1,63
Rata-rata		30	1,85

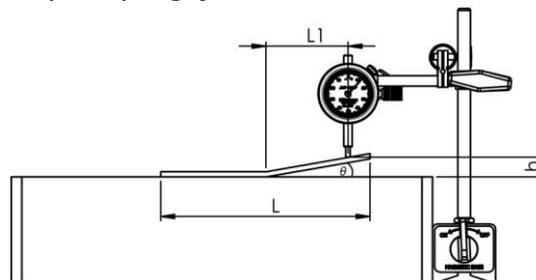
Tabel 5. Hasil Uji Deformasi Arus 80 A

No.	Spesimen (ST 37)	L1 (mm)	h (mm)
1.	Baja 1	30	2,15
2.	Baja 2	30	2,21
3.	Baja 3	30	2.16
Rata-rata		30	2,17

3.2. Pembahasan

3.2.1. Deformasi

Setelah melakukan pengujian deformasi menggunakan alat ukur dial indicator, lalu melakukan pengolahan data, untuk mendapatkan sudut hasil deformasinya menggunakan konsep trigonometri, yang mana apabila 2 sisi diketahui maka rumus trigonometri bisa digunakan untuk mencari sudut dari hasil deformasi, Berikut Gambar 6 merupakan konsep dari trigonometri yang digunakan pada pengujian deformasi ini:



Gambar 6 Konsep Trigonometri

Keterangan:

L = Panjang keseluruhan

L1 = Panjang awal

h = Deformasi

$$\tan \theta = \frac{h}{L1}$$

θ = sudut

Untuk mencari sudut dari deformasi yang terjadi, pertama menggunakan konsep trigonometri ialah $\tan \theta = \text{depan} / \text{samping}$ atau menurut data yang sudah diperoleh pada pengujian ini adalah h / L , setelah nilai $\tan \theta$ diketahui lalu invers untuk mendapatkan θ . berikut adalah hasil dari θ yang sudah dilakukan pengolahan data konsep trigonometri:

$$\tan \theta = \frac{h}{L1}$$

$$\tan \theta = \frac{1,15 \text{ mm}}{30 \text{ mm}}$$

$$\tan \theta = 0,038$$

$$\tan^{-1}(0,038) = 2,176^\circ$$

Sehingga diperoleh hasil untuk setiap arus pada table berikut.

Tabel 6. Hasil Pengolahan Data Deformasi Arus 60 A

No.	Spesimen (ST 37)	L1 (mm)	h (mm)	θ (°)
1.	Baja 1	30	1,15	2,176
2.	Baja 2	30	0,98	1,832
3.	Baja 3	30	1,28	2,405
Rata-rata		30	1,13	2,13

Tabel 7. Hasil Pengolahan Data Deformasi Arus 65 A

No.	Spesimen (ST 37)	L1 (mm)	h (mm)	θ (°)
1.	Baja 1	30	1,68	3,205
2.	Baja 2	30	1,21	2,290
3.	Baja 3	30	1,40	2,633
Rata-rata		30	1,43	2,70

Tabel 8. Hasil Pengolahan Data Deformasi Arus 70 A

No.	Spesimen (ST 37)	L1 (mm)	h (mm)	θ (°)
1.	Baja 1	30	1,52	2,862
2.	Baja 2	30	1,28	2,405
3.	Baja 3	30	1,87	3,547
Rata-rata		30	1,55	2,93

Tabel 9. Hasil Pengolahan Data Deformasi Arus 75 A

No.	Spesimen (ST 37)	L1 (mm)	h (mm)	θ (°)
1.	Baja 1	30	1,83	3,49
2.	Baja 2	30	2,11	4
3.	Baja 3	30	1,63	3
Rata-rata		30	1,85	3,49

Tabel 10. Hasil Pengolahan Data Deformasi Arus 80 A

No.	Spesimen (ST 37)	L1 (mm)	h (mm)	θ (°)
1.	Baja 1	30	2,15	4,061
2.	Baja 2	30	2,21	4,175
3.	Baja 3	30	2,16	4,118
Rata-rata		30	2,17	4,11

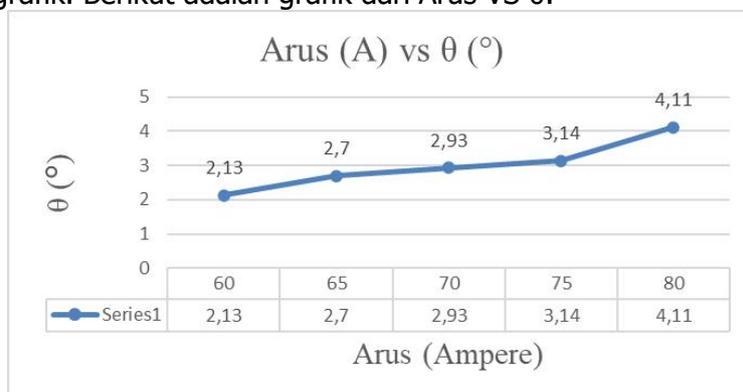
Maka setelah didapatkan nilai rata-rata dari L1, h, tan θ , dan θ maka dapat ditarik kedalam grafik untuk menganalisa hasil dari pengujian ini, dan hasil pada pengujian ini tidak dipengaruhi oleh crack yang mana sesuai dengan hasil pengujian NDT sebelumnya bahwa material tidak mengalami crack seperti terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pengujian NDT

*Analisa Pengaruh Perbedaan Arus Listrik
Pada Proses Pengelasan Terhadap
Deformasi Hasil Pengelasan Pada Baja St-37*

Setelah hasil NDT diketahui bahwa semua materi hasil pengelasan mengalami deformasi disebabkan karena variasi arus pengelasan bukan karena adanya cacat, maka dari itu selanjutnya, Analisa hasil dari data yang sudah didapatkan yang sudah diolah yang ditarik kedalam bentuk grafik. Berikut adalah grafik dari Arus VS θ .



Gambar 8. Grafik Arus VS θ

Berdasarkan Gambar 8, hubungan variasi arus pengelasan terhadap deformasi hasil pengelasan, dimana arus 60 A mengalami deformasi rata-rata sebesar 1,13 mm dan sudut rata-rata yang dihasilkan 2,13, pada pengelasan menggunakan arus 65 A mengalami deformasi rata-rata 1,43 mm dan sudut rata-rata yang dihasilkan 2,7, pada pengelasan dengan arus 70 A memiliki nilai deformasi rata-rata 1,55 mm dan sudut rata-rata 2,93, pada pengelasan dengan arus 75 A memiliki nilai deformasi rata-rata 1,85 mm dan sudut rata-rata 3,14. Pada pengelasan dengan arus 80 A memiliki nilai deformasi rata-rata 5,08 mm dan sudut rata-rata 2,17. Setelah ditarik kedalam grafik dari hasil pengujian deformasi terlihat bahwa pada arus 60 A ke arus 65 A dan seterusnya mengalami lonjakan nilai rata-rata deformasi atau rata-rata sudutnya. Penyebab dari perbedaan nilai deformasi pada arus 60 A ke arus 65 A yang pertama adalah sukarnya penyalaan busur listrik akibat panas yang tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan baja, maka yang meleleh hanya elektroda saja. Dengan demikian arus yang rendah mengakibatkan panas tidak cukup sehingga pada saat proses pengelasan, pemuaihan yang terjadi akibat panas yang dihasilkan tidak sempurna dan penembusannya juga tidak sempurna karena yang meleleh hanya elektrodanya saja. Penyebab kedua adalah pada saat proses pengelasan menggunakan arus 60 A ke arus 65 A antara salah satu materialnya tidak dijepit pada saat proses pengelasan dan terlalu lama untuk proses pengelasannya di satu titik yang menyebabkan tegangan terkonsentrasi sehingga menghasilkan deformasi melengkung seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Spesimen Arus 60 A

Dilihat dari data yang sudah didapatkan pada Gambar 8. bahwa pada arus 65 A, 70 A, 75 A, 80 A. mengalami kenaikan sudut dari deformasinya. Seperti pada grafik 4.1 terlihat bahwa pengelasan menggunakan arus 70 A, 75 A dan 80 A mengalami deformasi yang tinggi disebabkan arus yang digunakan tinggi yang menghasilkan panas yang cukup untuk melelehkan logam induk dan logam pengisi dan dilihat dari hasil pengelasannya sempurna serta penembusannya sempurna tidak sampai menembus rootnya maka pada saat proses pengelasan, pemuaihan yang terjadi sempurna antara logam induk dan logam pengisi dan

ketika proses pendinginan setelah proses pengelasan penyusutan yang terjadi dikarenakan yang menyusut langsung perpaduan antara logam pengisi dan logam induk sehingga deformasi yang terjadi tinggi dan tidak adanya hambatan karena hasil lasannya yang sempurna tidak seperti pada pengelasan dengan arus 60 A, 65 A, dan 70 A. bisa terlihat seperti pada gambar 10. maka dari itu bisa disimpulkan menurut data yang sudah di olah dari hasil pengujian deformasi akibat pengelasan dengan variasi arus pengelasan. Bahwa deformasi yang terjadi akibat panas yang berlebihan dan pendistribusian panas yang tidak terdistribusi dengan merata, berpengaruh terhadap arus pengelasan yang mana berdasarkan rumus Daya Listrik $P = V \times I$ yang mana P (daya listrik(W)), V (tegangan listrik(V)), I (arus listrik(A)). semakin tinggi arus yang digunakan maka energi listrik digunakan juga semakin meningkat. Pada saat pemuain hasil penggabungan dalam proses pengelasan, logam induk mencair serta logam pengisi, yang apabila panas yang dihasilkan tidak cukup, maka penggabungan antara logam pengisi dan logam induk tidak sempurna melainkan hanya logam pengisi saja yang meleleh tetapi apabila panas yang dihasilkan cukup untuk melelehkan logam pengisi dan logam induk maka hasil penggabungan kedua logam ini sempurna tetapi jika panas yang dihasilkan berlebihan penggabungan antara dua buah logam ini bisa menembus rootnya sehingga bisa menyebabkan crack. Setelah proses pengelasan tentunya pada saat proses pendinginan material akan mengalami penyusutan karena adanya perubahan suhu yang mana disebabkan pada saat proses pengelasan material dipanaskan sehingga menyebabkan jarak antar atom dalam material meningkat. Ketika proses pengelasan selesai material didinginkan dan jarak antar atom pada material berkurang sehingga terjadinya penyusutan yang mengakibatkan deformasi.



Gambar 4.7 Spesimen Arus 75 A dan 80 A

Proses pengelasan yang di lakukan pada arus 80 A lebih sempurna, karena pada arus yang lebih tinggi panas yang dihasilkan menjadi lebih maksimal sehingga proses pelelehan pada logam induk lebih baik dan logam pengisi dapat mengisi di antara dua logam induk. Sehingga pada saat proses pengelasan pemuain yang berlangsung terjadi sempurna yang menyebabkan luas material bertambah dan pada saat proses pendinginan terjadi, material menyusut dikarenakan adanya perbedaan temperatur antara material.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan beberapa temuan penting. Pertama, dari hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa arus pengelasan memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat keberhasilan pengelasan. Semakin tinggi arus yang digunakan, semakin maksimal pula panas yang dihasilkan, sementara arus yang rendah dapat mengakibatkan kekurangan panas untuk melelehkan logam induk. Arus rendah cenderung menyebabkan pelelehan material hanya pada logam pengisi, menghasilkan pengelasan yang kurang optimal. Kedua, dampak panas yang dihasilkan oleh variasi arus pengelasan mempengaruhi deformasi material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada arus 60 A, deformasi lebih kecil dibandingkan dengan arus 80 A, yang menghasilkan deformasi lebih besar. Deformasi terbentuk karena pengurangan dimensi logam induk akibat pelelehan material, dan semakin besar arus, semakin

*Analisa Pengaruh Perbedaan Arus Listrik
Pada Proses Pengelasan Terhadap
Deformasi Hasil Pengelasan Pada Baja St-37*

besar pula deformasi karena logam pengisi mengisi ruang lebih banyak. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa deformasi dalam penelitian ini disebabkan oleh variasi arus pengelasan, bukan oleh faktor lain yang mungkin menyebabkan deformasi pada spesimen. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah memastikan bahwa deformasi yang terjadi disebabkan oleh perbedaan arus dalam proses pengelasan, bukan karena cacat pengelasan atau faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi deformasi. Selain itu, pada pengujian berikutnya, penting untuk memastikan bahwa pengelasan spesimen dengan variasi arus dilakukan dengan prosedur yang sama untuk menghindari perbedaan hasil pada saat pengolahan data. Keseragaman prosedur dalam pengelasan spesimen menjadi kunci untuk mendapatkan hasil yang konsisten dan dapat diandalkan dalam penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y. K., Arief, I. S., & Amiadji. (2015). Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1).
- Hilmy, Z., Prawira, M. Z., Dasira, A., & Putra, A. P. (2022). Analisa tegangan dan deformasi terhadap pengaruh variasi Sudut kemiringan V bevel pada proses pengelasan stainless Steel butt joint menggunakan metode elemen hingga. *Jurnal Manajemen Riset dan Teknologi Universitas Karimun*, 4(1).
- Irzal, & Fadhil, M., & Syahrul. (2016). Pengaruh posisi pengelasan dan jenis elektroda E 7016 dan E 7018 terhadap kekuatan tarik hasil las baja karbon rendah TRS 400. Padang.
- Jalil, S. A., Zulkifli, & Rahayu, T. (2017). Analisa kekuatan impak pada penyambungan pengelasan SMAW material Assab 705 dengan variasi arus pengelasan. *Jurnal Polimesin*, 15(2).
- Muku, I. D. M. K. (2009). Kekuatan Sambungan Las Aluminium Seri 1100 dengan Variasi Kuat Arus Listrik Pada Proses Las Metal Inert Gas (MIG). *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram*, 3(1), 11-17.
- Prayitno, D., Hutagalung, H. D., & Aji, D. P. B. (2018). Pengaruh kuat arus listrik pengelasan terhadap kekerasan lapisan lasan pada baja ASTM A316. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 3(1), 1-6.
- Putri, F. (2010). Analisis pengaruh variasi kuat arus dan jarak pengelasan terhadap kekuatan tarik, sambungan las baja karbon rendah dengan elektroda 6013. *Jurnal AUSTENIT*, 2(2).
- Raharjo, H. S., & Rubijanto, J. P. (2012). Variasi arus listrik terhadap sifat mekanis sambungan las shielding metal arc welding (SMAW). *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS*.
- Saifuddin A. Jalil, Zulkifli, & Tri Rahayu. (2017). Analisa kekuatan impak pada penyambungan pengelasan SMAW material Assab 705 dengan variasi arus pengelasan. *Jurnal Polimesin*, 15(2).
- Syahrani, A., Naharuddin, & Nur, M. (2018). Analisis kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro pada pengelasan SMAW stainless steel 312 dengan variasi arus listrik. *Jurnal Mekanikal*, 9(1), 814-822.
- Syaripuddin, & Susetyo, F. B., & Hamzah, T. (2014). NDT examination hasil pengelasan SMAW dengan variasi merek elektroda E6013. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, 3.
- Wandri, D. (2016). Pengaruh arus AC dan DC terhadap hasil pengelasan pada las busur listrik. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*.
- Widodo, B. (2009). Analisis perlakuan panas normalising pada pengelasan argon terhadap sifat mekanik hasil lasan baja karbon rendah. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 2(1).
- Yunanto, K., & Sriwijaya, R. R. A. (2015). Pengaruh urutan las terhadap deformasi las pada pengelasan chassis mobil listrik nasional UGM. *Skripsi S1 Teknik Mesin*.