

## **PENGARUH VARIASI ARUS DAN CLAMPING TERHADAP DISTORSI PADA PENGELASAN BAJA ST37 KETEBALAN 2,5MM**

**Helmy Sandra Yusa**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: helmysandra.21039@mhs.unesa.ac.id

**Akhmad Hafizh Ainur Rasyid**

Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: akhmadrasyid@unesa.ac.id

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi arus pengelasan dan penggunaan *clamping* terhadap distorsi sudut pada proses pengelasan baja ST37 berketebalan 2,5 mm menggunakan metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW). Penelitian dilaksanakan secara eksperimental di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang dengan tiga variasi arus, yaitu 20 A, 30 A, dan 40 A. Proses pengelasan dilakukan dalam dua kondisi, yaitu dengan dan tanpa *clamping*. Data distorsi dikumpulkan melalui pengukuran langsung menggunakan dial indicator, kemudian dikonversikan ke dalam satuan derajat untuk mengetahui besar sudut distorsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar arus pengelasan, distorsi sudut cenderung meningkat signifikan, khususnya pada kondisi tanpa *clamping*. Sebaliknya, penggunaan *clamping* secara konsisten mampu menurunkan nilai distorsi pada semua level arus, bahkan pada arus tinggi menghasilkan nilai distorsi negatif. Uji statistik dengan independent sample t-test menunjukkan bahwa penggunaan *clamping* memberikan pengaruh signifikan pada arus 30 A dan 40 A. Simpulan dari penelitian ini adalah bahwa kombinasi arus optimal (30 A) dan penerapan *clamping* mampu meminimalkan distorsi pada pengelasan pelat baja tipis dengan metode SMAW.

**Kata Kunci:** pengelasan SMAW, distorsi sudut, arus pengelasan, *clamping*, baja ST37

### **Abstract**

*This study aims to investigate the effect of welding current variation and the use of clamping on angular distortion in the welding of 2.5 mm thick ST37 steel plates using the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) method. The experimental research was conducted at the Mechanical Engineering Laboratory of Politeknik Negeri Malang, using three different current levels: 20 A, 30 A, and 40 A. Welding was performed under two conditions: with and without clamping. Distortion data were collected using a dial indicator and converted into degrees to represent angular deformation. The results show that increasing the welding current leads to higher angular distortion, particularly under the non-clamping condition. On the other hand, the application of clamping significantly reduced the distortion values at all current levels, even producing negative distortion at the highest current. Statistical analysis using the independent sample t-test confirmed that clamping had a significant effect at 30 A and 40 A. This study concludes that the optimal combination of welding current (30 A) and clamping can effectively minimize angular distortion in thin steel plate welding using the SMAW process.*

**Keywords:** SMAW welding, angular distortion, welding current, clamping, ST37 steel

**Universitas Negeri Surabaya**

### **PENDAHULUAN**

Distorsi dalam pengelasan merupakan salah satu masalah utama dalam industri manufaktur dan konstruksi logam. Distorsi ini terjadi akibat pemanasan dan pendinginan yang tidak merata selama proses penyambungan logam, yang menyebabkan perubahan bentuk pada material, terutama pada bagian sambungan. Distorsi yang tidak terkendali dapat mengurangi kekuatan sambungan, menimbulkan tegangan sisa, hingga menyebabkan keretakan atau kegagalan struktural pada komponen hasil pengelasan (Wibowo dalam Handi & Oktadinata, 2020). Hal ini menjadi sangat krusial, khususnya pada struktur berbahan pelat tipis seperti kaki

meja, rangka etalase, atau produk berbasis baja ringan lainnya.

Penelitian oleh Fajarwati et al. (2022) menunjukkan bahwa variasi arus listrik dan ketebalan pelat sangat memengaruhi distorsi angular pada sambungan T baja ST37. Arus pengelasan yang terlalu tinggi cenderung menghasilkan panas berlebih, memperbesar ekspansi termal, dan menyebabkan peningkatan distorsi. Sebaliknya, arus terlalu rendah dapat mengakibatkan penetrasi las yang tidak sempurna. Oleh karena itu, pengaturan parameter arus harus disesuaikan dengan jenis elektroda dan ketebalan material yang digunakan agar hasil pengelasan memiliki kekuatan dan kualitas yang optimal.

Baja ST37 merupakan baja karbon rendah yang banyak digunakan dalam konstruksi dan manufaktur karena sifat mekaniknya yang baik, mudah dikerjakan, serta tersedia luas dengan harga terjangkau (Muhammad et al., 2022; Djahilepang et al., 2024). Baja ini sering diaplikasikan dalam bentuk hollow atau pelat pada struktur sederhana seperti kaki meja dan rak logam. Pada praktiknya, proses penyambungan baja ST37 umumnya menggunakan metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW) karena metode ini fleksibel, ekonomis, dan dapat digunakan dengan arus listrik bolak-balik (AC) maupun searah (DC) (Fachrudin, 2021). Namun, penerapan metode SMAW pada pelat tipis memiliki tantangan tersendiri, terutama potensi terjadinya distorsi jika parameter proses tidak tepat.

Fenomena ini diperkuat dari temuan di lapangan, tepatnya di Bengkel Las “Podo Joyo”, di mana sambungan las pada kaki meja yang dilas menggunakan pelat baja ST37 dengan arus 70 A dan elektroda berdiameter 2,5 mm mengalami keretakan pada sambungan. Kegagalan ini diduga kuat disebabkan oleh distorsi akibat parameter las yang tidak sesuai dengan kondisi pelat tipis. Di sisi lain, meskipun metode Gas Metal Arc Welding (GMAW) dikenal lebih stabil dan rapi untuk pelat tipis, namun biaya peralatan dan operasionalnya lebih tinggi, sehingga kurang sesuai untuk bengkel skala kecil.

Dalam proses pengelasan, besar kecilnya arus sangat menentukan pola pemindahan logam cair, penetrasi, dan pembentukan manik las. Arus yang terlalu besar menghasilkan manik lebar, penetrasi dalam, dan memperbesar zona terpengaruh panas (HAZ), sedangkan arus kecil justru mengganggu stabilitas busur dan memperkecil kekuatan ikatan las (Ali, 2020). Oleh karena itu, dibutuhkan pemilihan arus yang proporsional terhadap diameter elektroda dan ketebalan material, terutama pada aplikasi pelat tipis.

Selain parameter listrik, faktor mekanis juga turut berperan dalam pengendalian distorsi. Salah satu metode yang terbukti efektif adalah penggunaan *clamping*, yakni alat penjepit yang menahan deformasi logam selama proses pengelasan berlangsung. *Clamping* bekerja sebagai pengunci posisi sambungan, meminimalkan perpindahan termal yang tak terkendali, dan mampu mengurangi deformasi seperti angular distortion (Aran et al., 2020; Nur Syahroni, 2020). Penelitian terbaru oleh Li X et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan penjepit secara signifikan menurunkan sudut distorsi, terutama pada pengelasan pelat baja tipis.

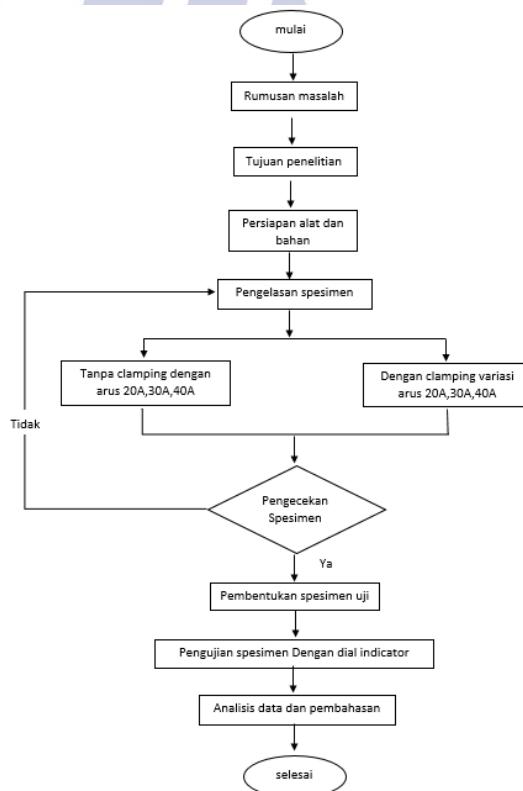
Terdapat berbagai jenis *clamping*, namun dalam penelitian ini dipilih jenis corner clamp karena dirancang khusus untuk menjaga sudut  $90^\circ$  pada dua bidang material. Corner clamp memiliki desain sederhana, stabilitas tinggi, serta tekanan yang dapat diatur sesuai ketebalan material, sehingga sangat sesuai digunakan dalam pembuatan struktur seperti kaki meja dari baja hollow. Dengan menerapkan corner clamp, distorsi sudut yang biasa terjadi pada penyambungan pelat tipis dapat diminimalkan secara signifikan.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengaturan parameter arus yang disesuaikan dengan elektroda dan ketebalan material, serta penerapan metode *clamping* yang tepat, menjadi dua faktor penting dalam

menurunkan tingkat distorsi pada pengelasan baja ST37 pelat tipis. Maka dari itu, penelitian ini dilakukan secara eksperimental untuk menguji pengaruh variasi arus dan penggunaan *clamping* terhadap nilai distorsi sudut pada sambungan sudut baja ST37 menggunakan metode pengelasan SMAW. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada optimalisasi proses pengelasan pelat tipis untuk keperluan struktural di industri skala kecil hingga menengah.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen murni yang dilaksanakan di Laboratorium CNC dan Bengkel Las Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang. Fokus utama penelitian adalah mengkaji pengaruh variasi arus dan penggunaan *clamping* terhadap distorsi sambungan pengelasan baja karbon rendah ST37 dengan ketebalan 2,5 mm menggunakan metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW). Penelitian ini dilakukan setelah proposal diseminarkan dan disetujui untuk pelaksanaan.



Penelitian ini menggunakan tiga jenis variabel, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Rincian masing-masing variabel disajikan pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Variabel Penelitian

Jenis Variabel	Nama Variabel	Keterangan
Variabel Bebas	Variasi arus listrik dan penggunaan <i>clamping</i>	Arus: 20 A, 30 A, 40 A; <i>Clamping</i> : dengan dan tanpa <i>clamping</i>
Variabel Terikat	Distorsi sudut hasil pengelasan	Diukur dalam satuan derajat menggunakan rumus trigonometri dari hasil pengukuran $h$ dan $L$
Variabel Kontrol	Jenis elektroda, dimensi spesimen, ketebalan pelat, jenis material	Elektroda E6013 Ø 1,6 mm; pelat ST37 tebal 2,5 mm; dimensi 100×100 mm

Spesimen yang digunakan berupa baja hollow ST37 yang dipotong sepanjang 100 mm, dan disambung dengan sudut 90°. Proses pengelasan dilakukan dalam dua kondisi: dengan dan tanpa penggunaan *clamping* (penjepit), serta pada tiga variasi arus yakni 20 A, 30 A, dan 40 A. Elektroda yang digunakan adalah tipe E6013 berdiameter 1,6 mm. Untuk menjaga konsistensi, seluruh pengelasan dilakukan oleh satu operator dengan posisi pengelasan yang sama (1G/datar) dan menggunakan mesin las yang sama. Jumlah spesimen keseluruhan sebanyak 18 buah, terdiri atas tiga ulangan untuk setiap kombinasi perlakuan.

Data distorsi dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap hasil pengelasan. Pengujian dilakukan menggunakan *dial indicator* dengan tingkat ketelitian 0,01 mm. Pengukuran dilakukan setiap 20 mm pada sisi sambungan menggunakan meja datar dan stand magnetik untuk memastikan posisi alat ukur tetap. Hasil pengukuran kemudian dikonversikan ke dalam bentuk sudut derajat menggunakan rumus trigonometri untuk memperoleh nilai distorsi sudut. Instrumen lain yang digunakan meliputi jangka sorong, gerinda, sikat baja, corner clamp, serta alat pelindung kerja (K3).

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan bantuan perangkat lunak SPSS versi 16. Uji normalitas (Shapiro-Wilk) dilakukan untuk memastikan data berdistribusi normal, dilanjutkan dengan uji homogenitas varians (Levene Test) untuk memastikan kesamaan variansi antar kelompok. Uji hipotesis dilakukan dengan independent sample t-test untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan signifikan antara perlakuan pengelasan dengan dan tanpa *clamping* pada masing-masing variasi arus. Hasil analisis ini digunakan untuk menjawab sejauh mana pengaruh variasi arus dan *clamping* terhadap besarnya distorsi pada pengelasan baja ST37 pelat tipis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *clamping* terhadap distorsi yang terjadi selama proses pengelasan dengan variasi arus listrik. Tahapan penelitian mencakup proses persiapan bahan dan alat, pembuatan spesimen, proses pengelasan, dan proses

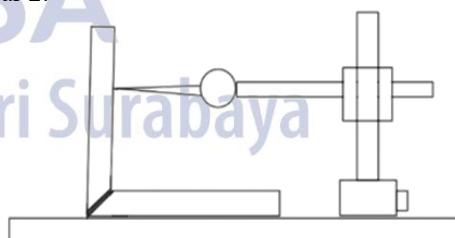
pengukuran distorsi. Variasi arus yang digunakan adalah 20 A, 30 A, dan 40 A dengan elektroda E6013 berdiameter 1,6 mm. Pengelasan dilakukan pada baja ST37 berbentuk hollow dengan ketebalan 2,5 mm. Setiap perlakuan dilakukan dalam dua kondisi, yaitu tanpa *clamping* dan dengan *clamping*. Jenis *clamping* yang digunakan dalam penelitian ini adalah corner clamp yang berfungsi menahan sudut sambungan selama proses pengelasan. Gambar 1 menunjukkan bentuk dan posisi alat *clamping* yang digunakan.



**Gambar 1.** Alat Bantu Corner Clamp yang Digunakan untuk Menjepit Sambungan 90°

Pengukuran distorsi dilakukan menggunakan dial indicator dengan ketelitian 0,01 mm, yang kemudian dikonversikan ke dalam satuan derajat (°) untuk mengetahui besar sudut distorsi yang terjadi pada masing-masing spesimen.

Setiap variasi arus dilakukan tiga kali pengelasan untuk menjaga reliabilitas data. Adapun pengukuran distorsi dilakukan dengan meletakkan spesimen pada meja datar, kemudian pengukuran dilakukan sepanjang 20 mm dari sambungan las untuk mengetahui perubahan tinggi akibat distorsi. Perubahan tinggi ini dihitung sebagai nilai  $h$  dan panjang spesimen sebagai  $L$ , yang kemudian digunakan dalam rumus trigonometri  $\theta = \tan^{-1}(h/L)$  untuk menentukan sudut distorsi. Pengukuran distorsi dilakukan menggunakan dial indicator yang diletakkan pada meja CNC dengan permukaan datar untuk menjamin presisi. Ilustrasi proses pengukuran ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Sketsa Pengujian Distorsi

Data hasil pengukuran distorsi sudut dari masing-masing spesimen kemudian dihitung rata-ratanya, baik untuk kondisi tanpa *clamping* maupun dengan *clamping*. Penggunaan rumus ini memungkinkan konversi nilai deviasi linier menjadi sudut, yang lebih mudah diinterpretasikan dalam konteks perubahan bentuk akibat pemanasan termal. Pendekatan ini sering digunakan dalam studi pengelasan untuk membandingkan kecenderungan

distorsi antara perlakuan. Data tersebut disajikan dalam Tabel 1 berikut.

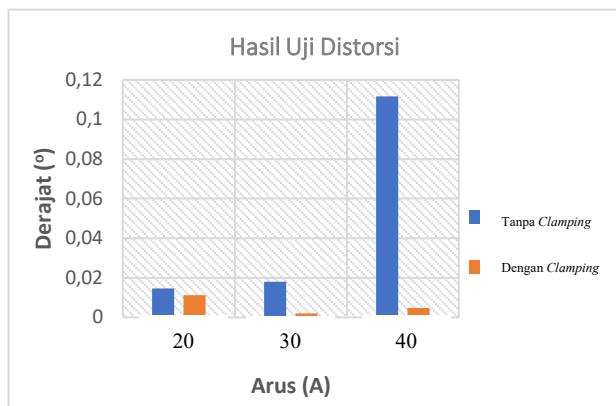
**Tabel 2.** Rata-rata Distorsi Sudut ( $^{\circ}$ ) Berdasarkan Variasi Arus dan *Clamping*

Arus (A)	Tanpa Clamping ( $^{\circ}$ )	Dengan Clamping ( $^{\circ}$ )
20	0,0146	0,0111
30	0,0180	0,0020
40	0,1116	-0,0047

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada kondisi tanpa *clamping*, nilai distorsi cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya arus listrik. Pada arus 20 A, rata-rata distorsi sudut adalah sebesar  $0,0146^{\circ}$ . Pada arus 30 A, distorsi meningkat menjadi  $0,0180^{\circ}$ , dan pada arus 40 A, distorsi mengalami kenaikan yang signifikan menjadi  $0,1116^{\circ}$ . Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar arus yang digunakan dalam proses pengelasan, maka semakin besar pula panas yang dihasilkan, sehingga menyebabkan pemanasan termal yang lebih tinggi dan berujung pada peningkatan distorsi setelah proses pendinginan. Hal ini konsisten dengan teori transfer panas pada proses pengelasan, di mana peningkatan arus secara langsung meningkatkan energi input panas (heat input) yang berbanding lurus dengan volume logam cair dan zona terpengaruh panas (HAZ). Distorsi meningkat karena logam mengalami ekspansi yang tidak seragam, dan saat pendinginan, kontraksi menyebabkan lengkungan (warping) terutama pada pelat tipis.

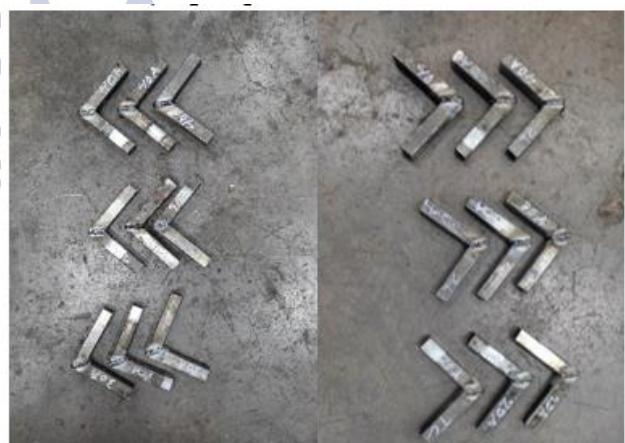
Sementara itu, pada kondisi dengan *clamping*, nilai distorsi pada masing-masing arus secara umum lebih kecil dibandingkan dengan kondisi tanpa *clamping*. Pada arus 20 A, distorsi sebesar  $0,0111^{\circ}$ , lebih rendah dibandingkan dengan kondisi tanpa *clamping*. Pada arus 30 A, penggunaan *clamping* menghasilkan distorsi sebesar  $0,0020^{\circ}$ , yang menunjukkan penurunan distorsi yang sangat signifikan. Bahkan pada arus 40 A, penggunaan *clamping* menunjukkan hasil distorsi dengan nilai negatif, yaitu  $-0,0047^{\circ}$ , yang dapat diartikan bahwa terjadi deformasi ke arah yang berlawanan sebagai efek dari tekanan *clamping* yang diterapkan selama proses pengelasan. Nilai negatif ini menunjukkan bahwa tekanan dari *clamping* mampu mengontrol arah deformasi yang biasanya menyebabkan distorsi keluar bidang, sehingga sambungan tetap stabil. Nilai distorsi negatif ini juga mengindikasikan bahwa tekanan dari alat *clamping* mampu mengompensasi gaya-gaya termal yang terjadi selama pengelasan. Fenomena ini dikenal sebagai efek kompensasi mekanis, di mana gaya tekan eksternal menahan ekspansi logam dan memaksa arah distorsi berbalik, suatu strategi efektif yang juga dijelaskan dalam studi oleh Li et al. (2023).

Visualisasi data tersebut ditunjukkan pada grafik berikut, yang memperjelas kecenderungan distorsi terhadap peningkatan arus pada kedua kondisi pengelasan.



**Gambar 3.** Grafik Perbandingan Rata-rata Distorsi Sudut ( $^{\circ}$ ) dengan dan tanpa *Clamping*

Grafik ini menyajikan perbandingan visual terhadap pengaruh penggunaan *clamping* dan variasi arus listrik terhadap rata-rata distorsi sudut hasil pengelasan baja ST37 dengan ketebalan 2,5 mm menggunakan metode SMAW. Terlihat bahwa pada semua variasi arus, pengelasan tanpa *clamping* menghasilkan distorsi yang lebih tinggi, terutama pada arus 40 A yang mencapai nilai  $0,1116^{\circ}$ , menunjukkan efek termal yang besar akibat input panas berlebih. Sebaliknya, penggunaan *clamping* secara konsisten mampu menekan distorsi, bahkan menghasilkan nilai negatif pada arus 40 A ( $-0,0047^{\circ}$ ), yang menunjukkan bahwa tekanan mekanis dari *clamping* tidak hanya menahan ekspansi termal tetapi juga mengoreksi arah deformasi. Grafik ini memperkuat argumen bahwa kombinasi pengaturan arus optimal dan penerapan *clamping* sangat efektif untuk mengurangi deformasi pada pengelasan plat tipis. Dari grafik juga tampak bahwa efek penurunan distorsi oleh *clamping* paling drastis terjadi pada perbandingan arus 40 A, yaitu selisih hingga lebih dari  $0,11^{\circ}$ , dibandingkan hanya sekitar  $0,003$ – $0,016^{\circ}$  pada arus 20 A dan 30 A. Ini menunjukkan bahwa semakin besar potensi distorsi, semakin besar pula efektivitas *clamping* dalam mengendalikannya.



**Gambar 4.** Spesimen Pengujian Distorsi pada Sambungan Las Baja ST37 Ketebalan 2,5 mm

Gambar ini menunjukkan kondisi fisik spesimen uji yang telah dilas membentuk sudut  $90^\circ$  menggunakan metode SMAW, baik dengan maupun tanpa *clamping*. Spesimen yang ditampilkan memiliki dimensi panjang 100 mm, tinggi 100 mm, dan tebal 2,5 mm. Setelah proses pengelasan selesai, setiap spesimen diuji distorsinya menggunakan dial indicator dengan interval pengukuran setiap 20 mm pada sisi A. Penempatan *clamping* dan variasi arus yang diterapkan pada proses pengelasan memengaruhi hasil akhir bentuk sambungan, yang kemudian dianalisis untuk mengukur perubahan sudut akibat deformasi termal. Visualisasi ini memperkuat konteks eksperimen dan validitas teknis dari proses pengujian distorsi pada struktur baja pelat tipis. Penggunaan spesimen berbentuk hollow juga memberikan efek tambahan terhadap distorsi karena dindingnya yang tipis dan simetris cenderung lebih mudah melengkung. Dalam kasus ini, penggunaan corner clamp sangat tepat karena memberikan penahanan dua sisi secara simultan, sesuai dengan kebutuhan sambungan sudut  $90^\circ$ .

Penggunaan *clamping* terbukti mampu menahan atau membatasi pergerakan material selama proses pemuaian akibat panas pengelasan, sehingga ketika material mendingin, perubahan bentuk dapat dikendalikan. Efektivitas penggunaan *clamping* paling signifikan terlihat pada arus 30 A dan 40 A. Pada arus rendah (20 A), penggunaan *clamping* juga mengurangi distorsi meskipun selisihnya tidak terlalu besar. Hal ini mungkin disebabkan oleh jumlah panas yang dihasilkan pada arus 20 A masih tergolong kecil, sehingga efek deformasinya tidak terlalu besar meskipun tanpa *clamping*. Dalam praktik industri, kondisi ini menunjukkan bahwa penggunaan *clamping* menjadi semakin penting ketika proses pengelasan dilakukan dengan parameter panas tinggi atau pada struktur tipis yang memerlukan presisi dimensi.

Untuk mendukung analisis data, dilakukan uji statistik menggunakan SPSS versi 16. Uji normalitas dengan metode Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa data terdistribusi normal (nilai Sig.  $> 0,05$ ). Uji homogenitas dengan Levene Test juga menunjukkan bahwa data homogen (nilai Sig.  $> 0,05$ ), sehingga data layak untuk dianalisis menggunakan uji Independent Sample T-Test. Uji T dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara penggunaan *clamping* dan tanpa *clamping* pada masing-masing variasi arus.

Hasil uji T menunjukkan bahwa pada arus 20 A, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara penggunaan *clamping* dan tanpa *clamping* terhadap nilai distorsi (nilai Sig.  $= 0,506 > 0,05$ ). Namun pada arus 30 A dan 40 A, terdapat perbedaan yang signifikan (nilai Sig.  $= 0,000 < 0,05$ ), yang menunjukkan bahwa penggunaan *clamping* pada arus menengah hingga tinggi memberikan pengaruh nyata dalam menurunkan nilai distorsi. Ini membuktikan bahwa pengaruh *clamping* menjadi signifikan ketika tingkat panas yang dihasilkan dari arus pengelasan cukup besar dan berpotensi menyebabkan deformasi yang lebih besar. Temuan ini juga sejalan atau dapat dibandingkan dengan beberapa penelitian terdahulu yang mengkaji pengaruh arus pengelasan dan metode pengendalian distorsi, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Perbandingan Penelitian Terdahulu Terkait Distorsi pada Pengelasan

Peneliti	Metode Las	Material	Perlakuan Kontrol Distorsi	Hasil Utama
Amat et al. (2023)	GMAW	SS304	Variasi kecepatan las	Distorsi meningkat pada arus tinggi, menurun dengan pengaturan kecepatan
Wibowo (2021)	SMAW	Baja karbon tipis	<i>Clamping</i> 4 titik	<i>Clamping</i> efektif menurunkan distorsi hingga 70%
Li et al. (2023)	TIG	Aluminium Alloy	Fixture + preheating	Distorsi minimal dicapai dengan kombinasi mekanik dan termal
Penelitian ini	SMAW	ST37 tebal 2,5 mm	Corner clamp + variasi arus	Kombinasi arus 40 A + <i>clamping</i> menghasilkan distorsi paling rendah ( $-0,0047^\circ$ )

Dengan demikian, uji statistik tidak hanya mengonfirmasi perbedaan visual dari grafik, tetapi juga memberikan justifikasi kuantitatif bahwa pengaruh *clamping* secara statistik tidak bisa diabaikan, khususnya pada arus tinggi. Ini penting dalam penerapan standar kualitas pengelasan, terutama jika produk digunakan untuk aplikasi struktural.

Hasil penelitian ini sejalan dengan studi yang dilakukan oleh Li X et al. (2023) yang menyatakan bahwa penggunaan *clamping* atau alat penjepit dapat mengurangi distorsi sudut secara efektif, terutama pada pengelasan pelat tipis. Selain itu, data ini juga memperkuat temuan bahwa input panas selama proses pengelasan perlu dikontrol secara tepat agar tidak menimbulkan efek termal yang berlebihan pada material. Dalam konteks industri, penggunaan metode *clamping* sangat direkomendasikan terutama dalam pengelasan baja pelat tipis seperti kaki meja, rak, dan struktur ringan lainnya yang membutuhkan presisi tinggi.

Implikasi dari hasil ini menunjukkan bahwa untuk menghindari distorsi berlebih pada pengelasan baja ST37 dengan ketebalan 2,5 mm, penggunaan arus 30 A dengan *clamping* menjadi kombinasi yang paling optimal. Selain menghasilkan distorsi yang rendah, arus ini juga tidak terlalu besar sehingga tidak menimbulkan pemanasan berlebih, dan tidak terlalu kecil sehingga dapat menjamin penetrasi las yang baik. Dengan demikian, kombinasi antara pengaturan arus dan penerapan *clamping* dapat menjadi solusi praktis dan ekonomis dalam proses pengelasan menggunakan metode SMAW, terutama pada skala industri kecil dan menengah yang membutuhkan efisiensi biaya dan kualitas sambungan yang baik.

## Simpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar arus pengelasan yang digunakan, maka distorsi yang terjadi pada baja ST37 cenderung meningkat. Hal ini disebabkan oleh peningkatan panas yang menyebabkan ekspansi termal lebih besar. Sedangkan Penggunaan *clamping* terbukti dapat mengurangi nilai distorsi secara signifikan pada semua variasi arus, terutama pada arus tinggi, karena mampu menahan pergerakan material selama proses pengelasan.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Surabaya (UNESA), khususnya Program Studi Teknik Mesin, atas dukungan akademik dan bimbingan yang telah diberikan selama proses penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan motivasi selama pelaksanaan penelitian.

Penghargaan yang sebesar-besarnya juga penulis sampaikan kepada Politeknik Negeri Malang (Polinema), khususnya Laboratorium CNC dan Bengkel Las Jurusan Teknik Mesin, yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk pelaksanaan eksperimen pengelasan serta pengujian distorsi. Dukungan teknis dari tenaga laboratorium di Polinema sangat membantu kelancaran proses pengambilan data.

Tak lupa, penulis mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan rekan-rekan yang telah memberikan semangat, bantuan moral, serta dukungan penuh selama proses penelitian hingga artikel ini terselesaikan dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. (2020). *Teknik Pengelasan Listrik Manual*. Surabaya: Politeknik Negeri Surabaya Press.
- Amat, R., Suryana, D., & Nugroho, T. (2023). Pengaruh variasi arus dan kecepatan pengelasan terhadap distorsi pada baja tahan karat SS304 menggunakan metode GMAW. *Jurnal Teknik Mesin dan Material*, 15(2), 101–110.
- Aran, M. M., Susilo, T., & Hilmy, Z. (2024). Pengaruh Overheating Terhadap Terjadinya Distorsi Dan Hasil Rt Pada Pengelasan Gtaw Untuk Material Solid Inconel UNS N06625. *Jurnal Sains dan Teknologi Maritim*, 25(1), 98-110.
- Djahilepang, R. B., Suprapto, A., & Tsamroh, D. I. (2024). Investigasi Pengaruh Variasi Air Laut Terhadap Laju Korosi Baja ST 37. *Ring Mechanical Engineering*, 4(1), 49-55.
- Fachrudin, A. (2021). Proses pengelasan SMAW dan aplikasinya dalam industri rumah tangga. *Jurnal Teknik Produksi*, 5(1), 23–30.
- Fajarwati, D., Pramono, Y., & Suryanto, T. (2022). Pengaruh arus dan ketebalan pelat terhadap distorsi angular sambungan T baja ST37. *Jurnal Mesin dan Manufaktur*, 10(3), 97–105.
- Li, X., Hu, L., Fang, S., & Deng, D. (2023). Influence of *clamping* on out-of-plane deformation in thin-plate mild steel welded structures. *Journal of Materials Research and Technology*, 25, 4380-4395.
- Muhammad, R., Nurhadi, A., & Suyono, H. (2022). Karakteristik mekanik dan komposisi kimia baja ST37 dalam aplikasi konstruksi. *Jurnal Rekayasa Material dan Energi*, 8(1), 56–64.
- Nur Syahroni, S. T., & Handayani, I. (2021) Studi Eksperimen Dan Numerik Pengaruh Variasi Urutan Pengelasan Terhadap Distorsi Sudut Pada Struktur Panel Baja A36.
- Wibowo, H. (2021) Optimalisasi Metode *Clamping* Sebagai Upaya Mereduksi Distorsi Pengelasan Pada Plat Baja Karbon Rendah (The Optimization Of Clamping Method In Reducing Welding Distortion Of Low Carbon Steel).