

ANALISIS PENGARUH VARIASI ARUS PADA PENGELASAN SMAW BAJA ST 60 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN POROSITAS

Andika Ferdi Arfiansyah

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: andikaferdi.19026@mhs.unesa.ac.id

Akhmad Hafizh Ainur Rasyid

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: akhmadrasyid@unesa.ac.id

Abstrak

Material ST 60 merupakan material baja karbon sedang yang dalam implementasinya digunakan untuk pembuatan konstruksi kapal. Permasalahan yang sering terjadi dalam industri fabrikasi kapal adalah kerusakan pada daerah hasil pengelasan disebabkan karena kurang ketatnya pengawasan terhadap parameter heat input pengelasan, Masukan panas memiliki keterkaitan dengan pengaturan tegangan, arus dan kecepatan pengelasan. Perbedaan parameter ketika pengelasan menyebabkan tegangan sisa tinggi di sekitar daerah yang akan dilas. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan melakukan pengawasan terhadap parameter heat input khususnya arus pada saat pengelasan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh dari variasi arus pengelasan terhadap uji tarik dan uji porositas menggunakan metode penetran cair. Variasi arus yang digunakan yaitu 95 A, 110 A, 130 A. Melalui penelitian ini didapatkan hasil variasi arus terbaik pada penggunaan arus 95 A. Variasi arus ini memengaruhi hasil uji tarik yang memiliki rata-rata tertinggi sebesar 467,19 MPa, sedangkan untuk variasi arus 110 A mempunyai rata-rata sebesar 455,99 MPa dan variasi arus 130 A sebesar 447,55 MPa. Dari ketiga variasi tersebut dapat dilihat bahwa variasi arus 95 A memiliki rata-rata kekuatan tarik paling tinggi. Serta pada hasil pengujian statistik menunjukkan ada pengaruh signifikan variasi arus terhadap kekuatan tarik baja ST 60. Untuk pengujian porositas diketahui hasil pengujian terbaik pada uji penetran ini terjadi pada proses variasi 95 A. Sedangkan untuk hasil yang kurang memuaskan didapat pada arus 110 A dan 130 A karena cacat las undercut dan crack.

Kata Kunci: Material ST 60, Kontruksi Kapal, Arus Las, Masukan Panas

Abstract

ST 60 material is a medium carbon steel material used in its implementation for ship construction. Problems that often occur in the ship fabrication industry are damage to the welding result area caused by less strict supervision of welding input heat parameters, heat input is related to voltage regulation, flow, and welding speed. The difference in parameters when welding causes high residual stress around the area to be welded. This problem can be overcome by supervising the heat input parameters, especially the current during welding. This study aims to determine the effect of welding current variations on tensile and porosity tests using the liquid penetrant method. The current variation used is 95 A, 110 A, and 130 A. Through this study, the best current variation results were obtained with the use of 95 A. This current variation affects the results of the tensile test which has the highest average of 467.19 MPa, while the current variation of 110 A has an average of 455.99 MPa and a current variation of 130 A of 447.55 MPa. Of the three variations, it can be seen that the current variation of 95 A has the highest average tensile strength. And the statistical testing results show a significant influence of current variations on the tensile strength of ST 60 steel. For porosity testing, it is known that the best test results in this penetrant test occur in the 95 A variation process, while unsatisfactory results are obtained at currents 110 A and 130 A due to undercut and crack weld defects.

Keywords: ST 60 Material, Ship Construction, Weld Current, Heat Input

PENDAHULUAN

Industri manufaktur ataupun konstruksi umumnya menggunakan baja sebagai bahan baku dalam pembuatannya. Kontruksi kapal laut dan lepas pantai contohnya. Dalam pembuatan konstruksi kapal dapat ditemukan baja yang dibentuk dan disambung hingga menjadi kesatuan. Bagian yang menerima kombinasi gaya

paling banyak adalah lambung kapal. Penyambungan lambung kapal ini biasa menggunakan proses pengelasan.

Pengelasan yang umum digunakan adalah pengelasan cair dengan menggunakan busur sebagai bahan pengisi. Jenis pengelasan las yang menggunakan busur elektroda terbungkus salah satunya adalah pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*). Faktor yang memengaruhi pengelasan yaitu pada prosedur pengelasan. Prosedur pengelasan ini meliputi cara pembuatan konstruksi sesuai

rencana dan spesifikasi seperti alat dan bahan yang dianjurkan (Wirjosumarto, 2000).

Saat proses pengelasan konstruksi kapal, bagian yang dilas mengalami pemanasan hingga menyebabkan distribusi suhu tidak merata. Panas tersebut akan memengaruhi daerah pengaruh panas sehingga terjadi peregangan termal. Hal ini dapat menurunkan kekuatan pada produk hasil pengelasan. Masukan panas memiliki keterkaitan dengan pengaturan tegangan, arus dan kecepatan pengelasan. Masukan panas yang tepat dapat meminimalisir terjadinya kontraksi termal, tegangan sisa pada hasil pengelasan. (Numerik,2019).

Tidak semua logam memiliki sifat las yang baik. Bahan yang mempunyai sifat las salah satunya adalah baja paduan karbon sedang, baja ini biasa digunakan sebagai bahan pada konstruksi kapal. Baja ST 60 adalah salah satu baja karbon sedang yang memiliki sifat kemampuan dan minimnya retak saat proses pengelasan. Penelitian ini mempelajari tentang pengaruh variasi arus terhadap kekuatan Tarik baja ST 60 sehingga dapat diketahui

pengaruh terhadap konstruksi secara keseluruhan. Untuk mengetahui sifat kerentanan terhadap retak las dapat diketahui pengaruh variasi arus terhadap porositas setelah proses pengelasan.

METODE

Jenis penelitian yang dipakai adalah eksperimen yang dilakukan di laboratorium Teknik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh nilai kekuatan tarik dan cacat las yang ditimbulkan selama proses pengelasan baja ST 60 dengan metode pengelasan SMAW. Rancangan penelitian ini yaitu dengan cara menguji dan membandingkan antara benda uji dengan variasi arus. Media pengujian menggunakan pengujian tarik dan pengamatan Non Destructive Examination Liquid penetrant test. Objek penelitian ini menggunakan baja ST 60 yang dibentuk sesuai standar ASTM E8 yang mengatur tentang *test pieces for tensile test for metallic materials*.

Tahap pembuatan spesimen

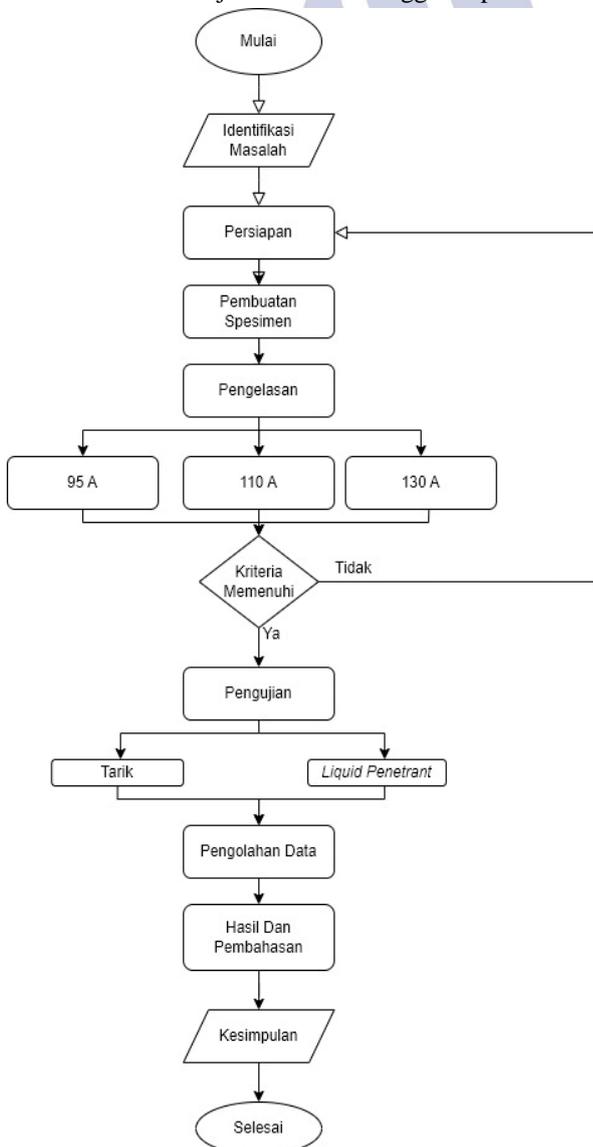
- Mempersiapkan alat dan bahan
- Pengukuran dan pemotongan bahan dengan dimensi 100mm x 100mm x 10mm sebanyak 6 buah untuk 3 variasi.
- Membuat sudut kampuh V setiap sisi sebesar 30° pada setiap sisi.



- Proses penyambungan dengan elektroda E7018 dan 3 variasi arus hingga material terbentuk dengan ukuran 200 x 100 x 10mm.



- Membersihkan plat dari terak setelah proses pengelasan.
- Melakukan Uji penetran untuk mengetahui porositas yang dihasilkan setelah proses pengelasan.
- Setelah proses uji penetran dilakukan pemotongan sesuai standar uji tarik ASTM E8 dengan dimensi 200mm x 20mm x 10mm.





- Material yang sudah dipotong siap dilakukan pengujian Tarik.

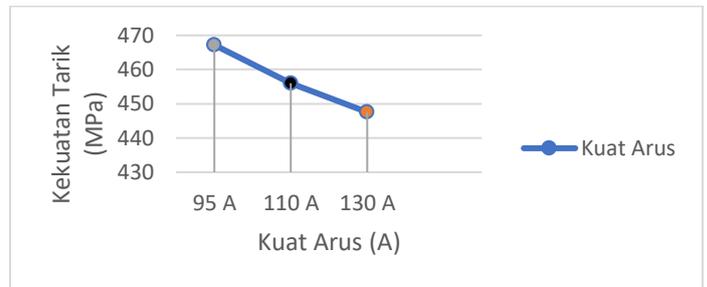
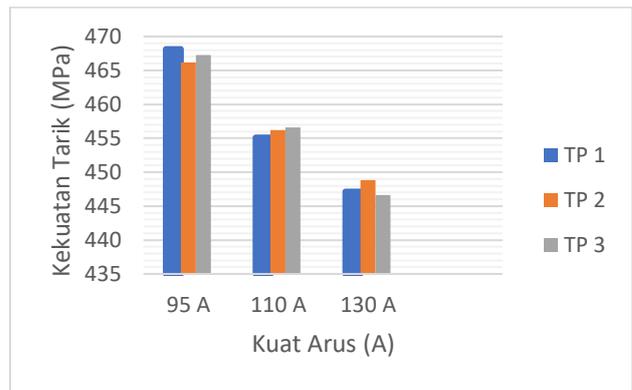
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Berikut hasil uji kekerasan dengan alat uji tarik yang ada di politeknik negeri malang dengan skala pengukuran nilai kekuatan tarik dalam Newton (N). hasil uji tarik dimasukan dalam bentuk tabel dibawah ini:

Varias i	TP	F (N)	σ (MPa)	ϵ (%)	E (MPa)
95 A	Z1	60859,96	468,15	7,7 6	6032,1 5
	Z2	60600,26	466,16	7,9 2	5884,3 6
	Z3	60745,30	467,27	7,8 6	5946,0 4
Rata-rata		60735,17	467,19	7,8 5	5954,1 8
110 A	Y1	59164,56	455,11	7,7 1	5901,2 0
	Y2	59308,62	456,22	7,9 1	5769,5 9
	Y3	59362,52	456,63	7,8 2	5839,6 8
Rata-rata		59278,57	455,99	7,8 1	5836,8 3
130 A	X1	58127,72	447,14	7,7 1	5797,7 8
	X2	58351,16	448,86	7,8 2	5740,1 9
	X3	58066,96	446,67	7,3 9	6044,0 3
Rata-rata		58181,95	447,55	7,6 4	5860,6 7

Berdasarkan hasil uji tarik yang diperoleh dan diperhitungkan seperti pada data tabel diatas, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data dan disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar dibawah ini agar mempermudah dalam melakukan analisis data.



Berdasarkan data tabel uji tarik dan grafik dapat diketahui bahwa nilai rata-rata tertinggi diperoleh pada variasi arus 95 A dengan nilai 467,19 MPa. Nilai minimum dan maksimum yang dihasilkan pada variasi 95 A adalah 466,16 MPa dan 468,15 MPa. Sedangkan nilai rata-rata terendah pada variasi arus 130 A dengan nilai 447,55 MPa Nilai minimum dan maksimum yang dihasilkan pada variasi 130 A adalah 446,67 MPa dan 448,86 MPa.

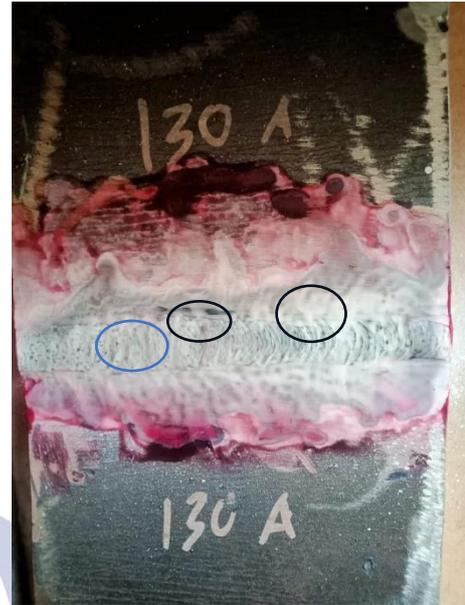


Dari hasil pengujian tarik diatas dapat dilihat bahwa rata rata putus pengelasan terjadi di daerah HAZ (Heat Affected Zone) itu menandakan bahwa pengelasan dilakukan dengan baik dan dapat dilihat bahwa efek pengelasan membuat baja ST 60 mengalami keuletan sehingga spesimen uji tarik mengalami patah ulet.

Hasil Penugujian Penetran



Foto cacat las yang dihasilkan dengan kuat arus 95 A pada daerah *weld metal*. Daerah yang dilingkari hitam menunjukkan jenis cacat las *rounded slag inclusion* yang disebabkan karena penggunaan amper yang terlalu rendah. Cacat ini masih dikategorikan batas wajar.



Gambar 4. 1 Hasil penetrasi 130 A

Foto cacat las yang dihasilkan dengan kuat arus 130 A pada daerah *weld metal*. Daerah yang dilingkari hitam menunjukkan jenis cacat las *undercut* sedangkan yang dilingkari biru menunjukkan cacat las *porosity*. Cacat las ini biasa disebabkan karena arus las yang terlalu tinggi. Cacat las ini masih dapat ditolerir untuk proses manufaktur.

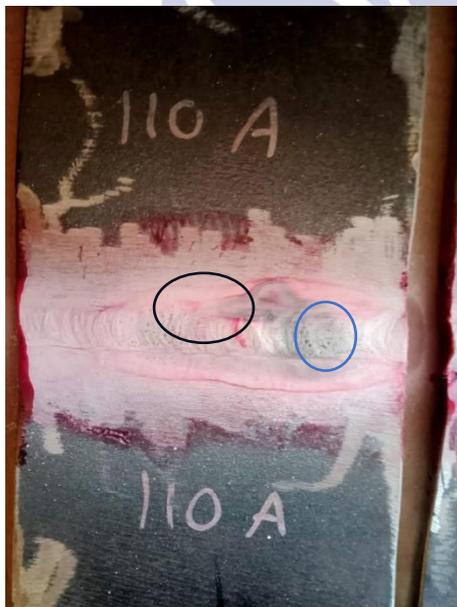


Foto cacat las yang dihasilkan dengan kuat arus 110 A pada daerah *weld metal*. Daerah yang dilingkari hitam menunjukkan jenis cacat las *undercut* sedangkan yang dilingkari biru menunjukkan cacat las *crack* (retakan). Cacat las ini biasa disebabkan karena arus las yang terlalu tinggi. Cacat las ini masih dapat ditolerir untuk proses manufaktur.

Pembahasan

Analisa Statistik Uji Tarik

Untuk mengetahui apakah data hasil uji tarik valid atau tidak maka, dilakukan uji statistika melalui uji anova. Pengujian ini menggunakan aplikasi SPSS. Berikut adalah perhitungan uji anova :

ANOVA

Hasil Uji Tarik	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	582.427	2	291.214	296.352	.000
Within Groups	5.896	6	.983		
Total	588.323	8			

Berdasarkan tabel ... uji ANOVA, diperoleh nilai Fhitung sebesar 296.352 yang lebih besar daripada Ftabel sebesar 4.46 dan diperkuat dengan nilai P-Value sebesar 0.000 yang lebih kecil dari $\alpha=(0.05)$ sehingga dapat diputuskan tolak H_0 yang artinya nilai kuat arus pengelasan berpengaruh terhadap kekuatan tarik baja ST 60.

Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik

Tujuan dari uji tarik adalah untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dalam pengujian ini, bahan uji ditarik sampai putus. Kemampuan maksimum bahan untuk menahan beban tarik serta perubahan

panjang (ΔL) terhadap panjang spesimen awal (L_0) adalah fokus utama pengujian.

Diketahui dari hasil pengujian tarik pada tabel 4.1 memiliki rata-rata kekuatan tarik yang berbeda-beda. Dari data hasil penelitian dengan variasi arus pengelasan SMAW baha ST 60 hasil pada variasi arus 95A. dengan rata rata kekuatan tarik sebesar 467,19 MPa, variasi arus 110 A mempunyai rata-rata sebesar 455,99 MPa dan variasi arus 130 A sebesar 447,55 MPa. Dari ketiga variasi tersebut dapat dilihat bahwa variasi arus 95 A memiliki rata-rata kekuatan tarik paling tinggi. Serta pada hasil pengujian statistic menunjukkan ada pengaruh signifikan variasi arus terhadap kekuatan tarik baja ST 60. Hal tersebut dapat diketahui dari hasil data pengujian ANOVA menggunakan software SPSS yang dijelaskan pada Analisa hasil uji statistika.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar arus yang digunakan dalam penelitian, semakin kecil nilai kekuatan tarik yang diperoleh. Ini karena lebih banyak arus berarti lebih banyak panas yang diterima oleh bahan mentah dan logam pengisi (Teddy,2014). Hal ini sesuai dengan rumus:

$$HI = \eta (E I 60) / (V 1000) \text{ kJ/mm}$$

Keterangan : HI = Heat Input (kJ/mm)

E = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

η = Efisiensi mesin, untuk SMAW 0,8

(Ramadhan,2017)

V = kecepatan pengelasan (mm/min)

Ditunjukkan dari rumusan di atas bahwa semakin besar arus dengan kecepatan yang sama, semakin besar nilai input panas, atau energi panas. Ini akan membuat proses mencair bahan mentah dan pengisi logam lebih mudah. Oleh karena itu, lebih banyak arus berarti lebih banyak panas yang dimasukkan.

Nilai kekuatan Tarik yang dihasilkan pada variasi arus 130 A mempunyai hasil yang terendah dikarenakan terlalu mudahnya logam pengisi mencair. Panas yang dihasilkan terlalu tinggi sehingga hasil yang diperoleh kurang maksimal. Pada tahap ini, akibat arus yang terlalu tinggi sehingga menghasilkan heat input yang tinggi mengakibatkan raw material dan logam pengisi yang terlalu lunak sehingga hasil uji tarik variasi arus 130 A memiliki nilai yang terendah. Material yang diuji menjadi lebih lunak sehingga energi yang dibutuhkan untuk menarik material tersebut menjadi lebih kecil.

Nilai kekuatan Tarik dari variasi arus 110 A mempunyai hasil yang lebih baik dari 130 A tetapi lebih rendah dari 95 A. Variasi arus ini memiliki heat input yang lebih baik dari 130 A sehingga logam pengisi lebih stabil dalam hal penaciran.

Sebaliknya dengan variasi 95 A, arus yang digunakan menghasilkan percikan busur logam pengisi yang stabil. Raw material dan logam pengisi melebur dengan sempurna pada variasi ini. Dapat dilihat bahwa variasi arus 95 A memiliki nilai kekuatan tarik yang paling tinggi diantara variasi 110 A dan 130 A.

Selanjutnya dapat dilihat dari hasil pengujian tarik rata rata putus yang dialami oleh bahan di daerah HAZ (Heat Affected Zone). Hal ini disebabkan oleh HAZ yang

berada pada logam dasar yang bersebelahan dengan logam las. Karena mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan selama proses pengelasan, area ini menjadi bagian yang paling penting dari sambungan las karena meninggalkan tegangan sisa (Reinaldy,2020). Akibat dampak proses pengerjaan las, daerah HAZ memiliki kekuatan material yang rendah, dan pengujian tarik rata-rata menghasilkan putus di daerah HAZ.

Hal ini berdasarkan dukungan dari penelitian terdahulu (Effendi, 2019) yang membahas tentang pengaruh heat input terhadap kekuatan mekanik dihasilkan bahwa semakin rendah heat input maka semakin tinggi kekuatan mekanik yang dihasilkan.

Selain itu dukungan dari penelitian sebelumnya (Wisma, 2020) dihasilkan kesimpulan kuat arus berpengaruh signifikan terhadap ukuran butir daerah pengaruh panas sehingga berpengaruh juga terhadap kekuatan tarik terbaik menggunakan arus yang terkecil.

Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Uji Porositas

Uji porositas bertujuan untuk mengetahui cacat las yang dihasilkan pada saat proses pengelasan. Dalam pengujiannya, bahan uji disemprot dengan larutan penetran lalu dilihat titik mana saja yang mengalami cacat setelah proses pengelasan. Penelitian ini menggunakan jenis uji liquid penetrant test yaitu menggunakan cairan penetran.

Diketahui hasil pengujian terbaik pada uji penetran ini terjadi pada proses variasi 95 A. Hasil terbaik dapat diperoleh karena cacat las yang dihasilkan pada permukaan lasan memiliki cacat rounded slag. Hal ini bisa terjadi dikarenakan peleburan pada logam pengisi terjadi secara lambat. Pada pengelasan variasi 110 A hasil cacat yang dihasilkan adalah undercut dan crack. Hasil pada variasi 110 A termasuk masih bisa ditolerir karena proses tersebut terjadi pada permukaan las saja. Hasil pengujian penetran pada variasi 130 A memiliki hasil cacat yang dikategorikan hamper mirip dengan variasi 110 A. Hal ini terjadi karena peleburan logam pengisi terlalu tinggi sehingga logam pengisi menimbulkan cacat las undercut dan porosity.

Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa nilai heat input juga dapat memengaruhi hasil pengujian penetran. Selain itu dukungan dari penelitian sebelumnya yaitu (Jhony Haposan S, 2022) dihasilkan kesimpulan bahwa semakin rendah arus maka semakin sedikit hasil cacat las pada saat proses pengelasan.

Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Porositas

Dari hasil setiap pengujian tarik dan porositas yang sudah dilakukan dapat dilihat bahwa nilai kekuatan tarik dan cacat las terbaik dihasilkan pada variasi arus terkecil. Pada variasi 95 A Uji tarik yang dihasilkan dengan nilai tertinggi sebesar 467,19 MPa dan hasil uji porositas menghasilkan cacat las rounded slag. Cacat las yang dihasilkan adalah cacat yang wajar ketika proses pengelasan dengan nilai arus kecil. Tingkat peleburan logam pengisi pada variasi ini sangat baik. Peleburan yang baik akan menyebabkan proses pengelasan

berlangsung secara optimal sehingga efisiensi pengelasan dalam segi produksi manufaktur menghasilkan nilai yang tinggi.

Sebaliknya pada arus 130 A, uji tarik yang dihasilkan memiliki nilai 447,55 MPa dan hasil uji porositas menghasilkan cacat undercut dan rounded porosity. Tingkat peleburan logam pengisi yang terlalu tinggi menyebabkan tidak optimalnya hasil efisiensi pengelasan. Tidak optimalnya hasil pengelasan ini menyebabkan pengulangan ketika proses pengelasan terjadi. Sehingga ketika akan diterapkan pada proses manufaktur dapat dianggap akan merugikan karena melalui dua tahap proses pengelasan.

Hal ini diperkuat dengan penelitian sebelumnya (Fiqi Qofi, 2019) dapat disimpulkan dari penelitian tersebut bahwa cacat las yang dihasilkan tidak memengaruhi hasil uji tarik. Hasil ini disebabkan karena cacat yang ditimbulkan hanya pada bagian permukaan las, tidak sampai ke dalam logam pengisi las.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, Analisis Pengaruh Variasi Arus Pada Pengelasan SMAW Baja ST 60 Terhadap Kekuatan Tarik dan Porositas yaitu sebagai berikut:

- Pengaruh pengelasan SMAW dengan variasi arus terhadap uji Tarik diketahui dari nilai rata-rata uji tarik tertinggi pada spesimen dengan variasi arus 95 A dengan nilai 467,19 MPa. Sedangkan hasil rata-rata terburuk didapat pada arus 130 A yang memiliki nilai 447,55 MPa. Semakin rendah kuat arus yang dipakai maka menghasilkan nilai kekuatan tarik yang tinggi. Hal ini dikarenakan oleh penetrasi las yang ditimbulkan tidak tinggi. Sedangkan semakin tinggi kuat arus pengelasan yang dipakai maka nilai uji tarik yang dihasilkan turun sangat drastis. Penetrasi las yang tinggi menyebabkan hasil uji tarik dari baja ST 60 menurun.
- Pengaruh pengelasan SMAW dengan variasi arus terhadap cacat las dapat diketahui dari hasil uji penetrasi terlihat bahwa cacat las yang memiliki resiko paling kecil diperoleh pada arus pengelasan 95 A. Variasi arus 95 A memiliki cacat rounded slag yang disebabkan arus yang rendah sehingga elektroda membutuhkan waktu lebih untuk mencair. Sedangkan hasil terburuk diperoleh pada arus 110 A yang menghasilkan cacat las crack serta undercut. Hal ini juga bisa terjadi karena penetrasi las yang terjadi saat proses pengelasan. Semakin rendah arus maka elektroda semakin susah mencair. Sedangkan semakin tinggi arus maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan menghasilkan cacat berbentuk linear seperti crack.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu :

- Pada penelitian selanjutnya bisa melakukan pemanasan terlebih dahulu pada elektroda pengelasan agar hasil pengelasan tidak menimbulkan banyak cacat las.
- Pada pengelasan Baja ST 60 bisa menggunakan arus 95 A untuk hasil yang optimal
- Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan alat las otomatis yang memenuhi standar agar menghasilkan kecepatan las yang tetap.

DAFTAR PUSTAKA

- Fhadillah, Ahmad. Budiarto, Untung. & Budi, Ari Wibawa (2019). Analisa Sifat Mekanis Baja ST 60 Setelah Carburizing Menggunakan Arang Batok Katalis BaCO₃ Dan Quenching Dengan Oli Dan Air Garam
- Effendi, N. (2019). impact st60. STUDI PENGARUH HEAT INPUT TERHADAP KETANGGUHAN IMPACT LAS SMAW POSISI VERTIKAL BAJA ST 60 TEMPER.
- Faizal, M., & Salam, A. R. (2018). PENGARUH ARUS PENGELASAN PADA BAJA ASTM SA 516 Gr70 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KETANGGUHAN LAS SMAW DENGAN ELEKTRODA E7018.
- Ismail, Andhanu. (2015). ANALISA PENGARUH VARIASI HEAT INPUT ANALYZE THE EFFECT OF HEAT INPUT VARIATION AND PWHT TEMPERATURE TOWARDS AND MECHANICAL PROPERTIES AT LOW ALLOY.
- Masykur, M. (2011). PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP SIFAT MEKANIK PADA BAJA KARBON SEDANG ST 60.
- Marpaung, J. L., Sutrisno, A., & Lumintang, R. (2017). Penerapan Metode Anova Untuk Analisis Sifat Mekanik Komposit Serabut Kelapa.
- Mihrozi, M. I., Mufarida, N. A., & Kosjoko, K. (2018). Pengaruh Diameter Elektroda Terhadap Uji Tarik Las Smaw.
- Pradani, Y. F., Aziz, Y., & Rahmat, M. H. (2018). Analisis kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro pada pengelasan baja st-60 berdasarkan variasi temperatur tempering.
- Qomari, A. N., Hutomo, (2015). PENGELASAN TERHADAP KEKERASAN HASIL LAS PADA BAJA.
- Tarigan, Brain S. S., Drastiawati N. S. (2020)
- Siagian, P. J. H., Arifin, N. L., & Ulfah, N. (2022). I NSPEKSI L IQUID P ENETRANT S AMBUNGAN P ENGELASAN SMAW P ADA.