

PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN GTAW TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN CACAT LAS PADA SAMBUNGAN LAS MATERIAL SA 192

Dedy Zakaria

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: dedy.19033@mhs.unesa.ac.id

Mochamad Arif Irfa'i

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: arifirfai@unesa.ac.id

Abstrak

Pipa baja SA 192 merupakan material konstruksi di industri yang sering digunakan dalam proses penyambungan agar sesuai dengan desain yang telah dibuat. Proses penyambungan tersebut salah satunya melalui proses pengelasan. Pipa baja SA 192 banyak digunakan pada industri perminyakan, pertambangan, dan gas alam. Pipa ini digunakan khusus untuk tempat pengaluran fluida dengan suhu dan tekanan yang tinggi. Salah satu pengaplikasian pipa baja SA 192 yakni sebagai pembuatan boiler. Dalam penerapannya di lapangan kerap kali dijumpai kebocoran pada bagian sambungan las pipa boiler. Kebocoran yang terjadi disebabkan karena kualitas pada sambungan las yang kurang baik. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas hasil pengelasan adalah arus las. Busur listrik yang tidak stabil akan terjadi akibat penggunaan arus yang terlalu kecil atau terlalu rendah, sehingga akan sulit untuk dinyalakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana nilai tarik dan cacat las baja SA 192 dipengaruhi oleh perubahan arus las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*). Variasi arus yang digunakan yaitu 120 A, 130 A, 140 A. Melalui penelitian ini didapatkan hasil variasi arus terbaik pada penggunaan arus 140 A. Variasi arus ini memiliki rata-rata tertinggi sebesar 387,20 MPa, sedangkan untuk variasi arus 120 A sebesar 359,31 MPa dan variasi arus 130 MPa sebesar 372,35 MPa. Dari ketiga variasi arus tersebut dapat dilihat bahwa variasi arus 140 A memiliki rata-rata kekuatan tarik paling tinggi. Serta pada hasil pengujian statistik menunjukkan ada pengaruh signifikan variasi arus terhadap kekuatan tarik pada baja SA 192. Untuk pengujian porositas diketahui hasil pengujian terbaik pada uji penetrasi terjadi pada variasi arus 120 A. Sedangkan hasil kurang memuaskan didapat pada arus tertinggi yaitu 140 A karena ditemukan jenis cacat las *rounded slag*, *undercut*, dan *rounded porosity*.

Kata kunci: Material SA 192, Las GTAW, Arus Las, Pengujian Tarik dan Penetrasi.

Abstract

Pipes SA 192 steel pipe is a construction material in the industry that is often used in the connection process to match the design that has been made. in the connection process to match the design that has been made. The connection process One of them is through the welding process. SA 192 steel pipe is widely used in the petroleum, mining and natural gas industries. This pipe used specifically for fluid distribution places with high temperatures and pressures. high. One of the applications of SA 192 steel pipe is as a manufacture of boiler. In its application in the field, leaks are often found at the boiler pipe weld joints. Leaks that occur are caused by poor quality on the welding connection that is not good. One of the factors that affect the quality of welding results is the welding current. An unstable electric arc will occur due to the use of a current that is too small or too low, so it will be difficult to ignite. The purpose of this study was to determine how the tensile value and welding defects of SA 192 Steel are affected by changes in the GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) welding current. The current variations used are 120 A, 130 A, 140 A. Through this research, the best tensile test against current variation results were obtained. on the use of current 140 A. This current variation has the highest average of 387,20 MPa, while for the current variation of 120 A is 359,31 MPa and the current variation of 130 MPa is 372,35 MPa. Of the three current variations it can be seen that the 140 A current variation has an average tensile strength of 387,20 MPa. For porosity testing, it is known that the best test results in the penetrant test occur at a current variation of 120 A. While unsatisfactory results are obtained at the highest current of 140 A because rounded slag, undercut, and rounded porosity weld defects are found.

Keywords: SA 192 Material, GTAW Welding, Welding Current, Tensile and Penetrant Testing.

PENDAHULUAN

Tidak mungkin memisahkan pengelasan dari proses pengolahan logam untuk tujuan mengubah bahan mentah menjadi komoditas setengah jadi atau jadi. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa pengelasan memainkan peran penting dalam rekayasa dan perbaikan logam. Dua logam padat disatukan menggunakan teknik pengelasan ini, yang

memerlukan pemanasan sebagian permukaan logam induk untuk membentuk kolam las. Hal ini dapat dilakukan dengan atau tanpa logam tambahan, dan dirancang untuk menghasilkan sambungan yang berkesinambungan (javed, 2015).

Pada penelitian ini menggunakan metode pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arch Welding*) atau pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*). Logam cair dilindungi selama proses

pengelasan busur gas menggunakan gas mulia, seperti argon. Tujuannya adalah untuk menghentikan udara sekitar mengoksidasi logam cair, yang dapat menyebabkan cacat pengelasan. Menurut Sanjeev (2010), pengelasan GTAW melibatkan pencairan sebagian logam primer dan kemudian menambahkan lebih banyak logam ke daerah yang dicairkan untuk proses penyambungan.

Baja Karbon SA 192 merupakan tabung baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,06-0,18 % dengan kombinasi mangan 0,27-0,63 %. Tabung ini juga dikenal sebagai pipa dan tabung baja ringan. Tabung SA 192 merupakan material yang mudah dibentuk. Pipa-pipa ini diproduksi sesuai Spesifikasi ASME. Penggunaan baja SA 192 pada lingkup industri biasa diaplikasikan sebagai bahan utama pada industri perminyakan, pertambangan, dan gas alam. Pipa ini digunakan khusus untuk tempat pengaluran fluida dengan suhu dan tekanan yang tinggi. Tidak hanya dalam sistem pipa seperti minyak dan gas alam, air, transmisi *slurry* mineral, pipa proses, *power plant*, kompresi dan kilang, tetapi juga untuk boiler.

Arus pengelasan dapat berdampak pada kaliber las akhir. Kekuatan material dapat berkurang akibat jumlah tegangan sisa yang disebabkan oleh pemanasan proses pengelasan. Hal ini membuat material lebih rentan terhadap fraktur atau retakan, yang menjadi alasan mengapa kebocoran biasanya terjadi di area tempat pengelasan ketel uap dilakukan.

Arus pengelasan memiliki dampak yang signifikan terhadap hasil akhir pengelasan. Elektroda dan jenis material yang digunakan untuk pengelasan juga harus diperhitungkan saat mengatur arus pengelasan. Hasil pengelasan dipengaruhi oleh besarnya arus pengelasan. Busur listrik akan sulit dinyalakan dan menjadi tidak stabil jika arus yang digunakan terlalu rendah atau kecil. (Huda et al., 2016).

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, salah satu unsur yang harus diperhatikan dalam pengelasan, khususnya pengelasan TIG, adalah kuat arus pengelasan. Untuk mengetahui pengaruh kuat arus pengelasan terhadap kuat tarik dan cacat las pada sambungan las, dalam hal ini diperlukan pengujian pada logam baja karbon rendah SA 192 dengan menggunakan proses pengelasan TIG. Oleh karena itu, penulis menggunakan judul “Pengaruh Variasi Arus Pengelasan GTAW terhadap Kekuatan Tarik dan Cacat Las pada Sambungan Las Material SA 192”.

METODE

Untuk memastikan dampak perubahan arus pengelasan TIG, penulis penelitian ini menggunakan desain penelitian eksperimental kuantitatif terhadap nilai uji tarik dan cacat pengelasan menggunakan *Non Destructive Examination liquid penetrant test* pada sambungan las baja SA 192.

Waktu dan Tempat Penelitian

• Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2024 sampai Juni 2024.

• Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat, untuk pengelasan material dan pengujian penetran dilakukan di PT. Harmoni Indojoya Energi. Sedangkan untuk pengujian tarik dilakukan di Politeknik Negeri Malang.

Variabel Penelitian

• Variabel Bebas

Nilai arus pengelasan pada proses pengelasan TIG yaitu 120 A, 130 A, dan 140 A merupakan variabel bebas dalam penelitian ini.

• Variabel Terikat

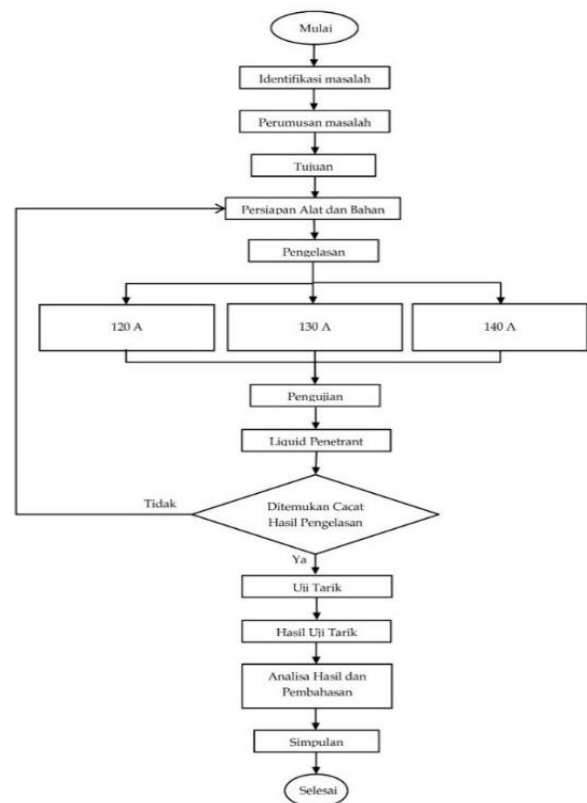
Nilai kuat tarik dan hasil uji penetran cair yang dilakukan dengan metode *Non Destructive Examination* pada pengelasan TIG baja SA 192 dengan variasi kuat arus merupakan variabel terikat dalam penelitian ini.

• Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah material pipa baja SA 192 dengan tebal 5,22 mm, *filler metal* ER70S-6 $\varnothing$ 2,4 x 1000 mm, kampuh las jenis V *groove* dengan sudut 60°, pengelasan dilakukan oleh operator las yang sama dan mesin las yang sama, posisi pengelasan 6G, pengujian yang dilakukan adalah tarik dan penetran, standart uji spesimen tarik menggunakan ASTM E8.

Diagram Alur Penelitian

Diagram alir penelitian yang dilakukan untuk studi ini ditunjukkan di bawah ini:



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Prosedur Penelitian

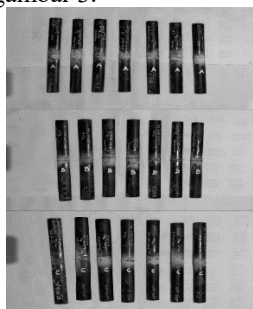
• Tahap Pembuatan Spesimen

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Pengukuran dan pemotongan material sesuai dengan spesimen uji sebanyak 21 buah.
3. Membuat sudut kampuh V sebesar 30° pada setiap sisi material yang akan dilas.
4. Proses pengelasan dengan menggunakan elektroda ER70S-6 $\varnothing 2,4 \times 1000$ mm.
5. Mengatur ampere meter pada mesin las sesuai arus yang dibutuhkan yaitu sebesar 120 A, 130 A, dan 140 A.



Gambar 2. Hasil Pipa yang Telah Dilas

6. Potong daerah yang telah dilakukan pengelasan seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Pemotongan Spesimen Setelah Pengelasan

• Pembuatan Spesimen Uji Tarik

Standar ASTM E8 digunakan untuk membuat spesimen uji tarik untuk penelitian ini. Dibawah ini dimensi spesimen sesuai standart ASTM E8.



Gambar 4. Dimensi Spesimen Uji Tarik Standart ASTM E8

Keterangan :

- B – Panjang Pegangan : 75 mm
T – Ketebalan : 5,2 mm
G – Gauge Length : 100 mm
W – Lebar : 20 mm
C – Lebar Pegangan : 25 mm
R – Radius Fillet : 25 mm
A – Panjang Paralel : 120 mm



Gambar 4. Hasil Pembuatan Spesimen

• Pengujian Spesimen

1. Uji Penetran

Pengujian ini dilakukan dengan melapiskan cairan penetran terlebih dahulu pada daerah pengelasan dan tunggu selama 5 menit. Setelah itu membersihkan cairan penetran dan tunggu hingga kering. Selanjutnya melapiskan cairan *developer*. Tunggu selama >10 menit untuk cairan *developer* bekerja, dan dapat diamati cacat-cacat las apa yang dihasilkan setelah benda uji dilakukan pengujian penetran.

2. Uji Tarik

Pada pengujian ini dilakukan perlakuan dimana pada salah satu lengan spesimen ditarik hingga terputus. Pada uji tarik sendiri berguna untuk mengetahui seberapa kuat sambungan las yang ada serta tingkat tegangan dan regangan baik pada sambungan maupun materialnya sendiri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data dalam bentuk statistik dan gambar dihasilkan oleh penelitian dalam studi ini. Angka yang dimaksud adalah nilai yang diperoleh dari uji kekuatan tarik dan gambar yang dimaksud adalah foto dari hasil pengelasan, hasil pembuatan spesimen, dan hasil uji porositas. Kedua hasil penelitian tersebut dijelaskan sebagai berikut.

Hasil Uji Penetran

• Arus Pengelasan 120 A



Gambar 5. Hasil Uji Penetran 120 A

Dapat dilihat pada foto di atas, tiga spesimen dengan arus pengelasan 120 A mengalami cacat las pada daerah *weld metal*. Daerah yang mengalami cacat las ditandai dengan lingkaran berwarna merah. Ketiga spesimen menunjukkan jenis cacat las *rounded slag inclusion* (titik berlubang). Cacat ini masih dikategorikan batas wajar.

• Arus Pengelasan 130 A



Gambar 6. Hasil Uji penetrasi 130 A

Dapat dilihat pada foto di atas, ada tiga spesimen dengan arus pengelasan 130 A mengalami cacat las pada daerah *weld metal*. Spesimen pertama menunjukkan jenis cacat las *undercut* (logam pengisi tidak memenuhi ruang kosong). Sedangkan spesimen kedua dan ketiga masing-masing mengalami *rounded slag inclusion* (titik berlubang).

• Arus Pengelasan 140 A



Gambar 7. Hasil Uji Penetrasi 140 A

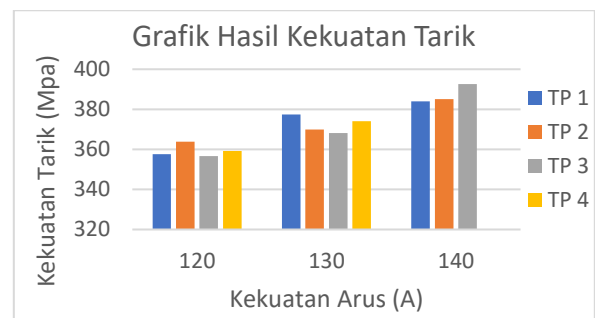
Dapat dilihat pada foto di atas, ada empat spesimen dengan arus pengelasan 140 A mengalami cacat las pada daerah *weld metal*. Spesimen pertama (kiri atas) menunjukkan jenis cacat las *rounded porosity* (lubang yang menyerupai kropos). Spesimen kedua (kanan atas) menunjukkan jenis cacat las *undercut* (logam pengisi tidak memenuhi ruang kosong). Spesimen ketiga (bawah kiri) terdapat dua titik yang menunjukkan jenis cacat las *rounded slag inclusion* (titik berlubang). Dan yang terakhir spesimen keempat (kanan bawah) menunjukkan jenis cacat las *undercut* (logam pengisi tidak memenuhi ruang kosong).

Hasil Uji Tarik

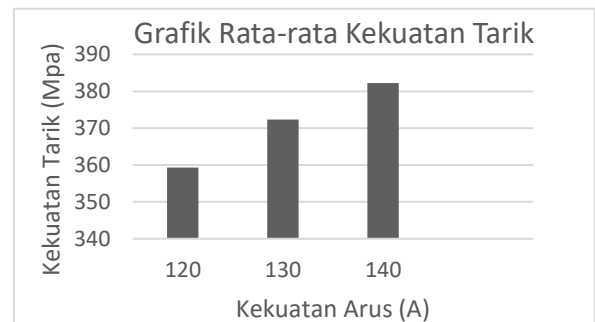
Pengujian tarik menghasilkan nilai beban tarik maksimum (N), yang selanjutnya digunakan untuk menghitung tegangan tarik maksimum menggunakan rumus: $\sigma = P/A_0$. Hasil dari perhitungan tersebut disajikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Hasil Uji Tarik

Variasi	Spesimen	Lebar (b) (mm)	Tebal (d) (mm)	Beban Tarik Max (P) (N)	Tegangan Tarik Max ($\sigma = P/A_0$) (N/mm ²)	Rata-rata Tegangan Tarik Max
120A	1	20	5	35753,58	357,53	359,31
	2	20	5	36379,22	363,79	
	3	20	5	35672,24	356,72	
	4	20	5	35922,14	359,22	
130A	1	20	5	37736,12	377,36	372,35
	2	20	5	36990,34	369,90	
	3	20	5	36815,90	368,15	
	4	20	5	37400,96	374,00	
140A	1	20	5	38397,62	383,97	387,20
	2	20	5	38508,36	385,08	
	3	20	5	39257,08	392,57	



Gambar 8. Grafik Uji Tarik



Gambar 9. Grafik Rata-rata Kekuatan Tarik

Terlihat dari data tabel uji tarik dan grafik bahwa nilai rata-rata terbesar 387,20 N/mm², didapat dengan variasi arus 140 A. Nilai minimum dan maksimum yang dihasilkan pada variasi 140 A adalah 383,97 N/mm² dan 392,57 N/mm². Sedangkan nilai rata-rata terendah pada variasi arus 120 A dengan nilai 359,31 N/mm². Nilai minimum dan maksimum yang dihasilkan pada variasi 120 A adalah 356,72 N/mm² dan 363,79 N/mm².



Gambar 10. Hasil Pengujian Tarik

Dari hasil pengujian tarik di atas 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 karbon rendah SA 192 mengalami keuletan sehingga spesimen uji tarik mengalami patah ulet.

Pembahasan

• Pengaruh Variasi Arus Pengelasan terhadap Uji Porositas

Diketahui hasil pengujian terbaik pada uji penetrasi ini terjadi pada proses variasi 120 A. Hal ini dikarenakan hanya tiga spesimen saja yang mengalami cacat las. Cacat las yang dihasilkan yakni *rounded slag* pada permukaan lasan. Hal ini bisa terjadi dikarenakan peleburan pada logam pengisi terjadi secara lambat. Pada pengelasan variasi 130 A juga terdapat tiga spesimen yang mengalami cacat las. Cacat yang dihasilkan adalah *rounded slag* dan *undercut*. Hasil pada variasi 130 A termasuk masih bisa ditolerir karena proses tersebut terjadi pada permukaan las saja. Hasil pengujian penetrasi pada variasi 140 A memiliki hasil cacat yang dikategorikan hampir mirip dengan variasi 130 A, hanya saja terdapat empat spesimen yang mengalami cacat las. Hal ini terjadi karena peleburan logam pengisi terlalu tinggi sehingga logam pengisi menimbulkan cacat las *rounded slag*, *undercut*, dan *rounded porosity*.

• Pengaruh Variasi Arus Pengelasan terhadap Uji Tarik

Diketahui dari hasil pengujian tarik pada tabel 1 memiliki rata-rata kekuatan tarik yang berbeda-beda. Dari data hasil penelitian dengan variasi arus pengelasan GTAW baja SA 192 pada variasi arus 120 A dengan rata-rata kekuatan tarik sebesar 359,31 N/mm², variasi arus 130 A mempunyai rata-rata sebesar 372,35 N/mm² dan variasi arus 140 A sebesar 387,20 N/mm². Dari ketiga variasi tersebut dapat dilihat bahwa variasi arus 140 A memiliki rata-rata kekuatan tarik paling tinggi. Serta pada hasil pengujian statistik menunjukkan ada pengaruh signifikan variasi arus terhadap kekuatan tarik baja SA 192. Pada pengujian data ANOVA dengan perangkat lunak SPSS, yang diuraikan dalam analisis hasil uji statistik, menunjukkan hal tersebut.

Dari hasil pengujian diketahui bahwa nilai kekuatan tarik cenderung naik. Nilai kekuatan tarik pada penelitian ini meningkat seiring dengan naiknya nilai arus. Hal ini disebabkan karena *raw material* dan logam pengisi sendiri lebih banyak menyerap kalor ketika arus lebih besar (Teddy, 2014). Hal ini sesuai dengan

Dari perhitungan sebelumnya terlihat bahwa semakin besar arus yang mengalir pada kecepatan yang sama, maka energi panas atau nilai *heat input* akan semakin besar. Hal ini akan mempermudah peleburan logam pengisi dan material. Oleh karena itu, semakin besar arus yang mengalir, maka akan semakin besar pula inputan panas.

Busur listrik tidak stabil dan terlalu sulit dinyalakan, sehingga menghasilkan nilai kuat tarik terendah untuk variasi arus 120 A. Penetrasi yang terjadi tidak optimal, dan panas yang dihasilkan tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan material (Awal, 2013). Ukuran butiran pada titik ini menyusut akibat arus yang terlalu rendah, sehingga sambungan menjadi lebih lemah dan getas serta menyebabkan butiran semakin renggang (Raharjo, 2012). Akibatnya hasil uji tarik dengan variasi arus 120 A menunjukkan nilai terendah, karena material menjadi lebih rapuh, sehingga energi yang diperlukan untuk menarik material tersebut menjadi lebih sedikit.

Walaupun lebih rendah dari 140 A, nilai kuat tarik variasi arus 130 A lebih baik dari 120 A. Dibandingkan dengan 120 A, variasi arus ini memiliki masukan panas yang lebih baik, sehingga logam pengisi lebih stabil dalam pengecoran. Di sisi lain, arus 140 A menghasilkan percikan busur yang lebih besar dan peleburan elektroda yang lebih cepat dan stabil, memungkinkan peleburan elektroda dan bahan baku yang ideal. Dengan bertambahnya arus las, ukuran butiran akan semakin besar, sehingga jarak las akan semakin dekat, sambungan akan semakin kuat, dan ketangguhan serta kuat tarik akan semakin meningkat (Raharjo, 2012).

Berbeda dengan arus 120 A dan 130 A, terlihat bahwa variasi arus 140 A memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih besar. Selain itu, hasil uji tarik menunjukkan bahwa rata-rata putusnya logam pengisi terjadi pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*).

Hal ini berdasarkan dukungan dari penelitian terdahulu (Muhammad Ikhsan, 2021) dihasilkan kesimpulan semakin tinggi arus maka semakin tinggi juga nilai kekuatan tarik.

• Pengaruh Variasi Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik dan Porositas

Hasil dari setiap pengujian tarik dan porositas yang sudah dilakukan dapat dilihat bahwa pada variasi 140 A uji tarik yang dihasilkan dengan rata-rata nilai tertinggi sebesar 387,20 N/mm². 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. Sedangkan hasil pada uji porositas menghasilkan cacat las *rounded slag*, *undercut*, dan *rounded porosity*. Hal ini disebabkan oleh elektroda akan meleleh terlalu cepat pada arus

Keterangan :

$$HI = \eta \frac{EI}{V} \text{ kJ/mm}$$

HI = Heat Input
 E = Tegangan (Volt)
 I = Arus (Ampere)
 η = Efisiensi mesin
 V = kecepatan pengelasan (mm/min)

yang lebih tinggi, yang dapat mengakibatkan cacat pengelasan.

Dan pada arus 120 A uji tarik yang dihasilkan memiliki nilai rata-rata 359,31 N/mm². Pada arus 120 A memiliki nilai paling rendah dikarenakan kurang efesienya penembusan pada saat pengelasan sehingga *heat input* yang dihasilkan sangat kecil, busur listrik yang tidak stabil dan sulit dinyalakan. Panas yang dihasilkan tidak cukup untuk melelehkan bahan baku dan logam pengisi, dan penetrasi yang terjadi tidak ideal (Awal, 2013). Pada titik ini, ikatan melemah dan menjadi getas karena kekuatan arus yang sangat rendah, yang menyebabkan ukuran butir mengecil dan jarak antar butir menjauh (Raharjo, 2012). Dan pada uji porositas menghasilkan cacat las *rounded slag*. Hal ini disebabkan arus las yang terlalu rendah membuat kolam las kurang panas sehingga terak tidak mengalir dengan baik ke permukaan dan malah ikut membeku di dalam.

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

Simpulan

Dari hasil dan pembahasan penelitian mengenai pengaruh variasi arus listrik terhadap hasil pengelasan GTAW terhadap kekuatan tarik dan cacat pengelasan pada sambungan las pipa baja SA 192, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil uji tarik, arus pengelasan yang ideal adalah 140 A, yang menghasilkan kekuatan tarik rata-rata 387,20 N/mm². Kekuatan tarik cenderung naik dengan meningkatnya arus pengelasan dari 120 A menjadi 130 A dan 140 A.
2. Pengaruh pengelasan GTAW dengan variasi arus terhadap cacat las dapat diketahui dari hasil uji penetran, terlihat bahwa cacat las yang memiliki resiko paling kecil diperoleh pada arus pengelasan 120 A. Variasi arus 120 A memiliki cacat *rounded slag* yang disebabkan arus yang rendah sehingga elektroda membutuhkan waktu lebih untuk mencair. Sedangkan hasil terburuk diperoleh pada arus 140 A yang menghasilkan cacat *las rounded slag*, *undercut*, dan *rounded porosity*. Hal ini juga bisa terjadi karena penetrasi las yang terjadi saat proses pengelasan. Semakin rendah arus maka elektroda semakin susah mencair. Sementara itu, elektroda akan meleleh terlalu cepat dan kemungkinan besar akan mengakibatkan cacat pengelasan jika arusnya terlalu besar.

Saran

Penulis menawarkan rekomendasi berikut untuk studi lebih lanjut berdasarkan temuan penelitian, analisis, dan diskusi yang telah dilakukan:

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya untuk melakukan pengujian tarik dan kekerasan pada *raw material* sebelum mengalami proses pengelasan untuk mengetahui peningkatan nilai kekuatan tarik dan kekerasan setelah pengelasan.
2. Pada penelitian selanjutnya bisa melakukan pemanasan terlebih dahulu pada elektroda pengelasan agar hasil pengelasan tidak menimbulkan banyak cacat las.
3. Dapat dilakukan pengujian bahan yang lain pada material dengan perlakuan serupa untuk mendapatkan sifat mekanik lainnya seperti uji impak, uji bending, uji kelelahan, uji mikrostruktur, dsb.
4. Dalam proses pengelasan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan perlu diperhatikan seperti kecepatan pengelasan dan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Mechanical Engineers Section IX, Boiler And Pressure Vessel Code An International Code, Materials, Edition July 2015.
- Arifin, E. 2017. PENGARUH VARIASI KUAT ARUS PENGELASAN TUNGSTEN INERT GAS (TIG) TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL SAMBUNGAN LAS PADA BAJA KARBON. Motor Bakar: Jurnal Teknik Mesin, 1(1).
- Huda, Miftahul. 2016. Pengaruh Variasi Susut Kampuh V dan Kuat Arus Dengan Las Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Pada Baja A36 Terhadap Sifat Mekanik. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Umsida*.
- Ikhsan, M. 2021. ANALISA KEKUATAN UJI TARIK DAN KEKERASAN HASIL PENGELASAN BAJA KARBON TINGGI (AISI 1070) PADA LAS TIG (TUNGSTEN INERT GAS) DENGAN VARIASI ARUS 120,130,140 AMPERE.
- Javed. 2015. *A Review On Various Welding Techniques*. Mumbai: Universitas Mumbai.
- Pramono, Teddy Andi. (2014). Pengaruh Kuat Arus Pengelasan dan Jenis Elektroda Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Sambungan Las SMAW (Shielding Metal Arc Welding) Pada Baja ST 37, Universitas Brawijaya
- Prasetyo, E. 2014. PENGARUH HASIL PENGELASAN LAS TIG TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KETANGGUHAN PADA MATERIAL BAJA KARBON RENDAH. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(03).
- Qofi, A., Fiqi. 2019 Analisa Kekuatan Tarik dan Cacat Pengelasan Butt Joint dengan Pengelasan SMAW Posisi 3G Vertical Up dan Vertical Down Material Baja ASTM A36 . Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama.
- Raharjo, H. S., dan JP, R. (2012). Variasi Arus Listrik terhadap Sifat Mekanis Sambungan Las Shielding Metal Arc Welding (SMAW).
- Sanjeev. 2010. *Experimental Investigations On Pulsed TIG Welding Of Aluminium Plate*. Technology Gurdaspur INDIA.
- Syahrani, Awal. 2013. Variasi Arus Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending pada Hasil Pengelasan Sm490. *Jurnal Mekanikal*, Vol. 4 No. 2: Juli 2013: 393-402.