

**Pengaruh Variasi Arus Dan Diameter Elektroda Pengelasan Smaw Posisi 1G Terhadap Cacat Pengelasan
Sambungan Las Pada Plat Baja ST 42**

**PENGARUH VARIASI ARUS DAN DIAMETER ELEKTRODA PENGELASAN SMAW POSISI 1G
TERHADAP CACAT PENGELASAN SAMBUNGAN LAS PADA PLAT BAJA ST 42**

Wahyu Bagus Pratama

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: wahyubagus.21016@mhs.unesa.ac.id

Mochamad Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: arifirfai@unesa.ac.id

Abstrak

Pengelasan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) adalah pengelasan yang menggunakan elektroda terbungkus yang ikut mencair dan sekaligus menjadi bahan pengisi. Pada pengelasan ini posisi yang diterapkan yakni posisi 1G dikarenakan posisi ini adalah posisi yang paling mendasar pada pengelasan SMAW dan dapat menghasilkan hasil las yang optimal dibanding posisi lainnya serta meminimalisir terjadinya cacat pengelasan yang terjadi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi arus dan diameter elektroda terhadap cacat pengelasan pada sambungan las pelat baja St 42. Variasi arus pengelasan yang digunakan adalah 80 ampere, 85 ampere, dan 90 ampere, serta diameter elektroda yang divariasikan antara 2,6 mm dan 3,2 mm. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental atau dikenal dengan *Experimental Research*. Pengujian menggunakan uji NDT (*Non-Destructive Testing*) dengan metode *liquid penetrant test* digunakan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi cacat yang muncul pada hasil las. Berdasarkan pengujian dari penelitian ini. Hasil dari penelitian menunjukkan variasi arus 80A dan diameter elektroda 2,6 mm yang paling sedikit menghasilkan cacat dari 6 variasi yang telah di uji coba yaitu 2 *spatter* dan 1 *porosity*.

Kata Kunci: pengelasan SMAW, cacat pengelasan, *liquid penetrant test*, baja St 42.

Abstract

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) is a welding process that uses a covered electrode, which melts during the process and simultaneously acts as the filler material. In this welding process, the 1G position is applied because it is the most fundamental position in SMAW welding and can produce optimal weld quality compared to other positions while minimizing the occurrence of welding defects. The purpose of this study is to analyze the effect of current variation and electrode diameter on welding defects in St 42 steel plate weld joints. The welding current variations used are 80 amperes, 85 amperes, and 90 amperes, with electrode diameters varied between 2.6 mm and 3.2 mm.

This study uses an experimental research method. Testing is conducted using NDT (Non-Destructive Testing) with the liquid penetrant test method, which is used to detect and identify defects that appear in the weld results. Based on the tests in this study, the results show that the combination of 80A current and 2.6 mm electrode diameter produced the fewest defects among the six variations tested, namely 2 instances of spatter and 1 of porosity.

Keywords: SMAW welding, welding defects, *liquid penetrant test*, St 42 steel.

PENDAHULUAN

Pengelasan (Welding) ialah salah satu cara menyambung logam 1 dengan logam lainnya melalui teknik memamanaskan bagian logam induk dan logam pengisi/elektroda melalui dan tanpa adanya logam penambah dan menghasilkan sambungan kontinyu (Siswanto, 2011). Berdasarkan penjelasan dari *American Welding Society* (AWS) las ialah sebuah ikatan-ikatan metalurgi disambungan logam dengan paduan yang

dilakukan didalam kondisi yang sangat panas/logam mencair. Proses pengelasan dapat dipengaruhi dari urutan/SOP pengelasan yang mana sebuah rencana untuk melaksanakan penelitian yang termasuk proses membuat konstruksi las sama dengan perencanaan yang telah dibuat dan speknya bisa menentukan hal hal dibutuhkan dipelaksanaanya. Faktor-faktor pada proses pengelasan seperti penjadwalan pembuatan, urutan proses pembuatan, alat dan bahan yang dibutuhkan, SOP pelaksanaan, petunjuk pengelasan (meliputi: pemilihan mesin las,

penunjukkan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh) (Wirjosumarto, 2000).

Pengelasan *Shield Metal Arc Welding/SMAW* (juga disebut pengelasan batang "Stick Welding") adalah pengelasan yang menggunakan elektroda terbungkus yang ikut mencair dan sekaligus menjadi bahan pengisi. Pengelasan SMAW digunakan hampir terhadap semua jenis material karena mudah dan murah. Pada pengelasan ini posisi yang diterapkan yakni posisi 1G dikarenakan posisi ini adalah posisi yang paling mendasar pada pengelasan SMAW dan dapat menghasilkan hasil las yang optimal dibanding posisi lainnya serta meminimalisir terjadinya cacat pengelasan yang terjadi. Mesin las SMAW terbagi menjadi tiga kategori berdasarkan arusnya. Yang pertama adalah mesin las arus searah (DC), yang kedua adalah mesin las arus bolak-balik (AC), dan yang terakhir adalah mesin las arus ganda. Mesin las arus ganda digunakan untuk mengelas dengan arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC). (Wirjosumarto, 2000). Arus pengelasan adalah faktor las yang dapat memengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk secara langsung. Semakin tinggi arus pengelasan, semakin besar penembusan dan kecepatan pencairannya. Karena itu, jika arus pengelasan terlalu rendah, proses melelehnya ujung elektroda menjadi sangat sulit dan busur listrik tidak stabil. Apabila panas yang terjadi tidak cukup kuat untuk melelehkan logam dasar, akan terbentuk las yang kecil dan tidak rata dengan penembusan yang lebih dalam. Jika arus terlalu besar, maka menghasilkan cairan yang melebar, butiran percikan kecil, hasil lasan, penetrasi, dan penguatan matrik las yang tinggi. Hal ini dapat menyebabkan cacat las dapat terjadi untuk meminimalisir terjadinya cacat las yang disebabkan oleh arus yakni dengan memperhatikan aturan ukuran diameter elektroda serta ketebalan plat atau material yang akan dilas. Begitu juga sebaliknya dengan aturan yang sesuai dari berapa ukuran diameter yang cocok untuk dengan arus tersebut agar dapat menghasilkan sambungan las yang optimal serta meminimalisir cacat las yang timbul pada benda kerja.

Baja ST 42 adalah material baja yang mempunyai kekuatan tarik $41 - 49 \text{ kg/mm}^2$ dengan komposisi kandungan karbon (C) 0,25%, mangan (Mn) 0,80%, silikon (Si) 0,30% dan sisanya besi (Fe) memiliki kekuatan tarik baik, sifat mampu las (*Weldability*), sifat mampu pemrosesan (*Machining*). Dalam aplikasinya, baja ST 42 digunakan sebagai baja konstruksi dan digunakan untuk membuat tangki, dek perkapalan, jembatan, menara, pesawat angkat, dan komponen permesinan lainnya. Proses pembuatan baja ST 42 biasanya dilakukan melalui proses penyambungan dengan pengelasan. Material yang dibelah harus memiliki sifat mekanis yang baik sehingga dapat digunakan dalam aplikasinya. Selama proses pengelasan, material baja ST 42 diharapkan tidak mengalami cacat atau kerusakan selama proses. Menurut pendapat (Constanza G, Sili a, 2016) Parameter pada pengelasan busur listrik seperti kuat arus listrik, tegangan, polaritas, diameter elektroda, komposisi gas pelindung, dan laju aliran panas mempunyai pengaruh besar pada performa hasil pengelasan. Pada penelitian terdahulu material baja ST 42 sering digunakan untuk sarana

percobaan dalam uji cacat las dengan variasi arus yang berbeda-beda dikarenakan masih termasuk baja karbon rendah.

Cacat las terjadi ketika proses pengelasan tidak memenuhi standar (ASME, IX, AWS, API, dan ASTM). Ini dapat terjadi karena prosedur pengelasan yang salah, persiapan yang buruk, atau peralatan dan konsumsi yang tidak sesuai standar. Permasalahan cacat las mengakibatkan tidak sampainya standart pengelasan yang diperlukan dan cara meminimalisir hal tersebut diperlukan prosedur yang benar dan diperlukan pengujian pengelasan untuk mengetahui cacat las tersebut. *Non Destructive Test* (NDT) adalah metode pengujian yang dilakukan tanpa merusak atau menghancurkan material yang diuji sehingga masih bisa digunakan. Salah satu jenis pengujian ini yakni, *Liquid Penetrant Test* merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi cacat pada area permukaan hasil las. Cairan penetrant dengan viskositas rendah digunakan untuk menembus porositas pada permukaan spesimen. Penetrant ini akan masuk ke dalam retakan permukaan. Setelah cairan penetrant dibersihkan selanjutnya cairan penetrant akan mengembang dan menuju ke permukaan material, dengan begitu operator NDT bisa melihat tanda kebocoran atau cacat pada material melalui cairan penetrant yang mengembang tersebut. Manfaat penelitian ini sebagai literatur pada penelitian yang sejenis dalam rangka pengembangan teknologi dalam bidang pengelasan dan bidang NDT (*Non Destructive Test*) (Ardiansyah dkk, 2017). Pelaksanaan proses penyambungan pengelasan umumnya dilakukan bengkel serta bisa juga dalam perusahaan yang bergerak di bidang konstruksi. Pada penelitian ini sendiri akan dilaksanakan di Kampuh Welding Indonesia yang mana bergerak di bidang pengelasan berupa bengkel resmi serta tersedianya sebagai pengujian dari material hasil pengelasan salah satunya uji NDT yakni *liquid penetrant test*.

Berdasarkan masalah yang dihadapi oleh operator las (Welder), akan dilakukan penelitian untuk memperoleh pengetahuan tentang proses pengelasan dan metode pengelasan. Penulis akan melakukan penelitian ini dengan melihat bagaimana variasi arus dan diameter elektroda pengelasan SMAW posisi 1G berdampak pada cacat pengelasan sambungan las pada plat baja ST 42.

METODE

Metode penelitian ialah runtutan alur berfikir secara sistematis terhadap suatu sistem, komponen atau produk bahkan juga dalam proses untuk mencapai sesuatu yang diinginkan, dapat juga diartikan sebagai sebuah proses pengambilan suatu keputusan. Untuk jenis penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimental (*experimental research*), yaitu suatu metode untuk mencari sebuah hubungan sebab akibat antara beberapa variabel yang saling mempengaruhi (Ratminingsih, 2010). Di mana maksud dari penelitian yang dilaksanakan adalah mengetahui pengaruh variasi arus dan diameter elektroda terhadap cacat pengelasan.

Pada penelitian ini, pengujian cacat las yang digunakan yakni, NDT (*Non-destructive Test*) untuk jenis yang digunakan adalah *Penetrant Test*. Pada pengujian

Pengaruh Variasi Arus Dan Diameter Elektroda Pengelasan Smaw Posisi 1G Terhadap Cacat Pengelasan Sambungan Las Pada Plat Baja ST 42

menggunakan *liquid penetrant* ini untuk mengetahui kelainan pada permukaan benda kerja/material seperti retak, berlubang atau percikan las di sekitar hasil lasan. *Liquid penetrant Test* terdiri dari 3 jenis yaitu *Cleaner/Remover*, *Penetrant* dan *Developer*. Untuk kegunaannya sendiri berbeda-beda, *Liquid Penetrant* dengan warna merah yang disemprotkan pertama kali ke material setelah proses pengelasan dan dibiarkan selama beberapa menit supaya cairannya meresap masuk kedalam diskontinuitas, kemudian bersihkan material menggunakan *Liquid Penetrant* yang berwarna biru (*Cleaner*), lalu untuk yang terakhir semprotkan *Liquid Penetrant* pengembang yang berwarna putih (*Developer*) agar cairan yang berwarna merah keluar dari diskontinuitas dan terdeteksinya diskontinuitas adalah timbulnya bercak-bercak merah yang keluar dari dalam diskontinuitas. Cara untuk menganalisis data yang dipakai dipenelitian ini ialah data deskriptif kualitatif. Untuk teknik analisis data ini digunakan untuk menganalisis berupa gambar dari hasil foto benda kerja yang sudah dilakukan proses pengelasan serta sudah diuji dengan *liquid penetrant test*. Dari gambar tersebut nanti dijabarkan dalam bentuk teks atau tulisan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian menggunakan cairan *penetrant* ini untuk mengidentifikasi anomali permukaan benda kerja atau material seperti retakan, lubang, atau percikan las di sekitar hasil las. Terdapat tiga jenis uji cair *penetrant*, yaitu pembersihan/penghapus, *penetrant*, dan pengembang. Setiap jenis digunakan untuk tujuan yang berbeda. *Liquid Penetrant* berwarna merah disemprotkan pertama kali ke material setelah pengelasan dan dibiarkan selama beberapa menit supaya cairannya meresap ke dalam diskontinuitas. Kemudian, *Liquid Penetrant* berwarna biru (pembersihan) digunakan untuk membersihkan material, dan kemudian semprotkan *Liquid Penetrant* pengembang

Berdasarkan hasil pengujian cacat las menggunakan *liquid penetrant test* dari hasil pengelasan dari variasi arus 80A dan diameter elektroda 2,6 mm setelah melalui 3 kali percobaan mulai dari spesimen 1 hingga spesimen 3 diketahui bahwa cacat las yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Cacat las yang terjadi:
Spesimen 1 terdapat *porosity* dan *spatter*, spesimen 2 tidak ada, spesimen 3 terdapat *spatter*.
- Penyebab:
Ayunan elektroda kurang stabil, kecepatan pengelasan terlalu tinggi, jarak elektroda dan benda kerja kurang optimal.
- Cara mengatasi:
Usahakan ayunan elektroda lebih stabil, kurangi kecepatan pengelasan, atur jarak antara elektroda dan benda kerja.
Pengaruh arus 80A dan diameter elektroda 2,6 mm terhadap cacat pengelasan sangat penting untuk dipahami karena kedua parameter ini berkaitan langsung dengan kestabilan busur, penetrasi, dan kualitas sambungan las. Berikut penjelasannya secara umum:

- Kesesuaian arus dengan diameter elektroda

Setiap diameter elektroda memiliki rentang arus yang ideal. Untuk elektroda dengan diameter 2,6 mm, biasanya arus las yang dianjurkan berkisar antara 70-110A, tergantung pada jenis elektroda dan posisi pengelasan. Arus 80A termasuk dalam rentang yang wajar untuk elektroda 2,6 mm, khususnya pada posisi pengelasan horizontal (*flat/horizontal*). Namun, jika digunakan di posisi vertikal atau *overhead*, arus ini bisa sedikit terlalu tinggi dan berisiko menyebabkan cacat.

- Cacat pengelasan yang mungkin terjadi jika arus terlalu rendah (<70A untuk 2,6 mm)
 - Lack of Fusion* (tidak melebur sempurna): logam las tidak menyatu dengan logam induk karena panas tidak cukup.
 - Permukaan kasar dan cembung: karena logam cair tidak cukup mencair dan mengalir dengan baik.
 - Busur tidak stabil: menyulitkan kontrol dan menyebabkan percikan.
- Cacat pengelasan yang mungkin terjadi jika arus terlalu tinggi (>110 untuk 2,6 mm).
 - Porositas (lubang kecil: akibat penguapan cepat dari gas terperangkap).
 - Slag Inclusion* (terperangkapnya terak): karena logam mencair terlalu cepat dan tidak sempat dibersihkan antar lajur.
 - Undercut*: alur di sepanjang tepi las akibat logam induk terkikis oleh panas berlebihan.
 - Burn Through*: terutama pada plat yang berdiameter tipis.

Pengaruh variasi arus 80 A dan diameter elektroda 3,2mm

Pada arus 80A dan diameter elektroda 2,6 mm dalam kondisi yang tepat (posisi horizontal, bahan cukup tebal), arus 85A dapat menghasilkan lasan yang baik. Namun, jika plat terlalu tipis atau posisi sulit, arus ini dapat menyebabkan *undercut* dipinggir sambungan, penetrasi berlebihan jika bahan terlalu tipis, *spatter* (percikan logam) yang berlebihan jika tidak dikontrol.

$$\frac{V \times I \times 60}{1000 \times \text{Travel Speed}} = \frac{21 \times 80 \times 60}{1000 \times 100} = 1,008 \text{ kJ/mm}$$

$$\text{Total Heat Input} = 1.008 \times 150 = \boxed{151.2 \text{ kJ}} \\ = \boxed{151200 \text{ J}}$$

Efisiensi Proses SMAW:

Efisiensi transfer panas $\approx 70\%$

$$\text{Energi yang diterima material} = 100.800 \times 0,7 \\ = 70.560 \text{ Joule}$$

Massa material:

$$\text{Volume} = 10 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 0,6 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^3 \\ = 9 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \\ \text{Massa} = 9 \times 10^{-4} \times 7850 = 0,7065 \text{ kg}$$

Waktu pengelasan

$$t = \frac{100 \text{ mm}}{1,67 \text{ mm/s}} \approx 60 \text{ s}$$

Luas area ujung elektroda

$$A = \pi r^2 = \pi \times (0,0013)^2 \approx 5,31 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Energi radiasi yang di pancarkan

$$Q_{\text{radiasi}} = \eta \cdot \text{Heat Input} \cdot f$$

$$Q_{\text{radiasi}} = 0,8 \cdot 151200 \cdot 0,15 = 18144 \text{ Joule}$$

$$P = \frac{Q_{\text{radiasi}}}{t} = \frac{18144}{60} = 302,4 \text{ Watt}$$

$$T^4 = \frac{P}{\sigma \cdot A \cdot \epsilon} + T_0^4$$

$$T^4 = \frac{302,4}{5,67 \times 10^{-8} \cdot 2 \times 10^{-4} \cdot 0,7} + (298)^4$$

$$T^4 = \frac{302,4}{7,938 \times 10^{-12}} + 7,888 \times 10^9 \approx 3,81 \times 10^{13}$$

$$T = \sqrt[4]{3,81 \times 10^{13}} \approx 3930 \text{ K} \approx \boxed{3657^\circ\text{C}}$$

T peleburan = Tradiasi – Tbatasmelebur

$$3657^\circ\text{C} - 1520^\circ\text{C} = 2137^\circ\text{C}$$

Energi konduksi yang menyebar 70% ke material baja

$$\text{Energi Konduksi} = 0,70 \times 151.200 = \boxed{105.840 \text{ J}}$$

Total kenaikan suhu realistik

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{m \cdot c}$$

$$\Delta T = \frac{151200}{0,7065 \times 490} = \frac{151.200}{346,185} \approx \boxed{436,7^\circ\text{C}}$$

$$\text{Suhu Akhir} = 27 + 436,7 = \boxed{463,7^\circ\text{C}}$$

Pengaruh variasi arus 85 A dan diameter elektroda 3,2mm

Berdasarkan hasil pengujian cacat las menggunakan liquid penetrant test dari hasil pengelasan dari variasi arus 85A dan diameter elektroda 2,6 mm setelah melalui 3 kali percobaan mulai dari spesimen 4 hingga spesimen 6 diketahui bahwa cacat las yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Cacat las yang terjadi:

Spesimen 4 terdapat *Porosity*, spesimen 5 terdapat *porosity*, spesimen 6 terdapat *spatter* dan *porosity*.

b. Penyebab:

Ayunan elektroda kurang stabil, kecepatan terlalu tinggi, jarak elektroda dan benda kerja terlalu jauh.

c. Cara mengatasi:

Mengupayakan ayunan elektroda dengan teratur, mengurangi kecepatan pengelasan dan menyesuaikan dengan panjang busur pengelasan.

Dalam proses pengelasan SMAW pada posisi 1G (pengelasan plat datar atau *flat position*), kombinasi arus 85A dan diameter elektroda 2,6 mm memiliki pengaruh besar terhadap kualitas hasil las dan jenis cacat yang bisa terjadi.

a. Arti kombinasi parameter

1) Arus 85A: termasuk dalam rentang ideal untuk elektroda 2,6 mm (biasanya 70-110A).

2) Elektroda 2,6 mm: umumnya digunakan untuk pengelasan plat tipis hingga sedang (2-6 mm).

3) Posisi 1G (*flat*): posisi termudah. Memungkinkan penetrasi yang baik dan kontrol logam cair yang maksimal.

Kombinasi ini secara teori cocok untuk pengelasan plat dengan ketebalan sekitar 3-6 mm.

b. Cacat las yang mungkin terjadi pada variasi arus 85A dan diameter elektroda 2,6 mm.

1) Undercut: jika arus terlalu tinggi untuk ketebalan plat atau teknik penyapuan elektroda terlalu cepat.

2) Porositas: jika elektroda lembap, atau pengelasan dilakukan terlalu cepat dan gas tidak sempat keluar.

3) *Lack of Fusion*: jika arus terlalu kecil untuk ketebalan material, sehingga logam induk tidak melebur sempurna.

4) *Spatter* berlebihan: jika busur tidak stabil karena arus terlalu tinggi atau elektroda terlalu dekat.

5) Permukaan las tidak rata: bisa akibat kecepatan pengelasan tidak konsisten atau kontrol tangan kurang stabil.

Pada posisi pengelasan 1G dengan elektroda 2,6 mm, penggunaan arus 85A merupakan pilihan yang cukup optimal untuk menghasilkan lasan berkualitas jika: material sesuai (ketebalan 3-6 mm), Teknik pengelasan benar, kondisi elektroda yang baik. Namun tanpa kontrol yang baik arus ini masih bisa menyebabkan cacat seperti *undercut*, porositas, atau *spatter* berlebih. Jadi penting untuk menyesuaikan parameter dan teknik secara keseluruhan, bukan hanya berdasarkan angka arus dan ukuran elektroda saja.

$$\frac{V \times I \times 60}{1000 \times \text{Travel Speed}} = \frac{\text{Heat input}}{1000 \times 100} = \frac{21 \times 85 \times 60}{1000 \times 100} = 1,071 \text{ kJ/mm}$$

$$\text{Total Energi Masuk (Heat Input Total)} = 1,071 \times 150 = 160,65 \sim \text{kJ} = \boxed{160.650 \sim \text{J}}$$

Efisiensi Proses SMAW:

Efisiensi transfer panas $\approx 70\%$

$$\text{Energi yang diterima material} = 107.100 \times 0,7 = 74.970 \text{ Joule}$$

Massa material:

$$\text{Volume} = 10 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 0,6 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^3 = 9 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\text{Massa} = 9 \times 10^{-4} \times 7850 = 0,7065 \text{ kg}$$

Waktu pengelasan

$$t = \frac{100 \text{ mm}}{1,67 \text{ mm/s}} \approx 60 \text{ s}$$

Luas area ujung elektroda

$$A = \pi r^2 = \pi \times (0,0013)^2 \approx 5,31 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Energi radiasi yang dipancarkan

$$Q_{\text{rad}} = \eta \cdot Q \cdot f = 0,8 \cdot 160650 \cdot 0,15 = 19278 \text{ Joule}$$

Energi konduksi yang menyebar 70% ke material baja

$$\text{Energi Konduksi} = 0,70 \times 160,650 = 112,455 \sim \text{J}$$

$$P = \frac{Q_{\text{rad}}}{t} = \frac{19278}{60} = 321,3 \text{ Watt}$$

Pengaruh Variasi Arus Dan Diameter Elektroda Pengelasan Smaw Posisi 1G Terhadap Cacat Pengelasan Sambungan Las Pada Plat Baja ST 42

$$T^4 = \frac{P}{\sigma \cdot A \cdot \epsilon} + T_0^4$$

$$T^4 = \frac{321,3}{5,67 \times 10^{-8} \cdot 2 \times 10^{-4} \cdot 0,7} + (298)^4 \backslash$$

$$T^4 = \frac{321,3}{7,938 \times 10^{-12}} + 7,888 \times 10^9 \approx 4,046 \times 10^{13} \backslash$$

$$T = \sqrt[4]{4,046 \times 10^{13}} \approx \boxed{4000 \text{ K}} = \boxed{3727^\circ\text{C}}$$

$$T_{\text{peleburan}} = T_{\text{radiasi}} - T_{\text{batasmelebur}}$$

$$3727^\circ\text{C} - 1520^\circ\text{C} = 2137^\circ\text{C}$$

Total suhu akhir realistik

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{m \cdot c}$$

$$\Delta T = \frac{160.650}{0,7065 \times 490} = \frac{160.650}{346,185} \approx 464,05^\circ\text{C}$$

$$\text{SuhuAkhir} = 27 + 464,05 \approx \boxed{491,05^\circ\text{C}}$$

Dalam perhitungan akhir didapatkan suhu akhir sebesar 491,05°C dan setelah dilakukan penghalusan menggunakan gerinda bagian belakang material plat baja tidak mengalami distorsi. Bagian root belakang setelah dilakukan pengecekan daerah yang berubah warna akibat panas masih tergolong tidak terlalu lebar.

Pengaruh variasi arus 85 A dan diameter elektroda 3,2mm

Berdasarkan hasil pengujian cacat las menggunakan liquid penetrant test dari hasil pengelasan dari variasi arus 85A dan diameter elektroda 3,2 mm setelah melalui 3 kali percobaan mulai dari spesimen 13 hingga spesimen 15 diketahui bahwa cacat las yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Cacat las yang terjadi:
Spesimen 13 terdapat *spatter* dan *porosity*, spesimen 14 terdapat *spatter* dan *porosity*, spesimen 15 terdapat *spatter* dan *porosity*.
- Penyebab:
Terdapat kotoran pada saat pengelasan sebelumnya, kecepatan pengelasan terlalu tinggi, ayunan elektroda kurang stabil.
- Cara mengatasi:
Sikat baja terlebih dahulu sebelum proses pengelasan selanjutnya, mengurangi kecepatan pengelasan dan usahakan ayunan elektroda dengan teratur.

Dalam proses ini arus 85A tergolong sedikit di bawah standar minimal untuk diameter elektroda 3,2 mm pada pengelasan SMAW. Hal ini menyebabkan berbagai cacat serius, menurunkan kualitas dan kekuatan lasan. Penyesuaian arus dan pemilihan elektroda sangat penting untuk hasil optimal.

- Cacat las yang mungkin terjadi pada variasi ini:
 - Lack of Fusion*: panas tidak cukup sehingga menyebabkan logam induk dan elektroda tidak menyatu sempurna.
 - Cold Weld*: Lasan tampak menumpuk, tidak rata mengakibatkan logam cair tidak cukup mengalir.
 - Slag Inclusion*: Slag tidak keluar sempurna menjadi terperangkap di antara lapisan las.

- Spatter*: Busur tidak konsisten sehingga mengakibatkan logam kecil tidak terkendali.
- Penetrasi dangkal: Tidak menembus cukup dalam sehingga kekuatan sambungan rendah.
- Permukaan kasar: Busur kurang stabil, pelelehan tidak merata.

b. Ringkasan pengaruh

Arus 85A hampir mencukupi, tetapi berisiko menyebabkan cacat jika pengelasan dilakukan pada plat tebal (> 6mm), kecepatan gerak tangan terlalu cepat, permukaan logam tidak bersih. Pada plat tipis (<5 mm), arus ini masih bisa digunakan dengan hati-hati

c. Kesimpulan

Arus 85A masih tergolong rendah untuk diameter elektroda 3,2 mm dan cenderung menimbulkan cacat seperti *lack of fusion*, *slag inclusion*, *cold weld*, serta *sticking*. Solusi terbaik adalah dengan meningkatkan arus atau mengganti elektroda dengan diameter lebih kecil jika arus tidak bisa dinaikkan.

$$\frac{\text{Heat input}}{V \times I \times 60} = \frac{21 \times 85 \times 60}{1000 \times \text{Travel Speed}} = \frac{21 \times 85 \times 60}{1000 \times 100} = 1,071 \text{ kJ/mm}$$

$$\text{TotalEnergiMasuk(HeatInputTotal)} = 1,071 \times 150$$

$$= 160,65 \sim \text{kJ} = \boxed{160.650 \sim \text{J}}$$

Efisiensi Proses SMAW:

Efisiensi transfer panas $\approx 70\%$

$$\text{Energi yang diterima material} = 107.100 \times 0,7$$

$$= 74.970 \text{ Joule}$$

Massa material:

$$\text{Volume} = 10 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 0,6 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^3$$

$$= 9 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \backslash$$

$$\text{Massa} = 9 \times 10^{-4} \times 7850 = 0,7065 \text{ kg}$$

Waktu pengelasan

$$t = \frac{100 \text{ mm}}{1,67 \text{ mm/s}} \approx 60 \text{ s}$$

Luas area ujung elektroda

$$A = \pi r^2 = \pi \times (0,0013)^2 \approx 5,31 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Energi radiasi yang dipancarkan

$$Q_{\text{rad}} = \eta \cdot Q \cdot f = 0,8 \cdot 160650 \cdot 0,15 = 19278 \text{ Joule}$$

Energi konduksi yang menyebar 70% ke material baja

$$\text{Energi Konduksi} = 0,70 \times 160,650 = 112,455 \sim \text{J}$$

$$P = \frac{Q_{\text{rad}}}{t} = \frac{19278}{60} = 321,3 \text{ Watt}$$

$$T^4 = \frac{P}{\sigma \cdot A \cdot \epsilon} + T_0^4$$

$$T^4 = \frac{321,3}{5,67 \times 10^{-8} \cdot 2 \times 10^{-4} \cdot 0,7} + (298)^4 \backslash$$

$$T^4 = \frac{321,3}{7,938 \times 10^{-12}} + 7,888 \times 10^9 \approx 4,046 \times 10^{13} \backslash$$

$$T = \sqrt[4]{4,046 \times 10^{13}} \approx \boxed{4000 \text{ K}} = \boxed{2207^\circ\text{C}}$$

$$T_{\text{peleburan}} = T_{\text{radiasi}} - T_{\text{batasmelebur}}$$

$$3727^{\circ}\text{C} - 1520^{\circ}\text{C} = 2137^{\circ}\text{C}$$

Total suhu akhir realistik

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{m \cdot c}$$

$$\Delta T = \frac{160.650}{0,7065 \times 490} = \frac{160.650}{346,185} \approx 464,05^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Suhu Akhir} = 27 + 464,05 \approx \boxed{491,05^{\circ}\text{C}}$$

Dalam perhitungan akhir didapatkan suhu akhir sebesar $491,05^{\circ}\text{C}$ dan setelah dilakukan penghalusan menggunakan gerinda bagian belakang material plat baja mengalami distorsi dikarenakan arus tidak sesuai dengan batas minimum untuk elektroda 3,2 mm. Bagian root belakang setelah dilakukan pengecekan daerah yang berubah warna akibat panas dengan lebar 5,5 cm.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji cacat las menggunakan *liquid penetrant test* dari pengelasan SMAW posisi 1G dengan variasi arus 80A dan diameter elektroda 2,6 menghasilkan hasil las yang minim cacat las yakni 2 *spatter* dan 1 *porosity* melalui 3 spesimen percobaan dari 6 variasi tersebut yang dapat diartikan bahwa variasi arus tersebut merupakan variasi yang terbaik dari berbagai variasi yang telah di uji coba.
2. Hasil uji cacat las menggunakan *liquid penetrant test* dari pengelasan SMAW posisi 1G dengan variasi arus 85A dan diameter elektroda 3,2 mm menghasilkan hasil las dengan cacat terbanyak yakni 3 *spatter* dan 3 *porosity* melalui 3 spesimen percobaan dari 6 variasi tersebut yang dapat diartikan bahwa variasi arus ini merupakan variasi yang paling buruk dari berbagai variasi yang telah di uji coba.

DAFTAR PUSTAKA

- A.Jalil, S., Zulkifli, Z., & Rahayu, T. (2017). Analisa kekuatan impak pada penyambungan pengelasan smaw material ASSAB 705 dengan variasi arus pengelasan. *Jurnal POLIMESIN*, 15(2), 58. <https://doi.org/10.30811/jpl.v15i2.376>
- Bintoro, G. A. (1999). *Dasar-Dasar Pekerjaan las*.
- Constanza G, Sili a, dan T. M. (2016). *Weldability of austenitic stainless steel by arc welding with different shielding gast*.
- Nariya, T. (2021). *Pengaruh Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Las SMAW dengan Elektroda E 7018*.
- Nugroho, P., Mustafa, & Sudarno. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Pada Material Baja Karbon Rendah ST42. In *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (pp. 477–482).
- Pratama, R., Basuki, M., Erifive Pranatal, D., & Teknik Perkapalan FTMK-ITATS Jl Arief Rachman Hakim, J. (2020). Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Smaw Untuk Posisi Pengelasan 1G Pada Material Baja Kapal Ss 400 Terhadap Cacat Pengelasan.

Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITSAN), 2(1), 203–209. <http://ejurnal.itats.ac.id/semitsan/article/view/1081>

- Ratminingsih, N. M. (2010). Penelitian Eksperimental Dalam Pembelajaran Bahasa Kedua. *Prasi*, 6(11), 31–40.
- Ryan Afrianzah, F., & Frizka Vietanti. (2023). *Analisa Pengaruh Variasi Arus dan Jenis Elektroda Pengelasan SMAW terhadap Cacat Las dan Kekerasan Material Baja A36. Senastitan Iii*, 1–5.
- Santoso, T. B., Solichin, & Hutomo, P. T. (2020). Pengaruh kuat arus listrik pengelasan terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro las SMAW dengan elektroda E7016. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(1), 20.
- Setia, C. D., & Pranatal, E. (2022). Analisa Cacat Pengelasan Smaw Pada Posisi 2G Pada Baja Material a36 Dengan Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITSAN)*, 1(1), 257–263. <https://doi.org/10.31284/j.semitsan.2022.3262>
- Siswanto. (2011). *Konsep Dasar Teknik Las (Teori dan Praktik)*.
- Susri mizhar, I. H. P. (2014). Pengaruh Masukan Panas Terhadap Struktur Mikro , Kekerasan Dan Ketangguhan Pada Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) Dari Pipa Baja Diamater 2.5 Inchi. *Dinamis*, 11, 16–21.
- Wahyudi, R., Nurdin., dan S. (2019). Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Pada Pengelasan SMAW Penyambungan Baja Karbon Rendah Dengan Baja Karbon Sedang Terhadap TYensile Strenght. *Journal of Welding Technology*, 1(2), 43–47.
- Constanza G, Sili a, dan T. M. (2016). *Weldability of austenitic stainless steel by arc welding with different shielding gast*.
- Ratminingsih, N. M. (2010). Penelitian Eksperimental Dalam Pembelajaran Bahasa Kedua. *Prasi*, 6(11), 31–40.
- Siswanto. (2011). *Konsep Dasar Teknik Las (Teori dan Praktik)*.