PROSIDING, Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN II)
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), Indonesia, 12 Juli 2020
ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

PENGARUH VARIASI JENIS GAS PELINDUNG PADA PENGELASAN FCAW DENGAN MATERIAL SS 400

Rizky Iqiyat Tillah[1], Pramudya Imawan S[1], Erifive Pranatal[1]

[1] Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Mineral Dan Kelautan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117

e-mail: rizkysyu@gmail.com

ABSTRAK

Pengelasan merupakan salah satu faktor penting dalam pembuatan kontruksi, salah satunya pada industri perkapalan. Dalam industri perkapalan, jenis pengelasan yang sering digunakan ialah FCAW (Flux Cored Arc Welding). FCAW merupakan jenis pengelasan yang menggunakan gas pelindung guna melindungi las-an dari udara luar. Dalam skripsi ini dilakukan penelitian mengenai cacat pengelasan pada sambungan butt joint posisi 2G dengan gas pelindung CO2 murni dan campuran (Argon + CO2) menggunakan tipe pengelasan FCAW. Pengujian cacat las pada penggunaan CO2 murni diketahui paling banyak adalah Undercut dan Incomplete Fusion, sedangkan pada gas pelindung campuran (Argon + CO2) ditemukan cacat las yang paling banyak adalah Undercut, Incomplete Fusion, dan Over Spatter yang dapat disebabkan oleh Travel Speed atau kecepatan las yang terlalu tinggi, adanya kotoran pada permukaan kampuh, serta tingginya jarak elektoda terhadap material.

Kata Kunci: Cacat Las, CO_2, FCAW, Gas Lindung, 2G

PENDAHULUAN

Dalam kemajuan industri saat ini khususnya dalam sektor laut, kapal menjadi salah satu moda teransportasi yang sangat berpengaruh penting. Dalam hal ini proses pembangunan dan produksinya sendiri tidak jauh dari proses pengelasan yang dimana pengelasan sendiri berpengaruh penting pada prosesnya. Teknologi pengelasan saat ini sangat berkembang pesat dengan seiringnya dengan kebutuhan yang semakin besar dan dengan hasil kualitas yang semakin tinggi sehingga dapat menghasilkan produk yang cukup baik, pengelasan sendiri sangat berperan penting dalam sektor industri dalam pengerjaan kontruksinya.

Proses penyambungan logam ataupun non logam yang dilakukan dengan cara memanaskan kedua sisi baik pada material yang akan disambung dengan menggunakan las. Salah satu proses pengelasan yang digunakan dalam dunia industri terutama pada sektor indusrti perkapalan adalah las busur listrik elektroda terumpan dengan menggunakan gas pelindung atau las FCAW (Flux Cored Arc Welding), proses pengelasan ini banyak digunakan karena biaya operasi lebih murah.

Las Busur CO2 biasa disebut FCAW menurut Wiryosumarto (1985), Pengelasan ini termasuk pada las MIG, namun bukan gas mulia yang digunakan, melainkan gas CO2 atau campuran dari gas-gas dimana CO2 menjadi komponen utamanya. Karena gas CO2 adalah oksidator, maka cara ini kebanyakan digunakan untuk mengelas konstruksi baja. Gas pelindung adalah komponen penting pada proses pengelasan dimana gas berperan sebagai pelindung pada weld metal agar tidak terjadi interaksi dengan atmosfer sekitar. Tiap-tiap gas pelindung memberikan hasil yang berbeda pada hasil pengelasan (Hilmy dkk, 2018). Menurut Rui Amandito G Ferreira (2005) Besar kecilnya kecepatan aliran gas karbondioksida yang dihembuskan ini akan sangat berpengaruh pada hasil lasan yang diperoleh.

Baja JIS G3101 – SS400 komposisinya hampir sama dengan A36 dan termasuk kedalam Mild Steels. Komposisi dari Mild Steel umumnya terdiri dari 0,25 % C, 0,4 – 0,7 Mn, 0,5 % Si dan sedikit sulfur, fosfor, dan unsur lain yang tersisa. Mangan didalam baja ini berfungsi sebagai stabilitas sulfur, silicon berfungsi deoksidasi, dan karbon berfungsi sebagai penguat pada baja jenis ini. Mild Steel umumnya digunakan pada produk as - roller, forged, atau annalead. Didalam dunia industri saat ini, JIS G3101 – SS400 banyak digunakan untuk menggantikan ASTM A 36 karena lebih murah dicari.

Pengujian cacat las yang pernah dilakukan oleh Ardiansyah (2017) pada pengelasan butt joint menggunakan metode pengujian Ultrasonic Test (UT), menyatakan bahwa karakteristik cacat las yang terjadi pada sambungan butt joint terhadap material A36 dengan arus 80A dan 120A adalah slag inclusion, incomplete fusion dan incomplete penetration.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, bahwa penggunaan gas pelindung pada las FCAW sendiri tidak selalu menggunakan CO2 murni tapi ada beberapa yang menggunakan gas pelindung Campuran (Argon + CO2).

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

Oleh karena itu, pada penulisan Tugas Akhir ini penulis menggambil judul "Pengaruh Variasi Jenis Gas Pelindung Pada Pengelasan FCAW Dengan Material SS 400"

TINJAUAN PUSTAKA

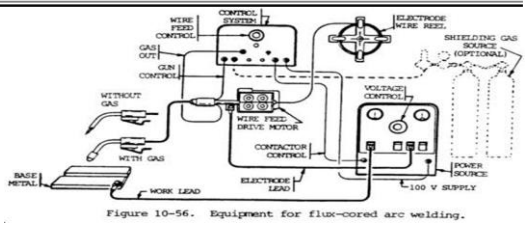
Pengelasan

Pengelasan (welding) merupakan salah satu jenis teknik pengelasan yang metode kerjanya dengan mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang continue. MenurutAlip (1989) pengelasan adalah suatu aktifitas penyambungan dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (filler metal) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya. Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyaikekuatan seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektroda dan jenis kampuh yang digunakan.

Berdasarkan definisi dari DIN (Deutch Industrie Normen) Las adalah ikatan metalurgi dalam sambungan logam paduan yang dilaksanakan pada keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat logam dengan menggunakan sumber energi panas. Pada waktu ini telah dipergunakan lebih dari 40 jenis pengelasan termasuk pengelasan yang dilaksanakan dengan cara menekan dua logam yang disambung sehingga terjadi ikatan antara atom-atom molekul dari logam yang disambungkan.klasifikasi dari cara-cara pengelasan ini akan diterangkan lebih lanjut.

Pengelasan Busur Logam Gas FCAW

Suatu proses pengelasan yang menggunakan sumber panas yang berasal dari energi listrik yang dibutuhkan sumber panas pada busur listrik, pada pengelasan FCAW pada jenis pelindung yang digunakan adalah fluks atau serbuk yang terletak di kawat las las (kawat las digulung dalam sebuah roll). Selain fluks, FCAW juga menggunakan gas pelindung untuk memperbaiki logam yang mencair saat proses pengelasan berlangsung.



Gambar 1: Rangkaian Las FCAW

Kelebihan dan Kekurangan Pengelasan FCAW

Dalam berbagai jenis metode pengelasan, FCAW memiliki kelebihan dan kekurangan seperti berikut:

1. Kelebihan FCAW

- Penetrasinya dalam dan laju pengisian lebih tinggi dibandingkan dengan proses SMAW. Dengan demikian proses las ini menjadi lebih ekonomis pada pekerjaan di bengkel-bengkel las.
- Unsur-unsur paduan bisa ditambahkan pada inti flux untuk menciptakan jenis komposisi menjadi lebih banyak, termasuk beberapa logam paduan rendah dan stainless steel.
- Flux memberikan peroteksi bagus dalam kawah las dengan membentuk selubung gas pelindung dan lapisan slag.
- Dapat digunakan untuk jenis pengelasan semua posisi tanpa adanya masalah lack of fusion seperti yang terdapat pada GMAW hubungan singkat.

2. Kekurangan FCAW

- Las FCAW membentuk lapisan slag yang harus dikikis diantara lapisan-lapisan las.
- FCAW bukan merupakan proses pengelasan low hydrogen
- Filler metal harus dibeli dari pabrik elektroda yang dilengkapi dengan syarat-syarat low hydrogen.
- Pengelasan dalam proses ini dapat menimbulkan notch toughness yang buruk.
- Proses pengelasan ini tidak dapat dilakukan jika kecepatan angin lebih dari 5 mph, karena dapat menimbulkan resiko cacat las porosity yang berlebihan. Dengan menaikkan aliran gas untuk mengatasi hembusan angin yang tinggi tidak dapat menyelesaikan masalah tersebut, karena dapat menghasilkan kondisi yang lebih buruk lagi karena menghasilkan turbulensi yang akan menarik udara di lingkungan sekitarnya.

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

Gas Pelindung

Pengelasan FCAW menggunakan elektroda yang dimana terdapat serbuk flux di dalam batangnya. Butiran-butiran dalam inti kawat menghasilkan sebagian atau semua shielding gas yang diperlukan. Pada suhu tinggi oksigen bereaksi dengan logam las menjadi oksida metal. Oksigen juga bereaksi dengan karbon di dalam cairan logam las menjadi CO (karbon monoksida) dan CO2 (karbon dioksida). Proses-proses bereaksinya cairan logam las dengan udara luar sekitarnya juga dapat menghasilkan berbagai macam cacat las, oleh karena itu unsur-unsur oksigen maupun nitrogen harus dijauhkan dari cairan logam las.

Posisi Pengelasan

Terdapat empat posisi pengelasan: datar, vertikal, horisontal dan diatas kepala (overhead). Ketinggian meja dan bangku kerja harus disetel untuk memudahkan pengelasan dilakukan pada posisi yang nyaman dan untuk mempertinggi efisiensi. Pengelasan overhead dan pengelasan pipa sangat sulit sehingga sambungan-sambungan yang sangat dapat diandalkan dan efisiensi pengelasan yang tinggi belum dapat diharapkan meskipun dengan juru las terlatih. Oleh karena itu sedapat mungkin pengelasan dilakukan dalam posisi datar dengan menggunakan posisioner.

Baja

Logam baja dihasilkan dari pengolahan lanjut besi kasar pada dapur konventer, Siemens Martin atau dapur listrik, dimana hasil pengolahan dari dapur – dapur tersebut menghasilkan baja karbon yang mempunyai kandungan karbon maksimum 1,7 %.

Baja karbon sangat banyak jenisnya, dimana komposisi kimia, sifat mekanis, ukuran, bentuk dan sebagainya dispesifikasikan untuk masing - masing penggunaan pada Standar Industri Jepang (JIS).

Baja SS 400

SS 400 adalah kode untuk produk baja berkode G3101 SS400 menurut standar JIS. Seperti yang telah dijelaskan, kode 'SS' dalam standar JIS merupakan kependekan dari Structural Steel. SS 400 adalah produk baja yang terbuat dari baja karbon (mild steel) yang diproduksi dalam proses canai panas (hot rolled). Baja SS 400 banyak diaplikasikan untuk konstruksi umum.

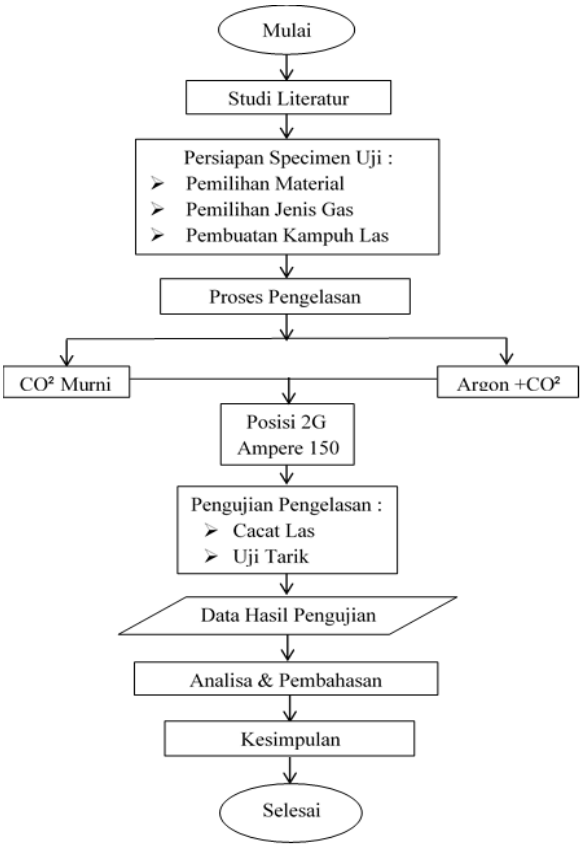
Jenis baja ini merupakan jenis baja karbon rendah yang sering digunakan untuk rangka kontruksi, termasuk rangka kontruksi dalam bangunan kapal seperti kontruksi lambung kapal.

Cacat Las

Cacat las merupakan hasil dari pengelasan yang tidak memenuhi syarat yang sudah dituliskan di standart (ASME IX, AWS, API, ASTM). cacat las dapat disebabkan oleh salahnya metode yang digunakan pada proses pengelasan, kurangnya persiapan dan juga dapat dipengaruhi oleh peralatan yang tidak memadai, serta dapat juga dengan weldernya yang kurang kompeten. Cacat pengelasan memiliki beberapa tipe yaitu cacat las internal (cacat yang terdapat di dalam hasil lasan) dan cacat las visual (cacat yang dapat dilihat secara visual).

METODOLOGI

Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian



Gambar 2: Diagram alir penelitian

Studi Literatur

Studi Literatur ini memiliki tujuan yang berguna untuk data-data pendukung dalam dasar-dasar yang akan dijadikan acuan dalam mengerjakan serta melaksanakan suatu penelitian sehingga akan mendapatkan hasil yang diharapkan. Studi Literatur ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data – data yang terdapat pada buku, internet, serta pada jurnal yang telah ada sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini.

Pemilihan Material

Persiapan material menggunakan Baja SS 400 dengan ketebalan 10 mm dan memiliki sudut kemiringan 45º pada bevel, yang nantinya akan di sambung dan di las menjadi posisi pengelasan 2G. Pada tahap ini akan

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

menggunakan 2 jenis gas yang berbeda pada umumnya, dengan menggunakan gas pelindung CO2 Murni dan Gas pelindung campuran (Argon + CO2) sebagai perbandingannya.

Gambar 3: Baja SS 400

Proses Pengelasan

Setelah semua tahap pada persiapan material serta peralatan pengelasan yang akan digunakan selesai maka tahap berikutnyanya adalah proses pengelasan dengan menggunakan jenis gas pelindung yang berbeda yaitu gas pelindung CO2 Murni dan Gas pelindung campuran (Argon + CO2) dengan penggunaan ampere yang sama yaitu , pada tekanan 150 A.

Gambar 4: Proses Pengelasan

Pengujian Pengelasan

Pengujian pengelasan pada penelitian ini menggunakan jenis pengujian yang tidak merusak struktur material uji (NDT).

Data Hasil Pengujian

Setelah proses pengelasan dan pengujian selesai maka didapatkan data dari hasil pengujian.

Analisa Pembahasan

Tahap ini berisikan tentang hasil dari analisa dan pembahasan dari pengujian yang diperoleh dari pengumpulan data yang telah terkumpul, data dari hasil pengujian tersebut akan dimasukan sehingga dapat diperoleh data yang bersifat kuantitatif yang nantinya akan mengetahui hasil perbandingan dari 2 jenis gas lindung yang berbeda pada pengelasan FCAW.

Tempat Penelitian

Penelitian pada skripsi ini dilakukan di berbagai tempat sebagai berikut:

1. Pembelian material plat dilakukan di PT. Kampuh Welding Indonesia.
2. Pemotongan dan pembuatan kampuh las (Butt Weld Joint) alur V Tunggal dilakukan di PT. Kampuh Welding Indonesia.
3. Proses pengelasan dilakukan di PT. Kampuh Welding Indonesia.
4. Pengujian Cacat Pengelasan akan dilakukan di PT. Kampuh Welding Indonesia.

Kesimpulan

Kesimpulan ini memberikan suatu pernyataan singkat dari hasil pembahasan, hal ini bertujuan agar dapat memberikan informasi kepada pembaca guna mengetahui secara cepat dan jelas tentang hasil akhir yang didapatkan dari penelitian yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, akan di jelaskan mengenai hasil pengelasan FCAW pada posisi 2G dengan menggunakan gas CO2 murni dan campuran (Argon + CO2), pengujian cacat las menggunakan Penetrant Test.

Proses Pengelasan

Pada proses pengelasan, diperlukan material, peralatan dan perlengkapan yang harus di persiapkan sebagai berikut.

Persiapan Pengelasan

Persiapan Bahan

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon SS 400 dengan ukuran panjang 150 mm, lebar 100 mm dengan ketebalan plat 10 mm sebanyak 2 joint plat dan membutuhkan total 4 plat.

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

Gambar 5: Material baja ASTM SS 400

Persiapan Alat Pengelasan

Mesin Las FCAW

Las FCAW (Flux Core Arc Welding) memiliki dua jenis tipe yang dapat dibedakan menurut perlindungan yang digunakan yaitu Self Shielding dan Gas Shielding. Self Shielding FCAW merupakan metode pengelasan FCAW yang menggunakan fluks yang bergantung pada inti kawat untuk melindungi logam las saat mencair.

Gambar 6: Mesin Las FCAW

Elektroda Las FCAW

Elektroda FCAW yang digunakan terdapat serbuk flux di dalam kawatnya. Butiran-butiran dalam inti kawat ini menghasilkan sebagian atau semua shielding gas yang diperlukan.

Gambar 7: Kawat Las FCAW ATLANTIC CHT711

Gas Pelindung

Pengelasan FCAW menggunakan jenis gas pelindung CO2 serta terdapat juga gas campuran, tetapi unsur komposisinya lebih dominan gas CO2 nya daripada gas lainnya.

Gambar 8: Gas Pelindung

Proses Pengelasan Benda Uji

Langkah – langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah.

- Mempersiapkan mesin las FCAW
- Mempersiapkan benda kerja.
- Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi *2G*
- Arus pengelasan yang digunakan adalah 150A
- Mempersiapkan jenis gas yang digunakan, CO_2 murni dan campuran (Argon + $C0_2$)
- Kampuh yang digunakan jenis kampuh V dengan sudut 45^0.
- Mempersiapkan elektroda las, dalam penelitian ini menggunakan elektroda Atlantic AWS A5. 36 E71T1 dengan diameter 1,2 mm sebagai penembusan, proses *root* dan *finishing*.

Uji Cacat Las

Dalam penelitian ini, pengujian cacat pengelasan menggunakan *Penetrant Test.*

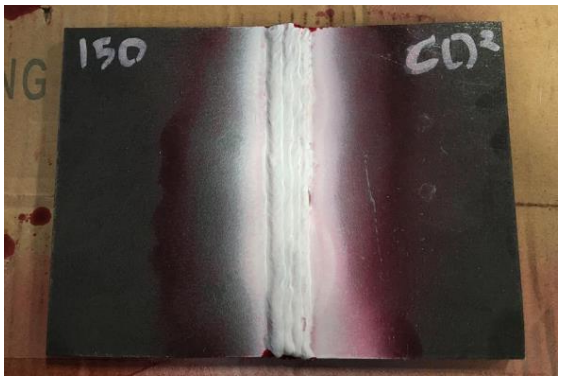
Penetrant Test

Uji penetrant adalah salah satu metode pengujian jenis NDT (Non–Destructive Test) yang mudah untuk dilakukan. Uji penetrant ini dapat digunakan untuk mengetahui cacat las pada permukaan hasil lasan seperti retak, berlubang atau kebocoran. Prinsipnya metode pengujian ini dengan penetrant memanfaatkan daya kapilaritas. Penetrant Test terdiri dari 3 jenis yaitu Cleaner / Remover, Penetrant & Developer.

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

Gambar 9: Penetrant, Cleaner / Remover & Developer

penetrant dengan warna tertentu (merah) meresap masuk kedalam diskontinyuitas, kemudian *penetrant* tersebut dikeluarkan dari dalam diskontinyuitas menggunakan cairan pengembang (*developer*) yang warnanya kontras dengan *penetrant* (putih). Terdeteksinya cacat pada pengelasan adalah dengan timbulnya bercak-bercak merah (*penetrant*) yang timbul dari dalam hasil lasan. Contoh pengujian penetrant test ditunjukkan pada gambar 10.

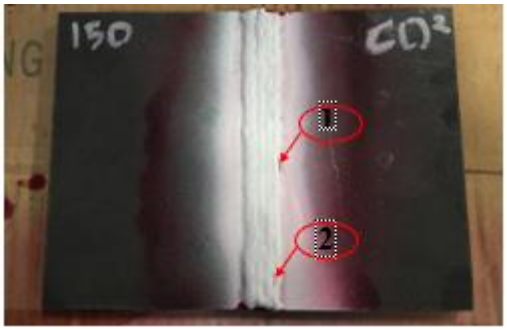


Gambar 10: Hasil Pengujian Menggunakan Penetrant Test

Hasil Uji Cacat Las Menggunakan Penetrant Test

Hasil penelitian uji cacat las menggunakan *Liquid Penetrant Test* pada 2 spesimen dapat di jelaskan di bawah ini:

Spesimen 1 Sampel 1 A (2G CO_2 Murni 150 A Plat 10 mm)

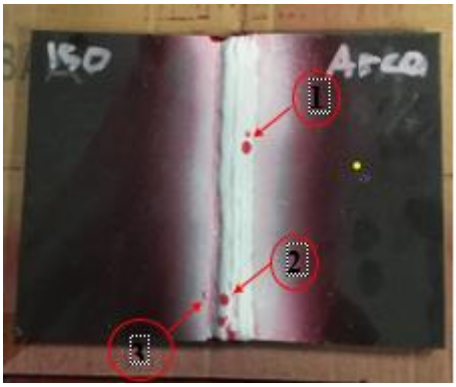


Gambar 11: Cacat Las pada Sampel 1 A (Undercut (1), Incomplete Fusion (2))

diketahui bahwa cacat las yang terjadi pada material dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Cacat Las yang terjadi:
  1. Undercut.
  2. Incomplete Fusion.
- Penyebab:
  1. Travel speed / kecepatan las terlalu tinggi.
  2. Adanya kotoran yang terdapat pada permukaan material
- Cara Mengatasi:
  1. Menyesuaikan kecepatan travel speed / menurunkan travel speed.
  2. Membersihkan semua permukaan sebelum persiapan pengelasan.

Spesimen 1 Sampel 1 A (2G CO_2 Murni 150 A Plat 10 mm)



Gambar 12: Cacat Las Pada Sampel 1 B (Undercut (1), Incomplete Fusion (2), Spatter (3))

Pada Gambar 12 yaitu Cacat Las pada Sampel 1 B diketahui bahwa cacat las yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Cacat Las yang terjadi:
  1. *Undercut*
  2. *Incomplete Fusion.*
  3. *Spatter*

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

- Penyebab:
  1. Travel speed / kecepatan las terlalu tinggi.
  2. Adanya kotoran yang terdapat pada permukaan material
  3. Jarak elektroda dengan base metal terlalu jauh
- Cara Mengatasi:
  1. Menyesuaikan kecepatan travel speed / menurunkan travel speed.
  2. Membersihkan semua permukaan sebelum persiapan pengelasan.
  3. Menyesuaikan dengan diameter pada elektroda

KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari hasil pengujian cacat las menggunakan Penetrant Test, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:
Pengaruh variasi gas pelindung terhadap cacat las pada posisi 2G dengan jenis gas CO2 murni ketebalan base metal 10 mm pengunaan arus 150 A diperoleh hasil cacat las Undercut dan Incomplete Fusion pada sampel material 1 A, sedangkan pada hasil pengujian cacat las posisi 2G dengan jenis gas campuran (Argon + CO2) ketebalan 10 mm penggunaan arus 150 A diperoleh hasil cacat las Undercut, Incomplete Fusion, dan Spatter yang pada sampel 1 B.

Saran

Dalam skripsi ini penulis hanya mengamati dan menjelaskan pengaruh variasi gas pelindung terhadap cacat las dari pengelasan FCAW menggunakan sambungan butt-joint pada posisi 2G material SS 400. Dapat juga dengan penambahan jumlah sampel, penambahan jenis material yang berbeda dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Achmadi. (2019). Pengertian Pengelasan FCAW Flux Core Arc Welding Adalah. https://www.pengelasan.net/pengertian-las-fcaw-adalah/, 10 Januari 2020.

Amandio G Ferreira, Rui. (2007). Pengaruh aliran gas pelindung CO2 terhadap kekerasan dan ketangguhan pada material ST 60 dengan proses las MIG. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik ITATS: Surabaya.

Ardiansyah, T. R., Basuki. M., Soejitno. (2017). Analisa Cacat Las Pada Pengelasan Butt Joint Dengan Variasi Arus & Posisi Pengelasan. *SNTEKPAN V 2017*, Institut Teknologi Adhi Tama. Surabaya. ISBN 978-602-98569-1-0

ASTM E8. (2010). Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. West Conshohocken, Pennsylvania.

Balai Latihan Kerja. (2016). Macam – Macam Pengelasan. Surabaya: BLK.

Ery, Hartoyo. (2011). Gas Lindung (Shielding Gas) Dalam Proses Pengelasan, https://eryhartoyo.wordpress.com/2011/05/11/gas-lindung-shielding-gas/ , 13 Juni 2020

PPNS. (2015). Materi Kuliah Keteknikan. http://hima-tl.ppns.ac.id/?p=130, 12 Januari 2020

PT. KARYAKREASI PUTRA SATYA. (2019). Mengenal Produk Baja Standar 'SS 400'. https://kpssteel.com/blog/mengenal-produk-baja-standar-ss-400/, 29 Maret 2020

Siswanto dan Amri,Sofan. (2011). Konsep Dasar Teknik Las. Prestasi Pustakaraya. Jakarta.

Sunaryo, Hery. (2008). Teknik Pengelasan Kapal Jilid 1. Departemen Pendidikan Nasional

Sisworo, S.J. (2012). Pengaruh Perbedaan Posisi Pengelasan Terhadap Kekuatan Sambungan T-Joint Pengelasan Fillet Dengan Las Fcaw Pada Plat Mild Steel. Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik UNDIP: Semarang.

Wiryosumarto, H Dan Okumura, Toshie. (2004). Teknologi Pengelasan Logam. Cetakan Ke IX. Pradnya Paramita. Jakarta.

Zakwan Hilmy, Nur Syahroni, Yoyok S. Hadiwidodo. (2018). Analisa Pengaruh Variasi Komposisi Gas Pelindung Terhadap Hasil Pengelasan Gmaw-Short Circuit dengan Penggunaan Mesin Khusus Regulated Metal Deposition (RMD). Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS: Surabaya