

**ANALISIS PENGUJIAN NON DESTRUCTIVE TEST TERHADAP HASIL
CACAT LAS SMAW MENGGUNAKAN METODE VISUAL TEST**

Fachri Pambudi^{1*}, Helmi Athallah¹, Haris Abizar², Ananda Yhuto W,^{P3}

¹Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia.

*e-mail: 2284190001@untirta.ac.id

Abstrak: Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hasil dari cacat las pada pengelasan SMAW dengan cara menganalisa pengaruh variasi arus listrik terhadap timbulnya cacat las pada pada plat baja ringan (mild steel) dengan membuat 2 variable spesimen pada arus listrik. Masing-masing variable memiliki variasi arus listrik yang berbeda. variable pertama menggunakan arus 80 ampere dan variable kedua menggunakan arus 90 ampere. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dimana pada prosesnya dengan cara melakukan percobaan pengujian tanpa merusak pada bahan yang diuji. Sampel yang diuji meliputi alat las, sikat kawat, lap/majun, cleaner, red penetrant dan developer. bahan yang diuji adalah 2 material baja ringan (mild steel) dengan variasi arus listrik yang berbeda. Teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara melakukan identifikasi masalah terlebih dahulu kemudian menentukan bahan yang diuji dan juga persiapan bahan pengujian setelah semua selesai kemudian hasil pengujian diperkuat teori dari study literatur ini yang akan menjadi data pada penelitian ini. Analisis yang dilakukan dengan mengidentifikasi hasil cacat las yang ada pada benda kerja baik ukuran kasar maupun halus. Hasil dari proses pengujian NDT meliputi 3 tahap proses yaitu proses cleaner, red penetrant dan developer. setelah proses tadi telah dilakukan terlihat beberapa cacat las tanpa alat bantu menggunakan visual test. Terjadi distorsi yang sangat berlebihan pada arus 80 ampere dan pada arus 90 ampere terlihat lebih stabil hasil las SMAW menggunakan metode visual test.

Kata Kunci: *Cacat Las, Non Destructive test, Red Penetrant*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dari produksi bahan baku utama logam makin banyak digunakan, terutama dalam hal pemanfaatan las. Banyak sekali jenis logam yang bisa dimanfaatkan untuk las, bahkan hampir semua logam bisa dilas. Hal ini membuat pengelasan tidak bisa habis termakan oleh jaman akibat kemajuan teknologi kedepannya. Definisi dari pengelasan sendiri yaitu sebuah proses penyambungan logam dengan cara melakukan pencairan dari logam induk dan juga logam pengisi kemudian dilakukan proses tanpa tekanan ataupun tanpa logam tambahan sehingga dapat menghasilkan sambungan yang berkelanjutan atau kontinu. (Sonawan, 2006)

Pengelasan dengan cara menyambungkan antara dua logam atau lebih dengan logam yang memiliki isi ataupun yang tidak memiliki isi dan sumber dari pemanfaatannya menggunakan energi listrik kemudian dilakukan pencairan menggunakan energi panas tersebut (Hamid, 2016). Menyambungkan antara benda kerja ke benda kerja lain dengan cara pengelasan tergantung dari jenis material yang dipakai, tidak semua material baja yang bisa dilas dengan benar sesuai spesifikasi (Wahyudi, 2019).

Proses pengelasan sendiri memiliki metode yang bermacam-macam, salah satunya

SEMINAR NASIONAL KEPENDIDIKAN FKIP UST

https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/semnas_pst

yaitu metode penyambungan. Dimana pada metode ini sudah sangat luas dipake pada kegiatan kontruksi bangunan pada baja dan juga pembuatan atau perbaikan pada mesin tidak lepas dari penyambungan las ini. Pada metode penyambungan sering digunakan pada sambungan logam adalah baut dan juga keeling. Selain menyambungkan logam proses pengelasan juga bisa melakukan pemotongan dan juga mengisi lubang pada proses kontruksi pengecoran. Proses las berfungsi untuk dapat memperkuat lapisan menjadi keras, juga untuk mempertebal suatu bagian-bagian yang mengalami keausan, dan juga macam-macam kegunaan lainnya (Naharuddin., 2015). Setiap metode penyambungan pengelasan yang digunakan memiliki kelebihan dan juga kekurangan tersendiri dengan metode lain yang berbeda hal ini disebabkan metode yang digunakan pada pengelasan memiliki teknik yang berbeda-beda. (Aditia, 2019)

Pengelasan SMAW digunakan hampir diseluruh dunia pada dunia teknik dengan proses dari busur listrik yang nyala dan proses pengoprasianya menggunakan energi listrik kemudian disambungkan ke busur listrik yang nyala sebagai sumber panas yang menjadi proses pencairan logam. Pada proses pengelasan SMAW ini juga terjadi perpindahan perpindahan logam elektroda di busur kemudian mencair akibat dari arus busur listrik kemudian cairan tersebut menuju ke benda kerja yang akan dilas. (Saifuddin , Zulkifli, & Tri, 2017)

Faktor yang mempengaruhi hasil las karenakan adanya aliran yang masuk dari energy listrik kemudian energy listrik tersebut diubah menjadi energy panas. Panas dari las berfungsi untuk melelehkan logam induk dari elektroda yang mencair, kemudian elektroda tersebut akan berpindah ke dalam objek benda kerja yang akan dilas kemudian nantinya akan berubah menjadi hasil las. Hasil las berbeda-beda mulai dari hasil las yang sempurna da nada hasil dari cacat las bekas dari pengelasan (Sitompul, 2000). Tujuan pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruh jenis elektroda terhadap Tensile Strenght serta untuk mengetahui hasil dari cacat las menggunakan NDT red penetrant. (Alfahmi, 2021)

Faktor lain yang mempengaruhi penelitian ini memakai metode NDT, berbeda dengan destructive test dengan pengujian untuk memperoleh sifat mekanik dari suatu material. Pengujian pada suatu mekanik kebanyakan merusak namun pada penelitian kali ini berbeda dikarenakan memakai metode NDT menggunakan red penetrant sebagai alat ujinya. (Sunardi, 2016)

Masih kurangnya pengetahuan tentang cacat las internal dan juga cara mendeteksi yang dilakukan oleh mahasiswa Pendidikan Vokasional Teknik Mesin masih awam sangat dikhawatirkan tidak bisa bersaing dengan orang lain ketika bekerja di industri suatu saat nanti. Seperti pada penelitian terdahulu yang sama-sama menguji hasil lasan dengan cara menggunakan metode tentang cacat las yang berbeda-beda. Oleh karena itu dibuat sebuah permasalahan tentang perlu adanya suatu penelitian yang berkaitan tentang NDT ini.

Pengelasan sebagai contoh antara dua buah logam yang dalam prosesnya merupakan sebuah sambungan, cara penyambungannya dengan cara dilelehkan menggunakan busur elektroda (Saputro, 2011). Pengelasan SMAW sebagai alat untuk mengikat benda kerja yang dipanaskan ikatan ini dikatakan tetap atau kuat sehingga dua benda kerja dapat bersatu. Las elektroda yang terbungkus kemudian terjadi proses panas listrik yang kemudian mencair dan meleleh pada benda kerja dengan kuat. (Siddiq, 2021)

Elektroda yang digunakan pada proses pengelasan busur listrik dan memiliki fungsi sebagai pembakar dari material yg ada didalam elektroda menjadi cairan yang telah

SEMINAR NASIONAL KEPENDIDIKAN FKIP UST

https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/semnas_pst

dileburkan menjadi bahan untuk merekat dua buah benda kerja (Agustian, 2018). Pada prinsipnya, elektroda memiliki 3 jenis, yaitu : Elektroda tanpa salutan (fluks), pada elektroda ini sering kali dipergunakan untuk pengelasan SMAW sebab elektroda ini sangat susah ketika dilakukan pengelasan yang kurang baik. Elektroda salutan tebal dan juga tipis memiliki sebuah keunikan dengan bisa menetralkan dan juga mengurangi gas karbon monoksida (CO). (Ramadi, 2021)

Cacat umum dalam pengelasan yang retak, kurangnya penetrasi, posturtumpah, pada masuknya terak, peleburan yang tidak cukup dan pencairan yang berlebihan emnyebabkan cacat las dapat terjadi. Cacat ini menyebabkan kerusakan setelah penggunaan jangka panjang durasi atau gerakan dari juru las, gerakan dasar, dan segera. Rhagades dan pengerasan lompat busur atau pengelasan bagian-bagian kecil. Karena ini perhatian besar harus diambil ketika akan terjadi hal seperti itu. Juru las harus bisa menyelesaikan. Jika dibiarkan kemungkinan akan menimbulkan korosi dan retak, maka yang harus diperhatikan adalah pemilihan logam. bahan las, bentuk dan kondisi sambungan pengelasan. Retak adalah sebuah cacat las pada logam las yang dihasilkan secara searah atau lateral terhadap garis las akibat tegangan internal. Apakah retakan pada logam las mencapai logam dasar retakan terjadi sepenuhnya dari logam dasar di sekitar lasan. Retak adalah cacat pengelasan yang paling berbahaya, tetapi retakan mikro atau biasa disebut retakan mikro (microcracks) biasanya tidak. ini memiliki efek yang sangat berbahaya. Retak terbentuk ketika las mulai memadat dan biasanya disebabkan oleh elemen getas (elemen besi atau paduan) yang terbentuk di sepanjang serat batas. Pemanasan pendinginan yang lebih seragam dan lambat mencegah pembentukan retakan "panas". Retakan las yang sejajar dengan alas dapat terbentuk bahkan pada suhu normal. Retakan ini terjadi pada baja paduan rendah karena efek gabungan. hidrogen, struktur mikro martensit yang rapuh dan penekanan penyusutan dan deformasi Penggunaan elektroda hidrogen rendah dengan pemanasan awal pasca pemanasan yang tepat minimalkan retakan pada keadaan "dingin" ini. (Bakhori, 2021)

Pengujian Non destructive test dengan melakukan seleksi tidak merusak kepada suatu benda agar mendapatkan hasil dari cacat, retak dan juga ketidaksempurnaan suatu benda dengan cara tanpa merusak benda yang akan diseleksi. Test ini bertujuan untuk dapat menjamin bahwa benda kerja yang dipakai masih bisa ditoleransi dan juga belum melewati batas dari *damage tolerance*. Pada seleksi ini juga dilakukan paling sedikit dua kali pertama sekali dan yang terakhir setelah jadi, atau bisa seperti dilakukan akhir setelah dilakukan pengelasan karena pengujian NDT ini juga dijadikan standar dari mutu komponen (Bakhori, 2021) Tujuan dari proses pengujian NDT ini yaitu agar dapat mengetahui hasil dari cacat las pada benda kerja yang diuji hasil dari pengelasan dan juga faktor dari arus listrik yang berbeda. (Endarawaman, 2017)

Pengujian menggunakan *Red Penetrant* dari proses NDT dimana pada pengujian ini untuk mengetahui hasil dari pengelasan ataupun hasil dari produk logam lainnya dengan cara menyemprotkan spray dari bahaan cairan kimia dan hasil dari cairan tersebut mengenai benda kerja akan ada proses kapilaritas. Pengujian penetran dapat dilakukan pada material besi (*ferro*) dan juga material besim(*nonferro*) jenis besi yang dimaksud adalah kaca, plastic, dan juga keramik dan juga sesuai dengan sertifikasi NDT 5 METODA-ISO 9712. (Bakhori, 2021)

METODE

Pada penelitian kali ini menggunakan metode eksperimen dimana pada prosesnya

SEMINAR NASIONAL KEPENDIDIKAN FKIP UST

https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/semnas_pst

dengan cara melakukan suatu percobaan pada bahan yang diuji. Pengujian eksperimen dilakukan di laboratorium yang siap digunakan dengan menyiapkan alat dan bahan. Alat dan bahan yang digunakan berupa alat las, sikat kawat, palu las, elektroda, masker las, sarung tangan las, dan juga majun atau lap untuk membersihkan benda kerja. Benda yang digunakan untuk pengujian bahan *non destructive test* ini yaitu sprai cleaner, red penetrant dan developer. Bahan yang digunakan yaitu material mild steel dengan dimensi 70 mm x 10 mm x 4 mm dan juga 300 beveled pada setiap spesimen. Pada prosesnya pengelasan menggunakan mesin las lakoni 200 dan juga memakai jenis elektroda rooting LB 52U. Diameter elektroda sendiri terdiri dari 2,6 mm dan arus amper yang digunakan pada penelitian kali ini memakai 2 variabel, dimana pada variabel 1 80 ampere dan variabel 2 90 ampere. Berikut merupakan data dari penelitian ini

Bahan Spesimen : Material Plat Mild Steel

Dimensi Plat : 70 mm x 10 mm x 4mm

Jenis Mesin Las : Las Listrik AC

Jenis Elektroda : E 6013/Ø2,6 x 350 mm

Posisi Pengelasan : Datar

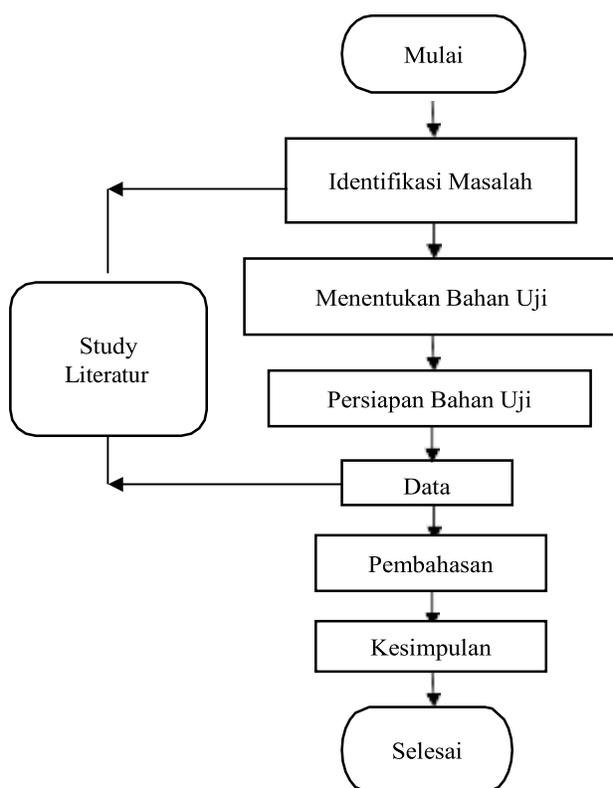
Arah Pengelasan : Mundur

Pada pengujian pengelasan variasi spesimen berbeda dengan 2 spesimen arus masuk pada tabel parameter pengelasan berikut:

Tabel 1. Parameter Pengelasan

Spesimen	Arus Masuk (Ampere)	Tegangan (Volt)	Kecepatan Pengelasan (mm/det)
B.I	80	20	8
B.II	90	20	8

Pada proses pengujian yang dilakukannya dengan relatif simple dan juga sederhana, dimana pada red penetrant nanti digunakan untuk mengidentifikasi dari cacat las yang ada pada benda kerja baik ukuran kasar maupun yang halus. Seperti retakan, lubang, dan juga kebocoran pada elektroda hasil las. Dikarenakan pada cairan spray red penetrant ini menggunakan daya kapilaritas, maka penetran yang berwarna merah menembus diskontinuous kemudian diteruskan keluar menjadi pengembang yang berwarna tidak sama dengan cairan penetrant berwarna putih. Pada proses ini cacat las dapat terdeteksi dengan jelas dengan sendirinya sehingga pada visual test dapat dilihat. Proses pengujian penetrant menggunakan jenis MAGNAFLUX SPOTCHECK SKL- SP2, SKD-S2, SKS-S. yaitu pada alur pengujian menggunakan *Cleaner*, *Red Penetran*, dan terakhir *Developer*. berikut merupakan diagram alur dari penelitian ini.

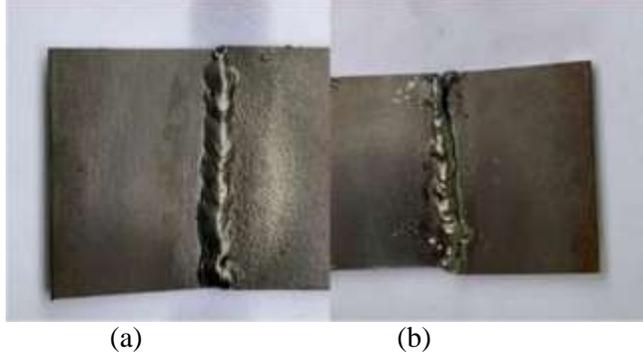


Tabel 1. Alur Penelitian *Flow Charts*

Pengujian awal dilakukan dengan melakukan pengelasan pada kedua spesimen yang berbeda dengan melakukan pemakanan down dan juga posisi pengelasan datar benda kerja dilas dengan dua spesimen. variable 1 dilas dengan besaran 80 ampere dan variable 2 dengan besaran 90 ampere.

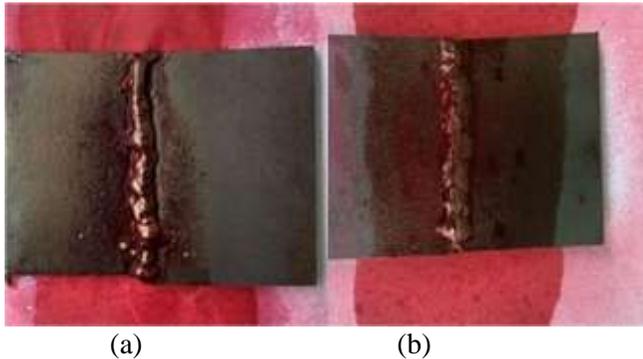
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Dari proses Pengujian NDT ini meliputi 3 tahap proses setelah dilakukan pengelasan kepada 2 variable dengan tegangan masuk variable pertama 80 ampere dan variable kedua dengan output 90 ampere. **Gambar 2.** Merupakan bagian dari proses dari pengujian cleaner.



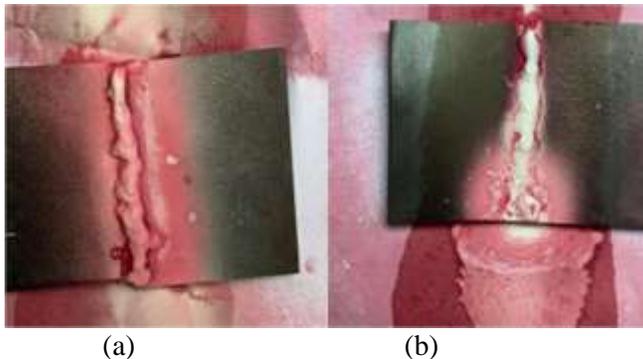
Gambar 2. (a) Hasil Cleaner Spesimen 90 Ampere, (b) Hasil Cleaner 80 Ampere

Pada gambar diatas merupakan proses cleaner pada benda kerja hasil las sebelum dilakukan pengujian red penetrant. cleaner berfungsi untuk menghilangkan kerak dari bekas pengelasan. Berikut merupakan proses dari pemberian spray *red penetrant* pada gambar dibawah.



Gambar 3. (a) Spesimen *Red Penetrant* 80 Ampere, (b) Spesimen *Red Penetrant* 90 Ampere.

Pada proses diatas merupakan proses dari penyemprotan red penetrant, dimana pada prosesnya setelah cleaner kemudian dilap menggunakan lap yang bersih digosok hingga bena-benar bersih. Berikut merupakan proses developer.



Gambar 4. (a) *Developer* Spesimen 80 Ampere, (b) *Developer* Spesimen 90 Ampere.

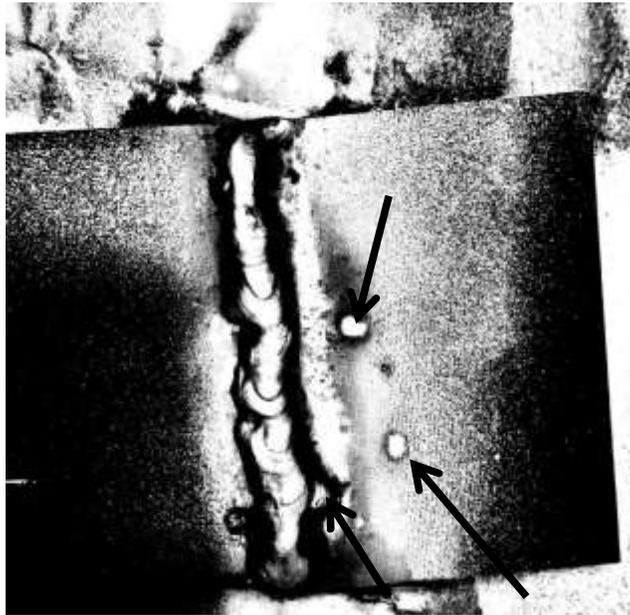
Pada proses depeloper merupakan proses akhir dari penelitian ini dan juga sekaligus

SEMINAR NASIONAL KEPENDIDIKAN FKIP UST

https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/semnas_pst

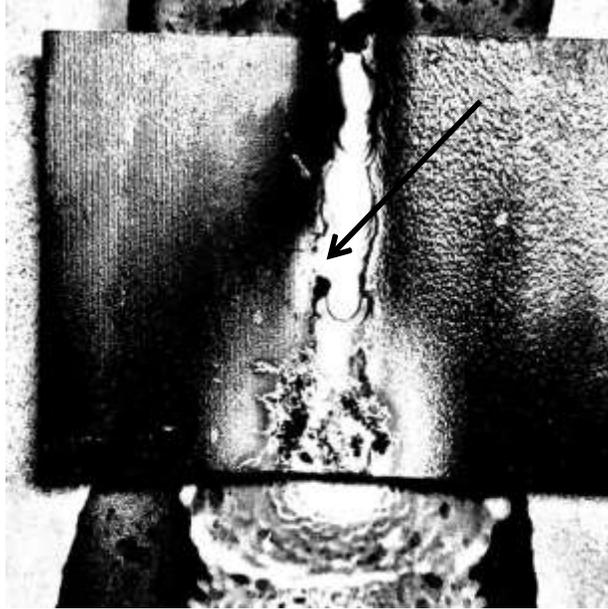
setelah ini hasil dari pengujian *non destructive test* akan diambil dari sekian banyak cacat las yang diamati dengan menggunakan visual mata.

Hasil pengelasan SMAW dengan menggunakan jenis elektroda E6013 dengan variasi arus pada masing-masing spesimen. Spesimen yang telah disambung dengan pengelasan tersebut, kemudian dilakukan pembentukan spesimen uji. Ada beberapa langkah yang dilakukan dalam penelitian ini, dimulai dari pemotongan baja Mild Steel, menempatkan plat yang sejajar dari kedua plat pada saat melakukan pengelasan, membentuk spesimen uji, melakukan pengujian dan mengolah data. Terdapat beberapa cacat las yang terlihat tanpa menggunakan alat bantu, diantaranya distorsi menyudut pada pengelasan arus 90 A dengan kemiringan 10° dan incomplete fusion pada pengelasan 100 A. Kecacatan tersebut bisa diakibatkan oleh banyak hal. (S, 2006)



Gambar 5. Hasil Cacat Las Spesimen 80 ampere

Lewat visual mata cacat las pada spesimen 80 ampere terlihat sangat jelas pada gambar diatas akibat adanya distorsi yang berlebihan hingga menyebabkan percikan lelehan elektroda kemana-mana sehingga cacat las terlihat pada gambar diatas.



Gambar 6. Hasil Cacat Las Spesimen 90 Ampere

Terlihat pada cacat las spesimen 90 ampere lebih stabil jalur pengelasannya, dikarenakan pada spesimen ini memang standar untuk pengelasan SMAW sehinggaterlihat hampir tidak ada distorsi yang berflebihan pada pengelasannya walaupun masih ada sedikit cacat las pada variasi ini.

Cacat las porositas yang biasanya terbentuk akibat udara terperangkap ketika proses pengelasan, sehingga mengakibatkan timbulnya lubang halus atau bisa juga akibat kurangnya logam cair ketika proses pembekuan berlangsung. Cacat las kali ini jenis cacat las porosity diakibatkan umumnya pada saat proses pengelasan ada gelembunggas yang terjebak pada logam cair panas dan selama pembekuan logam udara sempat tidak keluar. Jenis porosity antara lain pori-pori atau poros tersebar merata di seluruh bagian logam lasan (Uniformly Disributed Porosity), porositas yang mengumpul atau berkelompok membentuk suatu cluster dengan ukuran pori kecil kecil, pastnua terapat beberapa cluster poros yang dimana cluster yang satu dengan lainnya terpisah (Clustered Porosity), porinya tersebar menurut garis lurus dan biasanya terdapat pada root pass dan masih ada hubungannya dengan incomplete penetration (Linear Porosity), adapun porositas yang bentuk lubangnya seperti pipa, yang membentuk lubang yang sejajar dengan akar las, sedangkan worm hole memiliki lubang yang tidak sejajar dengan akar lasan. Beberapa penyebab cacat porosity diantaranya, elektroda yang digunakan mengandung air dan terlalu lembab akibat tidak dipanaskan, travel speedpengelasan yang terlalu tinggi, adanya kotoran pada benda kerja seperti karat akibat dari kurangnya persiapan pada sambungan las, busur yang terlalu panjang, serta yang paling umumnya arus pengelasan tidak sesuai, kadang terlalu rendah menyebabkan logam cair cepat membeku. Kandungan fosfor atau sulfur pada logam induk atau elektroda terlau tinggi.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian pada pengujian cacat las terhadap hasil pengelasan. Yang dimana pengelasan merupakan terdapat cacat las akibat distorsi yang berlebihan,

SEMINAR NASIONAL KEPENDIDIKAN FKIP UST

https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/semnas_pst

sehingga menyebabkan logam las dan logam yang berada disekitar daerah las mengalami perubahan struktur metalurgi, deformasi, dan tegangan termal. Pada pengujian kali ini yaitu pengujian cacat las dilakukan dengan cara menggunakan penetran untuk mengetahui hasil dari cacat las tersebut mulai dari clening, red penetran dan develover. Data yang diperoleh melalui penelitian menunjukkan bahwa terdapat beberapa cacat las yang muncul, beberapa cacat tersebut diantaranya distorsi menyudut, *incomplete fusion* dan porositas. Cacat las jenis distorsi menyudut muncul pada hasil pengelasan dengan arus 80 A, kemudian cacat las jenis *incomplete fusion* dan porositas muncul pada hasil pengelasan dengan arus 90 A. Jenis cacat lain yang muncul adalah distorsi menyudut dengan kemiringan 10°. Cacat ini timbul karena elektroda yang digunakan masih lembab atau terkena air, arus pengelasan terlalu rendah, travel Speed terlalu tinggi, atau adanya zat pengotor pada benda kerja seperti karat, minyak, dan air

DAFTAR PUSTAKA

- Aditia, A. N. (2019). Analisis Kekuatan Sambungan Material AISI 1050 dengan ASTM A36 dengan Variasi Arus pada Proses Pengelasan SMAW. *Journal Of Welding Technology*.
- Agustian, R. &. (2018). Analisa Besar Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan pada Sambungan Plat Baja Karbon ST 40 dengan Menggunakan Pengelasan SMAW. *Seminar Nasional Industri dan Teknologi*.
- Alfahmi, R. S. (2021). Analisa Kekuatan Sambungan Kampuh V Pengelasan Carbon Steel dengan Stainless Steel Menggunakan Elektroda E 309 Terhadap Kekuatan Impack. *Jurnal.pnl.ac.id*.
- Bakhori, A. (2021). Analisis Cacat Hasil Pengelasan pada Baja Karbon Rendah Terhadap Pengaruh Masukan Panas Las. *SEMNASTEK*.
- Endarawaman, T. &. (2017). Analisis Hasil Pengelasan SMAW 3G Butt Joint Menggunakan Non Destructive Test Penetrant Testing. *jurnal.polban.ac.id*.
- Hamid, A. (2016). Analisis Pengaruh Hasil Pengelasan SMAW pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan. *Jurnal Teknologi Elektro*.
- Naharuddin., A. S. (2015). Kekuatan Tarik dan Bending Sambungan Las pada Material BajaSM490 Dengan Metode Pengelasan SMAW dan GMAW. *Jurnal mekanikal*, Vol. 6 No. 1.
- Ramadi, B. (2021). Analisis Kekuatan Mekanis pada Posisi Pengelasan Fillet Kampuh T dengan Metode Pengelasan SMAW. *repository.upstegal.ac.id*.
- S, W. (2006). *Petunjuk Kerja Las*. Jakarta: PT. Pradnya Pramita.
- Saifuddin , A. J., Zulkifli, & Tri, R. (2017). Analisis Kekuatan Impak pada Penyambungan Pengelasan SMAW Material ASSAB 705 dengan Variasi Arus Pengelasan. *Jurnal Polimesin*, Vol. 15, No. 2.
- Saputro, H. (2011). Pengaruh Pemberian Panas Awal dengan Pengelasan SMAW (Shield Metal Arc Welding) Terhadap Ketangguhan Inpak Baja Keylos 50. *digilib.uns.ac.id*.
- Siddiq, M. N. (2021). Analisis Pengaruh Kampuh Pengelasan SMAW pada Penyambungan Baja Karbon Rendah dan Karbon Sedang Terhadap Uji Ketangguhan. *Jurnal Mesin Sains*.
- Sitompul, T. T. (2000). Analisa Perbandingan Laju Korosi pada Pengelasan dengan Menggunakan Elektroda Yang Mengandung Mn (Manganese) dan Elektroda

SEMINAR NASIONAL KEPENDIDIKAN FKIP UST

https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/semnas_pst

yang mengandung Cr (Chrom). *Repository.its.iac.id*.

Sonawan, H. S. (2006). *Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam*. Bandung: Alfa Beta.

Sunardi, M. F. (2016). Pengaruh Variasi Suhu Pada Proses Self Tempering dan Variasi Waktu Tahan Pada Proses Tempering Terhadap Sifat Mekanis Baja AISI4140. *Vanos Jurnal Of Mechanical Engineering Education*, Vol. 1 No.1.

Wahyudi, R. N. (2019). Analisis Pengaruh Jenis Elektroda pada Pengelasan SMAW Penyambungan Baja Karbon Rendah dengan Baja Karbon Sedang Terhadap Tensile Strenght. *Jurnal Of Welfing*.