

DETEKSI CACAT SAMPEL LAS MATERIAL SA533-B1 BEJANA TEKAN DENGAN METODA UJI TAK RUSAK

Mudi Haryanto, Sri Nitiswati, Andryansyah, Deswandri, Geni Rina Sunaryo

PTKRN-BATAN, Kawasan Puspptek Serpong, Gedung No. 80, Setu-Tangerang Selatan-15313

Email: mudi@batan.go.id

ABSTRAK

DETEKSI CACAT SAMPEL LAS MATERIAL SA533-B1 BEJANA TEKAN DENGAN METODE UJI TAK RUSAK. SA533-B1 adalah material yang banyak digunakan pada material bejana tekan reaktor PWR. Umumnya pembuatan bejana tekan dilakukan dengan sambungan las. Untuk mengetahui kualitas pengelasan perlu dilakukan uji mekanik. Persyaratan sebagai benda uji mekanik adalah pada bagian sampel las dimana akan dibuat benda uji mekanik harus terbebas dari cacat. Sampel las SA533-B1 di las dengan proses SMAW. Tujuannya untuk mengetahui ada/tidaknya cacat las pada daerah sambungan yang di las, sehingga dapat diputuskan kemungkinan dapat/tidaknya sampel uji las dibuat untuk benda uji mekanik. Metoda yang digunakan adalah uji tak rusak terdiri dari metode *dye penetrant* dan metode ultrasonik. Sampel las disediakan sebanyak 3 buah terdiri dari ukuran (132 x 130 x 12)mm sebanyak 1 buah dan ukuran (300 x 100 x 10)mm sebanyak 2 buah. Hasil dari pengujian dengan metoda *dye penetrant* dan metoda ultrasonik, pada sampel las nomor 1 ditemukan cacat porositi dipermukaan dan di dalam las, sampel las nomor 2 ditemukan cacat retak dipermukaan dan di dalam las, dan sampel nomor 3 ditemukan cacat *lack of side wall fusion* di dalam las. Semua cacat-cacat tersebut tidak merata sepanjang sambungan las, sehingga disimpulkan bahwa sampel las dapat dibuat benda uji mekanik pada daerah yang tidak ada cacatnya.

Kata kunci : Sampel las SMAW, SA533-B1, bejana tekan, uji tak rusak, uji mekanik

ABSTRACT

DETECTION OF SA533-B1 MATERIAL WELD SAMPLE OF PRESSURE VESSEL BY NON-DESTRUCTIVE METHOD. SA533-B1 is a material widely used in PWR reactor pressure vessel materials. Generally, the manufacture of pressure vessels made with welded joints. To determine the quality of the welding necessary mechanical tests. The requirement as mechanical specimen that is area of weld sample which is mechanical specimen will be taken should be free from any defects. Weld sample of SA533-B1 has been welded by SMAW process. The purpose of examination is to know whether any defect or not on welded area, so can be decide the possibility weld sample to make it as mechanical specimen. The methods used by non-destructive test such as dye penetrant and ultrasonic methods. Amount of weld samples are 3 pieces consist of 1 sample with dimension of (132 x 130 x 12) mm, and 2 samples with dimension of (300 x 100 x 10) mm. Results of the test by the dye penetrant method and the ultrasonic method, in the welded sample number 1 found porosity defects on the surface and in the weld, the welded sample number 2 found cracked defects on the surface and in the weld, and sample number 3 found defect lack of side wall fusion at in welding. All the defects are uneven throughout the weld joint, so it is concluded that the weld sample can be made mechanical test object in the non-defective area.

Keywords: SMAW weld sample, SA533-B1, pressure vessel, non-destructive testing, mechanical testing

PENDAHULUAN

SA533-B1 adalah jenis baja karbon rendah yang digunakan sebagai material bejana tekan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) jenis reaktor air bertekanan (*Pressurizer Water Reactor*). Bejana tekan reaktor nuklir dikonstruksi dengan cara dilas dengan proses GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) atau SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)[1]. Dalam rangka penelitian tentang pengaruh perlakuan panas paska pengelasan SA533-B1 yang akan dilakukan oleh peneliti lainnya, telah disiapkan sampel uji lasan yang telah di las dengan proses SMAW. Sebelum sampel uji las dibuat benda uji mekanik, maka harus dilakukan pengujian pada daerah sepanjang bagian yang di las dengan menggunakan metode uji tak rusak. Tujuannya adalah untuk mengetahui ada-tidaknya cacat hasil proses

pengelasan material SA533-B1. Kalau tidak ada cacat, maka dapat dilanjutkan dengan pembuatan benda uji mekanik dan pemberian perlakuan panas agar sifat mekanik material SA533-B1 yang berubah sebagai akibat proses pengelasan dapat kembali ke kondisi semula. Persyaratan sebagai benda uji mekanik, material SA533-B1 yang sudah di las harus bebas dari berbagai cacat akibat proses pengelasan antara lain porositas, retak, inklusi dan lain sebagainya.

Pengelasan material SA533-B1 dalam penelitian ini dilakukan dengan proses SMAW. Dasar pemilihan pengelasan dengan proses SMAW selain karena pengelasan dengan proses GTAW sudah dilakukan pada tahun-tahun sebelumnya [2]. Sampel uji yang digunakan untuk penelitian adalah bajakarbon SA 533-B1 yang di las dengan proses SMAW. Sebelum benda uji las-lasan untuk pengujian mekanik dipabrikasi, perlu disiapkan terlebih dahulu bahan sampel uji las-lasan SA533-B1 dengan persyaratan sama dengan persyaratan benda uji las-lasan. Penelitian ini dimaksudkan melakukan pengujian sampel uji las SA533-B1 yang di las dengan proses SMAW untuk mengetahui apakah ada cacat las pada sambungan bahan sampel uji las-lasan SA533-B1 dengan menggunakan metoda uji tak rusak.

TEORI

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah yang menghasilkan sambungan yang kontinu [3]. SMAW adalah proses penyambungan logam dengan menggunakan energi panas untuk mencairkan benda kerja dan elektroda (bahan pengisi). Energi panas pada proses pengelasan SMAW dihasilkan karena adanya lompatan ion (katoda dan anoda) listrik yang terjadi pada ujung elektroda dan permukaan material. Pada proses pengelasan SMAW jenis pelindung yang digunakan dalam selaput flux yang terdapat pada elektroda. Flux pada elektroda SMAW berfungsi untuk melindungi logam las yang mencair saat proses pengelasan berlangsung. Flux ini akan menjadi *slag* ketika sudah padat dan berada dipermukaan. Pada umumnya cacat pada las SMAW dapat berupa [4]:

- Retak, yaitu cacat terbuka yang dapat terjadi baik di logam las (*weld metal*), di daerah pengaruh panas (*Heat Affected Zone, HAZ*) atau di daerah logam dasar (*parent metal*). Retak las di bagi menjadi dua kategori yaitu retak panas dan retak dingin. Penyebab terjadinya retak diantaranya karena kadar carbon tinggi atau sulfur di dalam material, terutama elektroda rendah hidrogen dan di *preheating*.
- Porositas, yaitu sekelompok gelembung gas yang terjebak di dalam lasan. Bentuk porositas adalah berupa rongga-rongga kecil berbentuk bola yang mengelompok pada lokasi-lokasi lasan. Porositas terjadi karena proses pemadatan yang terlalu cepat atau dapat terjadi akibat *arc length* terlalu panjang, benda kerja kotor dan elektroda basah/lembab.
- *Slag inclusion* merupakan oksida dan benda non logam lainnya yang terjebak pada logam las. *Slag inclusion* dapat disebabkan oleh kontaminasi dari udara luar atau *slag* yang kurang bersih ketika mengelas dengan banyak lapisan (*multi pass*). *Slag inclusion* dapat juga disebabkan oleh benda kerja yang kotor.
- Kurangfusi, yaitu cacat yang terjadi pada bagian yang tidak menyatu antara logam induk dengan logam pengisi. Cacat jenis ini dapat pula terjadi pada pengelasan berlapis (*multi pass welding*) yaitu terjadi antara lapisan las yang satu dengan lapisan las yang lainnya. Penyebabnya adalah harus rendah atau penggunaan elektroda yang tidak tepat.
- Kurang penetrasi, yaitu cacat yang terjadi karena logam las tidak menembus/mencapai sampai ke dasar dari sambungan. Penyebabnya antara lain karena proses pengelasan terlalu cepat, arus rendah dan elektroda terlalu besar.

TATA KERJA.

a. Pembuatan sampel las.

Sampel las dibuat dari material SA533-B1 berbentuk pelat sebanyak 3 buah dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Ukuran (132 x 130 x 12)mm sebanyak 1 buah, dinotasikan dengan sampel las No.1. Khusus untuk sampel las No. 1, permukaan lasnya di haluskan (dihilangkan).

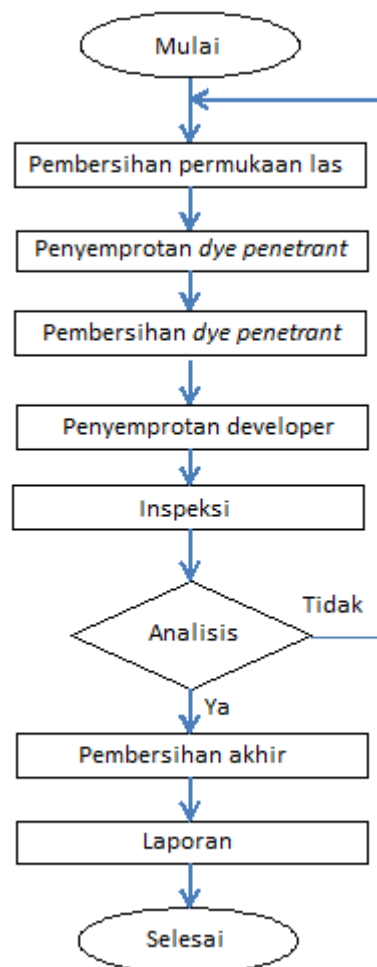
- Ukuran (300 x 100 x 10) mm sebanyak 2 buah, dinotasikan dengan sampel las No. 2 dan No. 3.

Proses pengelasan pelat SA533-B1 adalah SMAW, *single v-groove* menggunakan bahan filler dengan kekuatan 110 ksi. Data pengelasan material pelat SA533-B1 adalah sebagai berikut:

- Variabel pengelasan : Tegangan 26-28 volt
- Arus : 135 amper
- Waktu pengelasan ujung ke ujung : 75 detik
- *Preheat* : 150°C -170° C

b. Pengujian dengan uji tak rusak

Setelah proses pengelasan dan pemberian nomor selesai, dilanjutkan melakukan pengujian pada bagian yang di las dengan 2 (dua) metode uji tak rusak terdiri dari *dye penetrant* dan ultrasonik. Pengujian dilakukan terpisah. Metode pertama yang dilakukan adalah *dye penetrant* dengan teknik *solvent removeable* [5]. Tahapan pengujiannya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan pengujian metode *dye penetrant*.

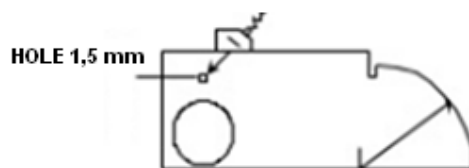
Langkah pertama sebelum pengujian dengan *dye penetrant* dilakukan adalah melakukan pembersihan permukaan yang akan di uji yaitu daerah las dan daerah tepi las sepanjang 25 mm[6]. Pembersihan dilakukan dengan cara menggerinda menggunakan mesin gerinda dan mesin ampelas dengan tujuan untuk menghilangkan *spatter*, *scale* atau *flux welding*. Setelah itu dilanjutkan pembersihan dengan larutan pembersih (*cleaner*) pada permukaan sampel las untuk menghilangkan kontaminasi serbuk-serbuk hasil penggerindaan dan kontaminasi dari pelumas *oil film*. Setelah permukaan benar-benar bersih dan kering, dilanjutkan penyemprotan *dye penetrant* pada daerah sepanjang permukaan

las. Dibiarkan beberapa menit agar *dye penetrant* meresap. Waktu tunggu (*dwelling time*) *dye penetrant* meresap ± 7 menit [7]. Setelah waktu tunggu dipenuhi, bersihkan dengan cara dilap kelebihan *dye penetrant* pada permukaan sampel las dengan kain katun halus yang dibasahi *cleaner* sampai sisa-sisa lebih *dye penetrant* (warna merah-merah) benar-benar hilang.

Setelah pembersihan, dilanjutkan dengan penyemprotan cairan *developer* warna putih pada daerah sepanjang permukaan las yang diuji. Cairan *developer* akan menarik *dye penetrant* yang masuk ke dalam cacat permukaan las yang diuji (jika ada indikasi cacat) ke permukaan dan membentuk indikasi warna merah.

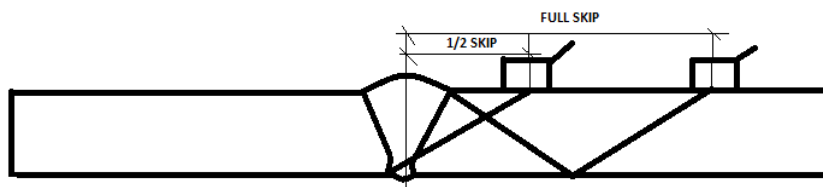
Waktu tunggu yang diijinkan setelah penyemprotan cairan *developer* adalah sesegera (secepat) mungkin. Kemudian dilakukan pengamatan dan interpretasi dengan waktu pengamatan dan interpretasi dibutuhkan paling lama 60 menit [6]. Pengamatan pada permukaan las dilakukan pada intensitas cahaya 1000 lx [8]. Cermati dengan teliti indikasi cacat yang tergambar atau muncul sebagai *spot* merah (*red spot*) dan catat indikasinya meliputi ukuran panjang dan lokasi dari titik referensi. Terakhir dilakukan pembersihan sisa *dye penetrant* pada permukaan sampel uji lasan dengan kain katun halus sehingga permukaannya benar-benar bersih dan terbebas dari sisa-sisa *dye penetrant* agar tidak terjadi korosi.

Metode kedua dilakukan dengan metode ultrasonik (*Ultrasonic Testing, UT*), untuk mengetahui ada/tidaknya cacat di dalam las. Alat ultrasonik yang digunakan jenisnya *gema pulsa* dan *probe* yang dipakai adalah jenis *probe* sudut. Sebelum melakukan *scanning* pada daerah lasan sampel uji SA533-B1 dengan metode ultrasonik, terlebih dahulu melakukan kalibrasi pada blok kalibrasi V1 (*block V1*) dengan tujuan untuk mencari *gain* operasi. Caranya dengan mengarahkan *probe* sudut pada *hole* 1,5 mm yang ada pada blok kalibrasi V1 dengan pantulan tinggi pulsa (amplitudo) 80% *full screen height* (FSH) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. *Scanning probe* sudut pada lubang 1,5 mm *block V1* [9].

Setelah diperoleh *gain* operasi, selanjutnya melakukan *scanning probe* sudut pada daerah akar (*root*) las dengan $\frac{1}{2}$ *skip* dan gerakan *probe* sudut mundur untuk *scanning full skip* seperti ditunjukkan pada Gambar 3. *Scanning* dilakukan sepanjang las dengan gerakan *probe* sudut dapat majum undur, *zigzag* atau lateral. Bila ditemukan indikasi cacat, segera dilakukan analisis jenis cacat berdasarkan pada bentuk pantulan pulsa/amplitudo. Catat lokasi dan ukur dimensinya. Untuk menentukan/mengukur panjang cacat digunakan teknik *6 dB drop* [10].



Gambar 3. *Scanning* uji ultrasonik dengan *probe* sudut [10].

HASIL DAN PEMBAHASAN.

Hasil pengujian sampel las SA533-B1 dengan metode *dye penetrant* dan metode ultrasonik diperoleh data yang ditampilkan berturut-turut pada Tabel 1 dan Tabel 2.

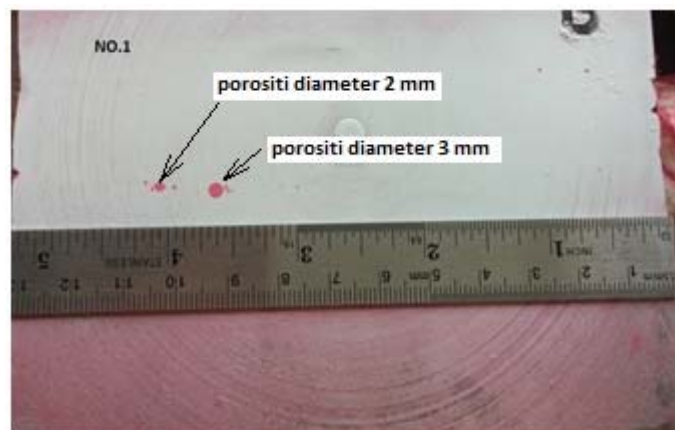
Tabel 1. Hasil pengujian dengan metoda *dye penetrant*

No. Sampel Las	Dimensi (mm)	Tipe cacat	Keterangan
1	132 x 130 x 12	porositi	Lihat Gambar 4
2	300 x 100 x 10	retak	Lihat Gambar 5
3	300 x 100 x 10	Tidak ada	

Tabel 2. Hasil pengujian dengan metoda ultrasonik

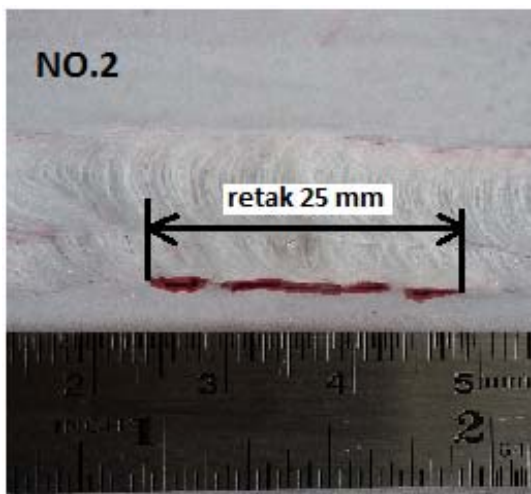
No. Sampel Las	Dimensi (mm)	Tipe cacat	Keterangan
1	132 x 130 x 12	porositi	Lihat Gambar 7
2	300 x 100 x 10	retak	Lihat Gambar 9
3	300 x 100 x 10	<i>Lack of Sidewall Fusion</i>	Lihat Gambar 11

Tabel 1 menampilkan hasil pengujian dengan metode *dye penetrant* ditemukan cacat pada sampel las No. 1 berupa indikasi bulat yang biasa disebut porositi [11], seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Porositi ini mungkin terjadi dari hasil lubang gas, lubang jarum atau secara umum pori-pori dari permukaan sampel las uji itu sendiri. Cacat porositi ini ditemukan bukan pada daerah las tapi di daerah pengaruh panas (*Heat Affected Zone/HAZ*) dengan waktu tunggu cairan developer selama 60 menit yang ditunjukkan pada Gambar 4. Sampel las No.1, terjadi kendala pada saat pengamatan karena permukaan las dihilangkan sehingga untuk tahu posisi cacat perlu dihapus permukaan warna putih dari bekas penyemprotan cairan *developer*.

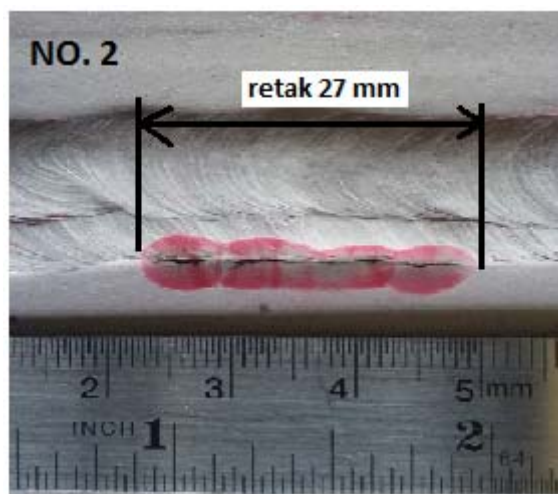


Gambar 4. Cacat porositi pada sampel las nomor 1.

Cacat porositi terlihat berbagai ukuran pada permukaan, pertama pada jarak 91 mm, dengan diameter 3 mm dan kedua pada jarak 102 mm, dengan diameter 2 mm. Porositi besar ditunjukkan dengan warna merah yang melebar dengan diameter membesar menunjukkan lubang porositi dalam. Sebaliknya porositi yang kecil menunjukkan porositi dangkal dan dapat dibersihkan dengan gerinda karena tidak memakan tebal yang banyak.



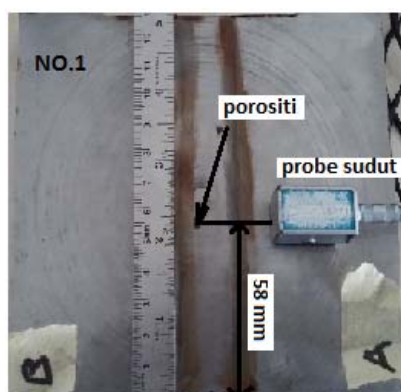
Gambar 5. Indikasi cacat retak dengan waktu tunggu penetran 5 menit



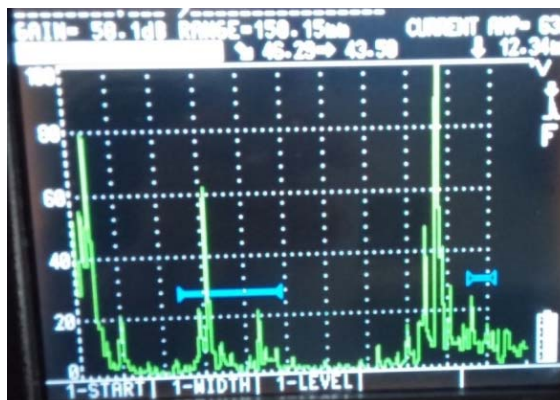
Gambar 6. Indikasi cacat retak dengan waktu tunggu penetran 60 menit

Sampel las No. 2 terlihat garis merah tipis bergerigi memanjang di pinggir las yang terus keluar sebagai indikasi cacat retak dengan panjang 25 mm, waktu tunggu selama 5 menit ditunjukkan pada Gambar 5, sedangkan untuk selang waktu tunggu 60 menit ditunjukkan pada Gambar 6 dimana warna merah keluar semakin banyak menyebar yang mengindikasikan adanya cacat retak yang dalam. Pengaruh waktu tunggu semakin lama menyebabkan pertambahan panjang retak menjadi 27 mm.

Pemeriksaan cacat di dalam las digunakan metoda ultrasonik. Setelah dilakukan *scanning*, ditemukan indikasi cacat berupa porositi yang sinyal amplitudonya kecil dibawah 80%, seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Amplitudo kecil disebabkan karena porositi mempunyai permukaan bulat sehingga banyak pantulan yang disebarkan. Pantulan yang diterima hanya pantulan yang tegak lurus terhadap sudut *probe*. Pantulan pulsa kecil ditunjukkan pada layar pada Gambar 8. Ciri ciri porositi dapat dilihat dari tinggi gema pulsa yang tidak berubah bila *probe* digerakkan memutar (*orbital*) porositi dengan jarak tetap[10]. Porositi terjadi karena busur las basah sehingga menyebabkan terjadi gelembung yang terperangkap di dalam las.

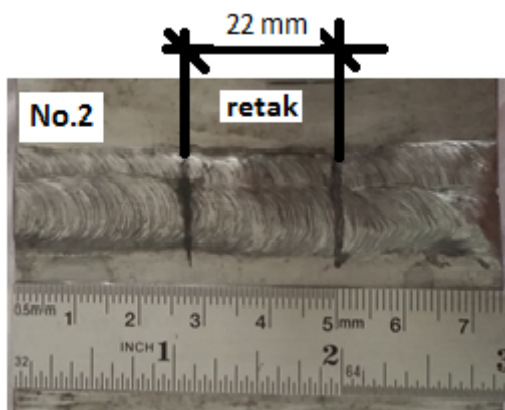


Gambar 7. Posisi *scanning* ditemukan cacat porositi

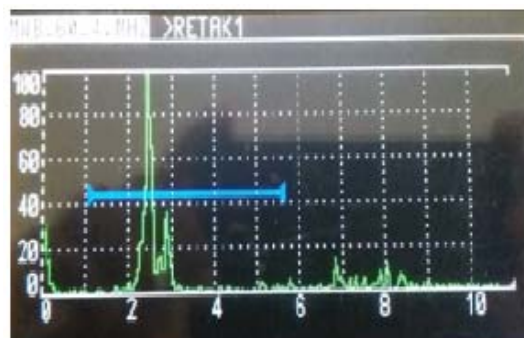


Gambar 8. Amplitudo cacat porositi.

Sampel las No.2 ditemukan indikasi cacat retak dengan panjang 22 mm yang berada di daerah pojok permukaan seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Bentuk amplitudo indikasi cacat retak adalah indikasi tajam dan permukaan depan pulsanya tidak beraturan (bergerigi) yang menunjukkan kekasaran permukaan retak[10] ditunjukkan pada Gambar 10.

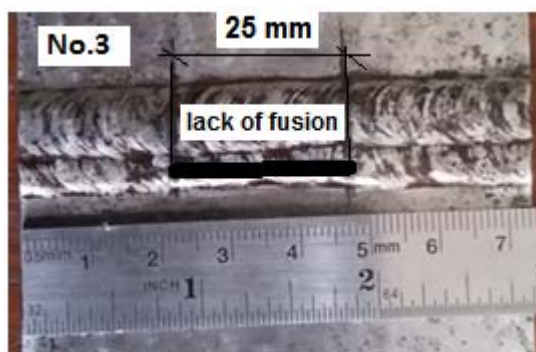


Gambar 9. Cacat retak panjang 22 mm

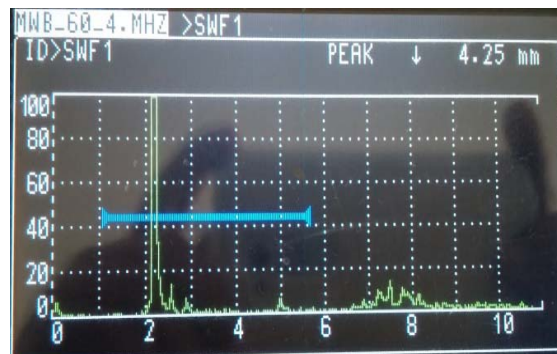


Gambar 10. Amplitudo cacat retak.

Sampel las No.3 ditemukan indikasi cacat *Lack of Sidewall Fusion (LSF)* dengan panjang 25 mm yang berada di dalam las ditunjukkan pada Gambar 11. Bentuk amplitudo indikasi cacat LSF adalah indikasi tajam dan permukaan depan pulsanya halus (tidak bergerigi) yang menunjukkan kehalusan permukaan cacat[10] ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 11. Cacat LSF panjang 25 mm



Gambar 12. Amplitudo cacat LSF

Tiga sampel las setelah diuji dengan metoda *dye penetrant* dan metoda ultrasonik ditemukan cacat permukaan pada sampel las No.1 dan No. 2 sedangkan cacat di dalam las ditemukan pada sampel las No. 1, No. 2 dan No. 3. Sehingga dari data tersebut dapat diambil cuplikan sampel uji rusak (uji mekanik) yang bebas dari posisi cacat.

KESIMPULAN

Hasil pengujian dengan metoda *dye penetrant* dan metoda ultrasonik ditemukan cacat porositi pada sampel nomor 1 baik dipermukaan maupun di dalam las, pada sampel nomor 2 ditemukan cacat retak dipermukaan dan di dalam las dan pada sampel nomor 3 ditemukan cacat *lack of side wall fusion* di dalam las. Semua cacat-cacat tersebut tidak merata sepanjang sambungan las, sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel las dapat dibuat benda uji mekanik pada daerah yang tidak ada cacatnya.

UCAPAN TERIMA KASIH.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Darlis yang telah membantu pengujian dengan metoda dye penentrangan DIPA – PTKRN tahun 2016 yang telah membiayai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASME Section IX, "Weldings, Brazing, and Fusing Qualification", Edition 2013.

2. Mudi Haryanto, dkk., "Analisis Sampel Las GTAW Dengan Metode NDT", Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir 2016, ISSN : 355-7524, Batam, 4-5 Agustus 2016.
3. Naharuddin, Alimuddin Sam, Candra Nugraha , " Kekuatan Tarik dan Bending Sambungan Las Pada Material Baja SM 490 Dengan Metode Pengelasan SMAW dan SAW", Jurnal Mekanikal , Vol. 6 No. 1 : Januari 2015.
4. Sairin, "Jenis Jenis Cacat Las," Bandung, 2005
5. ASTM, "Standard Test Method For Liquid Penetrant Examination," Article 24 SE 165, 1995
6. ASME Section V, "Liquid Penetrant Examination", Article 6, Edition 2015
7. IAEA-TECDOC-628, "Liquid Penetrant and Magnetic Particle Testing Training at Level 2", IAEA, Vienna, 2000
8. B.L. Luk and Alan, H.S. Chan, "Human Factors and Ergonomics in Dye Penetrant and Magnetic Particles Nondestructive Inspection Methods," Advance online publication, Hongkong, 15 August 2007
9. NDT, "Introduction to Ultrasonic Testing", Iowa State University, 2014
10. AWS D1.1, "Structural Welding Code-Steel", American National Standards Institute March 11, 2010
11. Classroom Training Handbook, "Nondestructive Testing Liquid Penetrant," General Dynamics, 1977.