

ANALISIS CACAT BUATAN PADA SAMBUNGAN PELAT DAN SAMBUNGAN PIPA BAJA DENGAN LAS GMAW MENGGUNAKAN ULTRASONIC TEST

Sutrimo¹⁾

M. Luthfi²⁾

^{1,2)}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung

E-mail: sutrimo_wtc@yahoo.com

Abstrak

Paper ini membahas mengenai analisis cacat buatan pada sambungan pelat dan sambungan pipa baja dengan las GMAW menggunakan Ultrasonic Test. Pengelasan merupakan penyambungan dua bahan atau lebih yang didasarkan pada prinsip-prinsip proses difusi, dengan mengaplikasikan beberapa jenis sumber panas sehingga terjadi penyatuan bagian bahan yang disambung. Pada kenyataannya hasil dari proses pengelasan sering kali terdapat cacat yang timbul karena beberapa faktor diantaranya adalah faktor *welder* dan lingkungan. Untuk mengetahui cacat yang terjadi pada spesimen pengelasan dibutuhkan alat bantu uji pada daerah lasan contohnya adalah NDT. *Non-Destructive Testing* merupakan suatu teknik pengujian material tanpa merusak benda uji. Ada beberapa metoda pengujian NDT, salah satunya adalah *Ultrasonic Testing* (UT). UT menggunakan energi gelombang suara frekuensi tinggi untuk melakukan proses pengujian melalui probe selain itu metode UT merupakan metode yang paling sensitif untuk pengujian pada daerah lasan. Pembuatan spesimen dengan proses pengelasan sengaja dibuat cacat buatan pada daerah *sub surface* seperti *porosity*, *internal crack* dan *slag inclusion* dengan cara pembersihan terak yang dilakukan secara tidak sempurna. Hasil pembuatan spesimen pengelasan ini nantinya akan dibandingkan dengan hasil uji UT apakah cacat yang sengaja dibuat, lokasinya sama dengan pengujian hasil UT dan pada akhirnya spesimen ini akan diinspeksi secara visual apakah masuk dalam kriteria *acceptable* atau *rejectable* menurut *table acceptance criteria* ISO 5817.

Katakunci : Proses pengelasan, ultrasonic test dan ISO 5817

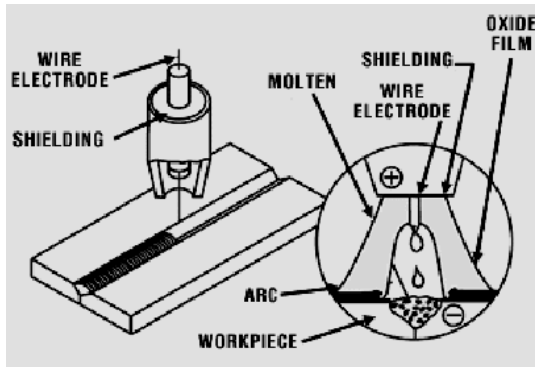
Abstract

This paper discusses the analysis of artificial defects on the connection plate and steel pipe joints by welding of GMAW using Ultrasonic Test. Welding is a process of joining two or more materials that are based on diffusion process principles, by applying some type of heat source so that occur the unification of some joined material parts. In fact there is almost a defect in the result of welding process due to several factors including welder factor and environment. To know the defect occurs in welding specimens required test aid on weld area such as NDT. Non-Destructive Testing is a technique of material testing without damaging the test object. There are several methods one of them is Ultrasonic Testing (UT). UT uses high frequency sound waves energy to do testing process through the probe. In addition UT is a most sensitive method for testing on the weld area. The making of specimen with the welding process intentionally made artificial defect on the sub surface such as porosity, internal crack and slag inclusion by cleaning slag which is did imperfectly so that the specimen would be test specimen for UT practice in Aeronautical Engineer ing major. The results of this welding specimens will be compared with test results of UT, is the location of a flawed deliberately created is similar with the test result of UT and finally the specimen will be inspected visually to be decided whether it is acceptable or rejectable according to table acceptance criteria of ISO 5817.

Keyword : Welding process, ultrasonic test and ISO 5817

Pendahuluan

Pada proses pengelasan GMAW, panas dari proses pengelasan ini dihasilkan oleh busur las yang terbentuk diantara elektroda kawat (*wire electrode*) dengan logam induk. Selama pengelasan elektroda akan meleleh kemudian cair menjadi deposit logam dan membentuk butiran las (*weld beads*) dan kemudian membeku seperti pada Gambar-1.



Gambar-1. Prinsip Kerja Pengelasan GMAW

Jenis gas pelindung atau *inert gas* digunakan untuk mencegah kontaminasi atmosfer dan melindungi hasil las selama masa pembekuan (*solidification*). Gas pelindung akan membentuk plasma atau lapisan busur, berguna untuk menstabilkan busur las selama logam sedang dilas untuk melindungi busur las dan kolam las cair (*molten weld pool*), selain itu menghasilkan transfer logam yang halus dari elektroda kawat ke kolam las cair.

Pada proses pengelasan sering terdapat cacat yang timbul di daerah hasil lasan, dua faktor yang mempengaruhi terjadinya cacat pada daerah lasan adalah faktor lingkungan dan faktor juru las (*welder*) itu sendiri. Oleh karena itu untuk mendeteksi cacat yang terjadi pada daerah pengelasan, khususnya mendeteksi cacat yang terjadi di bagian dalam hasil pengelasan atau cacat lainnya berupa cacat *non-visual* harus menggunakan alat bantu inspeksi yang lebih modern.

Untuk mengetahui cacat tersebut salah satu metode yang digunakan adalah *Ultrasonic Test*. *Ultrasonic Test* merupakan salah satu metode NDT yang menggunakan energi suara frekuensi tinggi untuk melakukan proses pengujian atau proses pengukuran.

Metode ini sangat sensitif untuk menginspeksi hasil pengelasan yang terbuat dari baja. Metode *Ultrasonic Test* akan mengetahui beberapa

informasi yang timbul akibat cacat di daerah lasan diantaranya adalah lokasi cacat, kedalaman cacat, panjang cacat, dan jenis cacat yang terjadi.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode "job squence", yaitu dengan cara berurutan mulai dari persiapan sampai pengujian atau pemeriksaan. Sehingga nantinya dapat ditemukan kesimpulan dari penelitian.

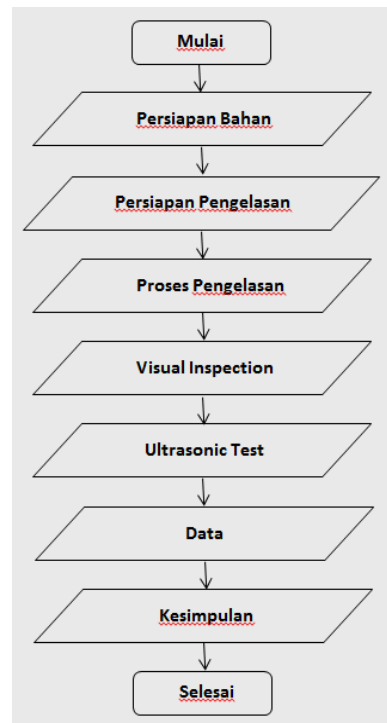
Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pelat baja (300 mm x 125 mm x 8 mm), elektroda E 7016 LB52U diameter 2.6 mm, Pipa Baja (∅ 152.4 mm x 150 mm x 10 mm), *wire elektrode* ER-70S, shielding gas CO₂ dan *Ultrasonic Test*.

Prosedur Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis menggunakan metode "job sequence" yaitu dengan cara berurutan mulai dari persiapan pengelasan, proses pengelasan, visual inspection, kemudian pengujian Ultrasonic Test.

Urutan Prosedur Penelitian dapat dilihat melalui flow chart pada Gambar-2.



Gambar-2. Diagram alir prosedur penelitian

Hasil dan Pembahasan

1. Persiapan dan pengelasan



Gambar-3. Persiapan las pelat



Gambar-4. Hasil las pelat



Gambar-5. Persiapan las pipa



Gambar-6. Hasil las pipa

2. Pemeriksaan Visual (*visual inspection*)

Pemeriksaan visual merupakan metode yang efektif, dapat dilakukan secara cepat dan tidak memerlukan peralatan tertentu.

Apabila hasil dari pengujian ini memenuhi persyaratan maka spesimen tersebut dapat dilanjutkan dengan pemeriksaan *Ultrasonic test*, dan pengujian lainnya. Namun apabila sebaliknya maka spesimen tersebut dianggap *reject*.

Pada tabel *limits of imperfections* ISO 5817 adalah merupakan tingkat kualitas dari hasil pengelasan yang terdiri dari *moderate*, *intermediate*, dan *stringent*. Maksud dari ketiganya adalah apabila pengujian visual ini diperlukan untuk memeriksa hasil pengelasan dengan kondisi *high risk* atau rentan terhadap kegagalan maka tingkatan kualitas yang dipakai adalah tingkatan *stringent* tentunya dalam ini batas toleransi yang dianjurkan sangatlah kecil, contohnya instalasi *pipe lines* di perusahaan perminyakan. Apabila sebaliknya jika tingkatan kualitas yang digunakan adalah *moderate* maka nilai toleransinya tinggi seperti pengelasan siku untuk kaki meja.

Pada penelitian ini tingkatan kualitas yang digunakan untuk pemeriksaan visual adalah tingkatan *intermediate* atau batasan yang berada di antara *moderate* dan *stringent*.

Pembahasan hasil *visual inspection* mengindikasikan bahwa ada beberapa cacat yang terdapat pada hasil pengelasan antara lain yaitu *undercut*, *misalignment*, *lack of penetration/incomplete penetration*, *excess weld metal*, dan *excessive penetration*.




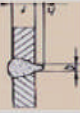

Adapun besaran rata-rata ketinggian serta lebar kampuh las pada masing-masing spesimen dapat dilihat pada Tabel-1.

Untuk data yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran pendukung. Sementara untuk hasil visual inspection yang mengacu pada tabel ISO 5817 dapat dilihat pada Tabel-2.

Tabel-1.
Data Hasil Visual Inspection Pada Spesimen Pengelasan

| No | Hasil Visual Inspection | Spesimen | | | | |
|----------------|-----------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| | | Pelat Baja SMAW | Pipa Baja SMAW | Pelat Baja SMAW 25 mm | Pelat Baja GMAW | Pipa Baja GMAW |
| CAPPING | | | | | | |
| 1 | Rata-rata Lebar Kampuh Las | 11.1 | 11.5 | 5.5 | 12.1 | 17.4 |
| 2 | Rata-rata Tinggi Kampuh Las | 1 | 1.8 | 2 | 1.833 | 1 |
| ROOTING | | | | | | |
| 1 | Rata-rata Lebar Kampuh Las | 3.571 | 7.6 | 3.714 | 3 | 4.4 |
| 2 | Rata-rata Tinggi Kampuh Las | 1.5 | 0.85 | 0.31 | 0.62 | 0.83 |

Tabel-2.
Data Hasil Visual Inspection Pada Spesimen
Pengelasan yang mengacu pada tabel ISO 5817

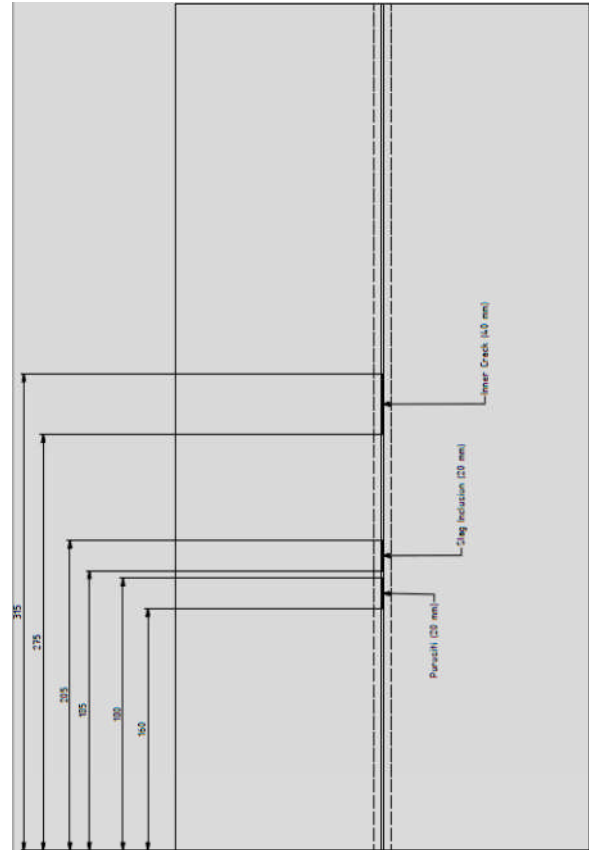
| No | Imperfection designation | ISO 6250 reference | Remarks | Intermediate C | Calculation | | | |
|----|--|--------------------|---|--|--|---|---|------------------|
| | | | | | Steel Plate SMAW | Pipe Steel SMAW | Steel Plate SMAW 25 mm | Steel Plate GMAW |
| 1 | Lack of penetration (incomplete penetration) | 402 |  Kekurangan penetrasi pada persambungan | Short imperfections h ≤ 0,1 s maks. 1,5 mm | h ≤ 7,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s | h ≤ 11,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s | h ≤ 11,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s | |
| 2 | Undercut | 5011 |  | h ≤ 1,0 mm | h ≤ 1,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s | h ≤ 1,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s | h ≤ 1,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s | |
| 3 | Excess weld metal | 502 |  | h ≤ 1 mm maks. 0,1 s maks. 0,1 s | h ≤ 1,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s | h ≤ 1,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s | h ≤ 1,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s | |
| 4 | Excessive penetration | 504 |  | h ≤ 1 mm maks. 0,1 s maks. 0,1 s | h ≤ 1,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s | h ≤ 1,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s | h ≤ 1,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s | |
| 5 | Linear misalignment | 507 |  | h ≤ 0,1 s maks. 0,1 s | h ≤ 1,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s | h ≤ 1,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s | h ≤ 1,1 s maks. 0,1 s maks. 0,1 s | |

3. Cacat buatan

Proses pengelasan yang dilakukan pada penelitian ini, sengaja dibuat cacat buatan terhadap spesimen plat dan pipa baja yang diletakan di beberapa lokasi baik di layer pertama sampai dengan layer terakhir.

Cacat yang dibuat sebagian besar adalah *slag inclusion*, *porosity* dan *internal crack* dengan cara memercikan air pada permukaan hasil lasan di layer kedua. Sehingga hasil yang diharapkan dengan adanya proses ini akan timbul *internal crack* akibat proses pendinginan yang cepat, sebelum hasil lasan benar-benar mengeras dan menjadi logam lasan.

Contoh untuk lokasi cacat penulis hanya mencantumkan pada spesimen pada pipa baja GMAW Ø6 inch seperti pada Gambar-6.



Gambar 6. Lokasi Cacat Buatan Pada Spesimen Pipa Baja

4. Hasil Pengujian Spesimen menggunakan Ultrasonic Test

Secara keseluruhan hasil dari visual inspection pada pelat dan pipa baja, dua spesimen dikatakan reject namun ada dua spesimen masuk dalam acceptable criteria. Setelah dilakukan proses inspeksi menggunakan Ultrasonic Test. Cacat yang timbul merupakan cacat yang sengaja dibuat seperti lack of penetration dan slag inclusion seperti pada tabel-3 dan table-4. Namun lokasi cacat yang diindikasikan pada alat Ultrasonic Test berbeda dengan lokasi cacat yang sengaja dibuat dapat dilihat pada Gambar-7 dan Gambar-8. Hal ini bisa terjadi karena cacat slag inclusion yang sengaja dibuat dari sisa-sisa terak akibat pembersihan terak yang kurang sempurna berubah menjadi logam lasan sehingga tidak timbul slag inclusion namun ada kemungkinan sisa-sisa terak inilah terbawa oleh logam lasan yang masih cair dikarenakan massa jenis terak lebih ringan dari pada logam lasan maka posisi cacat slag inclusion tidak sesuai dengan lokasi yang diinginkan.

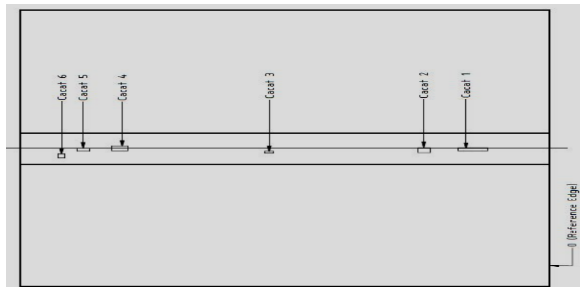
Tabel-3.
Data Indikasi Cacat Pada Spesimen Pelat GMAW

| No. | Koordinat Lokasi Cacat Sumbu X (mm) | | | Koordinat Lokasi Cacat Sumbu Y (mm) | | | Kedalaman, Sumbu Z (mm) | | Tinggi DAC (%) | Tipe Cacat |
|-----|-------------------------------------|-------|-------|-------------------------------------|-------|---------|-------------------------|-------|----------------|---------------------|
| | Awal | Akhir | Lebar | Awal | Akhir | Panjang | Awal | Akhir | | |
| 1 | -2.32 | 0.43 | 2.75 | 20 | 36 | 16 | 19.19 | 23.94 | 120 | Lack of Penetration |
| 2 | 0.25 | 4.00 | 3.75 | 69 | 76 | 7 | 19.84 | 23.38 | 60 | Lack of Penetration |
| 3 | -4.38 | -2.78 | 1.60 | 159 | 164 | 5 | 20.52 | 21.55 | 50 | Lack of Penetration |
| 4 | -2.31 | 1.96 | 4.27 | 243 | 252 | 9 | 19.21 | 23.66 | 120 | Lack of Penetration |
| 5 | -2.56 | 0.28 | 2.84 | 265 | 272 | 7 | 20.18 | 24.97 | 80 | Lack of Penetration |
| 6 | -8.51 | -5.15 | 3.36 | 279 | 283 | 4 | 16.45 | 18.50 | 45 | Lack of Fusion |

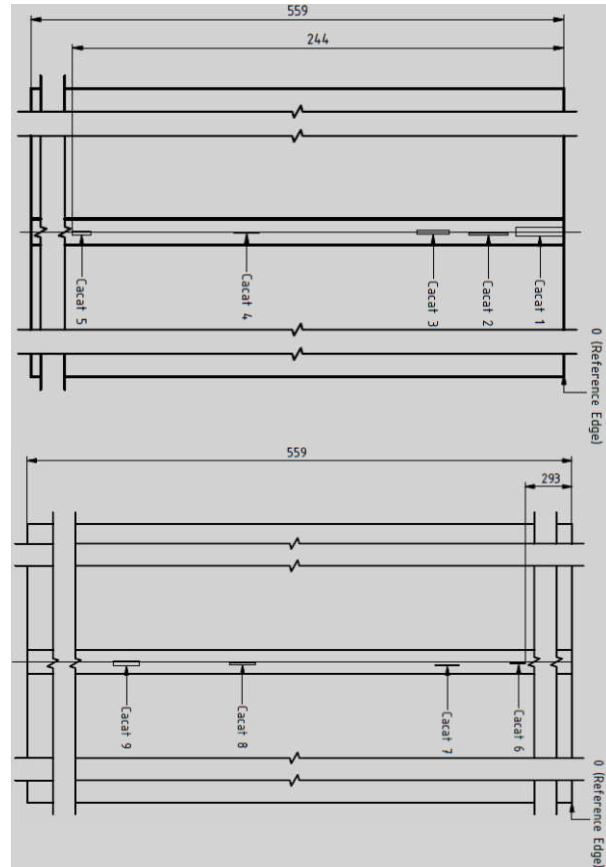
Tabel-4.
Data Indikasi Cacat Pada Spesimen Pipa GMAW

| No. | Koordinat Lokasi Cacat Sumbu X (mm) | | | Koordinat Lokasi Cacat Sumbu Y (mm) | | | Kedalaman, Sumbu Z (mm) | | Tinggi DAC (%) | Tipe Cacat |
|-----|-------------------------------------|-------|-------|-------------------------------------|-------|---------|-------------------------|-------|----------------|---------------------|
| | Awal | Akhir | Lebar | Awal | Akhir | Panjang | Awal | Akhir | | |
| 1 | -2.47 | 1.99 | 4.46 | 0 | 24 | 24 | 8.55 | 10.03 | 180 | slag Inclusion |
| 2 | 0.59 | 1.37 | 0.78 | 28 | 47 | 19 | 8.32 | 9.69 | 120 | slag Inclusion |
| 3 | -0.91 | 1.25 | 2.16 | 57 | 73 | 16 | 8.32 | 11.63 | 140 | Lack of Penetration |
| 4 | 0.07 | 0.65 | 0.58 | 151 | 164 | 13 | 6.95 | 9.35 | 200 | slag Inclusion |
| 5 | -0.41 | 1.37 | 1.78 | 235 | 244 | 9 | 8.32 | 10.36 | 105 | Lack of Penetration |
| 6 | 0.59 | 1.19 | 0.60 | 293 | 301 | 8 | 8.42 | 10.26 | 50 | slag Inclusion |
| 7 | 1.57 | 2.25 | 0.68 | 328 | 341 | 13 | 9.00 | 10.94 | 100 | slag Inclusion |
| 8 | 0.95 | 1.59 | 0.64 | 437 | 451 | 14 | 10.60 | 8.32 | 50 | slag Inclusion |
| 9 | -0.55 | 2.11 | 2.66 | 499 | 511 | 12 | 8.21 | 10.03 | 100 | slag Inclusion |

Pada kedua spesimen tersebut timbul cacat yang tidak sengaja dibuat berupa *Incomplete Fusion* hal ini terjadi diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah pengaturan mesin lasan yang kurang sempurna, *travel speed* yang terlalu cepat, dan pengeluaran kawat elektroda melalui *wirefeeder* terlalu lambat atau terlalu cepat. Dalam pengujian visual spesimen pipa baja GMAW masuk dalam *acceptable criteria* namun setelah pengujian dilakukan menggunakan NDT *Ultrasonic* ada inikasi cacat yang timbul akibat proses pengelasan yang tidak dapat dilihat oleh kasat mata hal ini terindikasi pada alat *Ultrasonic test* menunjukkan jenis pulsa yang timbul merupakan pulsa *incomplete fusion* sehingga cacat yang terjadi adalah *incomplete fusion*. Maka dari itu cacat *incomplete fusion* tidak diizinkan dalam *acceptable criteria* sehingga spesimen ini menjadi *rejected*.



Gambar-7. Lokasi Cacat Pada Spesimen Pelat Baja GMAW Menggunakan Metode UT



Gambar-8. Lokasi Cacat Pada Spesimen Pipa Baja GMAW Menggunakan Metode NDT UT

Simpulan dan saran

a) Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Parameter penting pada pengelasan adalah tegangan, arus dan kecepatan pengelasan.
2. Pengelasan cacat buatan harus dilakukan oleh welder yang sudah banyak pengalaman.
3. Cacat yang dibuat sebagian besar adalah *slag inclusion*, *porosity* dan *internal crack* dengan cara memercikkan air pada permukaan hasil lasan di layer kedua.
4. Spesimen yang dilakukan pemeriksaan dengan Ultrasonic Test, yaitu pelat baja dengan ketebalan 25 mm dan pipa baja (\varnothing 152.4 mm x 150 mm x 10 mm).

b) Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik ada beberapa saran yang bisa dilakukan sebagai berikut:

1. Pada saat pengelasan harus selalu menggunakan peralatan pengelasan dan Alat Perlindungan Diri

(APD) yang masih layak, karena akan berdampak pada hasil akhir pengelasan dan keselamatan bagi welder.

2. Mengetahui ketebalan minimum yang bisa dibaca oleh alat NDT Ultrasonic Test karena alat ini memiliki daerah death zone dimana daerah ini tidak bisa mendeteksi cacat pada hasil pengelasan akibat ketebalan spesimen yang tidak memenuhi syarat.

Daftar Pustaka

- [1] ASME V An International Code, Non Destructive Examination, 2004, Catalog Card Number: 56-3934, USA.
- [2] ASME Boiler and Pressure Vessel Code, an International code, 2010
- [3] European Standard NF EN ISO 9692-1, June 2004
- [4] Welding Fusion Welded Joint in Steel, Nickel, Titanium and Their Alloy (Beam Welding Excluded) Quality Levels for Imperfections, (ISO/FDIS 5817:2003), European Committee For Standardization.
- [5] Winarto, Buku Pegangan Teknologi Pengelasan, 2010