

PEMBUATAN *SPECIMEN WELDING PLATE MILD STEEL* UNTUK UJI *PENETRANT*

Fajar Dwi Nuryanto^{1*}, Mutiarani^{2*} and Roza Puspita^{3*}

*Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknik Mesin

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461,
Indonesia

¹E-mail: fajardwin125@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat spesimen dengan cacat buatan dengan sengaja untuk pengujian penetrant sebagai sampel pembelajaran. Cacat buatan yang dibuat akan memiliki karakteristik yang terdefinisi dengan baik, seperti jenis cacat, ukuran, dan lokasi. Spesimen ini kemudian akan digunakan untuk melatih model pembelajaran mesin dalam mendeteksi cacat pada pengujian penetrant. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan membuat dua spesimen dengan cacat yang berbeda. Spesimen 1 dibuat dengan elektroda yang lembab (terkena air) dengan arus 120 A, sehingga menghasilkan cacat berupa *pin hole* dan *porosity*. Spesimen 2 dibuat dengan menambahkan cooper pada capping pengelasan dengan arus 120 A, sehingga terlihat cacat berupa *crack*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen 1 memenuhi kriteria penerimaan (*acceptance*), sedangkan spesimen 2 tidak memenuhi kriteria penerimaan (*reject*). Hal ini menunjukkan bahwa cacat buatan yang dibuat dengan baik dapat digunakan untuk melatih model pembelajaran mesin dalam mendeteksi cacat pada pengujian penetrant.

Kata kunci: Pengujian penetrant, cacat las, spesimen, pembelajaran mesin.

ABSTRACT

This research aims to create specimens with intentionally-made defects for penetrant testing as learning samples. The manufactured defects will have well-defined characteristics, such as defect type, size, and location. These specimens will then be used to train a machine learning model to detect defects in penetrant testing. The method used in this research is to create two specimens with different defects. Specimen 1 was made with a damp (water-exposed) electrode with a current of 120 A, resulting in pinhole and lack of fusion defects. Specimen 2 was made by adding copper to the welding cap with a current of 120 A, resulting in a crack defect. The test results showed that specimen 1 met the acceptance criteria, while specimen 2 did not meet the acceptance criteria. This indicates that well-made artificial defects can be used to train a machine learning model to detect defects in penetrant testing.

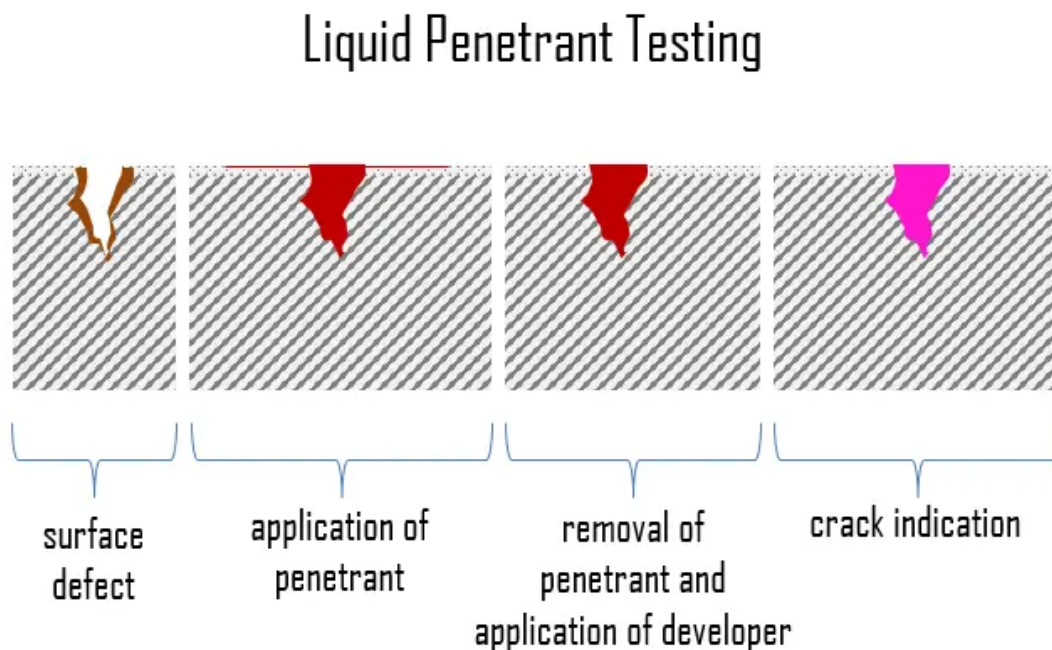
Keywords: Penetrant testing, welding defects, specimens, machine learning.

1. Pendahuluan

Spesimen las uji NDT (*Non Destructive Test*) adalah contoh sambungan las yang dibuat dengan tujuan untuk diuji dengan metode NDT tertentu. Pengujian NDT dilakukan untuk memastikan kualitas sambungan las dan mendeteksi adanya cacat las yang dapat membahayakan keselamatan struktur. Pembuatan spesimen las uji NDT harus dilakukan dengan cermat dan sesuai dengan standar yang berlaku. Hal ini penting untuk memastikan hasil pengujian yang akurat dan dapat diandalkan

Uji penetrasi adalah salah satu teknik NDT untuk mengetahui cacat permukaan. Uji Penetrasi adalah pengujian dengan dasar fenomena kapilaritas [3]. Gambar 1 menunjukkan fenomena kapilaritas. Metoda ini sudah umum digunakan pada pengujian hasil kerja machining, part automotive, part pesawat bahkan hasil pengelasan. Hasil pengujian ini akan menentukan kualitas produk yang diinginkan. Proses pengujian, *acceptance criteria*, peralatan yang digunakan bahkan operatornya diatur dalam suatu standard. Standar yang umum digunakan adalah ASTM E1417, ISO 3452-1 dan lainnya.

Standard itu menunjukkan bahwa selain proses, *chemical* dan *equipment* juga mengatur tentang operator Pengujian. Sehingga *Penetrant test* ini tidak boleh dilakukan oleh personil yang belum mempunyai lisensi baik dari ISO maupun standard yang lain. Operator dalam mendapatkan lisensi harus lulus dari pengujian terlebih dahulu. Oleh karena itu, untuk meningkatkan pembelajaran dan kemampuan agar mampu lulus uji lisensi dan layak sebagai operator penetrasi yang handal diperlukan latihan dan pembelajaran yang cukup memadai. pembelajaran dan latihan tersebut berupa basic teori dan praktek.



Gambar 1. Kapilaritas pada Penetrant Test.

Bahan praktek uji penetrasi bisa berupa permukaan produk hasil machining, metal forming ataupun pengelasan. Permukaan pengelasan akan jadi fokus dalam penelitian ini. hal ini dikarenakan disesuaikan dengan latar belakang dari kawasan penelitian ini dibuat yaitu di Batam, dengan mayoritas industri nya di fabrikasi pengelasan. dan juga kebutuhan tenaga NDT penetrasi yang cukup besar. Pengelasan merupakan salah satu proses yang penting dalam berbagai industri. Salah satu metode pengelasan yang banyak digunakan adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW), yang dikenal juga sebagai las busur

listrik berpelindung [1]. Pengelasan SMAW menghasilkan defect yang dominan dibanding metode lainnya. SMAW sangat dipengaruhi oleh skill welder.

menghasilkan sambungan las yang kuat dan serbaguna, namun kualitasnya perlu dipastikan untuk memenuhi standar yang ditentukan. Penambahan logam pengisi dari elektroda menambah penguatan dan meningkatkan kekuatan lasan [2]

Salah satu peningkatan skill operator penetran adalah kemampuan dia mendeteksi cacat las permukaan. Cacat permukaan yang biasanya dideteksi penetran terbagi 3 jenis, relevan, non relevan, dan spurious. Pada penelitian ini akan difokuskan pada cacat relevan dimana cacat relevan dibagi menjadi dua yaitu linier dan non linier. cacat linier umumnya berupa crack dan non linier berupa porosity dan slag inclusion. Standar yang digunakan pada penelitian ini adalah ISO 3452-1 yang menyatakan untuk prosedur pengaplikasian penetrant.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat spesimen dengan cacat buatan dengan sengaja untuk pengujian penetrant sebagai sampel pembelajaran. Cacat buatan yang dibuat akan memiliki karakteristik yang terdefinisi dengan baik, seperti jenis cacat, ukuran, dan lokasi. Spesimen ini kemudian akan digunakan untuk melatih model pembelajaran mesin dalam mendeteksi cacat pada pengujian penetrant.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan diagram alur yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Metodologi penelitian dilakukan sebagai berikut.

a. Studi Pustaka

Pada tahap awal studi dilakukan studi literatur dengan membaca sumber-sumber terkait pengelasan dan uji penetrasi.

b. Persiapan Alat dan Bahan

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah plat baja ASTM A36 dengan ukuran 150 mm x 270 mm x 12 mm. Dengan preparation material yaitu, menggunakan tipe *single vee butt joint*, *bevel angle* sebesar 30° dan digerinda halus menggunakan mata gerinda baping, lalu membuat *root face* sebesar 2 mm. Untuk *fit up* material, *root gap* sebesar 2.6 mm. Peralatan yang digunakan adalah mesin las SMAW, elektroda E7018, *solvent remover*, *red dye penetrant penetrant non-fluoresen*, *developer*, sikat kawat, kain majun. Material ASTM A36 mempunyai komposisi kimia sebagaimana yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia ASTM A36 [4].

Elemen	Persentase Kandungan
Karbon (C)	Kurang dari 0.30%
Mangan (Mn)	0.85 - 1.35%
Fosfor (P)	Dibatasi oleh standar ASTM A36
Sulfur (S)	Dibatasi oleh standar ASTM A36
Silikon (Si)	0.15 - 0.40% (dapat mencapai 1.35% untuk ketebalan tertentu)

Pengelasan dilakukan dengan posisi 1G (datar) menggunakan elektroda E7018. Parameter pengelasan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Pengelasan [4].

Specimen	Pas	Ampere	Elektroda	Polaritas arus	Voltage
01	Root	60	E7018	DCEN	26.0
01	Hotpass	70	E7018	DCEP	29.0
01	Filler	70	E7018	DCEP	29.0
01	Capping	120	E7018	DCEP	34.0
02	Root	60	E7018	DCEN	26.0
02	Hotpass	70	E7018	DCEP	29.0
02	Filler	70	E7018	DCEP	29.0
02	Capping	120	E7018	DCEP	34.0

- c. Pada spesimen 01, pada bagian capping specimen untuk membuat cacat dengan indikasi cacat rounded, porosity dan pin hole dibuat dengan mengkontaminasi elektroda dengan air. Hal ini dilakukan karena flux yang seharusnya melindungi weld metal, tetapi karena terkontaminasi dengan air maka ada air yang terperangkap pada weld metal.

Pada spesimen 02 cacat dengan indikasi cacat linear, crack dibuat dengan meletakkan copper sebelum melakukan capping pada specimen. Hal ini dilakukan karena terdapat material lain berupa tembaga (copper) yang terjebak didalam cairan kolam las, sehingga ketika cairan las mengeras dan ada material yang berbeda maka akan menghasilkan crack pada hasil lasan.

d. Pengaplikasian Uji Penetrasi

Standar yang digunakan untuk aplikasi uji penetran menggunakan **ISO 3452-1**. Berdasarkan standar tersebut metode pengaplikasian uji penetran adalah sebagai berikut:

1. Pembersihan Permukaan



Gambar 3. Proses Pembersihan *Specimen*

Bersihkan permukaan benda uji dari kotoran, minyak dan debu dengan *pembersih solvent cleaner*. Pastikan permukaan kering dan bebas dari kontaminan.

2. Pengaplikasian *Penetrant*



Gambar 4. Pengaplikasian *Penetrant*

Aplikasikan *penetrant* pada permukaan benda uji dengan cara disemprot. Biarkan *penetrant* meresap ke dalam cacat permukaan selama 10 menit sesuai waktu yang ditentukan oleh standar ISO 3452-1 yang menyatakan bahwa standar *dwel time* antara 5-60 menit

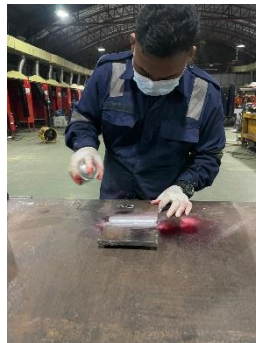
3. Penghapusan *Penetrant* Berlebih



Gambar 5. Pembersihan *penetrant* dari permukaan *specimen*

Bersihkan penetrant berlebih dari permukaan benda uji dengan kain majun. Pastikan permukaan bebas dari penetrant berlebih, kemudian semprotkan *solvent cleaner* ke kain majun yang bersih lalu bersihkan *penetrant* berlebih pada *spesimen* sampai warna merah sangat minim.

4. Pengaplikasian *Developer*



Gambar 6. Pengaplikasian *Developer*

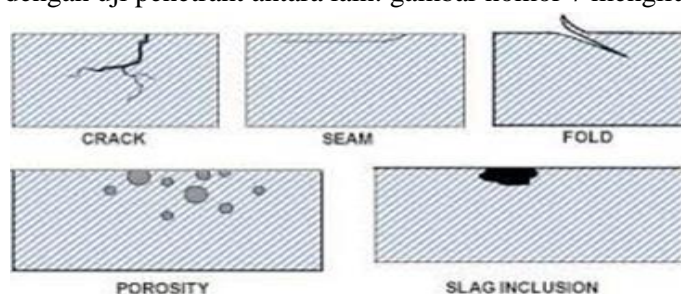
Aplikasikan developer pada permukaan benda uji dengan cara disemprot. *Developer* akan menarik penetrant yang terperangkap dalam cacat permukaan ke permukaan, sehingga cacat tersebut terlihat. Waktu pengembang (*developing time*) atau waktu tunggu yang ditentukan oleh standar atau prosedur *developer* agar *penetrant* dapat ditarik ke permukaan berdasarkan standar ISO 3452-1 adalah 10 sampai 30 menit. Setelah itu dilakukan pemeriksaan permukaan benda uji dengan mata telanjang atau dengan bantuan alat bantu visual seperti lampu sorot dan kaca pembesar. Cari indikasi cacat seperti retakan, lubang, dan inklusi.

Interpretasi:

1. Evaluasi Indikasi : Bandingkan indikasi yang ditemukan dengan kriteria penerimaan yang ditentukan dalam ASME Section VIII. Kriteria ini didasarkan pada jenis indikasi (*linear* atau *rounded*), ukuran, dan distribusinya.
2. Pencatatan Hasil : Catat hasil pengujian, termasuk lokasi, jenis, dan ukuran indikasi.

e. Identifikasi Hasil Cacat Las

Cacat yang dapat dideteksi dengan uji penetrant antara lain: gambar nomor 7 mengilustrasikan



Gambar 7. Jenis cacat yang bisa dideteksi penetrant

- Retak (*Crack*) : Retakan pada permukaan logam las.
- *Porosity* : Lubang-lubang kecil pada logam las yang disebabkan oleh gas yang terperangkap.

f. Evaluasi

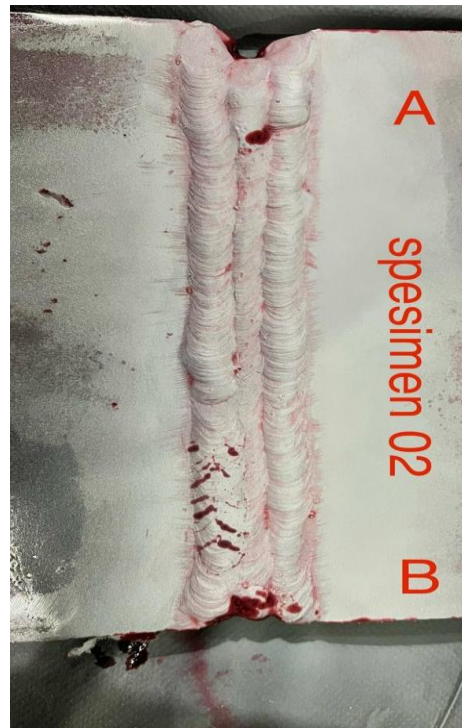
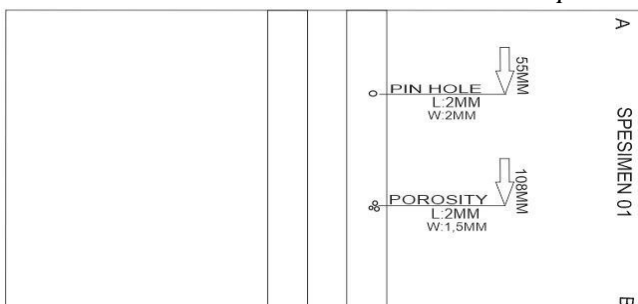
Langkah-langkah Evaluasi:

1. **Identifikasi jenis cacat berdasarkan ASME Section VIII Div.1 yaitu:**
“All surfaces to be examined shall be free of:
(a) Relevant linear indications shall be rejected.
(b) Relevant rounded indications greater than 5 mm (3/16 in.) shall be rejected.
(c) Four or more relevant rounded indications in a line separated by 1.5 mm (1/16 in.) or less (edge to edge).”
2. Membandingkan cacat yang ditemukan pada dua specimen apakah masuk *acceptance criteria* ASME Section VII Div 1 dan apa penyebab terjadinya cacat.

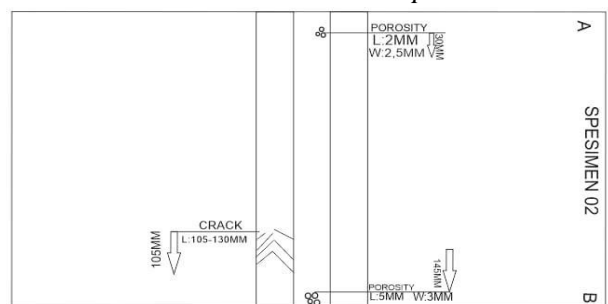
3. Hasil dan Pembahasan



Gambar 8. Hasil Penetrant Test *Specimen 1*



Gambar 9. Hasil Penetrant Tes *Specimen 2*



Gambar 10. Hasil Tracing Specimen 1

Gambar 11. Hasil Tracing Specimen

Specimen 1

Pengujian pada sampel satu dengan elektroda yang lembab (terkena air) dengan arus 120 A menghasilkan *diskontinuitas* (cacat) berupa *pin hole* dan *porosity*. Berdasarkan kriteria penerimaan yang digunakan, *pinhole* dikategorikan sebagai indikasi bulat dengan luas maksimum 5 mm. *Pin hole* yang ditemukan memiliki panjang 2 mm dan lebar 2 mm, sehingga masih memenuhi kriteria penerimaan (*acceptance*). *Pin hole* terletak 50 mm dari datum A. Dan juga *porosity* masih masuk dalam kriteria dengan panjang 2 mm dan lebar 1,5 mm. Beberapa penyebab terjadinya *pin hole* dan *porosity* yaitu adanya uap air sebagai penyebab terjadinya porositas dan kurangnya penetrasi pada las.

Specimen 2

Pengujian specimen 2 dengan menambahkan *copper* pada *capping* pengelasan dengan arus 120 A, sehingga terlihat *discontinuitas* (cacat) berupa *crack*. *Crack* berupa cabang cabang yang merata di sepanjang capping atau disebut dengan *branch crack*. Berdasarkan kriteria penerimaan yang digunakan, indikasi *linier* seperti *crack* tidak diperbolehkan. Oleh karena itu, *specimen 2* tidak memenuhi kriteria penerimaan (*reject*). *Crack* terletak 105 mm dari datum A. beberapa penyebab terjadinya *crack* yaitu tegangan internal yang melebihi kekuatan logam las, logam dasar, atau arus yang terlalu tinggi.

Tabel 3. Jumlah Cacat

no	Jenis cacat	Spesimen 01	Spesimen 02
1	crack	-	1
2	porosty	1	2
3	Pin hole	1	-

4. Kesimpulan

Pengujian spesimen 1 dengan menggunakan elektroda lembab menghasilkan *cluster porosity* dengan karakter sebagai berikut dengan ukuran panjang 2 mm dan lebar 1,5 mm, dan *pin hole* dengan panjang 2 mm dan lebar 2 mm. Pengujian spesimen 2 dengan menggunakan tambahan *cooper* akan menghasilkan cacat berupa *branch crack* dengan karakter sebagai berikut dengan ukuran lebar 6 mm dan panjang 25 mm. Dua tipe cacat tersebut dapat dideteksi dengan penetran test.

F. Daftar Pustaka

1. Siswanto, R. (2018). Buku Ajar Teknologi Pengelasan *hmkb791* (pp. 11–12). Universitas lambung mangkurat.
2. Awali, J., Rudiyanto, F., Thesalonicha, S., Lubis, M. P. D., Tanjung, R. A., & Triana, Y. (2021). Analisis Variasi Arus Pengelasan Kombinasi SMAW-FCAW dengan Kampuh Double V-Groove terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Dissimilar Material JIS G3101-SS400 dan ASTM A36. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(2), 421–432.

3. Endramawan, T., Haris, E., Dionisius, F., & Prinka, Y. (2017). APLIKASI NON DESTRUCTIVE TEST PENETRANT TESTING (NDT-PT) UNTUK ANALISIS HASIL PENGELASAN SMAW 3G BUTT JOINT. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 3(2).
4. Siagian, P. J. H., Arifin, N. L., Ulfah, N., & Widiastuti, H. (2022). Inspeksi Hasil Sambungan Pengelasan SMAW pada Pembuatan Frame Acid Skid dengan Metode Liquid Penetrant Testing. *Jurnal Teknologi Dan Riset Terapan (JATRA)*, 4(1), 28–33.
5. Umam, H. K., Suwignyo, J., & Bahtiar, F. Z. (2023). PENGARUH GERAKAN POLA Las Zig-zag, Melingkar, U Terhadap Uji Liquid Penetrant Pada Pengelasan 3G GMAW. *PENGARUH GERAKAN POLA LAS ZIGZAG, MELINGKAR, U TERHADAP UJI LIQUID PENETRAN PADA PENGELASAN 3G GMAW*.
6. Very, C. (n.d.-a). *Liquid penetrant test (PT) teknik NDE (non-destructive examination)*. Sains, Teknologi Dan Ekonomi Bisnis. Retrieved March 14, 2024, from <https://www.caesarvery.com/2020/12/liquid-penetrant-test-pt-teknik-nde-non.html>