



Jurnal Artikel

ANALISIS VARIASI KUAT ARUS DAN KELEMBAPAN ELEKTRODA PADA PENGELASAN SMAW TERHADAP CACAT LAS PADA PENGELASAN BAJA SS400 DENGAN METODE NON-DESTRUCTIVE TEST (NDT) PENETRANT TESTING

Gilang Avilla^{1*}, Bobie Suhendra², Viktor Naubnome³

^{1,2,3}Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang

¹1910631150086@student.unsika.ac.id, ²bobie.suhendra@ft.unsika.ac.id,

³viktornaubnome@ft.unsika.ac.id

*Corresponding author – Email : 1910631150086@student.unsika.ac.id

Artikel Info - : Received : ; Revised : ; Accepted:

Abstrak

Penelitian ini membahas mengenai pengaruh perbedaan kuat arus dan tingkat kelembapan elektroda pada pengelasan SMAW dengan metode Non-Destructive Test (NDT) Penetrant test yang bertujuan untuk menentukan apakah spesimen uji dapat diterima berdasarkan acceptance criteria ASME. Penelitian ini menggunakan material baja SS400 dengan dimensi 150 mm x 100 mm x 10 mm dengan kampuh 60° yang disambungkan dengan pengelasan SMAW posisi 1G dan dengan elektroda lembap tingkat kelembapan sebesar 2,8585%. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 6 spesimen. Hasil inspeksi penetrant test pada 6 jenis perlakuan spesimen didapatkan bahwa 3 dari 6 jenis spesimen mengalami reject dan dinyatakan tidak memenuhi kriteria ASME Sec V Article 6 Acceptance Criteria Penetrant Testing.

Kata kunci: Pengelasan SMAW, NDT-PT, ASME, Kelembapan elektroda

Abstract

This study discusses the effect of differences in current strength and electrode humidity levels in SMAW welding using the Non-Destructive Test (NDT) Penetrant test method which aims to determine whether the test specimen can be accepted based on ASME acceptance criteria. This study used SS400 steel material with dimensions of 150 mm x 100 mm x 10 mm with a seam of 60° which was connected by SMAW welding at 1G position and with a damp electrode with a humidity level of 2.8585%. The specimens used in this study amounted to 6 specimens. The results of the penetrant test inspection on the 6 types of specimen treatment found that 3 of the 6 types of specimens were rejected and declared not meeting the criteria of ASME Sec V Article 6 Acceptance Criteria for Penetrant Testing.

Keywords: Welding, SMAW, NDT-PT, ASME, Moisture content

1. PENDAHULUAN

Pada proses pengelasan sering kali dijumpai kecacatan pada material, kecacatan tersebut terjadi dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu kualitas elektroda yang buruk, sumber daya manusia yang kurang ahli, dan sarana dan prasarana yang kurang mendukung.

Kecacatan pada hasil pengelasan merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan serta harus dihindari dan diminimalisir keadaannya.

Keadaan lembap yang terdapat pada elektroda las bukan merupakan hal yang normal terjadi, elektroda yang baik merupakan elektroda yang tidak terekspos oleh udara dan selalu dalam keadaan

kering. Oleh karena itu penelitian ini dibuat untuk mengetahui bagaimana pengaruh kelembapan yang terdapat pada elektroda dan macam kuat arus dapat mempengaruhi kualitas hasil pengelasan pada material uji.

Pengujian *Non-Destructive Test* (NDT) *Penetrant Test* merupakan salah satu jenis pengujian yang bertujuan untuk memeriksa hasil pengelasan spesimen tanpa merusak ataupun menghancurkan spesimen. Tujuan dari penelitian ini dibuat untuk mengetahui bagaimana hasil dari beberapa perlakuan berbeda terhadap spesimen dapat mempengaruhi jumlah dan jenis cacat las dengan inspeksi secara *visual* dari hasil pengujian *penetrant testing* dan menentukan apakah spesimen uji dapat memenuhi kriteria *ASME Sec V Article 6 Acceptance Criteria Penetrant Testing*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan SMAW

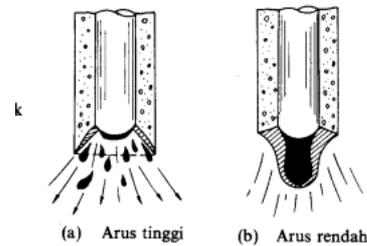
Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan cara pengelasan yang elektrodanya terbungkus dengan fluks, pengelasan jenis ini banyak digunakan di industri manufaktur saat ini. Panas yang disebabkan oleh busur membuat logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama[1]



Gambar 2.1 Proses pengelasan SMAW[2]

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir – butir yang terbawa oleh arus busur listrik yang terjadi. Apabila menggunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus seperti terlihat pada gambar 2.2(a), sebaliknya pengelasan akan menghasilkan

butiran yang lebih besar apabila menggunakan arus yang kecil seperti terlihat pada gambar 2.2(b) [2]



Gambar 2.2 Proses pemindahan logam cair [2]

2.2 Non Destructive Test (NDT)

Non-Destructive Test (NDT) adalah tes fisik suatu material atau benda uji untuk mencari cacat pada benda dengan tidak merusak atau menghancurkan benda uji tersebut. Hasil dari pengujian ini akan menentukan suatu part akan diganti atau tidak tergantung dari jumlah cacat yang ada yang merujuk pada suatu standar [3]

Non-Destructive Test (NDT) Memiliki beberapa metode untuk proses pengujiannya, diantara beberapa metode tersebut memiliki beberapa keunggulan dan kekurangan dari masing – masing jenis metode pengujian. Berikut merupakan beberapa jenis metode yang paling banyak digunakan:

Pengujian NDT *Liquid Penetrant*

Pengujian NDT *Visual Inspection*

Pengujian NDT *Ultrasonic*

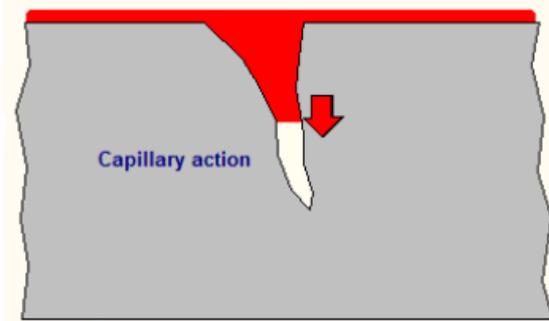
Pengujian NDT *Eddy Current*

Pengujian NDT *Magnetik Partikel*

Pengujian NDT *Radiography*

2.3 Liquid Penetrant Test

Liquid Penetrant Test merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui cacat yang terjadi pada bagian permukaan (*surface*) benda uji. Pengujian ini dilaksanakan setelah proses pengelasan. Metode pengujian penetrant ini menggunakan prinsip kapilaritas, kapilaritas ini yang akan menunjukkan dimana letak – letak cacat pengelasan itu terjadi [4]



Gambar 2.3 Proses kapilaritas penetrant [3]

Adapun kriteria diterimanya material dari pengujian penetrant ini *ASME section V article 6* adalah semua permukaan yang dilakukan pengujian harus bebas dari hal-hal berikut:

| The following indications shall be unacceptable. | | |
|--|--------------------------------------|--|
| Relevant linear indications with length > 3 times width. | Relevant rounded indications > 5 mm. | 4 or more relevant rounded indications in a line separated by 1.5 mm or less (edge to edge). |

Gambar 2.4 ASME section V article 6 [5]

Hasil uji penetran dinyatakan ditolak jika dimensinya tidak sesuai dengan syarat keberterimaan yang di atur dalam ASME berikut ini:

1. Ukuran indikasi memanjang lebih dari 1,5 mm (*Linier Relevant Indication*).
2. Ukuran indikasi melingkar dimensinya lebih dari 5 mm (*Rounded Relevant Indication*).
3. Indikasi melingkar yang berjumlah 4 atau lebih dan berada dalam satu baris dengan jarak antar indikasi dari tepi ke tepi kurang dari 1,5 mm.

3. METODE PELAKSANAAN

3.1 Persiapan Bahan

Sebelum dilaksanakannya penelitian, hal pertama yang harus disiapkan adalah persiapan alat dan bahan penunjang penelitian. Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah dengan jenis baja SS400 dengan kadar

karbon rendah (max 0.17%C) dengan dimensi 150 mm x 50 mm dan tebal 10 mm sebanyak 12 spesimen yang masing masing akan disambung berpasangan menjadi 6 spesimen. Selain itu peralatan penunjang juga perlu disiapkan termasuk APD (Alat Pelindung Diri) saat jalannya penelitian.

Kelembapan elektroda dapat dicari dengan menyelupkan elektroda kedalam wadah berisi air bersih sampai bagian fluks elektroda terselimuti dengan air secara merata. Elektroda yang direndam dengan air ditunggu selama 1 jam setelah itu akan ditimbang menggunakan timbangan dengan ketelitian 0.01 gram lalu dicari dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Kelembapan} = \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat Awal}}{\text{Berat Awal}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Kelembapan} = \frac{20,51 \text{ g} - 19,94 \text{ g}}{19,94 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Kelembapan} = 2,8585\%$$



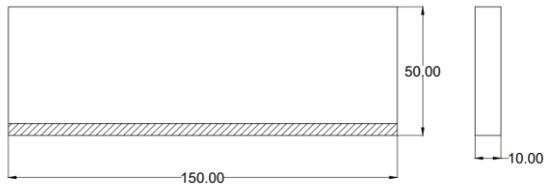
Gambar 3.1 Berat elektroda kering



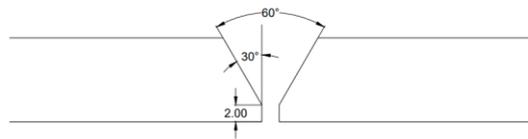
Gambar 3.2 Berat elektroda lembap

3.2 Proses Pembuatan Spesimen

Pembuatan specimen dilaksanakan di *workshop* PT. Taiyo Sinar Raya Teknik. Spesimen dibuat menggunakan Baja SS400 yang dipotong dengan dimensi 150mm x 50mm dan tebal 10mm. Material tersebut disambung dengan kampuh V menggunakan sudut single V groove 30° seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3.3 Dimensi potongan spesimen



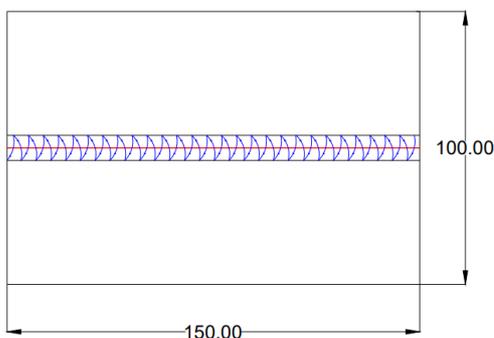
Gambar 3.4 Sudut groove 30°



Gambar 3.5 Spesimen Baja SS400

3.3 Proses Pengelasan

Proses pengelasan penyambungan specimen dilaksanakan di Laboratorium Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang. Pengelasan dilakukan menggunakan elektroda AWS E 6013 diameter elektroda \varnothing 2,6mm dengan besar kuat arus 80, 100, dan 120 Ampere pada masing – masing specimen yang telah dibuat groove sebesar 30°. Pengelasan dilakukan dengan posisi 1G seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.6 Gerakan pengelasan

3.4 Pengujian *Liquid Penetrant Testing*

Setelah dilakukannya proses penyambungan masing – masing specimen, tahap selanjutnya dari proses penelitian ini proses pengaplikasian *Non-Destructive Test (NDT) Penetrant Test*. Spesimen hasil sambungan pertama dibersihkan terlebih dahulu menggunakan sikat las guna menghilangkan kotoran – kotoran dan *splatter* yang terdapat pada hasil pengelasan, setelah proses itu berikut merupakan proses pengaplikasian *Non-Destructive Test (NDT) Penetrant Testing*:

1. Membersihkan permukaan benda yang akan diuji. Proses pemberian ini berguna untuk menghilangkan kotoran, debu serta lemak yang menempel pada permukaan benda sehingga cacat pada permukaan tidak tertutup oleh kotoran. Pembersihan ini dilakukan dengan menyemprotkan *cleaner penetrant* pada permukaan benda kemudian dibersihkan dengan kain sampai permukaan benda benar-benar bersih.



Gambar 3.7 Pre-cleaning specimen

2. Setelah permukaan benda bersih, kemudian permukaan disemprot dengan *liquid penetrant* sampai rata pada permukaan, lalu dibiarkan selama 15 menit (*dwell time*). Tujuan dari *dwell time* ini adalah memberikan kesempatan pada penetrant untuk masuk pada permukaan yang cacat. Penetrant yang digunakan harus mempunyai gaya kapilaritas yang baik agar penetrant dapat masuk pada permukaan yang cacat.

Penetrant ini harus mempunyai warna yang terang agar dapat terlihat dengan jelas ketika terjadi cacat pada permukaan ketika disemprotkan developer. Umumnya penetrant menggunakan warna merah dan hijau.



Gambar 3.8 Dye penetrant application

- Setelah 15 menit, permukaan benda dibersihkan dengan menggunakan kain yang telah dibasahi dengan cleaner penetrant dan lalu diusap dengan halus ke arah yang sama.



Gambar 3.9 Intermediate cleaning

- Semprotkan developer penetrant yang telah dikocok pada permukaan benda dengan rata kemudian tunggu beberapa menit, jika pada permukaan benda terdapat cacat maka akan timbul bercak-bercak cairan penetrant pada permukaan benda. Sifat dari developer ini adalah untuk menarik kembali penetrant yang tertinggal dalam lubang cacat yang dijadikan sebagai tanda terdapatnya cacat pada benda.



Gambar 3.10 Developer application

- Tandai bagian benda yang terdapat cacat lalu permukaan dibersihkan dengan menyemprotkan cleaner penetrant dan dilap menggunakan kain sampai bersih.



Gambar 3.11 Final result penetrant testing

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian Non-Destructive Test (NDT) ini masing – masing spesimen dengan jumlah total 6 spesimen yang telah diperlakukan pengelasan dengan kuat arus dan tingkat kelembapan elektroda yang berbeda dilakukan proses penetrant testing dengan visible penetrant dan didapatkan hasil:



Gambar 4.1 Hasil penetrant test 80A dry



Gambar 4.2 Pengukuran *discontinuity* 80A dry

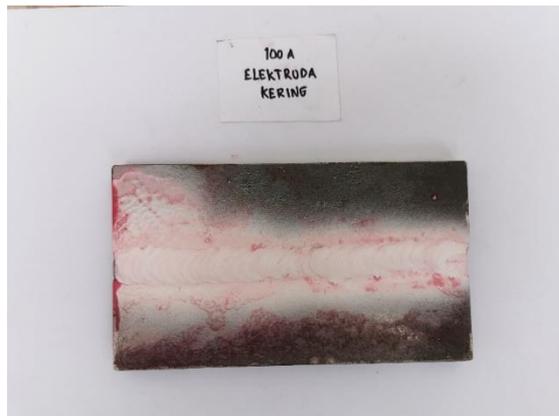
Tabel 4.1 Data hasil pengujian penetrant testing spesimen 80A dry

| Cacat ke - | Ukuran cacat (mm) | Lokasi cacat dari titik 0 (mm) | Hasil inspeksi penetrant test | | Indikasi |
|------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------|----------|
| | | | Accept | Reject | |
| 1 | 7 | 21 | | ✓ | Porosity |
| 2 | 1 | 99 | ✓ | | Crack |
| 3 | 1 | 134 | ✓ | | Crack |

| | | | | | |
|---|-----|-----|---|--|-------|
| 1 | 0,8 | 58 | ✓ | | Crack |
| 2 | 1 | 80 | ✓ | | Crack |
| 3 | 1 | 108 | ✓ | | Crack |
| 4 | 1 | 112 | ✓ | | Crack |
| 5 | 3 | 134 | ✓ | | Crack |



Gambar 4.5 Hasil *penetrant test* 120A dry



Gambar 4.3 Hasil *penetrant test* 100A dry



Gambar 4.6 Pengukuran *discontinuity* 80A dry

Tabel 4.3 Data hasil pengujian penetrant testing spesimen 120A dry

| Cacat ke - | Ukuran cacat (mm) | Lokasi cacat dari titik 0 (mm) | Hasil inspeksi penetrant test | | Indikasi |
|------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------|----------|
| | | | Accept | Reject | |
| 1 | 4 | 74 | ✓ | | Porosity |
| 2 | 2,4 | 89 | ✓ | | Crack |
| 3 | 2,2 | 123 | ✓ | | Crack |
| 4 | 1 | 137 | ✓ | | Crack |



Gambar 4.4 Pengukuran *discontinuity* 100A dry

Tabel 4.2 Data hasil pengujian penetrant testing spesimen 100A dry

| Cacat ke - | Ukuran cacat (mm) | Lokasi cacat dari titik 0 (mm) | Hasil inspeksi penetrant test | | Indikasi |
|------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------|----------|
| | | | Accept | Reject | |
| | | | | | |



Gambar 4.7 Hasil *penetrant test* 80A wet



Gambar 4.8 Pengukuran discontinuity 80A wet

Tabel 4.4 Data hasil pengujian penetrant testing spesimen 80A wet

| Cacat ke - | Ukuran cacat (mm) | Lokasi cacat dari titik 0 (mm) | Hasil inspeksi penetrant test | | Indikasi |
|------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------|----------|
| | | | Accept | Reject | |
| 1 | 2 | 6 | ✓ | | Crack |
| 2 | 2,5 | 17 | ✓ | | Porosity |
| 3 | 2 | 34 | ✓ | | Crack |
| 4 | 1 | 39 | ✓ | | Porosity |
| 5 | 2,2 | 47 | ✓ | | Porosity |
| 6 | 5,3 | 63 | | ✓ | Porosity |
| 7 | 5,3 | 72 | | ✓ | Porosity |
| 8 | 2 | 117 | ✓ | | Crack |
| 9 | 1 | 128 | ✓ | | Crack |



Gambar 4.9 Hasil penetrant test 100A wet



Gambar 4.10 Pengukuran discontinuity 100A wet

Tabel 4.5 Data hasil pengujian penetrant testing spesimen 100A wet

| Cacat ke - | Ukuran cacat (mm) | Lokasi cacat dari titik 0 (mm) | Hasil inspeksi penetrant test | | Indikasi |
|------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------|----------|
| | | | Accept | Reject | |
| 1 | 5,2 | 3 | | ✓ | Crack |
| 2 | 2 | 9 | ✓ | | Crack |
| 3 | 0,7 | 54 | ✓ | | Crack |
| 4 | 1 | 75 | ✓ | | Crack |
| 5 | 1 | 96 | ✓ | | Crack |
| 6 | 2,3 | 129 | ✓ | | Porosity |



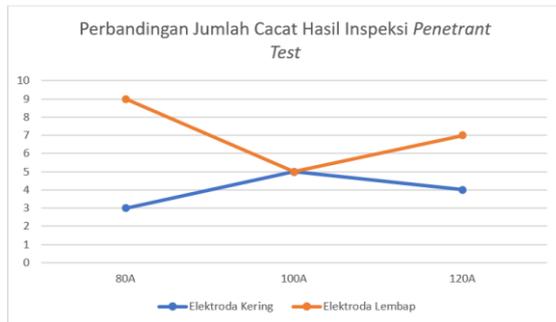
Gambar 4.11 Hasil penetrant test 120A wet



Gambar 4.12 Pengukuran discontinuity 120A wet

Tabel 4.6 Data hasil pengujian penetrant testing spesimen 120A wet

| Cacat ke - | Ukuran cacat (mm) | Lokasi cacat dari titik 0 (mm) | Hasil inspeksi penetrant test | | Indikasi |
|------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------|----------|
| | | | Accept | Reject | |
| 1 | 1,5 | 26 | ✓ | | Crack |
| 2 | 1 | 39 | ✓ | | Crack |
| 3 | 4,8 | 73 | ✓ | | Porosity |
| 4 | 2,3 | 76 | ✓ | | Porosity |
| 5 | 1 | 87 | ✓ | | Crack |
| 6 | 1 | 99 | ✓ | | Crack |
| 7 | 1 | 111 | ✓ | | Crack |



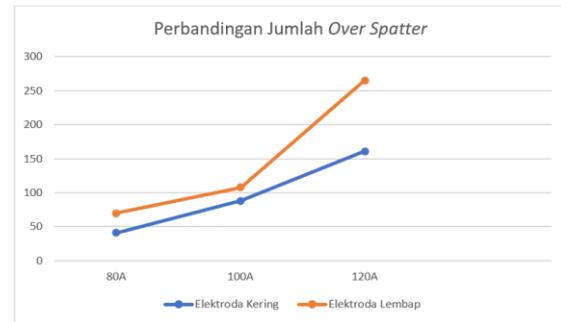
Gambar 4.13 Grafik perbandingan jumlah cacat

Dari data diatas didapatkan bahwa tiap masing – masing spesimen dengan perlakuan berbeda memiliki hasil uji penetrant testing yang berbeda dengan berbagai jenis cacat. Dari hasil pengujian Non-Destructive Test (NDT) penetrant testing didapatkan hasil akhir bahwa 3 dari 6 jenis perlakuan pada spesimen yang telah diuji penetrant testing mengalami reject dan tidak memenuhi kriteria *ASME Sec V Article 6 Acceptance Criteria Penetrant Testing* sehingga 3 jenis perlakuan pada spesimen tersebut dapat dinyatakan tidak lulus uji. Dari hasil pengelasan yang telah dilakukan didapatkan juga beberapa perbedaan jumlah over spatter yang dihasilkan dari proses pengelasan sebelum dilakukannya pembersihan pada spesimen, berikut merupakan data over spatter yang dihasilkan:



Gambar 4.14 Hasil pengelasan sebelum dibersihkan
Tabel 4.7 Kesimpulan jumlah cacat hasil pengelasan

| Jenis Perlakuan Spesimen | Jumlah over spatter yang dihasilkan | Jumlah cacat hasil penetrant test |
|--------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 80A dry electrode | 41 | 3 |
| 100A dry electrode | 88 | 5 |
| 120A dry electrode | 161 | 4 |
| 80A wet electrode | 70 | 9 |
| 100A dry electrode | 108 | 5 |
| 120A wet electrode | 265 | 7 |



Gambar 4.15 Grafik perbandingan jumlah over spatter

5. KESIMPULAN

Dari pembahasan terhadap hasil penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan semakin besar kuat arus yang digunakan dalam pengelasan maka semakin banyak pula jumlah over spatter dan jumlah cacat las yang dihasilkan serta pengelasan dengan elektroda lembap menghasilkan lebih banyak over spatter dan memiliki jumlah cacat las yang lebih banyak pula dibandingkan dengan penggunaan elektroda kering.
2. Berdasarkan hasil uji inspeksi *Non-Destructive Test (NDT) Penetrant Testing* didapatkan hasil akhir bahwa 3 dari 6 jenis perlakuan pada spesimen yang telah diuji penetrant testing mengalami reject dan tidak memenuhi kriteria *ASME Sec V Article 6 Acceptance Criteria Penetrant Testing* sehingga 3 jenis perlakuan pada spesimen tersebut dapat dinyatakan tidak lulus uji.
3. 3 Spesimen yang dinyatakan *reject* antara lain, spesimen dengan perlakuan 80A Elektroda kering dikarenakan terdapat *porosity* dengan ukuran 7 mm *rounded indication* pada titik 21 mm, spesimen dengan perlakuan 100A Elektroda lembap dikarenakan terdapat *porosity* dengan ukuran 5,3 mm *rounded indication* pada titik 63 mm dan 72 mm, dan spesimen dengan perlakuan 120A Elektroda lembap dikarenakan terdapat *crack* dengan ukuran 5,2 mm *linear indication* pada titik 3 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulyadi and Iswanto, *Buku Ajar Teknologi Pengelasan*. 2020.
- [2] H. Wiryosumarto and T. Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*. 2000.
- [3] T. Endramawan, E. Haris, F. Dionisius, and Y. Prika, “Aplikasi Non Destructive Test Penetrant Testing (NDT-PT) untuk Analisis Hasil Pengelasan SMAW 3G Butt Joint,” *Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 3, no. 2, 2017.
- [4] Fajar, “Material Testing Penetrant Test,” *Detech*, 2021. <https://www.detech.co.id/penetrant-test/> (accessed Jul. 25, 2023).
- [5] ASME Section VIII Division 1, “Appendix 8 Methods for Liquid Penetrant Examination (PT),” 2000.