

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KECACATAN HASIL PENGELASAN PADA
PLAT AVESTA 253MA MENGGUNAKAN METODE
PENETRANT TEST**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

KADEK ETA SETYADI

D3 TEKNIK MESIN

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2025

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KECACATAN HASIL PENGELASAN PADA
PLAT AVESTA 253MA MENGGUNAKAN METODE
*PENETRANT TEST***



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

KADEK ETA SETYADI

NIM. 2215213029

D3 TEKNIK MESIN

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2025

ABSTRAK

Analisis Kecacatan Hasil Pengelasan Pada Plat Avesta 253MA Menggunakan Metode Penetrant Test". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis jenis dan karakteristik kecacatan yang terjadi pada sambungan las plat Avesta 253MA, serta menilai kualitas hasil pengelasan berdasarkan standar internasional. Avesta 253MA merupakan baja tahan karat austenitik dengan ketahanan tinggi terhadap suhu dan korosi, yang banyak diaplikasikan dalam industri kimia, pembangkit listrik, dan manufaktur. Pengelasan dilakukan menggunakan metode SMAW (Shielded Metal Arc Welding) dengan elektroda MG-NOX 21, kemudian hasil las diuji menggunakan metode Non-Destructive Testing berupa Liquid Penetrant Test dengan variasi waktu penetrasi (dwell time). Hasil pengujian menunjukkan adanya indikasi cacat berupa retakan (crack) dengan panjang 5,20 mm dan 6,14 mm yang tidak memenuhi standar penerimaan ASME Section IX QW-195. Selain itu, ditemukan indikasi porositas dan pin hole yang masih berada dalam batas toleransi, sedangkan cluster porosity dikategorikan tidak sesuai standar. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kualitas pengelasan pada plat Avesta 253MA belum sepenuhnya memenuhi standar internasional, sehingga diperlukan perbaikan parameter pengelasan dan prosedur inspeksi untuk meningkatkan mutu sambungan las.

Kata kunci: Avesta 253MA, pengelasan, penetrant test, dwell time, kecacatan las

ABSTRACT

This final project is entitled “Analysis of Welding Defects on Avesta 253MA Plates Using the Penetrant Test Method”. The purpose of this research is to analyze the types and characteristics of welding defects on Avesta 253MA plates and to evaluate the weld quality based on international standards. Avesta 253MA is an austenitic stainless steel with high resistance to heat and corrosion, widely used in chemical industries, power plants, and manufacturing applications. Welding was carried out using the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) method with MG-NOX 21 electrodes, and the welds were examined using the Non-Destructive Testing method, specifically the Liquid Penetrant Test with variations of penetration time (dwell time). The results showed defect indications in the form of cracks measuring 5.20 mm and 6.14 mm, which do not meet the acceptance criteria of ASME Section IX QW-195. In addition, porosity and pinholes were found within tolerance limits, while cluster porosity was categorized as unacceptable. Based on these findings, it can be concluded that the welding quality of Avesta 253MA plates does not fully comply with international standards; therefore, adjustments in welding parameters and inspection procedures are necessary to improve the weld quality.

Keywords: *Avesta 253*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis kecacatan Hasil Pengelasan Pada Plat Avesta 253MA Menggunakan Metode Pentrant Test” tepat pada waktunya. Penyusunan Proposal Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan program studi pendidikan jenjang Diploma 3 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negri Bali.

Penulis menyadari pada pembuatan Proposal Tugas Akhir ini ditemukan banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis berharap kritik dan saran dari pembaca sebagai pelajaran bagi penulis agar dapat menyempurnakan karya-karya ilmiah lainnya di masa yang akan datang.

Badung 25 Juli 2025

Kadek Eta Setyadi

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	vii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.4.1 Tujuan Umum.....	2
1.4.2 Tujuan Khusus	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Analisis	4
2.1.1 Tujuan Analisis	5
2.1.2 Langkah-Langkah dalam Analisis	6
2.1.3 Tujuan Menganalisis Kecacatan Hasil Pengelasan Pada Plat Avesta 253 MA	6
2.2 Standar prosedur internasional ASTM dan ASME.....	9
2.3 <i>Non-Destructive Test</i>	10
2.3.1 Jenis Pengujian <i>Penetrant Test</i>	11
2.3.2 Prinsip Kerja Penetrant Test	12

2.3.3	Alat dan Bahan	18
2.3.4	Plat Avesta 253 MA	18
2.3.5	Karakteristik bahan.....	19
2.4	Pengelasan	20
2.4.1	Jenis-Jenis Kecacatan Hasil Pengelasan.....	22
2.4.2	<i>Acceptance Criteria Penetrant Testing</i>	26
BAB III METODE PENELITIAN		27
3.1	Jenis penelitian	27
3.2	Alur Penelitian.....	28
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian	30
3.3.1	Lokasi penelitian	30
3.3.2	Waktu Penelitian.....	30
3.4	Penentuan Sumber Data	31
3.5	Sumber Daya Penelitian	31
3.5.1	Alat Penelitian	31
3.5.2	Bahan Penelitian.....	32
3.6	Instrumen Penelitian.....	33
3.6.1	Prosedur Pembuatan Benda Uji.....	35
3.7	Prosedur Penelitian.....	37
3.8	Pelaksanaan Penelitian	42
BAB IV.....		43
HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Hasil.....	43
4.1.1	Prosedur uji NDT dengan metode <i>Liquid Penetran Test</i> (PT)	43
4.1.2	kualitas hasil pengelasan pada plat Avesta 253MA.....	54
4.2	Pembahasan	59
4.2.1	Karakteristik Benda Uji Hasil Pengelasan.....	59
4.2.2	Hasil Uji Penetrant Berdasarkan Variasi Dwell Time	60
4.2.3	Jenis Kecacatan yang Teridentifikasi.....	63
4.2.3	Hubungan Dwell Time dengan Sensitivitas Uji	66
4.2.5	Perbandingan dengan Standar dan Penelitian Terdahulu.....	67

BAB V	69
PENUTUP	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	75

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Tabel Standar Dwell Time.....	44
Tabel 4. 2 Tabel sensitivitas	45
Tabel 4. 3 Hasil pengujian.....	54
Tabel 4. 4 Rekapitan hasil	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip kerja penetrant test	12
Gambar 2. 2 Visible penetrant.....	13
Gambar 2. 3 Fluorescent	14
Gambar 2. 4 Solvent removable.....	14
Gambar 2. 5 Water washable	15
Gambar 2. 6 post-Emulsifiable/	15
Gambar 2. 7 Dry powder.....	16
Gambar 2. 8 Water suspendable.....	16
Gambar 2. 9 non-aqueous	17
Gambar 2. 10 Prinsip kerja las SMAW	21
Gambar 2. 11 Elektroda Smaw.....	22
Gambar 2. 12 Cacat Undercut.....	23
Gambar 2. 13 Cacat las tungsten.....	24
Gambar 2. 14 Cacat Incomplete Fusion.....	24
Gambar 2. 15 Cacat porositas	25
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	29
Gambar 3. 2 Jadwal penelitian	30
Gambar 3. 3 Rencana benda uji	36
Gambar 3. 4 Rekapitan hasil pengujian	41
Gambar 4. 1 Tahap pembersihan.....	48
Gambar 4. 3 Pelapisan red penetrant	50
Gambar 4. 4 Pembersihan red penetrant	51
Gambar 4. 5 Pengaplikasian Devloper.....	52
Gambar 4. 6 Hasil pengelasan.....	60
Gambar 4. 7 Hasil dwell time	61

Gambar 4. 8 Hasil dwell time	62
Gambar 4. 9 Hasil Dwell time	63
Gambar 4. 10 Porositas	64
Gambar 4. 11 Incomplete Fusion	65
Gambar 4. 12 Retakan micro	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pengelasan merupakan teknik penyambungan logam yang sangat penting dalam berbagai industri, termasuk industri manufaktur, konstruksi dan energi. Proses ini digunakan untuk menyatukan dua atau lebih material melalui aplikasi panas, dengan tujuan menciptakan sambungan yang kuat dan tahan lama. Salah satu material yang banyak digunakan dalam pengelasan adalah *stainless steel*, terutama jenis Avesta 253 MA, yang dikenal memiliki ketahanan terhadap korosi yang baik serta kekuatan mekanik yang tinggi pada suhu tinggi. Material ini sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap suhu dan korosi yang ekstrim, seperti dalam pembuatan pipa, boiler, dan komponen industri kimia.

Namun, meskipun material ini memiliki sifat unggul, proses pengelasan pada plat Avesta 253 MA dapat menimbulkan berbagai jenis kecacatan hasil pengelasan yang dapat memperngaruhi kualitas dan kekuatanm sambungan las. Kecacatan seperti retak (*crack*), porositas, dan *undercut* dapat terjadi selama pengelasan karena berbagai faktor, termasuk kontrol suhu, kecepatan pengelasan, dan pemilihan bahan pengisi yang tidak tepat. Kecacatan-kecacatan ini, meskipun mungkin tidak terlihat secara kasat mata, dapat memperngaruhi integritas struktural dan ketahan las terhadap tekanan serta korosi.

Deteksi terhadap kecacatan ini sangat penting untuk memastikan kualitas dan keamanan produk yang dihasilkan. Salah satu metode yang efektif untuk mendeteksi kecacatan permukaan pada hasil pengelasan adalah NDT (*non-destruktif*) dengan metode *Liquid Penetrant Test* yang bekerja dengan prinsip penyerapan cairan *penetrant* ke dalam cacat permukaan material, yang kemudian dapat terdeteksi menggunakan bahan pengembang. Metode ini sering digunakan dalam industri pengelasan untuk

mengidentifikasi cacat-cacat halus yang tidak terlihat oleh mata telanjang dan penggunaannya gampang serta efisiensi biaya yang lebih terjangkau.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Kecacatan hasil Pengelasan pada Plat Avesta 253 MA Menggunakan Metode *Liquid Penetrant Test*”, ini diantaranya:

1. Bagaimana prosedur uji NDT dengan metode *Liquid Penetrant Test*?
2. Bagaimana kualitas hasil pengelasan pada plat Avesta 253 MA?

1.3 Batasan masalah

Adapun Batasan Masalah dari seminar proposal ini, yaitu:

1. Penelitian ini hanya menggunakan metode *Liquid Penetrant Test* untuk mendeteksi kecacatan permukaan hasil pengelasan
2. Fokus pada kecacatan *crack* (retak) dan *porosity* yang terdeteksi selama pengujian NDT dengan metode *Penetrant Test*, tanpa menggunakan metode lain seperti *Ultrasonic Testing (UT)* dan *Radiographic (RT)*

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian Proyek Akhir ini sebagai berikut.

1.4.1 Tujuan Umum

Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Diploma 3 pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

1.4.2 Tujuan Khusus

Untuk penulis secara khusus bertujuan untuk:

1. Untuk mengetahui prosedur uji NDT dengan metode *Liquid Penetrant Test*
2. Untuk mengetahui kualitas hasil pengelasan pada plat Avesta 253 MA

1.5 Manfaat Penelitian

1. Peningkatan kualitas pengelasan untuk menghasilkan sambungan las yang lebih kuat dan bebas dari kecacatan.
2. Penerapan non-destruktif (NDT) metode *Penetrant Test* memberikan alternatif dan cara efektif serta efisiensi untuk mendeteksi kecacatan permukaan hasil pengelasan tanpa merusak material.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian mengenai pengelasan plat Avesta 253MA menggunakan elektroda MG-NOX 21 serta evaluasi melalui metode non-destruktif Liquid Penetrant Test (LPT), maka kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Prosedur pelaksanaan uji non-destruktif (NDT) dengan metode Liquid Penetrant Test (LPT) telah dilakukan sesuai dengan standar ASTM E165/E165M. Seluruh tahapan dilakukan secara sistematis, dimulai dari:
 1. *Pre-cleaning* menggunakan pelarut untuk memastikan permukaan bebas dari minyak, kotoran, dan debu.
 2. Aplikasi zat penetrant bertipe fluorescent yang mampu masuk ke dalam cacat permukaan kecil.
 3. Proses *dwell time* dilakukan selama 10 menit untuk memastikan penetrasi sempurna.
 4. Pembersihan sisa penetrant menggunakan kain bersih dan pelarut.
 5. Aplikasi *developer* untuk menarik penetrant keluar dari cacat dan meningkatkan visibilitas indikasi.
 6. Pemeriksaan visual dilakukan menggunakan sinar UV dalam ruang gelap, yang menghasilkan kontras tinggi antara indikasi cacat dan latar belakang. Prosedur ini terbukti efektif dalam mengidentifikasi indikasi cacat seperti crack, pin hole, porosity, dan cluster porosity, serta memberikan hasil yang presisi dan repeatable. Dengan demikian, metode LPT dinyatakan berhasil

sebagai alat diagnosis permukaan pengelasan pada material tahan panas seperti Avesta 253MA.

- b. Kualitas hasil pengelasan pada plat Avesta 253MA dinyatakan belum sepenuhnya memenuhi standar kelayakan berdasarkan ASME Section IX QW-195, karena terdapat beberapa indikasi cacat yang dikategorikan *rejected*. Hasil pengujian menunjukkan:

1. Dua indikasi linear (crack) masing-masing sepanjang 5,20 mm dan 6,14 mm yang bersifat kritis dan tidak dapat diterima.\n
2. Tiga indikasi rounded (pin hole dan porosity) berukuran Ø 0,24 mm, Ø 0,40 mm, dan Ø 1,70 mm yang termasuk dalam kategori *accepted* karena masih dalam batas toleransi.\n
3. Satu indikasi cluster porosity sepanjang 1 mm yang menunjukkan pola pengelompokan cacat, sehingga termasuk dalam kategori *rejected*.\n
Penyebab munculnya cacat ini antara lain adalah kurang bersihnya permukaan kampuh sebelum pengelasan, elektroda yang tidak dikeringkan secara optimal, dan kondisi lingkungan terbuka saat proses las yang menyebabkan pendinginan tidak terkontrol. Oleh karena itu, meskipun sebagian cacat masih dapat ditoleransi, keseluruhan hasil pengelasan menunjukkan bahwa sambungan belum memenuhi standar mutu pengelasan industri, khususnya untuk material dengan kebutuhan ketahanan tinggi seperti Avesta 253MA.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan yang telah dilakukan, penulis menyampaikan beberapa saran berikut sebagai bahan pertimbangan untuk perbaikan proses pengelasan dan pengujian serupa di masa mendatang:

1. Perhatikan kondisi lingkungan saat pengelasan.

Proses pengelasan sebaiknya dilakukan di tempat yang terlindung dari angin atau cuaca luar, terutama untuk material seperti Avesta 253MA yang sensitif terhadap perubahan suhu. Hal ini untuk mencegah pendinginan yang terlalu cepat dan potensi terbentuknya retakan.

2. Lakukan penyimpanan elektroda sesuai prosedur.

Elektroda sebaiknya disimpan dalam oven pengering sebelum digunakan, guna menghindari penyerapan kelembaban. Elektroda yang lembab sering menjadi penyebab munculnya porositas atau pin hole pada hasil las.

3. Pastikan kebersihan kampuh sebelum pengelasan.

Permukaan plat yang akan dilas harus benar-benar bersih dari kotoran, minyak, atau karat. Pembersihan yang kurang maksimal dapat memicu cacat yang sebenarnya bisa dicegah sejak awal.

4. Berikan pelatihan tambahan untuk operator.

Operator pengelasan perlu memahami karakteristik material tahan panas serta bagaimana mengatur posisi dan parameter yang tepat. Dengan pelatihan yang cukup, kualitas sambungan dapat lebih terjaga.

5. Manfaatkan metode pengujian LPT secara rutin.

Liquid Penetrant Test terbukti efektif untuk mendeteksi cacat permukaan, bahkan yang tidak tampak langsung. Penggunaan metode ini secara berkala dapat membantu kontrol kualitas sebelum produk digunakan lebih lanjut.

6. Untuk penelitian selanjutnya

disarankan agar dilakukan pengujian tambahan dengan variasi parameter pengelasan atau metode lain seperti radiografi atau uji ultrasonik. Hal ini bertujuan agar hasil pengujian dapat dibandingkan dan memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai kualitas sambungan las.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi. (2020, April 4). *Pengelasan.net*. Diambil kembali dari *Pengelasan.net*:
<https://www.pengelasan.net/penetrant-test/>
- Achmadi. (2022, Mei 6). *Pengelasan.net*. Diambil kembali dari *Pengelasan.net*:
<https://www.pengelasan.net/pengelasan-adalah/>
- Albrecht, D., & Zhou, Z. (2011). "Recent advances in fluorescent probes for live-cell imaging." *Nature Reviews Chemistry*, 7(1), 58-71.
<https://doi.org/10.1038/s41570-023-00435-w>.
- American Welding Society. (2018). *AWS D1.1/D1.1M: Structural Welding Code – Steel*. American Welding Society.
- Arie Indra Rusmana, S. (2018). *MELAKUKAN PENETRANT TEST (PT)*.
- ASM Handbook. (2004). *Welding, Brazing, and Soldering*. ASM International.
- ASTM E165/E165M-16. (2016). *Standard Practice for Liquid Penetrant Examination*. ASTM International.
- ASTM. (2011). *ASTM A240/A240M-11: Standard specification for chromium and chromium-nickel stainless steel plate, sheet, and strip for pressure vessels and for general applications*. ASTM International. <https://www.astm.org>
- Awangpurnama. (2020, September 2). *Apa Itu Las SMAW?* Diambil kembalidariDictio.id: <https://www.dictio.id/t/apa-itu-las-smaw/146915> las, busur<https://www.hestanto.web.id/las-busur-gas/>
- Bansal, P. V. (2017). *Investigation of Welding Defects in Stainless Steel Welds Using Non-destructive Testing*. *Materials Science and Engineering*, 10(3), 123-132.
- Endramawan, T., Haris, E., Dionisius, F., & Prika, Y. (2017). Analisa Hasil Pengelasan SMAW 3G Butt Joint Menggunakan Non-Destructive Test Penetrant Testing (NDT-PT). *8thIndustrial Research Workshop and National Seminar*, (hal. 8 - 12). Bandung.

- Faizal, M., & Umam, S. (2018). ANALISIS KEKUATAN DAN KUALITAS SAMBUNGAN LAS DENGAN VARIASI PENDINGINAN OLI DAN UDARA PADA MATERIAL ASTM A36 DENGAN PENGUJIAN NDT (NON DESTRUCTIVE TEST). *BINA TEKNIKA, Volume 14 Nomor 2*, 131
- Figgins (2006). Materials for High Temperature Engineering Applications
- Fitriani, N., & Annisa. (2017). Abstract. *INSPEKSI CACAT PADA SAMBUNGAN LAS PELAT BAJA KARBON RENDAH MENGGUNAKAN MAGNETIC INDUCTION TOMOGRAPHY DENGAN SENSOR PLANAR 2 CHANNELS*
- Irwansyah. (2019). DETEKSI CACAT PADA MATERIAL DENGAN TEKNIK PENGUJIAN TIDAK MERUSAK. *LENSA – VOLUME 2 No. 48, September 2019*, 8-9.
- Jakarta Selatan: KEMENTERIAN KETENAGAKERJAAN R.I.
- Kedarnath, G. (2017). Fatigue Surface crack detection by using fluorescent dye penetrant test technique on Welded engineering service components. *International Reserch Journal of Engineering and Technologi (IRJET)*.
- Singh, V., & Ghosh, A. (2023). "Review on optical properties of non-fluorescent materials for light-based applications." *Journal of Materials Science*, 58(7), 1214-1230. <https://doi.org/10.1007/s10853-023-07412-w>.
- Wahyuni, H. (2015). *Pengukuran Tegangan Permukaan Larutan Detergen Menggunakan Apitan Kaca Dengan Bantuan Analisa Foto*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.