

**ANALISA PENGARUH KUALITAS PENGELASAN DRUM BOILER
MENGUNAKAN ELEKTRODA EM12K TERHADAP
MATERIAL KARBON STEEL**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Tjut Nyak Dhien**

Oleh :

**PUTRA PRATAMA
NIM : 2429136008**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TJUT NYAK DHEN
MEDAN
2025**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Judul Skripsi

“ANALISA PENGARUH KUALITAS PENGELASAN DRUM BOILER MENGUNAKAN ELEKTRODA EM12K TERHADAP MATERIAL KARBON STEEL”

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Tjut Nyak Dhien adalah benar merupakan hasil karya penulis sendiri.

Adapun pengutipan-pengutipan yang penulis lakukan pada bagian-bagian tertentu dari hasil karya orang lain dalam penulisan skripsi ini, telah penulis cantumkan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Apabila dikemudian hari ternyata ditemukan seluruh atau sebagian skripsi ini bukan hasil karya penulis sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, penulis bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang penulis sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Medan, 17 September 2025

Penulis



Putra Pratama

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISA PENGARUH KUALITAS PENGELASAN DRUM BOILER
MENGUNAKAN ELEKTRODA EM12K TERHADAP
MATERIAL KARBON STEEL**

Oleh:

PUTRA PRATAMA
NIM : 2429136008

Pembimbing I



Suardi, S.T., M.M., M.T
NIDN: 1315077701

Pembimbing II



Hendra Susilo, S.T., M.T.
NIDN: 0109078902

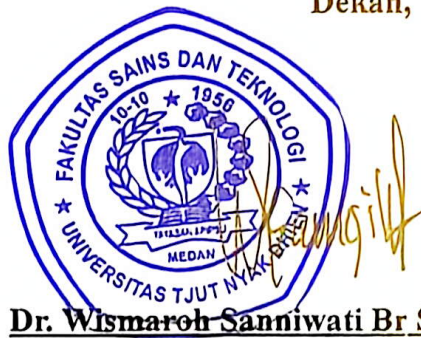
Diketahui,

Kaprodi Teknik Mesin



Suardi, S.T., M.M., M.T
NIDN: 1315077701

Dekan,



Dr. Wismaroh Sanniwati Br Saragih, S.P., M.Si
NIDN: 0120117501

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TJUT NYAK DHIE
MEDAN
2025**

ABSTRAK

PUTRA PRATAMA. 2429136008. Analisa Pengaruh Kualitas Pengelasan Drum Boiler Menggunakan Elektroda EM12K Terhadap Material Karbon Steel

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kualitas pengelasan drum boiler menggunakan elektroda EM12K terhadap material karbon steel tipe MS 626347 (Outer Shell). Evaluasi dilakukan melalui serangkaian pengujian mekanik (destructive test) meliputi uji tarik, uji tekuk, uji impak, uji kekerasan, dan pengujian makro, dengan acuan standar BS 1501 161 430B dan BS 2790. Hasil uji tarik menunjukkan kekuatan tarik maksimum all weld tensile sebesar 590,92 N/mm² dan transverse tensile sebesar 480,95 N/mm², keduanya melebihi persyaratan minimal standar (430–550 N/mm²). Patah terjadi pada logam induk, menandakan sambungan memiliki kekuatan lebih tinggi dari material dasar. Uji tekuk pada sisi face maupun root memperoleh hasil “Satisfactory” tanpa retakan, menunjukkan keuletan sambungan yang baik. Pada uji impak metode Charpy V-notch di suhu 28 °C, energi serap rata-rata tercatat 131,67 Joule, menandakan ketangguhan sambungan dalam menerima beban kejut. Pengujian kekerasan menunjukkan nilai tertinggi pada logam las (220,58 HV), diikuti HAZ (175,23–202,42 HV), dan terendah pada logam induk (150,72–154,43 HV). Distribusi nilai yang bertahap menunjukkan transisi yang halus dan mengurangi potensi retak. Hasil pengamatan makro dengan perbesaran 10× memperlihatkan fusi penuh antara logam las dan logam induk, HAZ yang seragam, serta tidak ditemukan cacat makro signifikan. Secara keseluruhan, sambungan las dengan elektroda EM12K pada drum boiler menunjukkan kualitas mekanik dan visual yang baik, memenuhi standar penerimaan, serta layak digunakan pada aplikasi struktural yang memerlukan kekuatan dan ketahanan tinggi.

Kata kunci : Pengelasan, EM12K, Drum Boiler, Karbon Steel, Uji Mekanik.

ABSTRACT

PUTRA PRATAMA. 2429136008. *Analysis Of The Influence Of Welding Quality Of Boiler Drum Using Em12k Electrodes On Carbon Steel*

This study aims to analyze the effect of welding quality on a boiler drum using EM12K electrodes on carbon steel type MS 626347 (Outer Shell). The evaluation was carried out through a series of destructive tests, including tensile testing, bend testing, impact testing, hardness testing, and macro examination, referring to BS 1501 161 430B and BS 2790 standards. The tensile test results showed a maximum all weld tensile strength of 590.92 N/mm² and a transverse tensile strength of 480.95 N/mm², both exceeding the minimum standard requirements (430–550 N/mm²). Fracture occurred in the base metal, indicating that the weld joint possessed greater strength than the parent material. Bend tests on both the face and root sides achieved "Satisfactory" results without cracks, demonstrating high ductility of the joint. The Charpy V-notch impact test at 28 °C recorded an average absorbed energy of 131.67 Joules, indicating the joint's toughness in withstanding sudden loads. The hardness test results showed the highest value in the weld metal (220.58 HV), followed by the HAZ (175.23–202.42 HV), and the lowest in the base metal (150.72–154.43 HV). The gradual hardness distribution indicated a smooth transition, reducing the potential for cracking. Macro examination at 10× magnification revealed full fusion between the weld metal and the base metal, a uniform HAZ, and no significant macro defects. Overall, the EM12K electrode welding on the boiler drum produced mechanical and visual quality that met acceptance standards, making it suitable for structural applications requiring high strength and durability.

Keywords: *Welding, EM12K, Boiler Drum, Carbon Steel, Mechanical Testing.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat, taufiq dan hidayahnya. Serta masih dapat diberikan kesehatan, kekuatan, kelapangan waktu untuk belajar pengetahuan dan kesempatan untuk dapat menyiapkan Skripsi ini dengan baik dan tepat waktu.

Shalawat berangkaikan salam senantiasa diucapkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, yang selalu mencurahkan kasih dan sayangnya yang senantiasa dinanti- nantikan syafa'atnya di yaumul akhir kiamat. Amin ya Robbal Alamin.

Sehingga penulis berhasil selesai menulis skripsi ini dengan baik dan lancar dengan judul **“ANALISA PENGARUH KUALITAS PENGELASAN DRUM BOILER MENGGUNAKAN ELEKTRODA EM12K TERHADAP MATERIAL KARBON STEEL”**. Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mencapai gelar Sarjana Program Studi Teknik Mesin pada Fakultas Sains dan Teknologi, di Universitas Tjut Nyak Dhien Medan.

Penyusunan Skripsi ini tidak mungkin selesai tanpa adanya bantuan, serta kerja sama dan dorongan dari pihak lain secara langsung maupun secara tidak langsung. Sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih yang tak akan bisa dihitung jumlahnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mewujudkan Skripsi ini.

Dalam kerendahan hati ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. apt. Eva Sartika Dasopang, M.Si selaku Rektor Universitas Tjut Nyak Dhien Medan.

2. Ibu Dr. Wasmiroh Sanniwati Br Saragih, S.P. M.Si.. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Tjut Nyak Dhien Medan.
3. Bapak Syafriwel, S.T., M.T., IPP. Selaku Wakil Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UTND
4. Bapak Suardi, S.T., M.M.,M.T Selaku kaprodi Teknik Mesin dan juga sebagai pembimbing I yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan Skripsi.
5. Bapak Hendra Susilo, S.T., M.T., Selaku Pembimbing II, yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan Skripsi.
6. Bapak dan Ibu Dosen yang selalu memberikan wawasan serta pengalaman yang diajarkan selama ini di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Tjut Nyak Dhien Medan.
7. Orang tua penulis yang selalu memberikan doa dan dukungannya secara langsung maupun tidak langsung.
8. Sahabat-sahabat mahasiswa di Universitas Tjut Nyak Dhien yang berjuang bersama untuk meraih masa depan yang lebih baik lagi.

Dari pada itu penulis menyadari kelemahan dan kekurangan dalam penulisan yang jauh dari kata sempurna ini. Oleh karena itu penulis menerima segala kritik dan saran yang memiliki sifat membangun dari para pembaca, untuk menaikkan kualitas skripsi ini. Semoga dapat bermanfaat bagi berbagai pihak dan pada penulis itu sendiri khususnya.

Medan, 17 September 2025

.
.
.

PUTRA PRATAMA
NIM: 2429136008

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I — PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II — TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Pengelasan (Welding)	8
2.1.1 Prinsip Dasar Pengelasan <i>Submerged Arc Welding</i> (SAW)	11
2.1.2 Jenis Elektroda SAW	12
2.2 Pengujian Destruktif / Uji rusak	15
2.2.1 Uji Tarik (Tensile Test)	16
2.2.2 Uji Tekuk (Bend Test)	18
2.2.3 Uji Impak (Impact Test)	20

2.2.4	Uji Kekerasan (Hardness)	22
2.2.5	Uji Metalography	22
2.3	Material Baja Karbon	23
2.3.1	Klasifikasi Material Pelat Baja BS 1501 161 430B	26
2.4	Boiler	27
2.5	Standar dan Metode Pengujian Kualitas Las	28
2.5.1	Pengujian Merusak Untuk Pabrikasi Boiler	29
2.5.2	Uji Tarik Pada Area Lasan (All Weld Tensile)	29
2.5.3	Uji Tekuk Melintang (Transverse Bend)	30
2.5.4	Uji Tekuk Samping (Side Bend)	31
2.5.5	Pemeriksaan makro (Macro Test)	31
2.5.6	Uji Impak	32
2.5.7	Pengujian Ulang	33
BAB III — METODOLOGI PENELITIAN		35
3.1.	Objek dan Lokasi Penelitian	35
3.2.	Waktu Penelitian.....	35
3.3.	Diagram Alir	36
3.4.	Tahapan Penelitian	38
3.4.1	Prosedur Proses Pengelasan	38
3.4.2	Pelat Uji (Test Plate)	39
3.5.	Prosedur Uji Kualitas Lasan	40
3.5.1	Persiapan Material Uji	41
3.5.2	Pengelasan SAW pada Drum Boiler	42
3.5.3	Pengujian Tarik / Tensile	43

3.5.4	Pengujian Bending	43
3.5.5	Pengujian Impact	44
3.5.6	Hardness Test	45
3.5.7	Macro Test	46
3.6.	Teknik Pengumpulan Data	47
3.7.	Analisa Data	48
BAB IV — HASIL DAN PEMBAHASAN		49
4.1.	Prosedur Pengelasan Shell Drum Boiler	49
4.2.	Hasil Pengelasan dan Persiapan Spesimen Pengujian	51
4.2.1	Hasil Pengujian Tensile Test	54
4.2.2	Hasil Pengujian Bend Test	55
4.2.3	Hasil Pengujian Impact Test (Charpy/V-Notch)	57
4.2.4	Hasil Pengujian Hardness Test	58
4.2.5	Hasil Pengujian Macro Testing	59
BAB V — PENUTUP.....		62
5.1.	Kesimpulan	62
5.2.	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		64
LAMPIRAN 1 LAPORAN HASIL PENGUJIAN BAHAN.....		65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Pengelasan SAW.....	12
Gambar 2. 2 Spesimen Uji Tarik.....	17
Gambar 2. 3 Grafik Tegangan dan Regangan	18
Gambar 2. 4 Skema Pengujian Tekuk Face Bend pada Longitudinal Bending.20	
Gambar 2. 5 Skema Pengujian Tekuk Root Bend pada Longitudinal Bending 20	
Gambar 2. 6 Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C (Krauss, 2015).....	24
Gambar 2. 7 Ilustrasi Steam Boiler	28
Gambar 2. 8 Spesimen Uji Tekuk Melintang.....	30
Gambar 2. 9 Spesimen Uji Tekuk Sisi	31
Gambar 2. 10 Spesimen Uji Impak	33
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	37
Gambar 3. 2 Pelat Uji (Test plate).....	40
Gambar 3. 3 Mesin Pemotong Api.....	41
Gambar 3. 4 Mesin Las SAW	42
Gambar 3. 5 Proses Pengelasan Drum Boiler.....	42
Gambar 4. 1 Penunjukkan Persiapan Penyambungan pada Pelat Uji.....	50
Gambar 4. 2 a) Arus dan Tegangan dan b) Proses Pengelasan SAW.....	52
Gambar 4. 3 Menunjukkan Hasil Pengelasan pada Pelat Uji Setelah Proses Pembersihan Permukaan	52
Gambar 4. 4 Memperlihatkan Spesimen Uji ang Telah dipersiapkan.....	53
Gambar 4. 5 Hasil Spesimen Uji Material Outer Shell.....	53
Gambar 4. 6. Posisi Pengambilan Titik Uji Hardness Test	58
Gambar 4. 7. Hasil Pengujian Macro Testing	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Elektroda SAW	13
Tabel 2. 2 Komposisi Kimia Material BS 1501 161 430B	26
Tabel 2. 3 Mekanikal Properties Material BS 1501 161 430B	26
Tabel 2. 4 Jumlah Uji Specimen untuk Prosedur Pengelasan dan Pabrikasi Kontrol	29
Tabel 2. 5 Kebutuhan Uji Tekuk	30
Tabel 2. 3 Level Penerimaan Visual.....	32
Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	36
Tabel 4. 1. Hasil Pengujian <i>Tensil Test</i>	54
Tabel 4. 2. Hasil Pengujian <i>Bend Test</i>	56
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian <i>Charpy Impact Test</i>	57
Tabel 4. 4. Hasil Pengujian <i>Hardness Test</i>	59