

## Inspeksi Teknis Boiler: Analisis Kelayakan Operasional Berdasarkan Pengujian Non-Destruktif

Muhammad Alief Anderson<sup>1)</sup>, Nurul Laili Arifin<sup>2\*)</sup>, Ninda Hardina Batubara<sup>3)</sup>, Roza Puspita<sup>4)</sup>, Nurul Ulfah<sup>5)</sup>, Ari Wibowo<sup>6)</sup>, Nugroho Pratomo Arianto<sup>7)</sup>, Muhammad Ismail<sup>8)</sup>, Yosef Adicita<sup>9)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

<sup>3)</sup>Teknologi Rekayasa Metalurgi, Politeknik Negeri Batam

<sup>5)</sup>Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan, Politeknik Negeri Batam

<sup>2,4,6,7,8,9)</sup>Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi, Politeknik Negeri Batam

[aliefanderson798@gmail.com](mailto:aliefanderson798@gmail.com)<sup>1)</sup>, [laili@polibatam.ac.id](mailto:laili@polibatam.ac.id)<sup>2\*)</sup>, [ninda@polibatam.ac.id](mailto:ninda@polibatam.ac.id)<sup>3)</sup>, [roza@polibatam.ac.id](mailto:roza@polibatam.ac.id)<sup>4)</sup>, [nurululfah@polibatam.ac.id](mailto:nurululfah@polibatam.ac.id)<sup>5)</sup>, [ariwibowo@polibatam.ac.id](mailto:ariwibowo@polibatam.ac.id)<sup>6)</sup>, [nugroho@polibatam.ac.id](mailto:nugroho@polibatam.ac.id)<sup>7)</sup>, [ismail@polibatam.ac.id](mailto:ismail@polibatam.ac.id)<sup>8)</sup>, [yosef.adicita@polibatam.ac.id](mailto:yosef.adicita@polibatam.ac.id)<sup>9)</sup>

---

### Abstrak

Riksa uji merupakan proses pemeriksaan dan pengujian teknis terhadap pesawat uap yang bertujuan untuk menilai kelayakan operasional, mendeteksi potensi kerusakan, serta memastikan bahwa peralatan tersebut telah memenuhi standar keselamatan kerja yang berlaku. Penelitian ini dilaksanakan pada unit boiler. Tujuan dari pelaksanaan riksa uji ini adalah untuk memastikan bahwa kondisi teknis boiler tetap sesuai dengan standar dengan standar operasi yang aman. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pemeriksaan dokumen, inspeksi visual, pengukuran dimensi, serta serangkaian pengujian seperti magnetic particle inspection (MPI), hydro test, steam test, dan pemeriksaan sistem keselamatan kelistrikan. Hasil evaluasi boiler memiliki tekanan desain 16 bar, tekanan kerja 15 bar, dan kapasitas 1600kg/h (32.600 liter). Pemeriksaan MPI tidak ditemukannya kerusakan fisik atau gangguan pada komponen maupun perangkat keselamatan. Sedangkan hydro test dilakukan dengan tekanan maksimum yaitu diangka 18 bar dan ditahan selama 30 menit dan tidak ditemukannya kebocoran pada boiler dan juga kegagalan struktur. Steam test memperlihatkan bahwa kedua safety valve membuka dan menutup pada tekanan yang masih dibawah batas seting 17 bar. Hasil pengujian safety electric menunjukkan bahwa sistem proteksi bekerja dengan baik dan tidak ditemukan sistem yang tidak berfungsi. Berdasarkan semua tahapan pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa boiler pipa api ini layak untuk terus dioperasikan secara aman.

**Kata Kunci :** *Boiler, Riksa Uji, Cacat, Keselamatan kerja*

### Abstract

*Riksa uji is a technical inspection process performed on steam equipment to assess operational feasibility, detect potential damage, and ensure compliance with occupational safety standards. This study focuses on a fire-tube boiler unit operated by an industrial company. The objective is to confirm that the boiler remains in a safe operational condition. Methods used include document review, visual inspection, dimensional measurements, and several tests such as Magnetic Particle Inspection (MPI), hydro test, steam test, and evaluation of the electrical safety system. The boiler was found to have a design pressure of 16 bar, working pressure of 15 bar, and a capacity of 1600 kg/h (32,600 liters). MPI results showed no physical defects or issues in safety components. The hydro test, performed at 18 bar for 30 minutes, revealed no leaks or structural failure. Steam testing confirmed that both safety valves operated below the set pressure of 17 bar. Electrical safety tests indicated that all protection systems functioned properly. Based on the results of all inspection stages, the boiler meets technical requirements and is declared safe for continued use. This study emphasizes the importance of regular*

*inspections to maintain equipment reliability and ensure workplace safety.*

**Keywords:** *Boiler, Technical Inspection, Defect, Occupational Safety*

---

## 1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri modern, keberlangsungan proses produksi tidak hanya ditentukan oleh efisiensi dan produktivitas, tetapi juga oleh penerapan standar keselamatan kerja yang ketat [1]. Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan aspek fundamental dalam setiap kegiatan industri, khususnya dalam pengoperasian pesawat uap seperti boiler. Boiler adalah peralatan yang berfungsi memanaskan air hingga menjadi uap, dan banyak digunakan di berbagai sektor industri. Salah satu jenis yang umum digunakan adalah *fire tube boiler* (boiler pipa api) karena konstruksinya sederhana serta efisien [2].

Riksa uji terhadap boiler wajib dilakukan secara berkala sesuai dengan Peraturan Uap Tahun 1930, yang menjadi dasar hukum keselamatan pesawat uap di Indonesia [3]. Hal ini penting karena karakteristik kerja boiler melibatkan tekanan dan temperatur tinggi, sehingga berpotensi menimbulkan bahaya signifikan apabila tidak dikelola dengan baik. Kegagalan struktur atau kerusakan komponen dapat menyebabkan kecelakaan serius, seperti kebocoran, ledakan, kerugian material, bahkan mengancam keselamatan jiwa tenaga kerja. Oleh sebab itu, inspeksi dan pengujian boiler bukan hanya merupakan kebutuhan teknis, tetapi juga kewajiban hukum yang ditetapkan pemerintah [4].

Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja RI Nomor Per.01/MEN/1982 tentang Bejana Tekanan, setiap pesawat uap wajib melalui pemeriksaan dan pengujian berkala untuk memastikan kelayakan operasional serta keselamatan kerja [5]. Pemeriksaan tersebut mencakup aspek fisik, konstruksi, sistem pengaman, hingga uji kelayakan operasional. Sejalan dengan regulasi nasional, standar internasional seperti *ASME Boiler and Pressure Vessel Code* juga menetapkan ketentuan inspeksi dan pengujian sebagai persyaratan keselamatan [6]. Dengan demikian, pelaksanaan riksa uji

memiliki landasan hukum sekaligus standar teknis yang kuat, sehingga menjadi instrumen penting dalam pencegahan kecelakaan kerja [7].

Proses riksa uji meliputi pemeriksaan dokumen (Pasal 5), pemeriksaan visual (Pasal 9, 12, 13, dan 15), pengukuran dimensi (Pasal 10 ayat 1–3), serta pengujian *magnetic particle inspection* (mengacu pada ASME BPVC Section V Article 7), *hydro test* (Pasal 44 ayat 1), dan *steam test* (Pasal 28 ayat 1) [8]. Selain itu, pengujian sistem kelistrikan juga dilakukan untuk memastikan fungsi proteksi bekerja dengan baik. Semua tahapan ini bertujuan menjamin bahwa boiler pipa api masih layak beroperasi sesuai prinsip K3 [9].

Secara umum, riksa uji merupakan rangkaian kegiatan pemeriksaan teknis yang meliputi evaluasi dokumen, inspeksi visual, pengukuran dimensi, serta pengujian menggunakan metode *non-destructive test* maupun *destructive test*, antara lain *magnetic particle inspection (MPI)*, *hydro test*, *steam test*, dan pemeriksaan sistem keselamatan kelistrikan [10]. Melalui kegiatan ini, kondisi teknis boiler dapat dipantau secara menyeluruh, potensi kerusakan dapat terdeteksi sejak dini, serta fungsi perangkat keselamatan dapat dipastikan sesuai standar yang berlaku [11].

Permasalahan utama yang dikaji dalam penelitian ini adalah kondisi teknis boiler berdasarkan hasil riksa uji serta kesesuaiannya dengan standar kelayakan operasional sesuai regulasi dan standar keselamatan kerja [12]. Tujuan penelitian adalah memperoleh gambaran menyeluruh mengenai kondisi teknis boiler melalui serangkaian pemeriksaan dan pengujian, sekaligus memastikan kesesuaiannya dengan standar yang berlaku. Agar pembahasan penelitian lebih terarah, ruang lingkup penelitian dibatasi pada satu unit *fire tube boiler* dengan kapasitas 1600 kg/jam. Jenis pengujian yang dilakukan mencakup pemeriksaan dokumen, inspeksi visual, pengukuran dimensi, MPI, *hydro test*, *steam*

test, serta uji sistem keselamatan kelistrikan. Aspek lain seperti efisiensi energi, perawatan rutin, dan analisis biaya tidak dibahas lebih lanjut dalam penelitian ini. Pemeriksaan dokumen merupakan tahap awal dalam pengumpulan data teknis alat yang akan diuji, termasuk laporan atau data hasil riksa uji tahun sebelumnya sesuai Peraturan Uap Tahun 1930. Meskipun peraturan tersebut tidak secara eksplisit menyebutkan pemeriksaan dokumen, praktik ini menjadi prosedur wajib sebelum riksa uji lebih lanjut, sebagaimana ditegaskan dalam Undang-Undang Uap Tahun 1930 Pasal 5.

## 2. METODE PENELITIAN

Gambar 1 merupakan urutan proses yang digunakan sebagai metodologi pada studi ini. Langkah kerja pada proses riksa uji tersebut harus dilakukan secara keseluruhan dan berurutan. Berdasarkan Peraturan Uap Tahun 1930,[3], merujuk pada Gambar 1 mengenai diagram alir metode penelitian yang dilakukan pada studi ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

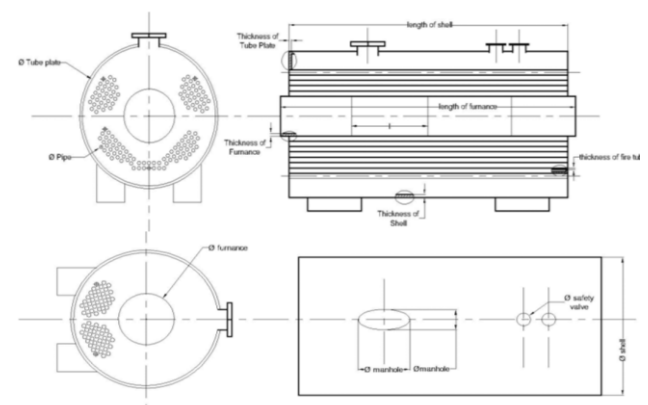
### 2.1. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan di PT. XYZ yang berlokasi di Batam, pada unit *fire-tube boiler* (boiler pipa api) dengan tahun pembuatan

2014, tekanan kerja 15 bar, dan kapasitas 1600 kg/h (32.600 liter), sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1 dan Gambar 2. Observasi difokuskan pada pemeriksaan serta pengujian teknis (riksa uji) untuk memastikan kelayakan operasional sesuai *Peraturan Uap Tahun 1930* [3]. Tahapan observasi meliputi:

1. Pemeriksaan dokumen,
2. Pemeriksaan visual kondisi fisik boiler,
3. Pengukuran dimensi dan kekerasan material menggunakan *ultrasonic*,
4. Pengujian non-destruktif (MPI, hydro test, steam test untuk *safety valve*, dan pengujian sistem *safety electric*.). Seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.

Seluruh tahapan dilaksanakan sesuai standar inspeksi keselamatan kerja.



Gambar 2. Sketsa Boiler Pipa Api

Tabel 1. Data umum Boiler Pipa Api yang akan diuji

No	Data Umum	Keterangan
1	Nama perusahaan	PT. XYZ
2	Lokasi	Batam
3	Jenis boiler	Boiler Pipa Api
4	Nomor seri	00998767876
5	Tahun pembuatan	2014
6	Tekanan desain	16 bar
7	Tekanan kerja	15 bar
8	Kapasitas/volume	1600 Kg/h / 32.600 Liter
9	Merek	<i>Xin Pinjing</i>

Tabel 2. Komponen Pengujian Boiler

No.	Komponen	Pengujian
1	<i>Shell</i>	<i>Thickness, Hardness, NDT</i>

2	<i>Furnace</i>	<i>Thickness, Hardness, NDT</i>
3	<i>Fire Tube</i>	<i>Thickness, Hardness, NDT</i>
4	<i>Tube Plate</i>	<i>Thickness, Hardness</i>
5	Ruang Pembalik	<i>Thickness, Hardness</i>
6	<i>Safety Valve</i>	<i>Steam Test</i>

### Pemeriksaan Visual

Pemeriksaan visual bertujuan mendeteksi kerusakan atau potensi bahaya yang dapat memengaruhi kinerja dan keselamatan boiler. Metode ini dilakukan tanpa alat khusus, melainkan melalui inspeksi langsung pada kondisi fisik, perangkat keselamatan, dan sistem kontrol boiler. Sesuai *Peraturan Uap Tahun 1930* Pasal 12, 13, dan 15, pemeriksaan visual merupakan langkah mandatori sebelum dilakukan uji tekanan (*hydro test*) [3]. Jumlah unit yang dilakukan inspeksi visual, dijelaskan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pemeriksaan Visual

No.	Bagian Utama	Sub-bagian Utama / Keterangan	Kondisi	Catatan
1	Komponen Pesawat Uap	Drum, Doudier, Lorong api, Pipa, Katup, Superheater, Economizer	Baik	-
2	Kelompok Ketel Uap	Kilas/pan, Alat pembakar, Katup/Pipa tabung, Penyalur udara	Baik	-
3	Tingkat Pengaman	Cincin, Pipa, Katup pengaman, Pipa lengkung besi air	Baik	2 unit, SV 1.25 mm
4	Gelas Penduga Air	Kerangan atas, bawah, sembur	Baik	2 unit
5	Tanda Batas & Pompa	Tanda batas air terendah, Pompa pengisi	Baik	-
6	Black Fluid	Sumbat timah, Kontrol permukaan air, Tekanan uap	Baik	2 unit, 1 unit
7	Pembuang	Kerangan & bahan pembuang	Baik	1 unit
8	Akses Masuk	Lobang orang, Lobang pemeriksaan	Baik	3 unit
9	Identitas Alat	Pelat nama, Tulisan sesuai dokumen, Cap nomor, Pemasangan	Baik	1 unit

### Pengukuran Dimensi

Pengukuran dimensi bertujuan memastikan ukuran komponen boiler masih sesuai dengan spesifikasi teknis, gambar teknik, maupun sertifikat pabrik. Pemeriksaan ini penting untuk mendeteksi deformasi, penipisan pelat, atau perubahan bentuk akibat suhu tinggi dan korosi.

Berdasarkan *Peraturan Uap Tahun 1930* Pasal 10 ayat (1–3), pengukuran dimensi wajib dilakukan pada komponen utama seperti plat, sambungan, dan bagian struktural [2]. Jika hasil pengukuran masih dalam toleransi yang diatur instansi berwenang (PJK3) [7], maka boiler dinyatakan memenuhi syarat keselamatan.

### Pengujian Magnetic Particle Inspection (MPI)

Pengujian *magnetic particle inspection* (MPI) dilakukan untuk mendeteksi cacat berupa retakan yang tidak terlihat secara visual. Metode ini termasuk pengujian non-destruktif (NDT). Standar yang digunakan adalah ASME BPVC Section V Article 7 [8].

### Pengujian Hydro Test

*Hydro test* merupakan pengujian wajib dalam riksa uji dengan cara mengisi boiler menggunakan air, kemudian diberi tekanan melebihi tekanan kerja maksimum (*MAWP – Maximum Allowable Working Pressure*) untuk mendeteksi kebocoran atau deformasi. Menurut *Peraturan Uap Tahun 1930* Pasal 44 ayat 1, tekanan uji ditetapkan sebesar +3 kg/cm<sup>2</sup> dari MAWP untuk pengujian berkala [2].

### 2.2. Pengujian Steam Test

*Steam test* bertujuan menguji kinerja boiler dalam kondisi operasi menghasilkan uap. Uap dinaikkan hingga tekanan kerja maksimum untuk memastikan *safety valve* berfungsi pada tekanan yang sesuai, serta mengamati getaran, kebocoran, atau gangguan lain. Tahap ini juga diatur dalam *Peraturan Uap Tahun 1930* [2].

### Pengujian Safety Electric

Pengujian *safety electric* dilakukan untuk memastikan sistem proteksi otomatis (kelistrikan dan elektronik) berfungsi dengan baik dalam mencegah kondisi berbahaya, seperti tekanan uap berlebih, suhu tinggi, *low water level*, atau kegagalan *burner*.

### Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam

penelitian ini terdiri dari:

- **Alat pelindung diri (APD):** helm, sepatu safety, kacamata *safety*, *hand gloves*, *wearpack*, *earplug*.
- **Alat kerja:** jangka sorong, meteran, termometer, *yoke permanent*, *chemical magnetic test*, *paint remover*, kuas, *brush*, *ultrasonic thickness gauge*, *ultrasonic hardness tester*.

**Instrumen pendukung:** checklist pemeriksaan pesawat uap, *Peraturan Uap Tahun 1930*, dan standar ASME BPVC

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan penyusunan data yang akan digunakan maka proses inspeksi akan diterapkan dilapangan sesuai prosedur yang berlaku. Sehingga akan didapatkan hasil yang maksimal dan sesuai standar. Berikut adalah pembahasan analisa data yang didapat dalam proses riksa uji boiler pipa api.

#### Pemeriksaan Visual

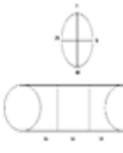
Pada pemeriksaan visual ini merupakan langkah awal setelah pemeriksaan dokumen telah dilewati. Bagian-bagian yang dilakukan pemeriksaan visual pada boiler pipa api ini merupakan bagian yang harus diperhatikan pada boiler untuk tetap dalam kondisi yang layak. Berdasarkan Tabel 3. Pemeriksaan visual diatas sudah memenuhi syarat atau standar yang berlaku dengan tidak adanya kondisi buruk yang terjadi saat inspeksi berlangsung, dan juga untuk alat-alat pengaman yang udah dituliskan pada peraturan uap tahun 1930 pasal 12, 13,15 sudah memenuhi syarat dan tidak adanya kondisi buruk yang terjadi.

#### Pengukuran Dimensi

Pengukuran ini dilakukan untuk mengukur dimensi dari kontruksi boiler pipa api yang akan di inspeksi, tujuan adanya pengukuran dimensi ini yaitu untuk mendeteksi adanya deformasi, penipisan pelat, atau berubah bentuk akibat tekanan yang berlebih, serta suhu yang tinggi dan korosi. Adapun pengukuran pada bagian-bagian boiler meliputi *shell*, *tube plate*, *furnance*, *fire tube*, dan ruang pembalik. Proses pengukuran dimensi juga untuk

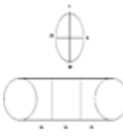
menghitung ketebalan serta kekerasan material menggunakan alat *ultrasonic thickness* dan *ultrasonic hardness* yang sudah dikalibrasi sebelumnya. Hasil pengukuran *shell thickness* pada empat posisi ditunjukkan pada Tabel 4. Pengukuran ketebalan *shell 1*, *shell 2*, dan *shell 3* menunjukkan hasil yaitu posisi 0° (20,53 mm; 20,31 mm; 20,07 mm), poisis 90° (20,56 mm; 20,30 mm; 20,50 mm), posisi 180° (20,57 mm; 20,33 mm; 20,35 mm), dan posisi 270° (20,57 mm; 20,32 mm; 20,14 mm).

Tabel 4. Pengukuran Ketebalan pada *Shell*

Sketsa	No	Posisi	Spesifikasi				
			Ketebalan (mm)				
			0°	90°	180°	270°	Min.
	1	<i>Specific ation Shell 1</i>	-	-	-	-	-
		<i>Actual Shell 1</i>	20,53	20,56	20,27	20,57	20,27
	2	<i>Specific ation Shell 2</i>	-	-	-	-	-
		<i>Actual Shell 2</i>	20,31	20,3	20,33	20,32	20,3
	3	<i>Specific ation Shell 3</i>	-	-	-	-	-
		<i>Actual Shell 3</i>	20,07	20,4	20,35	20,14	20,0

Tabel 5 menunjukkan hasil pengukuran ketebalan pada *furnace shell 1*, *furnace shell 2*, dan *furnace shell 3* dan mendapatkan hasil yaitu posisi 0° (22,46 mm; 22,06 mm; 22,84 mm), posisi 90° (22,46 mm; 22,21 mm; 22,84 mm), posisi 180° (22,16 mm; 22,38 mm; 22,58 mm), dan posisi 270° (22,23 mm; 22,57 mm; 22,61 mm).

Tabel 5. Pengukuran Ketebalan pada *Furnace*

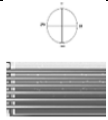

Sketsa	No	Posisi	Spesifikasi				
			Ketebalan (mm)				
			0°	90°	180°	270°	Min.
	1	<i>Specifica tion Furnace Shell 1</i>	-	-	-	-	-
		<i>Actual Furnace Shell 1</i>	22,46	22,42	22,16	22,23	22,16
	2	<i>Specifica tion Furnace Shell 2</i>	-	-	-	-	-
		<i>Actual Furnace Shell 2</i>	22,06	22,21	22,38	22,57	22,06
	3	<i>Specifica tion Furnace Shell 3</i>	-	-	-	-	-
		<i>Actual Furnace Shell 3</i>	22,84	22,84	22,58	22,61	22,61

tion				
Furnace				
Shell 3				
Actual				
Furnace	22,84	22,62	22,58	22,61 22,58
Shell 3				

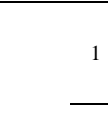
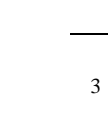
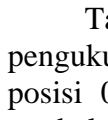
Pengukuran ketebalan *tube plate* pada *tube plate 1* dan *tube plate 2* ditunjukkan pada Tabel 6 sebagai berikut: posisi 0° (25,36 mm; 22,6 mm), posisi 90° (25,16 mm; 22,38 mm), posisi 180° (25,65 mm; 22,72 mm), dan posisi 270° (25,32 mm; 22,81 mm).

Ketebalan *fire tube* ditunjukkan pada Tabel 7 dengan hasil sebagai berikut posisi 0° (3,20 mm; 3,43 mm; 3,43 mm), posisi 90° (3,56 mm; 3,30 mm; 3,56 mm), posisi 180° (3,59 mm; 3,42 mm; 3,68 mm), posisi 270° (3,48 mm; 3,52 mm; 3,61 mm).

Tabel 6. Pengukuran Ketebalan pada *Tube Plate*

Sketsa	No	Posisi	Ketebalan (mm)				
			0°	90°	180°	270°	Min.
	1	Specification Tube Plate 1	-	-	-	-	-
		Actual Tube Plate 1	25,36	22,6	25,65	25,32	22,58
	2	Specification Tube Plate 2	-	-	-	-	-
		Actual Tube Plate 2	22,6	22,38	22,72	22,81	22,38

Tabel 7. Pengukuran Ketebalan pada *Fire Tube*

Sketsa	No	Posisi	Spesifikasi Ketebalan (mm)				
			0°	90°	180°	270°	Min.
	1	Specification Fire Tube 1	-	-	-	-	-
		Actual Fire Tube 1	3,20	3,56	3,59	3,48	3,20
	2	Specification Fire Tube 2	-	-	-	-	-
		Actual Fire Tube 2	3,43	3,30	3,42	3,52	3,30
	3	Specification Fire Tube 3	-	-	-	-	-
		Actual Fire Tube 3	3,43	3,56	3,68	3,61	3,43

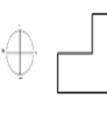
Tabel 8 menunjukkan hasil pengukuran plat ruang pembalik pada posisi 0° setebal 21,47 mm; posisi 90° setebal 21,53 mm, posisi 180° 21,63 mm, dan posisi 270° setebal 21,82 mm.

Selain ketebalan plat, hardness pada bagian *shell*, *tube plate*, *furnace*, dan *fire tube*. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 9.




Tabel 9 pengukuran dimensi hardness sudah dilakukan pada shell, tube plate, furnace, fire tube dan mendapatkan hasil yaitu 0° (155, 122, 169, 110), 90° (156, 29, 134, 112), 180° (143, 132, 160, 121), 270° (148, 126, 138, 114).

Berdasarkan Tabel 4 sampai 9, pengukuran dimensi telah selesai dilakukan dan dalam proses nya tidak ada ditemukan deformasi, keausan, penipisan pelat yang berlebih, atau berubah bentuk akibat tekanan, suhu tinggi dan korosi. Dan juga pada Tabel 16 telah dicantumkan standar mengenai ketebalan pada boiler sehingga pada pengukuran dimensi telah memenuhi syarat sesuai perauran uap tahun 1930, namun pada laporannya inspektor yang bertugas tetap memberi catatan kepada perusahaan yaitu jika terjadi perbaikan, pemeliharaan, dan pengoprasian ketel uap harus selalu dalam pengawasan instansi yang berwenang dan terotorisasi sesuai peraturan dan standar yang berlaku.

Tabel 8. Pengukuran Ketebalan pada Ruang Pembalik

Sketsa	No	Posisi	Ketebalan (mm)				
			0°	90°	180°	270°	Min.
	1	Specification Ruang Pembalik 1	-	-	-	-	-
		Actual Ruang Pembalik 1	21,47	21,53	21,63	21,82	21,47

Tabel 9. Properti Hardness Material Boiler Pipa Api

Sketsa	No	Posisi	Spesifikasi Hardness (kg/mm²)				
			0°	90°	180°	270°	Min.
	1	Specification Shell	-	-	-	-	-
		Actual Shell	155	156	143	148	143
	2	Specification Tube Plate	-	-	-	-	-
		Actual Tube Plate	122	129	132	126	122
	3	Specification Furnace	-	-	-	-	-
		Actual Furnace	169	134	160	138	134
4	Specification	-	-	-	-	-	

tion Fire Tube					
Actual					
Fire Tube	110	112	121	114	110

Tabel 10. Perhitungan *Grundslagen* Standar Mengenai *Thickness* pada Boiler

No	Conclusion	Actual	Calculation	Unit	Result
1	Thickness Shell/Drum (T.1)	20,27	19,83	mm	Acc
2	Thickness Tube Plate (T.2)	22,38	16,5	mm	Acc
3	Thickness Fire Tube (T.3)	3,2	2,49	mm	Acc
4	Thickness Furnace (T.4)	22,16	21,79	mm	Acc

**Pengujian *Magnetic Particle Inspection* (MPI)**

Pada proses selanjutnya yaitu pengujian *Non-Destructive Test* (NDT) menggunakan *Magnetic Particle Inspection* (mpi) yang bertujuan untuk menemukan keretakan (*crack*) pada bagian-bagian diboiler yang akan di inspeksi.

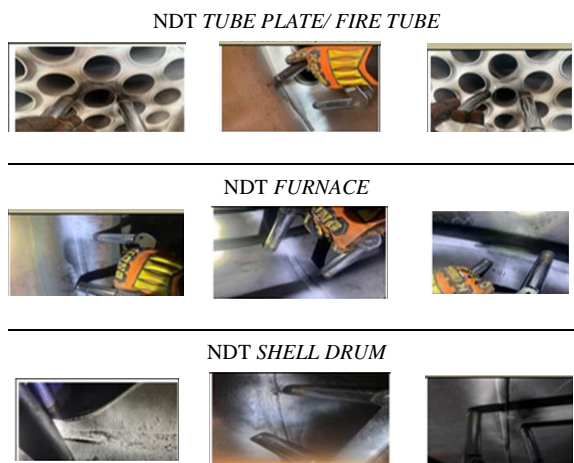
Dari proses pengujian NDT menggunakan *magnetic particle inspection* (MPI) pada area sambungan las di boiler pipa api yang sudah di inspeksi sesuai gambar di Tabel 11 dan Tabel 12, tidak ditemukannya keretakan (*crack*) pada sambungan las didalam boiler, sehingga dapat dipastikan bahwa sambungan las Dalam kondisi baik dan memenuhi syarat.

Tabel 11 . *Magnetic Test Report*

Project Name	INSPECTION CERTIFICATION FOR BOILER FIRE TUBE				
Project Time	10 : 15 WIB				
Drawing No	-				
NDT Object	Shell Drum, Furnace, Fire Tube				
NDT	V	MT	-	PT	
Methode					
Welding Type	Butt Weld				
Material Spec	Carbon Steel				
Surface Preparation / Cleaning	As welded	Machining	Grinding	V	Brushing
Examination Time	Before Hydro Tes (V)		After Hydro Test (-)		
Equipment and Material	Before Load Test (-)		After Load Test (-)		
	Yoke AC (-)		Yoke Permenen (V)		
	Chemical Type : Nabakem (MP35 & SM 15)				

Tabel 12. Hasil Pengujian NDT beserta dokumentasi

Part Name	Result	Discont Type		Defect	
	Acc	Rtd	Type	Length	
Shell Drum	V	-	-	-	-
Furnace	V	-	-	-	-
Fire Tube	V	-	-	-	-

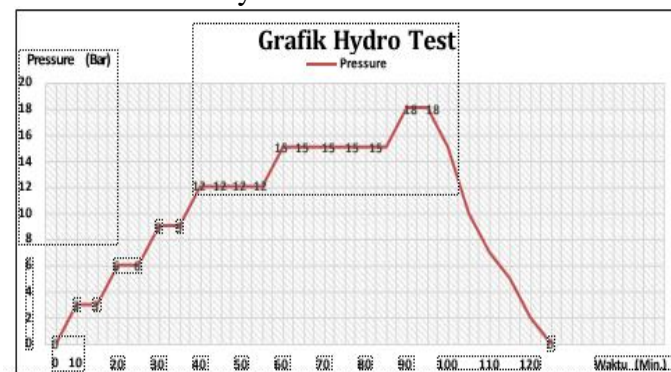


Gambar 3. Dokumentasi pemeriksaan

**Pengujian *Hydro Test***

Proses riksa uji selanjutnya adalah pengujian padat atau yang biasa disebut dengan hydro test. Proses ini adalah salah satu proses yang wajib dan penting dilaksanakan. Tujuan dilakukan hydro test ini adalah untuk memastikan bahwa boiler pipa api tersebut tidak terdapat kebocoran, deformasi, dan juga kegagalan struktur. Parameter pengujian dijelaskan sesuai dengan Tabel.13.

Tabel 13. Data Parameter Pengujian Hydrotest.



Gambar 4. Grafik pengujian hydrotest

Pada Tabel 12 dan Gambar 4, data pengujian *hydro test* tertulis tekanan desain yaitu 16 bar dan tekanan kerja pada 15 bar,

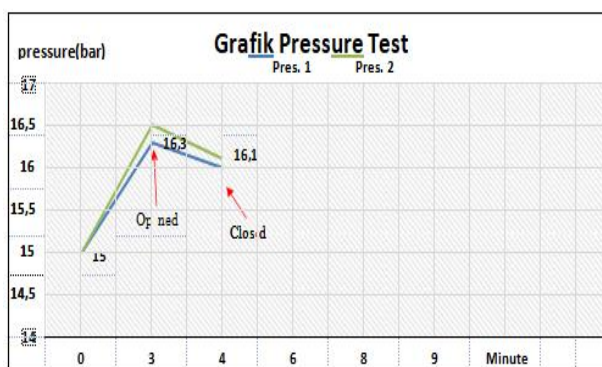
sedangkan untuk pengujian *hydro test* secara berkala tekanan uji pada boiler pipa api ditambah  $+3\text{kg/cm}^2$  atau sama dengan 3 bar sesuai dengan peraturan uap tahun 1930 pasal 44 ayat 1 [2]. Pada pengujian *hydrotest* ini juga dilakukan di angka 18 bar dan ditahan selama 30 menit, tidak ada ditemukannya kebocoran, deformasi maupun kegagalan struktur pada pengujian *hydrotest* ini. Maka bisa dikatakan dalam pengujian ini sudah memenuhi syarat dan memenuhi standar yang berlaku.

### Pengujian Steam Test

Pengujian uap atau steam test adalah pengujian lanjutan setelah semua pengujian dan pengukuran sudah dilakukan, dengan kata lain proses ini merupakan akhir dari proses riksa uji boiler pipa api yang bertujuan untuk memastikan apakah *safety valve* sudah membuka dengan tekanan yang sesuai, dan gangguan lain saat boiler menghasilkan uap.

Tabel 13. Data Pengujian Steam test

No	Data Pengujian	Simbol	Hasil PSV.1	Hasil PSV.2
1	Tekanan Kerja	WP	15 bar	15 bar
2	Tekanan Setting	Wset	17 bar	17 bar
3	Tekanan Uji (membuka)	WO	16,3 bar	16,5 bar
4	Tekanan Uji (menutup)	WC	16 bar	16,1 bar
5	Waktu <i>poping</i>	TW	1 menit	1 menit
6	Waktu penahan terbuka	TH	1 menit	1 menit



Gambar 5. Grafik pengujian tekanan

Pada Tabel 13, data pengujian menuliskan tekanan kerja di 15 bar, tekanan seting pada *safety valve* 1 dan 2 yaitu diangka 17 bar, kemudian pada Gambar 5 grafik pengujian tekanan, *safety valve* 1 membuka pada tekanan 16,3 bar dan menutup kembali pada tekanan 16 bar, berikutnya untuk *safety valve* 2 membuka pada tekanan 16,5 dan menutup kembali pada tekanan 16,1 bar.

Dari tabel dan gambar grafik diatas bisa disimpulkan bahwa *safety valve* pada pengujian *steamtest* ini masih sesuai standar karena membuka diangka kurang dari 17 bar dan tidak melebihi di angka 17 bar, pengujian *steamtest* ini juga sudah ditulis dalam peraturan uap tahun 1930 pasal 28 ayat 1[2]. Dan pada kesimpulan mengenai pengujian *steamtest* pada boiler pipa api ini sudah memenuhi syarat dan standar yang berlaku.

### Pengujian Safety Electric

Untuk pengujian safety electric ini adalah pengujian tambahan untuk melihat apakah kontrol panel di boiler pipa api ini masih berfungsi dengan baik atau tidak.

Pada Tabel 14 menunjukkan hasil dari pengujian *safety electric* masih berfungsi dengan baik dan tidak adanya komponen yang tidak berfungsi, maka kesimpulan dari pengujian *safety electric* sudah memenuhi syarat dan standar pengujian yang berlaku.

Setelah melakukan semua proses inspeksi, hasil riksa uji yang dilakukan boiler pipa api milik PT.XYZ menunjukkan bahwa alat tersebut masih dalam kondisi yang layak dan memenuhi standar teknis sesuai peraturan uap tahun 1930. Dari data umum, boiler memiliki tekanan desain 16 bar, tekanan kerja 15 bar, dan kapasitas 1600kg/h (32.600 liter). Pemeriksaan dokumen dan visual tidak ditemukannya kerusakan fisik atau gangguan pada komponen maupun perangkat keselamatan, sesuai ketentuan dalam peraturan uap pasal 9, 12,13, dan 15. Pengukuran dimensi menunjukkan bahwa seluruh komponen utama masih dalam batas toleransi dan tidak ditemukan deformasi atau penipisan pelat sesuai pasal 10 dalam peraturan uap tahun 1930. Pengujian *magnetic particle inspection* (mpi) mengacu pada standar ASME bpvc section V article 7, dan tidak ditemukannya retakan pada sambungan las. *Hydro test* dilakukan dengan tekanan maksimum yaitu diangka 18 bar dan ditahan selama 30 menit dan tidak ditemukannya kebocoran pada boiler dan juga kegagalan struktur. *Steamtest* memperlihatkan bahwa kedua *safety valve* membuka dan menutup pada tekanan yang masih dibawah batas

seting 17 bar. Terakhir, hasil pengujian *safety electric* menunjukkan bahwa sistem proteksi bekerja dengan baik dan tidak ditemukan sistem yang tidak berfungsi. Berdasarkan semua tahapan pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa boiler pipa api ini layak untuk terus dioperasikan secara aman.

Tabel 14. Pengujian *Safety Electric*

No	Komponen <i>safety electric</i>	Berfungsi		Keterangan
		Ya	Tidak	
1	<i>Low water</i>	v	-	Saat pengujian 25% boiler <i>cut off</i>
2	<i>Control point</i>	v	-	Berfungsi disaat tekanan 15,8 bar
3	<i>Pressure limiter</i>	v	-	Berfungsi disaat tekanan 16 bar
4	<i>Emergency shut off</i>	v	-	-
5	<i>Interlock system</i>	v	-	-

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pemeriksaan dan pengujian boiler pipa api milik PT. XYZ yang sudah dilakukan sesuai dengan Peraturan Uap Tahun 1930, maka bisa disimpulkan bahwa hasil pemeriksaan dokumen, pemeriksaan visual, pengukuran dimensi, pengujian *magnetic particle inspection*, pengujian *hydro test*, pengujian *steam test*, dan pengujian *safety electric* ini semuanya dinyatakan memenuhi persyaratan dari Peraturan Uap Tahun 1930 yang mengatur tentang perizinan, persyaratan teknis, dan pengawasan pesawat uap. Boiler pipa api ini sudah memenuhi syarat dengan tekanan kerja maksimum 15 bar dan tekanan desain 16 bar, namun tetap diberi saran untuk melakukan pemeriksaan dan perawatan rutin supaya tidak ada kecelakaan kerja yang terjadi setelah pemeriksaan dan pengujian ini dilakukan. Dari semua pemeriksaan dan pengujian yang sudah saya lakukan sesuai prosedur, maka dapat saya simpulkan bahwa boiler pipa api ini masih dalam kondisi baik dan layak untuk beroperasi.

#### Referensi

[1] S. Ramli, *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja OHSAS 18001*. Jakarta: Dian Rakyat, 2010.  
 [2] M. J. Moran and H. N. Shapiro, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, 7th ed. Wiley, 2014.

[3] Pemerintah Hindia Belanda, *Peraturan Uap Tahun 1930* (Staatsblad 1930 No. 341), 1930.  
 [4] A. Sugiyanto and T. Rachman, "Analisis risiko pada pengoperasian boiler di industri manufaktur," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 13, no. 2, pp. 55–62, 2018.  
 [5] Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor Per.01/MEN/1982 tentang Bejana Tekanan*. Jakarta, 1982.  
 [6] ASME, *ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC)*. New York: American Society of Mechanical Engineers, 2021.  
 [7] H. Supriyanto, "Penerapan standar inspeksi boiler untuk keselamatan kerja," *Jurnal Keselamatan Kerja dan Lingkungan*, vol. 5, no. 1, pp. 22–30, 2019.  
 [8] ASME, *BPVC Section V: Nondestructive Examination*. New York: ASME, 2021.  
 [9] B. Prakoso and R. Yulianto, "Uji kelaikan boiler pipa api berdasarkan inspeksi visual dan non-destruktif," *Jurnal Energi & Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 101–110, 2020.  
 [10] C. Hellier, *Handbook of Nondestructive Evaluation*, 2nd ed. McGraw-Hill, 2012.  
 [11] D. Heryanto and A. Siregar, "Implementasi uji hidrostatis dan uji non-destruktif pada peralatan bertekanan," *Jurnal Teknologi Industri*, vol. 14, no. 3, pp. 75–83, 2019.  
 [12] PT XYZ Engineering, *Datasheet Boiler Pipa Api*, 2022.