

EVALUASI SISA UMUR DAN *MAKSIMUM ALLOWABLE WORKING PRESSURE* PADA *LOW PRESSURE STEAM DRUM* DI PT. X

Rizki Dwi Santoso^{1*}, Ayende¹, Himawan Ganevo¹

¹Teknik Mesin Kilang, PEM Akamigas, Jl. Gajah Mada No. 38, Blora, Jawa Tengah, 58315

*E-mail : rizkids009@gmail.com

ABSTRAK

Low Pressure Steam Drum (LP Steam Drum) pada PT. X, bertugas dalam memisahkan fluida yang telah bercampur dengan memanfaatkan perbedaan densitas fluida. Disisi lain, memiliki tugas dalam menampung dan memisahkan uap dari air sebelum uap disalurkan ke turbin uap dan air disalurkan pada pipa yang akan berinteraksi dengan temperatur tinggi gas buang. Setelah beroperasi selama 10 tahun *LP Steam Drum* dirawat dengan ketat. Masa inspeksi yang diberlakukan 2 tahun sekali mendorong *LP Steam Drum* dalam kondisi dan efisiensi terbaiknya. 2024 merupakan periode *LP Steam Drum* untuk di inspeksi, dengan menggunakan metode pengukuran ketebalan untuk melihat ketebalan aktual dan laju korosi pada masa operasi. Hasil dari evaluasi menunjukkan bahwa laju korosi atau laju pengikisan bertahap pada peralatan berada di angka 0,104 mm/years pada sisi shell dan 0,082 mm/years pada sisi head, disisi lain untuk sisa umurnya berada pada angka 130 tahun. Perbandingan tebal aktual dengan tebal minimum dan perbandingan pressure operasi dengan maksimum pressure bekerja menunjukkan hasil pada kategori aman.

Kata kunci : *Steam Drum, Korosi, Remaining Life*

1. PENDAHULUAN

System Combine Cycle memanfaatkan temperatur gas buang dari turbin gas yang memiliki temperatur 500-650°C untuk memanaskan air menjadi uap kering. Hal ini merupakan inovasi dari pengembangan penyediaan energi untuk memaksimalkan pemanfaatan energi dalam menghasilkan energi. Melalui *Heat Recovery Steam Generator (HRSG)*, yang dirancang untuk menjadi wadah berinteraksinya gas buang dengan air umpan, sekaligus memastikan air umpan yang dialirkan dengan *flow* (aliran) dan tekanan yang sesuai. Hal ini merupakan faktor yang mempengaruhi perubahan air umpan menjadi uap. *Steam drum* yang berada dalam sistem HRSG memiliki tanggung jawab dalam menampung dan memisahkan uap dari air sebelum uap disalurkan ke turbin uap dan air disalurkan pada pipa yang akan berinteraksi dengan temperatur tinggi gas buang. *Steam drum* memastikan aliran pada tekanan dan kecepatan yang memadai, sehingga keandalan dan keamanan steam drum sangat mempengaruhi keseluruhan sistem.[1]

Seiring berjalannya waktu steam drum melewati berbagai kondisi operasional seperti temperatur dan suhu yang tinggi serta siklus start and stop, yang dapat menyebabkan penurunan integritas struktural pada steam drum. Material pada steam drum memiliki sifat elastis dan plastis, hal ini memungkinkan tekanan operasi untuk mendorong material melewati ukuran awal yang dirancang [2]. Disisi lain, Jika diambil sudut pandang pada fluida operasi yaitu air dan uap, maka degradasi dari struktur akan berakibat pada pengurangan ketebalan secara bertahap.

Air dan uap mengandung oksigen (O₂) dan air terkonsentrasi pada asam (pH rendah) atau sangat basa (pH tinggi), kedua hal ini merupakan pemicu terjadinya korosi [3]. Korosi diartikan sebagai proses degradasi atau kerusakan logam karena kontak logam dengan ion lingkungan. Material *steam drum* akan berlaku sebagai elektron (anoda) dan fluida kerja akan menerima elektron (katoda) yang dilepaskan. Material akan kehilangan elektron yang berubah menjadi

ion-ion yang larut dalam larutan, sehingga secara gradual terkonsumsi membentuk karatan. Karatan pada proses korosi akan berakibat pada penurunan kekuatan struktural, bagian yang terkorosi akan kehilangan kemampuan untuk menahan beban atau tekanan. Disisi lain korosi dapat mempengaruhi kualitas kerja dan menurunkan umur dari suatu peralatan.

Evaluasi akan membantu melihat potensi degradasi material dan memastikan kondisi aktual peralatan, dengan menggunakan metode NDT (*Non-Destructive Testing*) yaitu pengukuran ketebalan untuk melihat ketebalan aktual [4]. Hasil dari inspeksi ini akan dibandingkan dengan pengukuran aktual sebelumnya untuk melihat kecepatan korosi yang terjadi. Untuk melakukannya dapat menggunakan persamaan berikut ini [5]:

$$CR = \frac{t_{design} - t_{act}}{Years\ between(t_{design} - t_{act})} \tag{1}$$

Setelah melihat laju korosi pada peralatan, maka evaluasi akan dilanjutkan dengan menguji kelayakan atau membandingkan *thickness actual* dengan *minimum required thickness* untuk kondisi operasi. Untuk menentukannya dapat dilakukan dengan 2 sudut pandang, yaitu shell dan head. Untuk menentukan *minimal thickness shell* dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini [6]:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} \tag{2}$$

Sedangkan untuk menentukan *minimum thickness head* dengan persamaan [6]:

$$t = \frac{PD}{2SE - 0.2P} \tag{3}$$

Dalam hal peralatan masih dalam kondisi di dalam batas aman *minimum required thickness*, maka evaluasi akan dilanjutkan dengan melihat sisa umur pada peralatan, hal ini dilakukan membandingkan antara *thickness actual* dengan *minimum required thickness*, untuk lebih tepatnya dapat menggunakan persamaan berikut ini [7]:

$$Remaining\ Life = \frac{t_{act} - t_{req}}{CR} \tag{4}$$

Setelah melihat perbandingan dan peralatan dikatakan cukup baik, maka perbandingan akan dilanjutkan dengan membandingkan *maksimum allowable working pressure dan maksimum allowable Pressure* dengan tekanan operasi. Hal ini dilakukan untuk melihat keamanan operasi dari peralatan yang digunakan dan perlakuan yang dapat diterapkan pada peralatan. Untuk melakukannya dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini [8] [9]:

a. *Shell Part*

$$P_W = \frac{S_{DT}Et_{sc}}{R_C + 0,6t_{sc}} \text{ atau } P_W = \frac{S_{DT}Et_{sc}}{R_o - 0,4t_{sc}} \tag{5}$$

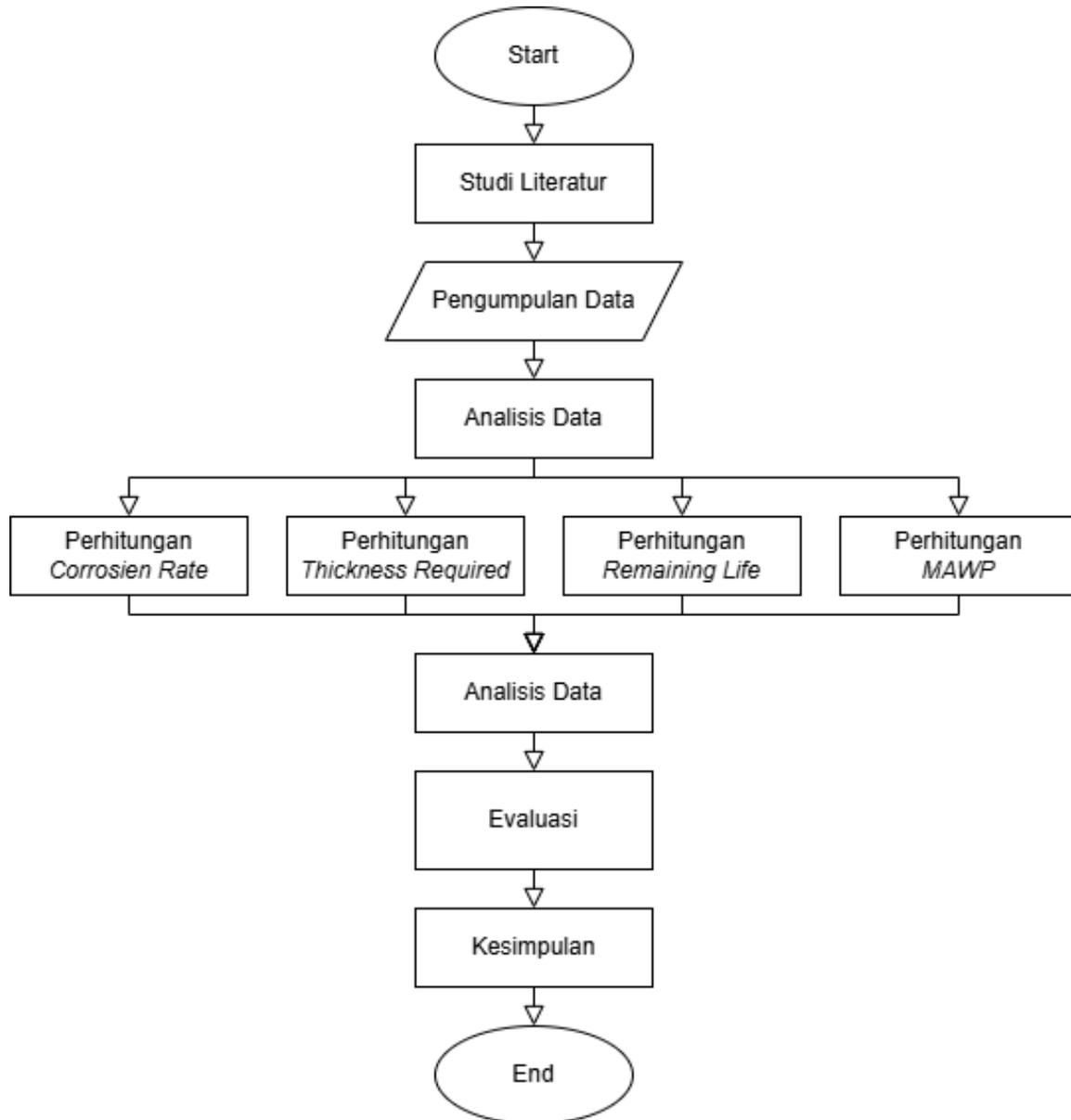
b. *S.E. Head Part*

$$P_W = \frac{2S_{DT}Et_{hc}}{D_C + 0,2t_{hc}} \text{ atau } P_W = \frac{2S_{DT}Et_{hc}}{D_o - 1,8t_{hc}} \tag{6}$$

2. Metode

Evaluasi ini dilakukan dengan metode kualitatif dan kuantitatif. Dalam implementasinya dapat dimulai dengan melakukan studi literatur untuk mendalami teori mengenai peralatan yang ditangani, yaitu Low Pressure Separator yang masuk dalam klasifikasi *Pressure Vessel*. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data, termasuk dalam data spesifikasi peralatan dan data

inspeksi peralatan terbaru. Data yang telah dikumpulkan kemudian dilakukan analisis data dengan menggunakan persamaan laju korosi (*corrosion rate*), tebal minimal (*minimum thickness*), sisa umur (*remaining life*) dan tegangan dinding (*stress in cylinder shell*). Dalam hal analisis data telah dilakukan kemudian dibandingkan sehingga dapat menarik kesimpulan dari hasil yang didapatkan. Untuk melihat lebih jelas terkait dengan metode yang dilakukan dapat dilihat pada flow diagram Gambar 1 berikut ini :



Gambar 1 Diagram Alir Metode Penelitian

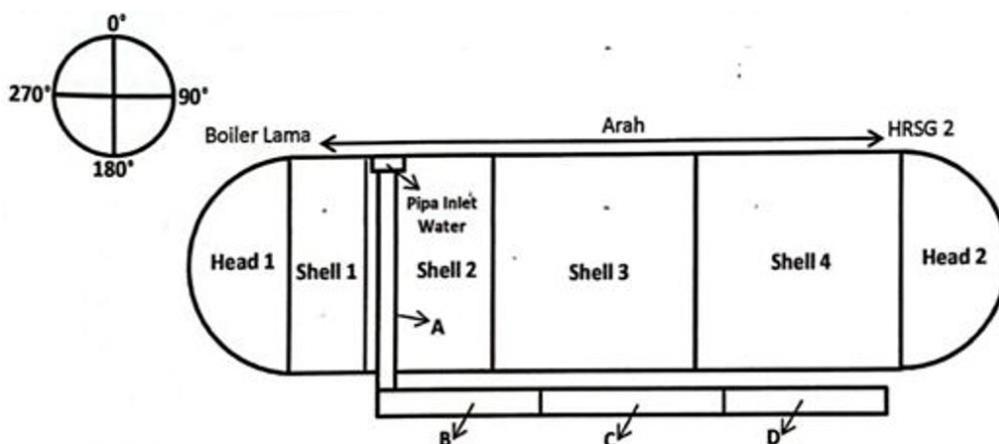
3. Pembahasan

Steam Drum merupakan *Pressure vessel* dengan klasifikasi *separation*, jenis *pressure vessel* ini bertugas dalam memisahkan fluida yang telah bercampur dengan memanfaatkan perbedaan densitas fluida. Disisi lain, memiliki tugas dalam menampung dan memisahkan uap dari air sebelum uap disalurkan ke turbin uap dan air disalurkan pada pipa yang akan berinteraksi dengan temperatur tinggi gas buang. Untuk melihat klasifikasi dan spesifikasi teknis maupun operasi dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1 Spesifikasi Low Pressure Steam Drum

Parameter	Spesifikasi
Vessel Code	ASME 1, ED. 2010, ADD. - / YES
Vessel Orientation	Horizontal
Date Built	41326
Material	S-516 Gr. 70
Joint Efficiency	1
Vessel Inside Diameter	2350 mm
Vessel Length (T/T)	5400 mm
Design Pressure	7 bar(g)
Normal Operating Pressure	3,8 bar(g)
Design Temp	170 C
Normal Operating Temp	151 C
Volume	26,82 m ³
Thickness Shell	19,1 mm
Thickness Headl	17,1 mm
Insulation Thickness	40 mm
Corrosion Allowance	1,5 mm

LP Steam Drum telah beroperasi sejak 2013 atau 10 tahun terhitung saat ini, pada masa operasinya LP Steam Drum dilakukan perawatan ketat dengan periode inspeksi 2 tahun. Inspeksi pada LP Steam Drum terakhir dilakukan pada tahun 2023, dengan metode yang diambil adalah metode inspeksi ketebalan. Untuk melihat skema inspeksi ketebalan dapat melihat skema Gambar 2 berikut ini [10]:



Gambar 2 Skema Pengukuran Ketebalan Low Pressure Steam Drum

Dari skema inspeksi pada Gambar 2 Skema Pengukuran Ketebalan Low Pressure Steam Drum, inspeksi dilakukan pada setiap titik yang memberikan data ketebalan aktual dari Steam Drum secara aktual. Hasil ketebalan aktual dari low pressure steam drum dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini :

Tabel 2 Hasil Pengukuran Low Pressure Steam Drum

Lokasi Pengukuran	Hasil Pengukuran				Ketebalan Minimum
	0	90	180	270	
<i>Head 1</i>	17,81	18,08	17,98	17,78	17,78
<i>Shell 1</i>	19,56	19,80	19,73	19,57	19,56
<i>Shell 2</i>	19,84	19,81	19,78	19,90	19,81
<i>Shell 3</i>	19,97	19,74	20,16	19,73	19,73
<i>Shell 4</i>	19,81	19,62	19,57	19,90	19,62
<i>Head 2</i>	18,31	18,21	17,93	18,35	17,93

Data hasil inspeksi pada Tabel 2 Hasil Pengukuran *Low Pressure Steam Drum* kemudian diambil nilai minimum pada bagian shell dan bagian head, untuk dibandingkan dengan kurun waktu awal hingga inspeksi terakhir *steam drum* menggunakan persamaan (1) untuk menentukan nilai laju korosi (*Corrosion Rate*). Berdasarkan data desain pada Tabel 1 Spesifikasi *Low Pressure Steam Drum*, dibandingkan menggunakan persamaan (2) dan persamaan (3) untuk melihat *thickness required* (ketebalan minimum). Hasil perbandingan pada laju korosi dan ketebalan minimum kemudian dibandingkan menggunakan persamaan (4) untuk mendapatkan nilai sisa umur (*remaining life*). Hasil perbandingan ini dapat dilihat melalui tabel 3 berikut ini:

Tabel 3 Perbandingan Corrosion Rate dan Remaining Life

Location	Jangka Waktu	Corrosion Rate, mm/Years	Thickness Required, mm	Remaining Life, Years
<i>Head 1</i>	10	0,082	5,96	144,11
<i>Shell 1</i>		0,104	5,98	130,59
<i>Shell 2</i>		0,079	5,98	175,08
<i>Shell 3</i>		0,087	5,98	158,06
<i>Shell 4</i>		0,098	5,98	139,20
<i>Head 2</i>		0,067	5,96	178,61

Setelah melihat hasil *corrosion rate* dan sisa umur *LP Steam Drum* mendapatkan hasil cukup baik, namun proses evaluasi akan dilanjutkan dengan membandingkan aktual ketebalan dengan batas minimum ketebalan. Hal ini dilakukan untuk memverifikasi ketebalan aktual masih layak dan aman untuk digunakan. Disisi lain dalam hal menjaga keamanan lebih lanjut data operasi pressure dan *allowable stress* material dibandingkan dengan nilai *maximum allowable working pressure* dan *maximum allowable pressure* untuk melihat pressure operasi berada diluar batas atau masih dalam parameter keamanan yang ditetapkan untuk *LP Steam Drum* [5] [11]. Untuk mendapatkan nilai *maximum allowable working pressure* dan *maximum allowable pressure* data pada Tabel 1 dibandingkan menggunakan persamaan (5) dan (6). Hasil perbandingan disajikan pada tabel 4 berikut ini:

Tabel 4 Verifikasi Ketebalan Aktual dengan Minimum Ketebalan

Lokasi Pengukuran	Tebal Desain, mm	Corrosion Allowance, mm	Nominal Desain, mm	Thickness Actual, mm	Batas Minimal Ketebalan, mm	Status
<i>Head 1</i>	19,1	1,5	20,6	17,78	5,96	<i>Acceptable</i>

Shell 1	17,1		18,6	19,56	5,98	Acceptable
Shell 2	17,1		18,6	19,81	5,98	Acceptable
Shell 3	17,1		18,6	19,73	5,98	Acceptable
Shell 4	17,1		18,6	19,62	5,98	Acceptable
Head 2	19,1		20,6	17,93	5,96	Acceptable

Tabel 5 Verifikasi Tekanan Operasi dengan Batas Maksimal Tekanan Operasi

Pressure Condition, psig	Pressure Design, bar	Maximum Allowable Working Pressure (MAWP), bar	Maximum Allowable Pressure, bar	Allowable Stress Material, bar	Status
3,8	7	7,64	9,38	1380	Acceptable

Berdasarkan hasil perbandingan, kondisi *LP Steam Drum* menempati kondisi baik dan aman. Untuk membuktikan hal ini dapat dilihat pada hasil pengukuran ketebalan aktual yang telah terdegradasi namun masih jauh untuk melampaui minimal ketebalan, disisi lain kondisi pressure operasi dibandingkan dengan *maximum allowable working pressure*, *maximum allowable pressure* dan *allowable stress* material masih berada dalam batas yang dapat diterima.

4. SIMPULAN

Evaluasi pengukuran ketebalan *LP Steam Drum* yang telah dibandingkan dapat disimpulkan bahwa *LP Steam Drum* dalam kondisi aman untuk beroperasi. Hal ini ditunjukkan dari hasil pengukuran tebal head sebesar 17,78 mm pada shell dan 19,56 mm pada *head* yang dibandingkan dengan hasil perhitungan *minimal thickness* sebesar 5,96 mm dan 5,98 mm. Hasil perhitungan sisa umur juga menunjukkan bahwa sisa umur separator masih terlampaui lama dengan nilai 130,59 tahun untuk shell dan 144,11 pada head. Disisi lain, tekanan yang beroperasi sebesar 3,8 bar dan tekanan desain sebesar 7 psig yang dibandingkan dengan *maximum allowable working pressure* sebesar 7,64 bar dan *allowable stres* material sebesar 1380 bar menunjukkan bahwa tekanan operasi separator aman. Diluar dengan dari keadaan aman dari evaluasi ini dan operasi yang ada, perlu disadari bahwa pengoprasian harus tetap seusia dengan SOP.

5. Daftar Pustaka

[1] S. Suryady and T. Susanto. 2021. Sistem Kerja Heat Recovery Steam Generator (HRSG) terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU). Universitas Gunadarma, Jawa Barat.

[2] T. Natasya, M. E. Khairafah, M. S. Br Sembiring, and L. N. Hutabarat. 2022. Corrosion Factors on Nail. Universitas Negeri Medan, Medan.

[3] M. Tampubolon, R. G. Gultom, L. Siagian, P. Lumbangaol, and C. Manurung. 2020. Laju Korosi Pada Baja Karbon Sedang Akibat Proses Pencelupan Pada Larutan Asam Sulfat (H2SO4) dan Asam Klorida (HCl) dengan Waktu Bervariasi. Universitas HKBP Nommensen, Medan.

[4] M. Ali Reza. 2024. Strategi Inspeksi Peralatan Pressure Vessel Pada *Offshore Platform* Dengan Metode *Risk Based Inspection*. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

[5] ASME Section II. 2019. ASME Boiler and Pressure Vessels Code, Materials Part D, Properties (Metric). New York.

[6] ASME VIII Division 1. 2019. Rules For Construction of Pressure Vessels. New York

[7] S. Sukarman, K. Khoirudin, M. Murtalim, D. Mulyadi, dan N. Rahdiana. 2021. Evaluasi Desain

- Bejana Bertekanan pada *Radiator Cooling System* Menggunakan Material SPCC-SD. Universitas Buana Perjuangan Karawang, Jawa Barat.
- [8] Megyesy, Eugene F. 2017. *Pressure Vessel Handbook*, Twelfth Edition. Tulsa, Oklahoma.
- [9] Diyantama, Fakhri Hermadigi., Munir, Moh. Miftachul dan Bisono, Fipka. 2019. *Analisa Perhitungan Optimum Thickness, MAWP, Tegangan Dan Lifetime pada Gas Dryer Dengan Material SAM GP. 70 Pada Proyek SPBG (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas)*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- [10] PT. Karya Arga Nusantara. 2024. LHP HRSG (SKP AK3 & PJK3). PT. Krakatau Candra Energi, Cilegon.
- [11] Rahmawati, Dewi Nur., Ya'umar da, M. Ilyas Hs. 2014, *Evaluasi Reliability dan Safety pada Sistem Pengendalian Level Syn Gas 2ND Interstage Separator Di PT. Petrokimia Gresik Dewi*. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Daftar simbol

CR	= Corrosion Rate, mm/years
T_{design}	= Thickness design, mm
t_{act}	= Thickness Actual, mm
t_{req}	= Thickness Required, mm
P	= Internal Design Pressure, kPa
D	= Inside Diameter of the Shell, mm
R	= Inside Radius of the Head, mm
S	= Maximum Allowable Stres Velur, kPa
E	= Joint Efficiency
t	= Thickness of the Shell, mm
t_{hc}	= Thickness of Head Corroded (mm);