

Perhitungan Sisa Umur *Preheater Tube* HRSG Unit 1.1 PLTGU PT. PJB UP Gresik

Abdi Yoga Prasetyawan^{1*}, Budi Prasajo², Endah Wismawati³

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D4 Teknik Perpipa-an, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D4 Teknik Perpipa-an, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: abdiyoga4@gmail.com^{1*}

Abstract - Heat Recovery Steam Generator (HRSG) is a tool that serves to increase the efficiency of Gas Turbine. HRSG works by utilizing exhaust gases from Gas Turbines to produce steam which will be used to drive Steam Turbine. In the HRSG unit is often found the problem of leakage HRSG tube. Preheater tubes are part of the most frequently experienced leaked HRSG tubes. In this study discuss the calculation of remaining life of preheater tube. To find the corrosion rate that occurs in the preheater tube obtained through calculations based on the results of thickness test and immersion test. Immersion Corrosion Test uses specimens of ST 37.8 with a surface area of 27.234 cm², the variables in this test are water temperature 90 ° C, 97 ° C, and 104 ° C. Immersion Test is done within 24 hours. Immersion test result with variation of water temperature lifetime value obtained is: 4,315 years at temperature 90 ° C, 3,437 years at temperature 97 ° C, and 1,075 years at temperature 104 ° C. Based on thickness test The average lifetime value of preheater tube inlet is 13,645 years and 40,003 years for preheater outlet tube.

Keywords: HRSG, Immersion Corrosion Test, Lifetime, Preheater Tube, Thickness Test.

Nomenclature

K	Konstanta Laju Korosi
W	Massa yang Hilang
A	Luasan Area
T	Waktu Kontak Material dengan Larutan
D	Density
EL	Erosion Rate
tm	Minimum Wall Thickness
P	Internal Design Pressure
Do	Diameter Luar
SE	maximum allowable stress in material due to internal pressure and joint efficiency (or casting quality factor) at the design temperature.
y	Coeficient Having Values
RL	Remaining Life
t _{act}	Ketebalan Awal
t _{req}	Minimum Wall Thickness
CR	Corrosion Rate

1. PENDAHULUAN

Dalam sistem pembangkit PLTGU terdapat peralatan utama yang disebut *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG). HRSG berfungsi untuk memanfaatkan gas buang turbin gas untuk memproduksi uap

bertekanan. Panas/kalor yang dipindahkan dari gas buang tersebut berpindah dengan cara konveksi dan konduksi ke air yang berada didalam *tube-tube*. Gas buang dari turbin gas mengalir memanasi *tube-tube* HRSG mulai dari *superheater*, *evaporator*, *economizer* hingga *preheater* dan selanjutnya keluar melalui cerobong pembuangan.

PLTGU UP Gresik sering mengalami kondisi operasi *Standby (ON&OFF)* karena adanya permintaan dari distribusi jaringan penyaluran dan pusat pengatur beban (P3B) mengakibatkan pola temperatur gas buang yang sering berubah-ubah dan pada kondisi *off* atau saat unit HRSG tidak beroperasi, gas buang sisa pembakaran akan mengendap di dalam ruangan HRSG yang berpotensi mengandung *moisture* dan sulfur, jika hal ini dibiarkan pada ruangan HRSG akan menyebabkan pipa HRSG terjadi reduksi-oksidasi (redoks) proses terjadinya korosi pada logam secara reaksi elektrokimia. Pembersihan yang dilakukan selama ini untuk perawatan pada HRSG masih menggunakan sistem *Waterjet Cleaning* dimana cara pembersihan tersebut menggunakan

media air ditambah dengan kandungan kimia NaOH (natrium hidroksida) yang dapat menyebabkan sisa air yang telah disemburkan dengan tekanan tinggi pada permukaan pipa bisa mengendap dan bercampur dengan deposit yang sulit dibersihkan pada celah-celah fin tube dan permukaan lekukan pipa HRSG, hal ini jika dibiarkan terus menerus dapat menyebabkan terjadinya korosi celah (*Crevice corrosion*)

Penggantian pipa yang dilakukan selama ini hanya secara parsial sehingga ada beberapa lokasi yang mengalami penipisan mengakibatkan potensi kebocoran pada *tube* HRSG semakin besar dalam jumlah yang banyak. Kejadian ini sering terjadi pada bagian *Preheater tube*. Jenis kebocoran berupa retak ataupun bahkan terjadi pada lubang akibat proses korosi. Perhitungan laju korosi dibutuhkan dalam permasalahan ini agar dapat diketahui perkiraan sisa umur material. Hal ini dilakukan untuk mencegah kegagalan lebih lanjut pada *preheater tube* dan pencegahan lebih dini dalam melakukan pemeliharaan.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dimulai dengan tahap identifikasi masalah, pengumpulan data, pengujian material, tahap perhitungan, analisis data dan terakhir tahap kesimpulan. Data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Data yang dibutuhkan meliputi data pengujian *thickness*, form uji kualitas air, dan data operasional HRSG. Studi literatur pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Pengujian Ultrasonik

Pengujian Ultrasonik atau yang sering disebut *Ultrasonic testing* (UT) adalah teknologi yang sudah diaplikasikan secara luas dalam dunia inspeksi lapangan. Metode ultrasonik ini sangat luas pemakaiannya dikarenakan metode ini memanfaatkan gelombang mekanik dari objek yang diuji, dan objek tersebut tidak di batasi oleh bahan metal saja. Metode ini tidak hanya mampu untuk mendeteksi cacat didalam metal, keramik dan komposit, tetapi juga dapat digunakan untuk mendeteksi dan mengukur ketebalan korosi dan juga mendapatkan sifat-sifat fisik seperti struktur, ukuran grain dan konstanta elastisitas dari berbagai material.

b. Pengujian *Weight Loss*

Metode *weight loss* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur laju korosi yang terjadi

pada suatu logam. Prinsip dari metode ini adalah dengan menghitung banyaknya berat material yang hilang setelah dilakukan pengujian rendaman sesuai dengan standar ASTM G 31-72. Adapun formula untuk menghitung laju korosi sebagai berikut: [3]

$$CR = \frac{(K \times W)}{(A \times T \times D)} \quad (1)$$

c. Perhitungan Laju Erosi

Standar perhitungan untuk menentukan laju erosi pada pipa mengacu pada *standart* DNVGL RP 0501. Nilai laju erosi digunakan untuk menentukan *Life time* dari pipa. [4]

$$EL = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot Up^{2,6} \cdot ID^{-2} \cdot mp \quad (2)$$

d. Perhitungan *Minimum Wall Thickness*

Ketebalan minimum adalah ketebalan yang di perbolehkan agar pipa yang digunakan aman. Perhitungan *minimum wall thickness* penelitian ini mengacu pada standar ASME B31.1. [2]

$$tm = \frac{PDo}{2(SE+Py)} + A \quad (3)$$

$$tm = \frac{Pd+2SEA+2yPA}{2(SE+Py-P)} + A \quad (4)$$

e. Perhitungan Sisa umur

Sisa umur pipa bergantung pada nilai laju korosinya. Tujuan dari *corrosion monitoring* adalah memperkirakan adanya permasalahan korosi, *monitoring* dari metode korosi kontrol (contohnya: *inhibition*, *pH control* dll) memberi peringatan dari kerusakan korosi, melakukan proses control dan melakukan perhitungan pada inspeksi dan menjadwalkan waktu *maintenance*. Berdasarkan standar diketahui bahwa untuk menghitung sisa umur pipa maka dibutuhkan nilai *minimum wall thickness*. Perhitungan sisa umur pada penelitian ini mengacu pada standar API 570. [1]

$$RL = \frac{t_{act} - t_{req}}{CR} \quad (5)$$

f. Analisa dan Hasil Pengujian

Setelah didapatkan nilai laju korosi yang terjadi pada *preheater tube* berdasarkan pengujian *thickness* dan pengujian *Immersion* kemudian dilakukan perhitungan

lifetime preheater tube. Dari hasil perhitungan *lifetime* dibuat grafik untuk membandingkan antara hasil perhitungan *lifetime* berdasarkan pengujian *thickness* dan pengujian *Immersion*. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui perkiraan sisa umur *preheater tube* HRSG agar perusahaan dapat meminimalisir kerugian akibat kerusakan pada *preheater tube*.

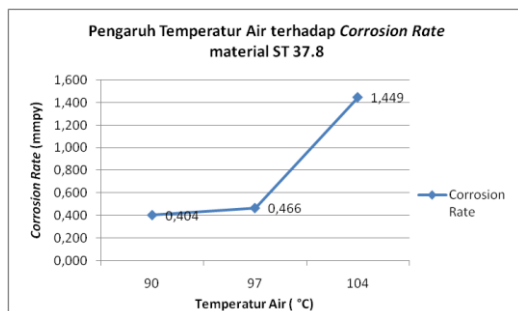
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Immersion

1. Perhitungan Corrosion Rate Material Preheater Tube Pengaruh Variasi Temperatur Air

Tabel 1 Corrosion Rate Material Preheater Tube Pengaruh Variasi Temperatur Air

Spesimen	Temperatur (°C)	Konstanta	Time (hours)	Area (cm ²)	Weight Loss (gram)	Density (g/cm ³)	Corrosion Rate (mm/year)	Rata-Rata (mm/year)
1	90	87600	24	27,234	0,032	7,86	0,546	
2	90	87600	24	27,234	0,025	7,86	0,426	0,404
3	90	87600	24	27,234	0,014	7,86	0,239	
4	97	87600	24	27,234	0,021	7,86	0,358	
5	97	87600	24	27,234	0,033	7,86	0,563	0,466
6	97	87600	24	27,234	0,028	7,86	0,477	
7	104	87600	24	27,234	0,082	7,86	1,398	
8	104	87600	24	27,234	0,095	7,86	1,620	1,449
9	104	87600	24	27,234	0,078	7,86	1,330	



Gambar 1 Pengaruh Temperatur Air Terhadap Corrosion Rate Material ST 37.8

Gambar 1 merupakan grafik yang menunjukkan pengaruh temperatur air terhadap *corrosion rate* material ST 37.8. Pada grafik ini ditunjukkan nilai *corrosion rate* dalam 3 kondisi temperatur air yaitu: 90 °C, 97 °C, dan 104 °C. Nilai *corrosion rate* pada temperatur 90 °C adalah sebesar 0,404 mmpy, untuk temperatur 97 °C adalah 0,466 mmpy, sedangkan untuk temperatur 104 °C adalah 1,449 mmpy. Dari nilai *corrosion rate* diatas tampak kecenderungan nilai *corrosion rate* mengalami peningkatan dari setiap penambahan temperatur. Nilai *corrosion rate* tertinggi terjadi pada temperatur 104 °C dengan nilai 1,449 mmpy, sedangkan untuk nilai *corrosion rate* terendah terjadi pada temperatur 90 °C yaitu dengan nilai *corrosion rate* 0,404 mmpy.

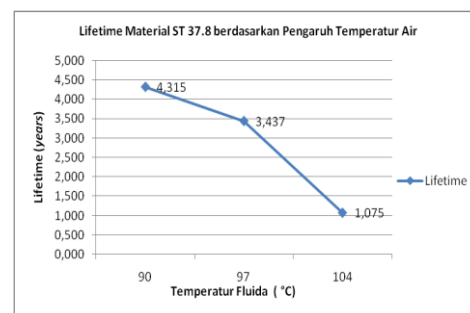
Dari grafik 1 dapat disimpulkan bahwa temperatur air mempengaruhi nilai *corrosion*

rate material ST 37.8. Semakin tingginya temperatur air berpengaruh pada semakin tingginya nilai *corrosion rate* pada material ST 37.8. Dari ketiga variasi temperatur air yang diujikan yaitu: 90 °C, 97 °C, 104 °C, semuanya menunjukkan peningkatan nilai *corrosion rate* pada setiap penambahan temperatur.

2. Perhitungan Sisa Umur Preheater Tube Pengaruh Variasi Temperatur Air

Tabel 2 Lifetime Preheater Tube Pengujian Immersion dengan Variasi Temperatur Air

Spesimen	Temperatur (°C)	Actual Thickness	Minimum Wall Thickness (mm)	Corrosion Rate (mmpy)	Life Time (years)	Rata-Rata (years)
1	90	2,9	1,353	0,546	2,835	
2	90	2,9	1,353	0,426	3,629	4,315
3	90	2,9	1,353	0,239	6,481	
4	97	2,9	1,353	0,358	4,321	
5	97	2,9	1,353	0,563	2,750	3,437
6	97	2,9	1,353	0,477	3,241	
7	104	2,9	1,353	1,398	1,107	
8	104	2,9	1,353	1,620	0,955	1,075
9	104	2,9	1,353	1,330	1,163	



Gambar 2 Lifetime Material ST 37.8 Pengaruh Temperatur Air

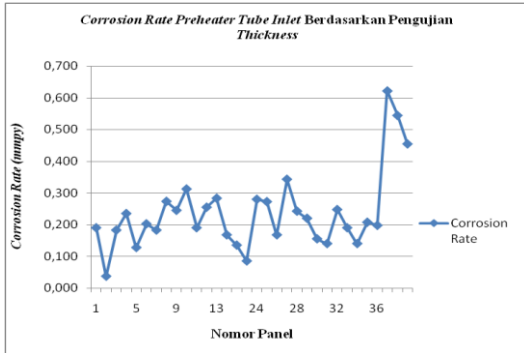
Gambar 2 merupakan grafik yang menunjukkan nilai *lifetime* Material ST 37.8 berdasarkan Pengaruh Temperatur air. Pada grafik ini ditunjukkan nilai *lifetime* dalam 3 kondisi temperatur air yaitu: 90 °C, 97 °C, dan 104 °C. Nilai *lifetime* pada temperatur 90 °C adalah sebesar 4,315 tahun, untuk temperatur 97 °C adalah 3,437 tahun, sedangkan untuk temperatur 104 °C adalah 1,075 tahun. Dari nilai *lifetime* diatas tampak kecenderungan nilai *lifetime* mengalami peningkatan dari setiap pengurangan temperatur. Nilai *lifetime* tertinggi terjadi pada temperatur 90 °C dengan nilai 4,315 mmpy tahun, sedangkan untuk nilai *lifetime* terendah terjadi pada temperatur 104 °C yaitu dengan nilai *lifetime* 1,075 tahun.

Dari grafik 2 dapat disimpulkan bahwa temperatur air mempengaruhi nilai *lifetime* material ST 37.8. Semakin tingginya temperatur air berpengaruh pada

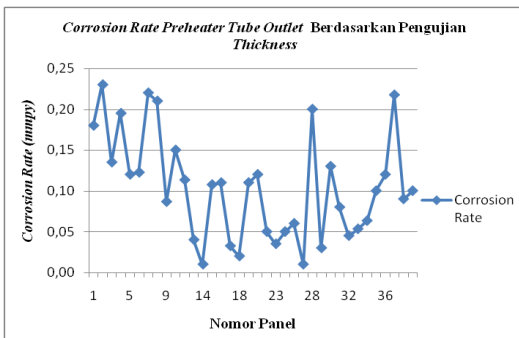
semakin rendahnya nilai *lifetime* pada material ST 37.8. Dari ketiga variasi temperatur air yang diujikan yaitu: 90 °C, 97 °C, 104 °C, semuanya menunjukkan penurunan nilai *lifetime* pada setiap penambahan temperatur.

3.2 Hasil Pengujian Thickness

1. Perhitungan Corrosion Rate Preheater Tube Berdasarkan Pengujian Thickness



Gambar 3 Corrosion Rate Preheater Tube Inlet



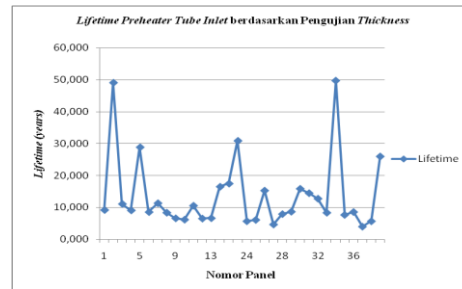
Gambar 4 Corrosion Rate Preheater Tube Outlet

Gambar 3 merupakan grafik yang menunjukkan *corrosion rate preheater tube inlet* berdasarkan pengujian *thickness*. Pada grafik ini menunjukkan *corrosion rate* yang terjadi pada 39 panel *preheater tube inlet*. Nilai *corrosion rate* tertinggi terjadi pada Panel 37 dengan nilai perubahan *thickness* 0,623 mmpy, sedangkan nilai *corrosion rate* terendah terjadi pada Panel 2 dengan nilai *corrosion rate* 0,037 mmpy. Nilai rata-rata untuk keseluruhan *corrosion rate* grafik diatas adalah sebesar 0,235 mmpy.

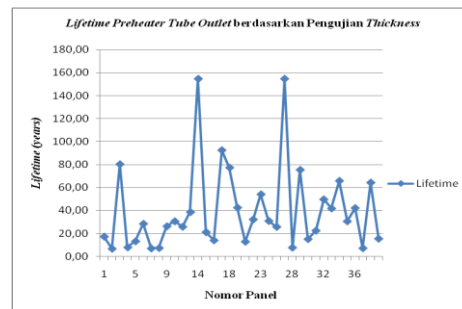
Gambar 4 merupakan grafik yang menunjukkan *corrosion rate preheater tube outlet* berdasarkan pengujian *thickness*. pada grafik ini menunjukkan perubahan *thickness* yang terjadi pada 39 panel *preheater tube outlet*. Nilai *corrosion rate* tertinggi terjadi pada Panel 2 dengan nilai *corrosion rate* 0,23 mmpy, sedangkan nilai *corrosion rate* terendah terjadi pada Panel 27 dengan nilai *corrosion rate* 0,01 mmpy. Nilai rata-rata untuk keseluruhan

corrosion rate grafik diatas adalah sebesar 0,104 mmpy.

2. Perhitungan Lifetime Preheater Tube



Gambar 5 Lifetime Preheater Tube Inlet



Gambar 6 Lifetime Preheater Tube Outlet

Gambar 5 merupakan grafik yang menunjukkan *lifetime preheater tube inlet* berdasarkan pengujian *thickness*. Pada grafik ini menunjukkan *lifetime* yang terjadi pada 39 panel *preheater tube inlet*. Nilai *lifetime* tertinggi terjadi pada Panel 34 dengan nilai *lifetime* 49,638 tahun, sedangkan nilai *lifetime* terendah terjadi pada Panel 37 dengan nilai *lifetime* 3,958 tahun. Nilai rata-rata untuk keseluruhan *lifetime preheater tube inlet* pada grafik diatas adalah sebesar 13,645 tahun.

Gambar 6 merupakan grafik yang menunjukkan *lifetime preheater tube outlet* berdasarkan pengujian *thickness*. Pada grafik ini menunjukkan *lifetime* yang terjadi pada 39 panel *preheater tube outlet*. Nilai *lifetime* tertinggi terjadi pada Panel 14 dan 27 dengan nilai *lifetime* 154,717 tahun, sedangkan nilai *lifetime* terendah terjadi pada Panel 2 dengan nilai *lifetime* 6,74 tahun. Nilai rata-rata untuk keseluruhan *lifetime preheater tube inlet* pada grafik diatas adalah sebesar 40,033 tahun.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian *immersion* pengaruh variasi temperatur air, nilai *corrosion rate* material ST 37.8 pada temperatur 90 °C adalah sebesar 0,404 mmpy, untuk temperatur 97 °C adalah 0,466 mmpy, sedangkan untuk temperatur 104 °C adalah 1,449 mmpy. Berdasarkan hasil pengujian *thickness preheater tube inlet*, nilai rata-rata *corrosion rate preheater tube inlet* adalah sebesar 0,235 mmpy, sedangkan untuk hasil pengujian *thickness preheater tube outlet*, nilai rata-rata *corrosion rate preheater tube outlet* adalah sebesar 0,104 mmpy.
2. Berdasarkan hasil pengujian *immersion* pengaruh temperatur air, nilai *lifetime* material ST 37.8 pada temperatur 90 °C adalah sebesar 4,315 tahun, untuk temperatur 97 °C adalah 3,437 tahun, sedangkan untuk temperatur 104 °C adalah 1,075 tahun. Berdasarkan hasil pengujian *thickness preheater tube inlet*, nilai rata-rata *lifetime preheater tube inlet* adalah sebesar 13,645 tahun, sedangkan untuk hasil pengujian *thickness preheater tube outlet*, nilai rata-rata *lifetime preheater tube outlet* adalah sebesar 40,003 tahun.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian dan penyusunan Jurnal ini tidak terlepas dari kerjasama, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis menyadari bahwa Jurnal ini masih jauh dari kesempurnaan. Harapan penulis dapat mendapatkan kritik atau saran yang membangun agar penelitian yang telah dilakukan menjadi lebih baik lagi. Semoga Jurnal ini bermanfaat bagi pembaca.

6. PUSTAKA

- [1] *API 570. Piping Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems*. (2016). Washington DC: American Petroleum Institute.
- [2] *ASME B31.1 Code for Piping Pressure*. (2016). New York: ASME.
- [3] *ASTM G1-72 Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. (2004). USA: American Society for Testing and Material.
- [4] *DNVGL-RP-0501 Managing Sand Production and Erosion*. (2015).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”