

# ANALISIS KEBOCORAN BOILER PIPE AKIBAT KOROSI PADA RECOVERY BOILER 5 PT. ABC.

Ridwan Abdurrahman<sup>1\*</sup>, Dedy Masnur<sup>1</sup>, Abdul Rahman<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Teknik Mesin, Universitas Riau, Pekanbaru Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau 28293

**ABSTRACT** – Boiler is one component that is widely used in the energy generation industry and reactors. One of the main components of the boiler is the boiler pipe. In field activities, there was a leak in the boiler pipe which experienced corrosion and erosion of the walls of the pipe. The purpose of this practical work is to observe the causes of damage to the boiler pipe, and provide recommendations for prevention due to damage to the boiler pipe. The methods used are: literature study, observation, interviews, and measurement. The results obtained: (1) The calculation results show that the value of the Reynolds number obtained is 16,032,025.86 ( $Re > 4000$ , turbulent flow). (2) The cause of corrosion on the boiler pipe is due to liquid droplet impingement which is accompanied by an increase in flow velocity and the occurrence of two phases (steam and water) thereby accelerating depletion in the boiler.

Riwayat Artikel:  
Diterima: 15 Juni  
2023  
Direvisi: 15 Juni  
2023  
Disetujui: 30 Juni  
2023

**KEYWORDS:** boiler pipe, erosion corrosion, Reynolds number, causes of boiler pipe leaks

## 1. PENDAHULUAN

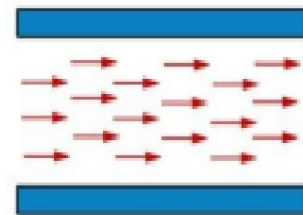
Proses produksi pulp and paper, menghasilkan limbah cair yang merupakan sisa pencucian pulp dan sisa pemasakan dari digester yang disebut black liquor (BL) <sup>[1][2][3]</sup>. Black Liquor (BL) ini termasuk limbah cair B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya) jika langsung dibuang ke lingkungan dapat menyebabkan pencemaran. Black liquor yang dikirim ke unit Recovery Boiler diproses untuk menghasilkan green liquor (GL) dan steam. Green liquor (GL) diproses lebih lanjut untuk menghasilkan whiteliquor (WL) yang kemudian digunakan kembali sebagai larutan pemasak pada seksi pulp making (PM) <sup>[4][6]</sup>. Sementara itu, steam dapat digunakan untuk menggerakkan turbin pembangkit listrik tenaga uap sehingga dihasilkan listrik.

Steam merupakan gas yang dihasilkan dari proses yang disebut penguapan. Bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan steam adalah air yang tidak mengakibatkan endapan, kerak, maupun korosi pada boiler pipe. Pada kegiatan di lapangan, terjadi kebocoran pada boiler pipe yang mengalami korosi dan penipisan dinding dalam pada pipa. Kondisi ini mengakibatkan terjadinya penurunan daya dan kapasitas pada boiler <sup>[8][9][10]</sup>.

Aliran dikatakan laminar bila aliran tersebut mempunyai bilangan Re kurang dari 2000, untuk aliran transisi berada pada bilangan Re lebih dari 2000 dan bilangan Re 4000 biasa juga disebut sebagai bilangan Reynold kritis, sedangkan aliran turbulen mempunyai bilangan Re lebih dari 4000. Aliran fluida dapat dibedakan dalam tiga jenis aliran adalah sebagai berikut: <sup>[7]</sup>.

### 1. Aliran Laminar

Aliran laminar ialah aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan- lapisan dengan satu lapisan meluncur secara lancar dan teratur.



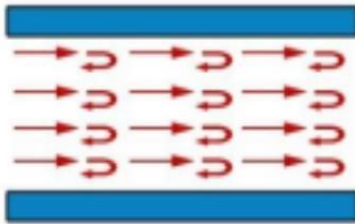
Gambar 1 Aliran Laminar <sup>[11]</sup>

Viskositas di dalam aliran laminar ini berfungsi untuk meredam kecenderungan terjadinya gerakan relatif antara lapisan <sup>[5]</sup>.

### 2. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan proses perubahan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Aliran transisi merupakan aliran yang garis-garis alirannya lurus berubah menjadi aliran yang garis-garis alirannya saling berpotongan dan partikel-partikel cairannya tercampur. Ketika kecepatan aliran itu bertambah atau viskositasnya berkurang (dapat disebabkan temperatur meningkat) maka gangguan-gangguan akan terus teramati dan semakin membesar serta kuat yang akhirnya suatu keadaan peralihan tercapai. Keadaan peralihan ini tergantung pada viskositas fluida, kecepatan dan lain-lain yang menyangkut geometri aliran dimana nilai bilangan Reynold nya antara 2300 sampai dengan 4000 dimana pada Gambar dibawah memperlihatkan aliran transisi <sup>[5]</sup>

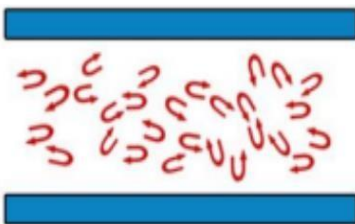
\*Corresponding author: [ridwanabdurrahman@lecturer.unri.ac.id](mailto:ridwanabdurrahman@lecturer.unri.ac.id)



Gambar 2 Aliran Transisi<sup>[11]</sup>

### 3. Aliran Turbulen

Aliran turbulen merupakan aliran yang pergerakan partikel-partikel fluidanya sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar di mana nilai bilangan reynolds nya lebih besar dari 4000.



Gambar 3 Aliran Turbulen<sup>[11]</sup>

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Metode

Adapun prosedur pelaksanaan<sup>22</sup> sebagai berikut:

#### 1 Kebocoran pada Boiler Pipe

Awal kebocoran boiler pipe ditunjukkan seperti pada Gambar 4 yang ditandai dengan keluarnya steam dari pipa. Dalam proses perbaikan kebocoran pada pipa biasanya dilakukan proses clamp, namun pada saat itu tidak bisa ditangani karena clamp tersebut tidak bisa menutupi celah kebocorannya. Maka karyawan mencoba mengganti pipa tersebut dengan memotong bagian pipa yang bocor dan memasang pipa yang baru.



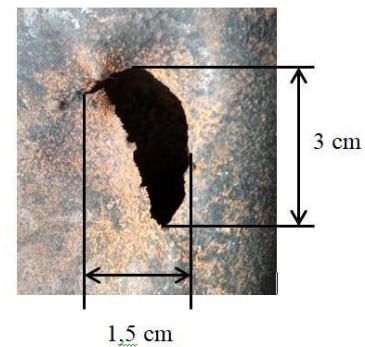
Gambar 4 Kebocoran pada Pipa

Setelah ditinjau bagian pipa yang bocor tersebut, terlihat bahwasannya telah terjadi penipisan di dalam pipa. Seperti yang terlihat pada Gambar 5 terdapat berbagai bagian pipa yang mengalami penipisan yang ditandai dengan perubahan warna pipa yang menjadi kecoklatan dan terdapatnya kekasaran pada pipa.



Gambar 5 Penampakan Kebocoran dari Dalam Pipa

Pada Gambar 6 diperlihatkan bahwasannya bentuk permukaan bocor pipa mengarah ke dalam dan disertai dengan perubahan bentuk permukaan pada area korosi yang cenderung bergelombang.



Gambar 6 Penampakan Kebocoran dari Luar Pipa

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Data Spesifikasi Pipa

Berikut merupakan data spesifikasi pipa yang didapatkan selama kerja praktik di PT. ABC Tbk, Perawang yang ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1 Data Spesifikasi Pipa

Pipa	Boiler Pipe
Material	Carbon Steel
Jenis	elbow
Schedule	80
Diameter	2 inch
Diameter luar	60 mm
Temperatur	120 °C

\*Corresponding author: [ridwanabdurrahman@lecturer.unri.ac.id](mailto:ridwanabdurrahman@lecturer.unri.ac.id)

### 3.2 Data Komposisi Material

Berikut ini merupakan hasil data pengujian komposisi material dengan menggunakan alat spectral metal analyzer yang ditunjukkan pada Tabel 2

Tabel 2 Data Pengujian Komposisi Material

Element	Composition %
Fe	99,26
Cr	0,10
Mn	0,60
Mo	0,04

Dari hasil data pengujian properties chemical dengan menggunakan alat Spectral Metal Analyzer dapat ditentukan grade dengan membandingkan properties chemical yang diuji dengan beberapa standar ASTM agar memudahkan menganalisis nantinya. Berikut ini merupakan hasil perbandingan properties chemical yang dapat dilihat pada Tabel 4.4

### 3.3 Data Pengukuran Ketebalan

Berikut ini merupakan hasil data pengukuran ketebalan material dengan menggunakan alat ultrasonic thickness indicator yang ditunjukkan pada Tabel 3

Tabel 3 Data Pengukuran Ketebalan Material

Material	Thickness (mm)	
	min	max
Boiler Pipe	5,44	0,65

### 3.4 Analisa Kecepatan aliran & Bilangan Reynold

Kecepatan Aliran, didapat menggunakan perhitungan berikut

$$Q = 500 \text{ T/H} = 0,1572222 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 2 \text{ inch}, r = 1 \text{ inch} = 0,0254 \text{ m}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,1572222}{3,14 \times 0,0254^2} = 77,6098 \text{ m.s}$$

Kecepatan Aliran, didapat menggunakan perhitungan berikut

Bilangan Reynold didapat menggunakan perhitungan berikut

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} = \frac{943,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 77,6098 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,0508 \text{ m}}{0,232 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 16.032.025,86$$

Didapat dari bilangan reynold, aliran yang dihasilkan adalah aliran turbulen.

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa aliran fluida pipa yaitu turbulen. Aliran turbulen dicirikan oleh kecepatan fluida yang berfluktuasi secara acak dan aliran yang bercampur pada

level makroskopik. Pada aliran turbulen, fluida tidak bergerak pada suatu garis arus yang halus dan kecepatan fluida berubah secara acak terhadap waktu. Selain itu, aliran turbulen didasarkan pada nilai bilangan Reynold yang tidak boleh melebihi batas sebesar >4000. Perhitungan kecepatan aliran didapatkan sebesar  $v = 77,6098 \text{ m/s}$ . Tingginya kecepatan fluida tersebut sangat berpengaruh terhadap bentuk kerusakan yang terjadi pada material pipa. Karena semakin tinggi kecepatan fluida maka erosi yang terjadi semakin maksimum.

### 3.5 Analisa Kebocoran Pipa

Hasil pengamatan kebocoran boiler pipe ditandai dengan menipisnya dinding bagian dalam pipa, perubahan bentuk permukaan, serta perubahan warna pada bagian penipisan dinding pipa. Menipisnya dinding dalam pipa dapat terjadi karena akibat erosi korosi yang disebabkan oleh konsentrasi tegangan melebihi batas fatigue material dan kecepatan tinggi fluida yang mengakibatkan tingkat erosi menjadi maksimum. pada kecepatan tinggi, bentuk kerusakan yang terjadi pada permukaan bagian dalam pipa akan membentuk kawah atau cekungan yang berbentuk seperti telapak kuda (horseshoe). Perubahan bentuk kebocoran pipa yang mengarah ke dalam dapat terjadi karena adanya benturan dari luar pada saat proses pemotongan. Hal ini bisa terjadi karena pada pipa yang mengalami korosi, ketebalan minimum nya mencapai 0,65 mm sehingga bagian permukaan kebocoran pipa tersebut cenderung mudah terdeformasi. Perubahan warna menjadi kecoklatan pada area kebocoran dapat disebabkan oleh pengikisan karena adanya proses erosi korosi oleh aliran dua fasa (steam dan air). Mekanisme kegagalannya dimulai dari aliran dua fasa yaitu steam dan air yang berbentuk droplet mengalir secara bersamaan menabrak permukaan dalam pipa elbow dan mengakibatkan pengikisan. Jenis erosi korosi yang terjadi pada boiler pipe diakibatkan oleh impingement attack. Impingement attack yang mendekati analisis yaitu jenis liquid droplet impingement.

Hasil pengujian komposisi kimia yang menggunakan alat spectral metal analyzer, didapatkan grade dari boiler pipe dengan melakukan perbandingan komposisi pada standar ASTM A109. Hasil perbandingan tersebut menunjukkan selisih yang terjadi dari dua perbandingan komposisi. Pada Cr didapatkan sebesar 0,30 %, Mn sebesar 0,46%, dan Mo sebesar 0.107%. Dari hasil data tersebut sangat berpengaruh pada struktur pipa seperti pada Cr. Unsur Cr sangat berperan penting pada baja karena dapat meningkatkan kekerasan dan ketahanan korosi. Namun dari data tersebut tidak mengherankan terjadinya pengurangan Cr karena dari fungsinya tersebut. Sedangkan pada Mo juga dapat meningkatkan ketahanan korosi, kekerasan dan mampu di temperatur tinggi. Pengurangan pada unsur Mo merupakan hal yang sangat baik di dalam proses pencampuran baja karena Mo dengan jumlah yang sangat kecil sangat efektif dalam menurunkan transformasi pada material.

Hasil pengukuran ketebalan yang didapatkan pada permukaan normal sebesar

\*Corresponding author: [ridwanabdurrahman@lecturer.unri.ac.id](mailto:ridwanabdurrahman@lecturer.unri.ac.id)

5,44 mm dan pada permukaan korosi sebesar 0,65 mm. Dari hasil tersebut selisih permukaan pipa normal dengan bagian yang mengalami korosi sebesar 4,79 mm. Hal ini menunjukkan bahwasannya pipa mengalami penipisan yang diakibatkan oleh erosi korosi.

Sistem Instalasi Pipa. Bengkulu: Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Volume I(2).

#### **4. KESIMPULAN**

1. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan tipe korosi penyebab kegagalan pada boiler pipe yaitu korosi erosi jenis liquid droplet impingment.
2. Cara mengatasi agar boiler pipe tidak mengalami kebocoran adalah sebagai berikut.
  - a. Melakukan pengecekan pada aliran fluida pada boiler pipe
  - b. melakukan pengecekan berkala pada boiler pipe

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section I. 1966, pp.111-112
- [2] ASM Handbook, (1986), Failure Analysis and Prevention, ninth edition, ASM international, Metals Park, Ohio.
- [3] ASM Handbook, (1986), Materials Characterization, ninth edition, ASM international
- [4] Alkazraji, Duraid. 2008. Pipeline Engineering. Cambridge England: Woodhead Publishing Limited.
- [5] Azizah, A. 2018. Studi Eksperimen Karakteristik Aliran Melalui Square Duct Dan Square Elbow 90° Dengan Single Guide Vane Variasi Jarak Longitudinal Pada Saluran Upstream Duct. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [6] Cengel, Y. A. 2008. Introduction to Thermodynamics and Heat Transfer 2<sup>nd</sup> Edition. McGrawHill, New York.
- [7] Cimbala, Y. A. C. and J. M. 2006. Fluid Mechanics. United State : McGraw-Hill Companies, Inc.
- [8] Daru, H.T.U. 2017. Analisis Kegagalan Pada Pipa Penyalur Air Dingin Di PT Holcim Tbk Tuban. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [9] D.P. Robert, M.H. Harvey., 1991. The Nalco Guide to Boiler Failure Analysis 2nd edition, McGraw-Hill, New York.
- [10] Fontana, Mars. G. 1986. Corrosion Engineering, 3rd Edition. Houston : McGraw- Hill, Companies, Inc.
- [11] Helmizar. (2010). Studi Eksperimental Pengukuran Head Losses Mayor (pipa PVC 3/4") dan Head Losses Minor Belokan Knee 90 diameter 3/4") Pada