

## ANALISA KEGAGALAN PIPA SUPERHEATER PADA BOILER TIPE PIPA AIR

**Sukadi\*, Novarini\*\***

\*Dosen Teknik Mesin, Politeknik Jambi

\*\*Dosen Teknik Mesin, Politeknik Jambi

email:sukadi@politeknikjambi.ac.id

### ABSTRAK

Pipa *superheater* sering mengalami permasalahan yaitu terjadi pecah pada permukaan dinding pipa. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah kerusakan pipa superheater diakibatkan oleh terjadinya *overheating* selama boiler beroperasi. Metode yang digunakan dalam analisa terjadinya *overheating* dengan menganalisa permukaan pipa yang retak dengan pengamatan visual, pengujian struktur mikro dan uji kekerasan Vickers. Hasil Analisa pengamatan visual didapatkan kerusakan pecah pipa *superheater* berbentuk mulut ikan dan terjadi pengembungan. Hasil pengujian kekerasan didapatkan pada pipa superheater yang rusak memiliki kekerasan yang lebih rendah dibanding pada bagian pipa yang tidak rusak. Dari hasil pengujian struktur mikro didapatkan diameter butiran pada pipa *superheater* yang rusak sebesar  $0,0755 \mu\text{m}$  dan pada bagian yang tidak rusak sebesar  $0,0534 \mu\text{m}$ . Dari hasil pengamatan visual, uji kekerasan, uji struktur mikro kemungkinan terjadinya retak dikarenakan *overheating* pada pipa *superheater*.

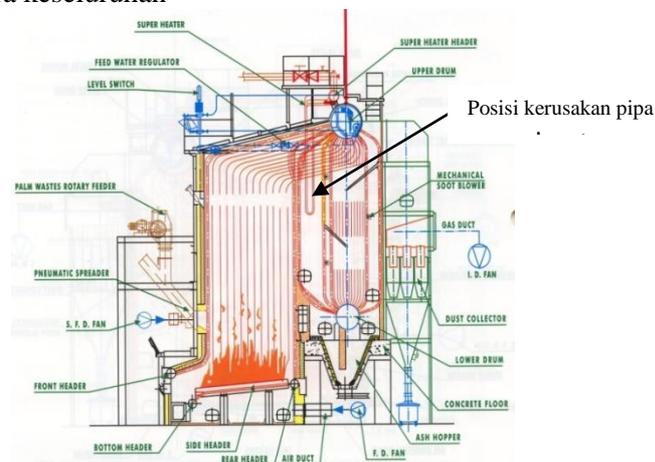
Kata kunci : Pipa *superheater*, *overheating*, uji kekerasan, uji struktur mikro

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Boiler merupakan *equipment* yang memiliki peranan yang sangat penting pada proses pengolahan kelapa sawit. Uap hasil dari *equipment* tersebut dipergunakan untuk menggerakkan generator untuk mensuplay kebutuhan listrik dan untuk proses produksi.

Proses terbentuknya uap pada boiler terjadi di bagian pipa *superheater*. Pipa tersebut merubah air menjadi uap yang kemudian didistribusikan ke turbin dan ke *equipment* lain yang memerlukan panas. Pipa *superheater* sering mengalami permasalahan yaitu terjadi pecah pada permukaan dinding pipa. Hal ini sangat merugikan karena proses produksi pengolahan kelapa sawit terhenti secara keseluruhan



Gambar 1.1. Posisi Pipa Superheater pada Boiler Tipe Pipa Air

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah kerusakan diakibatkan karena terjadinya *overheating* selama boiler beroperasi.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

*Package boiler* merupakan pembangkit uap yang masuk dalam tipe boiler pipa air (*water tube*) dimana untuk operasinya memakai bahan bakar gas alam. Air umpan berasal dari dearator yang dipompakan oleh boiler feed water pump. Air yang masuk ke drum uap sebelumnya mendapatkan pemanasan awal saat melalui economizer. Pemanasan lanjut terjadi pada uap dari drum uap menuju ke pipa superheater (Sukandar 2002)

Kegagalan di tube superheater package boiler dipengaruhi terjadinya *long term overheating* di daerah pipa superheater (Robert. & Harvey 1991) dan telah dilakukan penelitian oleh (Purbolaksono et al. 2009), dimana didapatkan hasil bahwa dengan metode elemen tak hingga, Short-term overheating sebagai hasil dari pemusatan aliran gas hasil pembakaran (flue gas) yang menghasilkan formasi kerak (clinker) secara besar-besaran di daerah primary superheater yang dianggap sebagai mekanisme kegagalan

Retak pada pipa superheater dimulai dari heat-affected zone (HAZ) akibat dari proses pengelasan. Suhu dan tegangan operasi menunjukkan indikasi bahwa pipa tersebut mengalami suhu operasi yang tinggi (Rahman & Kadir 2011)

Mekanisme kegagalan pipa superheater primer adalah kombinasi dari tegangan operasi yang tinggi melebihi tegangan maksimum yang diijinkan dan overheating lokal sebagai akibat terkonsentrasinya aliran gas buang pada suhu tinggi. Penyebab utama yang dikaitkan dengan prosedur operasi memaksakan tekanan uap yang relatif tinggi dan penggunaan batubara dengan suhu fusi abu lebih rendah dari suhu tungku api. Abu kimia batubara diidentifikasi sebagai penyebab kerusakan tersebut (Ahmad et al. 2012)

Hasil analisa tegangan menunjukkan terjadi panas yang berlebih (*overheating*) pada tube superheater. Sesuai analisa tegangan bahwa tegangan izin pipa lebih kecil dari tegangan yang terjadi, sehingga pipa pecah dan secara pengamatan visual didapatkan pipa menggelembung dan retakan berbentuk mulut ikan (Sarisyuda et al. 2012)

Pembentukan oksida diidentifikasi sebagai mekanisme kegagalan utama dalam superheater tube yang dihasilkan dari overheating pada superheater tersebut (Koshy 2015)

Kegagalan pipa superheater dikarenakan kerusakan creep parah yang disebabkan oleh suhu logam tinggi selama beroperasi. Kemungkinan penyebab suhu logam tinggi dikarenakan aliran uap yang tinggi dan terjadi penyumbatan parsial, adanya deposit tebal pada permukaan ID pipa dan suhu gas buang yang tinggi (Saha & Roy 2017)

## 3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam analisa terjadinya *overheating* dengan menganalisa permukaan pipa yang retak dengan pengamatan visual, pengujian struktur mikro dan pengujian kekerasan Vickers

Pengamatan visual dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung pada kerusakan pipa *superheater* yaitu dengan mengamati bentuk retakan kerusakan dan perubahan bentuk lingkaran pipa.

Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui ukuran butiran mikro dari material dimana akan dibandingkan ukuran butir pada daerah yang rusak dengan ukuran butir di daerah yang tidak rusak. Menurut (ASTM 1996) untuk memastikan perbedaan ukuran butiran berdasarkan ASTM E112. Metode *Planimetric* maka dilakukan perhitungan diameter butir mikro dengan menggunakan rumus

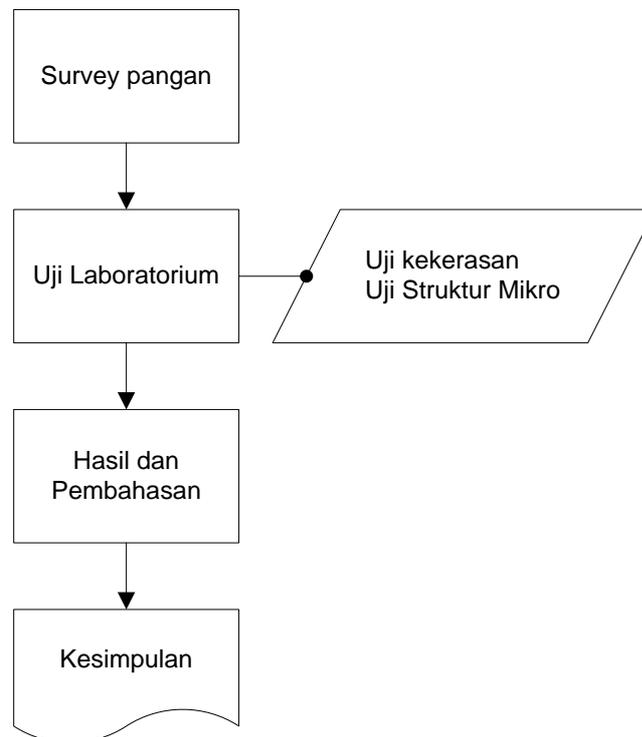
$$NA = f(N_{\text{Inside}} + \frac{N_{\text{Interseptec}}}{2}) \quad (2.1)$$

Hasil perhitungan jumlah butir (NA) kemudian digunakan untuk menghitung ukuran butir (G) dengan persamaan 4.2 sebagai berikut:

$$G = (3,322 \log(NA)) - 2,95 \quad (2.2)$$

Daerah yang mengalami pemanasan berlebih maka ukuran butiran mikronya akan mengalami pembesaran.

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode pengujian kekerasan Vickers dengan membandingkan kekerasan pada daerah yang rusak dengan daerah yang tidak rusak. Pengujian kekerasan ini ntuk mengetahui terjadinya pemanasan pipa superheater yang berlebih (overheating). Overheating terjadi jika terjadi pelunakan pada bagian pipa yang rusak.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pengamatan Visual

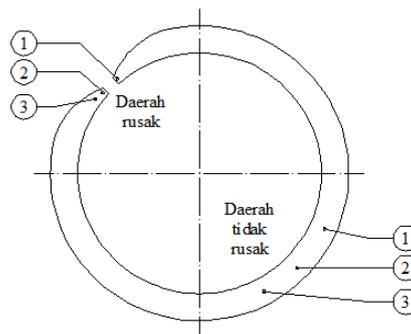
Dari hasil pengamatan secara visual gambar 4.2 didapatkan kondisi pipa superheater mengalami retak dimana bentuknya mirip mulut ikan, dan terjadi pengembangan pipa



Gambar 4.1. Retak pada Pipa *Superheater*

### 4.2. Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada daerah yang rusak dan pada daerah yang tidak rusak sesuai gambar 4.2. dimana masing-masing daerah diabil data 3 kali.



Gambar 4.2. Posisi Pengujian Kekerasan

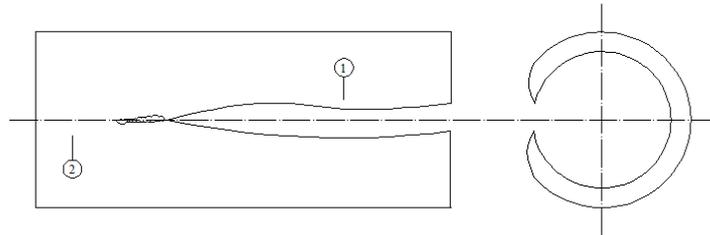
Tabel 4.1. Pengujian Kekerasan

Posisi	Titik	P (kgf)	D1 (mm)	D2 (mm)	D (mm)	Kekerasan Vickers (kgf/mm <sup>2</sup> )
Daerah rusak	1	20	0.74	0.686	1.083	27.010
	2	20	0.631	0.678	0.97	33.670
	3	20	0.626	0.656	0.954	34.809
	rata-rata Kekerasan Vickers					
Daerah tidak rusak	1	20	0.534	0.587	0.8275	46.265
	2	20	0.574	0.589	0.8685	42.000
	3	20	0.575	0.572	0.861	42.735
	rata-rata Kekerasan Vickers					

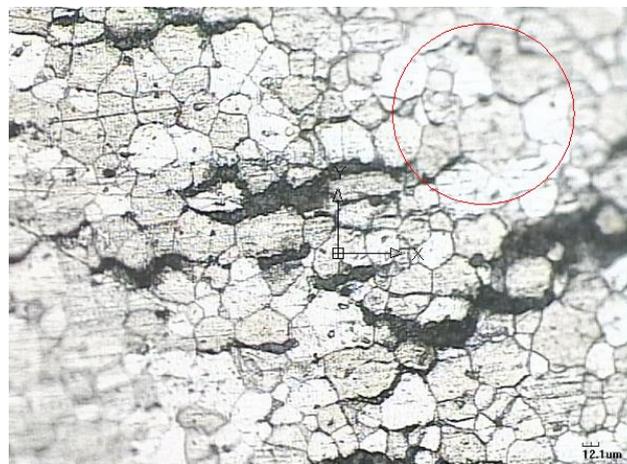
Hasil dari pengujian kekerasan menunjukkan bahwa pipa pada bagian yang rusak memiliki nilai kekerasan yang lebih kecil dari pada bagian yang tidak rusak. Hal ini dikarenakan akibat dari proses panas berlebih yang terjadi pada saat operasi ketel uap.

### 4.3. Uji Struktur Mikro

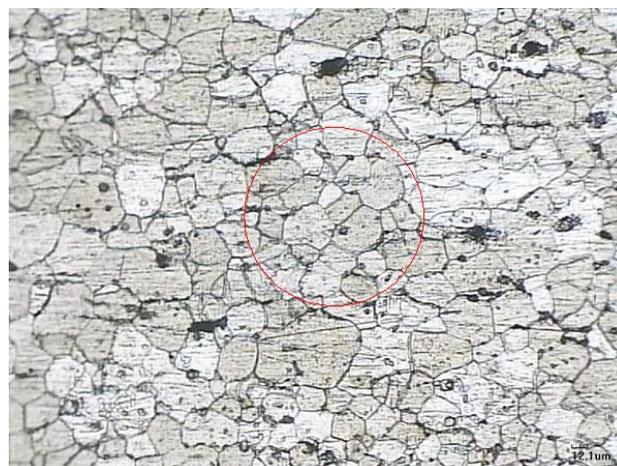
Uji struktur mikro dilakukan di dua titik yaitu daerah rusak dan daerah yang tidak rusak seperti terlihat pad gambar 4.4.



Gambar 4.2. Posisi Pengujian Struktur Mikro



Gambar 4.3. Struktur Mikro pada Bagian Pipa yang Rusak pembesaran 200X



Gambar 4.2. Struktur Mikro Pada Bagian Pipa Yang Tidak Rusak Pembesaran 200X

Pada Pipa yang Rusak

$$NA = 8(17 + \frac{12}{2}) = 184$$

$$G = (3,322 \log(184)) - 2,95 = 4,57$$

Dengan melihat tabel 4 ASTM E112-10 maka diameter butiran mikro sebesar 0,0755  $\mu\text{m}$

Pada Pipa yang Rusak

$$NA = 8(32 + \frac{18}{2}) = 328 = 5,41$$

$$G = (3,322 \log(328)) - 2,95 = 4,57$$

Dengan melihat tabel 4 ASTM E112-10 maka diameter butiran mikro sebesar 0,0534  $\mu\text{m}$ .

Dengan ukuran butiran mikro di bagian pipa yang rusak lebih besar disbanding ukuran butiran mikro pada bagian yang tidak rusak maka terindikasi bahwa pada pipap yang rusak mengalami overheating.

Overheating terjadi karena terjadinya deposit (kerak) pada bagian dalam pipa maupun pada bagian luar pipa. Dimana untuk didalam pipa deposit terbentuk akibat dari kotoran yang terbawa dari air umpan ketel uap sedangkan pada bagian luar pipa deposit terbentuk dari kotoran yang terbawa dari abu hasil pembakaran.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

1. Hasil Analisa pengamatan visual didapatkan kerusakan pecah pipa *superheater* berbentuk mulut ikan dan terjadi penggembungan, dan ini merupakan indikasi selama operasi terjadi *overheating* pada pipa
2. Hasil pengujian kekerasan didapatkan pada pipa *superheater* yang rusak memiliki kekerasan yang lebih rendah dibanding pada bagian pipa yang tidak rusak. Dengan kondisi tersebut pipa yang rusak mengalami pelunakkan.
3. Dari hasil pengujian struktur mikro didapatkan diameter butiran pada pipa *superheater* yang rusak sebesar 0,0755  $\mu\text{m}$  dan pada bagian yang tidak rusak sebesar 0,0534  $\mu\text{m}$ . pembesaran ukuran butiran mikro terjadi akibat adanya *overheating* yang terjadi pada pipa *superheater*
4. *Overheating* terjadi akibat perpindahan panas pada pipa terhambat yaitu dengan adanya deposit (kerak) baik pada bagian dalam maupun pada bagian luar pipa.

### 5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian tentang fenomena terjadinya deposit (kerak) yang terjadi baik di dalam maupun diluar dinding pipa *superheater*

## DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, J. et al., 2012. High operating steam pressure and localized overheating of a primary superheater tube. *Engineering Failure Analysis*, 26(February 2011), pp.344–348.

Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2012.08.012>.

ASTM, 1996. E112: Standard Test Methods for Determining Average Grain Size. *West Conshocken*, 96(2004), pp.1–26. Available at:

<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Standard+Test+Method+s+for+Determining+Average+Grain+Size#1>.

- Koshy, M., 2015. Super Heater Tube Analysis for Oxide Scale Growth at Various Operating Conditions. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 4(7), pp.6549–6553.
- Purbolaksono, J. et al., 2009. Failure case studies of SA213-T22 steel tubes of boiler through computer simulations. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22, pp.719–726. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jlp.2009.06.005>.
- Rahman, M. & Kadir, A.K., 2011. Failure analysis of high temperature superheater tube ( HTS ) of a pulverized coal-fired power station. In *Proceeding of the International Conference on Advanced Science, Engineering and Information Technology 2011*. pp. 517–522.
- Robert., P.D. & Harvey, H.M., 1991. The Nalco Guide to Boiler Failure Analysis. *Nalco Chemical Company, New York, McGraw Hill Inc.*
- Saha, A. & Roy, H., 2017. Failure investigation of a secondary super heater tube in a 140 MW thermal power plant. *Case Studies in Engineering Failure Analysis*, 8(May), pp.57–60. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csefa.2017.05.001>.
- Sarisyuda, Bustamisyam & Indra, 2012. ANALISA KEGAGALAN TUBE SUPERHEATER PACKAGE BOILER AKIBAT OVERHEATING. *MEKINTEK*, 3(1).
- Sukandar, 2002. Analisa Kerusakan Pipa Boiler Feed Water (BFW) pada Ujung Saluran Injektor Inhibitor. *Laporan Tesis, Magister Teknik Mesin FT-UI*.