

Analisis Fraktografi Dan Kerusakan Abrasif Water Wall Tube Boiler Pltu Tarahan

Sahlan

Jurusan Teknik Mesin, STT-PLN
Jln. Lingkar Luar Barat, Jakarta Barat
Email : sahlam_1956@yahoo.com

Abstrak

Analisis fraktografi keretakan mikroskopi yang telah dilakukan pada water wall tube PLTU Tarahan Unit 1, untuk mengamati kemungkinan atau seberapa banyak/besar creep yang terjadi dan akibatnya dari pengikisan abrasi material bed permukaan dinding luarnya. PLTU Tarahan merupakan desain boiler yang ramah lingkungan, yaitu menggunakan boiler tipe CFB (Circulating Fluidized Bed), dimana proses pembakarannya menggunakan perisid (inner bed) berupa pasir silika, batu kapur (lime stone) dan udara, sehingga gas asap kecerobong menjadi bersih, gas polutannya terikat oleh inner bed. Namun masalah yang sering di hadapi adalah dinding water wall tube terkikis atau terabrasi menjadi tipis, dan pecah oleh inner bed di tingkat pembakaran tingkat awal. Ini terjadi pada tube dinding ketinggian atau elevasi 14 m, yang mana pada elevasi ini, tube dinding, desain konstruksinya melengkung maka disanalah gesekan abrasif terjadi. Dan kemudian untuk mengetahui kriteria laju pengikisan tube dinding, maka dilakukan perhitungan berdasarkan pada pengumpulan data yang diperoleh. Dan dengan analisis fraktografi mempergunakan pengamatan SEM (Scanning Electron Microscope) dengan kisaran pembesaran 10.000X dan 30.000X.

Keywords: Refraktografi, creep, laju abrasi, tube dinding air

Pendahuluan

Sektor Pembangkitan Listrik (PLTU) Tarahan merupakan salah satu bagian dari unit operasi kerja PT. PLN Pembangkitan SUMBAGSEL, menggunakan jenis boiler yang ramah lingkungan dibanding dengan PLTU yang ada, yaitu boiler tipe CFB (Circulating Fluidized Bed), dimana pembakarannya menggunakan inner materials bed, seperti pasir, batu gamping/kapur (lime stone) dan udara pembakar. Namun, masalah yang sering di hadapi PLTU Tarahan adalah sering terjadi peristiwa pecah pada waterwall tube didaerah elevasi 14, (Gambar 1), yang diakibatkan oleh abrasif dari inner materials bed itu sendiri. Pertimbangan lain mengapa dipergunakan boiler jenis CFB pada PLTU Tarahan, ini lebih dikarenakan pemakaian bahan bakarnya menggunakan batu bara jenis bituminus yang kalori rendah, yang merupakan hasil utama tambang batu bara SUMBAGSEL, dan relatif dekat lokasinya dengan PLTU Tarahan.

Pada fenomena terjadinya kerusakan atau pecahnya water wall tube pada level 14 dari pengikisan atau penipisan akibat abrasi oleh Bed material yang terkandung didalam aliran gas hasil pembakaran

secara terus-menerus selama berlangsungnya operasi, dan pada akhirnya menggerus sedikit demi sedikit permukaan waterwall tube. Dan salah satu langkah yang sudah dilakukan adalah membuat perisai untuk melindungi level 14 dari aliran gas panas. Namun hal ini dianggap kurang efektif, karena akan terjadi pemanasan tube 14 tidak merata.

Untuk memastikan jenis kerusakan dan akibat laju kecepatan pengikisan/abrasi yang tinggi pada water wall tube level 14 maka dilakukan pemotongan sampel dan kemudian dilakukan analisis refraktografi, yaitu analisis keretakan didalam (bahan) logam berdasarkan pengamatan foto metalografi. Tujuannya adalah untuk mengamati keretakan skala mikroskopis dinding water wall tube yang terabrasi. Akibat penipisan dinding water wall tube maka akan berdampak terjadinya penurunan kekuatannya, dan pada tekanan dan suhu uap yang tinggi didalam tube maka menimbulkan creep (jenis retak mikroskopis pada suhu tinggi).

Dalam analisis fraktografi untuk mengamati creep yang terjadi didalam water wall tube menggunakan SEM (Scanning Electron Microscope) dengan kisaran pembesaran 10.000X dan 30.000X. Dari hasil analisis refraktografi ini nantinya diharapkan kita dapat

mengetahui seberapa besar atau seberapa banyak creep yang sudah terjadi dan jenis creepnya, serta kerusakan dan perubahan mikroskopisnya

Studi Pustaka

Boiler CFB

Konsep pembakaran dari jenis boiler CFB adalah :

- CFB Boiler mampu membakar dengan tingkat emisi yang rendah (SOx dan NOx yang sangat rendah).
- Coal dibakar pada bagian *bed of hot material* yang mengambang dan sirkulasi dalam *Furnace*, karena kecepatan udara yang tinggi sehingga menyebabkan fluidisasi pada *bed material*.
- Bed inventory* terdiri dari *coal fuel, sorbent, inert sand*, dan *reinject coal* dari *cyclone*.

Reaksi *Limestone* didalam *Furnace* untuk menurunkan kadar SO adalah sebagai berikut :

- $CaCO_3 + O_2 \rightarrow CaO + O_2$ (1)
- $CaO + SO_2 \rightarrow CaSO_3$ (2)

Untuk menurunkan kadar SO didalam *furnace*, *limestone* bereaksi sebagai berikut :

- $CaSO_3 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CaSO_4$ (*gypsum*) .. (3)

Bed material yang terkandung didalam gas asap yaitu terlarutnya atau tercampurnya partikel padat CaO dan CaSO₃ didalamnya. Dalam kurun waktu tertentu, akibat *bed material* yang terkandung didalam gas asap berdampak menyebabkan abrasi atau penipisan permukaan dinding luar *water wall tube*.

Laju Abrasi

Untuk menganalisis laju kecepatan abrasi pada sisi luar *water wall tube* akibat dilalui gas panas hasil pembakaran didalam tungku, menggunakan persamaan empiris, bahwa:

$$\text{Laju kecepatan abrasi (v)} = \frac{(t_o - t_a)}{n} [mm / jam] \dots\dots(4)$$

Dimana:

- t_o = tebal awal dinding *water wall tube* sebelum boiler dioperasikan [mm]

- t_a = tebal akhir dinding *water wall tube* setelah boiler dioperasikan [mm]

- n = lama/waktu boiler dioperasikan [jam].

Dan:

$$n = (\text{waktu akhir boiler dioperasikan} - \text{waktu awal boiler sebelum dioperasikan})$$

$$\dots\dots\dots(5)$$

Penurunan kekuatan

Akibat dari pengaruh penipisan ketebalan dinding *water wall tube* secara langsung menurunkan kekuatan mekanisnya, terutama penurunan kekuatan tekan. Pada batas tertentu penurunan nilai kekuatan tekan *water wall tube* dapat menyebabkan tube retak, belah atau pecah. Secara empiris batas nilai kekuatan tekan tube yang diijinkan ($\bar{\sigma}_p$) terhadap gaya putus (F) adalah:

$$F = \bar{\sigma}_p \cdot A [N] \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

$$\bar{\sigma}_p = \text{tekanan uap didalam boiler} = 60 \text{ bar} = 60 \text{ N/m}^2$$

$$A = \text{Luas penampang melintang tube [m}^2]$$

$$F = \text{Gaya putus pada tube [N]}$$

Dari referensi *commissioning* kontrak kerja diperoleh data, PLTU Tarahan, bahan untuk *Waterwall tube* dan *tube* pada panel *evaporator* menggunakan *material* ASTM SA 201 A1 yang mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Diameter luar (\emptyset OD) = 64 mm
- Ketebalan (T) = 6 mm

Namun, Langkah *retubing* baru akan diambil setelah *material* SA 201 A1 pada *waterwall tube* mendekati bahkan mencapai ketebalan minimum dari yang di anjurkan yaitu 3,36 mm, yaitu dimana ketebalan awal adalah 6 mm. Oleh karena itu, perlu dilaksanakan suatu teknik untuk “meramalkan/memprediksi” dan menentukan batas umur *tube* tersebut dilihat dari faktor utama yang menyebabkan terjadinya pengikisan *tube* tersebut, yaitu laju abrasif dari *bed material* yang digunakan.

Jenis kerusakan lelah akibat operasi suhu tinggi pada *tube boiler* adalah:

- Over heating* yang menyebabkan butir kasar.
- Over heating* yang menyebabkan pencairan fasa bertitik cair rendah.
- Retak *quench*
- Tegangan sisa
- Dekarburisasi
- Creep atau mulur suhu tinggi
- Abrasi.

Pada temperatur tinggi, kekuatan logam akan menurun sehingga deformasi plastis akan lebih mudah terjadi dan batas lelah menjadi tidak jelas (hilang) yang disebabkan oleh karena pengaruh mobilitas dislokasi.

Metodologi Penelitian

Dalam analisis kerusakan abrasi permukaan water wall tube dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (4) dan (5), dimana data waktu operasi dan ketebalan tube sebelum (t_0) dan sesudah (t_1) dicatat oleh operator inspeksi. Dan untuk analisis metalografi dilakukan dengan memotong bagian Level 14 (Gambar 1) yaitu pada daerah kritis yang terjadi abrasi atau pengikisan paling dalam. Dan kemudian dilakukan pengamatan refraktografi menggunakan SEM dengan pembesaran 10.000X dan 30.000X.



Gambar 1: Kerusakan abrasi akibat bed materials pada Level 14

Hasil dan Pembahasan

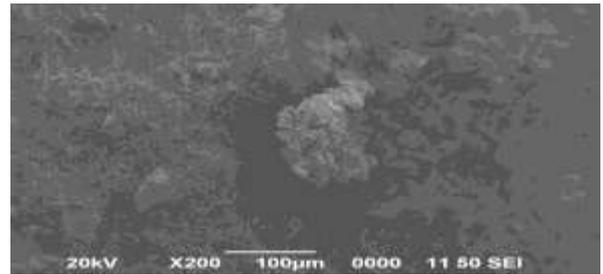
Dari hasil pengukuran ketebalan dinding water wall tube pada Level 14, yang dilakukan pada pengukuran awal operasi tanggal 1 Agustus 2007 dan pengukuran akhir tagal 18 Juli 2008 untuk masing-masing tube nomor 1, 2 dan 3, seperti pada Table 1, merupakan hasil perhitungan laju kecepatan abrasi dan penipisan masing-masing dengan menggunakan persamaan (4) dan persamaan (6).

Tabel 1: Hasil pengukuran abrasi dan perhitungan kekuatan

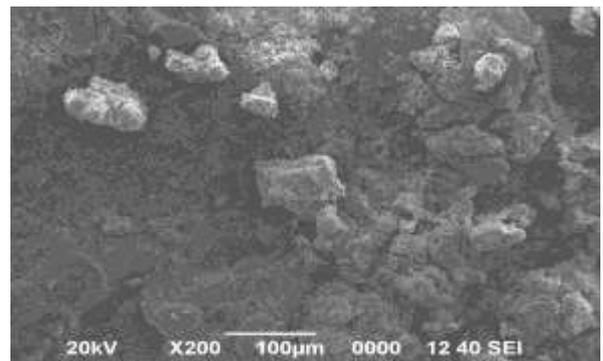
Tu be No.	Waktu/Ukur an awal (1-8-2007)	Waktu/Ukuran akhir (18 - 7- 2008)	Kecepatan abrasi (t mm/jam)	Jam oper asi	Penipisan (mm)	Penurunan kekuatan (N/mm 2)
1.	6 mm	3,85	2,402	8952	2,15 mm	16,3
2.	6 mm	4,76	1,586	8952	1,24 mm	13,2
3.	6 mm	5,02	1,095	8952	0,98 mm	10,5

Tu be No.	Waktu/Ukur an awal (1-8-2007)	Waktu/Ukuran akhir (18 - 7- 2008)	Kecepatan abrasi (t mm/jam)	Jam oper asi	Penipisan (mm)	Penurunan kekuatan (N/mm 2)
1.	6 mm	3,85	2,402	8952	2,15 mm	16,3
2.	6 mm	4,76	1,586	8952	1,24 mm	13,2
3.	6 mm	5,02	1,095	8952	0,98 mm	10,5

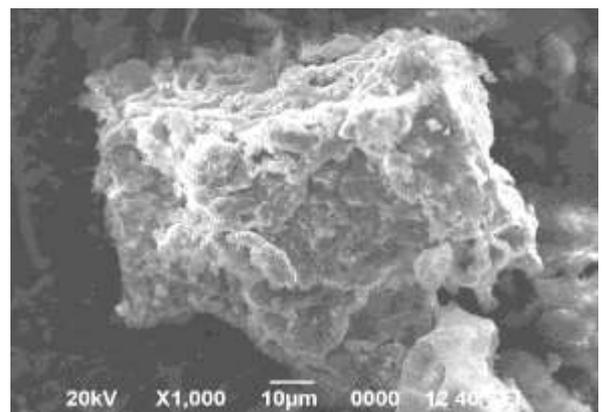
Hasil foto SEM seperti pada Gambar 2, merupakan hasil pencitraan water wall tuber Nomor 1 pada daerah yang paling kritis, dimana pengikisan yang terjadi sebesar 2,15 mm.



Gambar 2: Hasil foto SEM pembesaran 10.000X



Gambar 3: Foto SEM pembeesaran 20.000X



Gambar 4: Hasil foto SEM pembesaran 50.000X

Pada Gambar 2, memperlihatkan adanya retak creep jenis intragranular, yaitu jenis creep yang terjadi pembelahan butiran Kristal. Dan pada sisi yang lain sudah muncul Void-void yaitu awal permulaan creep. Ini bisa terjadi karena lebih disebabkan penurunan

ketebalan dinding water wall tube. Dan prediksi yang terjadi dalam waktu singkat 100 – 200 jam adalah sporadic creep yang merata dan selanjutnya dapat menyebabkan water wall tube pecah.

Hal ini dikuatkan dengan Gambar 5, dimana disana, pada gambar bawah (pojok) kanan terlihat adanya pemekaran creep yang sangat drastis. Creep pembelahan butiran Kristal diikuti adanya creep intergranular, yaitu creep antar butiran sudah mulai merekah lebar dengan ukuran 0,005 mm. Inilah yang terjadi pada creep berkelanjutan dalam waktu singkat. Prediksi waterwall tube sekitar 50 -100 jam kemungkinan pecah.

Hagel, William C., Sims, Chester T., dan Stoloff, Norman S., Superalloys II, John Wiley & Sons, New York 2009.

Kesimpulan

Hasil penelitian refraktografi pada kerusakan dan laju abrasi pada PLTU Tarahan Unit 1 bahwa:

1. Awal pengukuran saat awal PLTU akan dioperasikan yaitu pada tanggal 1 Agustus 2007 dan 18 Juli 2008, laju kecepatan abrasi yang paling besar terjadi pada tube nomor 1, sebesar $2,402 \times 10^{-4}$ mm/jam dan penipisan sebesar 2,15 mm. Dan penurunan kekuatan sebesar 41,3 N/mm². Artinya bahwa dalam kurun waktu operasi selama 8952 jam terjadi penurunan performansi yang sangat cepat, dan kemudian mendekati daerah bahaya yaitu hampir 50% dari ketebalan dinding water wall itu sebenarnya.
2. Dari dasar hasil pengukuran laju kecepatan abrasi dan penurunan kekuatannya, dan kemudian dibanding dengan hasil analisis refraktografi, seperti pada Gambar 2, 3 dan 4, menunjukkan bukti yang riil dan visual. dimana pada Gambar 2, terlihat adanya creep intragranular dan terjadi penyebaran void, sebagai bukti korelatif langsung hasil perhitungan dan pembuktian grafis. Gambar 3 dan 4 terlihat lebih nyata adanya creep menyebar sporadis merata, dan pada daerah tertentu sudah terlihat adanya creep butiran yang kemungkinan besar penyebab atau pemacu awal water wall tube pecah.

Daftar Pustaka

American Standard for Test Materials, ASTM SA 201 A1, 1999.

Ansory Kamil, Sistem Udara Pembakaran, PT. PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Tarahan, 2006

Dieter, George E., Mechanical Metallurgy, 6th edition, McGraw-Hill, Inc. 2003.