

ANALISA KERUSAKAN PIPA CFB BOILER UNTUK MENENTUKAN PROGRAM PEMELIHARAAN LANJUT

Stephanus Andry Christanto*¹, Ahmad Zayadi*, dan Marsudi**

*) Program Studi Teknik Otomotif, FTS, Universitas Nasional Jakarta
**) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UPN "Veteran" Jakarta
Jl. RS. Fatmawati Pondok Labu Jakarta Selatan - 12450
Telp. 021 7656971

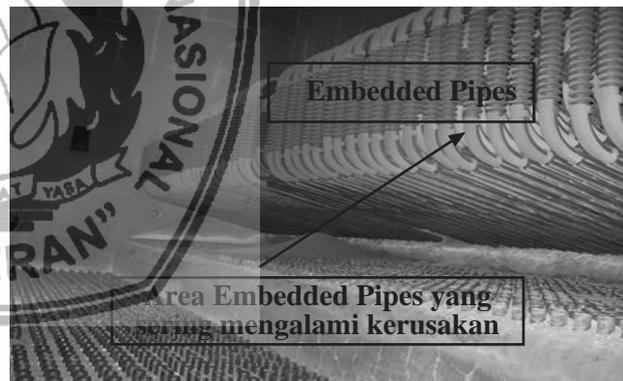
Abstract

Leaks in pipes of waterwall or boiler preheater is very unbeneficial to the industry because it will reduce the efficiency of a boiler. The first step to solve the problem of the leakage is to do some tests, such as the tests on metallographic, hardness, micro-structure testing, chemical substance of pipe forming, fraktography, and pipes drag. In addition, in order to know the level of pipeline corrosion, the observation on the laboratory testing of feed water is done. The results of the study showed that there is a thinning due to the corrosion erosion of the particles in the boiler combustion chamber. Some improvements have been made to prevent the corrosion erosion that is by reducing the intake of silica sand, air flow, and put a shield on the elbow or by coating the surface with a particular layer of ceramic pipes.

Key Words: CFB boiler, preheater, waterwall, corrosion erosion

PENDAHULUAN

Kebocoran *waterwall pipes* ukuran 2 inch di dalam ruang bakar (*furnace*) sering terjadi pada boiler jenis CFB (*Circulating Fluidized Bed*) terutama pada sisi (*embedded pipes area*). Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor diantaranya: (1) adanya gesekan antara material bahan baku boiler (partikel batu bara, pasir silika atau kapur) di dalam ruang bakar, (2) tekanan ruang bakar yang tinggi karena di suplai oleh 2 *fan blower* yaitu *primary fan blower* dengan kecepatan alir sebesar 6700 m³/jam dan *secondary fan blower* dengan kecepatan alir dan 8400 m³/jam, (3) Lay out pipa preheater yang membentuk *embedded* atau menjorok kearah dalam *furnace* sehingga bersentuhan langsung dengan material-material di dalam boiler, (4) pemasangan perisai pelindung (*shields*) *preheater pipes* belum optimal, dan (5) kemungkinan adanya laju korosi pada bagian dalam *preheater pipes* yang dapat diakibatkan dari kurang sempurnanya proses pengolahan sistem *feed water* yang digunakan.



Gambar 1.

Lay out embedded pipes yang sering mengalami kerusakan

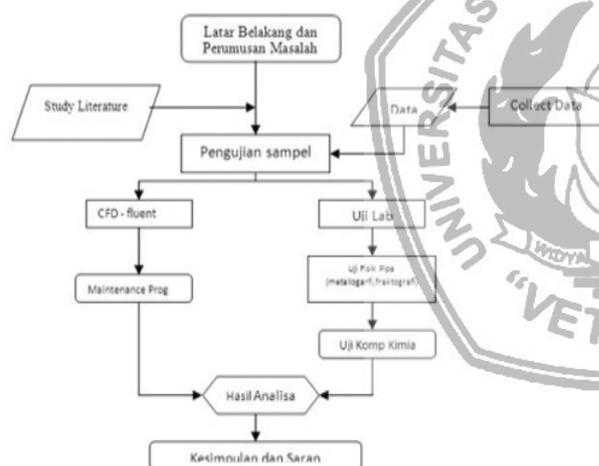
Batasan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) menganalisa kemungkinan penyebab kebocoran *preheater pipes* dengan ukuran 2 inch ini dari sisi material yang dipakai serta faktor-faktor operasi di dalam *furnace* boiler yang dapat mempengaruhinya, dan (2) memberikan alternatif-alternatif perbaikan agar kerusakan pada pipa tersebut dapat dikurangi intensitasnya atau waktu penggantianinya dapat diperpanjang sehingga lebih lama beroperasi tanpa adanya gangguan kebocoran.

¹ Kontak Person : Stephanus Andry C.
Prodi Teknik Otomotif
FTS Unas Jakarta
Telp. 021 7656971

Kasus kebocoran *preheater pipes* ini dimana *preheater pipes* tersebut berfungsi sebagai proses pemanasan awal air umpan (*feed water*) sebelum di proses ke proses selanjutnya, mengetahui sebab terjadinya kebocoran ini dapat diketahui tindakan kongkrit yang dapat diambil untuk proses pencegahan atau penggantian sistem perpipaan. Pengambilan data dan pengujian material dalam proses penelitian ini dilakukan dalam periode November 2011 s/d Maret 2012 dari sebuah pembangkit listrik salah satu pabrik kertas di Karawang, Jawa Barat.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang dipakai adalah analisa kerusakan pipa, yang dilakukan pada laboratorium metalurgi B2TKS Puspipstek Serpong, diawali persiapan material atau bahan uji berupa bahan *waterwall tubes pipa preheater boiler* yang menjadi objek penelitian sampai proses pengujian material pipa dan simulasi sifat alir yang terjadi pada ruang bakar (*furnace*) pada *boiler*. Adapun langkah-langkah penelitian sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram proses penelitian

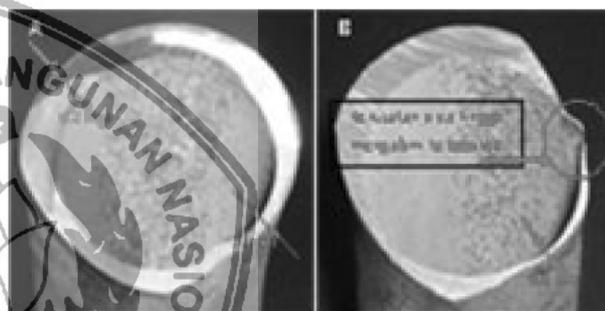
Berdasarkan hasil pengamatan dan analisa secara visual, maka penyebab kerusakan dan kebocoran pipa *preheater boiler* lebih dominan pada *external corotion-erotion*, dan untuk mendapatkan evaluasi kerusakan dan kebocoran pada pipa *preheater boiler* tersebut, diperlukan beberapa metoda pengujian diantaranya adalah: (1) pengukuran fisik material pipa, antara lain pengukuran diameter luar dan ketebalan pipa serta kerusakan fisik yang terjadi pada pipa, dan pengukuran diameter luar pipa yang mengalami penipisan akibat korosi-erosi, (2) pengujian

kekerasan pipa, (3) pengujian *metallografi*, (4) pengujian *fraktografi*, (5) pengujian ketahanan tarik dari pipa, (6) pengujian komposisi kimia pipa, (7) pengujian air umpan (*feed water*), dan (8) Pemodelan dengan software *CFD (Computational Fluid Dynamics)*.

Dengan metoda penelitian diatas diharapkan didapatkan hasil penelitian yang dapat memberikan gambaran penyebab kerusakan pada pipa *boiler* secara lebih detail dan komperhensif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Visual dan pemeriksaan *makroskopis* Pada setiap pipa mengalami penipisan yang beragam tetapi memiliki persamaan yaitu penipisan dengan tebal 0,5 mm s/d 1,0 mm dan tebal 6,2 mm berada pada sisi lengkungan pipa bagian luar dari pipa *preheater*.



Gambar 3. Foto potongan melintang makroskopis pipa preheater.

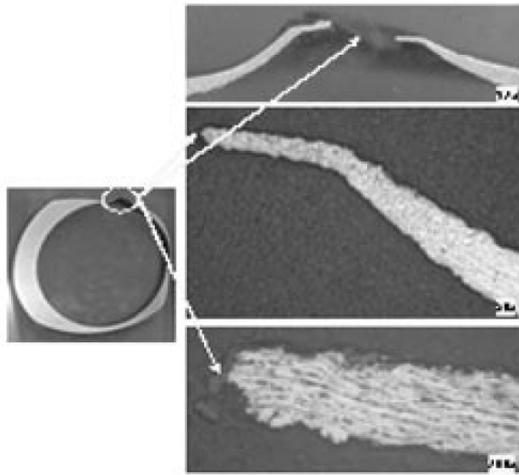
Gambar 3. Potongan melintang makroskopis pipa.

Fraktografi.

Analisa *makro fraktografi* tidak banyak informasi yang didapat karena sifat dari kerusakan pipa hanya berupa penipisan pada permukaan luar pipa saja, sedangkan pada permukaan dalam kondisi normal.

Metallografi

Hasil pengamatan dan pemeriksaan struktur mikro secara menyeluruh antara bagian yang tipis dan yang tebal tidak berubah strukturnya. Pada bagian yang tipis terutama diameter luar yang terkikis struktur mikro berupa *ferit* (putih) dan *perlit* (hitam) dan mengalami deformasi akibat benturan pasir/partikel debu batu bara. Pada diameter dalam terdapat oksida/deposit dari proses *water treatment* dan terdapat unsur tembaga (Cu) diduga larut dengan larutan kimia *water treatment* dari *tube exchanger*.



Gambar 4.

Struktur mikro diameter dalam terdapat kikisan akibat partikel pasir & batu bara serta deposit dari steam dan ditemukan material Cu (kuning)

Uji Kekerasan.

Pengujian kekerasan dilakukan dengan skala Vickers (HV) pada daerah tebal dan daerah tipis (lihat tabel hasil uji kekerasan), tidak terlihat perbedaan yang signifikan kekerasan antara yang tipis dan yang tebal berkisar 172-88 HV.

Uji Tarik.

Hasil pengujian tarik adalah (1) Sampel 1 Gaya maksimum = 64 KN, Tegangan tarik = 460,56 N/mm², (2) Sampel 2 Gaya maksimum = 66 KN, Tegangan tarik = 473,08 N/mm², dan (3) Sampel 3 Gaya maksimum = 67 KN, Tegangan tarik = 485,19 N/mm².

Uji Komposisi Kimia.

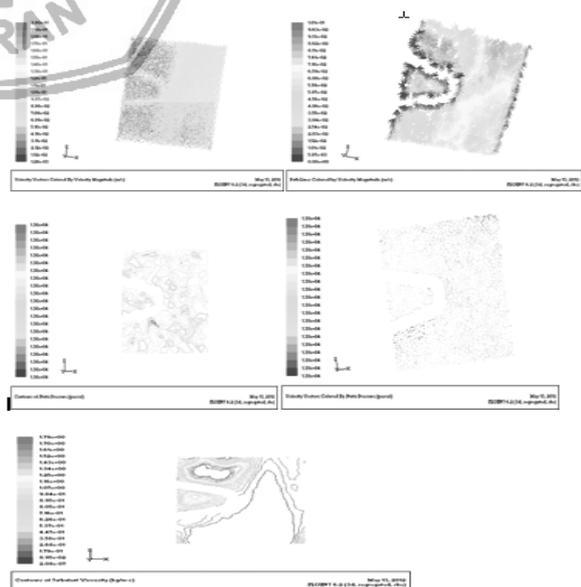
Tabel 1. Komposisi kimia sampel pipa.

Unsur	Nilai Kandungan Unsur (% berat)
Fe	98,9
C	0,189
Si	0,197
Mn	0,619
Cr	0,027
Ni	0,007
Mo	0,001
Cu	0,013
Al	0,008
V	0,002
W	0,002
Ti	0,002
Nb	0,003
S	0,001
P	0,002

Water Treatment Test

Hasil pengujian dari pengolahan *feed water* menunjukkan laju korosi yang rendah, tidak terlihat adanya laju korosi dilihat dari kadar Fe yang masih dibawah 0.02 ppm. Hanya ada beberapa hari dimana kandungan Silika diatas kewajaran hal ini biasanya terjadi karena kandungan air baku dari aliran Kali Malang pada daerah Karawang pada umumnya memiliki kandungan silika yang cukup tinggi dan tidak stabil.

Simulasi dengan software CFD.



Gambar 5.

Hasil simulasi *fluida di furnace boiler*

Pengujian Laboratorium

Kondisi operasi dan bahan baku boiler yang dipakai pada saat penelitian dilakukan adalah sebagai berikut:

Kapasitas Evaporasi	: 130 T/H
Steam Pressure	6,2 MPa : \approx 62 bar
Rata-rata Steam Pressure	: 480°C
Desain Temperatur Feed Water	: 105°C
Desain Temperatur Exhaust	: 140°C
Boiler Desain Eff	: 88,61%

Adapun desain bahan baku yang digunakan adalah:

Kalori batubara	: 5000 Kkal/Kg (arb)
Ukuran batubara	: 0-8 (input to furnace)
Kandungan debu (ash)	: < 6% (adb)
Kandungan Sulfur	: < 1% (adb)
Tambahan bahan bakar	: Limbah kayu atau saw dust pallet
Ukuran material bed silica	: 1-4 mm dan 4-6 mm
HGI (Hardgrove Grindability Index)	: min 45

Dengan desain yang ada dan hasil pengujian sampel pipa di laboratorium tidak menunjukkan adanya kelainan atau ketidakcocokan material dengan aplikasinya pada boiler CFB. Kerusakan pipa akibat mengalami penipisan dan mengakibatkan kebocoran ini lebih diakibatkan karena faktor eksternal berupa korosi erosi yang disebabkan adanya tekanan dari aliran yang diakibatkan dari 2 fan blower yaitu: (1) Primary blower fan dengan kecepatan alir sebesar 6700 m³/jam, dan (2) Secondary blower fan dengan kecepatan alir 8400 m³/jam.

Pemakaian pasir silika yang mencapai 1.05 kg/ton steam yang dihasilkan serta dilihat dari bottom fly ash yang terjadi selama ini yang bisa mencapai rata-rata 615 ton/bulan. Jumlah bottom fly ash tersebut juga diakibatkan kandungan silika yang ada dalam batu bara yang digunakan dan tidak ikut terbakar di dalam ruang bakar.

Kerusakan tersebut dapat diakibatkan karena adanya pengikisan material bed dalam furnace dengan bantuan pemodelan dan simulasi dengan bantuan perangkat lunak CFD (Computational Fluid Dynamics). Sehingga dapat diperoleh hasil sebagai berikut: (1) adanya kelebihan aliran yang diberikan pada saat pengoperasian boiler tersebut, (2) adanya kelebihan jumlah partikel baik dari partikel-partikel yang ada dalam batu bara maupun

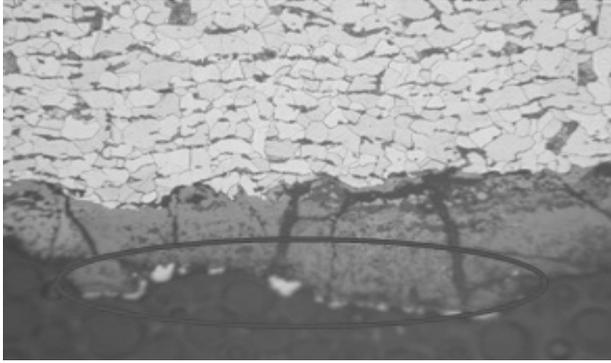
dari partikel pasir silika, (3) pressure dalam furnace masih cukup rendah dan merata, dan (4) temperatur dalam furnace kemungkinan masih cukup rendah.

Hasil pembahasan mengenai kondisi operasi CFB Boiler maka ada beberapa langkah yang dilakukan guna mengurangi kerusakan embedded pipe, diantaranya adalah: (1) memilih pemakaian pasir silika dengan diameter partikel 0-4 mm dibandingkan dengan diameter 4-6 mm serta mencoba mengurangi konsumsi pasir silika dari 1.05 kg/ton sampai menjadi sekitar 0.50 kg/ton. Hal ini untuk mengurangi solid profile dalam furnace. Dengan berkurangnya solid profile dalam furnace tanpa mengganggu proses pembakaran dalam furnace akan mengurangi friksi di dalam furnace yang pada akhirnya akan mengurangi kerusakan pada pipa boiler atau memperpanjang umur pakai pipa boiler itu sendiri, dan (2) mengurangi aliran udara dari primary dan secondary fan. Adapun pengurangan tersebut dapat disimulasikan terlebih dahulu berdasarkan hasil software CFD – Fluent dengan pengurangan sebagai berikut: Primary blower fan dari 6700 m³/jam menjadi 6000 m³/jam, dan Secondary blower fan dari 8400 m³/jam menjadi 6500 m³/jam.

Program Pemeliharaan lanjut

Program pemeliharaan preventif dilakukan untuk mencegah dan memperpanjang waktu operasi pembangkit yang mengalami kerusakan berupa kebocoran pada preheater boiler dilakukan dengan Condition Base Maintenance. Pemeliharaan ini dilakukan dengan melihat kondisi operasi boiler secara langsung dan indikasi-indikasi yang dianggap merupakan indikasi ketidaknormalan operasi boiler yang dapat mengindikasikan kerusakan atau kebocoran pada pipa preheater mulai terjadi. Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mengindikasikan mulai dilakukan pemeliharaan dengan condition base maintenance adalah: (1) pemakaian batu bara yang meningkat untuk mendapatkan steam yang dihasilkan dalam jumlah yang sama, (2) efisiensi boiler yang mulai menurun di bawah 88%, dan (3) jumlah bottom fly ash sudah semakin banyak. Sehingga dapat diindikasikan awal dari kebocoran boiler mulai terjadi dan harus dijadwalkan program perbaikan.

Indikasi kerusakan pada condenser ini dapat dilihat dari kandungan Cu dalam pipa preheater.



Gambar 6. Kandungan Cu dalam pipa preheater.

Kandungan Cu ini diakibatkan karena condenser mengalami kebocoran. Salah satu sebab kebocoran *condenser* adalah kurang optimalnya program pengolahan *feed water* sehingga korosi mulai terjadi pada *condenser*. Cara yang efektif dan cepat untuk mengatasi korosi pada *condenser* adalah: *cleaning secara kimia, dan cleaning secara mekanis/fisik*

SIMPULAN

Material yang digunakan untuk pipa *preheater boiler* adalah berupa baja karbon rendah dengan struktur mikro yang dominan berupa struktur *ferit equivalent* (putih) dan sedikit pulau-pulau *perlit* (hitam). Pipa mengalami kebocoran pada sisi *furnace* atau ruang bakar pada posisi antara posisi jam 4 sampai jam 3 pada sisi kiri ruang bakar dan posisi jam 8 sampai jam 9 pada sisi kanan ruang bakar dimana sisi pipa tersebut tepat bersentuhan langsung dengan aliran dari *primary* dan *secondary fan blower* sehingga mengalami gesekan (*wearing*) dan membentuk kerusakan berupa lubang atau kebocoran dengan berbagai macam ukuran.

Untuk memaksimalkan penggunaan pipa dan terhindar dari kasus seperti yang telah diuraikan pada bab 4 dan bab 5, maka diperlukan suatu metode atau simulasi yang dapat mengilustrasikan kejadian tersebut sebelum diaplikasikan dalam proses operasi boiler sehingga pemakaian dari pipa lebih panjang umur pakainya. sekali suatu pengembangan sistem perawatan lanjut untuk *CFB boiler* dengan *sistem embedded pipe* ini.

Pada sisi bawah *embedded pipe* yang menjadi bagian pipa boiler yang mengalami proses tumbukan awal dari hembusan *secondary* dan *primary fan blower* dimana terjadi aselerasi atau percepatan dengan masa batu bara dan pasir silika serta partikel-partikel lain yang dikandung oleh

batu bara itu sendiri dan menjadi media dan bahan bakar *boiler* sehingga menyebabkan terjadinya korosi erosi pada bagian-bagian tertentu dari *embedded pipe boiler* tersebut.

Penggunaan simulasi dari *software CFD - Fluent* dapat dilihat kondisi aliran udara dan material-material yang ada dalam ruang bakar boiler yang menyebabkan kerusakan atau kebocoran akibat korosi erosi pada *embedded pipe boiler* akibat adanya pengaruh gesekan (*wear effect*) dari percepatan aliran yang terjadi.

Hasil analisa sifat aliran udara dan material yang didapat dari hasil *software fluent* tersebut dapat disimpulkan adanya akumulasi pemakaian masa material atau partikel yang berlebihan sehingga dapat mempercepat kerusakan *embedded pipe boiler* akibat dari penggunaan pasir silika yang berlebihan dan diameter batu bara yang terlalu besar. Selain itu juga *flow rate* dari *primary* dan *secondary fan blower* lebih besar dari yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- ★ William D. Callister, Jr. *Fundamentals of Materials Science and Engineering*, Fifth Edition, Salt Lake City, Utah August 2000
- by Rajiv Asthana, Ashok Kumar, Narendra B. Dahotre, *Materials Processing and Manufacturing Science*, Elsevier Science & Technology Books, May 2005
- Kalpakkian Schmid, *Manufacturing Engineering and Technology*, 2001 Prentice-Hall
- Erik Oberg, Franklin D. Jones, Holbrook L. Horton, And Henry H. Ryffel, *Machinery's Handbook*, 2000 Industrial Press Inc. New York
- Michael Ashby, Hugh Shercliff and David Cebon, *Materials Engineering, Science, Processing and Design*, First edition 2007, University of Cambridge UK
- George E. Dieter, *Metalurgi Mekanik*, Edisi Ke 3, University Of Maryland, 1988
- Raswari, *Teknologi dan Perencanaan System Perpipaian*, Universitas Indonesia, 1986.
- Fuch, H.O. dan Stephenses, , *Metal Fatigue in*

Engineering, John Wiley and Sons, New York, 1980.

Nusyirwan, Manajemen Pembangkit Tenaga Listrik, ISTN, 2010.

Dieter, Mechanic of Metallurgy, Jilid 1 dan 2, McGraw-Hill Inc., Meryland, 1986.

Khurmi, Syllabus of Machanical Engineering Design for A.M.I.E (I) Section 'B' Examination , India

J.A. Collins, Failure of Material in Mechanical Design, John Wiley and Sons, 1981

Larry Horath, Fundamentals of Material Science for Technology, Prentice Hall, 2001

ASM Hand Book Failure Analysis and Prevention, ASM International, volume 11, 2002

ASM Hand Book, Fatigue and Fracture, ASM International, Volume 19, 1996

E. Sighley, Joseph, D. Mitchel, Larry, Perencanaan Teknik Mesin, Trans. Ir. Gandhi Harahap M. Eng, Edisi ke empat, PT. erlangga Jakarta, 1997

ASTM A 370, Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Product, 1987.

S.J. Goidich and T. Hyppanen, "Foster Wheeler Compact CFB Boilers for Utility Scale," 16th International Conference on Fluidized Bed Combustion, Reno, Nevada, May 13-16, 2001.

"CFB Boilers Technology and Foster Wheeler", Istambul, September 25, 2003.

"CIBO Fluid Bed Conference Panel CFB, Alstom Boiler Design Upgrades," Alstom, May 18, 2004.

