

ANALISIS KERUSAKAN MATERIAL PADA *HIGH PRESSURE HEATER* TERHADAP SUMBATAN PRODUK KOROSI DI PEMBANGKIT TENAGA UAP

Satrio Herbirowo^{1*}, Ika Ismail²

¹Pusat Penelitian Metalurgi dan Material, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Tangerang Selatan, Gedung 470 Kawasan PUSPIPTEK, Banten, 15314

²Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Jalan Sukarno Hatta Km. 15, Karang Joang, Kalimantan Timur, Indonesia, 76127
satrio.herbirowo@lipi.go.id

Abstrak

Korosi dan kerusakan material merupakan salah satu masalah terbesar yang dialami Industri Energi seperti Migas dan Pembangkit Listrik sebagai peran penting distribusi energi listrik sehingga perlunya sebuah analisis untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan material tersebut sebagai upaya mitigasi agar kerusakan tersebut bisa diminimalisasi dan dicegah. Pada penelitian ini bertujuan menganalisis penyebab kerusakan material pada HP (High Pressure) Heater di Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang mengalami kendala sumbatan dengan tindakan karakterisasi dari produk korosi sumbatan mencakup analisis visual menggunakan boroscope, senyawa yang terbentuk dengan XRD, dan morfologi struktur mikro serta komposisi unsur dengan SEM-EDX. Dari hasil analisis visual didapat produk korosi berwarna kecoklatan menempel di dinding tube kedalaman 3-4 meter, produk korosi tersebut terdeteksi senyawa besi oksida (FeO) dan Magnesium Besi Oksida (MgFeO), adapun struktur mikro terdapat inklusi memicu inisiasi retak dan terdapat unsur oksida sebesar 47,81% at.

Kata kunci: Korosi, *High Pressure Heater*, Pembangkit Listrik Tenaga Uap, XRD

Abstract

Corrosion and material failure was one of the biggest problems in the energy industry such as oil, gas and power plants so that the need for an analysis to investigated the cause of the material damage as a mitigation measure that the failure can be minimized and prevented. This research aims to analyze the causes of failure materials on the HP (High Pressure) Heater in Electric Steam Power Plant with characteristics of blockage corrosion products including visual analysis using boroscope, compounds formed with XRD, and microstructure morphology and elemental composition using SEM-EDX. From the results of the visual analysis, it was found that the corrosion product was brownish on the tube wall with a depth of 3-4 meters, the corrosion product was detected by iron oxide (FeO) and Magnesium Iron Oxide (MgFeO), while the microstructure contained inclusions triggering crack initiation and an oxide element 47.81% at.

Keywords: Corrosion, High Pressure Heater, Electric Steam Power Plant, XRD

PENDAHULUAN

Indonesia banyak bermunculan industri-industri yang mempunyai pengaruh cukup besar terhadap tingkat pencemaran pada lingkungan. Fenomena alam dan material khususnya logam mempunyai suatu keterikatan dalam suatu sistem dan proses.

Permasalahan korosi banyak dialami pada komponen-komponen boiler. Ini disebabkan kurangnya pengawasan terhadap pengolahan air pada ketel uap dimana kualitas air ditentukan oleh zat-zat yang terkandung di dalamnya yaitu O₂ dan CO₂ yang dapat mengakibatkan kerak atau deposit pada boiler. Kerak tersebut

mengakibatkan terbentuknya oksida besi yang menempel pada dinding boiler (Imran, 2014).

High pressure heater adalah sebuah *closed feedwater heater* yang merupakan salah satu komponen di dalam instalasi suatu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Alat ini berfungsi untuk memanaskan air pengisi *boiler feedwater* sebelum air tersebut memasuki boiler. HP Heater di PLTU mengalami kendala berupa sumbatan yang mempengaruhi sistem operasi sehingga perlu adanya inspeksi dan HP heater pun terindikasi adanya korosi.

HP heater atau *feed water* pada dasarnya adalah sebuah penukar panas, di mana uap bisa dihasilkan lebih banyak diekspansi dalam turbin kemudian digunakan untuk memanaskan air umpan dari pembangkit listrik dengan cara mencampur dua aliran cairan atau tanpa pencampuran keduanya. Beberapa jurnal atau literatur kegagalan pada HP heater adalah korosi erosi, korosi intergranular dan korosi retak tegangan serta korosi oksidasi (Rafaa Abbas Al-Baldawi, 2012).

Pada kasus *HP heater* ini kasus kerusakan material dianalisis dengan metode analisis kegagalan (*failure analysis*). Temperatur operasi pada HP Heater adalah 310°C dan tekanan operasi pada HP heater adalah Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan penyebab kegagalan atau kebocoran material pada tube HP heater dengan beberapa pendekatan antara lain analisis visual, boroscope, morfologi SEM (*Scanning Electron Microscopy*) maupun EDS (*energy dispersive spectroscopy*) dan pengujian deteksi senyawa maupun fasa yang terbentuk dengan pengujian XRD (*X-Ray Diffactometry*).

METODE

Pada analisis kerusakan material dilakukan pemeriksaan kondisi *Tube Sheet* dan di dalam Tube HP Heater PLTU dengan beberapa peralatan serta tahapan sebagai berikut :

1. Membuka Main Hole HP Heater PLTU. Dimana dilakukan pengujian berupa *boroscope portable*, *boroscope extend cable*, *thickness meter olympus*, dan *notebook*.
2. Inspeksi dan pengambilan sampel penyumbat Tube. Pelaksanaan pekerjaan untuk mendapatkan visual kondisi dalam Tube 10% dari total 3158 Tube, posisi *upper bundle* dan *down bundle*. *Boroscope extend cable* dimasukkan perlahan kedalam Tube

untuk mendapatkan visual penyebab sumbatan, dengan kondisi kedalaman bervariasi. Untuk posisi *Upper bundle* penyumbatan terjadi di kedalaman 2-3 meter kondisi dalam tube kering tidak air, sedangkan posisi *down bundle* penyumbatan di kedalaman 4-5 meter kondisi ada air yang masih berada didalam tube.

3. Kemudian beberapa hasil produk korosi di uji melalui karakterisasi SEM-EDS untuk menganalisa struktur mikro dan komposisi unsur serta senyawa yang terbentuk dengan XRD.

Adapun spesifikasi material yang dianalisa terlampir pada tabel

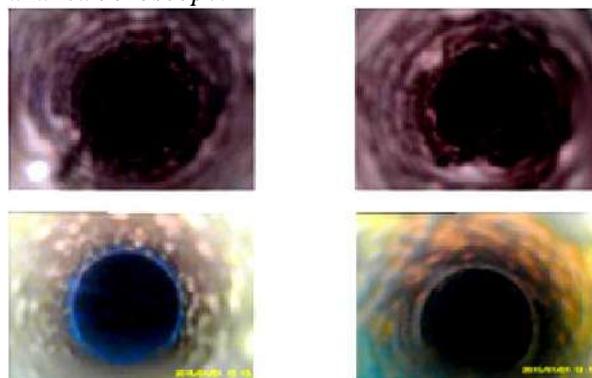
Tabel 1. Dimensi dari HP. Heater

Objek	Dimensi	Satuan
HP Heater 7 unit 3	Panjang	11 Meter
	ID tube	10 mm
	OD tube	15,875 mm
	Material	SA556 grade B 2

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan Visual

Berdasarkan *marking* lokasi titik tube yang dilakukan pengujian boroscope 10% dari 3158 tube baik posisi *upper bundle* dan *lower bundle*. Marking dilakukan pada 6 bagian Upper dan 6 lower , dengan 1 bagian ada 25 tube yang di analisa *boroscope*.

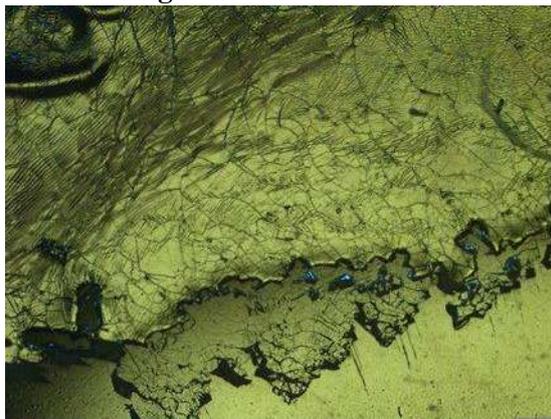


Gambar 1. Hasil pengamatan visual *boroscope* pada bagian upper dan lower tube heater

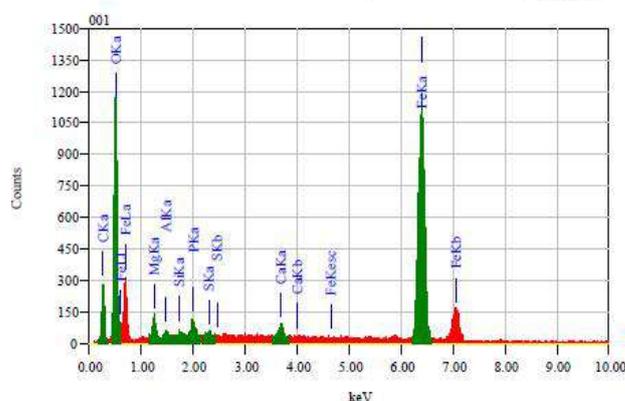
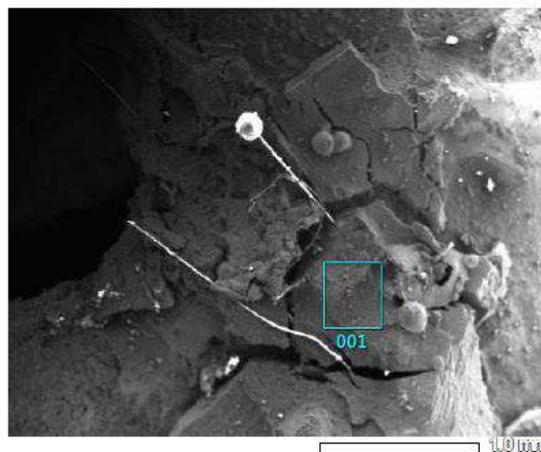
Pada gambar 1, Analisis hasil dari *boroscope* adalah produk korosi, yang menempel di dinding *tube* sehingga alat tersebut terhambat tidak dapat masuk ke tube lebih dalam jangkauan hanya di kedalaman 3-4 meter. Hasil produk korosi berupa kerak berwarna hitam kecoklatan.

Kerak-kerak itu kemudian dianalisis morfologi dan XRD. Pengamatan struktur mikro dilakukan pada terutama bagian kerak yang menempel pada tube. Tujuan dari struktur patahan adalah untuk mengetahui ciri-ciri patahan yang terjadi sehingga dapat diketahui kronologis terjadinya kerusakan dan penyebab terbentuknya produk korosi yang bisa diakibatkan oksida, scale dan sulfur [Ananda Rao, 2012]. Sedangkan pengujian XRD untuk menganalisa adanya produksi korosi dari puncak yang dihasilkan [Xiao Feng, 2016].

B. Hasil Pengamatan Struktur mikro



Gambar 2. Hasil analisis morfologi SEM pada diameter dalam HP *Heater*



Gambar 3. Hasil analisis SEM-EDX produk korosi

Dari hasil pengamatan boroscope kemudian diambil sebagian sampel potongan tube yang terkorosi yang ditampilkan pada gambar 2 kemudian diuji SEM-EDS untuk melihat morfologi dan hasil produk korosi yang dihasilkan sehingga bisa dianalisa jenis korosi yang ada.

Uji SEM EDS dilakukan untuk mencari unsur unsur kimia yang menjadi penyebab dari sumbatan tube. Dari hasil EDS terdapat unsur Fe,C,O, dan Mg yang dominan, terutama terdapat kandungan oksida sebesar 47,81%atom yang merupakan produk korosi yang terbentuk dari proses korosi material tube yang berbahan baja karbon dengan uap air.

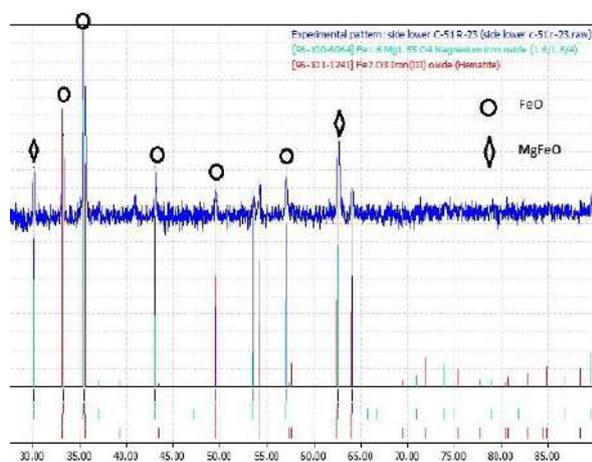
Dari analisis hasil SEM gambar 3, proses korosi yang terjadi kemungkinan merupakan korosi yang sudah menahun dan menyebabkan penipisan dari dinding *tube*. Hasil pengamatan boroscope memperlihatkan banyak tube yang sudah tersumbat berupa korosi yang menempel pada dinding tube baik pada sisi *upper Bundle* dan *lower Bundle*. Sumbatan kedalaman bervariasi, untuk sisi Upper berkisar 4-6 meter dan sisi Lower berkisar 2-3 meter.

Korosi disebabkan dari pengaruh temperatur tinggi, pressure tinggi, oksigen terlarut dan derajat keasaman dari air demin yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Kemungkinan lain bisa juga dari *chemical treatment* pada sistem demin water plant yang tidak bekerja dengan baik, pH modifier yang tidak berkerja karena pengaruh kekurangan dosis, failure dari instrument pembacaan, dan sistem kontrol yang tidak baik. Untuk itu prosedur pengecekan terhadap parameter-parameter air seperti *Disolve of Oxygen*, pH, dan TDS dari system air harus diperhatikan mencakup spesifikasi yang ditentukan dan juga harus terkontrol dengan baik sesuai standar operasi.

Dari hasil analisa SEM EDS tidak ditemukan unsur-unsur dari kesadahan seperti kalsium dan klor artinya system *water treatment* pada proses *softening* sudah bekerja dengan baik, resin *ion exchanger* masih dalam keadaan yang baik, sehingga kemungkinan besar faktor korosi yang terjadi disebabkan pH yang drop dari demin water atau oksigen terlarut yang tinggi sehingga dapat mengoksidasi material baja karbon pada tube HP heater dan reaksi oksigen dengan material baja karbon menghasilkan produk-produk oksida dari Fe.

Tube yang sudah dalam keadaan tersumbat seperti itu akan sulit untuk dibersihkan dengan *chemical cleaning* karena sumbatannya tidak memberikan celah dari chemical untuk melakukan penetrasi melarutkan oksida-oksida dari Fe yang ada karena tube merupakan area yang paling rawan terkena oksidasi (API 571, 2003).

C. Hasil analisis senyawa dengan pengujian XRD



Gambar 4. Hasil pengujian XRD sampel kerak dari tube boiler

Dari pengujian XRD pada gambar 4 hasil analisis menggunakan *software MATCH* menunjukkan adanya senyawa besi oksida dan magnesium oksida yang merupakan hasil produk korosi. Ini menunjukkan adanya proses korosi temperatur tinggi yang diakibatkan proses oksidasi pada tube. Oksida akan membentuk *scale* pada dinding tube HP heater. Hasil ini juga dianalisa oleh Nam-Hyuck Lee pada jurnalnya dimana pada pengujian XRD pada boiler pada komponen *power plant*. (Nam-Hyuck Lee, 2009)

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil inspeksi *boroscope 10 % sampling* dari 3158 tube yang ada, dilakukan pada bagian upper bundle dan lower bunddel mendapatkan hasil tube tersumbat dari kedalaman 2-3 meter untuk upper bundle dan 4-5 meter untuk *lower bundle*.

Hasil analisis XRD memberikan informasi bahwa sumbatan yang ada merupakan produk korosi dari material baja karbon dan merupakan produk korosi FeO dan MgFeO.

Sumbatan dari produk korosi tersebut setelah dilakukan dianalisis dari pengujian SEM-EDX bahwa dari struktur mikro terdapat inklusi memicu inisiasi retak dan terdapat unsur oksida sebesar 47,81%at. Adapun saran untuk mendapatkan *heat transfer* yang baik dan optimal dari *HP Heater* adalah dilakukan *re-tubing*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada tim teknisi kegagalan material PT. Farlatek dan Pusat Penelitian Metalurgi Material LIPI dalam menganalisis dan mengkarakterisasi material.

DAFTAR PUSTAKA

- Sidiq, Fajar. 2013. Analisa Korosi Dan Pengendaliannya. *Jurnal Foundry Vol. 3 No. 1 April 2013 ISSN : 2087-2259*
- Imran, Mohammed. 2014. *Effect of Corrosion on Heat Transfer through Boiler Tube and Estimating Overheating. International Journal of Advanced Mechanical Engineering. ISSN 2250-3234 Volume 4, Number 6 (2014), pp. 629-638 © Research India Publications*

- Al-Baldawi, Rafaa, Abdullah, Najm. 2012. *Tube Damage Mechanism and Analysis in Feed Water Heaters*. *Journal of Engineering and Development*, Vol. 16, No.1, March 2012 ISSN 1813- 7822
- ASM Handbook Volume 10. 1986. ASM International.
- Rao, Ananda, Narayanan, Sankara, 2012. *Failure investigation of a boiler bank tube from a 77 2 MW coal based thermal power plant in the northwest region of India*. *Engineering Failure Analysis* 36 (2012) 325-331
- Ding, Qun, Tang, Xiao-Feng, Yang, Zhen, 2016. *Failure analysis on abnormal corrosion of economizer tubes in a waste heat boiler*. *Engineering Failure Analysis*. S1350-6307(16)30382-X
- API Recommended Practice 571 Second Edition. 2011. *Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry*. Copyright American Petroleum Institute.
- Lee, Nam-Hyuck Lee, Kim, Sin, Choe Byung-Hak. 2009. *Failure analysis of a boiler tube in USC coal power plant*. *Engineering Failure Analysis* 16 (2009) 2031–2035