

PREDIKSI UNSUR KOROSIF PADA ABU TERBANG BATUBARA DENGAN ELECTRON PROBE MICROANALYZER

Harsisto

Puslitbang Metalurgi -LIPI, Kawasan PUSPIPTEK Serpong 15314

ABSTRAK

PREDIKSI UNSUR KOROSIF PADA ABU TERBANG BATUBARA DENGAN ELECTRON PROBE MICROANALYZER. Prediksi unsur-unsur korosif pada abu terbang batubara dengan alat Electron Probe Microanalyzer (EPMA) menunjukkan bahwa unsur oksigen dan unsur sulfur mendominasi produk korosi yang terjadi di ruang heat exchanger antara pipa baja karbon superheater dengan media abu terbang pada temperatur tinggi. Dalam produk korosi, unsur oksigen menyebar merata dan unsur sulfur lebih dominan mengendap di permukaan logam dasar pipa baja superheater. Unsur-unsur sodium dan klorida yang berasal dari udara pantai yang terhisap untuk proses pembakaran di boiler juga cukup banyak terdapat dalam produk korosi.

ABSTRACT

THE PREDICTION OF CORROSIVE ELEMENTS ON FLY ASH OF COAL FUEL BY ELECTRON PROBE MICROANALYZER. The prediction of corrosive elements on fly ash of coal fuel on the heat exchanger tube of carbon steel superheater in boiler systems by Electron Probe Microanalyzer (EPMA) detected the presence of sulphur and oxygen. Oxygen element was distributed in corrosion product and sulfur element was accumulated in the surface of base metal of carbon steel superheater tubes. The sodium and the chloride elements from atmosphere were detected on the corrosion product.

1. PENDAHULUAN

Semakin berkurangnya cadangan minyak bumi didunia dan masih banyaknya cadangan batubara khususnya di Indonesia, maka kecenderungan dan masa depan pemanfaatan bahan bakar batubara di industri-industri semakin meningkat.

Masalah yang timbul dengan pemanfaatan bahan bakar batubara di industri-industri dan pembangkit listrik adalah terbentuknya slagging di ruang bakar dan fouling di daerah heat exchanger dan sekitarnya yang sangat merugikan. Slagging yang mengendap sebagai bottom deposit terbentuk dari lelehan abu batubara di ruang bakar yang semakin lama semakin menumpung dan dapat menyumbat ruang bakar. Dengan tersumbatnya ruang bakar, maka perlu *overhaul* dan pembersihan slagging yang memakan waktu berhari-hari sehingga secara ekonomis sangat merugikan. Fouling yang terjadi di daerah wall tube, super heater, support tube hingga daerah economizer gas outlet merupakan endapan fly ash yang mengandung senyawa-senyawa kimia yang meleleh pada temperatur dibawah temperatur operasi. Masalah utama dengan adanya endapan fly ash atau fouling adalah dapat mengurangi efisiensi perpindahan panas, adanya penyumbatan disatu daerah dengan akibat di daerah lain terjadi akumulasi aliran gas yang membawa fly ash sehingga timbul masalah korosi erosi dan *overheating*. Lebih lanjut dengan adanya senyawa-senyawa kimia yang meleleh dibawah temperatur operasi dapat bereaksi dengan material didaerah heat exchanger.

Maksud penelitian yang dilakukan ini adalah untuk meneliti dan mengkarakterisasi unsur-unsur reaktif korosif yang terdapat dalam batubara melalui produk *fly ash* yang mengendap sebagai *fouling* di daerah pipa *super heater*, dengan urutan analisa sebagai berikut:

1. Analisa komposisi kimia pipa superheater
2. Analisa komposisi kimia batubara
3. Analisa komposisi kimia fly ash
4. Analisa komposisi kimia produk korosi
5. Pengujian dan analisa kualitatif yang dilanjutkan dengan analisa semi kuantitatif terhadap unsur-unsur impuritas yang ada dalam baja maupun unsur-unsur pembentuk produk korosi dengan alat EPMA.

Dengan adanya penelitian dan karakterisasi unsur-unsur reaktif korosif di boiler PT.PLN Pembangkitan Jawa-Bali di Paiton ini, diharapkan mampu menghindarkan kerusakan yang parah pada sistem boiler yang menggunakan bahan bakar batubara.

2. TATA KERJA

Penelitian penunjang yang dilakukan untuk memprediksi unsur-unsur korosif dalam bahan bakar batubara pada pipa baja superheater S 209T-1 dengan alat EPMA adalah:

1. Analisa ultimat batubara
2. Analisa abu yang terdiri dari abu "bottom deposit" dan abu terbang fly ash.

3. Analisa komposisi kimia pipa baja superheater dengan menggunakan alat spektrometer dan diuji ulang untuk kandungan unsur sulfur dan karbonnya dengan alat "carbon sulfur analyzer, CSA".

Penelitian utama dalam laporan ini adalah pengujian kualitatif dan semi kuantitatif terhadap unsur-unsur pemanas/impuritas dalam material pipa baja karbon superheater dan unsur-unsur pembentuk produk korosi dengan alat EPMA. Tahap awal pekerjaan ini dimulai dari pemilihan benda uji yang dapat mewakili keadaan yang sesungguhnya dan selengkap mungkin dari pipa baja superheater yang telah mengalami korosi suhu tinggi dilingkungan fly ash yaitu dengan mengambil bagian pipa yang mengalami korosi sumuran yang melebar dan menjebak produk korosi dengan baik. Setelah pengambilan benda uji dengan ukuran 1 cm², dilakukan preparasi dengan dimunting, dipoles dengan kertas amplas SiC dari ukuran 80# hingga 1000#, dicuci dengan air sabun, dibilas dengan air aquades dan dicuci ulang dengan aseton yang selanjutnya dietsa dengan larutan nital. Benda uji yang sudah dipreparasi dan siap diteliti, dipasang pada holder alat EPMA yang telah siap untuk dioperasikan. Langkah awal pengamatan adalah mencari posisi benda uji yang ideal dengan lensa mikroskop yang ada pada alat EPMA, tahap kedua melakukan pengambilan data-data analisa kualitatif yang dilanjutkan dengan analisa semi kuantitatif yang disertai pengambilan foto *back scattered electron* (BSC) dan foto-foto distribusi unsur-unsur dalam logam dasar maupun dalam produk korosi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian komposisi kimia batubara, abu dan material pipa baja superheater

Komposisi kimia batubara, abu kasar yang mengendap sebagai bottom deposit dan abu terbang ditunjukkan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Komposisi kimia batubara, abu kasar di EP.Hopper dan abu terbang di Silo

Senyawa kimia	Material		
	Batubara (%)	Abu EP. Hopper (%)	Abu Terbang (%)
SiO ₂	38,75	35,35	37,21
Al ₂ O ₃	19,12	18,85	17,91
Fe ₂ O ₃	16,39	13,33	15,25
TiO ₂	1,03	0,87	1,14
CaO	7,79	10,79	10,16
MgO	3,07	3,80	3,69
K ₂ O	0,75	0,98	0,67
Na ₂ O	2,91	8,48	7,53
P ₂ O ₅	0,14	0,007	0,006
SO ₃	9,79	5,75	4,30
Mn ₂ O ₄	0,08	0,12	0,11
Li ₂ O	-	1,46	1,50

Dari Tabel 1 dapat dilihat dan dipelajari bahwa jumlah kandungan senyawa-senyawa kimia dalam abu E.P. Hopper yang turun kebawah lebih dominan dari pada kandungan senyawa-senyawa kimia dalam abu terbang yang terbawa gas buang, kecuali untuk senyawa - senyawa : SiO₂, FeO₃, TiO₂ dan Li₂O.

Mengacu pada hasil penelitian para peneliti terdahulu, dimungkinkan senyawa-senyawa garam leleh yang meleleh pada temperatur dibawah temperatur operasi (yang biasanya bertemperatur antara 800 hingga 1000°C) dalam abu terbang adalah NaHSO₄(meleleh pada 249 °C), Na₂S₂O₇(399°C), Fe(SO₄)₂(480°C), K₂SO₄-K₂SO₇(407°C), Na₂Fe(SO₄)₃(538 °C) dan K₂S₂O₇(480°C). Untuk mengetahui asal dan korelasi kandungan unsur-unsur korosif yang ada dalam endapan produk korosi, perlu dilihat kandungan unsur-unsur yang ada dalam material baja superheater. Komposisi kimia material pipa dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Komposisi kimia material pipa baja superheater

Unsur	%	Unsur	%	Unsur	%
C	0,1208	Mo	0,4739	Ti	0,0016
S	0,0087	Is	0,2884	Sn	0,0010
P	0,0159	Mn	0,4308	Al	0,0065
		Ni	0,0265	Pb	0,0012
		Cr	0,0334	Nb	0,00024
		V	0,0072	Zr	0,0010
		Cu	0,0019	Zn	0,0029
		W	0,0019	Fe	98,6235

Dari Tabel 2, terlihat bahwa ada tambahan unsur-unsur vanadium dan sulfur yang menambah variasi atau jumlah senyawa garam leleh yang korosif dalam produk korosi yaitu senyawa 5Na₂O.V₂O₄.11V₂O₅(535°C), Na₂O.V₂O₄.V₂O₅(627°C) dan Na₂O.V₂O₅.(NaVO₃)(630 °C).

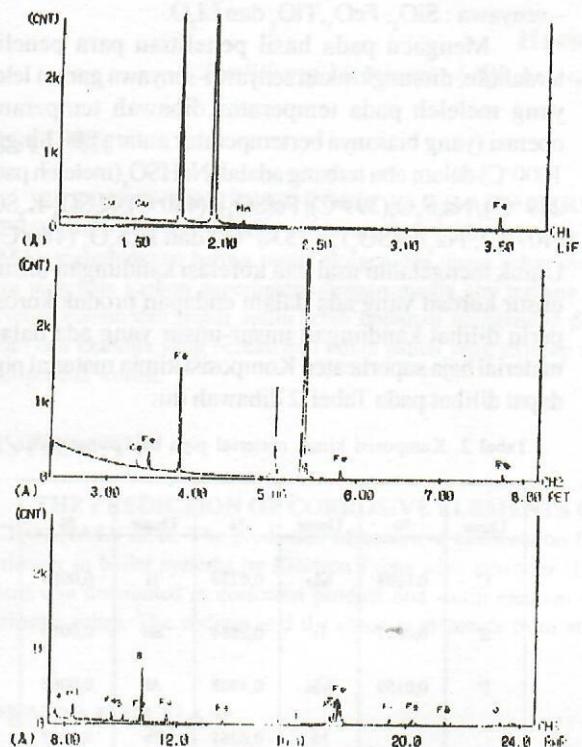
3.2. Analisa produk korosi dengan EPMA

Hasil analisa kualitatif produk korosi yang terjebak dalam celah korosi sumuran dapat dilihat dan dipelajari dari spektrum panjang gelombang sinar-X terdispersi pada Gambar 1 dan Tabel 3 di bawah ini.

Untuk mencari dan meneliti unsur-unsur korosif dan unsur-unsur yang membentuk senyawa garam leleh dengan cara analisa semi kuantitatif yang didasarkan pada hasil analisa kualitatif diatas, pada Gambar 2a hingga 2f disajikan hasil pemotretan dengan alat EPMA. Gambar 2a, menunjukkan citra atau photo *Back Scattered Electron*(BSC) dimana pada bagian tengah adalah produk korosi dan bagian pinggir adalah logam dasarnya. Dari gambar 2a dikembangkan untuk melacak

unsur-unsur korosif dan unsur-unsur yang dominan untuk membentuk garam leleh yang meleleh pada temperatur dibawah temperatur operasi yang berkisar antara 800 hingga 1000°C.

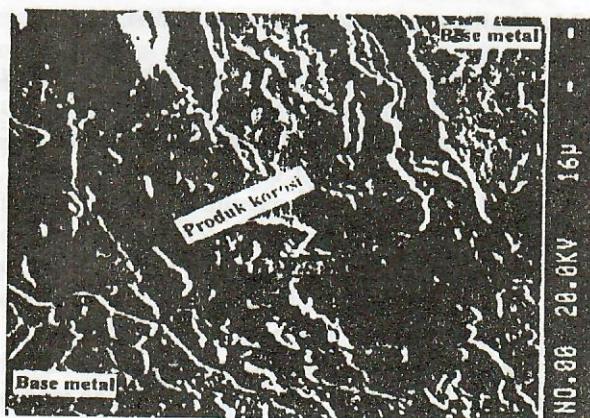
Dari gambar 2b, menunjukkan adanya distribusi unsur



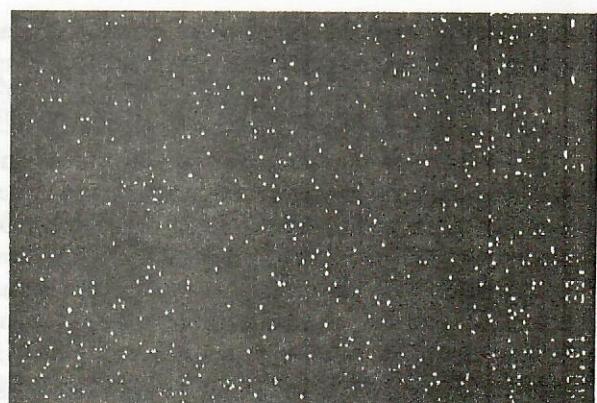
Gambar 1. Spektrum panjang gelombang sinar-X terdispersi

Tabel 3. Hasil pelacakan unsur-unsur dalam celah produk korosi dengan EPMA

Unsur	Chanel 1	Chanel 2	Chanel 3
Cu	+	-	-
Fe	+	+	+
Mn	+	-	-
Ca	-	+	-
Al	-	-	+
S	-	+	+
O ₂	-	-	+



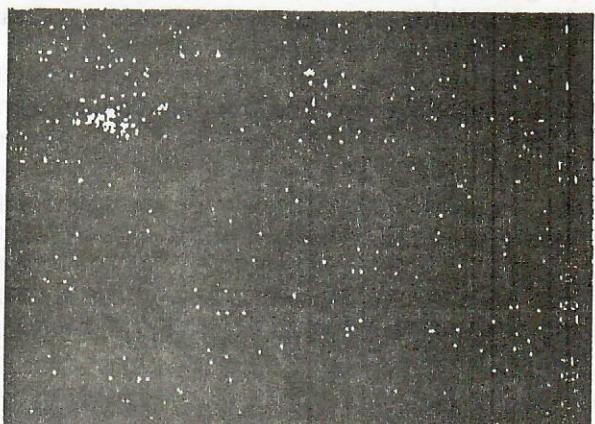
Gambar 2a. Photo Back Scattered Electron(BSC)



Gambar 2b. Photo sebaran unsur vanadium dalam endapan produk korosi



Gambar 2c. Photo sebaran unsur kalium dalam endapan produk korosi



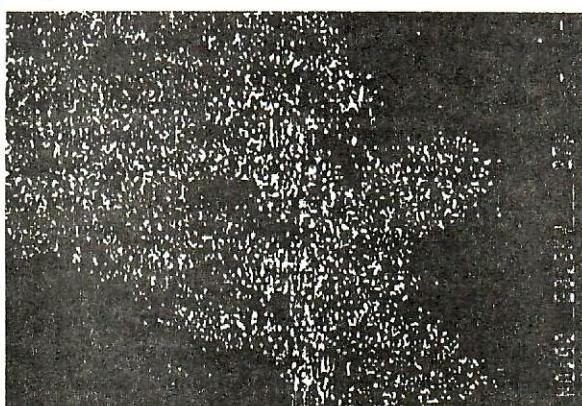
Gambar 2d. Photo sebaran unsur natrium dalam endapan produk korosi



Gambar 2f. Photo sebaran unsur sulfur dalam endapan produk korosi



Gambar-2g. Photo sebaran unsur oksigen dalam endapan produk korosi



Gambar-2e. Photo sebaran unsur khlor dalam endapan produk korosi

vanadium yang jumlahnya dapat dihitung dari jumlah titik-titik putih. Pada gambar 2c, menunjukkan kandungan unsur kalium yang lebih banyak jumlahnya bila dibandingkan dengan kandungan unsur vanadium diatas. Pada gambar 2d, menunjukkan jumlah kandungan unsur natrium yang relatif lebih sedikit. Dipihak lain, unsur-unsur anion atau halogen diketemukan sebagai unsur khlor, sulfur dan oksigen yang distribusinya dalam produk korosi dapat dipelajari dari gambar 2e,2f dan 2g. Dari gambar 2e hingga 2g, tampah bahwa unsur-unsur khlor dan oksigen terdistribusi secara merata didalam produk korosi, sedangkan unsur sulfur lebih dominan terkonsentrasi di daerah-daerah tertentu, terutama dibatas permukaan logam dasar atau dibawah endapan produk korosi. Keberadaan unsur sulfur tersebut menunjukkan bahwa hasil pengamatan para peneliti terdahulu tentang adanya pengendapan atau penetrasi senyawa garam leleh dari senyawa sulfida dapat dibuktikan. Adanya unsur natrium dan unsur khlorida dalam produk korosi dimungkinkan berasal dari udara pantai yang dihisap untuk proses pembakaran turbin atau boiler karena letaknya di tepi pantai.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan diatas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Material pipa baja superheater yang diteliti merupakan baja karbon rendah paduan rendah Mo(C-1/2 Mo) analog dengan standar ASTM SA-209 T1.
2. Diketemukan adanya unsur khlorida di endapan produk korosi dimungkinkan berasal dari udara tepi pantai yang dihisap oleh boiler untuk proses pembakaran.
3. Unsur reaktif korosif yang dominan dalam bahan bakar batubara adalah sulfur dengan senyawanya dan unsur oksigen.
4. Senyawa sulfur mampu menetrasi endapan produk korosi dan terakumulasi dipermukaan material pipa baja yang selanjutnya menjadi reaktan reaksi korosi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada manager PT.PLN PJB II Paiton atas sumbangannya bahan-bahan penelitian yang dipergunakan dan kepada saudara Yosep K., Kuswara dan Rahmat atas bantuannya dalam analisa komposisi kimia benda uji di laboratorium jasa Iptek P3M-LIPI.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ASM Metal Handbook, Vol. 9, "Metallography and Microstructures", American Society For Metals", Metals Park, Ohio, 1992.
- [2]. ASM Metal Handbook, Vol. 9, "Failure Analysis and Prevention", American Society For Metals", Metals Park, Ohio, 1990.
- [3]. FONTANA M.G. and GREENE N.D., "Corrosion Engineering", 2nd edition, 1985, Tokyo.
- [4]. LAI G.Y., "High Temperature Corrosion Of Engineering Alloys", 1990, Indiana.
- [5]. FRANCIS J., "Engineer's Guide to High Temperature Materials", 1969, California.
- [6]. MANSFIELD F., "Corrosion Mechanism", 1985, New-York-Brasel.
- [7]. RIYANTO MARISON at.al., "Investigation of Slagging/Fouling Characteristics Of The Bukit Asam Coal Used In # 3 Boiler of Suralaya Power Plant" Seminar on Coal-Fired Boiler Research and Technology, Serpong 1993.
- [8]. VAN VLACK, "Elements of Materials Science and Engineering", 4th edition, 1986, .