

LAPORAN HASIL ANALISA KEGAGALAN PECAHNYA PIPA RE-HEATER BOILER UNIT III PT.INDONESIA POWER UBP SURALAYA

INTRODUCTION

Kondisi operasi berdasarkan data dari pihak SPS.KIA 1-7 PT. Indonesia Power Suralaya untuk pipa boiler Re-Heater Unit tiga UBP Suralaya adalah temperature 397°C dan tekanan 55 bar dengan kondisi fluida mengalir pada temperature dan tekanan yang tinggi dengan waktu yang lama, maka akan terjadi degradasi dari pipa akibat pemanasan, juga terjadi erosi yang mengakibatkan penipisan ketebalan pipa. Selain itu reaksi antara uap air dengan pipa mengakibatkan terjadinya deposit didalam pipa, hal ini pun bila beroperasi dengan waktu yang lama akan mengakibatkan penurunan sifat material. Pada pipa Reheater Boiler unit III terjadi kebocoran pipa ditiga tempat, dengan karakteristik kegagalan yang sama, dari hasil pengamatan kami kegagalan tersebut diakibatkan penurunan kekuatan material akibat kondisi operasi yang sama.

DATA DAN ANALISIS

1. Pengamatan Visual

Dari gambar visual, tampak bahwa ketiga pipa mengalami kegagalan atau pecah melintang sejajar dengan panjang pipa.



Gambar Pipa A,B dan C yang gagal

2. Tekanan

Gagalnya pipa atau rupture pada pipa diakibatkan oleh tekanan internal (circumferential stress), dan dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\sigma_{MDH} = \frac{P(D_o - t)}{2t}$$

Dimana

σ_{MDH} = Tekanan rata rata pada diameter hoop stress (MPa)

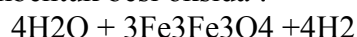
P = Internal Pressure (MPa)

D_o = Diameter luar (mm)

t = Ketebalan pipa (mm)

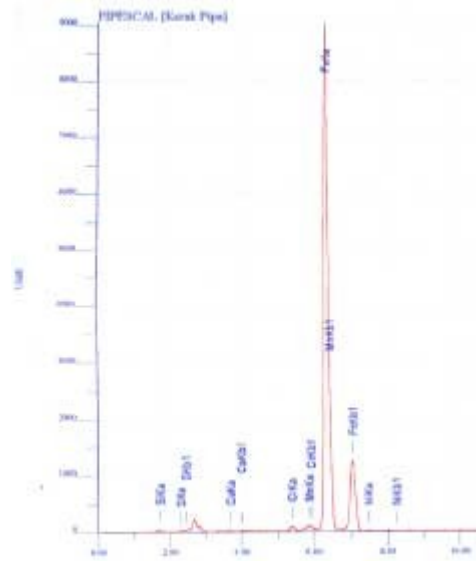
3. Nilai Kekerasan dan Mekanisme Kegagalan

Nilai kekerasan antara bagian permukaan pada posisi didekat bagian yang gagal dengan di posisi yang tebal, nilainya berbeda sangat signifikan. Nilai kekerasan untuk posisi di bagian yang gagal 83 BHN dan posisi di bagian yang tebal 100 BHN. Perubahan nilai kekerasan di bagian dekat yang gagal karena dibagian permukaan terjadi super heat location diakibatkan adanya internal scale atau deposit, akibat reaksi antara uap air dengan pipa membentuk besi oksida :



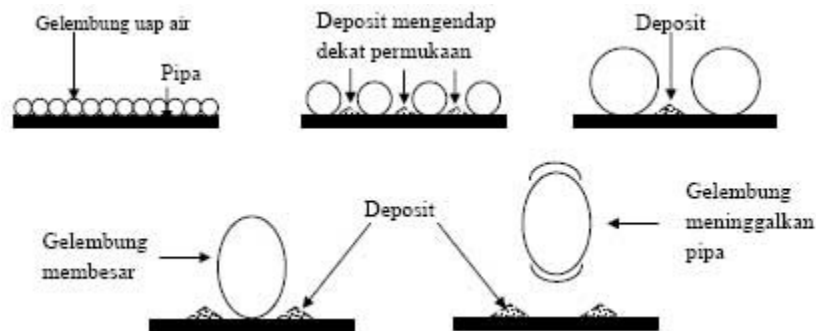
Hasil pemeriksaan menggunakan Energy Dispersive X-Ray Analysis (EDAX), bahwa scale (deposit)

didalam pipa tersebut mengandung unsur silikon, kalsium, sulfur, mangan dan besi seperti terlihat di gambar 1



Gambar 1. Pemeriksaan deposit di dalam pipa menggunakan EDAX

Dimana unsur-unsur tersebut membentuk scale atau deposit berupa $5CaO \cdot 5SiO_2 \cdot H_2O$ yang mengendap di dinding pipa dan bersifat sangat keras dan susah dibersihkan. Unsur-unsur tersebut berasal dari mineral yang terkandung didalam air, treatment chemical, hasil korosi antara air dengan pipa dan pengotor. Unsur-unsur tersebut menempel di dinding pipa berupa lapisan dan mengakibatkan meningkatnya pembentukan deposit. Proses pembentukan deposit terjadi diantara lapisan yang tipis, antara air dengan pipa, dengan kelarutan unsur-unsur tadi selama uap air berupa gelembung-gelembung mengalir didalam pipa menjadi senyawa. Dan Senyawa tersebut bergerak dan mengendap sepanjang pipa diantara gelembung-gelembung tadi. Kemudian gelembung-gelembung membesar dan deposit mengendap berupa lapisan tipis didinding pipa, lama kelamaan gelembung membesar kemudian meninggalkan pipa, akhirnya deposit terbentuk yang mempunyai sifat keras. Seperti terlihat pada gambar 2

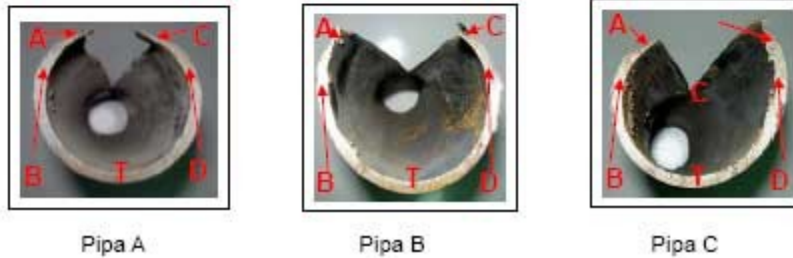


Gambar 2. Fenomena pembentukan deposit

Kemudian scale tersebut mempunyai sifat konduktifitas panas yang rendah, tetapi mengakibatkan temperatur lebih tinggi dibanding posisi di bagian lain. Hal ini mengakibatkan pelunakan (aging) dibagian yang gagal. Hal ini terbukti dengan nilai kekerasan yang lebih rendah diposisi bagian tersebut, seperti terlihat pada tabel 1. Pengaruh lainnya dari super heat tersebut, karena terjadi pemanasan dan

pelunakan maka bagian tersebut, maka bagian tersebut, mudah terjadi terkikis (erosi) akibat fluida mengalir secara terus menerus dengan waktu yang lama. Hal ini mengakibatkan bagian lunak tersebut mudah ter-erosi atau menipis dari ketebalan awal 4.25 mm, setelah terjadi erosi menjadi 0.5 mm, seperti terlihat pada tabel 1 dan 2.

Kode Sampel	Nilai Kekerasan (BHN)		Ketebalan (mm)
	Bag. Tebal	Bag. Dekat yang gagal	
Logam Induk A	105	108	4,25
Logam Induk B	98	102	4,25
Logam Induk C	124	120	4,25
Sampel A-1	100	83	0,5
A-2	104	115	4,1
Sampel B-1		95	0,65
B-2	109	121	3,25
Sampel C-1		76	0,90
C-2	120	111	1,85



Tabel 1. Nilai kekerasan (BHN) dan ketebalan

Tabel 2. Ketebalan pipa berdasarkan posisi pengukuran (mm)

	A	B	C	D	Tengah
Pipa A	0.50	4.10	0.40	4.05	4.25
Pipa B	0.65	3.25	0.75	1.95	4.25
Pipa C	0.90	3.50	0.55	1.85	4.25

4. Komposisi Kimia

Berdasarkan informasi yang didapat bahwa material yang digunakan untuk pipa ini yaitu ASTM 192 dan berdasarkan standar bahwa kandungan komposisi kimia tersebut dapat dilihat di tabel 3. Kemudian hasil pemeriksaan komposisi kimia untuk ketiga pipa menggunakan spectrometer, hasilnya terlihat di tabel 4. Bila hasil pemeriksaan komposisi kimia menggunakan spectrometer, dibandingkan dengan hasil dari standar, maka hasil pemeriksaan, pipa tersebut masuk ke dalam range standar ASTM 192.

C	Mn	Si	S	P	Fe
0.06 – 0.18	0.27 - 0.63	0.25	0.001	0.001	Ball

Tabel 3. Komposisi kimia ASTM 192 (mass%)

Tabel 4. Komposisi kimia hasil pemeriksaan spectrometer (mass%)

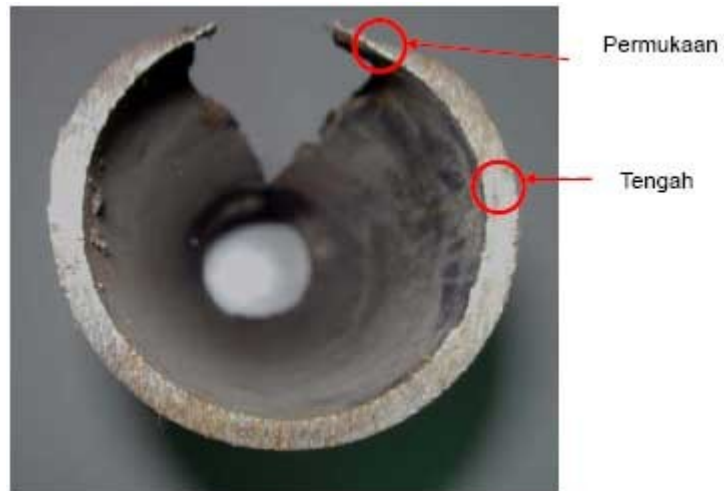
No	Unsur	Pipa A	Pipa B	Pipa C
		(%)	(%)	(%)
1	Karbon	0,1091	0,0994	0,1108
2	Silikon	0,1846	0,1893	0,1828
3	Mangan	0,4357	0,4552	0,4435
4	Phospor	0,0216	0,0179	0,0235
5	Sulfur	0,0074	0,0067	0,0078
6	Tembaga	0,0119	0,0137	0,0121
7	Nikel	0,0162	0,0185	0,0171
8	Chrom	0,0396	0,0314	0,0404
9	Vanadium	0,0015	0,0018	0,0018
10	Aluminium	0,001	0,0011	0,001
11	Molibden	0,0048	0,0044	0,0047
12	Besi	99,14	99,13	99,13

5. Mikrostruktur, SEM dan Mekanisme

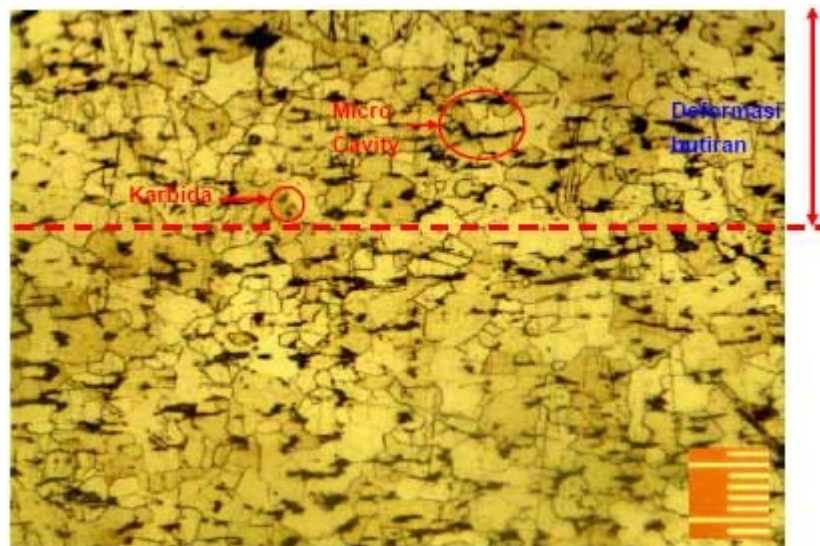
Hasil pemeriksaan struktur mikro untuk bagian yang tebal dan bagian yang ruptur atau gagal. Dari foto mikrostruktur terlihat struktur ferit dan perlit dengan jelas seperti tampak digambar 5, 6, 9, 10, 11 dan 12. Juga disemua foto mikrostruktur tersebut tampak titik titik berwarna hitam, kemungkinan titik hitam tersebut yaitu cavity atau rongga. Rongga ini terjadi akibat fenomena creep, dimana pipa akibat dibebani tekanan dan temperatur yang tinggi dengan waktu yang lama, maka butir ferit dan perlit lama kelamaan akan bergerak yang mengakibatkan terjadinya rongga micro cavity dibatas butir. Apabila keadaan creep berlangsung lama, micro cavity semakin banyak dan bergabung menjadi cavity yang besar. Hal ini menjadi awal untuk terjadinya failure atau gagal atau bocor. Dari semua foto mikrostruktur terlihat juga bahwa butir ferit dan perlit berubah bentuk (deformasi) menjadi agak pipih dibagian yang dekat ruptur. Dari ukuran besar butir dibagian pipa yang tebal sekitar 100 μm berubah menjadi 70 μm dibagian yang dekat ruptur. Dari hasil pemeriksaan Scanning Electron Microscope (SEM) dan mikrostruktur tampak partikel kecil berwarna hitam, partikel tersebut adalah karbida (Fe_3C), seperti tampak pada gambar 13 dan 14 hasil dari pemeriksaan menggunakan EDAX. Hampir semua karbida tersebut berada di batas butir baik untuk pipa bagian tebal maupun di posisi bagian didekat yang gagal. Hanya sedikit berbeda yaitu karbida diposisi bagian didekat yang gagal warnanya berubah menjadi abu-abu, hal ini terjadi akibat pengaruh panas dengan waktu yang lama (creep). Akibatnya struktur karbida tersebut karakteristiknya terdegradasi menjadi lebih menurun. Dan bisa menjadi tempat awalnya terjadi retakan yang kemudian menjalar (propagation) dan akhirnya pipa tersebut menjadi ruptur (gagal).



Gambar 3. Pipa A secara melintang



Gambar 4. Posisi Pipa A untuk pengambilan sampel mikrostruktur



Gambar 5. Sampel A posisi dekat gagal



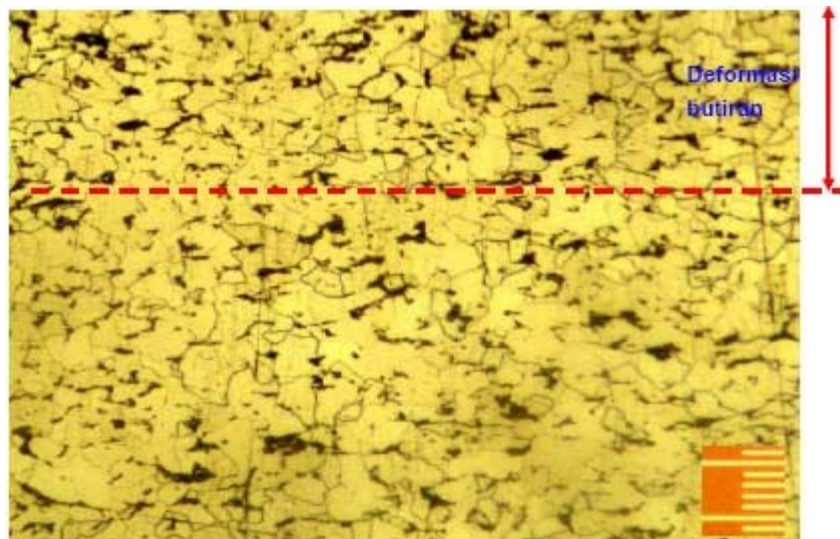
Gambar 6. Sampel A diposisi bagian yang tebal



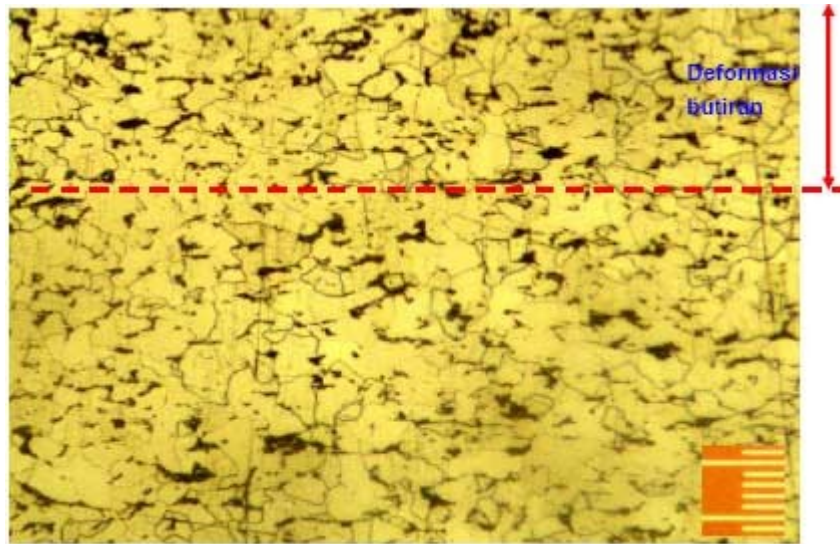
Gambar 7. Pipa B secara melintang



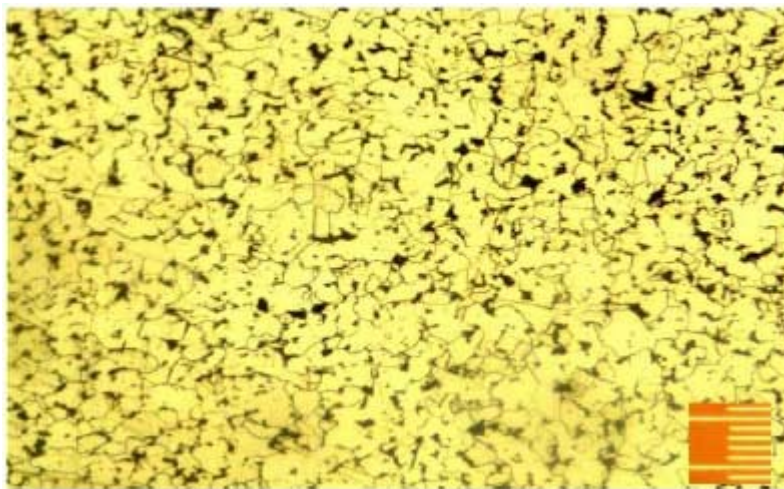
Gambar 8. Posisi pipa B untuk pengambilan sample mikrostruktur



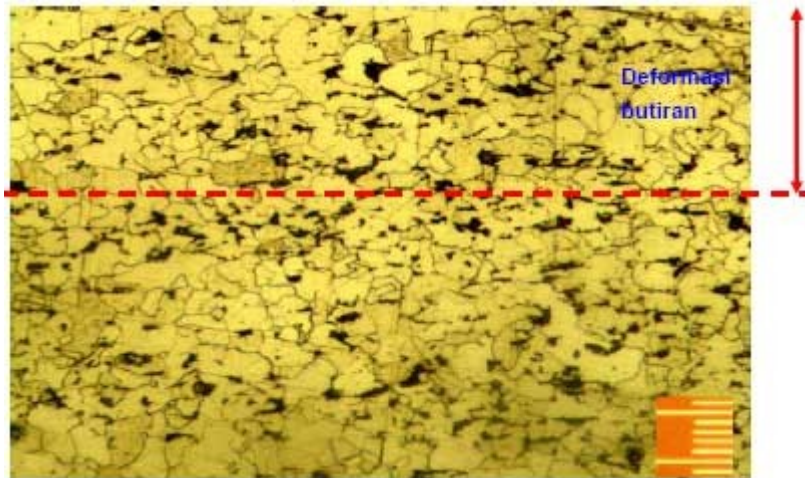
Gambar 9. Sampel B posisi dekat gagal



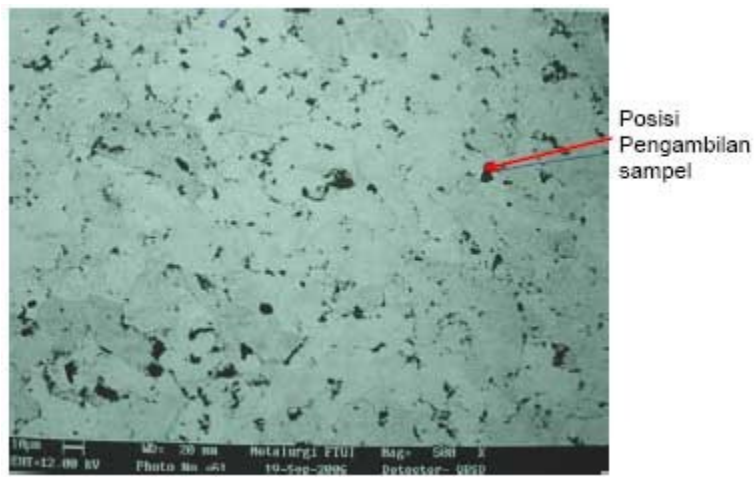
Gambar 10. Sample B diposisi bagian yang tebal



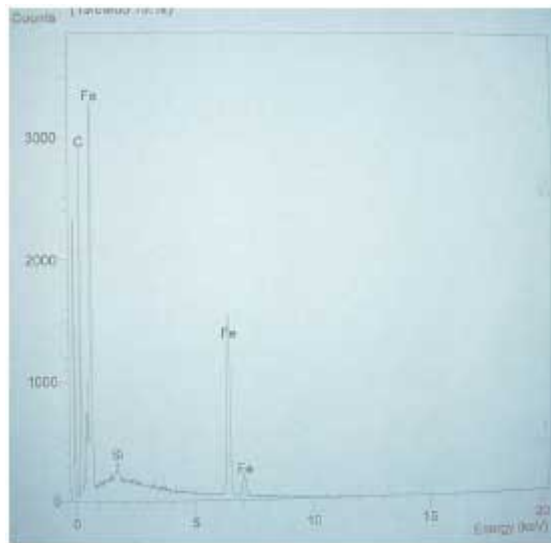
Gambar 11. Sample C posisi dekat yang gagal



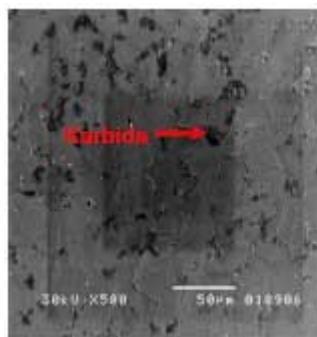
Gambar 12. Sample C posisi yang tebal



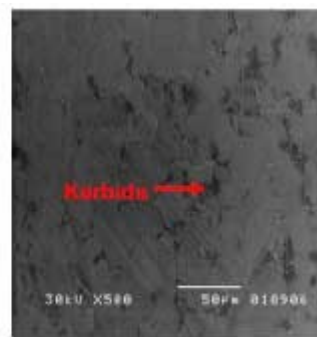
Gambar 13. Mikrostruktur hasil SEM dan posisi pengambilan sampel



Gambar 14. Pemeriksaan karbida menggunakan EDAX

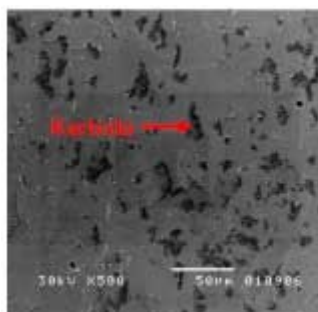


Bagian tebal

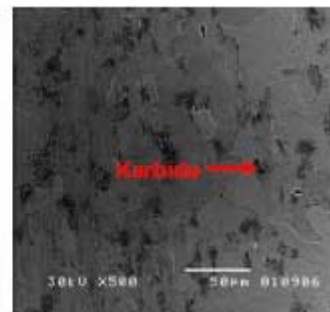


Posisi dekat yang gagal

Gambar 15. Hasil SEM untuk sample pipa A



Bagian tebal



Posisi dekat yang gagal

Gambar 16. Hasil SEM untuk sample pipa B

KESIMPULAN

Mode gagalnya pipa Re-Heater tersebut adalah Creep akibat beroperasi pada temperatur dan tekanan yang tinggi dengan waktu operasi yang lama dan diikuti pelunakan (annealing) sehingga terjadi erosi oleh fluida dalam pipa yang menyebabkan penipisan pada pipa hingga pipa tidak bisa menahan beban kerja dan terjadi kegagalan (Failure). Hal ini terbukti dari hasil pemeriksaan : 1. Kekerasan menurun secara signifikan di bagian pipa yang dekat gagal dengan bagian yang tebal, karena adanya pengaruh aging dan erosi akibat fluida mengalir dengan temperatur tinggi dibuktikan dengan pengurangan tebal pipa. 2. Dari pengamatan struktur mikro tampak adanya perubahan bentuk butir ferit dan perlit menjadi pipih diposisi bagian dekat yang gagal, dibanding dengan diposisi yang tebal, bentuk butir ferit dan perlit bentuknya hampir bulat. 3. Juga terlihat micro cavity dibagian pipa yang tebal dan menjadi cavity dibagian yang dekat gagal. Hal ini bisa menjadi sebagai awal dari retakan dan akan menjalar, dan akhirnya pipa tersebut gagal. Pada pipa Re-heater terjadi bocor di tiga pipa, dengan karakteristik dan kegagalan yang sama dan dari akibat kondisi yang sama pula.

REKOMENDASI

Dari aspek ekonomi, sangat penting untuk mengetahui seberapa lama system untuk pipa beroperasi dengan baik sesuai dengan spesifikasi desain teknik, sebab jika waktu produksi dari sebuah peralatan dapat ditentukan secara tepat, maka nilai ekonomi dan investasi jangka panjang dari peralatan tersebut dapat pula ditentukan dengan lebih pasti, khususnya jika hal ini menimpa sistem yang sudah berumur (aging). Mesin peralatan pabrik atau komponen pipa boiler selama beroperasi banyak menghadapi berbagai masalah. Masalah ini muncul akibat kondisi beban dinamik atau static, vibrasi, over heat atau akibat korosi. Hal ini mengakibatkan pada peralatan tersebut terjadi kegagalan. Kegagalan dimana kondisi mesin peralatan pabrik tersebut :

- a. Tidak dapat dioperasikan atau rusak total
- b. Dapat dioperasikan namun banyak masalah Untuk mencegah terulang kembali kegagalan tersebut maka diperlukan langkah preventif. Seperti
 1. Pemeriksaan in-situ metallography secara berkala, sehingga bisa diprediksikan dan dapat diamati kapan pipa harus diganti, sebelum failure terjadi.
 2. Pengukuran ketebalan secara berkala untuk mengantisipasi penurunan ketebalan akibat erosi dan korosi Tetapi bila pipa sudah pecah atau bocor, maka diperlukan data-data operasi kerja yang lebih lengkap, fluktuasi kebutuhan steam, komposisi bahan bakar, kandungan kimia yang terkandung dalam air dan lain lain, supaya dapat dianalisa dengan komprehensif. Supaya kejadian yang sama tidak terulang kembali yang mengakibatkan kerugian nama baik (brand name), materi, dan waktu.

Jakarta , 29 September 2006 An. PT.Gamma Buana Persada

Ir.Sabandi Ismadi, MSc
Dr.Ir. Rudy Rachmat.
Dr.Azwar Manaf.
Dr.Ir.Iskandar Muda



Copyright