

EO₃✓

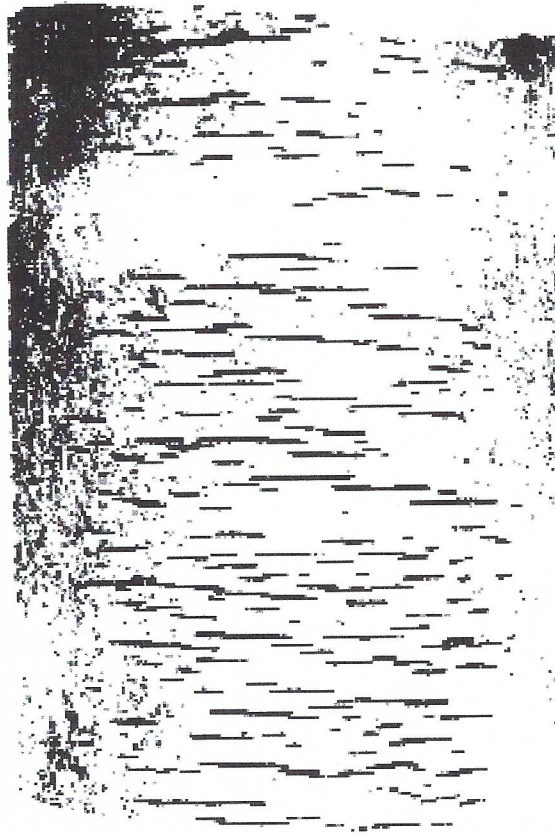
114

11.2d f ✓

LAPORAN TEKNIS

**JENIS DAN MEKANISME KERUSAKAN MATERIAL
ECONOMIZER TUBE DI BOILER
DAN PENANGGULANGANNYA**

Oleh :
DR. Irhan Febijanto
Nip: 680002166



**PUSAT PENGAJIAN & PENERAPAN
TEKNOLOGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA ENERGI
DEPUTI BIDANG TENOLOGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA ALAM
BPP TEKNOLOGI
2002**

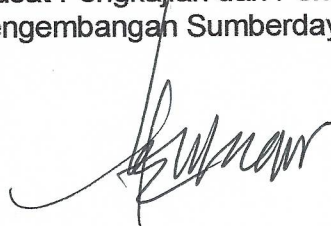
LAPORAN TEKNIS

**JENIS DAN MEKANISME KERUSAKAN MATERIAL
ECONOMIZER TUBE DI BOILER
DAN PENANGGULANGANNYA**

Oleh :
DR.Irhan Febijanto
Nip: 680002166

Mengetahui :

Direktur Pusat Pengkajian dan Penerapan
Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi



(DR. Ir. Subagio Imam Bakri)
Nip: 680000168

PERPUSTAKAAN
No. Induk : 1534/H/04
Klasifikasi : IL. 97.04.1534
Subjek : _____
: _____
: _____
Harga / Asal : _____
Pemb. / Had / Tk : _____
Katalog : _____
Dil. : 05-10-04
25-01-04

**PUSAT PENGAJIAN & PENERAPAN
TEKNOLOGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA ENERGI
DEPUTI BIDANG TENOLOGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA ALAM
BPP TEKNOLOGI
2002**

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	2
1. PENDAHULUAN	3
2 LATAR BELAKANG	3
3. JENIS DAN METODA PENELUSURAN SEBAB KERUSAKAN	3
3.1 PITTING (LOCALIZED CORROSION)	5
3.2 LOW TEMPERATURE CORROSION	6
3.3 FLY ASH EROSION	7
3.4 SOOTBLOWER EROSION	8
3.5 THERMAL FATIGUE	9
3.6 COROSION FATIGUE	10
3.7 MAINTENANCE CLEANING DAMAGE	11
3.8 CHEMICAL EXCURSION DAMAGE	12
3.9 MATERIAL DEFECTS	13
3.10 WELDING DEFECTS	14
4. PENUTUP	15
5. DAFTAR PUSTAKA	15

GAMBAR dan TABEL

Tabel 1 Jenis-jenis kerusakan	4
Gambar 1 Komponen Boiler	5
Gambar 2 Lokasi Pitting dan kerusakan akibatnya	16
Gambar 3 Lokasi Low Temperature Corrosion dan kerusakan akibatnya ...	17
Gambar 4 Lokasi Fly Ash Erosion dan kerusakan akibatnya	18
Gambar 5 Lokasi Sootblower Erosions dan kerusakan akibatnya	19
Gambar 6 Lokasi Vibration Fatigue dan kerusakan akibatnya	20
Gambar 7 Lokasi Thermal Fatigue dan kerusakan akibatnya	21
Gambar 8 Lokasi Corrosion Fatigue dan kerusakan akibatnya	22
Gambar 9 Lokasi Maintenance Cleaning Damage dan kerusakan akibatnya	23
Gambar 10 Lokasi Chemical Excursion Damage dan kerusakan akibatnya	24
Gambar 11 Lokasi Material Defects dan kerusakan akibatnya	25
Gambar 12 Lokasi Welding Defects dan kerusakan akibatnya	26

1. PENDAHULUAN

Laporan teknis ini disampaikan kepada P3TPSE (Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi), sebagai salah satu syarat untuk melengkapi laporan kerja, dalam rangka training di Maintenance Technology Group, Thermal Power Plant Engineering Center, Thermal Power Plant Department, TEPCO (Tokyo Electric Power Company), Jepang.

Laporan teknis ini merupakan sambungan dari laporan sebelumnya yang merangkum masalah kerusakan pada pipa superheater/reheater dan waterwall. Pada laporan teknis ini merangkum kerusakan pada material pipa di economizer. Beberapa jenis kerusakan ada yang sama dengan jenis kerusakan yang ada di waterwall maupun di superheater/reheater.

2 LATAR BELAKANG

Kerusakan pada logam fasilitas peralatan boiler dan boiler sering menyebabkan berhentinya PLTU, hal ini menyebabkan kerugian secara finansial maupun dapat menyebabkan timbulnya krisis kepercayaan terhadap manajemen perusahaan listrik tersebut.

Perawatan rutin terhadap fasilitas peralatan boiler sangat berpengaruh kestabilan unjuk kerja boiler, termasuk mendeteksi sedini mungkin kerusakan material yang akan terjadi, sehingga para operator dan insinyur di PLTU dapat mempersiapkan langkah-langkah perbaikan atau penggantian komponen sedini mungkin.

3. JENIS DAN METODA PENELUSURAN SEBAB KERUSAKAN

Kerusakan yang telah terjadi pada logam fasilitas peralatan boiler, dapat dibagi dalam 6 jenis kerusakan, dimana kerusakan tersebut berdasarakan sebabnya masih dapat dibagi lagi menjadi beberapa bagian. Jenis-jenis kerusakan itu ditunjukkan pada tabel 1.

Penelusuran sebab-sebab kerusakan ini sangat penting agar tidak terulang kerusakan oleh sebab yang sama, karena kerusakan pada material boiler terjadi karena sebab yang sama mempunyai presentase yang cukup tinggi. Penelusuran sebab-sebab kerusakan ini meliputi pengumpulan bukti kerusakan dan data-data yang ditentukan oleh parameter dan hasil penelitian yang menghasilkan suatu analisa mekanisme kerusakan tersebut. Pengumpulan data penyebab kerusakan secara sistematis sangat penting, akan tetapi terkadang menghabiskan waktu yang lama dan biaya yang cukup besar.

Parameter utama dalam analisa kerusakan material logam fasilitas peralatan boiler yang ditentukan melalui perhitungan, observasi dan pengukuran adalah sebagai berikut :

- (a) Suhu logam pipa
- (b) Stress logam pipa
- (c) Ketebalan dinding logam pipa
- (d) Mikrostruktire material pipa
- (e) Kondisi material logam
- (f) Kualitas air di boiler
- (g) Aliran air di boiler

- (h) Elemen bahan bakar
- (i) Karakteristik fouling dan slagging bahan bakar
- (j) Kecepatan dan pattern dari aliran gas buang
- (k) Suhu gas buang
- (l) Ketebalan dan elemen dari deposit di pipa

Pada pengoperasian boiler parameter di atas di dapat dengan 3 cara yaitu dari data on-line, periodic sampling dan hasil test laboratorium.

Jika waktu dan biaya membatasi untuk mendapatkan data yang actual, metoda analisa yang sistematis dapat dipakai, metoda itu antara lain adalah :

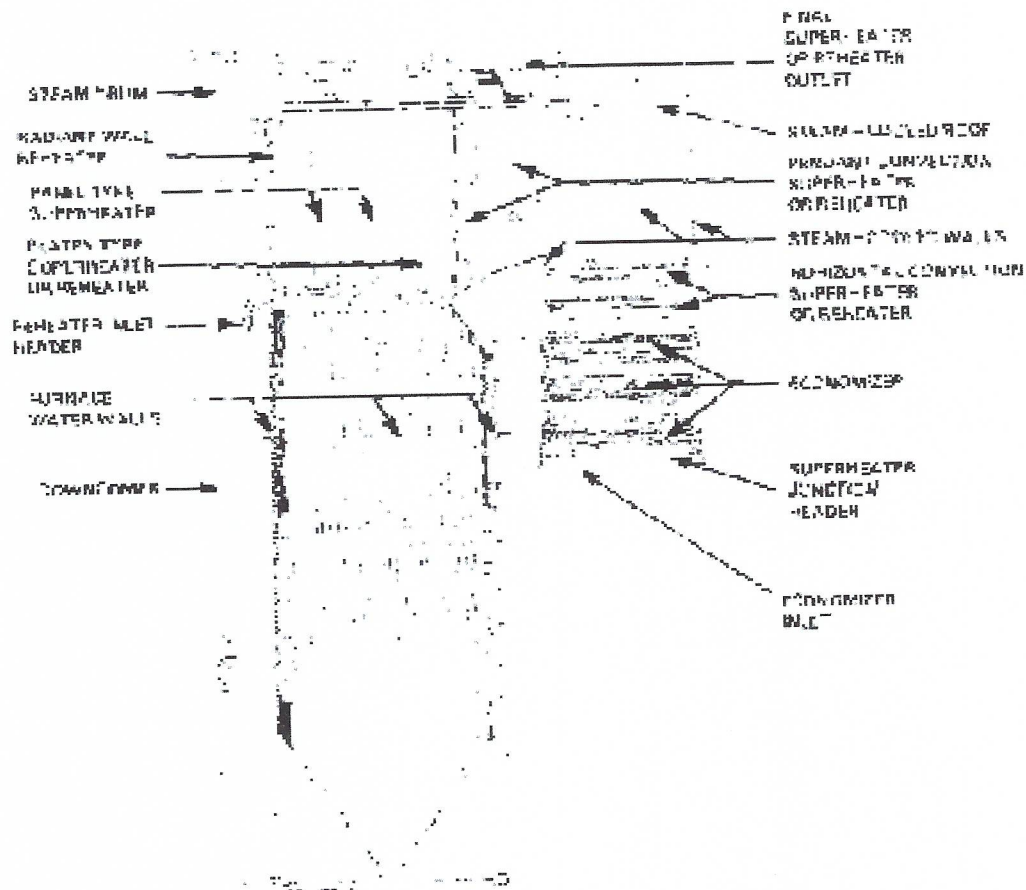
- (a) Kepner-Tregoe Rational Manager Problem Analysis (3)
- (b) Eent Tree or Fault Tree Analysis
- (c) Failure Models and Effects Analysis
- (d) Probabilistic Risk Aessment
- (e) Delphi Sessions

Dengan menggunakan salah satu metoda di atas, jika pengukuran di lapangan tidak dapat dilakukan, maka dengan pengumpulan data seminimal mungkin serta pengurangan sebab-sebab kerusakan pipa, sebab-sebab kerusakan dapat ditelusuri dengan seksama.

Tabel 1 Jenis-jenis kerusakan

No.	Jenis kerusakan	
1	Stress Rupture	Short-Term Overheating
		High Temperature Creep
		Dissimilar Metal Welds
2	Water Side Corrosion	Caustic Corrosion
		Hydrogen Damage
		Pitting (Localized Corrosion)
		Stress Corrosion Cracking
3	Fire-Side Corrosion	Low Temperature
		Coal Ash
		Oil Ash
4	Erosion	Fly Ash
		Falling Slag
		Sootblower
		Coal Particle
5	Fatigue	Vibration
		Thermal
		Corrosion
6	Lack of Quality Control	Maintenance Cleaning Damage
		Chemical Excursion Damage
		Material Defects
		Welding Defects

Pada laporan teknis ini hanya akan diulas kerusakan pipa boiler yang berada di economizer. Berikut analisa penyebab, penanggungan, bentuk kerusakan dan agar memudahkan penjelasan disertai pula dengan gambar contoh kerusakan pada pipa.



Gambar 1 Komponen Boiler

3.1 PITTING (LOCALIZED CORROSION)

Pitting timbul dimana saja di boiler termasuk juga di economizer, superheater, reheater dan bagian waterwall tube yang tidak dipanasi. Lokasi yang mengandung konsentrasi O_2 yang besar mempunyai kemungkinan terbentuknya pitting. Inlet pipa di economizer dan bagian dengan suhu rendah di reheater dimana air kondensasi dapat terkumpul selama sistem berhenti merupakan lokasi yang mempunyai masalah pitting yang sangat sering. Pemipaan reheater yang horizontal adalah daerah/lokasi yang sangat mudah terjadinya pitting terutama bagian permukaan dalam.

Penyebab dari pitting adalah adanya kontak antara permukaan pipa dengan air berkonsentrasi oksigen tinggi. Pada pipa di economizer, penyebab pitting karena adanya persentuhan dengan feedwater yang berkadar oksigen tinggi selama operasi starting up boiler. Pada pipa reheater, penyebab pitting adalah terkumpulnya air kondensasi di lekukan/kelolan pipa dan titik terendah dari horizontal pipa selama sistem berhenti dan terjadinya persentuhan dengan air.

Penyebab dari terjadinya pitting dapat diketahui dengan memonitor tingkat/kadarnya oksigen yang masuk ke dalam economizer, terutama sekali selama startup dan selama sistem beroperasi pada beban rendah. Penyebab tingginya konsentrasi oksigen adalah malfunction pada deaerating heater, kebocoran udara di low pressure heater dalam jumlah banyak, kondensasi di pipa-pipa dan kondensor utama. Selama sistem berhenti pengaliran air yang tak tepat dan metoda kesiapan proteksi dapat dicatat untuk mengetahui informasi lokasi terjadinya korosi.

Pitting ini menyebabkan lubang-lubang pada keseluruhan dinding permukaan pipa yang terkena karat di permukaan bagian dalam.

Pemeriksaan dengan metoda Ultrasonic (UT) dipakai untuk mendeteksi penipisan dinding pipa sebagai hasil pengkaratan secara lokal. Pemeriksaan dengan UT ini, di beberapa kasus sangat terbatas, terutama dalam hal persiapan pengukuran dimana persentuhan permukaan pipa harus dipersiapkan dengan betul.

Pencegahan dilakukan dengan melakukan kontrol tingkat kadar oksigen di economizer feedwater dan perlindungan terhadap pipa selama sistem tidak beroperasi. Ketika konsentrasi oksigen melebihi 10 ppb di feedwater, langkah lokalisasi dan isolasi dari sumber oksigen harus dilakukan dengan cepat dan pemindahan sumber tersebut dilakukan secara mekanikal maupun kimiawi (chemical deaeration method). Nitrogen blanket dan cap dari sirkuit steam-cooled memberikan perlindungan selama sistem berhenti paling lama 4 hari atau kurang. Perlindungan dengan jangka panjang termasuk dengan pengisian pipa-pipa superheater dan reheater dengan air kondensasi yang mengandung hydrazine.

Gambar 2 menunjukkan lokasi pada economizer tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Pitting dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Pitting.

3.2 LOW TEMPERATURE CORROSION

Low Temperature Corrosion ini dapat terjadi di :

- (1) lokasi dimana suhu logam berada di bawah titik kondensasi asam sehingga kondensasi akan terbentuk di atas logam tersebut.
- (2) Lokasi dimana suhu gas buang berada di bawah titik kondensasi, sehingga kondensasi akan terbentuk di partikel fly ash

Low Temperature Corrosion ini diakibatkan karena terbentuknya formasi kondensasi asam sulfat dari gas buang. Jumlah SO_3 yang terbentuk selama proses pembakaran merupakan faktor penting ketika SO_3 yang dihasilkan konsentrasinya bertambah pada suhu kondensasi asam. Low Temperatur

Corrosion adalah masalah yang sangat berarti, terutama pada boiler dengan bahan bakar minyak berat/heavy oil, dimana pada boiler ini korosi terjadi akibat adanya vanadium di deposit abu minyak (oil ash deposit) dan sedikitnya volume ash/abu di gas buang yang mengurangi jumlah alkaline untuk menetralkan asam.

Penyebab terjadinya kerusakan ini adalah titik kondensasi asam yang ditentukan oleh suhu pembakaran gas yang jatuh oleh asam sulfat. Perubahan titik kondensasi asam berhubungan langsung dengan jumlah SO_3 dalam gas buang. Suhu gas dan logam di economizer harus dipastikan berada di atas titik kondensasi asam selama boiler beroperasi.

Low Temperature Corrosion ini menyebabkan penipisan dinding pipa yang pada akhirnya menyebabkan kerusakan. Kerusakan dalam bentuk thin-edged fracture terbentuk ketika kemampuan menahan tekanan dari pipa logam tersebut melebihi batas. Bagian permukaan luar ditandai dengan bintik-bintik dimana proses korosi telah berlangsung.

Pengukuran terhadap penipisan dinding pipa dilakukan dengan metoda UT. Tetapi pemakaian dengan metoda UT ini terbatas pada pendekatan ke obyek pengukuran, sehingga pemakaian Deposit Probe Testing menjadi pilihan yang lain. Dimana dengan cara ini dapat ditentukan potensi korosi di lokasi yang berlebihan udara atau pun pada lokasi dengan beberapa jumlah bahan bakar tambahan.

Penanggulangan untuk jenis kerusakan ini dapat dilakukan dengan menambah suhu gas dan logam agar supaya berada di atas suhu kondensasi asam, atau berada di bawah suhu kondensasi asam dengan cara mengurangi kelebihan udara disertai dengan penambahan bahan bakar tambahan. Pengurangan jumlah SO_3 pada gas buang dilakukan dengan cara mengontrol kelebihan oksigen agar selalu ada di bawah 1% atau dengan cara menginjeksi magnesium oxide yang berasal dari fire-side additives, dimana cara ini sangat diandalkan dalam mencegah Low Temperature Corrosion, tetapi tidak selalu cocok untuk semua jenis boiler. Penginjeksian bahan kimiawi merupakan pilihan utama untuk boiler dengan bahan bakar oli/heavy oil.

Gambar 3 menunjukkan lokasi pada economizer tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Low Temperature Corrosion dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Low Temperature Corrosion.

3.3 FLY ASH EROSION

Fly Ash Erosion ini dapat terjadi di lokasi sebagai berikut:

- (1) Adanya gap antara tube bank dengan duct wall
- (2) Adanya gas by-pass dimana kecepatan gas buang dapat lebih cepat dari aliran utama
- (3) Terletak di area yang memiliki kumpulan abu yang banyak
- (4) Adanya daerah yang menonjol

Fly Ash Erosion ini diakibatkan karena tidak meratanya atau berlebihannya aliran gas yang ditambah lagi adanya abu partikel dalam jumlah banyak dan memiliki arah ke permukaan pipa. Erosi pada pipa dipercepat dengan adanya faktor pemasangan pemipaan yang tidak tepat, kecepatan udara yang melebihi kecepatan disain, kecepatan gas buang yang tidak merata (non-uniform),

terjadinya pengotoran(fouling) atau penempelan (plugging) gas yang mengalir akibat terbentuknya abu/ash, yang kesemuanya ini membuat kecepatan gas buang melewati jalur/alur yang sempit dengan kecepatan tinggi. Pergantian bahan bakar dengan sebuah bahan bakar yang memiliki abu yang banyak/kandungan abu yang tinggi akan mengakibatkan terjadinya kerusakan akibat erosi semakin tinggi.

Penyebab dari kerusakan ini adalah kecepatan gas tinggi/melebihi kecepatan disain dan tidak meratanya kecepatan gas tersebut di suatu lokasi. Penempatan perpipaian atau terbentuknya abu/ash dapat dilihat dan dibetulkan tanpa melalui beberapa test peralatan. Pembuktian akan kecepatan gas yang berlebihan membutuhkan kondisi untuk pengukuran kecepatan gas tersebut. Test kecepatan gas tanpa panas, atau bisa disebut "cold air" membuktikan adanya hubungan antara lokasi/area yang mempunyai kecepatan tinggi dan lokasi terjadinya kerusakan.

Kerusakan jenis ini biasanya muncul dengan adanya pengkilatan di permukaan (polished spot) yang berasal dari bagian yang lepas teroksidasi dan pengurangan ketebalan dinding pipa. Bila kecepatan erosi sangat tinggi akan mengakibatkan kerusakan yang berbentuk tegak lurus (longitudinal) atau thin-edge, tetapi jika erosi timbul sedikit demi sedikit, kerusakan akan berupa thin-edged yang diakibatkan dari efek creep jangka panjang. Kerusakan akibat erosi ini biasanya terbatas pada area yang sempit.

Pemeriksaan secara visual atau ultrasonic (UT) dipakai untuk mendeteksi dan memonitor akibat fly ash erosi. Pengecekan dengan UT harus dilakukan setelah diadakan penggantian bahan bakar atau dengan timbulnya suatu kerusakan dan hendak ditentukan bahwa kerusakan tersebut diakibatkan erosi atau bukan. Pemeriksaan dengan metoda UT, dapat memberikan data untuk memprediksi sisa waktu pakai dan untuk memperbaiki pengoperasian.

Perbaikan pengoperasian untuk pencegahan kerusakan dilakukan dengan mengurangi kecepatan dan jumlah abu/ash yang mengenai permukaan pipa atau dengan menambah jumlah penghalang kikisan pada pipa. Pergantian kondisi pengoperasian boiler seperti pengurangan beban, penurunan kecepatan udara yang berlebihan, pemerataan/penyeteimbangan kecepatan aliran udara, modifikasi sootblower dan pencegahan pengumpulan abu adalah suatu tindakan yang dapat mengurangi kecepatan abu. Perubahan secara structural untuk baffle, fence, shields dan plate dapat dilakukan tetapi harus berhati-hati, hal ini dilakukan untuk mencegah berpindahnya proses kerusakan erosi ini ke lokasi lain. Dan pengujian dengan cold test harus dilakuka untuk memastikan terjadi tidaknya erosi setelah penggantian tersebut dilaksanakan. Penebalan dinding dengan pengelasan atau spray coating adalah suatu tindakan preventif untuk jangka waktu yang pendek. Peletakkan pipa secara staggerd tube dapat diubah mendja in-line tube geometry dengan alasan ekonomis.

Gambar 3 menunjukkan lokasi pada economizer tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Fly Ash Corrosion dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Fly Ash Corrosion.

3.4 SOOTBLOWER EROSION

Sootblower erosion dapat terjadi pada :

- (1) area/permukaan yang menjadi sasaran sootblower dengan nozzle yang rusak atau hilang
- (2) area yang merupakan outlet steam cooled yang bersuhu panas dan area yang menjadi sasaran sootblower
- (3) area yang merupakan pipa pertama dari tempat masuknya blower
- (4) area dekat sudut tungku yang merupakan arah impingment dari dinding blower

Penyebab dari timbulnya erosi ini adalah rusaknya sootblowing sistem atau tidak tepatnya penempatan lokasi atau pengoperasian sootblower. Pengoperasian sootblower sistem dengan kondensasi air di suatu media atau dengan memakai tekanan yang meninjeksi abu dalam jumlah banyak dan kecepatan tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada tube. Pengoperasian blower dengan pemasangan yang tidak tepat, atau menusuk pada suatu posisi tertentu, atau terlalu dekat pada dinding akan memberikan percepatan pada kerusakan permukaan tube.

Penelusuran penyebab kerusakan ini dapat dipastikan dengan pemeriksaan cara pengoperasian sootblower sistem atau peralatan sootblower itu sendiri. Kesalahan setting atau penempatan dari peralatan sootblower dapat dicek secara visual. Kesalahan dalam setting dapat dideteksi dengan pengukuran blowing pressure, testing moisture traps, alur injeksi.

Kerusakan ini ditandai dengan kerusakan mendatar yang berasal dari lepasnya lapisan logam. Keretakan tipis terjadi sejak kecepatan erosi meningkat dan kerusakan terjadi setelah sootblower mengalami malfunction/kerusakan setting.

Dengan cara pemeriksaan secara visual maupun metoda UT, penipisan dinding dapat diukur untuk mengukur kerusakan akibat sootblower erosi. Pemeriksaan secara visual dapat mendeteksi kilap dari permukaan pipa dan pemeriksaan UT diperlukan untuk menentukan jumlah penipisan pada dinding pipa. Pemeriksaan UT harus dilakukan setelah pipa diketahui mengalami kerusakan untuk menentukan besarnya kerusakan dan untuk melakukan pencegahan dini terhadap perlambatan kecepatan kerusakan.

Pencegahan kerusakan ini dapat dilakukan dengan melakukan perbaikan terhadap sootblower dan komponennya. Pengukuran berkala terhadap spray coating, shielding atau pad welding dapat memberikan tanda-tanda dini terhadap kerusakan yang akan terjadi. Pengecekan terhadap unjuk kerja sootblower secara visual dan kalibrasi komponen-komponennya selama dilakukan perawatan rutin boiler dapat memberikan langkah pencegahan terhadap kerusakan sootblower erosi.

Gambar 6 menunjukkan lokasi pada economizer tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan sootblower erosi dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat sootblower erosi.

3.5 THERMAL FATIGUE

Kerusakan ini terjadi pada

- (1) bagian yang terkena cipratan air dari bagian bawah ash hopper

- (2) bagian yang terkena semprotan air daari hasil kondensasi sooblowing medium
- (3) bagian yang mengalami perubahan suhu secara cepat, khususnya di economizer inlet header dan primary superheater dari onec-through boiler

Thermal Fatigue disebabkan karena pendinginan logam pipa oleh water quenching secara tiba-tiba. Penyebab utama quenching adalah semprotan air dari bagian bawah ash hopper dan dari semprotan air kondensasi dari sootblower system. Cepat dan seringnya perubahan suhu pada feedwater menyebabkan terjadinya retakan di pipa inlet economizer.

Penelusuran thermal fatigue dapat dilakukan dengan observasi operasi dari sistem pengontrolan air di bagian bawah bottom ash hopper dan peralatan penggerak air di sootblower system. Air dari beberapa sumber masuk ke bottom ash hopper dan menyebabkan terjadinya banjir/kelebihan air di hopper. Malfuction dari beberapa pintu masukan kontrol valve dapat memberikan efek terhadap level tinggi air di dalam hopper dan menaikkan ke posisi dimana splash/semprotan dan getaran air mencapai pipa. Kondisi air di dalam water sootblowing medium dapat dideteksi dengan dari air buangan ketika boiler dalam perawatan rutin atau pada pengoperasian sootblower saat blower berhenti. Pemonitoran thermocouple di suhu inlet economizer dapat dipakai untuk mendeteksi besarnya fluktuasi suhu feedwater.

Kerusakan ini ditandai dengan keretakan pada area yang luas pada permukaan pipa dan mnghasilkan kerusakan (thin-edged fracture).

Pemeriksaan dengan dye penetrant atau magnetic particle (MT)dipakai untuk mendeteksi retakan di permukaan luar. Penentuan keretakan pada bagian dalam permukaan pipa biasanya menggunakan ultrasonic method, seperti TOFD (*Time of Flight Diffraction*) method dan *Phase Array method* dan sebagainya.

Perbaikan pengoperasian dilakukan dengan cara mengganti pipa jika diketemukan keretakan pada bagian permukaan pipa, ketika kedalaman keretakan tersebut sudah mencapai batas kedalaman minimum kekuatan pipa dalam menahan tekanan dalam pipa (internal pressure). Pengontrolan suhu feedwater harus stabil untuk mencegah terjadinya retakan pada inlet pipa economizer maupun pada header. Pengaturan kontrol water level, air buangan di ash hopper dan peralatan water removal di sootblower media piping harus dilakukan untuk mencegah terjadinya thermal fatigue.

Gambar 9 menunjukkan lokasi pada economizer tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Thermal Fatigue dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Thermal Fatigue.

3.6 COROSION FATIQUE

Kerusakan ini terjadi biasanya pada lokasi sebagai berikut:

- (1) perbedaan panjang dan arah pemuaian antara sambungan pada komponen di boiler. Retakan yang timbul pada bagian luar permukaan pipa di header.
- (2) Lokasi dimana terdapat aktivitas karat dab strain dari siklus stress atau residual stress. Retakan yang timbul di

bagian dalam permukaan pipadari water-cooled pada bagian sambungan penguat struktur.

Keretakan pada corrosion fatigue diakibatkan karena siklus stress dan kondisi lingkungan yang korosif. Stress dapat disebabkan perbedaan pemuaian antara dua sambungan komponen atau disebabkan karena konsentrasi stress dari formasi notche (lekukan), pit(lubang) dan permukaan yang tidak beraturan. Kondisi lingkungan yang korosif disebabkan karena melarutnya oksigen atau terciptanya kondisi asam yang menghasilkan pitting corrosion (lubang karat) yang berada pada area ayng mempunyai stress atau residual stress.

Penelusuran dari kerusakan ini dapat dilakukan dengan mengevaluasi siklus stress dan kondisi lingkungan lokasi kerusakan. Analisa stress dari pemasangan pemipaan dan sambungan header dipakai untuk menentukan tingkatan stress yang bekerja pada saat terjadi perubahan suhu dan tekanan di material logam pipa. Kerusakan akibat Corrosion Fatigue berhubungan langsung dengan siklus operasi dari boiler. Retakan akibat Corrosion Fatigue di permukaan dalam pipa berhubungan dengan melarutnya oksigen dan low pit water chemistry hasil dari penetrasi.

Kerusakan ini ditandai dengan thick-edged, kerusakan permukaan yang dilapisi dengan hasil oksidasi. Garis retakan berada tegak lurus dengan arah maximum tensile stress. Beberapa retakan paralel dapat muncul dalam permukaan pipa. Terjadinya pitting/lubang berhubungan dengan retakan yang berasal dari permukaan dalam. Korosi menghasilkan oksidasi yang mengisi retakan dan pembentukan lekukan hasil oksidasi.

Dye penetrant dan magnetid particle (MT) digunakan untuk mendeteksi retakan yang berasal dari permukaan bagian luar. Pembersihan permukaan sangat diperlukan semenjak retakan diisi korosi dari proses oksidasi yang akan menghalangi proses penetrasi dari proses MT maupun dye penetrant. Metoda pemeriksaan retakan dengan Radiographic dan Ultrasonic (UT) dipakai untuk melakukan pemeriksaan retakan yang terjadi di bagian dalam permukaan.

Perbaikan pengoperasian termasuk perbaikan pemasangan pemipaan untuk menghilangkan atau mengurangi efek pemuaian akibat panas. Pembatasan terhadap jumlah siklus pengoperasian sangat diperlukan untuk memastikan kemampuan boiler jika corrosion fatigue sangat sering terjadi. Chemical Cleaning terkadang memberikan kemudahan/keuntungan dalam pembersihan deposit/scale di permukaan dalam pipa, dimana deposit ini dapat menjadi penyebab terjadinya pitting. Pembentukan kontur hasil pengelasan, heat treatmen pada kelokan pipa dan koneksi komponen atau antara pipa yang bersifat fleksibel di beberapa kasus sangat membantu dalam menghilangkan timbulnya retakan.

Gambar 10 menunjukkan lokasi pada economizer tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Corrosion Fatigue dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Corrosion Fatigue.

3.7 MAINTENANCE CLEANING DAMAGE

Kerusakan ini terjaid di pada lokasi

- (1) yang membutuhkan hammering atau chipping
- (2) yang membutuhkan dynamiting

- (3) yang membutuhkan vacuum cleaning
- (4) yang membutuhkan high pressure grit atau water blasting
- (5) yang membutuhkan shotgun blasting

Kerusakan akibat Maintenance Cleaning Damage disebabkan karena adanya cacat pada kontrol kualitas selama pembersihan tungku. Kerusakan ini terjadi ketika tenaga berlebihan dipakai selama proses pengalihan kumpulan ash/abu di dalam boiler. Alat-alat berat dan peralatan yang berkekuatan besar di pakai untuk membersihkan sisi tungku dari boiler. Kerusakan pada pipa terjadi ketika karena peralatan pembersih atau fasilitas pendukungnya mengalami kesalahan pengoperasian atau penempatan.

Penelusuran dari akibat kerusakan ini dilakukan dengan menginspeksi dan mengetes unjuk kerja pipa setelah pembersihan tungku api telah selesai dilakukan.

Kerusakan yang diakibatkan biasanya ditandai dengan diketemukannya perubahan bentuk, lubang pada permukaan, penipisan dinding pipa, dan keretakan. Jenis dan bentuk kerusakan bergantung pada peralatan dan cara/metoda yang dipakai selama pembersihan tungku dilaksanakan.

Pemeriksaan secara visual pada area tempat pembersihan dilakukan oleh teknisi yang mempunyai pengetahuan dapat mendeteksi kerusakan akibat Maintenance Cleaning Damage sedini mungkin. Tanda-tanda kerusakan di bagian luar dapat diketahui dengan adanya pemeriksaan tambahan untuk memastikan letak area kerusakan. Test hidrostatis dilakukan untuk mendeteksi adanya retakan atau lubang, terutama sekali setelah adanya fenomena hammering atau dynamiting.

Gambar 11 menunjukkan lokasi pada economizer tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Maintenance Cleaning Damage dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Maintenance Cleaning Damage.

3. 8 CHEMICAL EXCURSION DAMAGE

Kerusakan akibat Chemical Excursion Damage biasanya terjadi di:

- (1) area yang tidak dinetralsisir setelah chemical cleaning dilakukan
- (2) area yang terkena perlakuan chemical cleaning dengan tidak hati-hati
- (3) area yang terkena pembersihan corrosive chemical untuk mengontrol water chemistry

Kerusakan akibat Chemical Excursion Damage disebabkan karena adanya cacat kualitas dari pemakaian corrosive chemical. Chemical damage terjadi ketika pemakaian tidak tepat dari chemical cleaning agent untuk menetralsisir operasi sebelumnya terjadi, ketidakhati-hatian dalam mensuplai chemical cleaning agent ke dalam komponen peralatan boiler karena adanya malfunction pada peralatan atau operator error. Kondisi asam pada pengoperasian boiler yang normal dapat menyebabkan timbulnya karat dan terjadinya malfunction pada penontrolan water chemistry.

Penelusuran penyebab terjadinya kerusakan ini dilakukan dengan meneliti prosedur pembersihan secara kimiawi (chemical cleaning procedur), sistem

pompa zat kimia, chemical control logs, memonitor perubahan kualitas air dan meneliti instruksi pengontrolan air kimia. Chemical damage ini dapat berinteraksi terhadap mekanisme kerusakan yang lain untuk menghasilkan kerusakan pipa/tube dan sistematisa prosedur metoda analisa sangat dibutuhkan untuk mengurangi penyebab kerusakan ini.

Kerusakan yang terjadi biasanya ditandai dengan penipisan dinding pipa. Kerusakan biasanya terjadi di sekitar inlet permukaan bagian dalam. Chemical damage dapat berupa perwujudan dari mekanisme kerusakan akibat karat di dalam pipa seperti hydrogum damage, caustic corrosion, pitting atau stress corrosion cracking.

Kerusakan dapat dideteksi dengan ultrasonic jika terjadi penipisan dinding pipa. Pengambilan sampling pipa walaupun cara ini tidak biasa dipertimbangkan, dipakai untuk mengamati kondisi permukaan dalam pipa setelah dan saat proses chemical cleaning dilaksanakan.

Perbaikan pengoperasian termasuk dengan mengganti keseluruhan pipa, walaupun cara ini sangat mahal merupakan cara yang dilakukan. Selain itu pemeriksaan atau terhadap pipa yang merupakan langkah pencegahan terjadinya kerusakan merupakan langkah-langkah yang direkomendasikan. Langkah pecegahan itu antara lain adalah pelatihan terhadap personil cleaning service, pemantauan parameter pembersihan dan pengechekkan sirkuit pompa dan jaringan pipa.

Gambar 12 menunjukkan lokasi pada economizer tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Chemical Excursion Damage dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Chemical Excursion Damage.

3.9 MATERIAL DEFECTS

Material Defects dapat terjadi di seluruh lokasi di dalam boiler, biasanya terjadi kerusakan pada area yang bersuhu panas akibat interaksi dari mekanisme stress rupture.

Material Defect ini diakibatkan oleh cacat/ketidak sempurnaan pada kontrol kualitas selama pembuatan, pabrikasi, penyimpanan dan pemasangan. Material Defect terjadi ketika pembuatan baja, pabrikasi pipa dan panel pipa, pemasangan pipa, atau penggantian pipa.

Sebab-sebab dari kerusakan akibat Material Defect dapat dijelaskan dengan melakukan analisa metalurgi, pengetesan komponen, dan pengechekkan terhadap pengangkutan pipa. Catatan kulit kontrol yang baik sangat dibutuhkan untuk mengetahui sebab-sebab kerusakan material.

Kerusakan ini ditandai dengan penurunan kualitas material yang menghasilkan kerusakan akibat stress atau fatigue. Pemasangan/pemakaian material yang salah akan menghasilkan kerusakan akibat stress, dan kerusakan di permukaan akan menghasilkan fatigue yang menghasilkan kerusakan.

Pengechekkan secara visual, magnetic particle testing (MT) dan ultrasonic testing (UT)

Gambar 13 menunjukkan lokasi pada economizer tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Material Defects dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Material Defects.

3.10 WELDING DEFECTS

Welding Defect dapat terjadi di seluruh lokasi pada tempat penyambungan pipa atau komponen struktur boiler yang disambungkan melalui proses pengelasan.

Penyebab dari Welding Defect adalah ketidaksempurnaan dalam kontrol kualitas selama proses pengelasan (welding). Beberapa jenis Material Defect dapat terjadi pada saat ketidaksempurnaan methoda pengelasan dilakukan. Kerusakan yang paling umum adalah porosity, excess penetration, inclusion, incomplete fusion, undercut dan penyambungan yang tidak tepat. Kerusakan terjadi karena operatir yang kurang pengalaman, penyambungan yang tidak tepat, pemakaian elektroda yang tidak tepat, pemanasan awal yang tidak sempurna, atau pendinginan yang terlalu cepat.

Penyebab dari Welding Defect dapat diteliti dengan menelusuri prosedur pengelasan, kualifikasi operator las, catatan inspeksi pengelasan dan catatan kontrol material las. Prosedur dan kualifikasi operator las tercantum dalam ASME Code Section IX.

Kerusakan yang diakibatkan biasanya ditandai dengan adanya retakan yang umumnya brittle dan nampak sedikit plastis di permukaan retakan. Yang lain adalah retakan tegak lurus atau melintang pada bagian pengelasan atau pada base metal. Area tempat terjadinya Welding Defect akan menjadi awal permulaan timbulnya water-side corrosion, fatigue atau stress rupture.

Metoda Magnetic particle Testing (MT) dan Dye Penetrang testing adalah cara yang paling banyak dipakai untuk mendeteksi atau memeriksa kualitas hasil pengelasan. Pengechekkan hasil las secara visual dapat mencegah terjadinya ketidak sempurnaan pengelasan dari tempat pengelasan ke tempat pemasangan. Radiographic methode biasanya dipakai untuk pengechekkan hasil las dan ini merupakan pengechekkan yang wajib dilakukan pada bagian las dengan diameter besar. Metoda ini paling sering dipakai pada saat perawatan rutin boiler dilakukan maupun penggantian pipa dilakukan.

Ketika suatu hasil sambungan yang tidak sempurna diletakkan pada tempat pemasangan, biasanya akan terjadi kegagalan sebelum sambungan tersebut diperiksa atau diganti. Yang perlu ditekankan disini adalah pencegahan ketidaksempurnaan pengelasan yang dapat meminimumkan kemungkinan kerusakan pada hasil pengelasan. Kualitas kontrol pada pengelasan meliputi:

- (1) Kualifikasi prosedur pengelasan, kualifikasi operator pengelasan.
- (2) Adanya sertifikasi inspektur pengelasan dan operator nondstructive testing
- (3) Kalibrasi untuk peralatan pengelasan dan peralatan test lainnya
- (4) Dokumentasi metoda test dan pengelasan, pemakaian material dan peralatan pembantu lainnya

Gambar 14 menunjukkan lokasi pada economizer tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Welding Defects dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Welding Defects.

4. PENUTUP

Penelusuran penyebab kecelakaan dan identifikasi penyebabnya secara mekanikal sangat penting dilakukan untuk melakukan tindakan-tindakan preventif agar kerusakan dengan sebab yang sama tidak terjadi lagi. Karena dari hasil penelitian kerusakan yang terjadi pada boiler sebagian besar merupakan pengulangan dari kerusakan yang pernah terjadi sebelumnya.

Laporan teknis yang merupakan rangkuman dari pengalaman di lapangan dapat digunakan untuk membantu dalam mengidentifikasi penyebab kerusakan material, yang dapat meningkatkan kemampuan para teknisi di PLTU dalam menganalisa penyebab kerusakan material.

5. DAFTAR PUSTAKA

- (1) EPRI REPORT "Boilers an Related Auxilaies"
 - (2) Irhan Febijanto, "PREDIKSI WAKTU PAKAI *SUPERHEATER* DAN *REHEATER* DI BOILER", Prosiding Konferensi ESDAL 2001,4-5 Juli 2001, Jakarta, pp E-74~83
-