

E₂-04

115

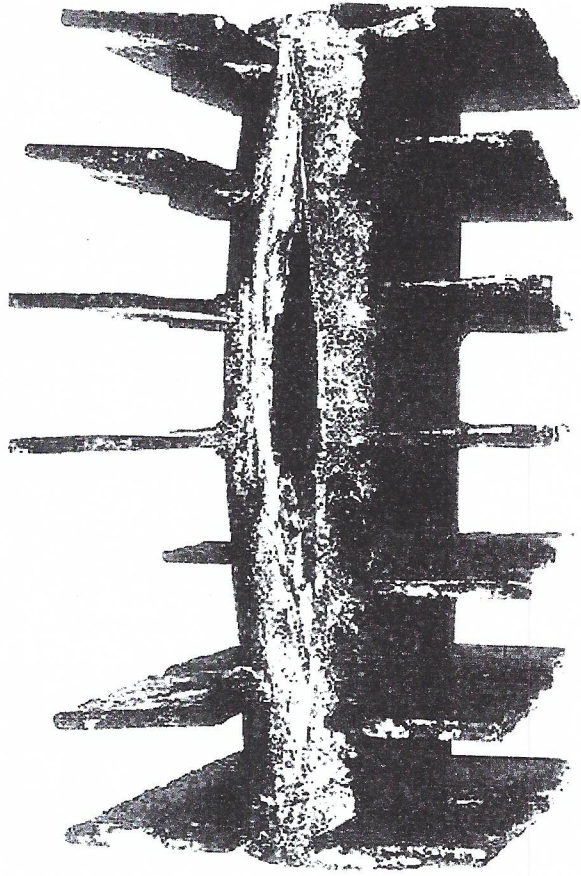
14.2d e



LAPORAN TEKNIS

**JENIS DAN MEKANISME KERUSAKAN MATERIAL
WATERWALL 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**

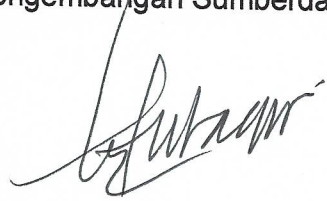
LAPORAN TEKNIS

**JENIS DAN MEKANISME KERUSAKAN MATERIAL
WATERWALL 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	: 1532/H/04
Klasifikasi	: IL-07.04.1532
Subjek	:
Harga / Asal	:
Pemb. / Had / Tk	:
Katalog	: 16 Mei 05
Dll.	: 05-10-04

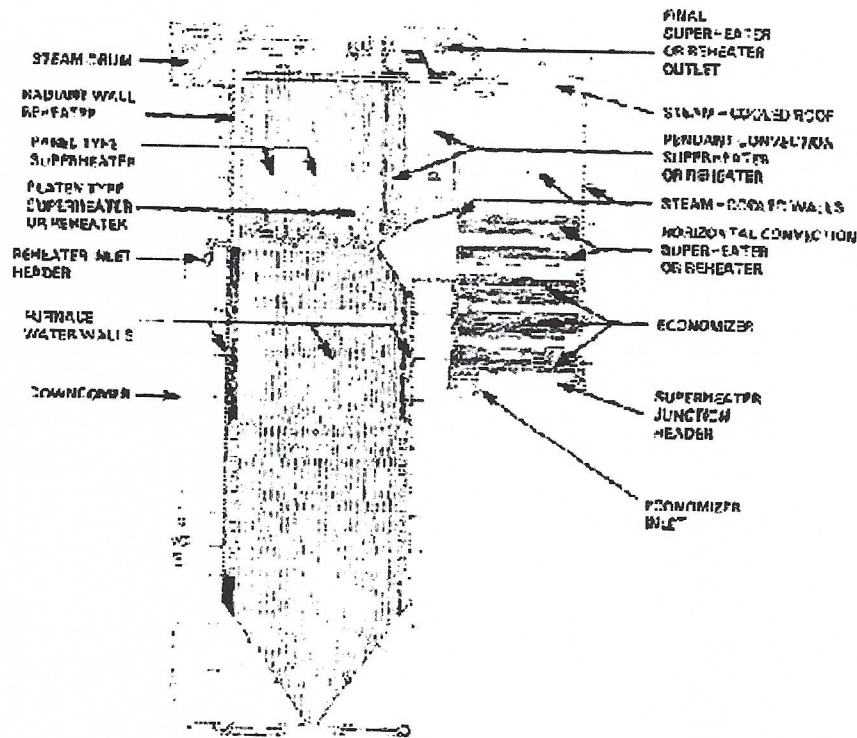
**PUSAT PENKKAJIAN & PENERAPAN
TEKNOLOGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA ENERGI
DEPUTI BIDANG TENOLOGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA ALAM
BPP TEKNOLOGI
2002**

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	2
1. PENDAHULUAN	3
2. KERUSAKAN PIPA BOILER	4
3. JENIS KERUSAKAN	4
3.1 SHORT TERM OVERHEATING	4
3.2 CAUSTIC CORROSION	5
3.3 HYDROGEN DAMAGES	6
3.4 WATERWALLS FIRE-SIDE CORROSION	7
3.5 FALLING SLAG EROSION	8
3.6 SOOTBLOWER EROSION	8
3.7 COAL PARTICLE EROSION	9
3.8 VIBRATION FATIGUE	10
3.9 THERMAL FATIGUE	11
3.10 COROSION FATIGUE	11
3.11 MAINTENANCE CLEANING DAMAGE	13
3.12 CHEMICAL EXCURSION DAMAGE	13
3.13 MATERIAL DEFECTS	14
3.14 WELDING DEFECTS	15
4. PENUTUP	16
5. DAFTAR PUSTAKA	16

GAMBAR dan TABEL

Gambar 1 Komponen Boiler	3
Gambar 2 Lokasi Short-Term Overheating dan kerusakan akibatnya	17
Gambar 3 Lokasi Caustic Corrosion dan kerusakan akibatnya	18
Gambar 4 Lokasi Water Wall Fire-Side Corrosion dan kerusakan akibatnya	19
Gambar 5 Lokasi Falling Lag Erosion dan kerusakan akibatnya	20
Gambar 6 Lokasi Coal Particle Erosions Corrosion dan kerusakan akibatnya	21
Gambar 7 Lokasi Sootblower Erosions dan kerusakan akibatnya	22
Gambar 9 Lokasi Vibration Fatigue dan kerusakan akibatnya	23
Gambar 10 Lokasi Thermal Fatigue dan kerusakan akibatnya	24
Gambar 11 Lokasi Corrosion Fatigue dan kerusakan akibatnya	25
Gambar 12 Lokasi Maintenance Cleaning Damage dan kerusakan akibatnya	26
Gambar 13 Lokasi Chemical Excursion Damage dan kerusakan akibatnya	27
Gambar 14 Lokasi Material Defects dan kerusakan akibatnya	28
Gambar 15 Lokasi Welding Defects dan kerusakan akibatnya	29



Gambar 1 Komponen Boiler

1. PENDAHULUAN

Kerusakan pada 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.

Kerusakan yang telah terjadi pada fasilitas peralatan boiler, mempunyai kemungkinan akan terulang kembali, agar hal-hal tersebut tidak terjadi berulang kali, setiap kerusakan yang terjadi harus diteliti sampai diketemukan penyebabnya. Usaha ini merupakan langkah yang harus dilakukan oleh para operator dan insinyur di PLTU agar tidak terulang kerusakan yang menyebabkan berhentinya sistem PLTU atau kecelakaan karena sebab yang sama, dan juga agar dapat dilakukan pencegahan sedini mungkin. Diakui bahwa penelitian penyebab kerusakan pada boiler merupakan hal yang kompleks dan tidak mudah dipecahkan atau diketemukan dalam waktu yang singkat. Analisa metalurgi terhadap material yang rusak, penelusuran dokumentasi unjuk kerja boiler sangat membantu para insinyur dan juga komunikasi antara operator, insinyur, manajer plant, maker boiler, dan

para teknisi dan insinyur sangat diperlukan untuk meneliti penyebab kerusakan pada fasilitas peralatan boiler.

Pada laporan teknis ini dirangkum beberapa kerusakan yang sering dialami oleh bagian boiler yang berada di dalam tungku yaitu waterwaalls tube yang terletak mengelilingi boiler dan bisa dianggap sebagai dinding boiler.

2 KERUSAKAN PIPA BOILER

Kerusakan pipa boiler ini berdasarkan data sebuah badan kelistrikan di Amerika, yaitu National Electricity Reliability Council's dinyatakan bahwa defisit rutin yang terjadi pada sebuah PLTU, 4 persen penyebabnya adalah kerusakan dari pipa boiler.

Dan dari data yang ada diketahui pula bahwa kerusakan di pipa boiler 40% meliputi kerusakan di waterwall tubes. Dari kerusakan di waterwall ini, 30% adalah kerusakan dari superheater tube, kemudian secara berurutan masing masing untuk reheater tubes, economizer tubes dan cyclone tubes adalah 15, 10 dan 5 persen.

Gambar 1 menunjukkan bentuk boiler pada umumnya dan komponen-komponen boiler. Kerusakan komponen boiler ini dapat dibagi menjadi 6 jenis, yaitu :

- (1) Stress Rupture
- (1) Water-Side Corrosion
- (2) Fire-Side Corrosion
- (3) Erosion
- (4) Fatigue
- (5) Lack of Quality Control

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

3. JENIS KERUSAKAN

3.1 SHORT TERM OVERHEATING

Short Term Overheating, terjadi karena kenaikan suhu secara lokal dalam waktu yang singkat. Kerusakan ini dapat terjadi pada steam-cooled tubes maupun water-cooled pipe pada bagian:

1. Pada permukaan pipa yang menempel scale, kotoran atau kondensasi dari hasil pembakaran yang tidak sempurna
2. Pada bagian pipa yang terdapat di area dengan sirkulasi udara yang cepat tetapi aliran air dalam pipa (coolant water) lambat.
3. Bagian pipa yang terkena panas dengan suhu tinggi, karena tidak sempurna kerja burner.

Overheating dapat disebabkan oleh tidak normalnya aliran water coolant atau suhu gas yang sangat tinggi. Ketidaknormalan aliran air pendingin dapat

menyebabkan terjadinya penyumbatan pada sirkulasi aliran. Suhu gas yang tinggi dapat disebabkan karena kelebihan nyala/overfiring selama startup, dikarenakan suplai air terhenti atau turunnya beban boiler dan penyalaan burner yang tidak beraturan atau sesuai dengan manual.

Penelusuran penyebab dari overheating ini dapat dilakukan dengan penelusuran aliran water coolant dan kondisi pengoperasian dari pembakaran. Pemindahan pipa penghantar panas/tube kemungkinan diperlukan untuk menanggulangi pipa yang tersumbat. Catatan pengoperasian sistem di boiler kemungkinan menunjukkan adanya penurunan tinggi air atau hilangnya sirkulasi air karena adanya pengoperasian yang error atau adanya sistem yang tidak berfungsi. Pengukuran suhu metal pipa atau suhu tungku dapat mendeteksi kemungkinan adanya kenaikan suhu atau pembakaran yang tidak sempurna.

Ciri dari kemunculan/kerusakan akibat overheating ini adalah perubahan bentuk pipa karena panas yang berlebihan, yang dapat mengurangi area penyerapan panas pada waterwalls tube. Bentuk kerusakan seperti mulut ikan atau kerusakan longitudinal pada permukaan pipa biasanya nampak.

Kerusakan akibat overheating ini biasanya tidak dapat dideteksi dengan metode NDE, karena kecepatan kerusakan akibat suhu tinggi ini terjadi dengan tiba-tiba. Pada skala laboratorium pipa yang mengalami overheating dapat dideteksi dengan pengamatan mikrostruktural dan pengujian kerusakan permukaan.

Pencegahan terhadap kerusakan ini, dapat dilakukan dengan pemeriksaan terhadap tinggi permukaan air di dalam boiler drum, sirkulasi water coolant berlangsung normal, mengurangi banyaknya nyala api.

Gambar 1 menunjukkan lokasi pada waterwalls tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan overheating dan contoh kerusakan pipa akibat short term overheating.

3.2 CAUSTIC CORROSION

Kerusakan akibat karat terjadi pada waterwalls tube pada bagian :

- (1) Pipa horizontal maupun posisi miring
- (2) Pipa yang terkena heat flux tinggi
- (3) Aliran yang terganggu seperti adanya bends, deposit, atau adanya sambungan las

Penyebab terjadinya korosi ini, disebabkan adanya sodium hydroxide yang berasal dari air kimia boiler atau karena ketidaksempurnaan proses kimiawi di boiler seperti di lokasi yang terkena heat flux yang tinggi atau adanya deposit. Deposit terbentuk dari hasil korosi feedwater sistem atau dari kebocoran di kondensor. Sodium hydroxide dapat terkonsentrasi dalam deposit untuk menjadi penyebab terjadinya karat secara lokal. Dengan naiknya suhu metal dari tube dikarenakan adanya peningkatan tahanan panas, mekanisme konsentrasi menjadi lebih kuat.

Penyebab terjadinya caustic corrosion ini dapat diketahui dengan meneliti kondisi kimiawi air dan produksi deposit karat dalam pipa boiler. Sample dari tube dapat dipakai untuk mendeteksi terjadinya penipisan dinding tube/pipa dan jumlah deposit yang terbentuk pada bagian dalam dinding pipa. Berdasarkan standar ASTM D 887-82 dan D 3483-78 dijelaskan tentang metoda test ini.

Sedangkan gangguan pada air kimia dalam boiler akibat malfunction dan kesalahan pengoperasian dapat dideteksi dari ada tidaknya alarm, on-line water chemistry record dan chemical control logs.

Munculnya kerusakan akibat caustic corrosion dapat diketahui dengan adanya lubang kebocoran (pinhole leaks) atau penipisan dinding pada pipa yang diakibatkan karat. Nama lain dari kerusakan ini adalah ductile gouging atau caustic gouging.

Penipisan dinding karena caustic corrosion dapat dideteksi dengan Radiographic atau Ultrasonic (UT). Suhu dari metal tube dapat diukur dengan chordal temperature yang dapat dipakai untuk mendeteksi besarnya deposit dari feedwater, tetapi kerusakan akibat karat ini dapat terjadi tanpa dapat dideteksi dengan pengukuran pertambahan suhu.

Pencegahan yang dapat dilakukan adalah dengan mengontrol ada tidaknya kebocoran pada kondensor, meminimalkan masuknya hasil karat ke dalam feedwater, dan mengontrol air kimia dalam boiler.

Gambar 2 menunjukkan lokasi pada waterwalls tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan caustic corrosion dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat caustic corrosion.

3.3 HYDROGEN DAMAGES

Hydrogen damages ini dapat terjadi pada lokasi sebagai berikut :

- (1) Tube yang mempunyai heat flux yang tinggi
- (2) Pipa horizontal atau miring
- (3) Terjadinya aliran turbulen seperti pada bends, adanya deposit (bagian yang menonjol) dan sambungan las dengan backing rings

Penyebab dari hydrogen damage ini adalah akibat pengoperasian boiler dengan pH rendah air kimia akibat kebocoran pada kondensor dengan masuknya air garam, kontaminasi dari chemical cleaning atau tidak berfungsinya komponen pengontrol air kimia dan adanya deposit yang terkena karat di dalam permukaan dalam pipa. Deposit terbentuk karena adanya komponen yang masuk akibat kebocoran dari kondensor atau hasil dari karat dari feedwater.

Kerusakan akibat hydrogen damage ini dapat ditelusuri dengan cara menyelidiki penyebab terjadinya karat di boiler dan jumlah deposit di boiler. Sample tube dipakai untuk mendeteksi kecepatan penipisan tube dan jumlah deposit yang terkumpul pada bagian pemansan tube. Berdasarkan standar ASTM D 887-82 dan D 3483-78 dijelaskan tentang metoda test ini.

Kerusakan biasanya ditandai dengan "window opening" (sobekan dinding pipa seperti dalam gambar), dimana wilayah yang rusak tersebut merupakan daerah yang terkena hydrogen damage.

Pemeriksaan dengan metoda radiographic dan UT dapat mendeteksi hydrogen damage. Dengan UT dapat dideteksi penipisan dinding pipa dan terjadinya penurunan energi suara pada bagian yang rusak. Pemeriksaan dengan UT harus berhati-hati dalam peletakkan karena perseentuhan antara permukaan pipa dengan UT harus terjadi dengan sempurna.

Pencegahan dapat dilakukan dengan mengontrol air kimia boiler pada nilai standard operasi. Dan chemical cleaning harus dipertimbangan jika terjadi

kebocoran dari kondensor sudah berlangsung satu jam lebih dan menyebabkan air boiler turun di bawah pH 7. Chemical cleaning diperlukan untuk membersihkan terjadinya deposit pada bagian dalam pipa dan untuk memberhentikan pertumbuhan hydrogen pada permukaan dalam pipa. Jika penipisan pipa terjadi sangat hebat, penggantian pipa dilakukan untuk mencegah terjadinya kecelakaan dalam pengoperasian.

Gambar 3 menunjukkan lokasi pada waterwalls tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan hydrogen damage dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat hydrogen damage.

3.4 WATERWALLS FIRE-SIDE CORROSION

Lokasi tempat timbulnya kerusakan Waterwall Fire-side Corrosion adalah:

- (1) terdapatnya abu/ash yang bersifat korosif
- (2) ada pada kondisi pembakaran tidak sempurna dan terjadinya pengurangan atmosfer di waterwall

Penyebab dari timbulnya kerusakan ini adalah terbentuknya kondisi korosif pada area pembakaran yang disebabkan tidak mencukupinya suplai oksigen yang tidak tepat, atau timbulnya konsentrasi tinggi sulfur dan peningkatan klorin pada bahan bakar, tidak tepatnya penyalaan konfigurasi burner dan terjadinya pembentukan pencairan abu pada permukaan pipa waterwalls.

Penelusuran penyebab dari waterwall fire side corrosion dapat dijelaskan dengan penjelasan tingkat korosif dari bahan bakar, kesempurnaan pembakaran dan kondisi penghantaran panas. Pada test di lapangan menunjukkan bahwa proses karat ini berhubungan dengan tingkat pembentukan carbonmonoxide dekat waterwall dan jumlah karbon yang tidak terbakar di dalam abu/ash.

Bentuk dari kerusakan ini biasanya diketemukan dalam bentuk penipisan dinding pipa yang pada akhirnya menyebabkan kerusakan pada pipa dalam arah tegak. Penipisan pipa terjadi dengan merata pada beberapa pipa pada lokasi tertentu. Alur retakan yang melingkari pipa atau adanya retakan dengan kedalaman tertentu biasanya diketemukan di super critical boiler, sedangkan deposit dari ash biasanya diketemukan di permukaan luar.

Metoda UT dapat dipakai untuk mengukur kecepatan korosi dan keberadaannya. Untuk mendapatkan pengukuran yang akurat pada pengukuran UT, pembersihan permukaan pipa dengan sandblasting atau grinding sangat diperlukan. Data dapat dimasukkan ke dalam komputer untuk pendataan secara berkelanjutan.

Pencegahan yang harus dilakukan bergantung pada jenis masalah korosi. Pengoperasian dalam jangka pendek termasuk pergantian pengoperasian, pengaturan komposisi burner, peningkatan kelembutan partikel batubara, spraying thermal corrosion-resistant coating dan mengalir masuknya udara ke area sidewall. Pengoperasian dalam jangka panjang, termasuk di dalamnya modifikasi tungku untuk mendapatkan kondisi pembakaran yang lebih baik, dan modifikasi permukaan pipa untuk mencegah timbulnya karat di bagian luar pipa/tube. Estimasi remaining-life dari tube/pipa ditentukan dengan dasar dari kecepatan pertumbuhan karat.

Gambar 4 menunjukkan lokasi pada waterwalls tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan waterwall fire-side corrosion dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat waterwall fire-side corrosion.

3.5 FALLING SLAG EROSION

Falling slag erosion ini timbul di bagian bawah furnace seperti ditunjukkan di gambar 9. Pada bagian miring di kedua sisi boiler merupakan tempat yang mudah terbentuknya kerusakan ini.

Falling slag erosion ini disebabkan adanya slagging coal karena adanya pembentukan abu/ash padat di dinding tungku dan di pendant superheater tube. Slag yang berat tersebut jatuh dan menyebabkan kerusakan serta erosi pada kedua bagian miring di bagian bawah boiler. Adalah hal yang penting dalam disain untuk mengevaluasi kembali untuk mencegah terbentuknya slag.

Penyebab terjadinya kerusakan ini adalah dengan mengevaluasi potensi timbulnya slag pada bahan bakar. Evaluasi terhadap beberapa jenis batubara dilakukan akan tetapi biasanya dipakai ASTM Standard D1857 untuk mengetahui kondisi pertumbuhan slag dalam bahan bakar batubara. Persentase silica dan suhu cair dari abu/ash dapat dipakai sebagai faktor penentu kecenderungan pembentukan slagging pada batubara.

Kerusakan akibat Falling Slag Erosion ini membentuk permukaan rata yang berasal dari material logam yang dipindahkan/digantikan. Retakan akibat penipisan dinding pipa pada arah tegak terjadi ketika dinding tidak kuat menahan tekanan dalam pipa (internal pressure).

Metoda UT dan pengecekan secara visual dapat digunakan untuk mendeteksi dan memonitor erosi akibat jatuhnya ash. Metoda UT digunakan pada saat boiler berhenti beroperasi karena menjalani perawatan rutin (*overhaul*).

Pencegahan terhadap kerusakan ini bergantung pada tingkat kerusakan. Jika tingkat kerusakan sangat parah, penurunan kemampuan boiler akibat rusaknya pipa sangat mempengaruhi biaya operasi. Jika jenis bahan bakar tidak mengalami pergantian maka cara pencegahan dapat dilakukan dengan penambahan ketebalan pipa, pemasangan pipa yang dapat memperlambat waktu terjadinya kerusakan akibat erosi ini.

Gambar 5 menunjukkan lokasi pada waterwalls tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan falling slag erosion dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat falling slag erosion.

3.6 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 pemasukan 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 erosion. 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 erosion.

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

3.7 COAL PARTICLE EROSION

Kerusakan akibat Coal Particle Erosion ini biasanya ditemukan pada cyclone untuk tipe coal burner, dimana suplai udara pembakaran terjadi pada kecepatan tinggi dan persentuhan dengan permukaan pipa memberikan gerakan memutar terhadap partikel batubara yang datang.

Coal particle erosion merupakan penyebab rusaknya perlindungan peralatan di dalam cyclon burner sehingga tidak dapat berfungsi dalam waktu yang lama.

Penelusuran penyebab dari kerusakan ini dapat dilakukan dengan pengamatan pada coating tambahan yang digunakan untuk melindungi pemipaan di boiler dan wear resistant liners. Observasi dari flow pattern di burner yang berasal dari secondary dan tertiary burner kemungkinan menjadi penyebab terjadinya erosi.

Bentuk dari kerusakan ini ditandai dengan penipisan dinding pipa. Kerusakan (thin-edged fracture) terjadi ketika dinding pipa yang mengalami penipisan mengalami tekanan air dari dalam pipa yang melebihi kapasitas kerjanya.

Pemeriksaan visual dan UT untuk mengukur penipisan dinding pipa dipakai untuk mendeteksi dan memonitor kerusakan ini. Diameter kecil dari UT transducer dipakai untuk pengukuran penipisan dinding pipa. Dari pengukuran UT didapat data penipisan yang berguna untuk melakukan tindakan pencegahan sedini mungkin.

Perbaikan pengoperasian termasuk dengan pemindahan dan monitoring dari wear-resistant liners dan refractory coating, sehingga tidak hilang selama pengoperasian boiler perlu dilakukan. Pengesetan terhadap air damper inlet dari secondary dan tertiary sangat penting untuk mengubah flow patterns di dalam burner dan juga untuk mengontrol kecepatan erosi ari protective liners dan coating.

Gambar 7 menunjukkan lokasi pada waterwalls tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Coal Particle Erosion dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Coal Particle Erosion.

3.8 VIBRATION FATIQUE

Kerusakan akibat Vibration Fatique umumnya terjadi di lokasi,

- (1) sambungan las horizontal di steam cooled tube
- (2) sambungan las tipe spacer di antara steam-cooled tubes atau di antara waterwall

Kerusakan ini diakibatkan karena getaran pipa akibat induksi dari aliran gas. Getaran dihasilkan langsung oleh energi gas buang atau secara tidak langsung oleh vortex atau eddy current shedding.

Penyebab dari kerusakan ini dapat diselidiki dengan observasi kerusakan lokal atau bentuk retakan. Sangat sulit menentukan parameter yang mempunyai pengaruh yang kuat, semenjak getaran terjadi dari interaksi antara karakteristik getaran pipa dan bentuk aliran gas. Karakteristik dari getaran pipa sangat berbeda bergantung pada jumlah deposit ash/abu. Getaran akan sangat sering terjadi ketika permukaan luar pipa dalam kondisi bersih.

Kerusakan jenis ini biasanya ditandai dengan munculnya retakan kecil/tipis pada permukaan luar pipa. Biasanya retakan timbul dalam arah melingkar dan dimulai pada bagian permulaan pengelasan (toe of the weld) atau sambungan antara bagian las dan base metal.

Pemeriksaan permukaan dengan menggunakan dye penetrant atau magnetic particle (MT) biasa digunakan untuk mendeteksi ada tidaknya retakan pada permukaan luar pipa. Jika retakan telah diketemukan, pemeriksaan terhadap pipa yang bersebelahan harus dilakukan untuk mendeteksi retakan.

Perbaikan untuk memodifikasi karakteristik pipa agar tidak terinduksi oleh getaran gas sangat diperlukan. Snubber dan penghambat getaran diletakkan diangara atau melintang pada pipa bergantung pada faktor kritis seperti pemuaian akibat panas atau kerusakan akibat stress.

Gambar 8 menunjukkan lokasi pada waterwalls tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Vibration Fatique dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Vibration Fatique.

3.9 THERMAL FATIQUE

Kerusakan ini terjadi pada

- (1) bagian yang terkena cipratan air dari bagian bawah ash hopper
- (2) bagian yang terkena semprotan air dari hasil kondensasi sooblowing medium
- (3) bagian yang mengalami perubahan suhu secara cepat, khususnya di economizer inlet header dan primary superheater dari one-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 menghasilkan 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 ditemukan 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 waterwalls tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Thermal Fatigue dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Thermal Fatigue.

3.10 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 dan 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 treatment 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 waterwalls tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Corrosion Fatigue dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Corrosion Fatigue.

3.11 MAINTENANCE CLEANING DAMAGE

Kerusakan ini terjadi 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 waterwalls tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Maintenance Cleaning Damage dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Maintenance Cleaning Damage.

3.12 CHEMICAL EXCURSION DAMAGE

Kerusakan akibat Chemical Excursion Damage biasanya terjadi di:

- (1) area yang tidak dinetraslisir 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 menetralkan 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 hydrogem 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 waterwalls tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Chemical Excursion Damage dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Chemical Excursion Damage.

3.13 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/ke tidak 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.

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

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

3.14 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 operator 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. Pengecekan hasil las secara visual dapat mencegah terjadinya ketidaksempurnaan pengelasan dari tempat pengelasan ke tempat pemasangan. Radiographic methode biasanya dipakai untuk pengecekan hasil las dan ini merupakan pengecekan 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 waterwalls tube yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk timbulnya kerusakan Welding Defects dan menunjukkan contoh kerusakan pipa akibat Welding Defects.

4. PENUTUP

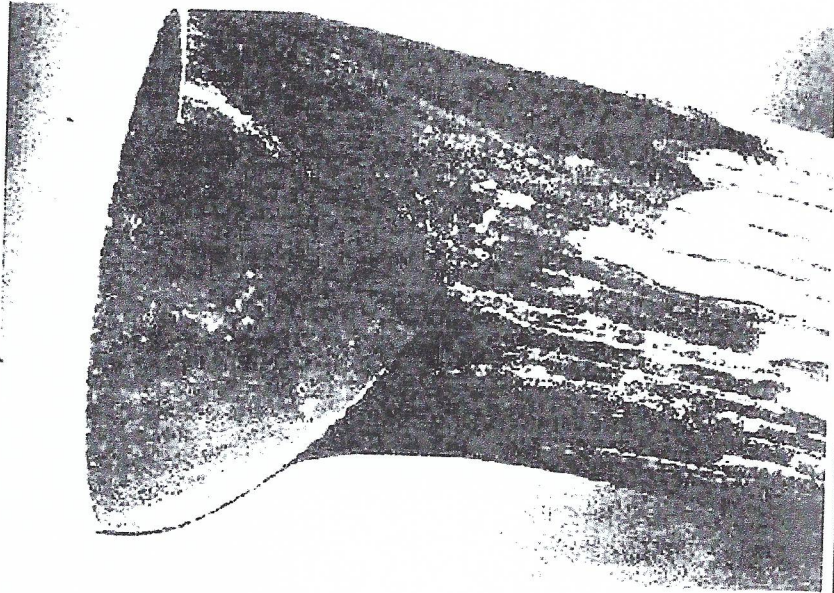
Penelusuran penyebab kecelakaan dan identifikasi penyebabnya secara mekanikal sangat penting dilakukan untuk melakukan tindakan-tindakan preventif agar kerusakan dengan sebab yang sama tidak terjadi lagi. Karena dari hasil penelitian kerusakan yang terjadi pada boiler sebagian besar merupakan pengulangan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

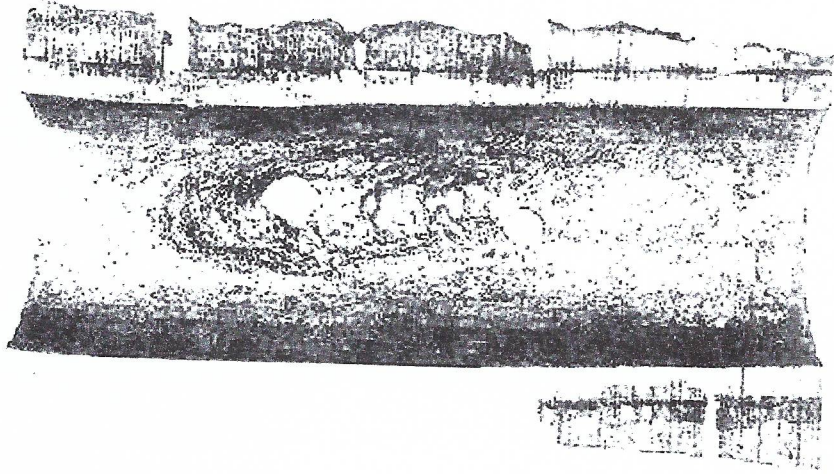
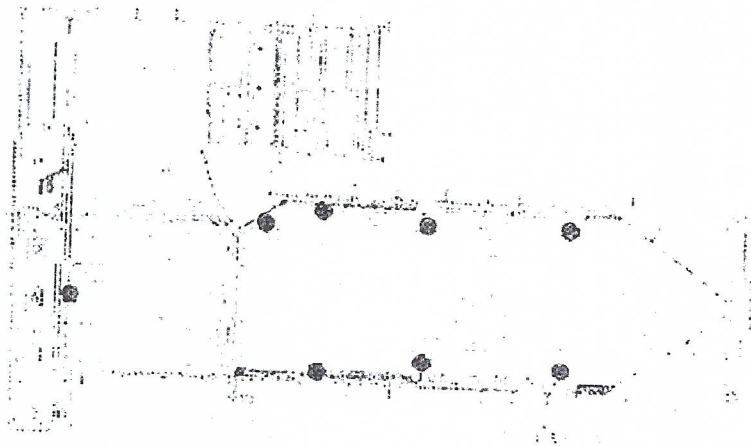
- (1) EPRI REPORT "Boilers an Related Auxilaies"
 - (2) Irhan Febijanto, "PREDIKSI WAKTU PAKAI SUPERHEATER DAN REHEATER DI BOILER", Prosiding Konferensi ESDAL 2001,4-5 Juli 2001, Jakarta, pp E-74~83
-

SHORT-TERM OVERHEATING
(Manual Subsection 2.1)

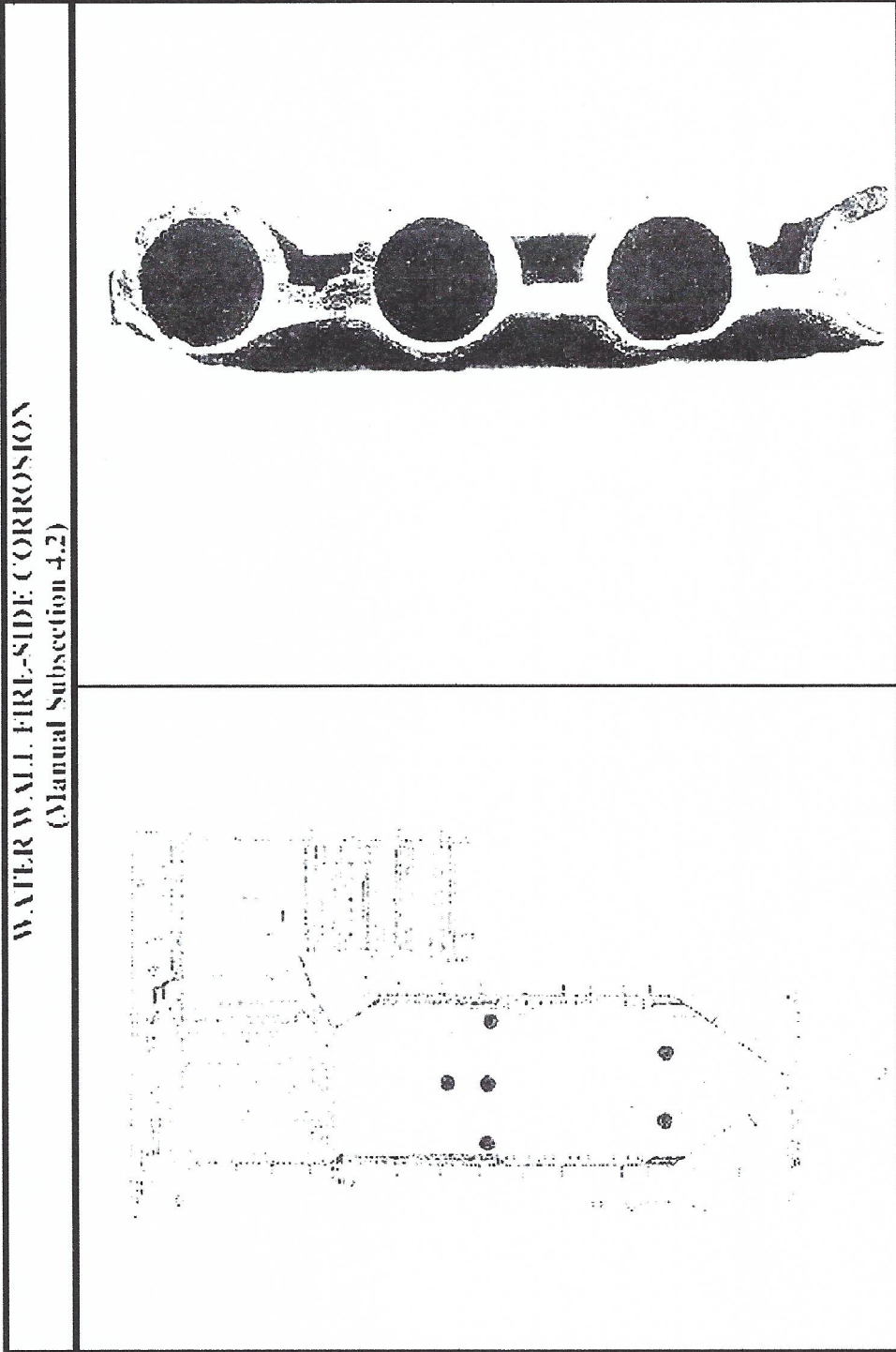


Gambar 2 Lokasi Short-Term Overheating dan kerusakan akibatnya

CAUSTIC CORROSION
(Manual Subsection 3.1)

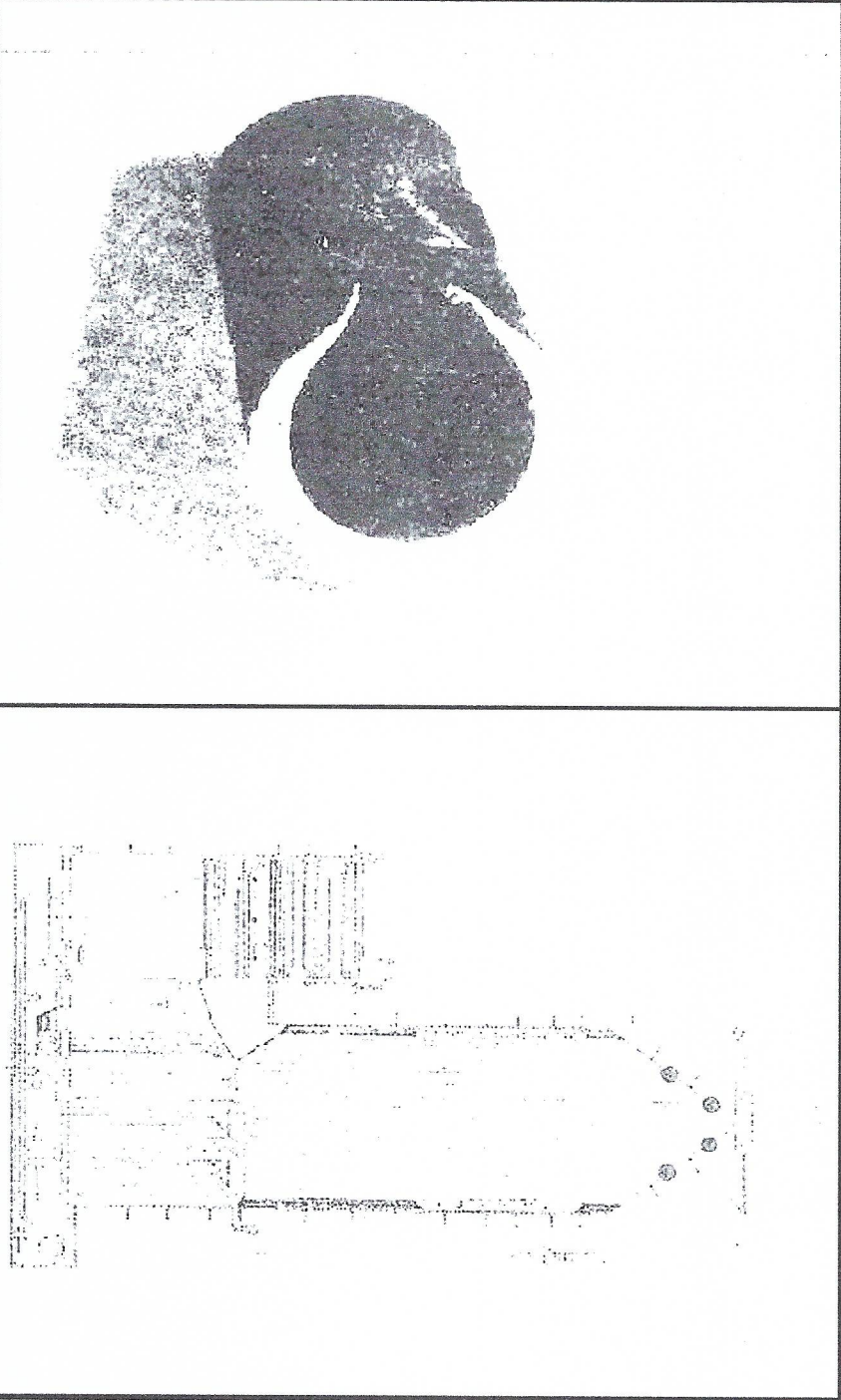


Gambar 3 Lokasi Caustic Corrosion dan kerusakan akibatnya



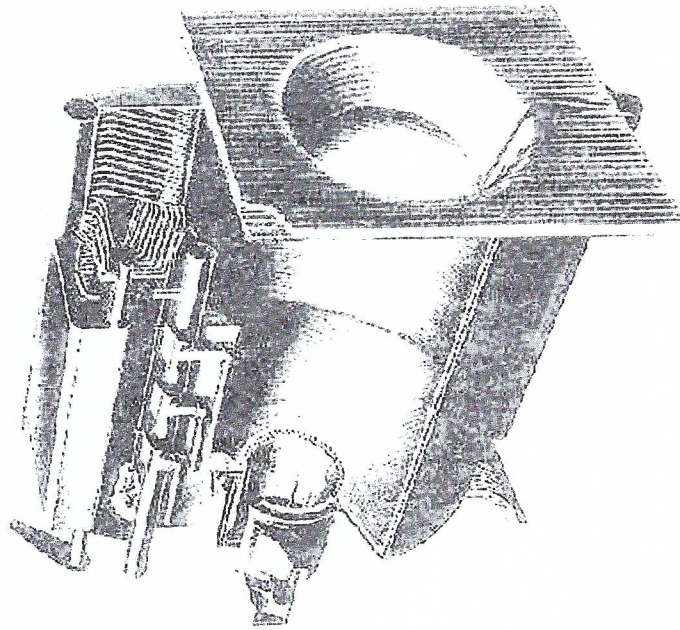
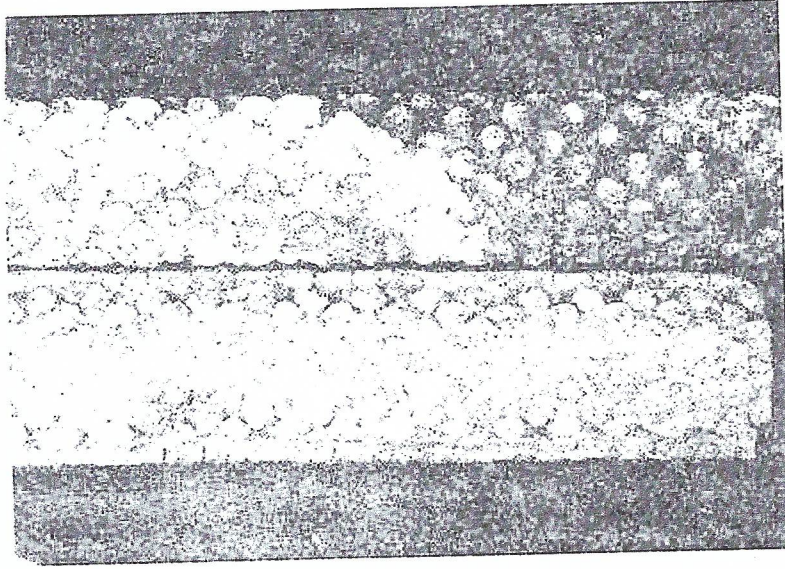
Gambar 4 Lokasi Water Wall Fire-Side Corrosion dan kerusakan akibatnya

FALLING SLAG EROSION
(Manual Subsection 5.2)



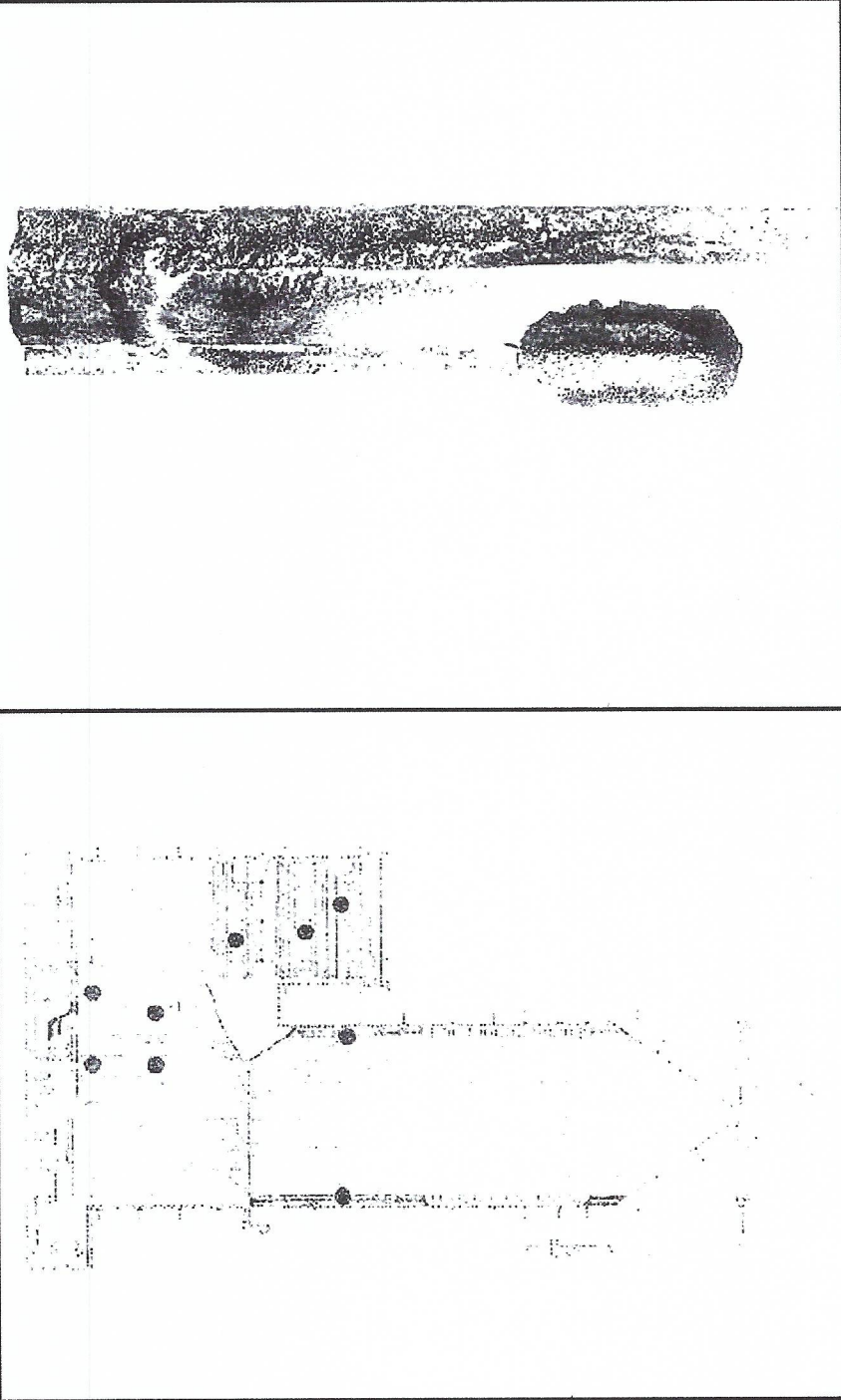
Gambar 5 Lokasi Falling Lag Erosion dan kerusakan akibatnya

COAL PARTICLE EROSIONS
(Manual Subsection 5.4)



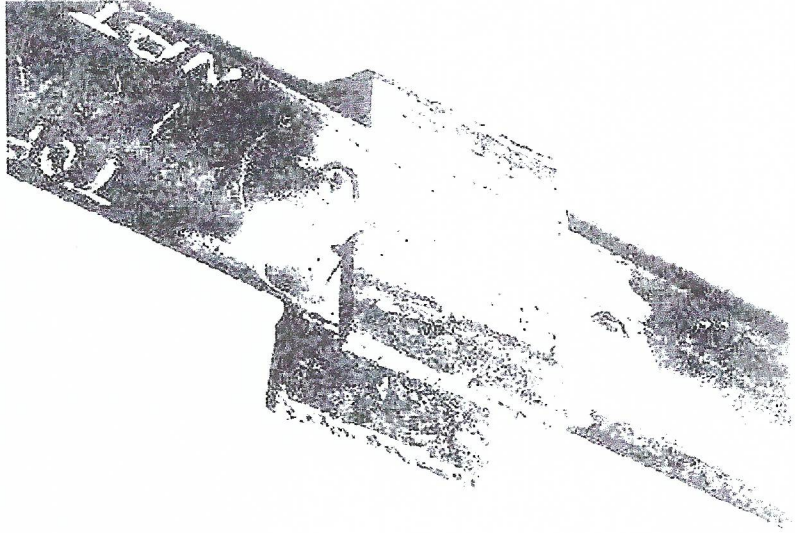
Gambar 6 Lokasi Coal Particle Erosions Corrosion dan kerusakan akibatnya

SOOTBLOWER EROSION
(Manual Subsection 5.3)



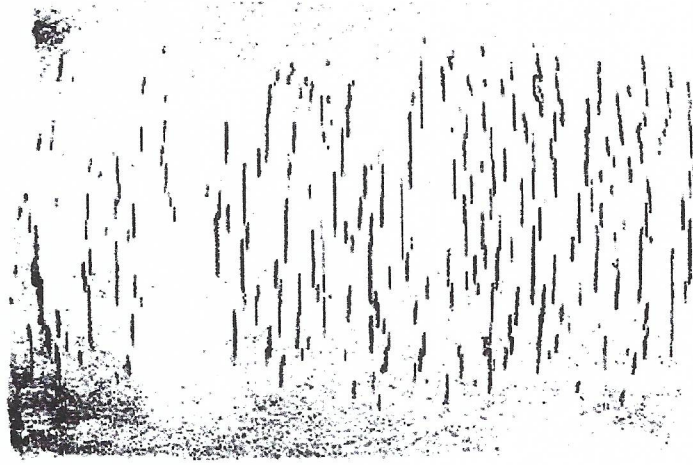
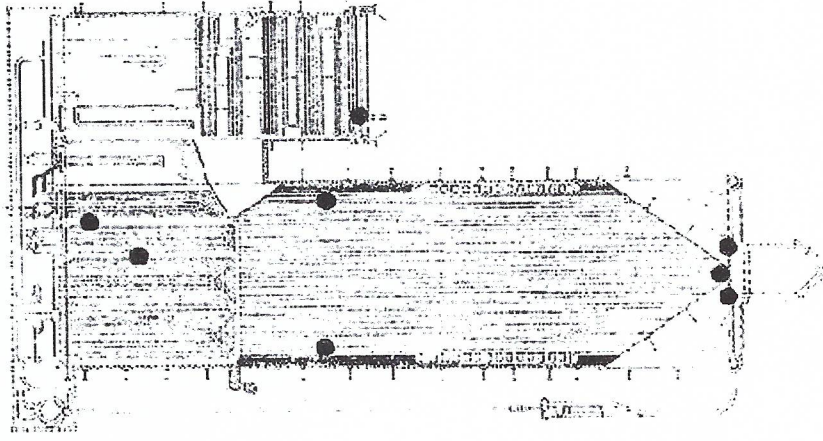
Gambar 7 Lokasi Sootblower Erosions dan kerusakan akibatnya

VIBRATION FATIGUE
(Manual Subsection 6.1)



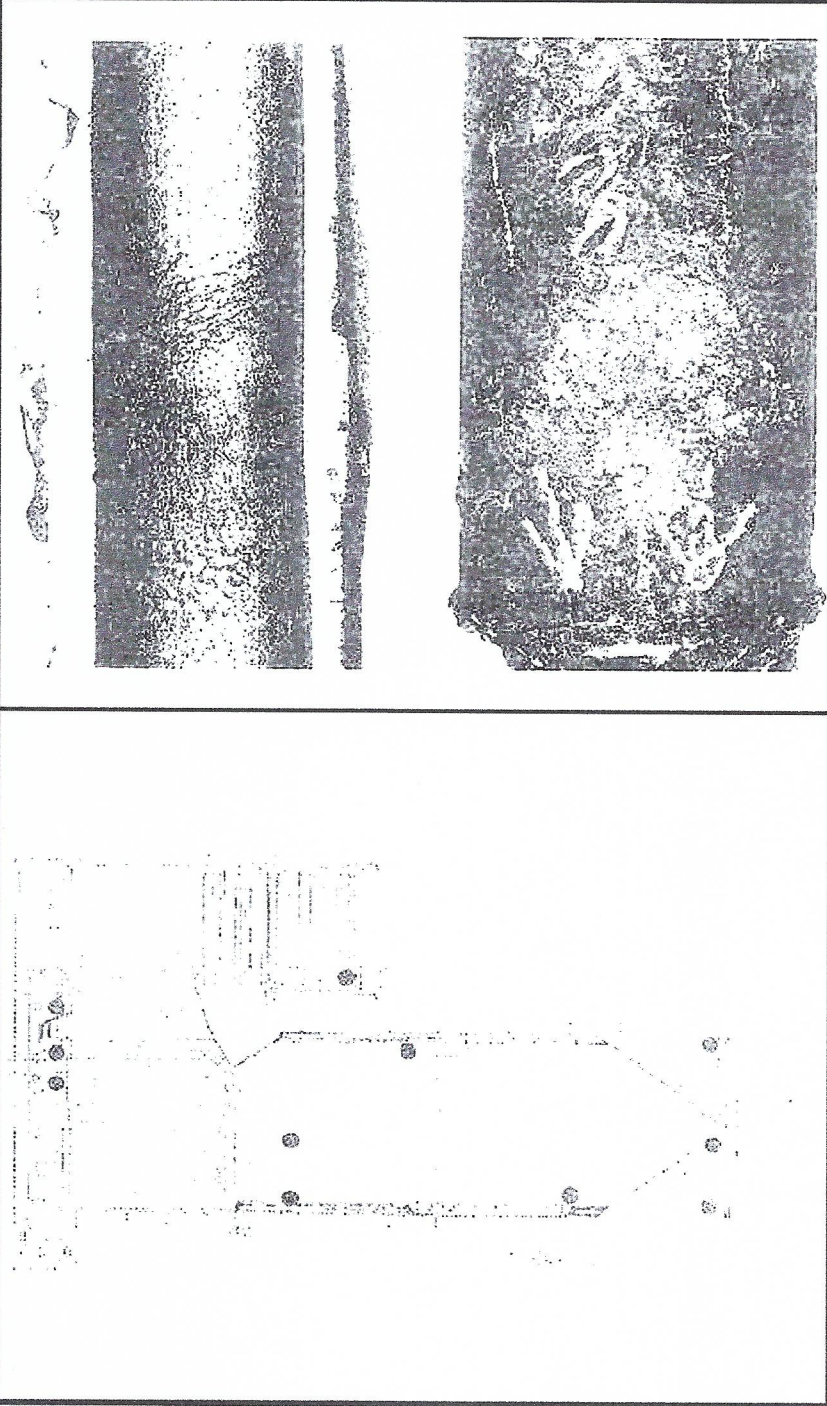
Gambar 9 Lokasi Vibration Fatigue dan kerusakan akibatnya

THERMAL FATIGUE
(Manual Subsection 6.2)



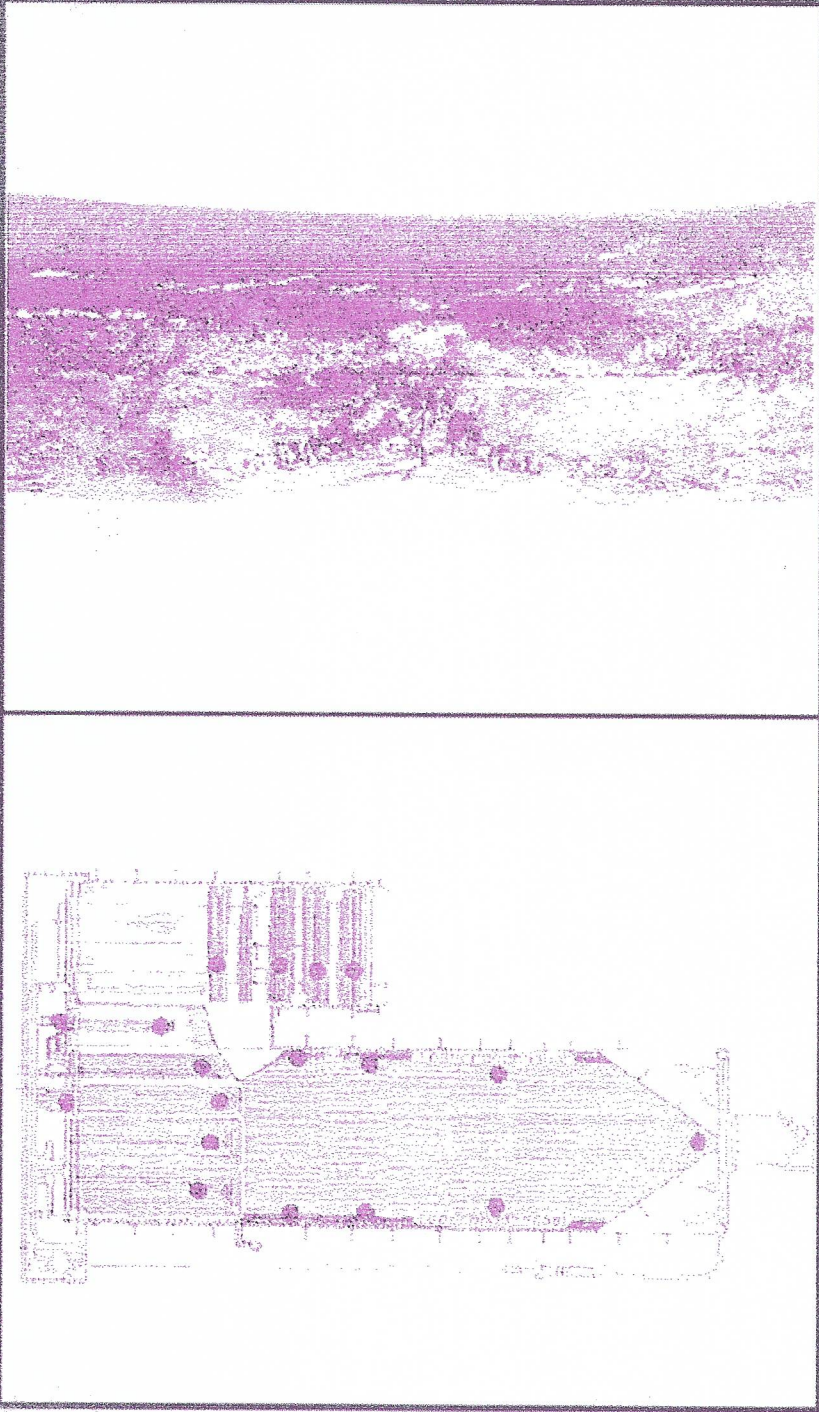
Gambar 10 Lokasi Thermal Fatigue dan kerusakan akibatnya

CORROSION FATIGUE
(Manual Subsection 6.3)

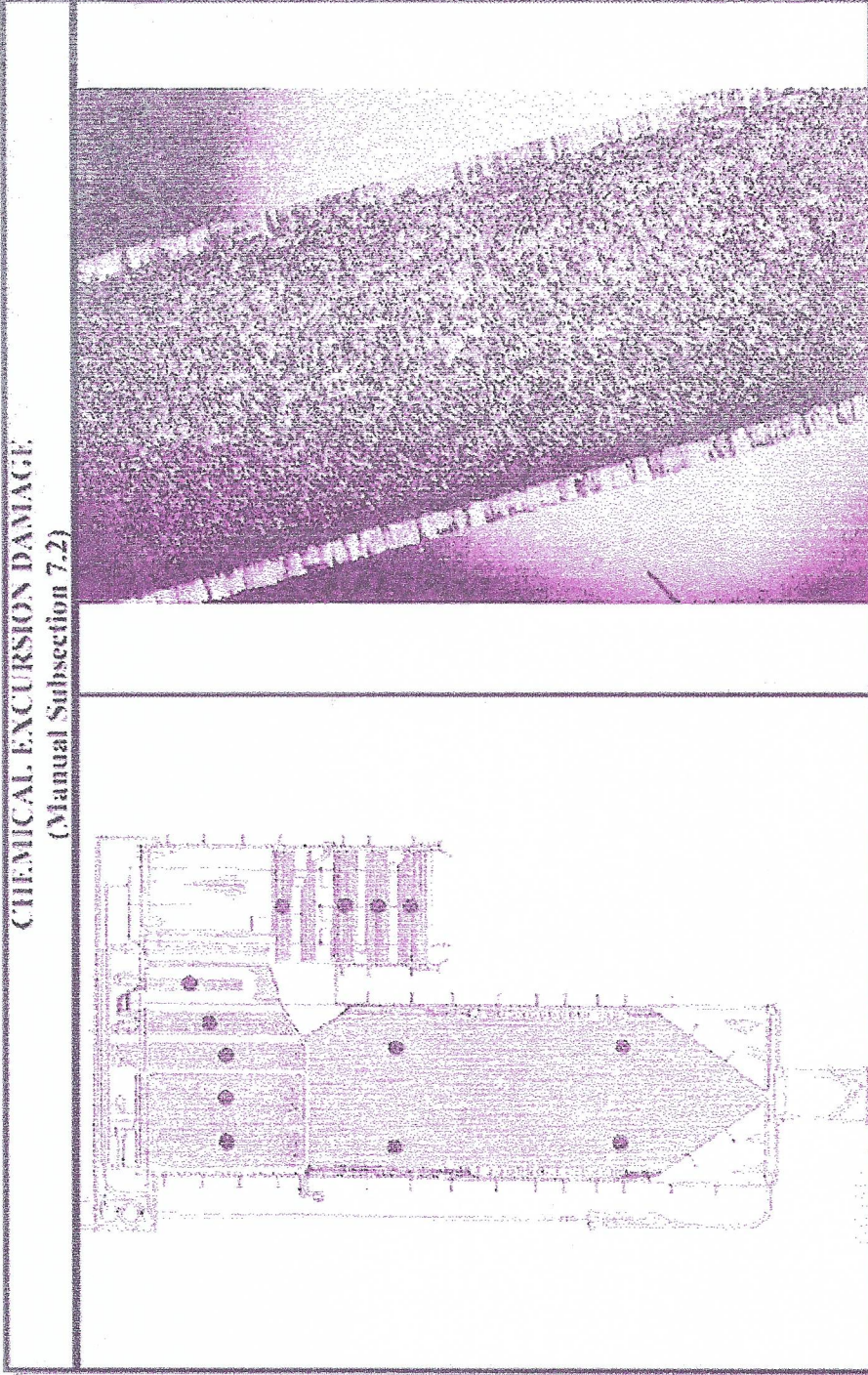


Gambar 11 Lokasi Corrosion Fatigue dan kerusakan akibatnya

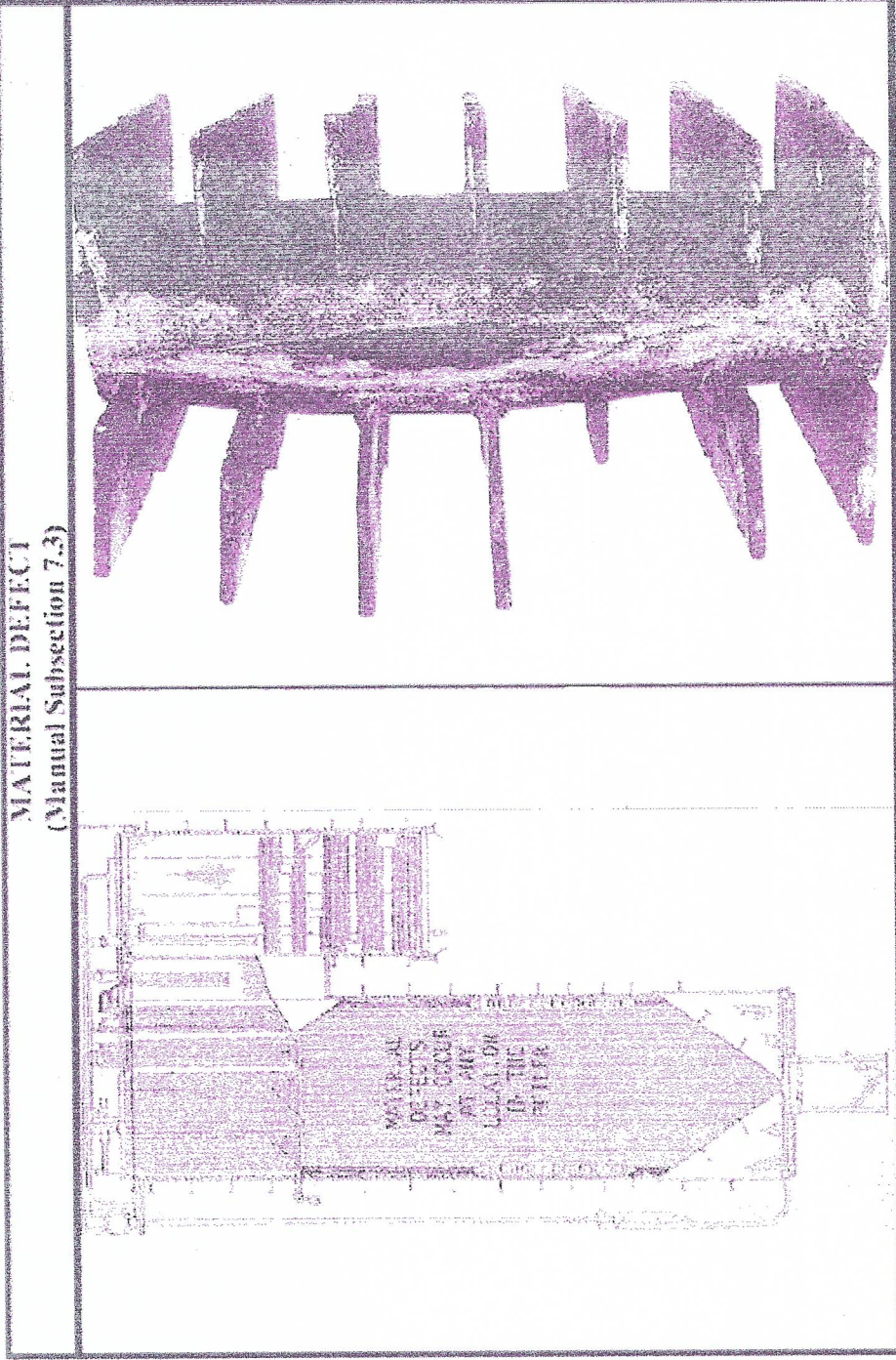
MAINTENANCE CLEANING DAMAGE
(Manual Subsection 7.1)



Gambar 12 Lokasi Maintenance Cleaning Damage dan kerusakan akibatnya



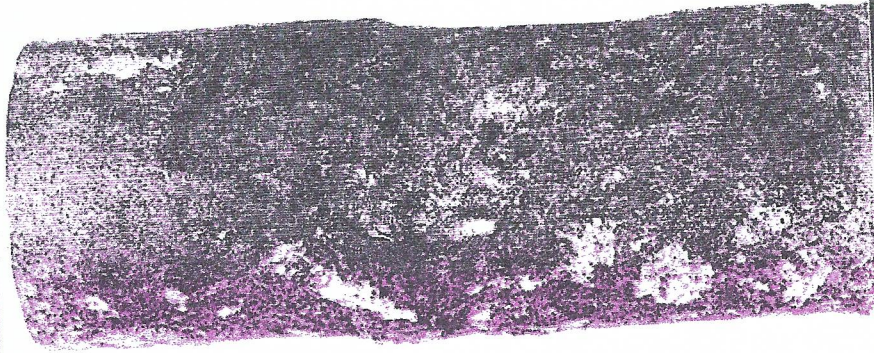
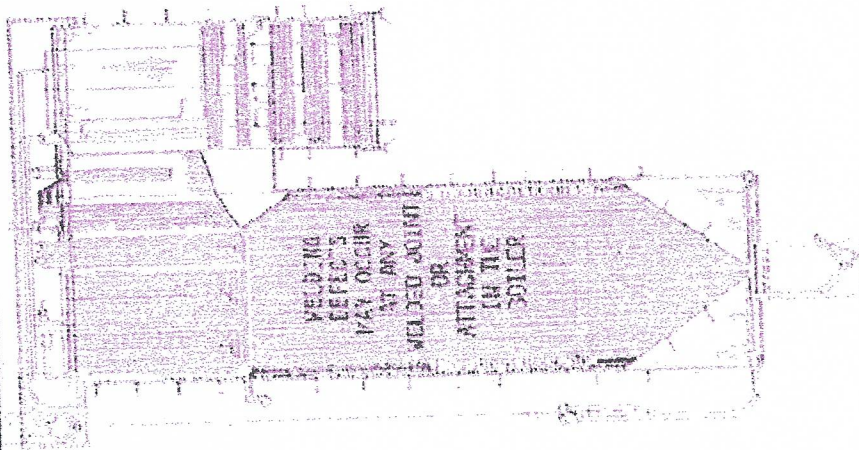
Gambar 13 Lokasi Chemical Excursion Damage dan kerusakan akibatnya



MATERIAL DEFECTS
(Manual Subsection 7.3)

Gambar 14 Lokasi Material Defects dan kerusakan akibatnya

WELDING DEFECTS
(Manual Subsection 7.4)



Gambar 15 Lokasi Welding Defects dan kerusakan akibatnya