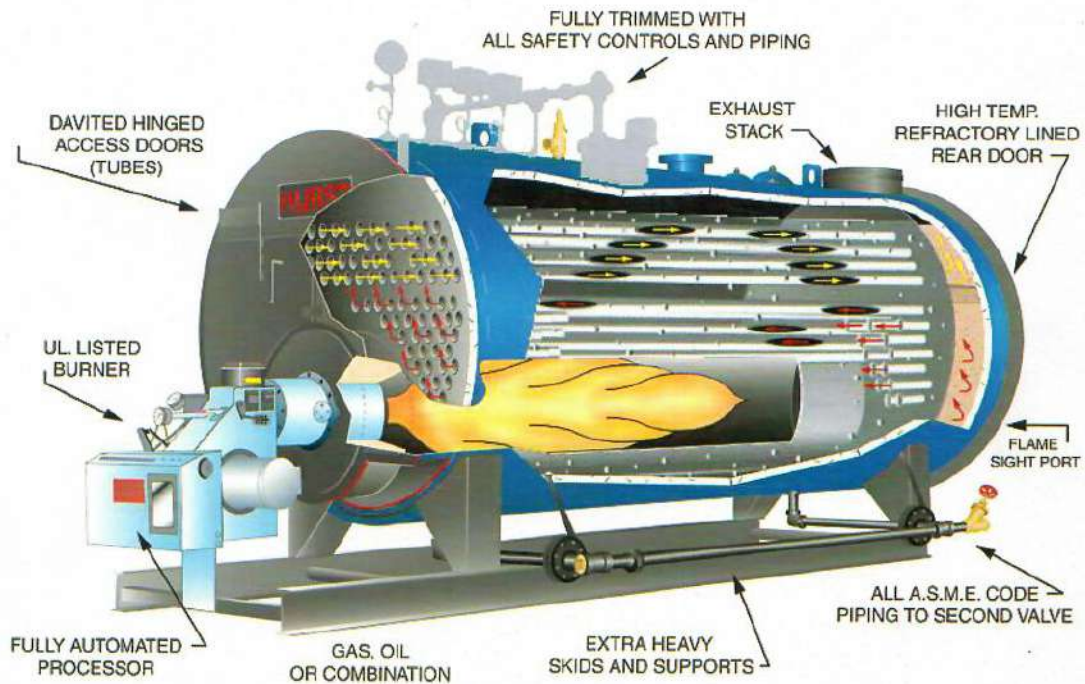


MODUL
PEMBINAAN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
OPERATOR PESAWAT UAP KELAS I



SEBAB - PELEDAKAN
PESAWAT UAP

MATERI 5

PT. DHIYA ANEKA TEKNIK
PERUSAHAAN JASA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (PJK3)
BIDANG PEMBINAAN K3

JL. RAYA SERANG – CILEGON KM.02 RUKO KEPANDEAN KAV 5 – 6 KELURAHAN LONTAR BARU KECAMATAN SERANG KOTA,
KOTA SERANG, PROVINSI BANTEN TELP 0254-216344, WEB dhiya.co.id

DAFTAR ISI

	halaman
1. Pendahuluan	1
1.1. Tujuan Pembelajaran Umum	1
1.2. Tujuan Pembelajaran Khusus	1
2. Beberapa hal penyebab terjadinya peledakan/kerusakan pada ketel Uap	3
2.1. Pemakaian atau pemilihan bahan konstruksi	4
2.2. Konstruksi/desain	6
2.3. Peledakan dari sisi air/uap	7
2.3.1. Ketel uap kekurangan air	8
2.3.2. Kesalahan pemasangan peralatan pipa penyalur air	11
2.3.3. Kesalahan desain fasilitas sistem aliran air	11
2.3.4. Gangguan pada pompa air pengisi	11
2.3.5. Gangguan pada kabel listrik	11
2.3.6. Arus induksi	12
2.4. Pemeriksaan tidak lengkap	12
2.5. Peralatan/perlengkapan pengaman	13
2.6. Pelayanan/perawatan ketel uap	14
2.6.1. Peledakan gas di ruang pembakaran	16
2.6.2. Gangguan pada pembukaan katup bahan bakar	18
2.6.3. Selama pengoperasian ketel uap terlalu banyak udara	20
2.6.4. Gangguan pada timer purge	20
2.6.5. Tidak cukup energi untuk menyalakan percikan api atau Menyalakan gas	21
2.6.6. Alat pengatur pembuangan gas menutup	21
2.6.7. Ketahanan isolasi listrik menurun	21
2.6.8. Suplai udara dengan alat pengatur	22
2.6.9. Kesalahan pengoperasian uap assist	22
2.6.10. Kebocoran gas dari pipa-pipa penyalur gas	23
2.6.11. Kebakaran yang terjadi di luar badan ketel uap	23
2.7. Kelalaian	24
3. Contoh kecelakaan ketel uap yang terjadi pada akhir-akhir ini	25
3.1. Kecelakaan oleh karena kekurangan air pada fire tube boiler	25
3.2. Kecelakaan mengenai boiler	27
3.3. Ledakan gas pada fire tube boiler	28

3.4. Retak pada boiler besi tuang yang disebabkan oleh kekurangan Air	31
3.5. Kecelakaan pada boiler besi tuang yang disebabkan oleh korosi .	33
3.6. Kecelakaan pada boiler pipa air yang disebabkan kekurangan air	35
3.7. Ledakan gas yang terjadi pada boiler pipa air	38
3.8. Kasus kecelakaan boiler	44
3.8.1. Kecelakaan yang disebabkan oleh retak pada boiler besi tuang	44
3.8.2. Kecelakaan pada fire tube boiler oleh karena kekurangan air	46
3.8.3. Ledakan gas pada fire tube boiler	49
3.9. Kecelakaan kebakaran pada once through boiler	52

SEBAB-SEBAB PELEDAKAN KETEL UAP

1. PENDAHULUAN

Bahwa semakin banyak industri-industri yang menggunakan pesawat uap, dimana pesawat tersebut merupakan jenis pesawat uap atau peralatan yang memiliki bahaya peledakan yang sangat tinggi. Menyadari akan hal tersebut, maka sangatlah penting meningkatkan pembinaan dan pengawasan di bidang keselamatan kerja pada umumnya dan pesawat uap khususnya guna mencegah terjadi kecelakaan/peledakan yang dapat menimpa tenaga kerja dan berhentinya proses produksi.

1.1. Tujuan Pembelajaran Umum

Setelah mempelajari Modul ini di harapkan peserta pelatihan operator pesawat uap memahami dan mampu melaksanakan tugas-tugas.

1.2. Tujuan Pembelajaran Khusus

Setelah mempelajari Modul ini di harapkan setiap operator mampu untuk :

- a. Mampu mengidentifikasi secara dini sebab-sebab yang dapat mengakibatkan peledakan terhadap pesawat uap
- b. Mampu mengoperasikan pesawat uap yang berkualitas dengan prosedur yang benar dan mempunyai pengetahuan yang cukup tentang pengoperasian pesawat uap serta cara-cara pemeriksaan fungsi-fungsi alat pengaman dengan baik dan benar.

Didalam sebuah ketel uap tersebut terdapat bagian-bagian yang harus menahan tekanan uap, bagian ini harus dibuat dengan konstruksi yang kuat menahan tekanan uap dan harus dilaksanakan pengerjaannya dengan syarat-syarat tertentu sehingga betul-betul dapat menjamin bahwa bagian tersebut sanggup menahan beban-beban muatan seperti yang dialaminya pada waktu ketel uap bekerja, kekuatan bahan harus diperhitungkan sesuai dengan keadaan suhu dimana bagian tersebut mengalaminya, karena sesuatu bahan akan menjadi lemah dengan suhu yang makin tinggi, maka dari itu pemilihan bahan dengan sifat-sifatnya yang sesuai dengan perencanaan haruslah betul-betul diteliti dan disini dibutuhkan material sertifikat yang memberikan keterangan tentang sifat-sifat bahan yang dibutuhkan, dapat diketahui analisa Chemics dan analisa mekanisnya.

Disamping syarat konstruksi yang harus dipenuhi pada waktu operasi sebuah ketel uap haruslah ada alat-alat pengaman yang menjamin bahwa ketel uap tersebut beroperasi dalam keadaan yang telah diperhitungkan di dalam perencanaannya. Alat-alat pengaman ketel uap tersebut dipasang pada ketel uap dengan maksud untuk menjaga keamanan dan sebagai perlengkapan pengaman dimana diusahakan agar ketel uap dapat beroperasi terus menerus dengan aman, tanpa mengalami gangguan yang tak diinginkan bila terjadi suatu peristiwa diluar pengawasan operator ketel uap yang beroperasi di ruangan itu.

Kecelakaan pada ketel uap terjadi secara tiba-tiba yang disebabkan pada bagian tertentu dari ketel uap tersebut lemah dan mendapat tekanan yang sangat

kuat atau tekanan yang diberikan melebihi tekanan maksimum yang diperbolehkan. Sebab-sebab adanya kecelakaan ini berhubungan erat dengan beberapa faktor seperti kualitas pengeoperasian ketel uap.

Meskipun konstruksi ketel uap tersebut telah memenuhi persyaratan, tetapi jika kualitas pengoperasiannya tidak sesuai dengan prosedur, dapat mengakibatkan kecelakaan. Untuk itu operator harus mempunyai pengetahuan tentang pengoperasian ketel uap dan metoda pemeriksaan fungsi alat-alat keselamatan dengan baik dan benar.

2. BEBERAPA HAL PENYEBAB TERJADINYA PELEDAKAN/ KERUSAKAN PADA PESAWAT UAP/KETEL UAP

Dalam praktek lapangan terjadinya peledakan suatu pesawat uap/ketel uap diakibatkan beberapa hal yang harus diketahui antara lain sebagai berikut :

1. Pemakaian bahan untuk konstruksi ketel-ketel uap
2. Konstruksi desain/rencana
3. Pemeriksaan tidak lengkap
4. Air pengisi ketel uap
5. Peralatan/perlengkapan pengaman
6. Pelayanan dan perawatan ketel-ketel uap
7. Kelalaian peladennya
8. Dan lain-lainnya

2.1. PEMAKAIAN ATAU PEMILIHAN BAHAN KONSTRUKSI

Pada dasarnya pemakaian/pemilihan bahan untuk konstruksi ketel uap haruslah bahan logam yang tepat untuk ketel uap dan ini telah ditunjukkan dalam standar-standar yang telah berlaku serta diakui di seluruh dunia, baik di negara-negara maju maupun negara-negara berkembang. Standar-standar tersebut antara lain sebagai berikut :

- ASME (Association Society of Mechanical engineering)
- JIS (Japan Industrial Standard)
- BS (British Standard)
- AS (Australian Standard)
- Beran Verritas
- TUV, dan lain-lain

Pemakaian bahan yang salah dapat mengakibatkan hal-hal yang tidak diinginkan (retak/laminasi) dan lain-lain, yang pada akhirnya dapat menimbulkan peledakan. Oleh karena itu petunjuk-petunjuk yang diberikan dalam standar-standar tersebut, harus dilaksanakan, akan tetapi masih harus disyaratkan lagi bahwa kuat tarik dari bahan tersebut minimal 36 kg/mm^2 , demikian juga untuk bahan-bahan tertentu seperti STB 340 hanya boleh dipakai untuk pembuatan ketel uap pada bagian dan tekanan-tekanan tertentu saja.

Dahulu kita menggunakan ketel-ketel uap dengan tekanan tidak lebih dari kira-kira 15 kg/cm^2 , untuk itu dapat dipergunakan jenis-jenis

baja karbon biasa, akan tetapi sekarang kita banyak menjumpai ketel uap bertekanan tinggi sampai 100 kg/cm^2 dan suhu uap panas lanjut sampai $500 \text{ }^\circ\text{C}$ sehingga ketel-ketel uap tekanan tinggi ini digunakan baja paduan yang lebih dapat tahan terhadap tekanan dan suhu tinggi. Pengaruh-pengaruh yang dapat menimbulkan kemunduran mutu karena kerapuhan caustik. Kerapuhan Caustik adalah suatu bentuk korosi yaitu terjadinya retak-retak antara kristal-kristal dari bahan yang disebabkan oleh alkali-alkali atau garam-garam yang didapat didalam air ketel, terjadinya retak-retak halus tersebut dipercepat pada pengoperasian ketel uap. Selain adanya kerapuhan pada bahan tersebut, juga dapat terjadinya penuaan bahan. Hal ini dapat terjadi karena :

- a. Bahan didiamkan beberapa lama tanpa pembebanan, disebut penuaan alam
- b. Bahan mengalami perubahan bentuk (deformasi) pada suhu ruangan didiamkan beberapa lama
- c. Bahan mengalami perubahan bentuk pada suhu $200 \text{ s/d } 300 \text{ }^\circ\text{C}$ dimana penuaan dapat terjadi secara cepat
- d. Bahan mengalami perubahan bentuk pada suhu $250 \text{ }^\circ\text{C s/d } 500 \text{ }^\circ\text{C}$. Kejadian penuaan ini disebut juga penuaan biru yang berdasarkan warna biru pada bahan pada temperatur tersebut.

Oleh sebab itu untuk mengetahui sampai sejauh mana terjadinya penuaan bahan perlu dilakukan penelitian di laboratorium terhadap

bahan tersebut dapat dipergunakan sebagai bahan ketel uap atau tidak. Kalau hal ini tidak diperhatikan karena penyimpangan-penyimpangan dari pemakaian bahan ketel uap tersebut dapat menimbulkan terjadinya kerusakan-kerusakan pada ketel uap yang bersangkutan (pelenturan, retak, laminasi dan lain-lain) yang pada akhirnya dapat mengakibatkan peledakan.

2.2. KONSTRUKSI/DESAIN

Konstruksi desain/rencana dari suatu ketel uap harus dipersiapkan oleh pabrik pembuat dengan membuat perencanaan gambar konstruksi dari ketel uap tersebut dapat menggambarkan/menjelaskan potongan-potongan (penampang), ukurannya yang lengkap dan jelas, detail sambungannya dan cara pengerjaannya, dan lain-lain.

Hal ini penting memperhitungkan kekuatan masing-masing bahan yang dipergunakan yang langsung maupun tidak langsung berhubungan dengan tekanan uapnya, sehingga bahan tersebut sanggup/mampu menahan beban muatan yang telah ditetapkan pada saat ketel uap dioperasikan.

Perhitungan kekuatan konstruksi ini harus mengikuti standar-standar perhitungan yang berlaku di suatu negara, pada dasarnya dikaitkan dengan pemakaian tekanan yang dikehendaki/direncanakan, temperatur pemilihan bahan serta pengerjaannya. Kesalahan dalam

desain perhitungan kekuatan konstruksi ketel uap dapat mengakibatkan suatu peledakan atau kerusakan tersebut apabila ketel uap tersebut dioperasikan.

2.3. PELEDAKAN DARI SISI AIR/UAP

Air pengisi ketel uap yang dipergunakan harus memenuhi persyaratan sebagai air pengisi ketel uap yang disesuaikan dengan besar/kecilnya kapasitas produksi uap maupun tinggi/rendahnya tekanan yang dikehendaknya serta mengikuti standar/peraturan yang berlaku. Tidak semua jenis air baik untuk pengisi-pengisi ketel uap, dikarenakan sifat-sifat air tersebut yang berbeda-beda. Oleh karena itu untuk semua jenis air yang akan dipergunakan untuk air pengisi ketel uap harus diteliti lebih dulu dilaboratorium untuk mengetahui adanya kandungan bahan-bahan kimia dan bahan-bahan mineral yang dapat mengakibatkan negatif pada ketel uapnya, pada saat ketel uapnya dioperasikan (proses pemanasan), yang berupa kerak-kerak ketel dan bahan-bahan kimia yang ada dalam kandungan air yang dapat menyebabkan korosi/kerak pada bagian ketel uapnya. Timbulnya kerak air dikarenakan adanya garam-garam kalsium dan magnesium dan silikat secara kontaminasi secara keseluruhan.

Beberapa macam garam mempunyai daya pelarutan yang cukup kecil dengan naiknya suhu sehingga pada suhu tinggi akan timbulkan

endapan yang menempel pada dinding bahan atau pelat pada permukaan yang dipanaskan, sehingga kerak yang menempel pada ketel uap ini akan mengurangi daya penyaluran panas (heating transfer) dari api kepada air sehingga kapasitas penguapan berkurang, jika hal ini berlanjut terus dimana perbedaan temperatur antara api dan air akan menjadi besar dan dengan demikian suhu di badan ketel uap akan menjadi tinggi sampai mungkin mencapai batas dimana kekuatan bahan akan sangat menurun dan tak mampu menahan beban tekanan uap, sehingga terjadinya pelenturan-pelenturan yang pada akhirnya akan mengakibatkan peledakan. Akibat dengan adanya kerak-kerak seperti disebutkan diatas dapat pula menyebabkan :

- Terhambatnya penyaluran panas dari bagian ketel uap kepada air yang berada didalam ketelnya/pipa-pipanya
- Pemborosan pemakaian bahan bakar
- Terhambatnya pemanasan yang berlebihan
- Tidak berfungsinya alat pompa pengisi sehingga pengisian air ketel agak terlambat
- dan lain-lain

2.3.1. Ketel uap kekurangan air

Bila terjadi kekurangan air akan menyebabkan dua gangguan pada saat yang bersamaan, artinya :

1. Mengapa air pengisi tidak tersuplai ke ketel

2. Mengapa fungsi dari peralatan emergency low water level shut down tidak bekerja

Jika pada (1) dan (2) di atas bekerja normal, tidak akan terjadi kekurangan air pada saat ketel beroperasi.

A. Peralatan pengontrol ketinggian air tidak bekerja

1. Float switch

- a. Pelampung (float) macet karena adanya endapan
- b. Pengontak float switch tidak bekerja
- c. Bar float bengkok kemudian macet

2. Sistem elektroda

- a. Adanya endapan-endapan yang melekat pada elektroda akan mengakibatkan terjadinya hubungan diantara elektroda-elektroda itu sendiri.
- b. Ketahanan isolasi elektroda menurun karena adanya panas
- c. Permukaan isolasi elektroda kotor

3. Copes

- a. Ketahanan isolasi pipa uap untuk copes menurun

- b. Pipa air untuk copes tersumbat oleh endapan lumpur atau sludge
- c. Penyangga copes lepas
- d. Posisi sambungan rangkaian copes macet

B. Perawatan terhadap gelas pedoman kurang baik

Perawatan gelas pedoman kurang baik

- 1. Fungsi dari gelas pedoman tidak bekerja dengan baik
- 2. Tersumbat oleh kotoran
- 3. Pipa/cock penghubung tersumbat oleh terak (kotoran)
- 4. Gelas pedoman pecah
- 5. Kebocoran dari pipa penghubung uap dan air dari gelas pedoman

Sebab-sebab gelas pedoman rusak :

- 1. Tekanan yang tidak merata pada gelas pedoman, karena pemasangan yang kurang tepat/benar.
- 2. Paking gelas pedoman tidak rapat
- 3. Rusak rangka karena korosi dan pengaruh alkalisitas
- 4. Beban kejutan pada gelas pedoman, karena tiba-tiba panas dan dingin

2.3.2. Kesalahan pemasangan peralatan pipa penyalur air

Kesalahan desain pemipaan

1. Jangan menggunakan jaringan pipa lead untuk setiap penyambungan seperti union, socket atau sekrup untuk gelas penduga.
2. Hati-hati terhadap kemiringan pipa

2.3.3. Kesalahan desain fasilitas sistem aliran air

1. Batas ketinggian air (Water head) harus cukup ketinggiannya untuk tangki air pengisi
2. Batas ketinggian air (Water head) juga harus cukup ketinggiannya untuk deaerator
3. Diameter pipa air pengisi harus memadai

2.3.4. Gangguan pada pompa air pengisi

Kesalahan pengoperasian

1. Karena jumlah air di dalam tangki tidak mencukupi
2. Paking pompa pengisi kurang rapat
3. Banyak kotoran, endapan dari air pengisi
4. Perawatan dari pompa jelek.

2.3.5. Gangguan pada kabel listrik

Ketahanan isolasi kawat listrik menurun

1. Isolasi kawat elektroda atau isolasi kawat float switch terkelupas oleh ujung pelat atau oleh over heating karena arus

listrik yang berlebihan atau karena panas dari uap. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya hubungan pendek.

2. Kawat elektroda salah "ground"-nya, dan hal ini juga dapat mengakibatkan hubungan pendek.

2.3.6. Arus induksi

Kesalahan bekerja kabel listrik

1. Bila kawat listrik tegangan rendah terpisah dengan kawat listrik tegangan tinggi akan mengakibatkan terjadinya arus induksi.
2. Ketika melakukan pengelasan, bumi dijadikan sebagai "ground".

2.4. PEMERIKSAAN TIDAK LENGKAP

Pemeriksaan tidak lengkap, pada umumnya terletak pada pemeriksaan yang dilakukan sewaktu ketel uapnya masih berada didalam pabrik yang meliputi pemeriksaan merusak dan pemeriksaan tidak merusak. Pemeriksaan merusak dimaksudkan untuk mengetahui kekekuatan tarik, batas mulur dan kandungan/komposisi kimia dari bahan yang dipergunakan dalam pembuatan ketel uap tersebut, sedangkan pemeriksaan tidak merusak dimaksudkan untuk mengetahui penyambungan las-lasannya memenuhi syarat atau tidak, tidak terdapat gelembung-gelembung udara dan lain-lain, dimana dalam pemeriksaan

ini dilakukan dengan cara X-ray maupun ultra sonic. Pemeriksaan ini umumnya berkaitan dengan perhitungan konstruksi bahan ketel uap tersebut. Bila hasil pemeriksaan merusak dan tidak merusak ini berhasil dengan baik dan ketel uapnya telah jadi maka perlu dilengkapi dengan pengujian dengan tekanan air dingin, besarnya tekanan pengujian ditentukan dengan tekanan kerja ketel uapnya masing-masing. Pemeriksaan tersebut harus dilakukan seteliti mungkin agar kemungkinan-kemungkinan kerusakan, pada waktu ketel uap dioperasikan dapat diperkecil. Selain hal tersebut diatas kemungkinan kurang dipenuhi syarat-syarat pengamanan/perengkapan yang diharuskan ada pada ketel uap. Akibat kelemahan atau pemeriksaan yang tidak lengkap ini dapat mengakibatkan kerusakan pada ketel uapnya, kemungkinan dapat terjadinya peledakan.

2.5. PERALATAN/PERLENGKAPAN PENGAMAN

Peralatan/perengkapan pengamanan suatu ketel harus mengikuti ketentuan-ketentuan peraturan uap yang berlaku dan semuanya ini harus dijaga dan diusahakan agar dapat berfungsi/bekerja dengan tepat dan baik, untuk itu diperlukan ketelitian dan perawatan secara teratur dan juga termasuk mengadakan pengecekan kembali atau kalibrasi pada alat-alat pengamanan tertentu (manometer, tingkap pengaman, dan lain-lain),

2.6. PELAYANAN/PERAWATAN KETEL UAP

Pelayanan/perawatan ketel uap merupakan pekerjaan yang tidak boleh diabaikan. Perawatan secara teratur dan teliti akan lebih mudah diketahui adanya kelainan-kelainan yang terdapat pada ketel uapnya secara dini sehingga kerusakan-kerusakan yang lebih berta dapat dihindari.

Perawatan yang dimaksudkan disini ialah membersihkan bagian-bagian dari seluruh ketel uapnya (lorong api, dapur api, ruang nyala, pipa-pipa api, bagian luar dan bagian dalamnya serta semua alat-alat pengamannya), pada saat ketel uap tidak dioperasikan. dengan cara begini dapat diketahui lebih dini hal-hal yang kemungkinan besar dapat mengakibatkan kerusakan bahkan sampai kepada peledakan. Dalam pelayanan/perawatan yang perlu diperhatikan adalah :

1. Ketel kekurangan air

Kalau ini sampai terjadi akan sangat membahayakan ketel uap itu sendiri, maka perlu sering diperiksa kedua gelas penduga dalam permukaan silinder api, harus selalu diusahakan agar permukaan air silinder tetap dalam batas normal, yang telah ditentukan oleh pabrik pembuat. Jika permukaan air turun sehingga bisa membahayakan pipa-pipa api ketel uap, maka segeralah api dimatikan dengan menutup brandernya dan segera mengisi air pengisi ketel uapnya.

2. Kerusakan pada pipa api

Jika kerusakan pada pipa api ketel/bocor yang tidak menyebabkan kekurangan air didalam ketel pertahankan permukaan normal dalam silinder dan matikan ketel menurut prosedur normal. Jika bocor besar sehingga permukaan air tidak dapat dipertahankan atau api dalam keadaan terancam padam, matikanlah ketel uap menurut prosedur sebagai berikut :

- Padamkan semua api brander
 - Tutup aliran api pengisi ketel
 - Matikan kipas tekan paksa
 - Setelah ruang bakar menjadi dingin, periksalah semua bagian yang dalam keadaan jalan mendapat tekanan yang besar, perbaiki kerusakan yang terjadi dan setelah diperbaiki dilakukan uji hidrostatis sebelum ketel uap tersebut dioperasikan kembali sesuai dengan prosedur.
3. Relay bahan bakar, peralatan atau perlengkapan pengaman, pemakaian produksi uap
4. Blow down secara teratur (teratur) mengusahakan agar pendinginan ketel uap terjadi secara mendadak, mengecek bekerja/berfungsinya alat-alat kontrol otomatis.

Selama melayani ketel uap operator kurang memperhatikan hal-hal sebagai berikut sehingga akan menyebabkan peledakan :

2.6.1. Peledakan Gas Diruang Pembakaran

Bila pembakaran gas tidak sempurna, akan ada sisa-sisa gas CO di dalam dapur atau pada saluran gas buang, dan hal ini akan dapat mengakibatkan terjadinya peledakan disertai dengan percikan-percikan api. Bila gas CO yang ada hanya sedikit, peledakan gas akan terjadi disamping atau disisi pembakar.

Ada 3 (tiga) faktor yang menyebabkan terjadinya peledakan gas CO didalam dapur adalah :

1. Adanya gas CO di dalam dapur dan pada saluran pembuangan gas
2. Perbandingan udara dengan gas CO berada pada batas peledakan
3. Adanya percikan api

Hal-hal yang menyebabkan terjadinya pembentukan gas CO :

1. Bahan bakar minyak berat, gas
 - a. Ketika ketel dihidupkan tetapi pembakar utamanya tidak menyala, operator akan mencobanya lagi sampai beberapa kali.
 - b. Ketika ketel berhenti secara mendadak, operator tidak menghentikan aliran bahan bakar.

- c. Telah dilakukan suplai bahan bakar ke pembakar sebelum dilakukannya suplai udara pembakaran atau pada saat ketel berhenti aliran udara pembakaran telah dihentikan sebelum katup shut down bahan bakar minyak ditutup.
 - d. Adanya tetesan-tetesan bahan bakar minyak di dalam dapur yang bertemperatur tinggi selama ketel berhenti.
2. Pada ketel dengan bahan bakar batubara sebagai berikut :
- a. Pada ketel terlalu banyak timbunan batubara yang membara (fire deposit).
 - b. Terlalu banyak suplai batubara ke dalam dapur dalam jangka waktu yang pendek.
 - c. Digunakannya peniup jelaga setelah dikeluarkannya abu dan kerak besi (clinker).

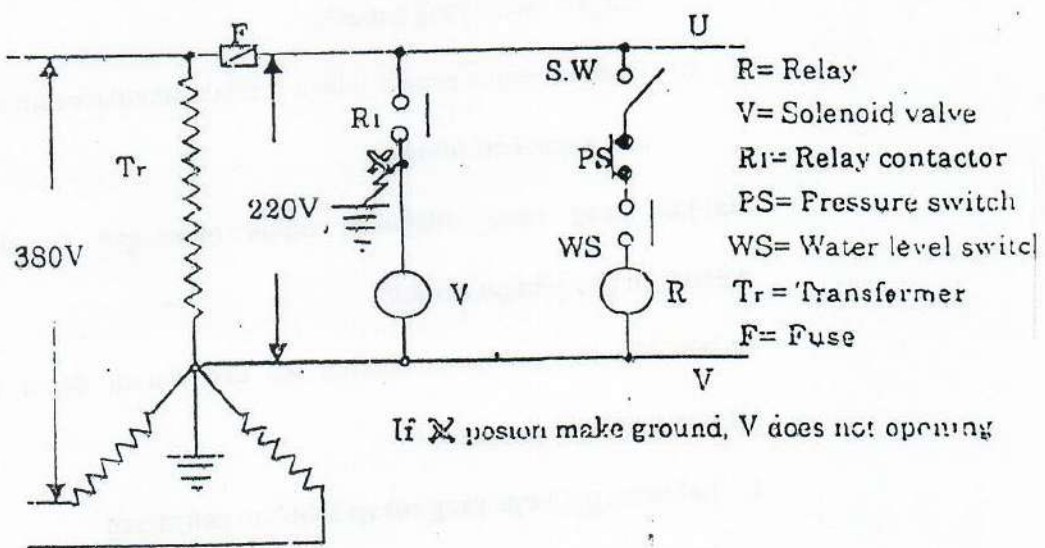
Hal-hal yang harus dilakukan untuk mencegah terjadinya peledakan gas sebagai berikut :

Dalam hal ini gas harus dikeluarkan dari dalam dapur dan saluran pembuangan gas :

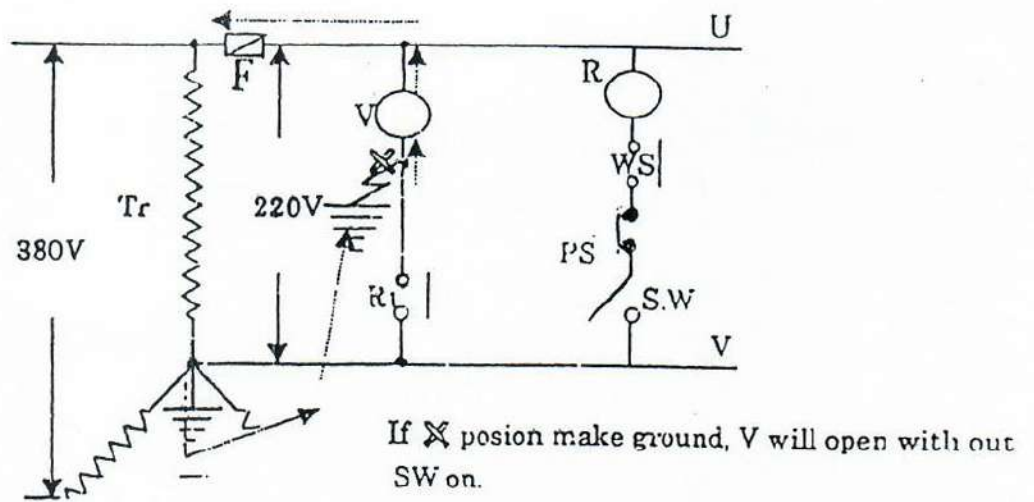
1. Lakukan prepurge yang cukup sebelum penyalaan
2. Jika terjadi kesalahan penyalaan pada pembakar, harus dilakukan postpurge yang cukup

- Untuk kasus-kasus seperti tersebut diatas, ketel yang mempunyai saluran pembuangan gas yang panjang, kantong gas (dead angle gas pocket) waktu ventilasi harus cukup.

2.6.2. Gangguan pada pembukaan katup bahan bakar



Gambar 1.



Gambar 2.

Pada gambar rangkaian diatas terjadi hubungan pendek (short circuit) ke "ground" pada posisi 1.

Lihat gambar 1, katup solenoid akan me:nbuka karena adanya hubungan pendek, sehingga akan terjadi kebocoran bahan bakar minyak di dalam dapur setelah pompa bahan bakar minyak dioperasikan, kemudian bahan bakar minyak di dalam dapur menguap menjadi gas CO. Bila operator menekan switch "ON" pembakar dan terjadi percikan api, maka ketel akan meledak.

3. Program cam timer
 - a. Posisi dari cam yang salah
 - b. Arah frekuensi yang salah
4. Timer tipe heater (safety switch heater), kawat material heater putus.

2.6.5. Tidak cukup energi untuk menyalakan percikan api atau menyalakan gas

1. Pembakar pemandu (pilot burner)
 - a. Tekanan gas rendah
 - b. Kelebihan atau kekurangan udara
 - c. Kalor gas tidak cukup
2. Arah penyalaan percikan api
 - a. Jarak elektroda tidak cukup
 - b. Isolasi listrik untuk elektroda tidak baik
3. Gas penyalaan kosong

2.6.6. Alat pengatur pembuangan gas menutup

Kesalahan pengoperasian

- a. Lupa untuk membuka alat pengatur saluran pembuangan gas
- b. Tidak menggunakan safety limiter

2.6.7. Ketahanan isolasi listrik menurun

Hubungan pendek kawat listrik

- a. Lihat Gambar 1 dan Gambar 2

- b. Kawat listrik menyentuh (bergesekan) bagian sudut dari pelat baja yang mengakibatkan isolasi kawat listrik terkelupas.
- c. Isolasi kawat listrik terbakar karena adanya arus listrik yang berlebihan sehingga isolasi terkelupas.

2.6.8. Suplai udara dengan alat pengatur

Alat pengatur udara tidak berfungsi karena macet atau terjadi gangguan pada rangkaianannya.

- a. Alat pengatur udara bengkok karena adanya guncangan-guncangan (shock)
- b. Rangkaian alat pengatur tidak tersambung
- c. Baut dan mur (nut) lepas

2.6.9. Kesalahan pengoperasian uap assist

Kesalahan suplai assist

- a. Uap assist
 - 1. Katup regulator uap mengalami gangguan
 - 2. Katup pengontrol tekanan uap mengalami gangguan
 - 3. Suplai air kondensat bersamaan dengan suplai uap assist (penangkap uap mengalami gangguan)
 - 4. Kelelahan dari mixes
 - 5. Saringan uap tertutup kotoran

b. Kesalahan pengoperasian udara assist.

Kesalahan suplai udara assist

1. Adanya gangguan pada kompressor udara
2. Air kondensat bercampur dengan udara
3. Saringan udara tertutup kotoran
4. Kapasitas kompressor udara tidak memadai
5. Diameter pipa udara tidak memadai

2.6.10. Kebocoran gas dari pipa-pipa penyalur gas

Pipa-pipa penyalur gas tidak terawat

- Nosel pembakar tidak bersih
- Kedudukan pembakar kurang kuat

2.6.11. Kebakaran Yang Terjadi Diluar Badan Ketel.

1. Kebocoran pada pipa penyalur minyak, gas.
2. Kesalahan pemasangan ketel uap
 - Bila pondasi ketel goyah, akan membuat ketel stress.
3. Ventilasi (peredaran/Pertukaran) Udara pada ruang ketel tidak baik.
4. Saluran pembuangan gas bocor dan gas-gasnya masuk keruangan ketel.

2.7. KELALAIAN

Kelalaian ini merupakan permasalahannya yang paling tinggi prosentasenya sampai mencapai 75 % dari kerusakan-kerusakan yang terjadi disebabkan oleh faktor manusianya. Oleh karena itu faktor manusia yang dominan adalah sikap mentalnya terhadap keselamatan kerja khususnya yang berhubungan dengan ketel uap, memang ada suatu pertanyaan yang berbunyi "mengapa seorang pekerja melakukan pekerjaan dengan ceroboh/sembarangan yang seharusnya ia dapat melakukan dengan aman". Hal ini tentunya tidak terlepas dari faktor kebiasaannya, yang bisanya menganggap mudah, sudah biasa, bekerja scenaknya, kurang memperhatikan, sehingga ia menganggap usaha pencegahan kecelakaan tidak penting, dia mungkin merasa bahwa ia juga sebagai seorang yang berpengalaman dapat menetapkan cara bekerja sebaik-baiknya sehingga tidak waspada atau melalaikan cara-cara bekerja yang aman. Apalagi sekarang ini banyak dipergunakan peralatan yang serba modern dan canggih sehingga ia lupa/lalai akan tugasnya, ditambah lagi kalau kurang mempunyai pengetahuan/pengalaman dibidangnya seperti seorang melayani/mengoperasikan ketel uap tidak memiliki sertifikat operator pesawat uap begitu pula tidak memiliki disiplin serta kesadaran yang didukung oleh pengetahuan dan keahlian tersebut, maka kemungkinan terjadi kerusakan-kerusakan sangat besar.

3. CONTOH KECELAKAAN BOILER YANG TERJADI PADA AKHIR- AKHIR INI.

3.1. Kecelakaan oleh karena kekurangan air dengan fire tube boiler

(1) Keterangan mengenai boiler

Luas bagian transmisi panas : 100 M²

Tekanan maksimal yang digunakan : 10 kg/cm²

Kwantitas penguapan maksimal : 8 t/jam

Bahan bakar : solar

Tahun pemasangan : tahun 1979

(2) Keadaan pada waktu terjadi kecelakaan

Pada hari terjadi kecelakaan, pengoperasian dimulai sekitar jam 7 pagi. Sekitar jam 10 siang, dengan mendengar suara meletusnya uap dari boiler, operator boiler keluar dari ruang boiler. 10 menit kemudian, peletusan uap telah berhenti. Operator memasuki ruang listrik, dan mematikan sumber listrik utama untuk boiler. Separuh dari bagian atas fire tube menjadi panas dan merah, bagian atas depan membengkak dan rusak oleh karena tekanan. (Lihat Foto no.1).

(3) Penyebab kecelakaan

Dengan 3 di antara 5 kawat timbel elektroda yang ada di dalam alat penyediaan air secara otomatis/pencegah kekurangan air,

isolasi kawat timbel tersebut rusak di lokasi lubang di mana kawat tersebut masuk ke dalam yang terletak pada penutup control panel. Ada kemungkinan terjadi hubungan singkat di antara bagian aliran arus untuk start-up pompa air serta pencegah kekurangan air dan kawat penghubung ke tanah. Di dalam kotak sambungan kabel dari alat pencegah kekurangan air model float, terdapat bekas pembocoran uap. Maka kelihatannya dengan hubungan pencegah kekurangan air juga terjadi hubungan singkat.

(4) Tindakan untuk mencegah kecelakaan serupa

Selain dilakukan pemeriksaan berkala mengenai kerusakan pada isolasi kawat timbel, bila terdapat bagian-bagian isolasi yang dengan mudah rusak, diambil tindakan proteksi (misalnya bushing).



Foto no. 1 Bagian depan fire tube membengkak dan rusak oleh karena tekanan

3.2. Kecelakaan mengenai boiler

(1) Keterangan mengenai boiler

Luas bagian transmisi panas : 9,9 m²

Tekanan maksimal yang digunakan : 10 kg/cm²

Kwantitas penguapan maksimal : 1 t/jam

Bahan bakar : solar jenis A

Tahun Pemasangan : tahun 1990

(2) Keadaan pada waktu terjadi kecelakaan

Pada jam 11 malam, boiler dinyalakan secara otomatis, dinaikkan tekanan boiler, dan dimulai pengiriman udara. Sesudah itu, boiler dioperasikan tanpa ditunggu operator. Pada jam 6 pagi esokan hari, ketika operator boiler masuk kerja, ditemukan boiler tersebut berhenti operasinya, dan casing bagian luar dari boiler tersebut dalam keadaan rusak. Selain itu, dari flensa jalan asap ditemukan airnya bocor. Setelah diselidiki, ditemukan 13 buah pipa air terbakar dan terbuka, 9 buah pipa air terbakar. Burner chip dan defuser terbakar dan jatuh. Kabel listrik untuk pengendalian otomatis Meleleh. Pompa penyedia air tidak dapat dioperasikan oleh karena over-heating. (Lihat foto no. 2)

(3) Penyebab kecelakaan

Boiler ini sebenarnya dilengkapi dengan alat pengatur penyediaan air tetapi tidak berfungsi. Alasan mengapa alat-alat tersebut tidak berfungsi tidak diketahui.

(4) Tindakan untuk mencegah kecelakaan serupa

Sebelum dioperasikan boiler, setiap bagiannya diperiksa dulu. Terutama, perlu dicek apakah alat pengendali otomatis berfungsi baik. Selain itu, setiap hari dilakukan pemeriksaan fungsi alat pencegah kekurangan air. Selama pengoperasian boiler, jangan terlalu tergantung pada pengoperasian otomatis. Sebaiknya sering dilakukan patroli agar dipastikan boiler beroperasi dengan aman.

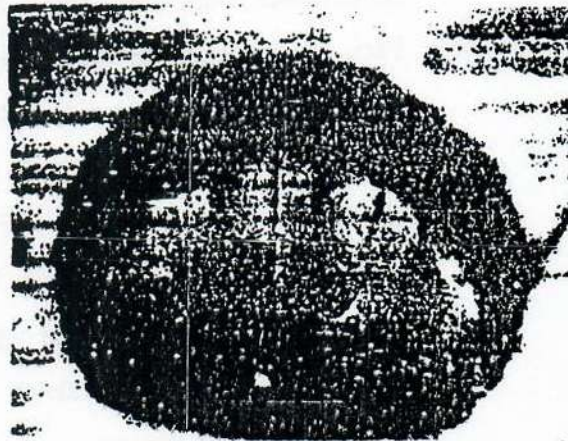


Foto no. 2 Pipa air terbakar dengan terbuka

3.3. Ledakan gas dengan fire tube boiler

(1) Keterangan mengenai boiler

Luas bagian transmisi panas . 72 m²

Tekanan maksimal yang digunakan : 10 kg/cm²

Kwantitas penguapan maksimal : 6 t/jam

Bahan bakar : Kerosin

Tahun pemasangan : tahun 1989

(2) Keadaan pada waktu terjadi kecelakaan

Seperti biasanya, pagi-pagi boiler mulai dioperasikan, dan pengoperasian otomatis berjalan lancar. Setelah tengah hari, beban boiler menjadi ringan, dan pembakaran burner berulang-ulang On dan Off. Setelah pembakaran burner menjadi Off dan ignite burner menyala dan kemudian pada waktu burner utama dinyalakan, tiba-tiba jalan asap yang terletak pada jalan keluar boiler meledak. Puluhan kaca-kaca jendela dari gedung sebelah pecah. Namun tidak ada korban luka-luka. (Lihat foto no.3)

(3) Penyebab kecelakaan

Menurut hasil penyelidikan oleh produsen boiler, tidak ditemukan kelainan dengan burner, alat pengendalian pembakaran maupun forced draft fan. Namun drain trap dari assist steam drain separator untuk Nox 'ditemukan rusak. Pada waktu reset dan ignite burner menyala kemudian disusul dengan burner utama, oleh karena assist steam mengandung drain, penyalaan api tidak sempurna sehingga kemungkinan besar terdapat gas yang tidak terbakar sempurna. Sistem pengoperasian boiler tersebut adalah selama 9 detik setelah ignite burner menyala dan disusul dengan

bumer utama inter lock yang mencegah pembakaran tidak berfungsi. Selama waktu tersebut, diperkirakan gas yang tidak terbakar sempurna terkumpul di sekitar jalan asap yang keluar dari boiler, dan kemudian disusul api dari bumer utama, dan terjadi ledakan gas.

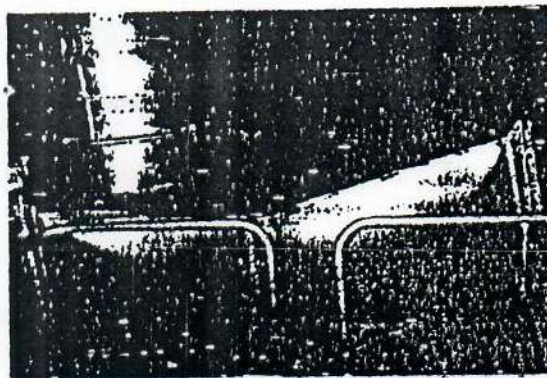


Foto no. 3 Jalan api rusak berat

- (5) Tindakan untuk mencegah kecelakaan serupa
- a. Assist steam drain trap diperiksa, diservice secara berkala agar berfungsi tetap baik.
 - b. Pemeriksaan seluruh bagian alat pengatur boiler secara otomatis, overhaul/servis bumer dan penyesuaian pembakaran sebaiknya diminta dilakukan oleh ahli dari produsen. Pemeriksaan/inspeksi dilakukan secara berkala.
 - c. Jalan asap sebaiknya berbentuk tidak mengandung gas yang belum terbakar semprunya (tidak ada gas-pocket).

- d. Dipasang interlock untuk penurunan tekanan ignite gas.
- e. Waktu sebelum burner utama dinyalakan dipersingkat sebisa mungkin (waktu interlock pencegah pembakaran tidak berfungsi sesingkat mungkin).

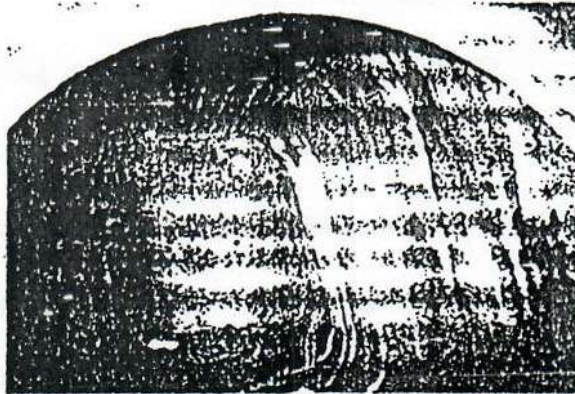


Foto no. 4 Overheat dan retak terjadi dari bagian depan sampai 7 seksi serta seksi belakang.

3.4. Retak pada boiler besi tuang yang disebabkan oleh kekurangan air.

(1) Keterangan mengenai boiler

Luas bagian transmisi panas : 4 m²

Tekanan maksimal yang digunakan : 1 kg/cm²

Jumlah seksi : 8

Bahan bakar : Solar

Tahun pemasangan : tahun 1983

(2) Keadaan pada waktu terjadi kecelakaan

Pada waktu diadakan pemeriksaan boiler, ditemukan pembocoran uap dari bagian utama. Dengan segera, boiler dimatikan, casing

luar dibuka, dan diadakan pemeriksaan. Ditemukan seksi belakang dan bagian atas ruang pembakaran sebelah kanan dari sksi no. 7 terletak (Foto no. 4)

(3) Penyebab kecelakaan

Oleh karena pengendalian mutu air tidak baik, scale/batu ketel menempel sehingga pelampung dari pengatur ketinggian air tidak berfungsi, dan katup penyediaan air tidak buka. Selain itu pelampung dari pencegah kekurangan air juga tidak berfungsi oleh karena scale/batu ketel yang menempel. Dengan demikian, pengoperasian dengan air yang kurang akan dapat menyebabkan terjadinya over-heating seksi yang mengakibatkan retak (lihat Foto no. 5).

(4) Tindakan untuk mencegah kecelakaan serupa

- (a) Dengan boiler besi tuang, pada dasarnya condensation dikembalikan 100%. Dengan boiler yang menggunakan uap baru untuk tujuan penambahan kelembaban, perlu diperhatikan mutu air dengan memasang water softer.
- (b) Pada waktu diadakan pemeriksaan fungsi masing-masing bagian, diadakan overhaul alat pengatur agar tetap berfungsi baik.

- (c) Setiap hari lebih dari 1 kali diadakan pemeriksaan berfungsinya alat pencegah kekurangan air.

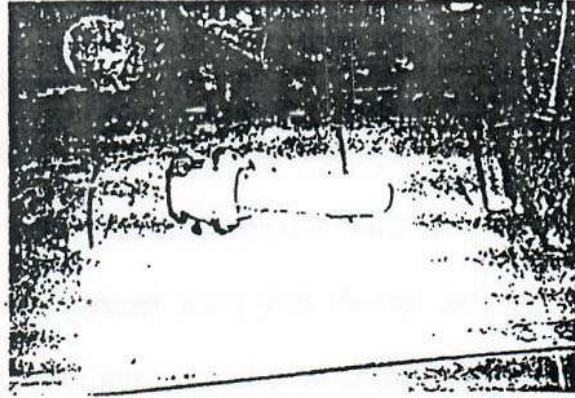


Foto 5 Banyak scale menempel pada pelampung

3.5. Kecelakaan pada boiler besi tuang yang disebabkan korosi

(1) Keterangan mengenai boiler

Luas bagian transmisi panas : 19 m²

Tekanan maksimal yang digunakan : 1 kg/m²

Jumlah seksi : 9

Bahan bakar : Solar jenis A istimewa

Tahun pemasangan : tahun 1980

(2) Keadaan pada waktu terjadi kecelakaan

Pada waktu boiler tersebut dioperasikan, ditemukan adanya uap di dalam gas buangan yang keluar dari cerobong asap. Dari hasil overhaul seksi ditemukan adanya lubang berukuran 50 mm x 40 mm di belakang bagian kiri atas dari seksi kedua dari depan, atau

sebelah kanan nipple besar. Di dalam bagian tersebut ditemukan korosi yang sangat parah. Ketika pinggir kanan dari bagian atas yang terletak di sebelahnya dipukul dengan palu, dengan mudah terjadi lubang. Dengan cara hammering, lubang tersebut menjadi makin besar, pada akhirnya sampai berukuran 90 mm x 16 mm.

Sekitar lubang nipple yang terletak di sebelah ujung kanan bagian bawah dari seksi tersebut, terhimpun campuran karat merah dan scale terlepas yang setebal 8 – 12 mm. Campuran tersebut ternyata sebanyak 3 mangkok (Lihat foto 6, 7, 8).

(3) Penyebab kecelakaan

Batas bagian bawah dari ketinggian air terletak pada dekat permukaan atas dari jalan asap bagian atas. Bagian yang terletak diatas permukaan air secara langsung terkena api. Dapat dikatakan sama dengan keadaan yang dipanaskan tanpa air. Korosi tersebut diperkirakan akibat dari over-heating tersebut.

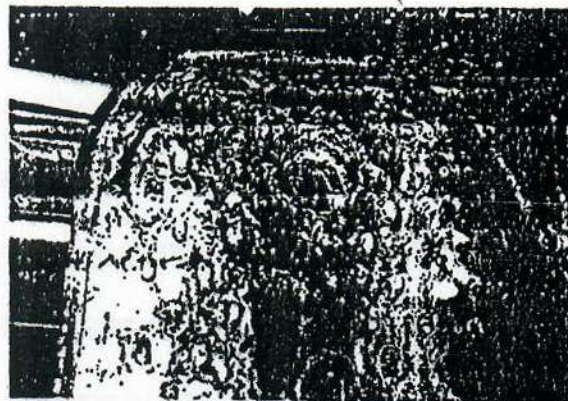


Foto no. 6 Foto lubang akibat korosi yang terjadi pada bagian belakang seksi 2 yang diambil dari depan

3.6. Kecelakaan pada boiler pipa air yang disebabkan oleh kekurangan air

(1) Keterangan mengenai boiler

Luas bagian transmisi panas : 100 m²

Tekanan maksimal yang digunakan : 10 kg/cm²

Jumlah operasi maksimal : 8 t/jam

Bahan bakar : Solar

Tahun pemasangan : tahun 1969

(2) Keadaan pada waktu terjadi kecelakaan

Boiler ini digunakan sebagai pembantu boiler utama. Pada hari terjadinya kecelakaan, sejak jam 1.30 siang boiler pengoperasian boiler tersebut telah dihentikan. Sekitar jam 5 sore, lampu alarm kekurangan air dari boiler tersebut menyala sehingga petugas memeriksakan sekitar boiler. Petugas tersebut menemukan pembocoran air dari bagian bawah casing yang terletak di bagian belakang drum bawah. Menurut hasil penyelidikan, ditemukan lapisan tipis besi oksidasi pada permukaan pipa yang disebabkan over-heating water cooling pipe dari dapur api.

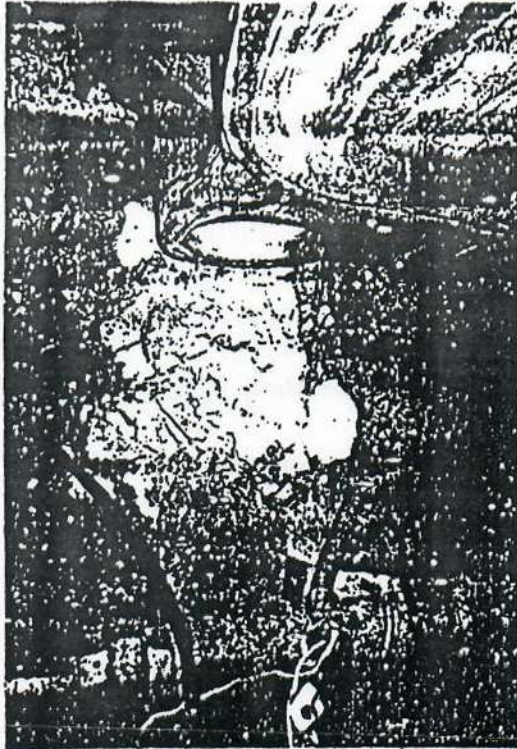


Foto no. 7 Scale yang ditemukan dari lubang nipple yang terletak pada bagian bawah ujung kanan.

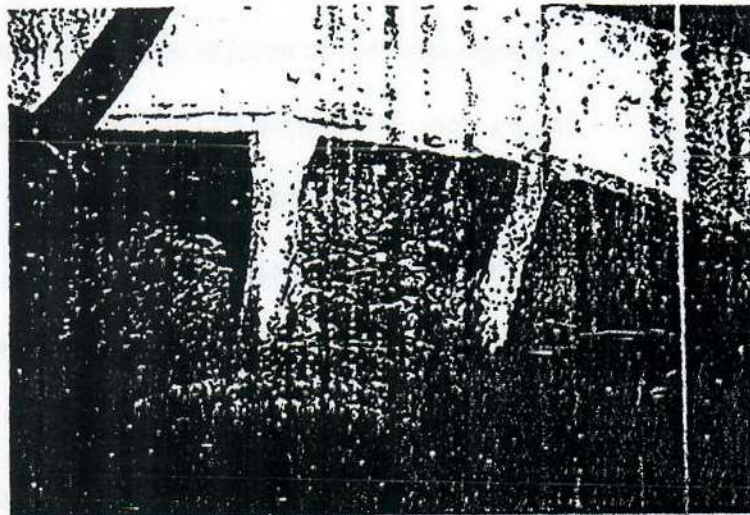


Foto no. 8 Korosi di sekitar lubang nipple besar pada bagian atas dan scale.

Satu buah pipa water cooling pipe sebelah kanan sedikit menonjol ke arah dalam sedangkan dua buah pipa plafon sedikit menurun ke bawah. (Lihat foto no. 8).

(3) Penyebab kecelakaan

Petugas boiler tidak merasa menyebabkan kekurangan air. Maka tidak diketahui kapan kekurangan air terjadi. Sebelumnya juga pernah beberapa kali lampu alarm kekurangan air menyala. Pembocoran air tersebut kelihatannya terjadi oleh karena tidak berfungsinya copes dari mesin penyedia air otomatis. Menurut hasil pengecekan fungsi setelah terjadi kecelakaan, dengan alat pencegah kekurangan air (juga termasuk sistem listrik) tidak ditemukan kelainan. Namun kecelakaan ini diperkirakan disebabkan oleh tidak berfungsinya pelampung sehingga pengoperasian tidak dihentikan meskipun terjadi kekurangan air.

(4) Tindakan untuk mencegah terjadinya kecelakaan serupa

Pemeliharaan alat penyediaan air otomatis ditingkatkan dalam pengoperasian sehari-hari. Pengujian untuk berfungsinya pencegahan kekurangan air dilakukan minimal 1 kali sehari. Dilakukan pelatihan mengenai keselamatan kerja bagi operator boiler sehingga keadaran keselamatan kerja ditingkatkan. Bila operator mampu mengantisipasi bahaya kecelakaan. Kecelakaan dapat dihindari.

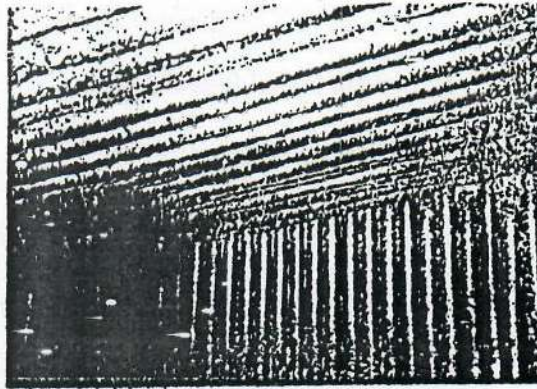


Foto no. 9 Dengan water cooling pipe yang ada di plafon terjadi over-heating, dan terdapat besi oksidasi di permukaannya.

3.7. Ledakan gas yang terjadi dengan boiler pipa air

(1) Keterangan mengenai boiler

Luas bagian transmisi panas : 690 m²

Tekanan maksimal yang digunakan : 16 kg/cm²

Jumlah operasi maksimal : 32 t/jam

Bahan bakar : Solar L.S.A.

Tahun pemasangan : tahun 1962

(2) Keadaan pada waktu terjadi kecelakaan

Dalam pengoperasian normal, pada waktu mulai operasinya boiler ini tekanan ditingkatkan sampai 7 kg/cm² dengan menggunakan hydraulic spray burner, kemudian burner digantikan dan dinyalakan steam burner sehingga ditingkatkan tekanan sampai tekanan yang biasanya digunakan.

Pada waktu dinyalakan hydraulic spray burner, suhu di dalam dapur api masih rendah sehingga banyak asap keluar dari cerobong. Pada waktu terjadi kecelakaan, sedang diuji metode pembakaran penyemprotan di bawah udara yang dikompres dengan menggunakan steam spray burner gun.

Kronologis dari sejak dimulainya pengoperasian sampai terjadinya kecelakaan adalah seperti berikut.

JAM 7:30 Sesuai dengan tata pelaksanaan operasi yang ditentukan, dimulai persiapan untuk menyala boiler, termasuk pemeriksaan alat-alat pembantu serta pelaksanaan pre-purge selama 5 menit.

JAM 8:00 Boiler dinyalakan api, dan mulai ditingkatkan tekanan. Kecepatan arus bahan bakar : 400 l/jam.

Tekanan hidrolik sebelum masuk burner : 3,5 kg/cm²

Tekanan didalam dapur api : 5 mm H₂O

Dengan cara pemeriksaan visual, keadaan asap keluar maupun keadaan pembakaran dinilai baik.

JAM 9:00 Setelah tekanan uap didalam drum mencapai 5 kg/cm², dimulai pengiriman udara untuk memanaskan pipa pengiriman udara di pabrik.

jadi

sinya

ngan

tikan

mpai

JAM 9 : 40 Kecepatan arus bahan bakar : ditingkatkan ke 500 l/jam

Tekanan hidrolik sebelum masuk burner : 5 kg/cm²

Tekanan udara untuk penyemprotan : 6 kg/cm²

Tekanan didalam dapur api : 5 mm H₂O

Dengan cara pemeriksaan visual, keadaan asap keluar maupun keadaan pembakaran dinilai baik.

JAM 10 : 15 Dinyalakan api pada boiler yang terletak disebelahnya. (Pada waktu di-start dilakukan pembakaran dengan penyemprotan udara dengan udara yang dikompres).

JAM 10 : 25 Tiba-tiba gas meledak di boiler ini dengan suara dahsyat dan sekitarnya diselimuti dengan asap hitam.

(3) Penyebab kecelakaan

Menurut cara men-start boiler yang sedang dilakukan pengujian pembakaran dengan udara yang dikompres, salah satu dari boiler ini atau boiler yang terletak disebelahnya dinyalakan satu per satu. Setelah pengoperasian diganti dari pembakaran dengan penyemprotan udara ke penyemprotan uap (penggantian ini dilakukan secara manual), boiler yang satunya dinyalakan.

Alasan penggantian tersebut adalah kapasitas kompresor udara tidak cukup menyediakan udara yang dikompres untuk penyemprotan bahan bakar solar untuk kedua unit boiler.

Pada pagi itu, bagian lain juga meminta penyediaan uap sehingga buru-buru menyalakan kedua boiler. Maka dengan asumsi boiler ini akan segera pindah dari pembakaran penyemprotan udara ke penyemprotan uap, boiler yang terletak di sebelahnya dinyalakan.

Dalam kenyataan, sebelum penggantian tersebut terjadi pada boiler ini, persiapan untuk dinyalakan boiler sebelah telah selesai sehingga telah dimulai dinyalakan api dan pembakaran. Oleh karena dengan kedua boiler tersebut dilakukan pembakaran penyemprotan udara, tekanan udara yang dikompres menurun (diperkirakan tekanan yang dalam keadaan normal 7,5 kg/cm² menjadi kurang dari 5 kg/cm²). Dengan boiler ini yang dinyalakan terlebih dahulu tekanan hidrolik telah mencapai 5 kg/cm² sehingga penyemprotan tidak sempurna dan terdapat gas yang belum terbakar di dalam dapur api yang akhirnya meledak.

Boiler ini sebenarnya dilengkapi dengan alarm yang berfungsi jika perbedaan antara tekanan solar dan tekanan dari penyemprotan menurun. Tidak diketahui apakah alat tersebut bunyi atau tidak.

(4) Kerugian yang dialami (Lihat foto 10 dan 11)

- (a) Sepanjang plafon di bagian luar (ketebalan 2,3 mm) rusak dan terbuka di bagian depan boiler.
- (b) Papan luar bagian atas burner tile yang terletak di bagian depan boiler serta kerangka besi menekuk. Dinding batu bata juga menjadi longgar (menekuk maksimal 80 mm).
- (c) Terjadi distorsi dan perubahan bentuk seperti berikut.
 - Papan luar dinding sebelah kiri dan kerangka besi (maksimal 130 mm)
 - Papan luar dinding sebelah kanan dan kerangka besi (maksimal 125 mm)
 - Papan luar bagian belakang boiler dan kerangka besi (maksimal 90 mm)
- (d) Selain itu seluruh bagian dari batu bata tembok samping dan tembok baffle menjadi longgar, dan sebagian terlepas.
- (e) Tindakan untuk mencegah kecelakaan.
 - Dilengkapi alarm dan alat pemberhenti operasi jika terjadi penurunan tekanan udara kompres.
 - Pemeriksaan fungsi alarm penurunan perbedaan tekanan antara tekanan solar sebelum burner dan tekanan penyemprotan secara berkala.

rusak

agian
batu

besi

ngka

ngka

ping

pas.

jika

laan

dan

- Bagi operator boiler, dilakukan pendidikan ulang mengenai manual pengoperasian pada waktu dinyalakan boiler.
- Metode start-up pelaksanaan pembakaran penyemprotan udara dengan udara kompres diikuti baik. (Tidak dilakukan pembakaran penyemprotan udara secara bersamaan untuk dua unit boiler).

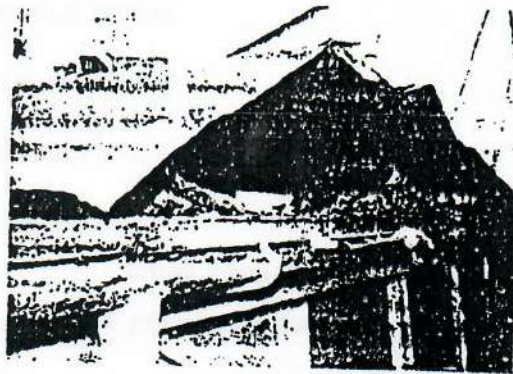


Foto 10 Ceiling casing rusak dan terbuka

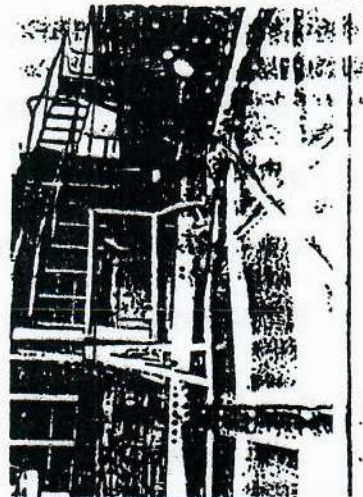


Foto 11 Outer casing sebelah kanan menonjol keluar

- Pemeriksaan fungsi alat pemantau api dilakukan secara berkala.
- Sebelum boiler yang terjadi kecelakaan dioperasikan kembali, fungsi sistem pengendalian tekanan, sistem pengendalian pembakaran, sistem pengendalian tekanan di dalam dapur api serta sistem pengendalian penyediaan air termasuk alat pembantu dan perlengkapan serta fungsi sensor dicek kembali.

3.8 . Kasus kecelakaan boiler

3.8 .1. Kecelakaan yang disebabkan oleh retak pada boiler besi tuang

(1) Keterangan mengenai boiler

Luas bagian transmisi panas : 2,2 m²

Tekanan maksimal yang digunakan : 1 kg/cm²

Bahan bakar : Solar

Tahun pemasangan : tahun 1975

Pemakaian : Penyediaan air panas, pemanasan ruangan.

(2) Keadaan pada waktu terjadi kecelakaan

Pada sekitar jam 8 pagi ketika boiler diperiksa sebelum dioperasikan, ditemukan pembocoran air di sebelah kanan bagian utama boiler. Dibuka casing, dan diperiksa bagian dalam. Di

bagian tengah dari ketinggian seksi ketiga dari belakang, ditemukan retak horisontal sebesar 50 mm, dan pembocoran air.

(3) Kerusakan

Terdapat retakan pada seksi ketiga dari belakang (Foto no. 1).

(4) Penyebab, kecelakaan

Seksi yang terjadi kecelakaan terletak di dekat dengan lubang, sirkulasi air sehingga terdapat heat stress berulang kali sebagai akibat dari perubahan suhu. Ketiga seksi dari 4 bagian belakang pernah diganti sebelumnya oleh karena terjadi retakan.

(5) Tindakan keselamatan

Berdasarkan hasil pemeriksaan, diketahui jarak waktu pompa penyedia air menyala kembali setelah berhenti sangat pendek. Dengan cara dimasukkan orifice plat ke dalam pipa pengeluaran dari pompa penyedia air, penyediaan air yang terjadi mendadak dapat dicegah. Hal tersebut juga mengurangi terjadinya perubahan suhu yang berlebihan.

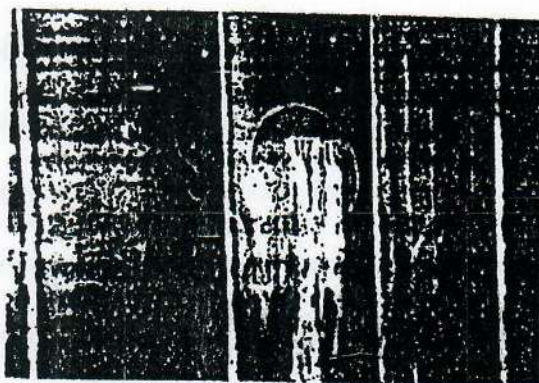


Foto 12 Retak yang terjadi pada seksi ketiga.

3.8.2. Kecelakaan dengan fire tube boiler oleh karena kekurangan air

(1) Keterangan mengenai boiler

Luas bagian transmisi panas : 125,5 m²

Tekanan maksimal yang digunakan : 10 kg/cm²

Bahan bakar : Solar C

Tahun pemasangan : tahun 1971

Pemakaian : Produksi di pabrik

(2) Keadaan pada waktu terjadi kecelakaan

Pada jam 6 pagi, setelah ketinggian air di boiler no. 1 (boiler yang mengalami kecelakaan) normal, boiler dinyalakan api. Pada jam 6.10 boiler no. 2 dinyalakan. Pada jam 6.20 boiler no. 3 dinyalakan. Kemudian satu per satu dimulai pengoperasian ketiga boiler tersebut. Sekitar jam 6.30 oleh karena pembakaran di boiler no. 1 mencapai tekanan 7,5 kg/cm², operasi dihentikan. Lalu dilakukan peniupan water column dari electrode serta water glass gauge. Pada waktu itu diketahui pompa penyedia air hidup dan lamp alarm kekurangan air menyala. Setelah itu, dimulai pengiriman udara dan pengoperasian otomatis. Sekitar jam 6.40, ditemukan pembocoran minyak dari pompa pembakaran. Pompa tersebut segera dimatikan, dan mulai diperbaiki. Pada waktu dilakukan perbaikan, sekitar jam 7.50, dari boiler no. 1

gn air

kedengaran suara yang tidak normal. Dari bagian yang memelihara suhu di pipa uap yang terletak di bagian atas boiler api menyala, dan keluar uap dari lubang isap blower. Dengan segera boiler tersebut dimatikan, dipadamkan api.

(3) Kerusakan

- (a) Sepanjang fire tube rusak oleh karena tekanan sampai ke dalaman sekitar 700 mm. Pada lokasi yang dekat dengan end plate depan terdapat lubang (75 x 430 mm). (Lihat foto 13 dan 14).
- (b) Bentuk Fire tube plate, end plate depan dan belakang serta shell plate berubah, dan warnanya juga dapat berubah karena suhu tinggi.
- (c) Sebagian burner tile rusak

(4) Penyebab kecelakaan

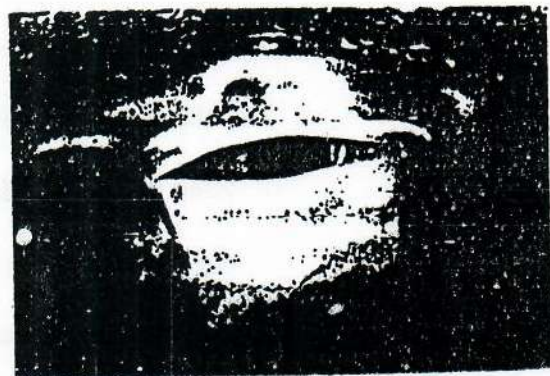


Foto 13. Fire tube yang rusak (dari bagian depan)

no. 1
alakan
boiler
rasian
aran di
ntikan.
water
hidup
imulai
i 6.40.
Pompa
waktu
no. 1

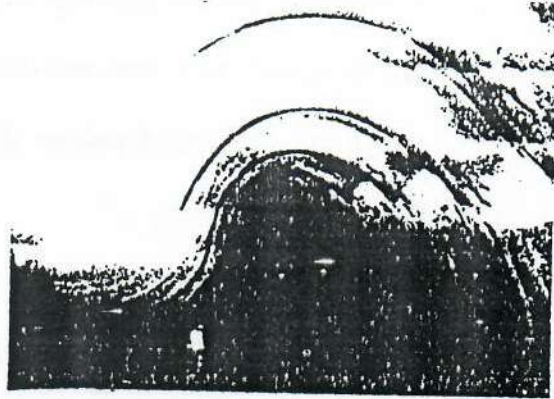


Foto 14: Fire tube yang jatuh ke bawah setelah menjadi terbuka.

(Foto diambil dari bagian belakang)

- (a) Penyediaan air tidak dilakukan oleh karena suatu penyebab, misalnya arus listrik naik atau lain, magnet switch dari water supply pump berfungsi sehingga tidak dapat mengalirkan air.
 - (b) Alat pencegah kekurangan air tidak juga berfungsi oleh karena pada jaringan kabel di antara control panel terjadi isolasi yang tidak sempurna dan terjadi hubungan pendek dengan ground phase sehingga kedua jenis alat pencegah kekurangan air, yaitu pelampung maupun jenis electrode, tidak berfungsi. Maka pembakaran diteruskan. Kemudian terjadi kekurangan air.
- (5) Tindakan keselamatan

- (a) Wiring pada ground phase harus diisolasi sempurna sehingga dalam keadaan bagaimanapun termasuk ling-to-ground-fall tidak terjadi hubungan pendek.
- (b) Dalam kasus ini fungsi alat pencegah kekurangan air hanya diperiksa pada waktu percobaan pengoperasian. Sebaiknya pemeriksaan tersebut dilakukan secara rutin dalam pengoperasian sehari-hari.

3.8.3. Ledakan gas dengan fire tube boiler

(1) Keterangan mengenai boiler

Luas bagian transmisi panas : 114 m²

Tekanan maksimal yang digunakan : 10 kg/cm²

Bahan bakar ; Solar A

Tahun pemasangan : tahun 1984

Pemakaian : produksi di pabrik

(2) Keadaan pada waktu terjadi kecelakaan

Setelah libur akhir/awal tahun, sehari sebelum kecelakaan terjadi mulai dari jam 7 : 30 pengoperasian boiler dimulai. Pada hari tersebut, boiler tersebut mulai dioperasikan pada jam 6.30 pagi. Setelah makan siang, pada waktu dimasukkan bahan bakar ke tangki solar yang terletak di ruang bawah tanah, jumlah bahan bakar diukur. Oleh karena masih terdapat sisa bahan bakar

sebanyak 1000 liter, tidak ditukar dengan tangki cadangan, dan pengoperasian diteruskan. Sekitar jam 2.30, api burner mati, dan boiler berhenti secara otomatis. Setelah diketahui boiler mati karena bahan bakar di dalam tangki telah habis, sumber bahan bakar diganti dengan tangki cadangan yang ada di ruang bawah tanah, dan mulai dikirimkan solar ke service tank. Kemudian untuk mengeluarkan udara, switch diganti ke "test", kemudian dipindah ke "fan", "ignite", "pompa pembakaran". Ketika dipindahkan ke "kekurangan bahan bakar" dan menyalakan main burner, api tidak menyala. Setelah 3 sampai 5 detik, sekali lagi dicoba dioperasikan pada posisi "kekurangan bahan bakar". Pada waktu itu, boiler meledak dengan suara keras.

(3) Kerusakan

(a) Pintu ruang asap bagian belakang menonjol ke keluar sekitar 30 mm. 1 buah baut yang mengikat pintu terputus. Dengan lubang baut lain, mur masuk ke dalam pintu.

(Foto 15).

(b) Dinding sebelah kanan ruang asap belakang menekuk di bagian tengah, dan terdapat celah di antara flange dan pintu.

(c) Dinding atas ruang asap bagian depan atas, menonjol keluar sekitar 10 mm.

(d) Horizontal flue semuanya menjadi agak bulat.

(e) Air duct (sepanjang 4000 mm), sepanjangnya menekuk 10 mm.

(4) Penyebab kecelakaan

Sebelumnya pernah terjadi kehabisan bahan bakar. Pada waktu itu juga, katanya juga dinyalakan api dengan cara yang sama. Sebenarnya pekerjaan untuk membuang udara, dilakukan dalam keadaan kran pompa maupun heater terbuka.

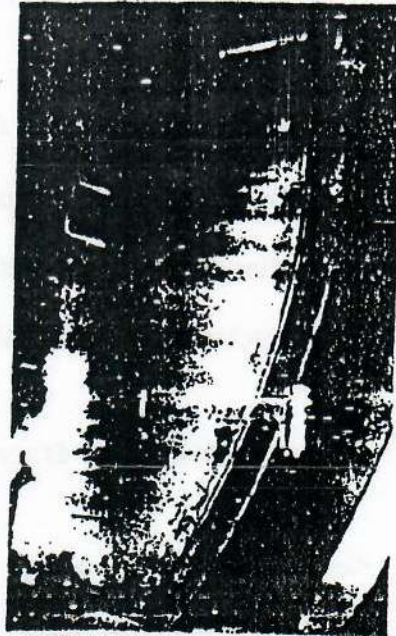


Foto 15. Pintu ruang asap bagian belakang.

Pompa dioperasikan setelah udara dibuang dengan baik. Setelah dicek hydraulic meter tidak berubah banyak, pengoperasian seharusnya dimulai secara otomatis. Untuk pengoperasian otomatis, memerlukan waktu 90 detik untuk satu kali menyalakan

api sehingga diperkirakan agar mempersingkat waktu operasi diperkirakan menyalakan api secara manual dalam keadaan purge kurang sempurna.

(5) Tindakan keselamatan

- (a) Dipasang alarm kekurangan bahan bakar pada tangki penyimpanan minyak serta service tank, dan dilakukan penyediaan bahan bakar sebelum habis total.
- (b) Membuat manual pengoperasian untuk pekerjaan pembuangan udara dari pipa bahan bakar sehingga kesalahan dalam tata pelaksanaan dapat dihindarkan.
- (c) Diperbaiki sistem agar pada waktu pengoperasian manual detektor api berfungsi dan menghentikan pembakaran.

3.9 . Kecelakaan kebakaran dengan once through boiler

(1) Keterangan mengenai boiler

Luas bagian transmisi panas : 28,5 m²

Tekanan maksimal yang digunakan : 10 kg/cm²

Bahan bakar : Solar A

Heat carrier : SK oil

Tahun pemasangan : tahun 1987

Penggunaan : Produksi di pabrik

(2) Tekanan pada waktu terjadi kecelakaan

Pada hari tersebut, seperti biasanya boiler mulai dioperasikan sekitar jam 8.10 pagi. Pada jam 8.35 dengan perbedaan tekanan di dalam boiler terjadi penimpangan sehingga burner berhenti. Dengan cara reset, dihidupkan kembali. Pada jam 10.30 burner berhenti lagi. Lalu dilakukan reset kedua kalinya. Jam 11.40, burner berhenti lagi. Dilakukan reset, tetapi api tidak menyala. Jam 12.50, dilaporkan hal tersebut kepada bagian teknisi untuk dilakukan penyelidikan. Dari hasil penyelidikan, diketahui kabel di antara burner dan control panel terbakar. Kabel sementara disambungkan, dan boiler coba dinyalakan. Namun tidak berhasil dinyalakan karena relay tidak berfungsi. Setelah relay diganti, dihidupkan kembali. Jam 19.30 boiler dimatikan setelah diketahui adanya bagian yang warnanya merah dan kepanasan pada bagian atas bagian luar boiler.

(3) Kerusakan

Heating coil dari bagian utama boiler (ruang pembakaran) seluruhnya menjadi hangus sehingga gas suhu tinggi yang terdapat dari akibat pembakaran tersebut short-pass bagian sirkulasi, kemudian memanaskan casing luar boiler. Casing tersebut juga

menjadi terlalu panas dan hangus. Bagian coil yang terhangus tidak hanya meleleh tetapi sudah sampai arang. (Foto 16).

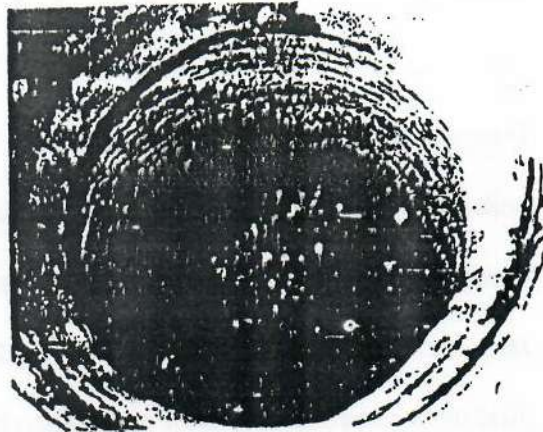


Foto 16 Coil di dalam dapur api hangus sampai menjadi arang

(4) Penyebab kecelakaan

Pembakaran kelihatannya berlangsung dalam keadaan heat carrier tidak atau sangat sedikit mengalir ke dalam heat tube sehingga mengakibatkan kecelakaan terbakar ini. Penyebab yang kemungkinan menimbulkan hal tersebut adalah sebagai berikut.

- (a) Oleh karena tidak beres dengan control relay, peringatan pemberhentian dalam keadaan darurat tidak dideteksi sehingga pembakaran diteruskan
- (c) Cavitation terhadap pompa sirkulasi heat carrier terjadi sebentar sehingga kecepatan arus menurun.
- (d) Oleh karena turunnya mutu heat carrier, terdapat sludge yang menyumbat sistem 1 col yang terletak pada sistem

(e) Dengan demikian, boiler berhenti sebagai akibat penurunan perbedaan tekanan. Namun operator berkali-kali menghidupkan kembali sehingga terjadi kerusakan.

(f) Pada waktu disambungkan kabel di antara control panel dan burner secara sementara, penyambungan tersebut dilakukan dengan diabaikan inter-lock.

(5) Tindakan keselamatan

(a) Ditambah 1 unit switch yang mengatur perbedaan tekanan. Dengan demikian perbedaan tekanan dapat diawasi secara ganda.

(b) Dipasang flow meter untuk heat carrier

(c) Diadakan analisa oil heat carrier, dan digantikan secara dini.

(d) Penyambungan kabel sementara berkecenderungan mengakibatkan kecelakaan sehingga sebisa mungkin dihindarkan.

(e) Hal-hal yang diperiksa pada waktu inspeksi sehari-hari serta inspeksi bulanan ditinjau kembali. Test pencegahan pembakaran dilakukan dengan baik. Diadakan pendidikan bagi operator boiler.