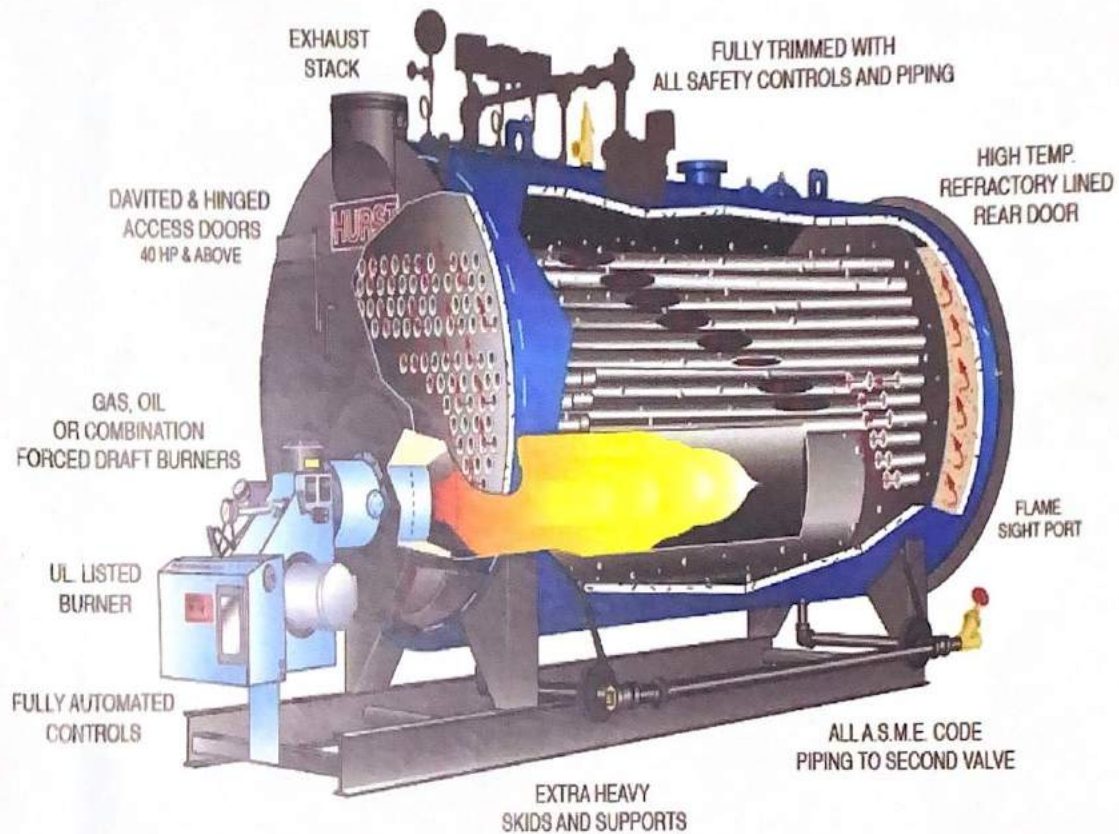


**MODUL**  
**PEMBINAAN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA**  
**OPERATOR PESAWAT UAP KELAS I**



**CARA PENGOPERASIAN**  
**PESAWAT UAP**

**Materi 6**

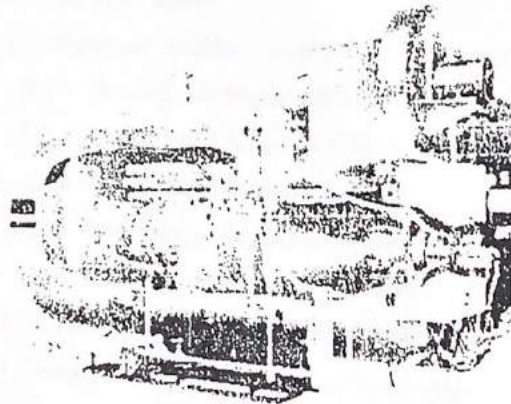
**PT. DHIYA ANEKA TEKNIK**  
**PERUSAHAAN JASA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (PJK3)**  
**BIDANG PEMBINAAN K3**

JALAN 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

11 Rangkaiap.

MODUL  
OPERATOR KETEL UAP  
KELAS II

PENGOPERASIAN KETEL UAP ✓



DIREKTORAT PENGAWASAN NORMA KESELAMATAN  
DAN KESEHATAN KERJA  
KERJASAMA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
TAHUN 1998/1999

## DAFTAR ISI

	Halaman
1. Pendahuluan.....	1
1.1. Tinjauan Pembelajaran Umum.....	1
1.2. Tinjauan Pembelajaran Khusus.....	1
2. Penanganan Pengoperasian ketel uap.....	2
2.1. Dasar-dasar pengoperasian ketel uap.....	2
2.1.1. Dasar-dasar penanganan.....	2
2.1.2. Jadwal pengontrolan ketel uap.....	3
2.1.3. Uji fungsi alat.....	3
2.1.4. Pengukuran.....	3
2.1.5. Buku harian.....	4
2.2. Pemeriksaan sebelum pengoperasian ketel uap.....	4
2.2.1. Pemeriksaan bagian dalam ketel uap.....	4
2.2.2. Pemeriksaan dapur dan saluran gas buang.....	4
2.2.3. Pemeriksaan tambahan.....	5
2.2.4. Pemeriksaan peralatan kontrol otomatis.....	5
2.2.5. Pemeriksaan peralatan tambahan.....	5
2.3. Persiapan penyalaan dan pemeriksaan.....	6
2.4. Menyalakan ketel uap.....	7
2.4.1. Pemeriksaan umum penyalaan.....	7
2.4.2. Menyalakan ketel uap yang menggunakan bahan bakar minyak.....	7
2.4.2.1. Dengan metoda otomatis.....	7
2.4.2.2. Dengan metoda manual.....	8
2.4.3. Penyalaan pembakaran ketel uap yang menggunakan bahan bakar gas.....	9

2.4.4. Penyalaan ketel uap yang menggunakan bahan bakar batu bara.....	9
2.4.4.1. Dengan Manual.....	9
2.4.4.2. Pembakaran ketel uap batu bara secara mekanis.....	10
2.5. Penanganan tekanan uap akan naik.....	11
2.5.1. Hal-hal yang perlu di perhatikan di dalam menyalakan api pembakaran.....	11
2.5.2. Menaikan tekanan uap.....	12
2.5.3. Penangan ketika tekanan ketel uap naik.....	14
2.6. Hal - hal penting yang harus di lakukan selama pengoperasiann ketel uap berjalan normal.....	15
2.6.1. Menjaga ketinggian air tetap normal.....	15
2.6.2. Mengontrol tekanan uap.....	16
2.6.3. Menjaga dan mengontrol pembakaran.....	16
2.7. Penyetelan pembakaran.....	16
2.7.1. Hal-hal yang harus di perhatikan pada penyetelan pembakaran.....	16
2.7.2. Penyetelan pembakaran untuk pembakaran bahan bakar minyak dan gas.....	17
2.7.3. Penyetelan pembakaran dengan bahan bakar batu bara.....	18
2.8. Mengatur ketel uap secara otomatis.....	19
2.8.1. Katup pengatur bahan bakar, udara pembakaran dan motor kontrol.....	19
2.8.2. Pengontrol keamanan utama.....	20
2.9. Membersihkan permukaan luar yang panas selama ketel uap beroperasi.....	20

2.10. Cara mengatasi gangguan selama ketel uap beroperasi.....	21
2.10.1. Ketinggian air ketel uap tidak normal.....	21
2.10.2. Tindakan ketika tiba-tiba ketel uap berhenti mendadak.....	22
2.10.3. Emergency stop kontrol otomatis.....	23
2.11. Muatan yang terbawa.....	24
2.11.1. Friming.....	24
2.11.2. Foaming.....	24
2.11.3. Silika berlebihan.....	24
2.11.4. Sebab-sebab terjadi muatan yang terbawa.....	25
2.11.5. Tindakan yang di lakukan jika muata yang terbawa	25
2.12. Tambahan pembakaran.....	26
2.13. Resonanci (gaung).....	26
2.14. Prosedur menghentikan ketel uap.....	27
2.14.1. Secara umum menghentikan ketel uap.....	27
2.14.2. Menghentikan ketel uap.....	28
2.14.3. Bahan bakar pembakaran.....	28
2.15. Pemeriksaan ketel uap setelah di operasikan.....	30
2.16. Pengoperasian perlengkapan ketel uap.....	31
2.16.1. Pengukur tekanan dan pengukur ketinggian air.....	31
2.16.2. Gelas pedoman air.....	32
2.17. Katup pengaman, katup relief, pipa relief.....	35
2.18. Peralatan pembuangan.....	38
2.18.1. Penanganan peralatan pembuangan.....	38
2.18.2. Metoda penanganan air pembuang.....	39
2.19. Peralatan pengisi air.....	40
2.19.1. Penanganan pemeliharaan secara umum.....	40
2.19.2. Penanganan pipa air pengisi.....	40

- 2.19.3. Prosedur pengoperasian pompa turbin.....
- 2.19.4. Pompa Warthington.....
- 2.19.5. Pencegahan kerusakan pompa air pengisi.....
- 2.20. Peralatan pengendali otomatis.....
  - 2.20.1. Pengendalian suhu.....
  - 2.20.2. Pengendalian tekanan.....
  - 2.20.3. Pengendalian bahan bakar minyak.....
  - 2.20.4. Motor pengendalian.....
  - 2.20.5. Pengendalian tinggi rendah air.....
- 3. Pengujian pada waktu ketel uap beroperasi.....
  - 3.1. Bagian-bagian yang di ukur dari ketel uap.....
    - 3.1.1. Pengujian dan pengukuran pada kondisi ketel uap di operasikan.....
    - 3.1.2. Pengambilan contoh bahan bakar untuk mengukur nilai panas dan analisa berapa banyak bahan bakar yang di gunakan.....
    - 3.1.3. Tekanan uap dan temperatur.....
    - 3.1.4. Kosumsi bahan bakara.....
    - 3.1.5. Temperatur atmosfer, udara panas.....
    - 3.1.6. Draft.....
    - 3.1.7. Temperatur gas buang dan analisa gas buang.....
    - 3.1.8. Jumlah/kecepatan air pengisi dan temperatur.....
    - 3.1.9. Bagaimana cara menyusun / mencatat data-data selama ketel uap di operasikan.....
  - 3.2. Lakukan pengukuran.....
    - 3.2.1. Pengukuran pada ruang pembakaran.....
    - 3.2.2. Pengukuran penguapan.....
    - 3.2.3. Efisiensi ketel uap.....

# **PENGOPERASIAN KETEL UAP**

## **1. PENDAHULUAN**

Untuk mengoperasikan atau melayani ketel uap di perlukan seorang operator atau pengladen yang mempunyai ketrampilan yang cukup tentang pengoperasian sehingga umur ketel uap bisa bertahan lebih lama. Operator/pengladen dalam melayani ketel uap harus secara benar sesuai dengan petunjuk dan aturan-aturan yang berlaku untuk mencegah kemungkinan kecelakaan-celakaan, oleh sebab itu dalam mengoperasikan ketel uap dengan sendirinya didahului persiapan dan pelaksanaan serta di akhiri dengan hasil yang di harapkan yaitu **AMAN** dan **SELAMAT**.

### **1.1. Tinjauan Pembelajaran Umum**

Setelah mengikuti pelajaran ini di harapkan peserta dapat memahami tentang cara pengoperasian Ketel Uap dengan baik dan benar

### **1.2. Tinjauan Pembelajaran Khusus**

Setelah mengikuti pelajaran ini di harapkan para peserta dapat memahami dan mengetahui cara kerja masing-masing peralatan atau pesawat yang terdapat pada ketel uap serta dapat mengoperasikan secara baik dan aman

## 2. PENANGANAN PENGOPERASIAN KETEL UAP

### 2.1. DASAR-DASAR PENGOPERASIAN KETEL UAP

#### 2.1.1. Dasar-dasar penanganan

Yang harus diperhatikan operator selama mengoperasikan ketel uap :

- Operator harus dapat melayani secara benar pengoperasian ketel uap sesuai petunjuk ketentuan dari pabrik pembuat atau peraturan yang berlaku dan mencegah terjadinya kecelakaan, setidaknya tidaknya memperkecil kecelakaan.
- Operator harus mengetahui tentang pembakaran secara menyeluruh untuk mencegah polusi seperti polusi udara akibat dari gas buang disamping mengetahui cara menggunakan bahan bakar yang ekonomis.
- Untuk mengoperasikan dan melayani ketel uap harus dilakukan oleh operator yang mempunyai pengetahuan dan keterampilan yang cukup tentang pekerjaan pengoperasian sehingga umur ketel dapat bertahan lebih lama.

Pengoperasian ketel uap pada prinsipnya merupakan suatu peristiwa pembakaran bahan bakar yang sempurna di dalam dapur/tungku yang menghasilkan panas secara efektif, dimana panas dipindahkan ke dalam air yang berada di dalam ketel kemudian menghasilkan air panas dan uap.

Pembakaran yang tidak sempurna dapat menyebabkan peledakan dan dapat buruk bagi ketel uapnya, disamping itu juga pembakaran tidak sempurna menghasilkan uap yang jelek pula. Operator dalam melayani ketel harus secara benar sesuai dengan petunjuk atau aturan yang berlaku untuk mencegah terjadinya kemungkinan kecelakaan.

kecelakaan tersebut, karena itu mengoperasikan dan merawat ketel dengan benar merupakan hal yang sangat penting.

Dalam setiap ingin mengerjakan sesuatu dalam hal ini mengoperasikan ketel uap, dengan sendirinya selalu di dahului dengan rencana-rencana persiapan dan pelaksanaan serta di akhiri diperoleh hasil yang di harapkan.

#### **2.1.2. Schedule atau jadwal pengontrolan ketel uap**

##### **(1) Jadwal 1 tahun**

Jadwal Perawatan

##### **(2) Jadwal perawatan rutin**

- Pedoman tekanan, gelas pedoman air, katup pengaman, katup pembebas, peralatan pembuangan air ketel;
- Fungsi kontrol otomatis, pipa penghubung;
- Peralatan pembakaran, nosel pembakar, mangkok penyemprot bahan bakar untuk pembakar putar, elektroda pengapian;
- Katup shut down bahan bakar minyak, pompa bahan bakar;
- Pompa air pengisi, tangki air pengisi, tempat zat-zat kimia untuk treatment air;
- Tangki penimbun bahan bakar, tangki servis, pompa transfer, ventilator, damper, bane, filter, bearing.

#### **2.1.3. Uji fungsi alat**

- Gelas pedoman ketinggian air.
- Peralatan kontrol otomatis.

#### **2.1.4. Pengukuran**

- Pedoman tekanan uap, aliran uap, temperatur uap
- Gelas pedoman ketinggian air, pembuangan air ketel

- Jumlah air pengisi, temperatur air pengisi, tekanan air pengisi, temperatur air kondensat
- Kondisi air pengisi, dosis zat-zat kimia
- Pemakaian bahan bakar minyak, temperatur bahan bakar minyak, tekanan bahan bakar minyak, tekanan gas
- Temperatur gas buang, jumlah udara, ventilasi, % O<sub>2</sub> atau % CO<sub>2</sub>, penunjuk asap

#### **2.1.5. Buku harian ketel uap**

Buku catatan harian adalah semua kegiatan selama ketel uap di operasikan, apabila terjadi masalah atau kerusakan di catat, dan di cari sebab kerusakan/masalah tersebut jika hal serupa terulangi dapat dengan segera di atasi .

### **2.2. PEMERIKSAAN SEBELUM PENGOPERASIAN KETEL UAP**

Untuk ketel uap baru atau lama tidak di pakai atau setelah di bersihkan atau di reperasi, perlu pemeriksaan dengan baik-baik sehingga didapatkan keyakinan bahwa bagian-bagian yang dibersihkan dengan baik dan semua pintu, lobang untuk pembersihan/pemeriksaan telah di pasang kembali dan di teliti apabila pintu-pintu tersebut telah menutup dengan baik

#### **2.2.1. Pemeriksaan bagian dalam ketel**

- Periksa bagian dalam ketel
- Tutup semua penutup dan pintu
- Periksa air pengisi
- Uji hidrostatik (tidak perlu dilakukan setiap waktu)

#### **2.2.2. Pemeriksaan dapur dan saluran gas buang**

- Periksa bagian dalam dapur

- Periksa peralatan dapur
- Periksa peralatan saluran gas buang

#### **2.2.3. Pemeriksaan tambahan**

- Switch tekanan,
- Pengukur level air,
- Katup pengaman,
- Peralatan blow down,
- Katup air pengisi,
- Katup utama penghentian uap,
- Katup ventilasi udara.

#### **2.2.4. Pemeriksaan peralatan kontrol otomatis**

- Periksa sirkuit listrik dan panel kontrol
- Periksa pemipaan (piping)
- Periksa katup kontrol dan mekanisme penanganan
- Periksa transmitter level air (tidak dapat diperiksa setiap hari, hanya bila dilakukan overhaul). Untuk pemeriksaan setiap hari, hanya dilihat dari luar.
- Periksa pendeteksi nyala api (flame detector). Biasanya 1- 2 tahun diganti, jadi tidak dapat diperiksa setiap hari/minggu/bulan.

#### **2.2.5. Pemeriksaan peralatan tambahan**

- 1) Periksa peralatan air pengisi
- 2) Periksa peralatan pengolahan air pengisi (deoxigen, water softener, chemical feeding)
  - Peralatan Deoxigen
  - Peralatan ion exchange (Ion exchanger, Resin, Hardness check)
  - Peralatan treatment dengan zat-zat kimia

3) Pemeriksaan peralatan pembakaran

- Periksa peralatan pembakaran dengan bahan bakar minyak
- Periksa peralatan pembakaran dengan bahan bakar gas
- Periksa peralatan pembakaran dengan bahan bakar batubara. Hand firing (fire grate) atau rangka bakar/panggangan
- Periksa peralatan pembakaran dengan batubara serbuk
- Periksa peralatan ventilasi damper, fan

4) Pemeriksaan peralatan lainnya

- Superheater
- Ekonomiser

**2.3. PERSIAPAN PENYALAN DAN PEMERIKSAANNYA**

1) Pastikan gelas pedoman ketinggian air

- Pastikan air pada posisi standar dari gelas pedoman air
- Yakinkan fungsinya
- Bandingkan ketinggian air pada masing-masing gelas pedoman air, jika menggunakan dua gelas pedoman
- Pastikan katup penghubung (return valve berfungsi)
- Jika air pada gelas pedoman air terlihat kotor, harus dibersihkan segera.

2). Periksa peralatan blow down

3). Periksa pengukur tekanan

4). Periksa peralatan air pengisi

5). Periksa dapur bagian dalam dan saluran gas buang

6). Periksa peralatan pembakaran dan ventilasi

a. Periksa level bahan bakar pada service tank

- Periksa tekanan gas untuk bahan bakar gas

### 3) Pemeriksaan peralatan pembakaran

- Periksa peralatan pembakaran dengan bahan bakar minyak
- Periksa peralatan pembakaran dengan bahan bakar gas
- Periksa peralatan pembakaran dengan bahan bakar batubara. Hand firing (fire grate) atau rangka bakar/panggang
- Periksa peralatan pembakaran dengan batubara serbuk
- Periksa peralatan ventilasi damper, fan

### 4) Pemeriksaan peralatan lainnya

- Superheater
- Ekonomiser

## 2.3. PERSIAPAN PENYALAAAN DAN PEMERIKSAANNYA

### 1) Pastikan gelas pedoman ketinggian air

- Pastikan air pada posisi standar dari gelas pedoman air
- Yakinkan fungsinya
- Bandingkan ketinggian air pada masing-masing gelas pedoman air, jika menggunakan dua gelas pedoman
- Pastikan katup penghubung (return valve berfungsi)
- Jika air pada gelas pedoman air terlihat kotor, harus dibersihkan segera.

### 2). Periksa peralatan blow down

### 3). Periksa pengukur tekanan

### 4). Periksa peralatan air pengisi

### 5). Periksa dapur bagian dalam dan saluran gas buang

### 6). Periksa peralatan pembakaran dan ventilasi

#### a. Periksa level bahan bakar pada service tank

- Periksa tekanan gas untuk bahan bakar gas

- Pastikan hal-hal tersebut diatas telah dikerjakan dengan benar dan cermat.
- b. Periksa pipa-pipa dan pompa bahan bakar minyak , saringan dan katupnya.
- c. Hidupkan pemanas minyak dan tentukan temperaturnya yang cocok

## **2.4. MENYALAKAN KETEL UAP**

### **2.4.1. Pemeriksaan umum penyalan**

Setelah selesai memeriksa masing-masing posisi, lakukan penyalan terhadap bahan bakar dengan memperhatikan bahwa :

1. Ketinggian air ketel harus benar
2. Ventilasi di dalam dapur harus baik
3. Suplai udara dan bahan bakar harus lancar

### **2.4.2. Menyalakan ketel uap yang menggunakan bahan bakar minyak**

#### **2.4.2.1. Dengan metoda otomatis**

Hal-hal umum yang harus diperhatikan sebelum menyalakan ketel uap

1. Periksa masing-masing switch apakah terpasang otomatis atau manual
2. Periksa lampu indikator, urutkan switch ke langkah selanjutnya dengan benar
3. Jika tidak menyala atau terjadi sesuatu yang abnormal, hentikan dengan segera

Jika pembakar (burner) tidak dapat dinyalakan secara otomatis, di dalam hal ini bila ingin merubah ke pengoperasian secara manual tanpa menyelidiki terlebih dahulu penyebabnya adalah sangat berbahaya. Untuk itu harus dikonfirmasi dahulu gangguan-gangguannya kemudian diperbaiki, setelah itu ketel dapat dihidupkan kembali.

Beberapa hambatan yang terjadi pada saat menghidupkan pembakar berhubungan dengan interlock (ketinggian air, tekanan bahan bakar, temperatur bahan bakar, dll). Periksa hambatan yang mungkin terjadi seperti langkah di atas.

#### 2.4.2.2. Dengan metoda manual

1. Temperatur bahan bakar minyak akan naik menurut viskositas bahan bakar.
  - Temperatur pembakaran bahan bakar minyak kadang-kadang ditentukan dengan viskositasnya dan biasanya besar viskositas bahan bakar minyak berkisar 20 ~ 30 cst (centi stoke) pada saat disemprotkan oleh pembakar (nozzel). Tetapi keadaan ini tidak sama tergantung kepada konstruksi peralatan pembakar, jenis-jenis pembakar dan jenis-jenis bahan bakar minyak yang digunakan.
2. Prosedur penyalaan
  - Adjust/setel aliran dengan menggunakan damper, atau operasikan fan ventilasi
  - Jenis bahan bakar di sesuaikan dengan pengapian dan gunakan peralatan yang sesuai .

- Pembakar akan dihidupkan (aliran gas/gas yang mudah terbakar di dalam dapur di keluarkan sebelum terjadi penyalan pembakar). Buka katup bahan bakar minyak.

3. Di dalam hal ini ada dua pembakar yang bekerja bersama-sama untuk pembakaran setelah penyalan pembakar, yaitu setelah penyalan pembakar pertama sempurna berlanjut kepenyalan pembakar yang ke dua.

#### **2.4.3. Penyalan untuk pembakaran ketel uap yang menggunakan bahan bakar gas**

Metoda sebelum menyalakan ketel uap sama dengan yang menggunakan bahan bakar minyak.

1. Periksa apakah ada kebocoran dari pipa-pipa penyalur gas
2. Periksa apakah tekanan gas telah sesuai
3. Nyalakan bahan bakar gas
4. Ventilasi dapur dan saluran gas buang harus cukup
5. Setelah nyala, jika pembakaran tidak stabil, pembakar harus segera dimatikan.

#### **2.4.4. Penyalan ketel uap yang menggunakan bahan bakar batubara**

##### **2.4.4.1. Dengan metoda manual**

1. Buka (full open) damper, akan terjadi aliran (draft) di dalam dapur, lalu tutup pintu penampung abu (ash pit), taburkan abu api/bara/sisa-sisa arang (cinder) secara merata dan tipis di atas rangka bakar, dan kemudian taburkan batubara di atas sisa-sisa arang dengan ketebalan yang sama dengan ketebalan sisa-sisa arang tersebut.

2. Letakan kayu yang mudah terbakar atau minyak di atas batubara kemudian nyalakan, setelah itu pintu api dibuka setengahnya.

3. Api akan membakar batubara, garuk dan ratakan batubara yang telah terbakar sehingga batubara akan terbakar semuanya dan opakan batubara ke atas rangka bakar secara bertahap.

Buka (full open) pintu penampung abu dan tutup pintu api setelah semua api merata di atas rangka bakar. Ketel uap secara bertahap beroperasi. Ini dilakukan untuk mengurangi asap ketika terjadi pembakaran.

#### **2.4.4.2. Pembakaran ketel uap batubara secara mekanis**

##### **I. Sistem pembakaran dengan pengopak bergerak**

- a) Ketebalan lapisan batubara dibuat 5 cm, kemudian sepanjang 1 meter diteruskan ke bagian belakang. Langkah selanjutnya, ketebalan lapisan batubara dibuat sekitar 8 cm dan sepanjang 1 meter diteruskan ke bagian belakang.
- b) Damper saluran gas asap dibuka sedikit. Jika ketel uap mempunyai fan isap (induced fan) segera fan isap dioperasikan.
- c) Buka pintu depan dapur, letakan batubara yang telah diberi minyak atau kayu yang mudah terbakar, kemudian nyalakan.
- d) Setelah api membakar batubara, dorong batubara yang telah terbakar sampai melewati pintu batubara (coal gate).

Periksa kondisi api pembakaran setelah pintu depan ditutup (api tidak menyentuh langsung ke pintu batubara/coal gate).

- e) Pengopak (stoker) dikontrol pada kecepatan rendah, bila lapisan batubara telah terbakar sempurna, kecepatan pengopak dapat dinaikkan secara bertahap.

Tebalnya lapisan batubara diatur sesuai dengan kebutuhan ketel.

## 2. Pengopak dengan pemasukan bawah (Underfeed firing stoker)

- a) Batubara dimasukkan dalam bentuk kecil-kecil, kemudian nyalakan dengan menggunakan minyak atau kayu.
- b) Operasikan fan dan setelah batubara terbakar dengan sempurna, dorong batubara tersebut ke bagian belakang.

## 2.5. PENANGANAN KETIKA TEKANAN UAP AKAN DINAIKKAN.

### 2.5.1. Hal-hal yang perlu diperhatikan di dalam menyalakan api pembakaran.

Ketika ketel dinyalakan jangan langsung menaikkan beban pembakaran walaupun ada alasan-alasan yang tepat, karena jika hal tersebut dilakukan ketel uap akan mengalami stress, dan pada konstruksi batu tahan api akan terjadi retakan-retakan pada sambungan-sambungan antar batumannya. Disamping itu juga akan terjadi galur/alur, retak dan kebocoran akibat dari ekspansi posisi batuan atau ekspansi posisi las-lasan. Ketel yang terbuat dari

baja/besi tuang akan cepat retak bila mengalami perubahan dari dingin ke panas secara mendadak.

### 2.5.2. Menaikkan tekanan uap

Setelah ketel dinyalakan, tekanan uap akan dinaikkan sampai mencapai tekanan kerja dimana hal ini berbeda untuk setiap masing-masing jenis ketel dan temperatur air pengisi.

Bila ketel uap dinyalakan dimana air ketelnya masih dalam keadaan dingin, hal-hal yang harus diperhatikan operator dalam menaikkan temperatur air ketel adalah sebagai berikut :

- a. Untuk jumlah air ketel yang terlalu banyak :
  - Memerlukan waktu sekitar 2 ~ 3 jam dengan pembakaran yang menggunakan bahan bakar minyak.
  - Memerlukan waktu sekitar 3 ~ 5 jam dengan pembakaran yang menggunakan bahan bakar batubara.
  - Memerlukan waktu sekitar 4 ~ 8 jam bila terlalu banyak menggunakan batu tahan api di dalam dapur.
- b. Untuk ketel uap pipa air dan ketel uap pipa api yang tidak begitu banyak menggunakan batu tahan api, memerlukan waktu sekitar 1 ~ 2 jam.

#### 1. Mengatur kenaikan tekanan uap

Temperatur air ketel dinaikkan secara bertahap sesuai dengan terjadinya penguapan di dalam drum.

##### a. Ventilasi udara

Setelah uap yang terbentuk sesuai dengan jumlah udara yang dihasilkan dari katup ventilasi, tutup katup ventilasi tersebut.

- c. Periksa apakah ada kebocoran dari packing manhole dan pada posisi-posisi pipa penghubung.
- d. Lihat pedoman tekanan dan setel pembakaran. Lihat indikator pedoman tekanan, apakah merespon derajat kenaikan tekanan uap ketika pembakaran di setel.
- e. Lihat alat pengukur level air. Jika gelas pedoman air dipasang dua unit, bandingkan apakah level air pada kedua alat pengukur level air tersebut telah sama. Bila ketel uap dinyalakan dari air ketel yang dingin, fungsi dari gelas pedoman air harus di uji tanpa ada masalah ketika tekanan mulai dinaikkan.
- f. Pastikan fungsi dari peralatan air pengisi. Setelah peralatan air pengisi dioperasikan, air pengisi dimasukkan ke dalam ketel dan periksa masing-masing fungsi alat.
- g. Pastikan fungsi dari peralatan pembuang (blowdown)
- h. Menangani ekonomiser. Ketika ketel uap dinyalakan, air yang berada di dalam pipa-pipa ekonomiser disirkulasikan ke tangki air pengisi atau buka saluran bypass untuk ekonomiser.

Ketika gas-gas buang dialirkan ke ekonomiser, prosedurnya adalah :

- a. Air pengisi di masukan ke dalam ketel, berarti mengalirkan air pengisi yang berada di dalam pipa-pipa ekonomiser.
- b. Buka outlet alat pengatur (damper) ekonomiser dan kemudian buka inlet dampernya.

- c. Tutup inlet damper dari bypass damper dan kemudian tutup outlet damper.

### 2.5.3. Penanganan ketika tekanan ketel naik

1. Pastikan fungsi katup pengaman

Uji blowout katup pengaman, agar tekanan dapat mencapai lebih dari 75%.

2. Metoda pembukaan katup uap yang berhubungan dengan kenaikan tekanan uap.

Jika katup utama stop uap membuka, operator harus mencegah agar tidak terjadi water hammer dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a) Semua katup pembuangan dibuka seperti pada pipa penyalur uap utama, header dan keluarkan semua isinya sebelum uap dihasilkan lagi dari ketel.
- b) Buka sedikit katup stop utama, kemudian suplaikan uap, kemudian warm up di dalam pipa. Prosedur warm up, dialirkan uap dari katup bypass pipa pembuangan. Jika pipa uap utama dihubungkan ke ketel lain, kadang-kadang terjadi sebaliknya yaitu dari header ke ketel.
- c) Setelah terjadi warm up di dalam pipa uap, katup stop uap utama secara bertahap dibuka.

3. Pemeriksaan setelah uap keluar

- a) Katup pembuangan, katup bypass dan katup-katup lainnya secara berbarengan dibuka dan ditutup.
- b) Setelah katup utama dibuka, tekanan ketel akan turun, di dalam hal ini pemakaian bahan bakar harus di setel.
- c) Periksa level air

- d) Periksa semua yang berhubungan dengan sistem kontrol otomatis seperti interlock.

## **2.6. HAL-HAL PENTING YANG HARUS DILAKUKAN SELAMA PENGO-PERASIAN KETEL BERJALAN NORMAL.**

1. Ketinggian air ketel harus dijaga agar tetap normal dan konstan.
2. Tekanan uap ketel harus dikontrol agar tetap berada pada tekanan kerja secara konstan.
3. Pembakaran harus dijaga pada kondisi yang baik.

### **2.6.1. Menjaga agar ketinggian air tetap normal**

Operator tidak boleh membiarkan level air berada dibawah batas terendah (safety water level).

#### **1. Melihat ketinggian air**

Selama ketel uap beroperasi, ketinggian air ketel biasanya bergerak naik turun secara kontinyu. Bandingkan dua gelas pedoman air, jika terjadi perbedaan gelas pedoman air, harus ditentukan mana yang salah dan mana yang benar.

#### **2. Ketinggian air berada dibawah kondisi safety (safety low water level)**

- Untuk ketel uap Cornish dan ketel Lancashire (diukur dari puncak lorong api) 100 mm
- Untuk ketel dengan lorong api dan pipa api
  - Jika lorong api lebih tinggi dari pipa api 100 mm
  - Jika pipa api lebih tinggi dari lorong api 75 mm
- Untuk ketel pipa air tergantung dari konstruksinya.

#### **3. Mengawasi kapasitas air pengisi**

#### **4. Pembuangan air ketel**

Pembuangan air ketel dengan selang waktu (intermittent blowdown) didasar ketel normalnya dilakukan sebelum ketel dioperasikan setelah ketel berhenti. Bahan pembakaran juga harus dalam keadaan rendah (low).

- Header dinding air tidak harus di buang (blowdown) sampai ketel dioperasikan.

Tetapi jika air di dalam header ingin di buang, ketel harus dihentikan.

#### **2.6.2. Mengontrol tekanan uap**

1. Periksa indikator pedoman tekanan
2. Periksa fungsi katup pengaman

#### **2.6.3. Menjaga dan mengontrol pembakaran**

1. Campuran jumlah bahan bakar dengan udara harus sesuai
2. Temperatur di dalam dapur harus tetap tinggi jika memungkinkan

#### **2.7. Penyetelan pembakaran**

##### **2.7.1. Hal-hal yang harus diperhatikan pada penyetelan pembakaran**

1. Jangan melakukan pembakaran yang berlebihan. Hati-hati terhadap serangan api terhadap batu tahan api secara langsung, harus selalu diperiksa arah api di dalam dapur.
2. Jangan merubah beban pembakaran di dalam dapur dan jika beban pembakaran naik, pertama kali yang naik adalah udara pembakaran dan ketika beban pembakaran turun, yang pertama kali turun adalah jumlah bahan bakar.
3. Operator harus selalu menjaga temperatur didalam furnace sesuai dengan yang telah ditetapkan.

4. Pada pembakaran dengan rangka bakar harus rangka bakar harus rata dan tidak membuat kerak besi (clinker).
5. Pada pembakaran yang menggunakan tekanan paksa (forced draft combustion), harus dicegah kerusakan isolasi dan salutnya (casing), dan kebocoran gas pembakaran.
6. Operator harus mengoperasikan ketel sesuai dengan temperatur pembakaran, O<sub>2</sub> atau CO<sub>2</sub> dan draft yang telah ditetapkan.

#### **2.7.2. Penyetelan pembakaran untuk pembakaran dengan bahan bakar minyak dan pembakaran dengan bahan bakar gas.**

Pada pembakaran yang menggunakan minyak dan gas, kadang-kadang api mendadak padam sendiri, untuk itu harus dilakukan pengawasan. Jika pada waktu ketel beroperasi api pembakaran tiba-tiba padam dengan sendirinya, katup bahan bakar minyak harus segera ditutup, dan buka penuh alat pengatur (damper) pembuangan gas sisa yang berada di dalam dapur. Jika beban pembakaran turun, pembakaran menjadi tidak stabil dan berbahaya.

Perbandingan laju jumlah bahan bakar dengan laju jumlah maksimum pengoperasian disebut dengan " *Turn down ratio* ". Turn down ratio akan berbeda sesuai dengan jenis pembakar seperti pembakar tipe gun (gun type burner), pembakar tekanan tinggi (high pressure type burner), pembakar dengan bantuan uap (steam assist burner) dan pembakar berputar (rotary burner). Begitu juga halnya dengan pembakaran yang menggunakan bahan bakar gas akan berbeda sesuai dengan jenis-jenis pembakar.

### **2.7.3. Penyetelan pembakaran dengan bahan bakar batubara**

#### **1. Pengopakan batubara**

Pengopakan batubara secara bertahap naik seiring dengan bertambahnya waktu dan jumlahnya pada setiap tempat di atas rangka bakar sama.

#### **2. Ventilasi dikontrol oleh alat pengatur saluran gas buang.**

Pengontrolan tidak dilakukan pada pintu penampung abu.

Abu yang berada dibawah rangka bakar harus diambil keluar seluruhnya karena jika tetap berada disitu akan mengganggu jalan masuk udara.

#### **3. Kama gae (mengeluarkan abu)**

Kama gae merupakan cara penyelesaian (settlement) rangka bakar selama ketel beroperasi, dan api bercampur dengan udara yang mengalir dari bawah.

#### **Pengopak untuk pembakaran dengan bahan bakar batubara :**

##### **1. Pengopak dengan rangka bakar berjalan/rantai (travelling grate stoker/chain grate stoker).**

Atur kecepatan rangka bakar rantai agar bahan bakar batubara terbakar dekat bonnet. Jika terdapat split damper, jangan lupa untuk mengaturnya.

##### **2. Pengopak sembur (springking stoker)**

Ukuran butiran batubara harus sama, dan ketika diopakan harus membuat ketebalan lapisan yang sama. Derajat keseragaman penyemburan diatur sesuai dengan situasi pembakaran.

##### **3. Pengopak dengan pemasukan dari bawah (underfeed stoker)**

Ukuran butiran batubara dapat diatur jika memungkinkan, cocok untuk pemakaian batubara dengan ukuran butiran 20 - 25 mm (ukuran butiran no. IV dan V). Karena batubara kadang-kadang mempunyai banyak kotoran dan lumpur sehingga kadang-kadang ulir transfort tidak dapat membawanya.

## **2.8. MENGATUR KETEL UAP SECARA OTOMATIS**

Setelah ketel uap pengoperasiannya berubah secara otomatis, ketel harus berada pada posisi operasi normal, untuk itu harus dipastikan terlebih dahulu, dan diperiksa sebagai berikut :

1. Penyetel switch limit temperatur air panas dan penyetel temperatur air panas
  - a) Pastikan ketel uap berhenti pada posisi setting
  - b) Periksa apakah ada getaran abnormal (abnormal vibration) terhadap penyetel (adjuster) atau pipanya (lead pipe).
2. Switch tekanan uap dan pengontrol tekanan uap
  - a) Jika air raksa (mercury) yang digunakan, harus diperiksa apakah alatnya berfungsi atau tidak dengan cara membuat getaran dengan tangan.
  - b) Pastikan fungsi stopping dari tekanan uap mencapai posisi setting.
3. Katup shut down bahan bakar dan katup penyetel bahan bakar
  - a) Periksa apakah ada getaran abnormal, over heating, bau abnormal

### **2.8.2. Katup pengatur bahan bakar, udara pembakaran dan motor kontrol**

- Pastikan tidak ada kebocoran pada pipa penghubung

- Periksa apakah motor kontrol mengalami gangguan atau tidak
- Periksa apakah derajat pembukaan katup bahan bakar normal atau tidak

### 2.8.3. Pengontrol keamanan utama (main safety controller)

- Periksa apakah pada alat ini ada bau yang tidak enak dan periksa juga auxiliary relay timer dan electric magnet contactor.
- Pastikan apakah arus listrik untuk pendeteksi nyala api (flame detector) sudah benar.

## 2.9. MEMBERSIHKAN PERMUKAAN BAGIAN LUAR YANG PANAS SELAMA KETEL BEROPERASI

### 1. Jelaga/angus (soot)

Jelaga yang melekat diatas permukaan yang panas dapat menurunkan efisiensi ketel, untuk itu jelaga harus dibersihkan selama ketel beroperasi.

#### a) Dengan cara meniup jelaga

Tujuannya adalah untuk menghilangkan jelaga yang terdapat pada permukaan pipa-pipa air.

#### b) Dengan cara mengatur ventilasi

Untuk mengeluarkan semua jelaga ventilasi harus dinaikkan, dalam hal ini kuantitas pembakaran tidak akan turun walaupun api padam oleh udara.

#### c) Saluran pembuangan (drain out)

Saluran pembuangan harus sudah dibuka sebelum dilakukan peniupan jelaga.

#### d) Metoda peniupan jelaga

Jangan berhenti terlalu lama pada posisi yang sama.

e) Memeriksa ke efektifan peniupan jelaga

Temperatur gas buang atau kerugian draft harus diperiksa setelah peniupan jelaga selesai.

2. Pembersihan setelah peniupan jelaga

Ketel uap dengan lorong api dan pipa api dan ketel uap silinder mendatar dengan pipa api yang mempunyai jenis pembakaran diluar dibuka pintu bagian depannya, kemudian disepanjang bagian dalam pipanya dibersihkan dengan sikat kawat.

## 2.10. CARA MENGATASI GANGGUAN SELAMA KETEL UAP BEROPERASI

### 2.10.1. Level/ketinggian air ketel tidak normal

Jika ketinggian air ketel tidak dapat dilihat pada gelas pedoman air ini disebabkan karena ketinggian air ketel terlalu tinggi atau terlalu rendah atau pada air ketel terjadi gelembung-gelembung atau busa. Jika terjadi hal-hal seperti tersebut di atas, alat pengukur gelas pedoman air harus diperiksa secepat mungkin.

1. Sebab-sebab terjadinya ketinggian air ketel tidak normal

Faktor-faktor yang menyebabkan level air ketel menjadi rendah tidak normal (abnormal low) adalah :

- a. Tinggi air ketel tidak dicek/dijaga oleh operator (gelas pedoman air tidak di bersihkan dari kotoran, kelalaian/tidak jeli dalam melihat ketinggian air. tidak memastikan fungsinya dengan peralatan kontrol otomatis, jelek perawatan)
- b. Gelas pedoman air tidak berfungsi ( terhadang/sumbat oleh kotoran, kurang tertutup atau terbuka dari cock).

- c. Kebocoran air ketel (Katup buang tidak tertutup rapat, kerusakan dari pipa air atau pipa api)
  - d. Konsumsi/suplay uap terlalu banyak.
  - e. Peralatan pengisi air ketel dan peralatan penutup dari batas terendah tidak bekerja.
  - f. Peralatan pengisi air ketel terjadi masalah, kerusakan dari katub pengisi, cock katup rusak/masalah, pipa penghubung tersumbat, kelebihan temperatur dari air pengisi ketel, stort tank air tidak cukup.
2. Tindakan yang di lakukan jika air terlalu rendah.

Tindakan-tindakan harus di lakukan yaitu :

- a. Suplay bahan bakar minyak dihentikan, pembakaran di hentikan
- b. Temperatur dapur di kurangi.
- c. Tunggu temperatur berkurang sampai sama dengan temperatur atmosfer.
- d. Jangan memasukan air dengan mendadak.

#### **2.10.2. Tindakan ketika berhenti mendadak/tiba-tiba ( emergency stop ) ketel uap**

Jika terjadi abnormal pada ketel uap, hentikan ketel uap sesuai dengan metoda yang benar yaitu :

1. Stop suplay bahan bakar ke burner
2. Stop udara pembakaran
3. Tutup katup uap utama
4. Jika di butuhkan masukan/ suplay air kedalam ketel uap dan sesuai dengan level air

5. Buka damper dan ventilasi.

a. Bahan bakar ketel uap.

Stop pengoperasian pembakaran, buka damper, ventilasi (chamber) ruang pembakaran, tutup katub minyak dan katup minyak panas.

b. Pelemparan (stoker) bahan bakar ke pembakaran ketel uap

Stop pelemparan bahan bakar pembakaran, stop damper ventalisasi, buka pintu api dan pintu abu, kontrol api pada abu dan pasir.

c. Penanganan pembakaran batubara

Tutup damper gas buang dan stop ventilasi, kurangi pengapian dengan meletakkan abu di atas fire grate, jangan di keluarkan abu tersebut atau di campur (aduk). Ketel kelebihan beban (kosumsi uap), tiba-tiba berhenti atau sumber elektrik turun, yang perlu di lakukan ;

- Konsumsi uap dihentikan, kurangi energi api dan pembebasan /mengeluarkan uap dengan di ukur tekanan yang di bebaskan
- Getaran cukup tinggi, kurangi energi api dan pembebasan /mengeluarkan uap dengan di ukur tekanan yang di bebaskan

**2.10.3. Emergency stop kontrol otomatis**

Jika terjadi emergency stop dalam pengoperasian, periksa dan cari sebab masalah tersebut seperti :

1. Flame detactor
2. Fungsi interlock
3. Peralatan pengapian
4. Kabel listrik (wire electric)

Sebab-sebab lain terjadinya stop kadang-kadang di sebabkan oleh peralatan pembakaran pengecekan dalam waktu yang singkat dan perawatan yang kurang bagus.

## **2.11. CARRY OVER (MUATAN YANG TERBAWA)**

Besar muatan yang terbawa atau gelembung air di dalam ketel atau banyak air yang terbawa oleh uap di sebut dengan "Carry Over".

Carry over ada 3 macam :

1. Priming
2. Foaming
3. Silika yang berlebihan (Selection carry over silika )

### **2.11.1. Priming**

Penambahan konsumsi uap yang berlebihan atau permukaan air di dalam drum terlalu tinggi atau terlalu rendah yang menyebabkan air terbawa di dalam uap.

### **2.11.2. Foaming**

Gelembung-gelembung di permukaan air dan terjadi di semua permukaan air dalam ketel, dapat juga air terbawa kedalam uap.

### **2.11.3. Silika berlebihan**

Silika salah satu zat yang terkandung dalam air ketel, kadang-kadang terbawa kedalam uap.

Kerugian jika Carry Over :

1. Tidak menghasilkan uap kering
2. Pengukuran tinggi rendah air sangat sukar

3. Katub pengaman cepat kotor, lobang penghubung dari pedoman tekanan atau lobang ventilasi dari peralatan pengukur ketinggian air fungsi tidak berkerja maksimal/terganggu
4. Uap yang di suplay ke superheter akan terjadi overheating pada pipa superheater atau temperatur uap akan berkurang.
5. Transmitter kontrol outomatic akan rusak atau timah hitam pada pipa akan naik.
6. Kurang air di dalam pipa sewaktu air di keluarkan dari ketel itu dapat menyebabkan pukul balik dari air.
7. Terjadi priming atau foaming, kadang-kadang air turun secara tiba-tiba dan terjadi dalam waktu singkat.
8. Uap berbau, tidak dapat di pergunakan langsung.

#### **2.11.4. Sebab-sebab terjadi carry over**

1. Konsumsi uap terlalu besar
2. Air terlalu tinggi
3. Katub uap menutup dan membuka terlalu cepat.
4. Suspensasi terlalu kaut, minyak bercampur dengan air, kotoran terlalu banyak di dalam air.
5. Konsentrasi air ketel tinggi
6. Alkalinitas tinggi bercampur dengan solid
7. Nilai silika tinggi di dalam air ketel.

#### **2.11.5. Tindakan yang di lakukan jika carry over**

Jika carry over terjadi lakukan tindakan sebagai berikut :

1. Pengurangan jumlah bahan bakar ke dalam burner
2. Tutup katup uap utama dan biarkan jumlah air seimbang (standar)

3. Di buang sedikit air di dalam ketel dan penambahan air yang baru
4. Test fungsi dari katub pengaman (safety valve) dan peralatan pengukur level air (gelas pedoman ) begitu juga dengan peralatan pembuangan, pipa penghubung dari kebocoran
5. Ambil sampling air ketel dan periksa (sesuaikan dengan analisa table).

Jika carry over tidak dapat di hentikan, buang air dan isi air sedikit demi sedikit dalam waktu berulang-ulang, jika tidak dapat di lakukan juga untuk menghentikan carry over, buang semua air tukar dengan air baru.

#### **2.12. TAMBAHAN PEMBAKARAN ( SECONDARY COMBUSTION)**

Gas pembakaran yang tidak terbakar, dibuang dari dapur kemudian terjadi pembakaran lagi di dalam tempat pembuangan asap (gas duct) atau di tempatnya udara panas di sebut dengan "secondary combustion" atau tambahan pembakaran. Tambahan pembakaran terjadi di cerobong asap (smok duct) menyebabkan sirkulasi yang tidak beraturan pada ketel pipa air, dapat menyebabkan kerusakan fire brick, casing atau udara panas kelebihan.

#### **2.13. RESONANSI (GAUNG)**

Selama di operasikan menimbulkan suara "waun" di dalam dapur atau kotak api di sebut dengan Resonansi. Faktor yang menyebabkan gaung (resonansi) :

1. Banyak embun/uap lembab pada bahan bakar
2. Percampuran bahan bakar dengan oksigen jelek, kecepatan dari burner terlalu rendah .

3. Tertahan karean adanya aliran pusaran-pusaran gas di dalam cerobong asap (smoke duct), gaung juga kadang-kadang di hubungkan kecepatan ventilasi.

Cara untuk mencegah terjadi gaung resonansi :

1. Gunakan bahan bakar yang mengandung kelembaban rendah.
2. Atur / baca pengukur jumlah udara panas dan panas udara tersebut.
3. Atur kecepatan burner sesuai dengan bentuk dapur
4. Modifikasi dapur dan cerobong asap (smoke duct)
5. Peti pembakaran batubara, biarkan sisa abu tertinggal agar gas tertahan tidak masuk kedalam cerobong asap.

## 2.14. PROSEDUR MENGHENTIKAN KETEL UAP

### 2.14.1. Secara umum menghentikan ketel uap

1. Hubungan dengan uap yang di gunakan dan kurangi uap, biarkan uap sisa
2. Jika banyak menggunakan fire brick kurangi tekanan uap setelah kete' uap di hentikan jangan menghentikan ketel uap sebelum katub utama di tutup.
3. Jangan segera mengurangi takanan uap secara tiba-tiba dan temperatur dari fire brick.
4. Air pada posisi normal dan tutup katub pengisi air pengisi, stop katup utama uap, juga katub aliran ke pipa heater
5. Tutup, pastikan setiap katup itu tertutup dengan rapat/benar, dan pipa penghubung dengan ketel uap.

#### **2.14.2. Menghentikan Ketel Uap (stop boiler)**

1. Stop suplay bahan bakar
2. Stop suplay udara pembakaran
3. Air pengisi ketel, turunkan tekanan uap, tutup katub pengisi air ketel, stop pompa air
4. Stop katub uap utama, dan buka katub aliran
5. Tutup damper

#### **2.14.3. Bahan bakar pembakaran**

1. Manual operasi
  - a. Stop minyak panas, sebelum ketel uap di stop
  - b. Level air naik dan stop burner
  - c. Keluarkan udara di dalam dapur, cerobong asap dan tutup damper
  - d. Keluarkan burner dari dapur dan bersihkan, periksa mungkin ada kebocoran bahan bakar.
  - e. Check mungkin kebocoran atau tidak setiap pipa yang menghubungkan bahan bakar minyak.
  - f. Check jumlah minyak pada tangki bahan bakar dan service tank, rencana pengisian, dan penambahan dalam tank minyak.
2. Penghentian kontrol otomatis.
  - a. Tekan panel stop ketel uap dari setiap konfirmasi dengan setiap indicator lampu ke lampu stop.
  - b. Jika menggunakan sistem post purge pastikan fan telah berhenti.
  - c. Jika menggunakan solenoid tutup katubnya,

3. Bahan bakar gas sama dengan burner dengan bahan bakar minyak

Menghentikan ketel uap dengan bahan bakar batu bara

a. Penumpukan api (banked api)

Penumpukan api adalah bertumpuknya atau tertimbunnya batu bara basah dan abu basah dari batu bara pembakaran waktu ketel uap sementara di hentikan (stop). Di dalam dapur temperatur masih sangat tinggi, karena di dalam dapur masih terjadi pembakaran sedikit, jadi tunggu sampai temperatur berkurang, damper di buka sedikit untuk mencegah berkumpunya CO.

b. Pelemparan batu bara terus menerus ke peti api

1. Tutup pintu gate gerobak/penampung batu bara.
2. Ratakan batu bara setelah di stop dengan 300mm dari rangka sampai kebelakang.
3. Biarkan pintu terbuka dan buka lebar-lebar untuk mencegah terjadinya pembakaran dari sisa gas berkumpul di dalam dapur.
4. Bara api biarkan berkumpul pada sisi luar dapur, di atasnya letakkan batubara basah dan abu basah, kemudian tutup pintunya.

c. Pengopakan dengan memasukan batubara dari bawah peti.

1. Kalau penyuplaian batubara sampai kelebihan hentikan penyuplaian.
2. Keluarkan abu dan climker agar tidak terjadi percampuran.

3. Kalau masih berapi lakukan seperti yang di atas.

d. Penanganan api batubara pada ketel uap.

1. Di dekat pintu api bila terjadi perkumpulan api , keluarkan abu dan clinker dari tempat berkumpul api, tambah batubara basah dan abu basah di atas bara api, padatkan dengan scoop, kemudian tutup pintu abu dan pintu api.

2. Jika api berkumpul pada jembatan api (fire bridge) lakukan seperti yang diatas, bila jembatan api terlalu jauh dengan pintu api terlalu sukar untuk melakukannya, kadang batubara tumpah sendiri ketempat abu.

#### 2.15. PEMERIKSAAN KETEL UAP SETELAH DIOPERASIKAN

Setelah mengoperasikna ketel uap lakukan pengecekan sebagai berikut:

1. Kerusakan /kerak switch (kotoran yang melekat )
2. Kemungkinan kerusakan karena kenaikan uap dan temperatur sisa di dalam dapur.
3. Periksa kebocoran dari katub pengisi air ketel, katub buang dan katub cock.
4. Catat berapa banyak uap yang tersisa di dalam drum.
5. Catat posisi ketinggian air pada gelas pedoman
6. Check kebocoran katub uap.
7. Bagian penghancur batubara (pulverised coal), check pipa ventilasi, ruang pulverised atau serbuk batubara, sisa CO
8. Keluarkan abu sebagian , tersisa ratakan , atur jangan mudah terbakar.
9. Periksa kemungkinan kebocoran pipa minyak, ujung katub burner, pompa minyak.

Jangan lupa mencatat semua kegiatan ketel selama dalam pengoperasian

## 2.16. PENGOPERASIAN PERLENGKAPAN KETEL UAP

### 2.16.1. Pengukur tekanan dan pengukur ketinggian air

Perbandingan penunjuk untuk pedoman tekanan ketel uap di letakan di antara 1.5 - 3.0 waktu tekanan rancangan. Umumnya tekanan kerja penunjuk di ukur di antara tekanan tertinggi dari alat pengukur. Lebih baik pengukuran di ukur dengan tekanan pelan-pelan sehingga di ketahui tekanan kerja . Tekanan rancangan adalah merah, tekanan kerja adalah biru.

#### 1. Perhatikan selama pengoperasian ketel uap :

Pengukur tekanan selama pengoperasian perlu diperhatikan :

##### a. Temperature di bawah $80^{\circ}\text{c}$ .

Pipa syphon yang di gunakan dalam kondisi baik, untuk membatasi uap langsung dari ketel uap.

##### b. Penanganan Cock langsung sama dengan penanganan pengukuran spindle.

c. Pedoman tekanan uap di pasang agak jauh dari ketel uap, jika katup di butuhkan pasang langsung pada pipa utama, untuk kemanan katub tersebut di buat sistem lock mencegah di buka tutup, menghindari kerusakan dari alat pengukur tekanan.

d. Ketika pedoman tekanan di lepaskan dari ketel uap, bersihkan bagian dalam pipa, cock dan pipa syphon.

e. Temperature  $0^{\circ}\text{c}$  untuk memasukan pedoman tekanan dan jangan sampai air di dalam pipa membeku (daerah dingin)

f. Gunakan pedoman tekanan yang telah di kalibrasi, atau setiap kali di lepas untuk di bersihkan.

## 2. Test pedoman tekanan

Ada dua metoda untuk menguji pedoman tekanan, pertama dengan metoda tes mechine dan kedua dengan pengukur langsung dengan menbandingkan, menggunakan dua pedoman tekanan.

Waktu yang cocok untuk pengujian seperti :

- a. Lakukan test setahun sekali
- b. Sewaktu ketel uap di hentikan cukup lama
- c. Waktu pengujian katub pengaman, jika terjadi perbedaan .
- d. Pedoman tekanan jarum penunjuk berubah/bergerak terlalu cepat.
- e. Terjadi aliran yang masuk karena pengaruh foaming dan priming.

### 2.16.2. Gelas pedoman air.

Gelas pedoman air sangat penting untuk mengukur/mengetahui jumlah air di dalam ketel uap. Gelas pedoman air di pasang dengan benar dari fungsi dapat bekerja dengan baik. Normal gelas pedoman air di pasang dua pada ketel uap untuk dapat mengetahui perbedaannya. Jangan berfikir satu gelas pedoman air itu sudah menghemat, dengan adanya dua gelas pedoman air di gunakan sehingga dapat diketahui dengan mudah perbedaan tekanan, dan kerusakan dengan mudah dapat di ketahuinya.

#### 1. Perhatian dalam pengoperasian.

Ketika ketel uap di operasikan, yang harus di perhatikan pada gelas pedoman air sebagai berikut :

- a. Gelas pedoman yang digunakan masih cukup bagus, masih jelas dapat di baca/dilihat, bila ada kotoran dapat di

bersihkan dan bila tidak dapat di bersihkan lagi di ganti dengan yang baru.

- b. Fungsi dari gelas pedoman harus di test setiap hari. Pengujian jangan di lakukan sebelum menghasilkan uap bukan dari uap sisa dalam drum. Pengujian di lakukan setelah uap di dalam drum tidak ada lagi, dan di lakukan pada saat tekanan mulai naik (awal star).
  - c. Katub cock untuk gelas pedoman air mudah rusak/bocor, jadi hanya dapat di pertahankan 6 bulan dan kemudian di perbaiki lagi.
  - d. Demikian juga gelas pedoman air dipasang sejajar dengan Colum (elektrode type), yang di hubungkan dengan katub, untuk mengetahui apakah katub tersebut di buka atau tertutup dalam pengoperasian, bila katub di buka gagangnya di lepas (handle) dan jika katub di tutup gagang di pasang.
  - e. Pipa penghubung untuk mudah mengetahui air di dalam drum, jangan meinstall pipa miring dapat menghasilkan pengukuran tidak tepat, dan bila kondisinya harus membentuk sudut di gunakan Cross socket untuk memudah pembersihan dan pemeriksaan. Untuk ketel horizontal tipe pipa api , pipa penghubung bersatu dengan cerobong asap maka di gunakan penyekat atau isolasi atau menggunakan bahan asbes. Keadaan harus di periksa setiap waktu/hari.
  - f. Jika menggunakan tipe perbedaan gelas pedoman air, jangan ada kebocoran pada pipa penghubung atau kondisi pipa yang kurang baik. Jika itu terjadi maka akan ada perbedaan yang berbeda untuk pengukuran level air di dalam drum.
2. Sebab-sebab gelas pedoman air rusak/pecah.

- a. Tekanan yang tidak merata pada gelas pedoman karena penempatan/kedudukan antara bagian atas dan bagian bawah dari gelas pedoman tidak lurus atau miring.
- b. Paking gelas pedoman tidak rapat/tidak kuat.
- c. Gelas rusak atau rangkanya rusak karena adanya korosi dan pengaruh alkalinity.
- d. Beban kejutan pada gelas pengukur, karena tiba-tiba panas naik dan dingin.

Jika gelas rusak atau pecah, cari penyebabnya sebelum gelas tersebut di ganti..

3. Cara mengganti gelas pedoman.

- a. Buka gelas dan paking, bersihkan bagian bawah dan bagian atas.
- b. Sediakan gelas yang kondisi bagus dan both edge, asbes atau rubber paking.
- c. Pasang tabung gelas bagian atas dulu dan kemudian bagian bawah
- d. Kencang ikatan dengan tangan, jangan menggunakan kunci karena dapat merusak.
- e. Buka katup cock uap sedikit demi sedikit dan biarkan uap masuk kedalam gelas, tambahkan/kencangkan ikatannya, nuts, bolt dan lain-lain.
- f. Tutup katup aliran atas uap, buka sedikit katup cock bawah (katub cock air) biarkan air naik berangsur-angsur (kemudian buka katub cock uap) dengan katub cock air di buka.
- g. Lakukan test pengujian fungsinya.

4. Waktu yang tepat untuk test gelas pedoman air
  - a. Sebelum ketel uap dioperasikan
  - b. Setelah ketel uap di start, tekanan naik sedikit demi sedikit.
  - c. Ketika gelas pedoman air terlihat ada perbedaan
  - d. Ketika air kelihatan lamban
  - e. Ketika pipa gelas di ganti atau bagian lain pengukur di ganti
  - f. Ketika air ketel terjadi friming dan foaming
  - g. Ketika penggantian shif operator ketel uap
5. Cara pengujian fungsi
  - a. Tutup katup cock atas dan bawah, buka katup cock aliran buang.
  - b. Buka katup cock bawah pembuang (dwon side), check kondisi aliran air pembuang dan tutup katup air.
  - c. Buka katup uap (upper side) buang uap, check kondisi pembuangan uap.
  - d. Tutup katup aliran pembuang (drain cock valve) buka berangsur-angsur. Jika gelas pedoman air naik pelan-pelan itu di sebabkan ada kotoran atau ada kebocoran di dalam pipa atau dalam gelas, cari penyebabnya.

#### **2.17. KATUP PENGAMAN , KATUP RELIEF, PIPA RELIEF.**

##### **1. Perawatan katup pengaman**

Penanganan katup pengaman dapat di lakukan seperti :

- a. Lakukan test pada boiler dan peralatan lain dari ketel secara benar.
- b. Ketika katub pengaman blow out, catat tekanan blow out dari pedoman tekanan.
- c. Ketika kebocoran katup pengaman, tidak kuat spring atau tidak berkerja dari pemberat dari sefety valve. Jika ingin menguji katup pengaman dapat dilakukan dengan mengungkit 30 Cm. Jika

kebocoran tidak berhenti juga dapat di bongkar, di perbaiki, di bersihkan atau atur ulang.

- d. Tekanan uap sampai pada tekanan pembuang, katup pengaman tidak membuang uap, tekan/pukul test dengan pengumpit dan atur pemukul tekanan dengan tangan.
  - e. Jika sukar di operasikan juga, pembongkar katup untuk mengetahui sebab-sebabnya dan check sesuai dengan sertifikat.
2. Sebab-sebab kebocoran (trouble) katup pengaman.

Kebocoran katup uap disebabkan :

- a. Pemasangan katub/dudukannya kurang tepat.
  - b. Terlalu kecil antara duduk katup dengan leg , sehingga tidak berkerja dengan baik.
  - c. Posisi shaf katup dengan duduk tidak sentris.
3. Pengaturan dan pengujian katup pengaman (safety valve)

Katub pengaman harus dapat bekerja di bawah tekanan rancangan !:etel uap. Cara menguji katub pengaman seperti :

- a. Katub pengaman tipe spring

Kencangkan ikatan spring sedikit sebelum katup pengaman tersebut di uji, tunggu jangkauan tekanan posisi set, setelah buang terbaca dari pedoman tekanan dan atur tekanan dengan pedoman tekanan.

- b. Katub pengaman pengungkit (lever safety valve)

Lengan pengungkit berdiri sendiri, dengan di kendalikan pemberat posisi tersebut yang uji dalam pengoperasian. Lengan pengungkit agak panjang dengan pemberat di pasang lebih dekat posisinya, posisi akan berpindah jika ada pukulan uap ditandai dengan berpindahnya pemberat, pemberat herada di tengah-tengah lengan pengungkit.

- c. Lebih dari 2 katup pengaman pengujian dalam pengoperasian  
Setiap katup pengaman di pasang 2 unit, untuk pengujian katup pembuang atau tekanan rencana dari katup kedua di atur dibawah tekanan rencana.  
Jika salah satu katup diatur tekanan rencana, katup pembuang uap boleh lebih dari 3 % tekanan rencana.
  - d. Pengaturan katup pengaman pada superheater.  
Katup pengaman dari superheater harus diatur di bawah posisi set dari katub pengaman uap. Jika pengaman utama ketel uap membuang uap, aliran uap ke superheater berkurang kadang-kadang dapat terjadi kelebihan panas (over heat). Jika katup pengaman superheater harus di pasang pada pipa pembuang dari superheater.
  - e. Katub relief pada economizer.  
Posisi set dari economizer harus di atur di atas katub pengaman ketel uap.
  - f. Tekanan max ketel uap berbeda.  
Set tekanan terendah dari tekanan max ketel uap , jika ingin mengeset tekanan max dari ketel uap harus di pasang katup check pada pipa penghubung atau pipa tersendiri dari ketel uap.
  - g. Manual pengujian katub pengaman.  
Harus dilakukan lebih dari 75 % tekanan max dari ketel uap, jika dilakukan tekanan terendah, katub pengaman tersangkut pada duduk katup.
4. Pipa pembuang katup pengaman.
- a. Pipa harus panjang untuk membuang uap harus panjang lebih dari 2 m untuk menghindari/mencegah kecelakaan.

- b. Ujung dari pipa pembuang posisi harus di pasang pada tempat mudah terlihat selama pengoperasian. Untuk mengetahui jika katub pengaman terjadi kebocoran pada duduk katup.
  - c. Pipa pembuang harus dapat menahan tegangan kejutan dari uap.
  - d. Kotak katub dan tombol keselamatan pipa di buat satu lobang untuk saluran pembuang.
5. Pipa pembebasan
- a. Pipa pembebas untuk ketel air panas di hindarkan dari pembekuan.
  - b. Luapan air dari puncak pipa pembebasan harus dapat diperiksa setiap waktu.
  - c. Jaga pipa pembebas dari penempatan terjadi karatan dan bahan asing agar pipa selalu dalam keadaan bersih.

## **2.18. PERALATAN PEMBUANGAN (BLOW DOWN)**

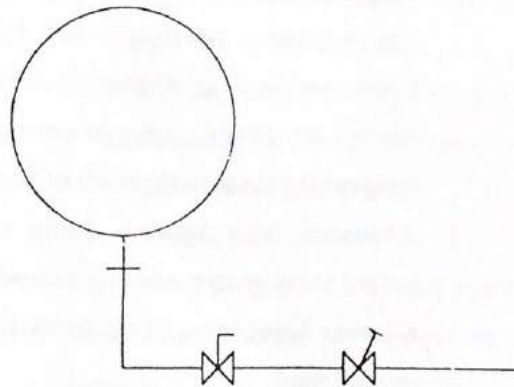
### **2.18.1. Penanganan peralatan pembuangan**

- a. Bila katup buang atau cock terbuka, permukaan air tidak dapat di lihat dari katup atau cock, dalam hal seseorang harus melihat katup pembuang terbuka atau tutup.
- b. Jangan kerjakan pekerjaan lain saat ketel lagi pembuangan. Bila pekerjaan lain di lakukan, biarkan pembuangan selesai pembuangan.
- c. Jika ketel uap mempunyai lebih dari 2 unit, konfirmasi bahwa pipa benar-benar untuk pembuangan.
- d. Periksa kebocoran pada katup buang setelah katup tertutup.
- e. Jangan pasang pipa buang uap dan pedukung untuk mencegah terjadinya tegangan lebih dari uap. Pipa pembuang jangan di pasang di dalam tanah dan semen, bila di pasang di bawah tanah, pipa harus di letakkan dalam pipa berukuran besar.

- f. Jika pipa pembuang bengkok, pipa akan bermuai sehingga perlu di buat pendukung (suport) pada tiap-tiap posisi bengkokan.
- g. Jika di pasang pipa pembuang di dalam ruang pembuang asap ( smoke duct ) untuk mencegahnya panas memanasi pipa tersebut harus di pasang isolasi seperti asbes atau fire brick. Periksa pipa tersebut setiap waktu.

#### 2.18.2. Metoda penanganan air pembuang (blow down)

Bila katup buang di pasang dua unit secara seri, maka katub bukaan cepat( cock valve) dan katup bukaan lambat dipasang pada ketel uap tersebut.



No.1. Blow down valve      No.2. Blow down valve

Gambar 2.1. Katup pembuangan

Metoda pembuangan adalah sebagai berikut :

- a. Katub pembuang no.1 terbuka penuh, dalam hal ini buka pelan-pelan hingga tekanan kedua sisi sama, setelah tekanan sama buka dengan cepat.

- b. Langkah berikutnya katup no.1 pelan-pelan, pada setengah bukaan tinggi permukaan air 75 mm dari bawah dan bila menginginkan lebih banyak air keluar maka buka katup sepenuhnya.
- c. Prosedur menutup katup pembuang, tutup katup no. 2 (katup buka lambat) terlebih dahulu, kemudian katup no.1 (katup terbuka cepat) ditutup.

## **2.19. PERALATAN PENGISI AIR (FEED WATER)**

### **2.19.1. Penanganan pemeliharaan secara umum .**

Peralatan pengisi air harus di jaga seperti :

1. Tangki pengisi air harus bersih, jarak waktu tertentu di ganti, jaga kandungan air pengisi dari lumpur, pasir, endapan. Konfirmasikan tinggi air pengisi ada cukup.
2. Hindari air pengisi yang temperatur tinggi yang banyak mengandung kondensat kembali ke tangki air pengisi.
3. Sebagian besar kesulitan katup air pengisi atau katup periksa untuk pengisi adalah tertempelnya lumpur atau kerak air pada duduk katup (seat), duduk katup (seat) harus bersih secara periodik.
4. Bagian-bagian penyuplay seperti pompa pengisi air harus di pasang sebuah pedoman tekanan dan kita dapat segera mengetahui kesulitan yang terjadi.

### **2.19.2. Penanganan pipa air pengisi**

Penambahan air pengisi pada dalam drum secara langsung akan menyebabkan terjadinya beberapa tegangan (stress) pada ketel uap. Letak pipa dipasang dibawah pengaman level air .

### 2.19.3. Prosedur pengoperasian pompa turbin

#### 1. Pemeriksaan dan persiapan untuk pompa turbin

- a. Udara masuk dari grand packing, pompa pengisi air tidak hanya turun tetapi juga oksigen yang masuk kedalam ketel menyebabkan korosi. Air yang menetes dari grand packing satu test tiap detik dan komfirmasikan masih terjadi pencampuran.
- b. Sebelum pompa air pengisi di operasikan, udara yang dilepaskan harus cukup.
- c. Lakukan pengujian pompa air pengisi untuk memastikan tidak ada lubang aneh, getaran, suara tidak normal dan perlahan-lahan putar.
- d. Pastikan suplai minyak ke shaft, tidak ada kebocoran minyak dan panas berlebihan.
- e. Periksa tekanan pengiriman (delivery) dari pompa pengisi air dan aliran air yang sesuai serta gerakan (current) motor berada di bawah jumlah laju.

#### 2. Pengoperasian pompa turbin.

Tutup katup pengiriman dan buka penuh katup pengisian. Setelah pengoperasian, pastikan putaran tekanan pengeluaran dan juga gerakan motor. Bila pompa berjalan lama dan katup pengeluaran tertutup, maka temperatur air dalam pompa meningkat dan kemudian terjadi panas berlebihan. Pada sisi lain bila pompa beroperasi tanpa air akan menyebabkan macet oleh panas.

#### 3. Menghentikan pompa.

Katup pengeluaran menutup dan perlahan sampai penuh kemudian hentikan motor.

#### 2.19.4. Pompa Worthington.

##### 1. Pemeriksaan

Periksa apakah kebocoran berasal dari silender yang ditanam pada tanah (ground packing) atau fungsi pegas dan katub.

##### 2. Persiapan pengoperasian

Pancing silender dan tutup katup lubang udara. Katup masuk harus terbuka sebelum pompa dioperasikan.

##### 3. Pengoperasian (starting)

Setela katup cock saluran silender uap panas terbuka, buka katup masuk (inlet) uap panas sedikit dan panaskan silender (warming up) . Buka katup inlet uap panas perelahan-lahan hingga terbuka penuh dan setelah air terbuang dengan cukup kemudian tutup katup cock saluran (drain cock valve)

##### 4. Penghentian (stopping)

Hentikan katup inlet uap panas, tutup katup inlet dan outlet seperti saat yang di inginkan/diminta.

#### 2.19.5. Pencegahan kerusakan pompa air pengisi.

##### 1. Pompa turbin

Hal berikut merupakan langkah yang harus di ambil untuk mencegah kesulitan pompa air pengisi :

##### a. Periksa apakah terjadi beberapa getaran, suara tidak normal.

Periksa apakah pemakaian karet untuk kopling pompa, baut pondasi longgar.

##### b. Periksa apakah lubang (shaf) bocor atau kelebihan panas, lakukan penambahan secara berkala pada lubang.

##### c. Periksa apakah udara yang masuk berasal dari pipa bagian pengisapan yang berkarat, posisi penghubung atau katup.

d. Tunjukkan pengukur aliran untuk pembetulan posisi laju aliran pompa air pengisi .

### 3. Pompa Washington

Hal-hal berikut ini harus diambil untuk mencegah kerusakan pompa air pengisi.

- a. Periksa posisi yang benar dari katup slide.
- b. Perhatikan temperatur air pengisi karena suhu menjadi terlalu tinggi, kecepatan tinggi dari gerak piston menjadi tidak normal dan kemudian kapasitas pengisi.
- c. Grand packing dari silender harus tepat untuk mencegah kerusakan.

### 4. Pompa plunger.

Hal berikut ini harus dilakukan untuk mencegah kerusakan pompa plunger :

1. Sekrup dan mur pada pompa harus dikencangkan secara berkala, karena bila mur longgar akan terjadi kerusakan.
2. Posisi penghubung atau pendukung yang longgar akan terjadi kebocoran. Bila beberapa trouble katup atau grand packing harus segera dilaksanakan perbaikan

### 5. Injector

#### 1. Pengoperasian

Bila injector dioperasikan, katup-katup yang harus dibuka adalah :

- Katup air pengisapan.
- Katup stop pipa uap (uap panas)
- Katup uap panas/steam dari injector.

#### 2. Penyebab kegagalan dari injector.

- Udara masuk ke pipa pengisapan pengisi air.
- Uap panas/steam terlalu kering.

- Tekanan steam rendah.
- Melekatnya bahan asing dalam nozel injector.
- Suhu air pengisi terlalu tinggi
- Kesulitan katup pemeriksa dari jalur air pengisi
- Pemekaran/kerusakan suku cadang (part)

## **2.20. PERALATAN PENGENDALI OTOMATIS**

Periksa bagian-bagian berikut ini untuk menjaga fungsinya :

### **2.20.1. Pengendalian suhu**

1. Pengendali suhu tipe ON, Off.
  - a. Periksa apakah ada hambatan dalam pipa, pengaruh dari perluasan dari cairan karena adanya kebocoran cairan, bengkot atau patah.
  - b. Periksa apakah pipa penghubung dan sensor masuk dengan sempurna.
  - c. Periksa apakah terdapat kerak air, endapan pada sensor atau pelindung.
  - d. Periksa apakah terdapat beberapa kerusakan isolasi kawat listrik atau baut yang hilang.
  - e. Periksa apakah tidak terjadi perubahan terhadap suhu yang diatur dan perbedaan tindakan kontaktor/penghubung.
2. Pengendalian suhu proporsional.
 

Periksa dengan cara yang sama seperti 1 a-d dan tambahan pemeriksaan sebagai berikut:

  - a. Pemeriksaan apakah terdapat kawat listrik yang terpurus karena panas berlebihan, kotor, posisi agak buruk dari penghapus (wiper) tahanan listrik.

- b. Periksa apakah tidak ada perubahan terhadap posisi suhu yang diatur dan posisi proporsional.
3. Pengendalian suhu elektron
- Periksa dengan cara yang sama seperti 1 a-d dan pemeriksaan tambahan sebagai berikut:
- a. Periksa apakah terdapat kawat putus atau benturan tahanan listrik.
  - b. Periksa apakah terdapat kelembaban dalam pipa pelindung.

#### 2.20.2. Pengendalian Tekanan

##### 1. Pengendalian tekanan tipe on, off

- a. Periksa apakah terdapat perubahan warna, penyebaran dan gelas pipa/ tabung yang pecah pada tombol air raksa (mercuri)
- b. Periksa apakah instalasi vertikal diperlukan.
- c. Periksa apakah terdapat kelembaban uap atau kondensat air pada bejows yang menyebabkan kerusakan.
- d. Periksa apakah air penuh dalam pipa silikon.
- e. Periksa apakah terdapat debu atau kotoran.
- f. Periksa apakah terdapat beberapa kerusakan kawat listrik dan posisi penghubung yang longgar.
- g. Periksa apakah ada perubahan posisi pengaturan atau perbedaan keamatan.

##### 2. Pengendalian tekanan proposional

Periksa dengan cara yang sama seperti a 2-6 dan pemeriksaan tambahan sebagai berikut:

- a. Periksa apakah terdapat beberapa kawat listrik putus karena kelebihan panas, kotor, posisi agak buruk dari penghapus (wiper) tahanan listrik.
- b. Periksa apakah tidak ada perubahan terhadap posisi suhu yang diatur dan posisi proporsional.

### **2.20.3. Pengendalian bahan bakar minyak**

1. Katup solenoida listrik untuk bahan bakar.
  - a. Periksa apakah terdapat beberapa bocoran pada posisi penghubung dan penutup
  - b. Periksa apakah tidak terdapat kebocoran pada nosel pembakar (burner) dan bocornya katup duduk.
  - c. Periksa apakah terdapat kawat yang putus atau posisi penghubung yang longgar.
2. Pengendalian jumlah gas
  - a. Periksa apakah terdapat kebocoran bagian luar katup pada penutup atau posisi penghubung dengan gas pemeriksaan kebocoran
  - b. Periksa dengan cara yang sama seperti a 2-3.

### **2.20.4. Motor Pengendali**

1. Periksa apakah terdapat beberapa kawat listrik putus karena kelebihan panas, kotor, posisi agak buruk dari penghapus (wiper) tahanan listrik
2. Periksa apakah terdapat kotoran, kelebihan panas penghubung keseimbangan langsung.
3. Periksa apakah ada kebocoran penutup minyak pada pengisian dalam pipa/ tabung sensor.

4. Periksa apakah ada kerusakan kawat listrik atau posisi penghubung yang longgar.
5. Periksa apakah terjadi perubahan posisi dari sudut rendahnya operasi.

#### 2.20.5. Pengendalian tinggi rendahnya air

1. Tombol apung.
  - a. Lakukan pembuangan air tombol apung sekali setiap hari.
  - b. Pastikan pengaturan fungsi permukaan air yang rendah dengan pembuangan air boiler.
  - c. Lakukan hal berikut dua kali tiap tahun dengan tombol permukaan air utama
    1. Keluarkan endapan dan kerak air dalam tombol apung
    2. Lakukan perbaikan dan perawatan
  - d. Periksa apakah ada beberapa ketidak normalan sebagai berikut:
    1. Kebocoran air.
    2. Kotoran, Korosi, longgar karena melekatnya debu, kotoran dan kelembaban
  - e. Periksa apakah ada kelonggaran pada titik tumpu, baut, mur, sekrup
  - f. Periksa hal berikut untuk pemelihara
    1. Apakah ada debu atau kelembaban tombol luar
    2. Apakah tidak ada penguapan, oksidasi dan penyebaran .
    3. Apakah pipa gelas di pasang pada titik tumpu, tidak longgar sekrup.
    4. Apakah penghubung isolasi kawat listrik yang pecah , longgar.
    5. Tidak ada ketidak normalan dan kegiatan lancar.

- g. Bila peralatan menggunakan magnet, lakukan pekerjaan sebagai berikut :
1. Keluarkan pengapung dan penunjuk, bersihkan bagian luar dan dalam dari pengapung dan penunjuk.
  2. Apakah tidak ada hal yang tidak normal pada bagian atas pengapung penghubung magnet.
  3. Apakah penghubung tombol magnet dipasang pada pipa penunjuk, periksa dan pelihara tiap posisi yang longgar dan kerusakan sekrup.
  4. Apakah fungsi penghubung dengan benar mengapung naik dan turun kemudian fungsi mekanik bergerak naik, turun dan perlahan.
  5. Periksa keberatan magnet cukup atau tidak, dan kemudian apakah tidak terdapat retakan atau sesuatu yang tidak normal.

### 3. PENGUJIAN PADA WAKTU PESAWAT UAP BEROPERASI

#### 3.1. Bagian-bagian yang di ukur dari ketel uap.

##### 3.1.1. Pengujian dan pengukuran pada kondisi pesawat di operasikan.

Pertama tekanan uap, temperatur uap, aliran uap, peralatan pembakaran, ventilasi, fungsi dan kondisi dari peralatan pengisi air.

Pengujian dan pemeriksaan pada ruang pembakaran :

(1) Bahan bakar

- Tekanan bahan bakar
- Temperatur

- Waktu (lamanya) pengoperasian burner.

(2) Udara pembakaran

- Tekanan udara pembakaran
- Temperatur udara pembakaran
- Waktu (lamanya) pengopersian burner dan kondisinya.

(3) Bahan bakar batubara

(a) Manual pelemparan batubara (manual stoke)

- Cara pelemparan/langsung atau jumlah pelemparan.
- Berapa banyak pelemparan dalam kurung waktu tertentu sehingga menghasilkan pembakaran yang efektif
- jumlah asap yang hilang.

(b) Mekanais pelemparan (mekanik stoke)

- Pelemparan langsung atau dengan menggunakan peralatan pelempar.
- Berapa ketebalan/penumbukkan batubara dan pengaturannya.

(c) Penggilingan bataubara (Pulverized coal)

Berapa banyak serbuk yang di suplay dan berapa besar kekuatan kipas pendorong, pengaturan burner dan kondisinya.

(4) Ventilasi

- Putaran kipas (fan)
- Pengaturanya.
- Draft/aliran

(5) Air pengisi

- Periksa jumlah air yang masuk kedalam ketel perjam
- Jumlah air yang bersekulasi selama pengoperasian  
(continue)

- Pengaturan katub pengisi
- Jumlah air ketel uap.

**3.1.2. Pengambilan contoh bahan bakar, untuk mengatur nilai panas dan analisa berapa banyak bahan bakar yang digunakan.**

Dasar untuk mengetahui berapa banyak bahan bakar yang di gunakan dengan mengukur energi panas yang di hasilkan dan dianalisa berapa besar efesiensi., sehingga berapa besar kehilangan energi bahan bakarnya dapat di ketahui. Nilai panas bahan bakar cair dan gas padat menggunakan nilai panas yang tercantung dalam tabel nilai panas bahan bakar. Untuk bahan bakar batubara dapat menggunakan rumusan yang dari hasil pemeriksaan dari contoh bahan bakar batu bara yang di gunakan atau dibakar  $w_1$ ,  $a_1$ ,  $h_1$ , adalah nilai kandungannya air, abu, hodrogen dalam batubara atau kelembaban batubara.  $w$ ,  $a$ ,  $h$  adalah kandungan air, abu, hidrogen dari tabel kelembaban batubara.

-  $w$  (pengukuran lansung) =

$$a = \frac{100 - w}{100 - w_1} \times a_1$$

$$h = \frac{100 - w}{100 - w_1} \times h_1$$

- Pengukuran kelembaban/nilai panas batubara = He

$$Hh = \frac{100 - w}{100 - w1} \times He$$

Dimana :

$$He = Hh - 6(9h + w) \text{ kcal/kg}$$

- Bahan bakar cair

Hh = Nilai pengukuran

$$He = Hh - 6(9h + w) \text{ kcal/kg}$$

- Bahan bakar gas

Hh = nilai pengukuran

$$He = Hh - 4,80(h2 + 2ch4 + 2c2h4)$$

Dimana = h<sub>2</sub>, ch<sub>4</sub>, c<sub>2</sub>h<sub>4</sub>, adalah prentase % hidrogen, metan dan lain-lain

### 3.1.3. Tekanan uap penguapan dan temperatur

### 3.1.4. Kosumsi bahan bakar

### 3.1.5. Temperatur atmosfer, udara panas (air preheater)

### 3.1.6. Draft

3.1.7. Temperatur gas buang dan analisa gas buang

3.1.8. Jumlah/kecepatan air pengisi dan temperatur

3.1.9. Bagaimana cara menyusun/mencatat data-data selama pengoperasian ketel uap.

### 3.2. LAKUKAN PENGUKURAN

#### 3.2.1 Pengukuran pada ruang pembakaran

a. Konsumsi bahan bakar =

$$= \frac{\text{Konsumsi bahan bakar selama pengoperasian, [kg/jam], [Nm}^2\text{/jam]}}{\text{Pengujian dalam berapa jam}}$$

b. Laju pada rangka bakar (beban) =

$$= \frac{\text{Konsumsi batu bara, [kg/m}^2\text{ h]}}{\text{Rangka bakar}}$$

c. Besar panas pada ruang pembakaran =

$$= \frac{\text{Konsumsi bahan bakar minyak x nilai panas rendah, [Kcal/m}^2\text{ h]}}{\text{Kapasitas ruang pembakaran}}$$

#### 3.2.2. Pengukuran penguapan

a. Jumlah penguapan =  $\frac{\text{Total penguapan}}{\text{Uji dalam beberapa jam}}$  =  $\frac{\text{Uap}}{\text{Jam}}$

b. Jumlah uap yang di hasilkan =  $\frac{\text{Jumlah uap} (h_2-h_1)}{539 \text{ Kcal/kg}}$  , [kg/jam]

Dimana :  $h_2$  = enthalpy spesifik uap

$h_1$  = enthalpy spesifik air

Uap air pada temperatur  $100^{\circ} \text{C}$  akan menguap, penguapan tersebut merupakan standar penguapan. Jumlah penguapan sebenar adalah jumlah uap yang di hasilkan sebandingkan dengan energi yang di gunakan.

c. Penguapan yang berlebihan

Jumlah pengupan sebenarnya adalah jumlah uap per 1 kg bahan bakar atau jumlah uap / 1 kg bahan bakar .

d. Aliran penguapan pada daerah pemanas (heating surface)

Jumlah penguapan/luas pemanas (heating surface)

### 3.2.3. Efisiensi ketel uap

Efisiensi ketel uap adalah jumlah /banyak bahan bakar yang di gunakan untuk menghasilkan uap dan lain halnya dengan enthalpy ketel uap.

- Efisiensi ketel uap =

$$= \frac{\text{Konsumsi uap perjam} \times (h_2 - h_1)}{\text{kosumsi bbk/jam} \times \text{nilai panas bbk terendah}} \times 100 \% \text{ , (Kcal/kg)}$$

Dimana :

$h_1$  = enthalpy spesifik air (kcal/kg)

$h_2$  = enthalpy spesifik uap.

Contoh :

Jenis ketel uap :

- Lorong api dan pipa api
- Luas pemanas  $498 \text{ m}^2$
- Temperatur pembakaran  $2,6 \text{ m}^3$  bersih
- Temperatur luar  $30,9^\circ \text{C}$
- Temperatur dalam  $34,3^\circ \text{C}$

Pengujian :

- Tekanan uap  $5 \text{ kg/cm}^2$
- Bahan bakar minyak berat, panas  $54^\circ \text{C}$
- Jumlah burner 1
- Kosumsi bahan bakar  $213 \text{ l/jam}$
- Udara paksa (forced draft) telakan di ruang pembakaran  $110 \text{ mmAg}$
- Gas buang aliran  $-2,5 \text{ mm Ag}$ ,  $\text{CO}_2 11,7\%$

Pengujian selama 3 jam

Di peroleh :

- Gravity spesifik minyak berat  $0,9259$
- Nilai panas  $H_h 10450 \text{ Kcal/kg}$ ,  $H_l 9820 \text{ Kcal/kg}$
- Tekanan uap  $5,09 \text{ kg/cm}^2$
- Kosumsi bbk  $639,3 \text{ l}$  atau  $591,9 \text{ kg}$
- Gas buang, temperatur  $263^\circ \text{C}$ , aliran  $-2,5 \text{ mmAq}$ ,  $\text{CO}_2 11,7\%$ ,  $\text{O}_2 5,6\%$ ,  $\text{CO } 0\%$
- Jumlah air pengisi  $7945 \text{ kg}$ , temperatur  $24^\circ \text{C}$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{- Kosumsi bbk minyak} &= 591,9 \text{ kg/ 3jam} \\ &= 197,3 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Bahan dapur} &= \frac{197,3 \text{ kg/jam} \times 9802 \text{ Kcal/kg}}{2,6 \text{ m}^3} \\ &= 743000 \text{ Kcal/m}^3 \text{h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Jumlah penguapan} &= 7945 \text{ kg /3jam} \\ &= 2648 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Jumlah penguapan yang terjadi} &= \frac{264 \text{ kg/jam} (653,3 \text{ kcal/kg} - 24 \text{ kcal/kg})}{539 \text{ kcal/kg}} \\ &= 3,090 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

- (lihat tabel ) enthalpy spesifik air dan uap, uap 653,3 kcal/kg dengan nilai kekeringan uap uap 0,999 uap jenuh

$$\begin{aligned} \text{- Kelebihan uap} &= \frac{3090 \text{ kg/jam}}{1973 \text{ kg/jam}} \\ &= 15,7 \text{ kg/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aliran uap dari permukaan panas} & \frac{3090 \text{ kg/jam}}{49,8 \text{ m}^2} = 62,1 \text{ kg/m}^2 \text{jam} \\ \text{(yang terjadi)} & \end{aligned}$$

- Efisiensi ketel uap

Untuk nilai pembakaran terendah

$$= \frac{2648 \text{ kg/jam} (653,3 \text{ kcal/kg} - 24 \text{ kcal /kg})}{197,3 \times 9802} \times 100$$

$$197,3 \times 9802$$

$$= 86,2 \%$$

Untuk nilai pembakaran tinggi

$$= \frac{2648 \text{ kg/jam} (653,3 \text{ kcal/kg} - 24 \text{ kcal /kg})}{197,3 \times 10450} \times 100 \%$$

$$197,3 \times 10450$$

$$= 80.8 \%$$

Gas buang yang hilang  $L = n (t_g - t_0)$   
(CO<sub>2</sub>) %

n : heavy oil 0.59

coal 0.68

t<sub>g</sub> : exhaust gas temperature °C

t<sub>0</sub> : Atmosphere temperature °C

$$= \frac{0.59 (263 \text{ °C} - 30.9 \text{ °C})}{11.7} = 11.7 \%$$

$$11.7 (\text{CO}_2 \%)$$