

KETEL UAP
ANALISA DESAIN KEKUATAN WATER TUBE
BOILER KAP. 20 TON UAP/JAM
BERDASARKAN STANDARD TRD

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana

Oleh :

JHONSON H. SILALAH

NIM. : 02 813 0047



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
M E D A N
2 0 0 4

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (Repository.uma.ac.id)11/12/23

DAFTAR ISI

Halaman

BAB I. PENDAHULUAN

| | |
|----------------------------------|---|
| I.1. Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| I.2. Tujuan Penelitian..... | 2 |
| I.3. Manfaat Penelitian..... | 2 |
| I.4. Batasan Masalah..... | 2 |

BAB II. STUDY LITERATUR KETEL UAP

| | |
|---|----|
| II.1. Pengertian Umum..... | 4 |
| II.2. Sejarah Perkembangan Ketel Uap..... | 4 |
| II.3. Fungsi Ketel Uap | 6 |
| II.4. Jenis Jenis Ketel Uap | 7 |
| II.5. Waer Tube SFPO Boiler | 9 |
| II.5.1. P e n g a p i a n | 10 |
| II.5.2 Air Ketel | 12 |
| II.5.3 Bahan Kimia | 13 |
| II.5.4 Water Steam Diagram | 13 |

BAB III. ANALISA SFPO BOILER BERDASARKAN STANDARD TRD

| | |
|---|----|
| III.1. Temperatur Desain, kekuatan desain dan Tekanan Desain..... | 16 |
| III.1.1 Temperatur Desain | 16 |
| III.1.2 Kekuatan Desain.. .. | 17 |

| | |
|--|----|
| III.1.3 Tekanan Desain | 18 |
| III.2 Boiler Drum dan Header | 18 |
| III.3. End Plate untuk Drum | 19 |
| III.3.1. Crown Head | 19 |
| III.3.2 Knuckle Head | 20 |
| III.3.3 Inwardly flange (kedalaman) dishead dandan manhole | 21 |

BAB IV. KALKULASI

| | |
|---|----|
| IV.1. Upper Drum..... | 22 |
| IV.2. Lower Drum | 23 |
| IV.3. Side dan Division Wall Furnace Header | 24 |
| IV.4. Down Comer Brances | 25 |
| IV.5. End Plate Side Wall Furnace Header | 25 |
| IV.6. Upper dan Lower Rear Wall Header | 26 |
| IV.7. Superheater Header | 27 |
| IV.8. End Plate Upper Drum | 27 |
| IV.8.1. Spherical Shell | 28 |
| IV.8.2 Knuckle End Plate tanpa Manhole | 28 |
| IV.8.3 Knuckle End Plate dengan Manhole | 29 |
| IV.9. End Plate Lower Drum | 30 |
| IV.9.1. Spherical Shell | 30 |
| IV.9.2 Knuckle End Plate tanpa Manhole | 30 |
| IV.9.3 Knuckle End Plate dengan Manhole | 32 |

IV.10. Evaporator, Superheater 33

BAB V. KESIMPULAN

V.1. Kesimpulan 35

V.2. S a r a n 36



BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Seiring dengan kebutuhan energi yang cukup banyak manusia selalu mencari cara cara menemukan dan memanfaatkan energi semaksimal mungkin. Uap salah satu zat yang dapat menghasilkan energi yang cukup besar telah menjadi salah satu jawaban atas pemecahan masalah sumber energi.

Uap (steam) terjadi akibat perubahan fasa air (liquid) menjadi fasa gas (gas) dengan cara pendidihan (boiling). Penguapan terjadi akibat pemberian panas dari beberapa sumber panas seperti pembakaran bahan bakar padat (solid) seperti batu bara, kayu, tenaga listrik bahkan tenaga nuklir.

Bagaimana mengolah uap menjadi suatu sumber tenaga yang besar ? Salah satu bejana yang dipergunakan adalah Boiler. Boiler atau Ketel adalah Bejana tertutup yang dialiri air dimana kepadanya diberikan tekanan dan panas tertentu sehingga mampu merubah air menjadi uap.

Salah satu cara mendesain boiler supaya konstruksi yang baik adalah menerapkan standard-standard desain spt : ASME, API, JIS, DIN, PED & TRD. Adapun standard yang dipergunakan PT.Atmindio Medan adalah TRD.

TRD adalah standard Technical Steam Boiler yang diterbitkan di Essen Jerman. Pada standard ini dibahas mengenai desain boiler mencakup

1. Material : Mencakup pemilihan bahan
2. Manufacture : Metoda-metoda fabrikasi
3. Design : Perencanaan

4. Equipment : Perlengkapan
5. Erection : Pemasangan di lapangan
6. Inspection : Pemeriksaan sewaktu pabrikasi dan pemasangan di lapangan
7. Testing : Uji kekuatan hasil fabrikasi

Standard ini di-update dan dikoreksi oleh suatu badan yang bernama DDA (Deutscher Damfkesselausschuß. PT. Atmindio mengklaim telah mendesain boiler SFPO sesuai dengan standard tersebut.

II.2. Tujuan Penelitian

Tujuan Akademis penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat mengikuti sidang tugas sarjana Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Adapun tujuan Ilmiah penulisan skripsi ini adalah untuk membuktikan penerapan standard TRD dalam pembuatan SFPO Boiler Cap 20T/H di PT. Atmindio Medan.

I.3. Manfaat Penelitian

Skripsi ini diharapkan bermanfaat bagi para Engineer yang bekerja dalam pembuatan Boiler, baik dalam menentukan dimensi, thichkness minimum, pressure design, temperature design dalam konstruksi boiler. Skripsi ini juga diharapkan dapat membantu para mahasiswa yang akan belajar tentang boiler, khususnya SFPO Boiler.

I.4. Batasan Masalah

Mengingat luasnya pembahasan mengenai boiler & uap maka dalam hal ini penulis hanya membatasi pada penjelasan SFPO Boiler berikut syarat-syarat pengoperasian, water feed tank, water steam diagram, strength calculasi pressure part,

seperti thichkness minimum, pressure design, temperature design. Sedangkan untuk desain non pressure part tidak dibahas.



BAB II STUDY LITERATUR KETEL UAP

II.1 Pengertian Umum

Instalasi ketel adalah penggabungan dari beberapa kontrol ataupun pengaturan dengan tujuan untuk memanaskan air sehingga menjadi steam, selanjutnya steam dipergunakan untuk kebutuhan. Secara umum ketel adalah pesawat yang mengubah energi kimia pada bahan bakar menjadi energi panas pada air atau steam pada suhu dan tekanan tertentu.

Uap/steam yang dihasilkan pada umumnya mempunyai tekanan yang relatif tinggi (>20 bar). Oleh karena itu dalam perencanaannya haruslah dilakukan sesuai dengan norma-norma atau standard yang telah diakui dan terbukti kebenarannya.

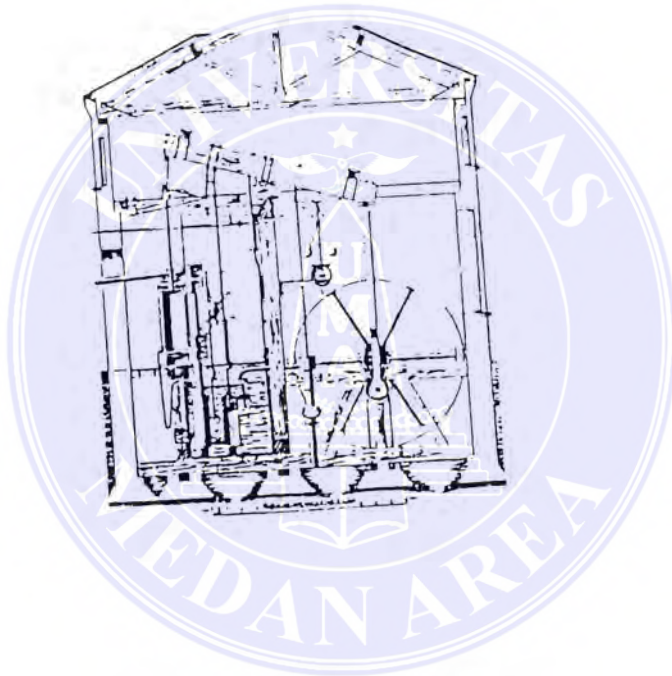
Konstruksi sebuah ketel selalu berbentuk drum yang dibuat vertikal atau horizontal kepadanya akan diisi air lalu diberi panas. Selain drum header dan pipa adalah komponen utama sebuah boiler.

Untuk menghasilkan steam dengan cara cepat maka sumber panas harus ditempatkan pada posisi yang tepat sehingga panas yang cepat dapat menjamin peredaran air dengan baik, pemanasan air ketel yang merata juga pembentukan uap yang merata.

II.2 Sejarah Perkembangan Ketel Uap

Uap telah dikenal sejak beribu-ribu tahun yang lampau yaitu sejak manusia bisa melakukan pekerjaan dengan merebus (boiling), tetapi bagaimana memanfaatkan uap untuk tujuan yang lebih maksimal baru diketahui sejak munculnya ilmuwan –ilmuwan

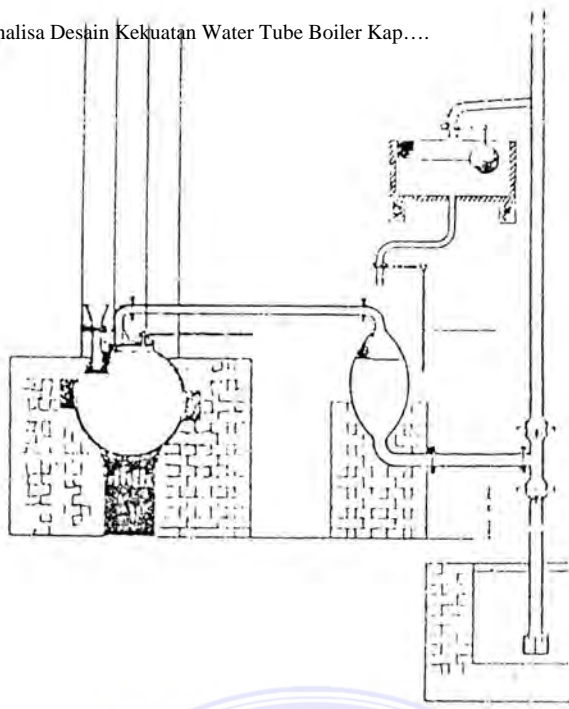
romawi kuno. Hero dari Iskandariyah telah menemukan teori Whirling Aeolipyle. Teori ini menjadi dasar dalam perencanaan mesin jet.



Gambar 1 Mesin Uap James Watt

Tahun 1606, Giovanni Battista Della Porta merencanakan laboratorium percobaan yang memperlihatkan tenaga uap dan sistem kondensasi.

Tahun 1641, Galileo, saintis besar yang terkenal dengan teori pendulumnya menyatakan bahwa air hanya dapat dipompa dari kedalaman 28 kaki (8.5344m) suatu teori dasar tentang air.



Gambar 2 Mesin Pompa Kerja Tunggal Savery

Tahun 1764, sebuah mesin Newcomen yang telah dibuat oleh Newcomen tahun 1712 direparasi oleh James Watt dan berhasil menciptakan mesin uap sekaligus mendapatkan hak patent dari ciptaannya.

Gambar 3 Mesin Pompa newcomen yang direvisi james Watt.

II.3 Fungsi Ketel Uap

Ketel uap berfungsi sebagai pesawat konversi energi yang mengkonversikan energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas. Dengan kata lain fungsi ketel adalah

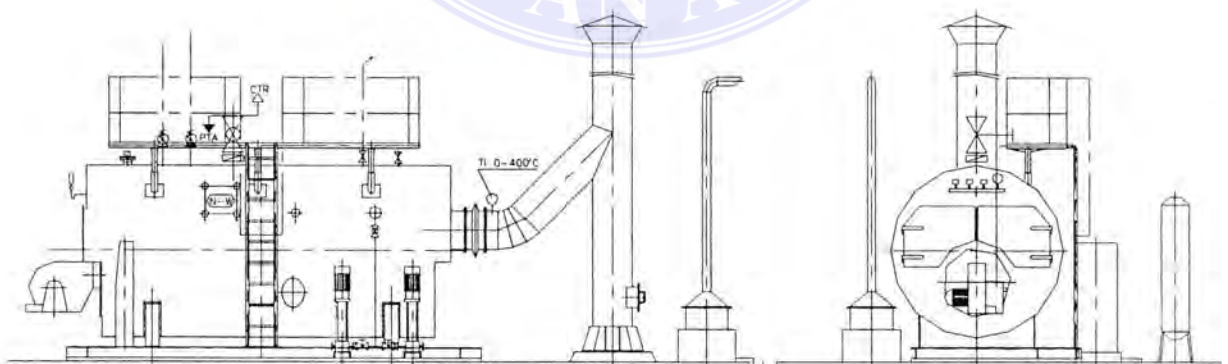
merubah air menjadi uap dengan sejumlah panas yang diberikan kepada ketel yang didapat dari hasil pembakaran. Selanjutnya uap/steam disalurkan keproses atau ke turbin.

II.4. Jenis jenis Ketel Uap.

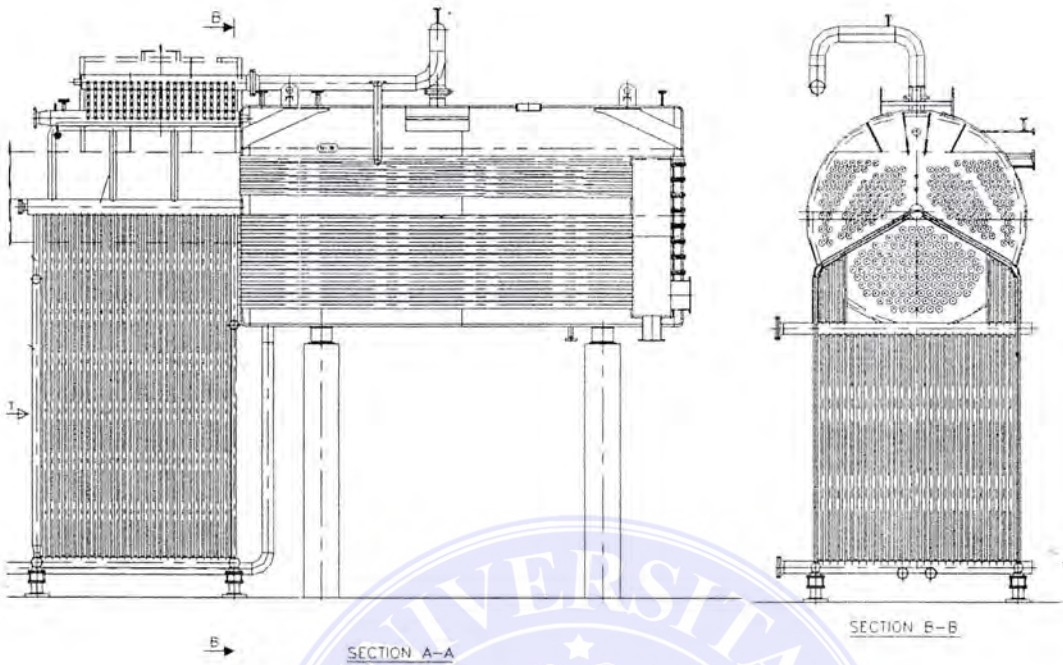
Ketel uap dapat dibedakan atas beberapa klasifikasi seperti

1. Berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa maka ketel dapat diklasifikasikan sebagai :
 - a. Ketel pipa api (*fire tube boiler*)
 - b. Ketel pipa air (*water tube boiler*)
 - c. Ketel kombinasi (*combi fire-water tube boiler*)
2. Berdasarkan Pemakaiannya, ketel dapat diklasifikasikan sebagai :
 - a. Ketel Stasioner (*stationary boiler*) atau ketel tetap
 - b. Ketel Mobil (*mobile ketel*) atau ketel bergerak
3. Berdasarkan letak dapur (furnace position), ketel dapat diklasifikasikan sebagai :
 - a. Ketel dengan pembakaran didalam (*internally fired steam boiler*)
 - b. Ketel dengan pembakaran diluar (*outernally fired steam boiler*)
4. Menurut jumlah lorong boiler (boiler tube), ketel diklasifikasikan sebagai :
 - a. Ketel dengan lorong tunggal (*single tube steam boiler*)
 - b. Ketel dengan lorong ganda (*multy tubuler steam boiler*)
5. Tergantung kepada poros tutup drum (*shell*), ketel diklasifikasikan sebagai :
 - a. Ketel tegak (*vertical steam boiler*)
 - b. Ketel mendatar (*horizontal steam boiler*)

6. Menurut bentuk dan letak pipa, ketel diklasifikasikan sebagai :
 - a. Ketel dengan pipa lurus, bengkok dan berlekak-lekuk (*straight, bent and sinous tubuler heating surface*)
 - b. Ketel dengan pipa miring-datar dan miring tegak (*horizontal, inclined or vertical tubuler heating surface*)
7. Menurut sistem peredaran air ketel (water circulation), ketel uap diklasifikasikan sebagai :
 - a. Ketel dengan peredaran alam (*natural circulation steam boiler*)
 - b. Ketel dengan peredaran paksa (*forced circulation steam boiler*)
8. Tergantung kepada sumber panasnya (*heat source*) ketel uap diklasifikasikan sebagai :
 - a. Ketel dengan bahan bakar alami
 - b. Ketel dengan bahan bakar buatan
 - c. Ketel dengan dapur listrik

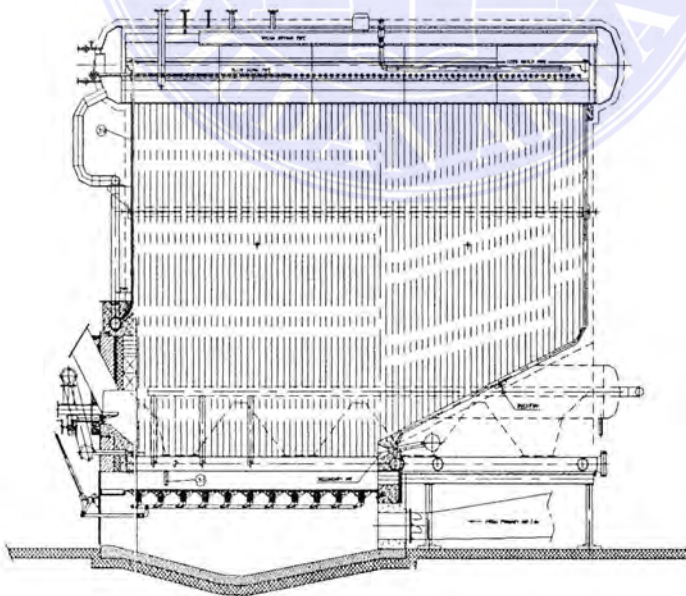


Gambar 4 Fire tube boiler



Gambar 5 Combi fire-water tube boiler.

II.5 Water Tube SFPO Boiler



Gambar 6 SFPO Boiler

salah satu produksi PT. Atmindo-Medan.

Ketel ini adalah ketel pipa air dimana air mengalir didalam pipa sementara diluar pipa adalah gas panas. Boiler ini adalah “Ketel radiasi-konveksi” yang dilengkapi dengan “Kisi pembakar (Furnace)” dan “Penyebar bahan bakar(Spreader stocker)”. Bahan bakar yang digunakan adalah sisa sisa buah kelapa sawit. Berikut penjelasan mengenai SFPO Boiler

II.5.1 Pengapian

Melalui dua “Pemasuk bahan bakar atau *“feeder”*”, bahan bakar disebarkan pada permukaan kisi pembakaran, dimana bahan bakar akan terbakar. Pembakaran berlangsung dalam ruang dapur *“furnace”*, dan pembakaran harus sudah berakhir sebelum aliran gas panas memasuki lintasan pasa II. Dalam lintasan II terdapat pipa pipa pembangkit *“generating tube”* dia 51x3.2 dimana permukaannya dipanasi oleh gas panas. Gas panas yang melintasi pass-II akan menyerahkan panas pada permukaan *pipa pipa pemanas lanjut “Superheater”* yang terdapat pada pass III.

Gas panas yang melintasi pass-III setelah melalu pipa pipa Superheater seterusnya akan melalui himpunan pipa-pipa pembangkit *generating tubes* yang ditempatkan pada bahagian akhir lintasan gas panas di dalam ketel uap.

Selanjutnya kandungan abu yang terbawa oleh gas panas akan dipisahkan pada “Dust Collector”. Gas bersih akan ditarik ID Fan dan diteruskan ke cerobong asap *“chimney”*



Abu sisa pembakaran dapat dikeluarkan melalui :

1. Ash door, pintu pengeluaran abu yang terdapat dibawah kisi-kisi
2. Ash hopper, penampung abu yang terletak di bawah himpunan pipa pipa pembangkit uap
3. Dust collector atau pengumpul debu

Guna memelihara agar permukaan pipa pipa pemanas senantiasa bersih, ketel uap dilengkapi dengan dua peniup jelaga '*soot blowers*'. Ketel uap dapat diperiksa dari semua sisi melaui pintu inspeksi "inspection door" yang terdapt pada aliran gas panas

II.5.2 Air Ketel

Dari tangki air ketel "feed tank" air umpan "feed water" akan dipompa melalui pompa air "water feed pum" Pompa ini dilengkapi dengan Safety Valve dan mempunyai by pass yang berguna saat katup rusak. Juga dipasang water flow meter untuk mencatat kecepatan aliran air masuk dengan tujuan untuk mengetahui volume air yang masuk ke boiler. Melalui pipa, air dirasukkan kedalam drum atas melui nozel-nozel yang terdapat di sepanjang drum. Air selanjutnya terdistribusi pada sistem sirkulasi air didalam ketel

Persyaratan air umpan ketel dan air ketel harus sesuai dengan standart berikut.

1. Air Umpan

Persyaratan umum : air umpan harus jernih, tidak berwarna dan bebas dari zat-zat yang tidak larut.

Keterangan

| | Jlh | Satuan |
|--|------|-----------|
| - Nilai pH | 9 | |
| - Jumlah alkali tanah /Ca ₂ , Mg ₂ | 0.01 | m mol/ltr |
| - OXigen (O ₂) | 0.02 | mg/ltr |
| - Jumlah besi (Fe) | 0.05 | mg/ltr |
| - Jumlah tembaga(Cu) | 0.01 | mg/ltr |
| - Minyak gemuk | 1.0 | mg/ltr |

2. Air Ketel

Keterangan

| | Jlh | Satuan |
|--------------------------------|-------|-----------|
| - Nilai pH | 10 | |
| - Kapasitas asam hingga pH 8.2 | 0.5-6 | m mol/ltr |

| | |
|------------------------------|-------------|
| - Konduktivitas pada 25 °C | 5000 mg/ltr |
| - Asam Silikat | 40 mg/ltr |
| - Phosphat | 5-15 mg/ltr |
| - Konsumsi KMnO ₄ | 100 mg/ltr |

II.5.3 Bahan Kimia

Hanya trisodium phosphate ($\text{Na}_3 \text{PO}_4$) dan atau sodium sulphite (Na_2SO_3) yang dapat digunakan untuk mengatur kualitas air ketel, sebagaimana juga digunakan dalam industri bahan makanan.

II.5.4 Water Steam Diagram

Water Steam Diagram adalah diagram aliran air dan uap pada instalasi sebuah ketel. Adapun urutan air masuk dimulai dari :

1. Feed Water Suction.

Air mengalir melalui pipa Ø6" dari feed tank dengan debit air $\pm 20 \text{ m}^3/\text{jam}$ (untuk boiler cap 20T/H) selanjutnya menuju Shut off valve DN125 PN16. Ada 2 buah shut off valve DN125 PN16 yang digunakan karena pompa yang digunakan adalah 2 unit. Dari valve ini air terus menuju Y-strainer DN125 PN16 adapun kegunaan Y-strainer adalah untuk menyaring air yang akan masuk ke pompa. Selanjutnya menuju reducer sebelum memasuki pompa. Reducer ini dimaksudkan untuk menambah kecepatan air masuk. Air akan masuk pompa dimana pada inlet pompa akan dipasang welding neck flange.

2. Feed Water Discharge

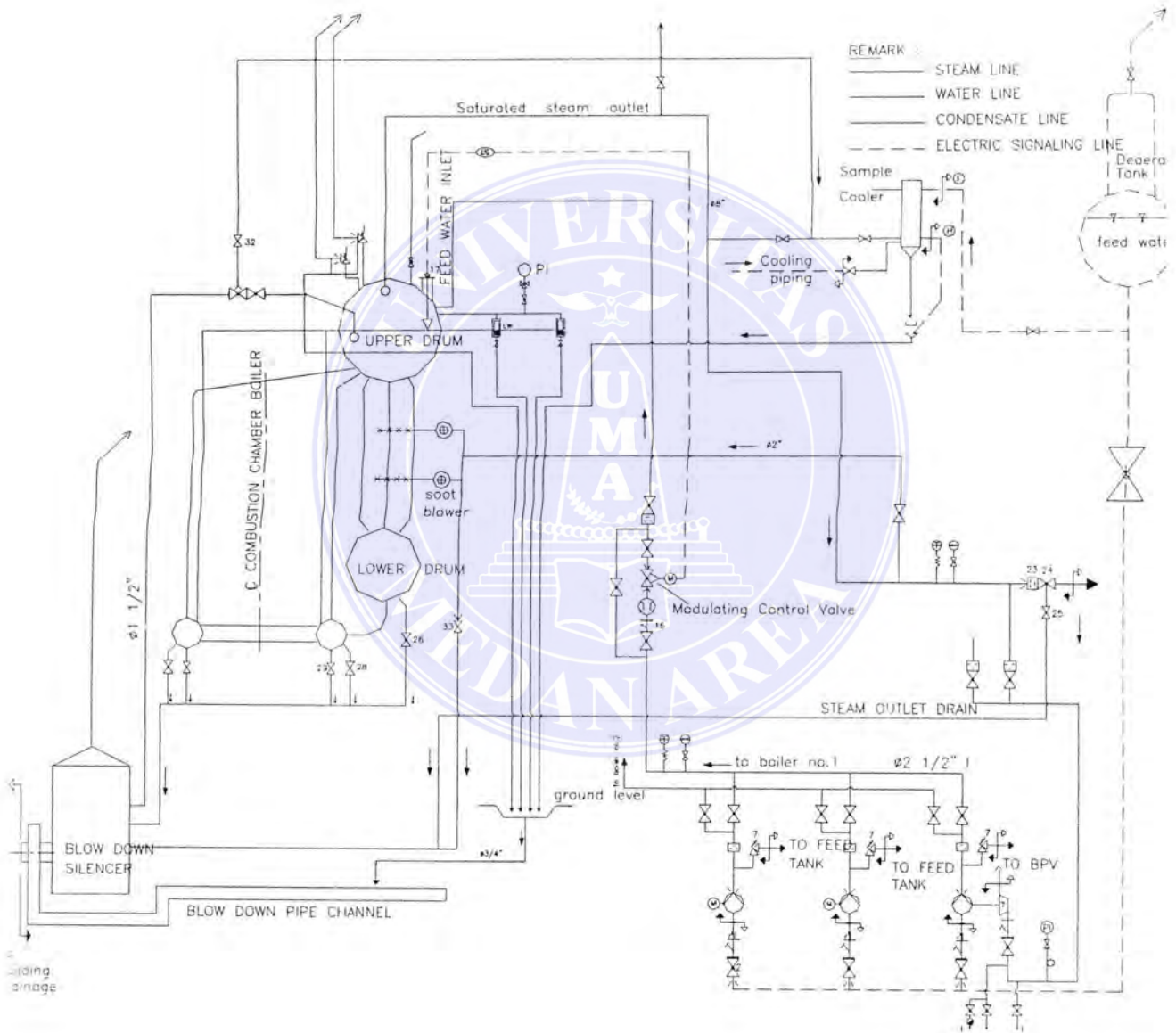
Keluar dari pompa air akan memasuki shut off valve DN 65 PN40 dengan melewati pipa 2 ½" air temperatur dan tekanan air akan diukur oleh pressure gauge 0-40 bar dan thermometer range 0-40 bar. Air akan terus naik dan memasuki shut off valve DN65 PN40 lalu Y-strainer dan kecepatan aliran air akan diukur oleh water flow meter sebelum air memasuki modulating control valve. Modulating control valve berfungsi sebagai pemberi sinyal dari level control elektroda yang ditempatkan di upper drum. Jika volume air pada upper drum kurang maka sinyal akan diterima modulating valve lalu membuka aliran air, dan jika air sudah penuh maka otomatis modulating akan menutup aliran air. Sistem ini dilengkapi dengan sistem by pass. Apabila kekurangan pada modulating, water flow meter macet maka air dapat dilewatkan melalui by-pass pipa 2" jika tidak dibutuhkan pipa by-pass dapat ditutup dengan menonaktifkan valve DN50 PN40 yang ada. Selanjutnya air akan memasuki upper drum.

3. Upper drum

Air akan turun dari upper drum memasuki pipa pipa generating, rearwall, side wall, frontwall, division wall dan melalui down comer pipe. Selanjutnya air akan mengisi header header di kedua sisi boiler. Setelah air pada upper drum berubah menjadi steam/uap. Uap tersebut akan keluar melalui main steam valve ukuran DN200 PN40 dan pipa 8". Jika uap yang dihasilkan melebihi kebutuhan proses uap akan keluar melalui 2 unit safety valve, sehingga uap akan dibuang ke udara. Steam yang akan digunakan untuk memutar turbin akan melalui super heater.

4. Saturated & Super heater outlet

Dari pipa 8" steam dapat langsung dipergunakan untuk sterilizer tetapi untuk memutar turbin haruslah uap superheat/uap kering. Keluar dari superheater, steam akan di semprotkan sebagian ke soot blower.



Gambar 8 Water Steam Diagram SFPO Boiler cap 20 T/H

BAB III

ANALISA SFPO BOILER

BERDASARKAN STANDARD TRD

III.1. Temperature Desain, Kekuatan Desain Dan Tekanan Desain

III.1.1) Temperatur Desain

Temperatur desain (t_d) : temperature referensi (t_r) + allowance temperature

Untuk kondisi fluida : air atau uap basah (saturated steam)

t_r = temperatur saturasi pada temperatur kerja maksimum yang diijinkan

$$t_r = 222 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Untuk bagian – bagian non-heated components (bagian yang tidak mengalami panas langsung)

$$\begin{aligned} t_d &= t_r + 0 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ &= 222 \text{ }^{\circ}\text{C} + 0 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Untuk bagian bagian heated components :

a) Bagian yang mengalami panas akibat radiasi

$$\begin{aligned} t_d &= t_r + 50 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ &= 222 \text{ }^{\circ}\text{C} + 50 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ &= 272 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

b) Bagian yang mengalami panas akibat konveksi

$$\begin{aligned} t_d &= t_r + (15 + 2se) \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow \max (15 + 2se) \text{ }^{\circ}\text{C} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ &\text{dipilih } 50 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$td = 222\text{ }^{\circ}\text{C} + 50\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$td = 272\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Untuk kondisi fluida : uap kering (*superheated steam*)

tr = temperatur uap

Untuk bagian – bagian non-heated components (bagian yang tidak mengalami panas langsung)

$$td = tr + 15\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$= 320\text{ }^{\circ}\text{C} + 15\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Untuk bagian – bagian heated components (bagian yang mengalami panas langsung)

$$td = tr + 35\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$= 320\text{ }^{\circ}\text{C} + 35\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$= 355\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Untuk bagian-bagian heated component

Semuanya menerima panas karena konveksi

$$td = tr + 35\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$= 320\text{ }^{\circ}\text{C} + 35\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$= 355\text{ }^{\circ}\text{C}$$

III.1.2 Kekuatan Desain

| Temperatur $^{\circ}\text{C}$ | Desain Kekuatan (N/mm^2) | |
|-------------------------------|--|-----------|
| | 17 Mn4 | ST.35.8 I |
| 222 | 236 | 177 |
| 272 | 217 | 153 |
| 335 | 185 | 123 |
| 355 | 175 | 117 |

III.1.3 Tekanan Desain

Tekanan desain (p) = tekan kerja maximum yang diijinkan

$$p = 23 \text{ bar [g]} \\ = 2.3 \text{ N/mm}^2$$

III.2 Boiler Drum dan Header

TRD 301 CLAUSE 4-5

$$s = s_v + C1 + C2$$

$$s_v = \frac{d_a \cdot p}{(2 \cdot \sigma_{all} - p) (v_n \cdot v_l + 2 \cdot p)}$$

s = tebal minimum yang dibutuhkan (required thickness), mm

s_v = tebal tanpa kelonggaran, mm

$C1$ = tolensi ketebalan, mm

$C1 = 0.5 \text{ mm}$

$C2$ = toleransi akibat korosi dan keasusan, mm

$C2 = 1 \text{ mm (TRD 300 clause 10)}$

d_a = diameter luar drum atau header, mm

p = tekanan desain N/mm^2

$$\sigma_{all} = \frac{K}{S}$$

K = desain kekuatan N/mm^2

S = factor keamanan

$S = 1.5 \text{ (TRD 300 Table 5)}$

V_L = efisiensi ligament untuk jumlah baris dan kolom lobang pada drum/header.

V_n = factor pengelasan

$V_n = 1$ (TRD 201 clause 3)

III.3. End Plate untuk Drum

T R D 303 Clause 3 menyatakan.

Pada umumnya kondisi atau ukuran diameter drum harus sesuai dengan diameter dished heads (d_a)

Radius dalam Spherical shell $r_{wi} < d_a$ (radius crown)

Radius knuckle $r_{k1} > 0.1 d_a$

Referensi ketebalan $0.001 < s_v/d_a < 0.10$

Khusus pada kondisi ini haruslah :

$r_{wi} = 0.8 d_a$ dan $r_{k1} = 0.154 d_a$

III.3.3 Crown head

T R D 303 clause 4

$$s = s_v + c_1 + c_2$$

T R D 303 clause 5

$C2$ = toleransi akibat korosi dan keausan, mm

$C2 = 1$ mm (TRD 300 clause 10)

$rw1$ = radius dalam spherical sheel crown head

p = tekanan desain N/mm^2

$$\sigma_{all} = \frac{K}{S}$$

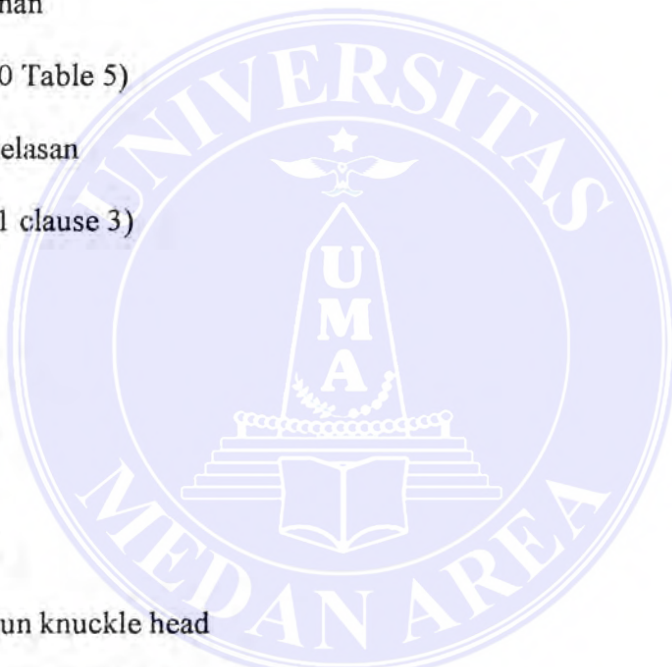
K = desain kekuatan N/mm^2

S = factor keamanan

$S = 1.5$ (TRD 300 Table 5)

Vn = factor pengelasan

$Vn = 1$ (TRD 201 clause 3)



III.3.2) Knuckle head

TRD 303 clause 5.3.2

$$sk = \frac{p \cdot da \cdot \beta k}{4 \cdot Vn \cdot \sigma_{all}}$$

sk = tebal minimum knuckle head

p = tekanan desain (gauge), N/mm^2

da = diameter luar dished head, mm

Vn = factor pengelasan

$Vn = 1$

$$\sigma_{all} = \frac{K}{S}$$

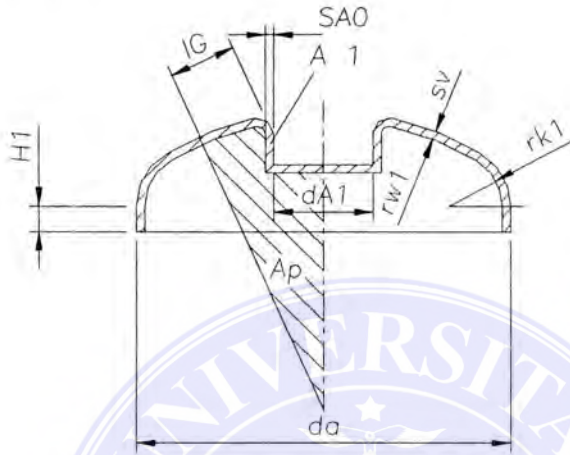
K = desain kekuatan N/mm^2

S = factor keamanan

$S = 1.5$ (TRD 300 Table 5)

3.3.c) Inwardly flanges (kedalaman)dished head dengan manhole

T R D 303 CLAUSE 5.1.2



Gbr. 9 Load diagram spherical shell dengan 1 bukaan

Tegangan menengah tanpa kelonggaran haruslah sesuai dengan ketentuan berikut :

$$\sigma_v = \left(\frac{A_p}{A\sigma_0 + A\sigma_i} + \frac{1}{2} \right) < \sigma_{all}$$

V.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan kalkulasi desain SFPO Boiler menurut Standard TRD maka dapat disimpulkan bahwa desain telah sesuai dengan aturan aturan pada standard tersebut. Berikut hasil perhitungan yang dapat disimpulkan.

| No.Komponen | Ukuran | Material |
|---------------------------------|-----------------|------------|
| 1. Upper drum | Ø 1500 x 22 mm | 17Mn4 |
| 2. Lower drum | Ø 800 x 16 mm | 17Mn4 |
| 3. Furnace side wall header | Ø 219.1 x 10 mm | St.3.5.8 I |
| 4. Furnace division wall header | Ø 219.1 x 10 mm | St.3.5.8 I |
| 5. Pipa pipa water wall | Ø 63.5 x 4 mm | St.3.5.8 I |
| 6. Superheater | Ø 48.3 x 3.2 mm | St.3.5.8 I |
| 7. Down comer | Ø 168.3 x 8.8 | St.3.5.8 I |

Adapun technical specification SFPO Boiler cap.20 t/h adalah :

| | |
|---|-----------------------|
| Boiler type | Fire tube SFPO boiler |
| Normal continuous rating(NCR) | 20 t/h |
| Design pressure | 23 bar [g] |
| Steam pressure at superheater outlet | 21 bar [g] |
| Steam temperature at superheater outlet | 260 °C |
| Feed water temperature | 105 °C |
| Luas Panas evaporasi | 764 m2 |
| Luas panas pemanas uap lanjut | 153 m2 |
| Total luas panas | 917 m2 |
| Kapasitas air ketel (hingga ke low water level) | 23 m3 |
| Kapasitas air pemanas lanjut | 2.3m3 |

UNIVERSITAS MEDAN AREA

| | |
|---------------------------|--------------------------------------|
| Total kapasitas ketel | 30.25 m ³ |
| Bahan bakar | Cangkang & serabut buah kelapa sawit |
| Kebutuhan bahan bakar/jam | 7124 kg/jam |
| Nilai Kalori bahan bakar | 2800 kcal/kg |
| Standard fabrication | TRD Standard (Germany) |

V.2. S a r a n

Setelah mengamati proses pabrikasi sampai dengan erection pembutan SFPO Boiler ada beberapa hal yang perlu diperhatikan.

1. Handling material yang tidak rapi/bersih, hal ini tidak jarang mencelakai barang dan manusia itu sendiri.
2. Pengenalan standard yang tidak menyeluruh sehingga hanya sedikit karyawan yang mengetahui dasar-dasar konstruksi
3. Kontrol mekanik dan electrical pada steam outlet boiler diharapkan lebih modern sehinggaa tidak membahayakan terhadap operator boiler
4. Kontrol air yang sering rusak, hal ini telah dilihat penulis di beberapa Pabrik Kelapa Sawit. Kerusakan kontrol ini dapat mengakibatkan keringnya air pada water wall dan tidak menutup kemungkinan menimbulkan ledakan pada drum boiler.
5. Lakukan selalu inspeksi yang tepat seperti dengan mengundang inspektur dari luar perusahaan.

1. Persiapan untuk operasi

Sebelum operasi dimulai, operator harus memastikan bahwa tidak ada benda-benda lain yang dapat mengganggu operasi didalam ketel uap dan didalam saluran gas asap, dan tidak akan membahayakan pada saat operasi.

Semua tingkat pemeriksaan, pintu masuk dan lobang lalau orang diperiksa agar tertutup dengan baik.

Periksa persediaan air umpan. Tingkatkan tekanan dan suhu didalam air umpan.

Persiapan alat – alat pengaman dan peneliti demikian juga dengan measuring dan control equipment siap untuk beroperasi.

Setelah boiler pressure test atau penyesuaian masing-masing pada kerangan-kerangan pengaman, penghalang harus disingkirkan. Ini harus dicatat dalam buku harian ketel

Periksa peralatan peralatan pengaman (kerangan pengaman, kriteria transmitters untuk inter locking, disb) untuk persiapan pengoperasian.

Periksa permukaan pelumas pada seluruh alat-alat bantu ketel. Persiapkan seluruh alat bantu listrik untuk start up.

Valve atau gate valves masing-masing di by-passes harus dalam keadaan tertutup.

Katup-katup by-pass hanya dioperasikan dalam hal yang khusus saja (seumpama kerusakan pada control valves)

2. Start up pertama dengan boiling out pada ketel

Sebelum dilakukan start-up pertama, seluruh pemipaan untuk uap, air, minyak dan kontrol udara harus dihembus/ditiup keseluruhannya guna menyingkirkan enda-benda asing yang terikut didalam pipa-pipa.

Pada waktu start-up pertama, konstruksi batu harus diperiksa/diperhatikan ketika pemanasan (pengeringan dari refractory).

Ketel dicuci sekurang-kurangnya dua kali dengan air dimana telah dibubuhi dengan detergent, tingkatkan level hingga NW dan draining secara individu akan dilakukan oleh drain valves.

Adalah bermanfaat sekali melakukan boiling out dengan beban dapur sekitar 10% dan dengan boiling out chemicals.

Tekanan akan meningkat hingga sekitar 80% dari pada desain pressure = 19 bar; teruskan selama 1 jam dengan posisi ini, setelah tekanan diturunkan dengan membuka superheater drain valves dan fan operation pada sekitar 5 bar.

Kemudian tekanan kembali meningkat hingga 19 bar.

Pressure increase gradient :

Jhonson H. Silalahi - Ketel Uap Analisa Desain Kekuatan Water Tube Boiler Kap....

| | | | |
|----|---|----------|-------------|
| 0 | - | 3 bar = | 0.3 bar/min |
| 3 | - | 10 bar = | 1.0 bar/min |
| 10 | - | 19 bar = | 1.5 bar/min |

Tekanan meningkat 5 kali sekitar 19 bar dan menurun ke 5 bar.

Setelah pemanasan dan pendinginan lintasan gas asap, ketel dikuras keseluruhannya dan diisi dengan air segar, saluran-saluran pengaliran harus dibuka secara individu dan bergantian.

Setelah pencucian, drum – drum diperiksa dan dibersihkan secara mekanis (sebelum dilakukan inspeksi, vessel dan drum – drum harus diventilasi dengan baik)

Prosedur ini diulang hingga air ketel bebas dari benda-benda asing.

3. Boiling out chemicals

Zat – zat ini dimasukkan kedalam ketel melalui manhole untuk setiap m³ air ketel

- 0.1 l Levoxin (15% N₂H₄)
- 1 kg Sodium hidroksida (solid NaOH, melarut)
- 0.5 kg Trisodium phosphate (20% P₂O₅, melarut)

Ini berarti bahwa untuk sekali pengoperasian boiling out dengan kapasitas ketel sekitar 0.66 atau 13.3 atau 14.9 m³ masing-masingnya.

Umpamanya untuk type 20 :

$$14,9 \times 0,1 = 1.5 \text{ ltr levoxin}$$

$$14.9 \times 1.0 = 15 \text{ kg Sodium hidroksida}$$

$$14.9 \times 0.5 = 7.5 \text{ kg Trisodium phosphate}$$

Pada waktu memasukkan boiling out chemicals, aturan-aturan mengenai pencegahan kecelakaan harus diperhatikan benar (sarung tangan karet, sepatu, kacamata pelindung dll)

4. Prosedur pada waktu mengalami kegagalan.

Dalam menemui kegagalan, tugas yang terpenting dari personel pengoperasian adalah memastikan penyelamatan instalasi dan menghindari kerusakan-kerusakan.

Penutupan instalasi yang tepat pada waktunya dikarenakan oleh kegagalan akan selalu memberi kerugian yang minimum.

Bila terjadi berkurangnya panas hasil pembakaran, turunkan beban ketel sesuai dengan panas yang ada.

Dalam hal kegagalan total dari sistem pembakaran, saluran uap ke turbine harus segera ditutup sebagaimana dijadwalkan. Perhatikan suhu superheater dan tekanan uap.

Jika kegagalan terjadi pada feed pump, panas hasil pembakaran harus diturunkan sekaligus.

Jika permukaan air dalam drum ketel tidak dapat dipertahankan lagi setelah adanya kegagalan pada feed pump atau oleh karena alasan –alasan lain seperti pipa retak maka tindakan – tindakan berikut harus diambil :

- hubungan dengan sistem pembakaran diputuskan seketika
- turunkan tekanan ketel sekaligus, jika diduga ada kebocoran pipa.

Dalam hal terjadinya kegagalan didalam feed water kontrol, pengamatan terhadap flow meter masuk ataupun flow meter dari steam pada boiler outlet dan terhadap permukaan air didalam drum adalah sangat penting.

Bila sewaktu – waktu boiler feed pump kontrol mengalami gangguan hubungan dapat diputuskan, pengisian air selanjutnya melalui by-pass secara manual.

Kerusakan pipa harus mendapat perhatian sesuai dengan lokasinya, pipa – pipa mungkin mengalami kerusakan oleh sebab :

- meningkatnya tekanan dalam dapur
- feed water dan kuantitas uap berbeda satu sama lain
- perubahan pada gas asap dan suhu uap
- suara gelombang didalam ketel
- uap air didalam gas asap mengalami plume padad cerobong

Bila perubahan temperature sebagai akibat dari kebocoran pada superheater masih dalam batas yang diijinkan, pada umumnya masih mungkin menghentikan operasi ketel secara normal. Bila pipa-pipa meretak ataupun rusak perlu melakukan pemadaman api dengan segera guna menghindari kerusakan lanjut.

Jika pemasuk bahan bakar harus diputuskan/distop disebabkan karena kegagalan berat pada instalasi, maka grate (kisi-kisi) harus diungkit, ruang abu harus dikosongkan dan dipadamkan.

Dalam hal steam extraction mengalami gangguan serius, pemasok bahan bakar harus diputuskan seketika. FD fan dan hubungan dengan secondary air fan harus diputuskan, air dampers harus ditutup. Untuk dapat menghindari stagnasi uap (suhu uap yang tidak diijinkan dan kenaikan uap), hal pertama yang dilakukan adalah dengan membuka superheater drain.

Jika instalasi harus ditutup disebabkan karena suatu kegagalan, harus diperhatikan/dipelihara variasi temperatur dalam batas yang diijinkan terhadap bagian-bagian dimana uap mengalir. Pengisian harus dihentikan setelah permukaan air mencapai = 50 mm di atas permukaan air normal didalam drum.

5. Pemeliharaan Instalasi

Segala kebocoran pada stuffing box, sambungan flens, sekrup dsb harus segera diperbaiki. Jika suatu seal tidak dapat diperketat lagi, maka hubungan dengan bahagian instalasi tersebut harus, segera mungkin seal diganti.

Kaca pelindung pada lubang periksa ruang dapur harus dipelihara agar selalu bersih hingga memungkinkan untuk memeliti nyala api.

Dalam hal tidak berfungsinya sinyal –sinyal lampu maka penggantian harus dilakukan agar dapat berfungsi lagi.

Gelas penduga harus dibersihkan secara periodik setiap hari harus dibuka untuk membuang kondensat, setaip kali pembuangan kondensat harus dicatat dalam buku harian.

Water level harus diperiksa sekali sehari, guna dapat memastikan alat ini berfungsi dengan baik, dilakukan degan menurunkan ketinggian permukaan air didalam drum dan dilakukan pencatatan.

Semua laporan harian harus tercatat dan terekam dengan baik dan dibuat dalam buku harian yang akan dibuat jadi bahan pedoman jika terjadi kerusakan dan kegagalan berikutnya karena dengan

harus diperiksa setiap saat oleh kepala regu boiler.



LITERATUR

1. Technical for Steam Boiler TRB 301. 1997
2. Sistem Perpipaan, *Raswari 1987*
3. Menggambar Mesin, *G. Takeshi Sato, N. Sugiarto*
4. Mesin – mesin Konversi Energi, *Syamsir Muin*

