

Analisa Drum Penampung Air Ketel Dengan Kapasitas Uap 43 Ton/jam dan Tekanan 28 kg/cm² pada Pabrik Pengolahan CPO (*Crude Palm Oil*)

Lelawati¹

Fakultas Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin, S.H.
Jl. Jendral Ahmad Yani No.1 Bengkulu 50275

llwtnaz@yahoo.com

Abstract

Palm oil processing plants (CPO) in the process really need the role of a steam boiler. A steam boiler is a device that works by heating water to a boil and producing steam. A steam boiler basically consists of a drum that is closed on both sides, with a to hold water. The classification of the steam boiler can be based on the fluid flowing in the pipe, its use, the location of the kitchen, the location of the pipe, the water circulation system, and the boiler heat source. This water in the drum is not only used to get steam heating, it is also useful to prevent the temperature rise that is too high from the parts that are directly related to the flue gas. Theoretically, to get steam with a capacity of 43 tons/hour and a pressure of 28 kg/cm², the area of the drum pipe $A = 28.26 \text{ m}^2$, the thickness of the drum plate $T = 0.875 \text{ cm}$, the stress that arises in the transverse direction = 1184.05 kg/cm² In planning the allowable stress is 2400 kg/cm², and the calculation results are 1184.05 kg/cm². So this plan meets the requirements that t is 2400 kg/cm² 1184.05 kg/cm². Inspection that the drum does not break 0.875cm 0.4 Meets the requirements that the drum is not easily broken.

Keywords : CPO, Pipe Area, Plate Thickness

Pendahuluan

Negara Indonesia khususnya Provinsi Bengkulu merupakan wilayah yang masyarakatnya bergerak dibidang pertanian dan perkebunan, dimana perkebunan kelapa sawit lebih diminati oleh masyarakat karena memiliki harga jual yang cukup tinggi.

Perkembangan industri pengolahan kelapa sawit pada pabrik CPO dengan proses perebusan kelapa sawit sangat membutuhkan peran ketel uap, Ketel uap adalah alat yang bekerja dengan cara memanaskan air hingga mendidih dan memproduksi uap panas yang bertekanan tinggi. Kemudian uap yang memiliki tekanan itu dialirkan ke suatu proses. Secara garis besar cara kerja ketel uap panas yang keluar dari api diserap oleh dinding ketel (bidang pemanas), kemudian panas ditransfer kedalam air hingga menjadi uap, energi dari uap inilah yang digunakan atau dimanfaatkan. Ketel uap ini mengkonversikan energi yaitu

energi panas menjadi energi potensial. Dalam industri pengolahan kelapa sawit CPO (*Crude Palm Oil*) uap panas yang dihasilkan ketel uap digunakan untuk penggerak turbin uap sebagai sumber energi listrik, perebusan kelapa sawit, dan proses pengolahan kelapa sawit.

Drum air merupakan bagian dari ketel yang berisi air, air dalam drum ini selain untuk mendapatkan uap panas juga berguna untuk mencegah terjadinya kenaikan temperatur yang terlalu tinggi dari bagian-bagian yang berhubungan langsung dengan gas asap.

Ketel uap pada dasarnya terdiri dari drum yang tertutup pada kedua sisi-sisinya dan dalam perkembangannya dilengkapi dengan pipa api maupun pipa air. Ketel uap diklasifikasikan berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa, penggunaannya, letak dapur, bentuk dan letak pipa, sistem beredaran air, serta sumber panas ketel.

Berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa

Ketel pipa api (*fire tube boiler*)

Pada ketel pipa api, fluida yang mengalir dalam pipa adalah gas nyala (hasil pembakaran) yang membawa energi panas yang segera mentransfer ke air ketel melalui bidang pemanas. Tujuan pipa-pipa api ini adalah untuk memudahkan distribusi panas kepada air ketel.

- a. Ketel pipa air (*water tube boiler*). Pada ketel pipa air, energi panas ditransfer dari luar pipa yaitu ruang dapur ke air ketel.

Berdasarkan pemakaian penggunaannya

- a. Ketel stasioner atau ketel tetap
Yang termasuk dalam ketel stasioner adalah ketel-ketel yang dudukannya di atas pondasi yang tetap.
- b. Ketel mobil
Yang termasuk dalam ketel mobil adalah ketel yang dipasang pada pondasi yang berpindah-pindah (mobil), seperti boiler lokomotif, loko mobile, dan ketel panjang serta lainnya seperti ketel kapal.

Berdasarkan Letak dapur

- a. Ketel dengan pembakaran didalam
Dapur berada dibagian luar ketel, kebanyakan ketel pipa api memakai *system* ini.
- b. Ketel dengan pembakaran diluar
Dapur berada dibagian luar ketel, kebanyakan ketel pipa air memakai *system* ini.

Berdasarkan bentuk dan letak pipa

- a. Ketel dengan pipa lurus, bengkok dan berlekak-lekuk
- b. Ketel dengan pipa miring-datar dan miring-tegak

Berdasarkan sistem peredaran air ketel

- a. Ketel dengan peredaran alam (*natural circulation steam boiler*). Pada ketel ini peredaran air di dalam ketel terjadi secara alami, yaitu air yang ringan naik sedang air yang berat turun sehingga terjadilah aliran konveksi alami.
- b. Ketel dengan peredaran paksa (*forced circulation steam boiler*). Pada ketel dengan aliran paksa diperoleh dari sebuah

pompa sentrifugal yang digerakkan dengan electric motor.

Berdasarkan Sumber panas (untuk pembuatan ketel uap)

- a. Ketel uap dengan bahan bakar alami
- b. Ketel uap dengan bahan bakar buatan
- c. Ketel uap dengan dapur listrik
- d. Ketel uap dengan energi nuklir.

Bagian Utama Ketel Uap

Drum air merupakan bagian ketel yang berisi air, air ini selain untuk mendapatkan pemanasan uap juga berguna untuk mencegah terjadinya kenaikan temperatur yang terlalu tinggi dari bagian-bagian yang berhubungan langsung dengan gas asap.

Ruang Uap

Ruang uap terdapat di atas ruang air, dengan demikian ada hubungan antara kedua bagian ini, batas air yang terlalu rendah akan berbahaya sebab dapat mengakibatkan terjadinya kelebihan panas yang dapat merusak bagian-bagian ketel. Sebaliknya jika batas air pada ruang air terlalu tinggi akan berakibat keluarnya air bersamaan dengan uap. Oleh sebab itu pengawasan air didalam ketel membutuhkan pengawasan dan pengamanan yang cukup teliti.

Ruang Bakar

Ruang bakar merupakan tempat terjadinya proses pembakaran bahan bakar, luas dan bentuk ruang bakar tergantung dan jenis ketel, jenis bahan bakar yang digunakan, dan cara pembakaran yang dilakukan. Bentuk ruang bakar ini turut mempengaruhi hasil pembakaran bahan bakar.

Bidang Pemanas

Bidang pemanas ini merupakan bidang tempat lewatnya kalor hasil bahan bakar ke air dan uap didalam ketel, semakin besar bidang pemanas yang dipanaskan maka semakin besar pula panas yang dapat dipindahkan.

Perpindahan panas kalor pada ketel dapat terjadi dengan tiga cara atau kombinasi dari ketiganya yaitu :

Perpindahan panas secara konduksi (hantaran)

adalah proses perpindahan panas dari suatu bagian ke bagian lain dalam satu material-material yang saling bersentuhan.

Pada ketel proses konduksi ini terjadi pada :

- a. Dinding ruang bakar
- b. Dinding pipa gas asap
- c. Dinding pipa air

Perpindahan kalor secara konveksi (aliran)

Yaitu proses perpindahan panas oleh kombinasi proses konduksi penyimpanan energi dan gerak pencampuran. Pada ketel proses konveksi terjadi pada :

- a. Gas asap dengan dinding gas asap
- b. Dinding pipa gas asap ke air

Perpindahan panas secara radiasi (pancaran)

Yaitu proses perpindahan kalor yang pancarkan dari benda bertemperatur tinggi ke benda bertemperatur rendah yang terpisah satu sama lain tanpa media perantara. Pada ketel proses radiasi terjadi pada ruang bakar yaitu dari badan api ke dinding ruang bakar.

Jenis – Jenis Dari Uap

Uap Basah

adalah uap yang masih bercampur bagian air halus yang mempunyai suhu yang sama.

Besarnya entalpi jenis dari uap basah adalah :

$$H = h^1 + x \cdot r$$

Dimana :

H = Entalpi Jenis

h^1 = Kalor zat cair

x = Jumlah uap yang terdapat dalam kalor basah tersebut

r = Kalor penguapan

Uap jenuh adalah uap yang tidak mengandung bagian – bagian air. Besar entalpi jenis dari uap jenuh adalah :

$$H = h^1 + r$$

Uap panas lanjut adalah uap yang dapat dari pemanas. Besarnya entalpi jenis uap panas lanjut ini adalah :

$$H = h^1 + r + cp \cdot \Delta t$$

Dimana :

cp = panas jenis pada tekanan uap

Δt = perbedaan temperature uap masuk dan keluar superheater.
(untuk mengubah uap panas jenuh menjadi uap panas lanjut)

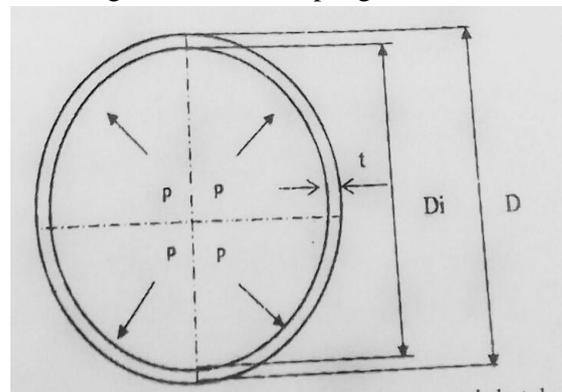
Melakukan Pengumpulan Data dilapangan, kemudian dilakukan perhitungan

Metode Penelitian

Perencanaan drum sesuai dengan kapasitas yang direncanakan menggunakan rumus-rumus dari berbagai literatur, dimana drum berfungsi untuk menampung air ketel dari ekonomiser serta menampung uap yang dihasilkan ketel, diasumsikan drum terbuat dari bahan baja tempa DIN 17100, St 37-1 dengan kekuatan tarik $240 \text{ N/mm}^2 = 240 \text{ kg/cm}^2$.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Perhitungan Drum Penampung Air Ketel



Gambar 1. Drum ketel uap.

Diameter drum (D) = 1,5 m

Panjang drum (L) = 6 m

Luas Bidang Pipa Drum

$$A = \pi \cdot D \cdot L$$

Penjelasan :

A = luas bidang pipa (m^2)

D = diameter drum 1,5 (m)

L = panjang drum 6 (m)

Maka :

$$A = \pi \cdot D \cdot L$$

$$A = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 6$$

$$A = 28,26 \text{ m}^2$$

Tebal Plat Drum

$$T = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma t}$$

Penjelasan :

- T = tebal plat drum (cm)
- P = tekanan kerja pada katel (28 kg/cm²)
- D = diameter drum (1,5 m = 150 cm)
- σt = tegangan tarik yang diizinkan (2400 kg/cm²)

maka :

$$T = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma t}$$

$$T = \frac{28 \cdot 150}{2 \cdot 2400}$$

$$T = \frac{4200}{4800}$$

$$T = 0,875 \text{ cm}$$

Perhitungan Sambungan Las

Perhitungan kemungkinan drum terbelah.

Untuk tekanan memanjang dapat menggunakan rumus :

$$t_p = (P \cdot d)/(4 \cdot t)$$

Penjelasan :

- t_p = kemungkinan putus sambungan las
- P = tekanan kerja (28 kg/cm²)
- d = diameter drum (1,5 m = 150 cm)
- t = tebal plat drum (0,875 cm)

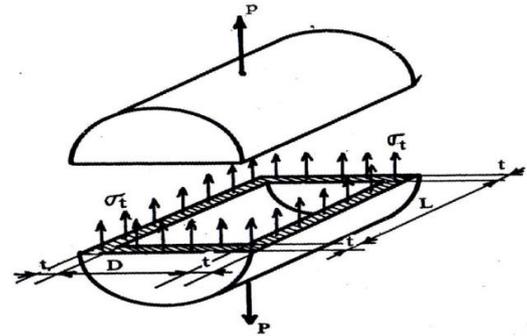
maka :

$$t_p = \frac{P \cdot d}{4 \cdot t}$$

$$t_p = \frac{28 \cdot 150}{4 \cdot 0,875}$$

$$t_p = 4200/3,5 = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

Pemeriksaan drum agar tidak pecah biasanya menggunakan rumus :



Gambar 2. Drum pecah

$$t \geq \frac{D \cdot P}{2 \cdot \sigma t \left(1 + \frac{D}{L}\right)}$$

Penjelasan :

- D = diameter drum (1,5 m)
- P = tekanan kerja (28 kg/cm²)
- σt = tegangan tarik yang diizinkan (2400 kg/cm²)
- L = panjang drum (6 m)

maka :

$$t \geq \frac{D \cdot P}{2 \cdot \sigma t \left(1 + \frac{D}{L}\right)}$$

$$t \geq \frac{1,5 \cdot 28}{2 \cdot 2400 \left(1 + \frac{1,5}{6}\right)}$$

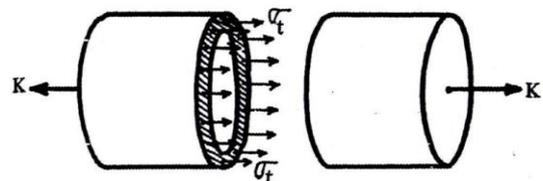
$$t \geq \frac{42}{4800(1,25)} = 0,007 \text{ cm}$$

$$0,875 \text{ cm} \geq 0,007$$

Memenuhi syarat, karena resiko drum terbelah sangat kecil.

Perhitungan Berdasarkan Drum Putus

Tegangan arah melintang dapat dihitung dengan rumus:



Gambar 3. Drum belah

$$Pl = \frac{\pi}{4} \cdot (Di)^2 \cdot P$$

Penjelasan:

- Di = diameter dalam drum (149 cm)
- P = tekanan kerja 28 kg/cm²

maka :

$$Pl = \frac{\pi}{4} \cdot (Di)^2 \cdot P$$

$$Pl = \frac{3,14}{4} \cdot (149)^2 \cdot 28$$

$$Pl = 0,785 \cdot 22201,28$$

$$PI = 487977,98 \text{ kg}$$

Gaya PI akan ditahan oleh dinding drum, untuk menghitung tebal dinding menggunakan rumus :

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot 4 \cdot D \cdot t$$

Penjelasan :

D = diameter drum (150 cm)
 t = tebal plat drum (0,875 cm)

maka :

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot 4 \cdot D \cdot t$$

$$F = \frac{3,14}{4} \cdot 4 \cdot 150 \cdot 0,875$$

$$F = 0,785 \cdot 525$$

$$F = 412,125 \text{ cm}^2$$

Tegangan Yang Timbul Pada Arah Melintang

$$\sigma\alpha = \frac{PI}{F}$$

Penjelasan:

PI = tegangan yang timbul pada arah melintang (487977,98)
 F = tebal dinding (412,125 cm^2)

maka :

$$\sigma\alpha = \frac{PI}{F}$$

$$\sigma\alpha = \frac{487977,98}{412,125}$$

$$\sigma\alpha = 1184,05 \text{ kg/cm}^2$$

Dalam melakukan perencanaan tegangan yang di izinkan adalah 2400 kg/cm^2 , dan didapatkan hasil perhitungan sebesar 1184,05 kg/cm^2 . Maka perencanaan ini memenuhi syarat bahwa $at \geq \sigma\alpha$ yaitu 2400 $\text{kg/cm}^2 \geq 1184,05 \text{ kg/cm}^2$.

Pemeriksaan Agar Drum Tidak Putus

$$t \geq \frac{D \cdot P}{4 \cdot \sigma t}$$

Penjelasan :

t = tebal drum (0,875 cm)
 D = diameter drum (1,5 cm)
 P = tekanan kerja (28 kg/cm^2)
 σt = tegangan yang di izinkan (2400 kg/cm^2)

maka :

$$t \geq \frac{D \cdot P}{4 \cdot \sigma t}$$

$$t \geq \frac{1,5 \cdot 28}{4 \cdot 2400}$$

$$t \geq \frac{42}{9600}$$

$$t \geq 0,0004$$

$$0,875 \text{ cm} \geq 0,4$$

Memenuhi syarat agar drum tidak mudah putus.

Kesimpulan

Luas Bidang Pipa Drum $A = 28,26 \text{ m}^2$

Tebal Plat Drum $T = 0,875 \text{ cm}$

Perhitungan Sambungan Las $t_p = 4200/3,5 = 1200 \text{ kg/cm}^2$.

Pemeriksaan drum agar tidak pecah $0,875 \text{ cm} \geq 0,007$. Memenuhi syarat, karena resiko drum terpecah sangat kecil.

Perhitungan Berdasarkan Drum Putus $PI = 487977,98 \text{ kg}$.

tebal dinding $F = 412,125 \text{ cm}^2$

Tegangan Yang Timbul Pada Arah Melintang $\sigma\alpha = 1184,05 \text{ kg/cm}^2$ Dalam melakukan perencanaan tegangan yang di izinkan adalah 2400 kg/cm^2 , dan didapatkan hasil perhitungan sebesar 1184,05 kg/cm^2 . Maka perencanaan ini memenuhi syarat bahwa $at \geq \sigma\alpha$ yaitu $2400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \geq 1184,05 \text{ kg/cm}^2$.

Pemeriksaan Agar Drum Tidak Putus $0,875 \text{ cm} \geq 0,4$.

Memenuhi syarat drum tidak mudah putus.

Saran

Disarankan untuk menghitung drum penampung air pada ketel uap dengan bahan dan kapasitas yang berbeda.

Daftar Pustaka

- Culp, Archie W. Sitompul, Darwin. 1996. *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Jakarta : Erlangga.
- Daryanto. 1993. *Dasar – Dasar Teknik Mesin*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Djokosetyardjo, M.J. 1987. *Ketel Uap* . Jakarta : PT Pradanya Paramita.
- Djokosetyardjo, M.J. 1990. *Pembahasan Lebih Lanjut Tentang Ketel Uap*, Jakarta : PT. Pradanya Paramita.
- Djokosetyardjo, M.J. 2003. *Ketel Uap*. Jakarta : PT. Pradya Paramita.
- Muin, Syamsir A. 1998. *Pesawat–Pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap)*. Jakarta : Rajawali Pers.
- Sularso, K Suga, 1991. *Dasar Perencanaan Mesin*. Jakarta : PT. Pradya Paramita