

ANALISA PERPINDAHAN PANAS PIPA SUPERHEATER AKIBAT PEMBENTUKAN KERAK PTPN IV ADOLINA PERBAUNGAN

Oleh:

Milis Julaan Rajagukguk ¹⁾

Hariady Syahputra ²⁾

Rasta Purba ³⁾

T. Hasballah ⁴⁾

Universitas Darma Agung ^{1,2,3,4)}

E-mail:

milisaan1999@gmail.com ¹⁾

syahputraariyadi@gmail.com ²⁾

rastapurba@gmail.com ³⁾

t.hasballah@gmail.com ⁴⁾

ABSTRACT

The writing of this undergraduate assignment aims to determine the actual effect of scale thickness on heat transfer in the superheater pipe and to find out how much it affects the use of fuel, so as to obtain the maximum amount of heat for dry steam in the palm oil industry with a capacity of 27 tonnes / hour at a pressure of 30 bar and temp 239oC. In completing this final project the author conducted a survey at PTPN. IV Adolina. The purpose of this survey is to obtain the data needed to analyse the heat transfer in the superheater pipe. The conclusion of this analysis is that the thicker the crust attached to the superheater pipe, the overall heat transfer coefficient will decrease as a result the heat required by the superheater pipe will increase and fuel consumption will also increase.

Keywords: *Superheater, Heat Transfer, Scale.*

ABSTRAK

Penulisan tugas sarjana ini bertujuan untuk mengetahui secara aktual pengaruh tebal kerak terhadap perpindahan panas pada pipa superheater dan untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap penggunaan bahan bakar, sehingga didapat jumlah panas yang maksimal untuk uap kering pada industri kelapa sawit dengan kapasitas 27 ton/jam pada tekanan 30 bar dan temp 239°C. Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penulis melakukan survey di PTPN. IV Adolina. Tujuan dari survey ini untuk mendapat data-data yang diperlukan dalam menganalisa perpindahan panas pada pipa superheater. Simpulan dari analisa ini bahwa semakin tebal kerak yang menempel pada pipa superheater maka koefisien perpindahan panas menyeluruh akan semakin menurun akibatnya panas yang dibutuhkan pipa superheater akan naik dan pemakaian bahan bakar juga meningkat.

Kata Kunci: *Superheater, Perpindahan Panas, Kerak.*

1. PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Pada masa sekarang ini penggunaan energi sangatlah di butuhkan, apalagi masalah krisis energi yang melanda negara Indonesia. Oleh karena itu produsen ketel uap menciptakan uap dengan teknologi yang canggih serta dapat di jangkau konsumen dengan mutu dan kualitas yang baik.

Salah satu mesin yang di gunakan untuk menghasilkan uap ialah ketel uap (boiler). Pada ketel uap terdapat komponen yang mendukung terjadinya produksi uap kering yaitu komponen pipa superheater.

Kerusakan-kerusakan yang dapat menyebabkan pipa superheater tidak dapat beroperasi antara lain:

1. Penyumbatan pipa superheater;

2. Kebocoran pada pipa superheater

3. Pecahnya pipa superheater;

Kerusakan-kerusakan Pada pipa superheater seperti contoh diatas sebagian besar di sebabkan karena adanya factor pengerakan pada pipa superheater, selain dapat menyebabkan pipa superheater rusak kerak tersebut juga dapat menurunkan efisiensi ketel, karena panas yang akan diserap oleh uap dihalangi oleh adanya kerak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis akan mencoba menganalisa pengaruh kerak pada pipa superheater untuk memperoleh gambaran seberapa besar pengaruhnya terhadap efisiensi ketel.

2. Tujuan Analisa

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini meliputi beberapa factor diantaranya antara lain:

1. Dapat mengetahui serta membandingkan teori yang didapat di bangku perkuliahan dengan keadaan yang sebenarnya pada dunia industri.
2. Dapat mengetahui sistem kerja dari ketel uap khususnya pada komponen pipa superheater.
3. Dapat menganalisa koefisien perpindahan panas yang terjadi pada pipa superheater.
4. Dapat mengetahui seberapa besar pengaruh kerak terhadap perpindahan panas pada pipa superheater.

2. TINJAUAN PUSTAKAN

1. Pengertian Umum Ketel Uap

Ketel uap (boiler) berasal dari bahasa inggris yaitu "boiling" yang artinya mendidih. Dengan demikian boiler dapat diartikan sebagai alat yang dapat menghasilkan uap atau dengan kata lain disebut juga pesawat yang mengkonversikan energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas atau thermal untuk mendidihkan air menjadi uap.

Ketel uap terdiri dari berbagai bentuk dan ukuran, sementara uap yang dihasilkan ketel uap mempunyai temperatur dan tekanan yang tinggi sehingga uap tersebut

dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan diantaranya:

1. Pembangkit tenaga listrik melalui turbin.
2. Proses pengolahan unit-unit industri.
3. Proses kimia.
4. Kombinasi pembangkit listrik dan proses pengolahan unit-unit industri.

Ketel uap beroperasi atas dasar bila di panaskan, dimana fasa air berubah menjadi uap. Ketel uap dipanaskan dengan berbagai macam bahan bakar diantaranya:

1. Gas alam
2. Minyak
3. Batu bara
4. Panas yang terbuang
5. Sampah yang di abukan (serabut dan cangkang)
6. Kayu
7. Energi nuklir

Klasifikasi Ketel Uap

Secara garis besar ketel uap ini dapat diklasifikasikan menjadi tiga golongan utama yaitu:

A. ketel uap berdasarkan fluida yang mengalir didalam pipa

1. Ketel Uap Pipa Api (fire Tube Boiler)

Pada ketel uap pipa api fluida yang mengalir dalam pipa adalah gas nyala (hasil pembakaran) yang membawa energi panas dan mentransfernya ke air ketel melalui bidang pemanas (heating surface). Air atau uap menerima energi panas dari dalam pipa atau disebut dengan pembakaran didalam (internal combustion).

Jenis ketel-ketel yang tergolong dalam ketel lorong api atau ketel lorong api adalah ketel-ketel uap kecil serta sederhana yang hanya mampu memproduksi uap maksimum sebanyak 10 ton uap/jam, dengan tekanan maksimum 24 kg/cm^2 . Jadi tergolong ketel-ketel untuk tekanan rendah.

Proses Pembentukan Uap

Uap adalah jenis fluida yang merupakan fasa gas dari air, bila air mengalami pemanasan sampai temperatur dididih dibawah tekanan standart. Uap dan air sudah sangat sering kita jumpai pada kehidupan kita mulai dari jaman dahulu, namun uap tersebut tidak dimanfaatkan untuk keperluan lain. Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi barulah uap tersebut dapat digunakan atau mempunyai daya guna. Yang pertama kali menggunakan uap pada mesin uap adalah James Watt pada tahun 1769 hingga sekarang ini terus berkembang penggunaannya mulai dari industri pengolahan hingga industri pembangkit listrik.

3. METODE PENELITIAN

1. Metode Penelitian

Dalam hal pelaksanaan penelitian/analisa yang tertuang dalam tugas akhir ini penulis akan mencoba untuk menganalisa permasalahan yang akan sering dihadapi didunia industri.

Kemudian penulis juga akan menganalisa faktor-faktor utama yang menyebabkan pembentukan kerak pada pipa superheater. Dalam hal ini penulis mengasumsikan bahwa penyebab pembentukan kerak pada pipa superheater disebabkan karena kualitas air umpan yang kurang baik dan pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna.

Dari berbagai data yang terkumpul, penulis akan mengkaji secara spesifik dengan melakukan pendekatan-pendekatan dengan persamaan dari berbagai literatur yang dapat memberikan kesimpulan penyebab pembentukan kerak pada pipa superheater.

Akibat-Akibat Yang Terjadi Pada Pipa Superheater

Dalam hal ini penulis akan membahas secara spesifik dampak-dampak yang terjadi pada pipa superheater ditinjau dari segi pembentukan kerak (scaling).

Dan penulis juga akan memaparkan dengan gamblang apa yang menyebabkan

terjadinya pembentukan kerak, dampak yang diakibatkan dari pembentukan kerak juga upaya-upaya pencegahan yang dapat dilakukan agar pembentukan kerak dapat diperkecil prosesnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penggunaan Bahan Bakar Bahan Bakar

Dalam memproduksi uap pada ketel uap, dibutuhkan kalor (panas). Dimana panas diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar pada ruang bakar.

Pemilihan bahan bakar yang yang dipergunakan pada ketel uap didasarkan atas beberapa persyaratan yaitu:

1. Bahan bakar mudah untuk diperoleh
2. Bahan bakar cukup disuplai secara kontiniu
3. Nilai kalor bahan bakar mampu untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan
4. Harga bahan bakar relatif murah (ekonomis).

Pada umumnya bahan bakar yang digunakan pada ketel uap ada 4 (empat) macam antara lain:

1. Bahan bakar padat (solid fuel) yaitu batu bara, cangkang, kayu dan lain-lain
2. Bahan bakar cair (liquid fuel) yaitu minyak berat (residu), solar dan premium
3. Bahan bakar gas (gas fuel) yaitu gas alam, LPG, LNG
4. Bahan bakar nuklir yaitu uranium.

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis melakukan survey di PTPN IV Adolina Perbaungan dimana bahan bakar yang digunakan adalah bahan bahan bakar serabut dan cangkang sisa dari pengolahan minyak inti kelapa sawit itu sendiri dengan skala perbandingan bahan bakar 1:4.

Nilai Kalor Pembakaran

Nilai kalor pembakaran adalah banyaknya energi panas yang dilepas pada

proses pembakaran sempurna dari satu kilogram bahan bakar.

Nilai kalor bahan bakar dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:

1. Nilai Kalor Tertinggi (*Higer Heating Value*)

Ialah banyaknya kalor yang diperoleh pada proses pembakaran sempurna satu kilogram bahan bakar dengan memperhitungkan panas kondensasi air pada bahan bakar tersebut.

2. Nilai Kalor Rendah (*Low Heating Value*)

Yaitu banyak panas yang diperoleh pada pembakaran sempurna dari satu kilogram bahan bakar tanpa memperhitungkan panas kondensasi air pada bahan bakar tersebut.

Dari data yang didapat dilaboratorium PKS PTPN IV Adolina Perbaungan, komposisi bahan bakar serabut dan cangkang adalah sebagai berikut:

Table 1. komposisi serabut dan cangkang

komposisi	Cangkang	Serabut
Carbon	38,01	26,61
Hidrogen	4,48	3,27
Nitrogen	1,68	10,39
Oksigen	29,54	12,28
Sulfur	0,14	0,17
Abu	2,00	3,73
air	24,15	43,55
jumlah	100	100

Sumber : PTPN IV Adolina

dari data yang didapat bahwa skala perbandingan bahan bakar ialah 1:4 artinya bahwa 25% adalah bahan bakar cangkang dan 75% adalah serabut. Persentase serabut lebih besar agar tidak terjadi over heat.

Maka nilai pembakaran tertinggi (HHV) untuk bahan bakar serabut dan cangkang adalah:

$$HHV = 33.950.C + 144.200 \left[H_2 - \frac{O_2}{8} \right] + 9400.S$$

$$= 33.950.(0,294) + 144.200 \left[0,0357 - \frac{0.16595}{8} \right] + 9400.(0,0016)$$

$$= 12178,01 \text{ kJ/kg}$$

$$LHV = HHV - 2400(M + 9.H_2)$$

$$= 12.178,01 - 2400(0,387 +$$

$$9(0,0357))$$

$$= 6925,764 \text{ kJ/kg}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, panas yang diberikan oleh bahan bakar diambil nilai terendahnya yaitu 6925,764 kJ/kg.

Kebutuhan Bahan Bakar

Banyaknya bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan uap sebanyak 27.000 kg uap/jam, pada temp 239 °C dan tekanan 30 bar dapat ditentukan dengan persamaan dibawah ini:

$$Wf : \frac{Ws \cdot (h_{sup} - h_a)}{LHV \cdot \eta_k} \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right)$$

Dimana :

Wf : Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan (kg bahan bakar/jam)

Ws : Massa uap yang dihasilkan ketel uap 27.000 kg uap/jam.

h_{sup} : Enthalpy uap keluar uap keluar superheater 239 °C dan tekanan 30 bar : 676,07 kal/kg

h_a : Enthalpy air pengisi ketel 95 °C dan tekanan 30 bar : 95,04 k.kal/kg

η_k : Effisiensi ketel (70 – 90)% : 85% direncanakan

LHV : 10478,09 kJ/kg = 2501,27 k.kal/kg bahan bakar

Maka :

$$Wf = \frac{27000 \times (676,07 - 95,04)}{2501,27 \times 0,85} = 7278,75 \text{ kg bahan bakar/ jam}$$

Berarti jumlah bahan bakar yang dibutuhkan dalam waktu satu jam adalah sebanyak 7875,169 kg bahan bakar/jam.

Energi Kalor Hasil Pembakaran Bahan Bakar (Qf)

Kalor pembakaran adalah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar yang terbakar didalam ruang bakar, energi kalor hasil pembakaran ini dapat dihitung dengan persamaan seperti dibawah ini.

$$Qf = Wf \cdot LHV \cdot \eta_k \left(\text{k} \cdot \frac{\text{kal}}{\text{jam}} \right)$$

Dimana: Qf : kalor pembakaran bahan bakar (k.kal/jam)

Wf : kebutuhan bahan bakar 7278,75 kg bahan bakar/jam

LHV : Nilai kalor pembakaran terendah 2502,375 k.kal/kg bahan bakar

η_k : Effisiensi dapur (menurut syamsir Muin 1988) (0,90 - 0,97%)
: 0,90% diambil

maka :

$$Qf = 7278,75 \times 2501,27 \times 0,90 \\ = 16610621,41 \text{ k.kal/jam}$$

Neraca Kalor

Neraca kalor adalah perimbangan antara kalor yang masuk (*input*) dengan kalor yang berguna (*output*) dan kalor yang terbuang (*losses*). Dimana kalor yang masuk adalah 16610621,41 k, kal/jam

Kalor yang dibutuhkan untuk membentuk uap saturasi ialah:

$$Q_{sat} = W_s \cdot (h_{sat} - h_a)$$

Dimana :

Q sat : kalor yang dibutuhkan untuk membentuk uap saturasi (k.kal/jam)

W_s : massa uap (27000 kg uap/jam)

h_{sup} : Enthalpy uap keluar uap keluar superheater 239 °C dan tekanan 30 bar : 676,07 kal/kg

h_{sat} : Enthalpy uap masuk superheater 205°C dan tek 30 bar :667,79 k.kal/jam

h_a : Enthalpy air pengisi ketel 95 °C dan tekanan 30 bar : 95,04 k.kal/kg

maka :

$$Q_{sat} = W_s \cdot (h_{sat} - h_a) \\ = 27000 \times (667,79 - 95,04) \\ = 15464250 \text{ k.kal/jam}$$

Kalor yang meninggalkan pipa water wall (Qg)

$$Q_g = Q_f - Q_{sat} \\ = 16610621,41 - 15464250 \\ = 1146371,41 \text{ k.kal/jam}$$

Kalor yang dibutuhkan superheater (Q_{sup})

$$Q_{sup} = W_s \cdot (h_{sup} - h_{sat}) \\ = 27000 \times (676,07 - 667,07) \\ = 223560 \text{ k.kal/jam}$$

Perhitungan Kalor Yang Terbuang (Qr)

Kalor yang terbuang adalah panas yang terbawa gas asap ke cerobong asap dan kalor yang hilang pada ketel dapat dihitung dengan persamaan (menurut syamsir Muin 1988)

$$Q_r = Q_f - (Q_{sat} + Q_{sup}) \\ = 16610621,41 - (15464250 + 223560) \\ = 922811,41 \text{ k.kal/jam}$$

Effisiensi ketel : $\eta_k = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$

Dimana :

Q_{in} = Q_f : kalor masuk hasil pembakaran
16610621,41 k.kal/jam

Q_{out} = Q_r: kalor yang terbuang
922811,41 k.kal/jam

Maka :

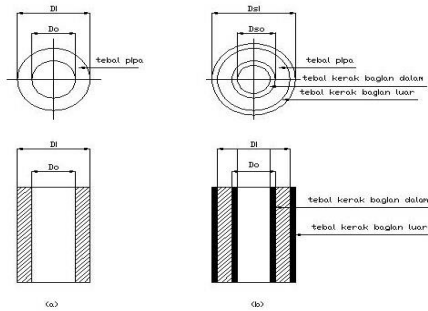
$$\eta_k = \frac{16610621,41 - 922811,41}{16610621,41} \times 100\% \\ = 0,94 \times 100\% \\ = 94 \%$$

2. Analisa Pengaruh Kerak Pada Pipa Superheater

Analisa pengaruh kerak pada pipa superheater ini dilakukan sebagai perbandingan adanya kenaikan temperatur pada permukaan pipa tanpa adanya kerak dengan permukaan pipa yang terdapat kerak pada pipa superheater dan untuk menganalisa pengaruh endapan kerak pada effisiensi ketel uap. Hal ini perlu diperhitungkan karena dalam prakteknya kenaikan temperatur mempengaruhi konsumsi bahan bakar.

Terjadinya proses pergerakan pada pipa superheater dapat terjadi pada dua sisi antara lain:

1. Terjadinya kerak pada bagian dalam pipa superheater
2. Terjadinya kerak pada bagian luar pipa superheater



Gambar 4.2. Ilustrasi terjadinya kerak
(a) Pipa tanpa kerak (b) Pipa dengan endapan kerak

(Sumber :

4.2.1. Perhitungan Perpindahan Panas Pipa Superheater Tanpa endapan Kerak

Untuk menganalisa pe rpindahan panas pada pipa superheater akibat adanya kerak, maka terlebih dahulu harus diketahui perpindahan panas pada pipa superheater tanpa adanya kerak.

Untuk harga “U” dimana yang panjangnya lebih besar daripada diameternya, kemudian permukaan luar dan dalamnya dilingkungan konveksi, maka harga koefisien perpindahan panas dapat dicari dengan persamaan:

ari hasil analisa sebelumnya maka didapat data-data sebagai berikut:

Diameter luar pipa (Do) = 60,34 mm
= 0,0603 m

Jari-jari luar pipa (ro) = 0,03015 m

Diameter dalam pipa (Di) = 52,54 mm
= 0,05254 m

Jari-jari dalam pipa (ri) = 0,02627 m

Panjang total pipa (PP_{tot})

Jumlah pipa superheater

Dari data diatas maka didapat panjang pipa rata-rata (Pr) adalah:

$$Pr = \frac{\text{panjang pipa total}}{\text{jumlah pipa}}$$

$$= \frac{122,13}{19} = 6,4278 \text{ m}$$

Dengan data diatas maka harga koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) dapat ditentukan yaitu:

$$= \frac{1}{0,004108 + 0,0000758 + 0,0001886} = 228,69 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Dari persamaan (1) dan persamaan (2) didapat

$$\Delta T = \frac{q}{U} \rightarrow (TA - TB) = \frac{q}{U}$$

Dimana TB = 239 °C (temperatur uap superheater)

Maka:

$$TA - 239 = \frac{35184,61409}{228,69}$$

$$TA = 392,85 \text{ °C}$$

Untuk mencari perbedaan temperatur (ΔT) ialah:

$$\Delta T = TA - TB$$

$$= 392,85 - 239$$

$$= 153,85 \text{ °C}$$

Sedangkan untuk mencari harga kalor pembakaran (Qf) yang dibutuhkan dapat dicari dengan persamaan:

$$qf = ma \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$$qf = 27000 \times 0,447 \times 153,85$$

$$= 1856847,84 \text{ k.kal/jam}$$

Dan untuk mencari harga konsumsi bahan bakar (Wf), terlebih dahulu harus menambahkan kalor pembakaran dengan kalor yang dibutuhkan untuk membuat uap saturasi:

$$Wf = \frac{1856847,84 + 15464250}{2501,27 \times 0,90}$$

$$= 7694,36 \text{ b.bakar/jam}$$

Berarti jumlah bahan bakar yang dibutuhkan dalam waktu satu jam adalah sebanyak 7694,36 kg b. bakar/jam.

Perhitungan Perpindahan Panas Pipa Superheater Dengan Endapan Kerak

Pada Sisi Luar dan dalam Pipa Superheater

Endapan kerak pada sisi luar dan dalam pipa superheater akan mempengaruhi laju perpindahan panas pembakaran. jika koefisien perpindahan panas menyeluruh pada pipa dalam keadaan bersih sebesar $228,69 \text{ W/m}^2\text{°C}$ terhadap waktu pemanasan lanjut uap saturasi, angka tersebut kemungkinan meningkat jika terjadi pada pipa yang terdapat endapan kerak.

Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan uap superheat sesuai dengan temperatur, tekanan dan kapasitas yang ditentukan, maka suplay kalor haruslah sesuai untuk pipa apabila terjadi endapan kerak.

Untuk menentukan koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) dari gambar diatas dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_o A_o} + \frac{\ln(\frac{r_{sl}}{r_o})}{2 \cdot \pi \cdot k_{sl} \cdot L} + \frac{\ln(\frac{r_o}{r_i})}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot L} + \frac{\ln(\frac{r_{sc}}{r_o})}{2 \cdot \pi \cdot k_{sc} \cdot L} + \frac{1}{h_i A_i}}$$

$$= 111,71 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Dalam menganalisa perhitungan distribusi temperatur pada permukaan dinding pipa yang terbentuk endapan kerak, dilakukan beberapa asumsi antara lain:

$$\Delta T = \frac{q}{U} \rightarrow (TA - TB) = \frac{q}{U}$$

Dimana: $TB = 239 \text{ °C}$

Sehingga:

$$TA - 239 = \frac{35184,61409}{111,72}$$

$$= 553,95 \text{ °C}$$

Untuk temperatur permukaan bagian-bagian pipa (T_{sl} , T_o , T_i dan T_{sc}) dari persamaan diatas dapat ditentukan:

$$T_{sl} \rightarrow (TA - T_{sl}) = q \cdot R_1$$

$$= 245,64 \text{ °C}$$

Dan untuk mencari perbedaan temperatur (ΔT) ialah:

$$\Delta T = TA - TB$$

$$= 553,95 - 239$$

$$= 314,95 \text{ °C}$$

Sedangkan untuk mencari harga kalor pembakaran (Q_f) yang dibutuhkan dapat dicari dengan persamaan:

$$q_f = m_a \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Sehingga:

$$q_f = 27000 \times 0,447 \times 314,95$$

$$= 3801164,90 \text{ k.kal/jam}$$

Dan untuk mencari harga konsumsi bahan bakar (W_f), terlebih dahulu harus menambahkan kalor pembakaran dengan kalor yang dibutuhkan untuk membentguk uap saturasi :

$$W_f = \frac{q_f + Q_{sat}}{LHV \cdot \eta_f}$$

maka:

$$W_f = \frac{55077889,97 + 15464250}{2501,27 \times 0,90}$$

$$= 8558,06 \text{ kg.b bakar/jam}$$

Berarti jumlah bahan bakar yang dibutuhkan dalam waktu satu jam adalah sebanyak 8558,06 kg b. bakar/jam.

3. Grafik Hasil Perhitungan perpindahan panas

Setelah melakukan analisa perhitungan perpindahan panas akibat endapan kerak pada pipa superheater dimana hasil analisa tersebut diperoleh kerugian-kerugian, kerugian-kerugian tersebut antara lain ialah menurunnya koefisien perpindahan panas, meningkatnya kolor pembakaran yang dibutuhkan pipa superheater dan meningkatnya pemakaian bahan bakar yang dibutuhkan untuk menjaga produksi uap yang telah ditentukan, hasil perhitungan tersebut dibuat dalam bentuk grafik untuk mengetahui secara jelas pengaruh endapan kerak pada pipa superheater.

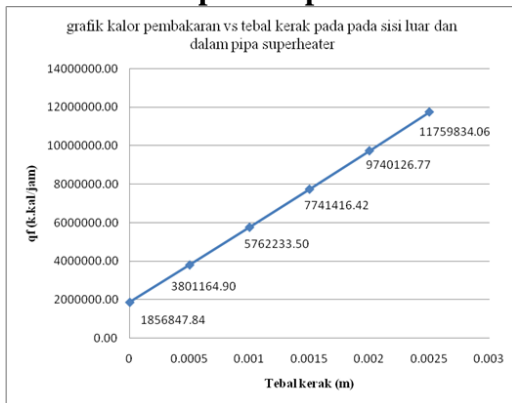
Grafik Pengaruh Endapan Kerak Terhadap Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh



Grafik 4.3.1. koefisien perpindahan kalor menyeluruh vs tebal kerak pada pada sisi luar dan dalam pipa superheater

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa perpindahan panas menyeluruh pada pipa superheater terjadi penurunan, hal ini diakibatkan karena adanya endapan kerak pada sisi bagian luar dan dalam pipa, penurunan koefisien perpindahan panas menyeluruh ini berbanding lurus dengan ketebalan kerak, dimana semakin tebal kerak yang menempel pada pipa maka perpindahan panas pipa superheater akan semakin menurun, hal ini dapat terjadi karena kerak merupakan isolasi panas.

i. Grafik Pengaruh Endapan Kerak Terhadap kalor pembakaran

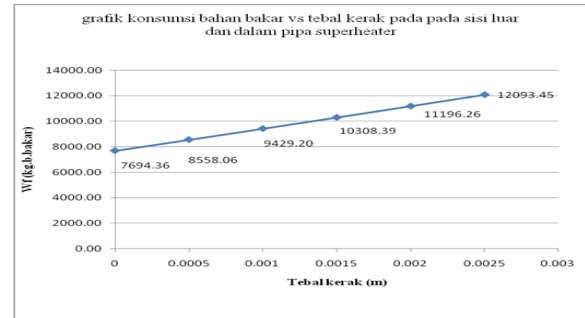


Grafik 4.3.2. kalor pembakaran vs tebal kerak pada pada sisi luar dan dalam pipa superheater

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa Semakin tebal endapan kerak pada pipa superheater maka laju perpindahan panas akan semakin terhambat, hal ini akan mengakibatkan meningkatnya konsumsi bahan bakar. Dalam prakteknya semakin

banyak bahan bakar yang terbakar maka kalor pembakaran akan semakin meningkat. Peningkatan kalor pembakaran ini dapat dilihat pada grafik dibawah ini sesuai dengan ketebalan kerak pada sisi dalam dan sisi luar pipa.

Grafik Pengaruh Endapan Kerak Terhadap Konsumsi Bahan Bakar



Grafik 4.3.2. bahan bakar vs tebal kerak pada pada sisi luar dan dalam pipa superheater

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa Semakin tebal endapan kerak pada pipa superheater maka laju perpindahan panas akan semakin terhambat dan untuk menjaga agar produksi uap kering tidak menurun maka panas yang di butuhkan superheater harus ditingkatkan. Dalam prakteknya semakin besar panas yang dibutuhkan maka semakin banyak pula bahan bakar yang digunakan.

b. Pembahasan Kajian

Perawatan pipa superheater yang ditinjau atas terbentuknya endapan kerak (factor pengerakan) pada dinding pipa adalah pemeliharaan terhadap kerusakan yang ditimbulkan akibat endapan kerak tersebut. Kerusakan pipa yang diakibatkan endapan kerak adalah kegagalan pipa dikarenakan adanya pemanasan setempat (over heating) yang dialami oleh pipa. Over heating ini terjadi karena endapan kerak bersifat sebagai penghambat laju aliran panas (isolator).

Oleh karena itu endapan kerak yang terjadi pada pipa superheater harus diminimumkan semaksimal mungkin. Dibawah ini dapat dilihat penyebab dan

dampak negatif dari endapan kerak pada pipa superheater.

Endapan Kerak Pada Sisi Luar Pipa

- a. Penyebab endapan kerak kerak (boiler slag) atau kerak pada proses pembakaran dipengaruhi oleh menempelnya abu dan jelaga pada dinding pipa dimana abu dan jelaga merupakan hasil pembakaran, kemudian kandungan air (moisture) bahan bakar yang menyebabkan banyaknya abu yang dihasilkan.
- b. Dampak negatif yang terjadi
 - 1) Menghambat laju aliran panas dari dapur kedinding pipa
 - 2) Merusak pipa akibat over heating
 - 3) Menyebabkan korosi pada pipa serta penipisan akibat shot blower yang salah

Endapan Kerak Pada Sisi Dalam Pipa

- a. Penyebab endapan kerak penyebab terjadinya kerak pada sisi dalam pipa superheater adalah menurunnya daya larut garam-garam mineral yang terkandung dalam air pengisi ketel (garam-garam pembentukan endapan kerak) yang membentuk kerak ketika dipanasi pada temperatur tinggi.
- b. Dampak negatif yang terjadi
 - 1) Memperlambat laju aliran panas dari dinding ke uap basah didalam pipa
 - 2) Memperlambat laju aliran uap dalam pipa.

5. SIMPULAN

1. Simpulan

Pada akhir penulisan tugas akhir ini penulis mengambil kesimpulan bahwa perawatan sangatlah diperlukan untuk memperpanjang usia pemakaian ketel uap, khususnya pada bagian pipa superheater.

1. Adapun hal-hal mendasar yang menyebabkan terjadinya kerusakan hingga mengakibatkan terjadinya penggembungan (*bulged*) pipa dan akhirnya pecah diantaranya adalah:
 - a. Pembentukan kerak yang disebabkan oleh buruknya

system air pengisian ketel/air umpan ketel.

- b. Suhu pembakaran yang terlalu tinggi melebihi standart kekuatan pipa.
2. Dari hasil analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin tebal kerak yang menempel pada pipa superheater maka koefisien perpindahan panas menyeluruh akan semakin menurun akibatnya panas yang dibutuhkan pipa superheater untuk menghasilkan uap kering akan naik dan pemakaian bahan bakar juga akan meningkat. Dengan demikian efisiensi ketel uap akan menurun.

2. Saran

Berdasarkan hasil analisa dan pertimbangan, penulis menyarankan kepada rekan-rekan mahasiswa yang ingin mengkaji bidang yang sama supaya dalam melakukan analisa dan penelitian agar data-data yang didapat bias lebih luas lagi terutama factor pergerakan pada pipa superheater.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Ir. Syamsir A. Muin. "*Pesawat-Pesawat Konversi Energi I*", Edisi Pertama, Penerbit CV. Rajawali, Jakarta, 1988
2. Ir. M.J. Djokosetyardyo. "*Ketel Uap*", Penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2006
3. J.P. Holman, E. Jasifi, "*perpindahan kalor*", Edisi keenam, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1994
4. E.P. Podov, "*Mekanika Teknik*", edisi kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993
5. Buku panduan "*Pendidikan Dan Pelatihan Operator/Analisis Mekanik*", PTPN 3 Pusdiklat Gunung Pamela, 2003
6. Michael. J. Moran, Howard. N. Shapiro, "*Termodinamika Teknik*", Edisi Keempat, penerbit Erlangga, Jakarta, 2004