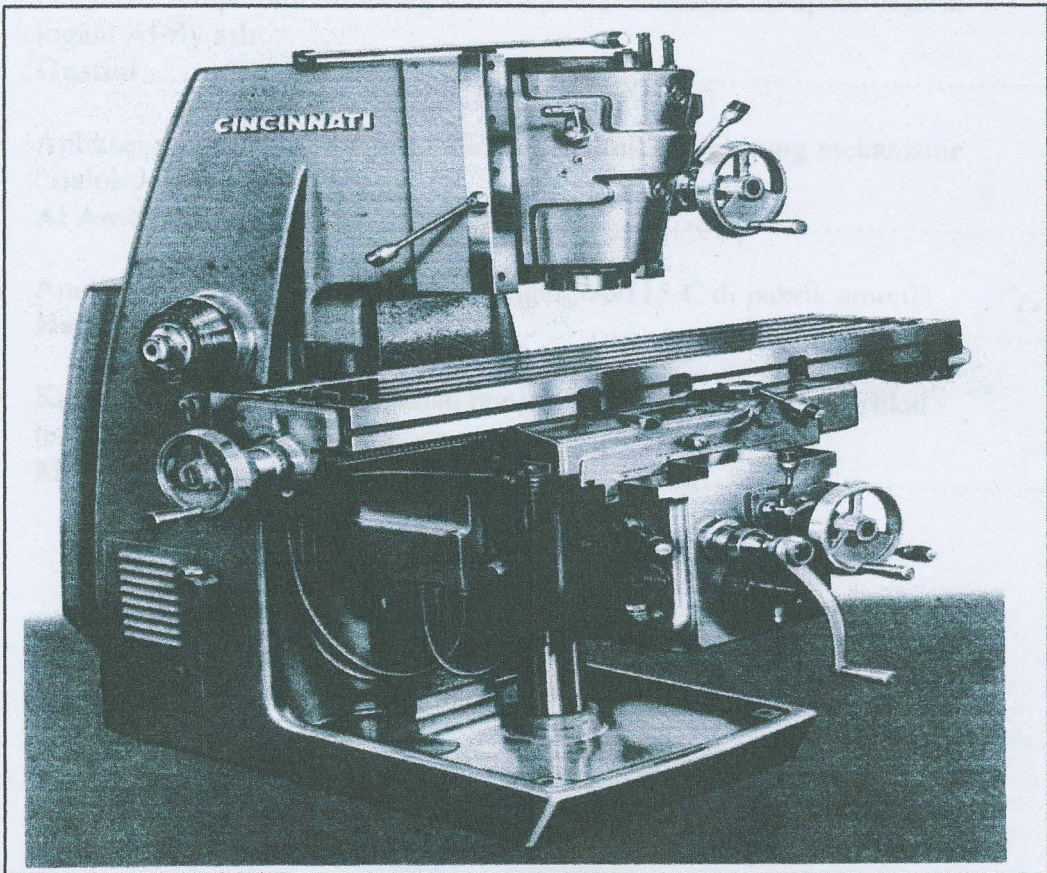


Jurnal Rekayasa Mesin

Vol. 6 – No. 2 September 2006



*Universitas Sriwijaya
Fakultas Teknik
Jurusan Teknik Mesin*

DAFTAR ISI

➤ Peningkatan efisiensi package boiler dengan menggunakan air preheater – Studi kasus pada package boiler di unit utilitas Pusri IV PT. Pusri Palembang Hasan Basri	1
➤ Modifikasi mesin bubut untuk mengerjakan komponen yang membutuhkan proses freis dengan penambahan alat bantu cekam Muhammad Yanis	7
➤ Pengaruh temperatur sintering terhadap sifat mekanis komposit matrik logam Al-fly ash Gustini	13
➤ Aplikasi program “Sixbar For Window” untuk menghitung mekanisme “Balok Jalan” Watt Al Antoni Akhmad	18
➤ Analisa kegagalan Tube Heat Exchanger 3A-115-C di pabrik amonia Hendri Chandra dan Dian Afrizal	24
➤ Kaji eksperimental pertumbuhan bunga es pada pipa silinder vertikal terhadap laju perpindahan kalor Marwani	32

Jurnal
Rekayasa Mesin

Vol. 6 – No. 2 September 2006

PELINDUNG/PENASEHAT

Dekan FT. Universitas Sriwijaya

KETUA PENGARAH

Ketua Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENYUNTING

Riman Sipahutar (Ketua)

Irwin Bizzy (Wk. Ketua)

Amrifan Saladin M. (Sekretaris)

PENYUNTING AHLI

Masanori Kikuchi (SUT, Japan)

H. Abdurrachim (ITB)

Raldi A Koestoer (UI)

A.I. Mahyuddin (ITB)

Yatna Yuwana M. (ITB)

Bambang Suharno (UI)

Hasan Basri (Unsri)

Riman Sipahutar (Unsri)

Kaprawi (Unsri)

PENYUNTING PELAKSANA

M. Zahri Kadir

Darmawi Bayin

Hendri Chandra

Diah Kusuma P.

Nukman

Helmi Alian

Muhammad Yanis

PELAKSANA TATA USAHA

Ellyanie

Dewi Puspitasari

Irsyadi Yani

ALAMAT REDAKSI

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Prabumulih Km. 32

Indralaya 30662 – Sumsel.

Telp. 0711-580272

Fax. 0711-580272

E-mail:

Mohruni_a_s@palembang.wasantara.net.id

CARA BERLANGGANAN

Permintaan berlangganan dapat dikirim ke alamat redaksi di atas.

Pada penerbitan Jurnal Rekayasa Mesin edisi September 2006 ini terdiri dari 5 makalah yang berasal dari KBK Konversi Energi, KBK Konstruksi Mesin dan KBK Metallurgi. Walaupun kontribusi dari tiap KBK tidak merata tapi hal ini merupakan sinyal adanya partisipasi yang proaktif dari kelompok-kelompok keahlian di atas. Pada penerbitan yang akan datang diharapkan lebih banyak lagi makalah yang dapat dipublikasikan/diterbitkan dan peran serta dari semua kelompok bidang keahlian di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya sangat diharapkan.

Komitmen dan keseriusan dari para pengelola dan para dosen yang ada di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unsri merupakan modal utama dalam menjaga kelangsungan jurnal ini yang terbit secara berkala 2 (dua) kali setahun yaitu pada bulan Maret dan September. Semoga niat tulus dari semua pihak yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam penerbitan ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Kritik dan saran dari para pembaca yang budiman sangat diharapkan demi untuk meningkatkan mutu dan penampilan Jurnal Rekayasa Mesin ini.

Redaksi

Jurnal Rekayasa Mesin

Diterbitkan oleh: Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

PENINGKATAN EFISIENSI PACKAGE BOILER DENGAN MENGGUNAKAN AIR PREHEATER - STUDI KASUS PADA PACKAGE BOILER DI UNIT UTILITAS PUSRI IV PT. PUSRI PALEMBANG

Hasan Basri

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km-32 Indralaya, Ogan Ilir, 30662
Telp. (0711) 580739, 580741. Fax. (0711) 580062
E-mail: hasanbas1@plasa.com

Ringkasan

Energi uap sangat penting dalam industri, terutama digunakan untuk proses, memanaskan hasil-hasil proses dan juga dapat dijadikan sumber tenaga untuk penggerak turbin, pompa dan kompressor. Di unit utilitas Pusri IV Palembang, khususnya pada Package boiler, operasional berlangsung terus pada beban 75% dengan bahan bakar gas alam sedangkan udara untuk pembakaran diambil dengan menggunakan forced draft fan. Dari hasil penelitian didapat efisiensi minimum dari package boiler adalah 68,25% yaitu pada kapasitas 76,03 ton/jam dan efisiensi maksimum adalah 81,1% yaitu pada kapasitas 76,83 ton/jam, sedangkan efisiensi rata-rata adalah 78,5%. Penurunan efisiensi yang terjadi sebesar 0.23% pertahun, hal ini disebabkan lamanya masa operasional (dari tahun 1978 sampai sekarang). Untuk meningkatkan efisiensi dari package boiler, perlu dilakukan langkah-langkah konservasi dan pengembangan teknologi dengan menambahkan alat air preheater untuk memanaskan udara yang masuk ke ruang pembakaran. Udara panas yang dipakai untuk pembakaran selain dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan package boiler juga dapat menghemat pemakaian dari bahan bakar. Dengan melakukan konservasi energi dan pengembangan teknologi, didapat peningkatan efisiensi secara keseluruhan sebesar 5,1 % dan penghematan bahan bakar sebanyak 313,52 kg/jam.

Abstract

Steam, which is very important in Industry, is mainly used in heating process and in turbine, pump and compressors power. In the utility unit of Pusri IV Palembang specifically in package boiler, the continuous operation reaches 75% burden with the natural gas as the fuel and the force draft fan for the combustion air. The research proves that the minimum efficiency of the package boiler is 68,25% with 76,03 ton/hour capacity and 81,10% of maximum efficiency with 76,83 ton/hour capacity. Then the average efficiency is 78.5%. The decrease of efficiency is 0.23%/year as the result of the length of operation (from 1978 to now). To increase the efficiency from package boiler, some conserving steps and technology development are crucial to do by increasing air preheater to heat the incoming air into the combustion chamber. The heated air used for combustion is beneficial both in increasing efficiency in package boiler and in saving the use of fuel, by conserving energy and developing technology, the whole increase of efficiency is 5.1% and the fuel saving is 313,52 kg/hour.

Keywords: steam, efficiency, conserving energy

1. PENDAHULUAN

Didalam industri, energi steam merupakan salah satu energi yang sangat penting guna untuk berbagai macam proses. inapun digunakan untuk memanaskan hasil dan suatu proses industri digunakan sebagai sumber panas yang dapat menggerakkan peralatan industri seperti turbin, yang merubah energi panas menjadi energi mekanik yang selanjutnya dirubah menjadi energi listrik melalui generator.⁽⁵⁾

Salah satu peralatan utama yang digunakan dalam proses pengolahan pupuk adalah ketel uap, karena uap yang dihasilkan dari ketel uap selain digunakan dalam pekerjaan prosesing juga digunakan sebagai pembangkit tenaga. Keperluan uap untuk pembangkit tenaga dan proses pengolahan dipabrik pupuk perlu mendapat perhatian yang sungguh-sungguh karena untuk itu diperlukan biaya dan investasi yang besar.

Ketel Uap merk Babcock Hitachi adalah peralatan yang terdiri dari komponen-komponen seperti dapur, bidang pemanas (superheater). Economizer, Steam drum, Mud drum, Pipa water wool dan Generating tube, dimana kemampuan kerja dari setiap komponen tersebut akan mempengaruhi kemampuan kerja ketel keseluruhan.⁽⁸⁾

Ketel adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mengubah energi panas dan bahan bakar menjadi energi panas pada air yang terjadi akibat pembakaran bahan bakar, sehingga menghasilkan sejumlah energi panas yang diterima oleh bidang pemanas dan diteruskan kepada air yang kemudian berubah menjadi fase uap

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi package boiler setelah masa operasional dan tahun 1978 sampai dengan sekarang dan melihat pengaruh penggunaan air preheater pada package boiler tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Package Boiler

Steam kondensat yang berasal dari pabrik urea dan pabrik amoniak dialirkan masuk ke steel column drum, kemudian ditambahkan dengan air dari demineral water, masuk ke deaerator. Di deaerator diinjeksikan hidrazine (N_2H_4), yang bertujuan untuk mengikat oksigen terlarut, kemudian juga diinjeksikan Amonium Hidroksida yang berfungsi untuk menaikkan pH. Air yang keluar dari deaerator masih cukup panas temperatur $112^\circ C$ kemudian melalui pompa *Boiler Feed Wiler* (BFW), dialirkan masuk ke Ekonomiser disini panas bertambah karena menyerap panas dan *slack flue gas*.

Di Ekonomiser air tersebut sampai mencapai temperatur $163^\circ C$, setelah keluar dari ekonomiser sudah menjadi uap dan air, yang selanjutnya dipanaskan lagi di *superheater* sampai mencapai temperatur $418^\circ C$ (*saturated steam*). Di *superheater* pemanasan dilakukan dengan pembakaran udara yang didapat dari *Force Draft Fan* yang dicampur dengan gas alam di ruang pembakaran. Keluar dari *superheater*, steam yang bertemperatur $418^\circ C$ dan tekanan 42 kg/cm^2 diturunkan menjadi $400^\circ C$ melalui desuperheater.⁽¹⁶⁾

Steam yang dihasilkan terinterkoneksi keseluruhan pabrik dan ini digunakan untuk bermacam-macam keperluan antara lain yang paling banyak menggunakan steam ini adalah pabrik Urea yang berfungsi untuk memekatkan larutan urea agar dapat dikristalisasi, di pabrik amonia steam juga berfungsi untuk memekatkan larutan ammonia, juga digunakan untuk utilitas-utilitas yang memerlukannya.

Di Utilitas PUSRI III steam juga dipakai untuk menggerakkan turbin yang mana turbin itu dipakai untuk menggerakkan pompa dan kompresor. Di Utilitas PUSRI IV steam juga dipakai untuk menggerakkan turbin yang kemudian turbin tersebut

digunakan untuk menggerakkan pompa boiler feed water untuk waste heat boiler dan package boiler. Steam yang dihasilkan oleh PT. PUSRI ada 3 macam steam yaitu :

1. *Low Steam* (LS) yang bertekanan $3,5 \text{ kg/cm}^2$ dan bertemperatur $300^\circ C$.
2. *Medium Steam* (MS) yang mempunyai tekanan 42 kg/cm dan temperatur $400^\circ C$.
3. *High Steam* yang mempunyai temperatur $400^\circ C$ dan tekanan 100 sampai 105 kg/cm^2 .

2.2. Air Preheater

Untuk pengembangan teknologi, disini ditambahkan alat yang disebut Air Preheater (Pemanas mula udara) untuk pemanasan awal udara sebelum masuk ke ruang pembakaran. Tujuan pemanasan udara adalah untuk meningkatkan efisiensi dari Package Boiler dan juga untuk menghemat pemakaian bakar. Untuk pemakaian di Pabrik, perlu sekali dilihat fasa dari fluida yang dipanaskan atau yang didinginkan, agar alat tersebut bisa digunakan sesuai dengan kebutuhan.

Untuk fasa Gas dan Gas, alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Recuperator yang bermacam-macam seperti :
 - Metallic radiation
 - Convective type
 - Ceramic
 - Vertical tube within tube
 - Combined radiation and convection
2. Heat wheel
3. Heat pip exchanger

2.3. Prinsip Kerja pemanas udara tipe regenerator

Pemanas mula udara memindahkan panas dan gas buang ke udara pembakaran yang dingin, dengan memakai sebuah susunan rotor besar yang hampir setengah elemennya dipasang dalam saluran gas buang dan setengah lagi dalam saluran suplai udara, putaran elemen yaitu 2-4 putaran/menit yang terdiri dari lapisan bergelombang yang secara berganti ganti dipanaskan oleh gas asap dan didinginkan oleh udara pembakaran.

Elemen bergelombang tersebut umumnya dibagi atas segmen atas dan bawah sehingga bagian yang terdingin dapat diganti secara periodik. Bagian terdingin dan pemanas mula udara adalah seperti sebuah tempat dimana kondensasi terjadi, yang disertai dengan korosi. Sekat radial dan diafragma menjaga agar kebocoran adalah minimum tetapi masih tetap ada sedikit kebocoran terjadi (dalam dua arah) karena adanya ikutan gas dalam lapisan berputar tersebut, alat ini dapat memanaskan udara sampai temperatur $125^\circ C$. Alat pemanas mula udara ini sangat penting untuk meningkatkan efisiensi Package boiler secara keseluruhan, juga dengan adanya pemanasan awal dan udara dapat mengurangi pemakaian bahan bakar.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah :

1. Orientasi di pabrik
2. Pengambilan data operasi yang diperlukan

3.1. Pengolahan Data

Tabel 3.1 Data Jumlah Uap Yang Dihasilkan oleh Package Boiler dengan Konsumsi Bahan Bakar Gas Alam

No	Jumlah Uap (ton/jam)	Konsumsi Bahan Bakar (MMBtu/hari)
1	76,03	6027,83
2	75,83	6062,19
3	76,24	6029,43
4	76,40	6668,32
5	76,62	6093,32
6	76,79	6093,52
7	76,71	6160,16
8	76,88	6164,21
9	76,12	6070,05
10	75,24	5900,12
11	74,72	6266,4
12	74,37	5804,26
13	75,26	5889,14
14	75,71	5917,19
15	76,03	6948,15
16	75,97	5955,14
17	74,85	5844,99
18	75,30	5949,01
19	76,29	5956,00
20	76,80	5907,09
21	76,40	5900,04
22	76,16	5890,12
23	77,10	5945,02
24	76,61	5966,98
25	76,60	5966,98
26	76,58	5981,95
27	77,95	6094,30
28	77,09	6244,98
29	76,68	5943,20
30	75,36	5887,83

4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA

4.1. Komposisi Gas Alam (% volume)⁽¹⁶⁾

$\text{CO}_2 = 0,11$
 $\text{CH}_4 = 88,28$
 $\text{C}_2\text{H}_6 = 6,17$
 $\text{C}_3\text{H}_8 = 3,99$
 $\text{i-C}_4\text{H}_{10} = 0,60$
 $\text{n-C}_4\text{H}_{10} = 0,64$
 $\text{i-C}_5\text{H}_{12} = 0,14$
 $\text{n-C}_5\text{H}_{12} = 0,07$

$\text{S/G} = 0,72263$, BM rata-rata Gas Alam
 $= 18,6544$

$\text{GHV} = 1105,4233 \frac{\text{Btu}}{\text{Scufi}}$

$\text{NCV} = \text{GHV} - 1,73\% \text{ GHV}$

$$= 1105,42 - 1,73\% \times 1105,42$$

$$= 1086,3 \frac{\text{Btu}}{\text{Scufi}} = 43096,73 \frac{\text{Kjoule}}{\text{Kg}}$$

$$Q = 6027,83 \cdot 10^6 \frac{\text{Btu}}{\text{hari}}$$

$$= 6027,83 \cdot 10^6 \frac{\text{Btu}}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{0,948 \text{ Btu}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 264990188,4 \frac{\text{Kjoule}}{\text{Jam}}$$

$$Q = M \times \text{NCV}$$

$$M = \frac{Q}{\text{NCV}} = \frac{264990188,4}{43096,73}$$

$$M = 6147,52 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}$$

4.2. Perhitungan 1 jam Operasi

Komposisi gas alam masuk ruang pembakaran/jam :

$$\text{CO}_2 = 6,76 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} = 0,15 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

$$\text{CH}_4 = 5427,03 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} = 339,191 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

$$\text{C}_2\text{H}_6 = 379,30 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} = 12,64 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

$$\text{C}_3\text{H}_8 = 245,29 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} = 5,57 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

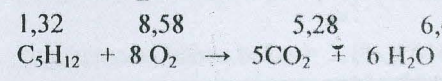
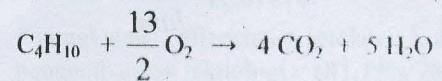
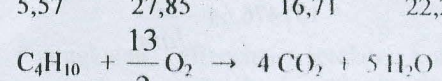
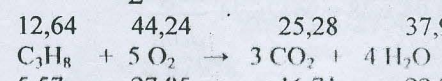
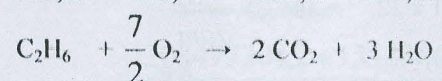
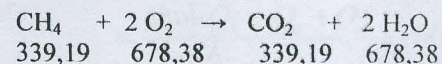
$$\text{i-C}_4\text{H}_{10} = 36,89 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} = 0,64 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

$$\text{n-C}_4\text{H}_{10} = 39,34 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} = 0,68 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

$$\text{i-C}_5\text{H}_{12} = 8,61 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} = 0,12 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

$$\text{n-C}_5\text{H}_{12} = 4,30 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} = 0,061 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

Reaksi pembakaran



$$0,18 \quad \frac{1,44}{760,49} \quad \frac{0,9}{387,36} \quad \frac{1,08}{746,26}$$

$$\text{CO}_2 \text{ inert} = 0,15 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

$$\text{CO}_2 \text{ yang dihasilkan} = 387,36 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

$$\text{H}_2\text{O yang dihasilkan} = 746,26 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

$$\text{O}_2 \text{ yang dipakai} = 760,49 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

untuk reaksi teoritis

4.3. Udara yang Digunakan 20% Exeess

$$\text{O}_2 \text{ dari udara} = 1,2 \times 760,49 = 912,59 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

$$\text{N}_2 \text{ dari udara} = \frac{79}{21} \times 912,59 = 3433,08 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

4.4. Neraca Massa di Ruang Pembakaran

4.4.1. Massa Masuk

$$\text{Gas yang masuk ruang pembakaran} = 6147,52 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}$$

$$\text{O}_2 \text{ dari udara} = 912,59 \times 32 = 29202,88 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}$$

$$\text{N}_2 \text{ dari udara} = 3433,08 \times 28 = 96126,24 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}$$

$$= 131476,64 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}$$

4.4.2. Massa Keluar

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ yang dihasilkan} &= 387,36 \times 44 \\ &= 17043,84 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O yang dihasilkan} &= 746,26 \times 18 \\ &= 13432,68 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \end{aligned}$$

$$\text{O}_2 \text{ lebih} = 152,1 \times 32 = 4867,2 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}$$

$$\begin{aligned} \text{N}_2 \text{ inert} &= 3433,08 \times 28 = 96126,24 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \\ &= 131476,64 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar alam yang digunakan

$$= 6147,51 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}$$

4.4.3. Q yang Masuk ke Furnace

$$\begin{aligned} Q &= 6027,83 \cdot 10^6 \frac{\text{Btu}}{\text{hari}} \\ &= 6027,83 \cdot 10^6 \frac{\text{Btu}}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ Kjoule}}{0,948 \text{ Btu}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 264990188,4 \frac{\text{Kjoule}}{\text{Jam}} \end{aligned}$$

4.4.4. Panas yang Dipakai Steam Drum

$$\begin{aligned} Q_b &= m \cdot \Delta H \\ &= m (H_3 - H_2) \\ &= 76030 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \times (1879,9 - 688,61) \frac{\text{Kjoule}}{\text{kg}} \\ &= 90573778,7 \frac{\text{Kjoule}}{\text{Jam}} \end{aligned}$$

4.4.5. Panas yang Dipakai oleh Superheater

$$\begin{aligned} Q_c &= m \cdot \Delta H \\ &= m (H_4 - H_3) \\ &= 76030 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \times (3321,1 - 1879,9) \frac{\text{Kjoule}}{\text{kg}} \\ &= 101264357 \frac{\text{Kjoule}}{\text{Jam}} \end{aligned}$$

4.5. Total Panas yang Berguna = (Qa + Qb + Qc)

$$\begin{aligned} &= (16639165,5) + (90573778,7) + (101264357) \\ &= 208477301,2 \frac{\text{Kjoule}}{\text{Jam}} \end{aligned}$$

4.6. Efisiensi Package Boiler

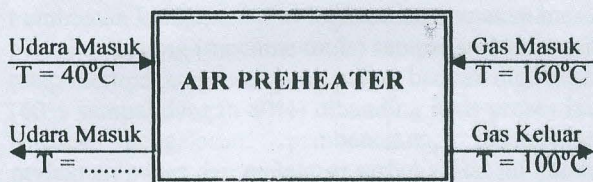
$$\begin{aligned} \eta &= \frac{\text{Total Panas yang berguna}}{\text{Total Panas yang masuk}} \times 100\% \\ &= \frac{208477301,2}{264938027,4} \times 100\% \\ &= 78,69 \% \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Data Jumlah Uap Yang Dihasilkan Oleh Package Boiler Terhadap Effisiensi

No	Jumlah Uap (ton/jam)	Effisiensi (%)
1	74,37	79,92
2	74,72	74,37
3	74,85	79,88
4	75,24	78,76
5	75,26	79,71
6	75,3	78,95
7	75,36	79,84
8	75,71	78,81
9	75,63	78,02
10	75,97	79,57
11	76,03	78,69
12	76,03	68,25
13	76,12	78,22
14	76,16	80,65
15	76,24	78,87
16	76,29	79,9
17	76,4	80,77
18	76,58	78,38
19	76,6	79,87
20	76,61	80,08
21	76,62	78,43
22	76,68	80,84
23	76,7	71,74
24	76,71	77,67
25	76,79	78,6
26	76,8	81,1
27	76,88	77,79
28	77,09	80,52
29	77,1	80,89
30	77,95	77,86

Penelitian Pengaruh Jumlah Uap yang Dihasilkan Terhadap Effisiensi Package Boiler di Unit Utilitas Pusri IV PT. Pusri Palembang

4.7. Perhitungan pada Air Preheater



$$C_p \text{ Udara} = 0,2375 \frac{\text{Cal}}{\text{gr}^\circ\text{C}}$$

Konversi : 1 Kj = 0,2388 Kcal

$$C_p \text{ Gas buang} = 1,13 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$C_p \text{ udara} = 0,2375 \frac{\text{Kcal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times \frac{\text{Kj}}{0,2388 \text{ Kcal}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ Kg}}$$

$$= 0,000995 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} = 0,001 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$C_p \text{ Gas buang} = 1,13 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{K}}$$

$$= 1,13 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{K}} \times \frac{^\circ\text{K}}{273^\circ\text{C}}$$

$$= 0,004 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

Persamaan:

$$Q \text{ Udara} = Q \text{ Gas Buang}$$

$$(M \times C_p \times \Delta T) \text{ Udara} = (M \times C_p \times \Delta T) \text{ Gas Buang}$$

$$\text{Massa Udara} = 125329 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}$$

$$\text{Massa Gas Buang} = 30476,52 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}$$

$$\Delta T \text{ Udara} = (T - 40^\circ\text{C})$$

$$\Delta T \text{ Gas Buang} = (160^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C})$$

$$(125329,12) \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \times (0,001) \frac{\text{Kg}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \times (T - 40^\circ\text{C})$$

$$(30476,52) \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \times (0,004) \frac{\text{Kg}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \times (160^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C})$$

$$125,32912 (T - 40^\circ\text{C}) = 121,90608 (160^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C})$$

$$125,32912 (T - 40^\circ\text{C}) = 7314,3648$$

$$(T - 40^\circ\text{C}) = \frac{7314,3648}{125,32912}$$

$$T - 40^\circ\text{C} = 58,3613^\circ\text{C}$$

$$T = 58,3613^\circ\text{C} + 40^\circ\text{C}$$

$$T = 98,3613^\circ\text{C}$$

$$T = 98^\circ\text{C}$$

Temperatur udara masuk burner = 98°C, enthalpy udara adalah 68,87 kjoule/kg(H₂). Temperatur udara masuk force draft fan = 40°C enthalpy udara adalah 58,097 kjoule/kg(H₁). Massa udara yang dipakai untuk pembakaran = 125329,12 kg/jam. Untuk menghitung peningkatan panas setelah menggunakan FDF digunakan rumus sbb:

$$Q_d = M \cdot \Delta H = M(H_2 - H_1)$$

$$= 125329,12 \text{ kg/jam} (68,87 - 58,097)$$

$$\text{kJoule/kg}$$

$$= 13523660,61 \text{ Kjoule/jam}$$

Effisiensi setelah konsevasi dan pengembangan teknologi pada kondisi yang sama adalah:

$$= \frac{Q_a + Q_b + Q_c + Q_d}{Q_{\text{dari bahan bakar}}} \times 100\%$$

$$= \frac{208477301,2 + 13523660,61}{264938027,4} \times 100\%$$

$$= 83,79\%$$

Peningkatan effisiensi setelah konservasi dan pengembangan teknologi = (83,79% - 78,69%) = 5,1%

Penghematan bahan bakar = 5,1% x 6147,52 kg/jam
313,52 kg/jam.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan yang telah dilakukan dalam bab-bab sebelumnya, maka dalam penelitian ini dapatlah disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan untuk Effisiensi Package Boiler maka didapat Effisiensi minimum 68,25 % yaitu pada kapasitas = 76,03 Ton/jam, sedangkan Effisiensi maksimum didapat = 81,1% yaitu pada kapasitas 76,8 Ton/jam, effisiensi rata-rata 78,5%.
2. Dengan melakukan Konservasi Energi dan Pengembangan Teknologi, kita dapat meningkatkan Effisiensi dan Package boiler disini peningkatan Effisiensi secara keseluruhan didapat 5,1 %

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. **Archi W. Culp**, "Prinsip Prinsip Konversi Energi", Penerbit Erlangga, Jakarta, 1996.
- [2]. **Abdul Hakim**, "Perencanaan Ketel Uap Pipa Air Tegak Satu Drum", *Laporan Tugas Akhir Mahasiswa*, Universitas Sriwijaya Palembang, 1998.
- [3]. **Babcock And Wilcox**, "Steam Its Generation And Use", Thirty Ninth Edition, New York, 1978.
- [4]. **Carl R. Branan**, "Rulers Of Thumb For Chemical Engineers", 1989.
- [5]. **Djoko Setyardjo M, J**, "Ketel Uap", PT Pradinya Paramita, Jakarta, 2003.
- [6]. **D Q Kern**, "Process Heat Transfer", Mc Graw Hill book Company. New York, 1950.
- [7]. **Hougen, Olaf A Watson**, "Chemical Process Principles", *Part I Material And Energi Balance*, 2nd Edition, John Willey & Sons New York, 1976.
- [8]. **Ibrahim**, "Memeriksa Kemampuan Kerja Ketel Uap Merk Bab Cock Hitachi No.53 BF 4001 Di PT. AAF", *Laporan Penelitian*, Universitas Syiah Kuala, 1994.
- [9]. **Lnengah Ludra**, "Penyebab Pecahnya Pipa Ketel Uap Pipa Air", *Majalah Ilmiah Politeknik Universitas Udayana*, 1994.
- [10]. **Joseph H. Keenan**, "Steam Tables Thermodynamic Properties Of Water Including Vapor, Liquid And Solid Phases", *A Wiley Interscience Publication John Willey & Sons*, New York, 1978.
- [11]. **James J. Jacksoni**, "Steam Boiler Operation", 2nd edition Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, 1978.
- [12]. **J.P. Holman**, "Perpindahan Kalor", Penerbit Erlangga Jakarta, 1991.
- [13]. **Kulshrestha.S.K**, "Buku Teks Termodinamika Terpakai, Teknik Lap Dan Panas", Penerbit Universitas Indonesia, 1989.
- [14]. **L. M. Panggabean dkk**, "Coal Characterization and Boiler Design", Seminar Proceedings, Jakarta, 1992.
- [15]. **Roger Kinsky**, "Applied Heat An Introduction To Thermodynamics", second Edition Mc Graw Hill Book Company Sidney, 1981.
- [16]. **Rinaldi**, "Bagaimana Bahan Bakar Menghasilkan Energi", *Situs Web Kimia Indonesia Hal 1 - 3*, Malaysia, 2003.
- [17]. **Somerscales, E.F.C.**, "Fouling of Heat Transfer Surfaces An Historical Review", *Heat Transfer Engineering*, vol 11. no 1, 19-36, New York, 1990.
- [18]. **Tim M. Tierney and Charles J. Fishman**, "Real-World Seasonal Efficiency of Gas-Fired Steam Boilers", 1994.
- [19]. **W .L. Nelson**, "Petroleum Refinery Engineering 4th Edition", *McGraw Hill Book Company*, New York ST. Lois San Fransisco London Stoney Toronto, 1996.