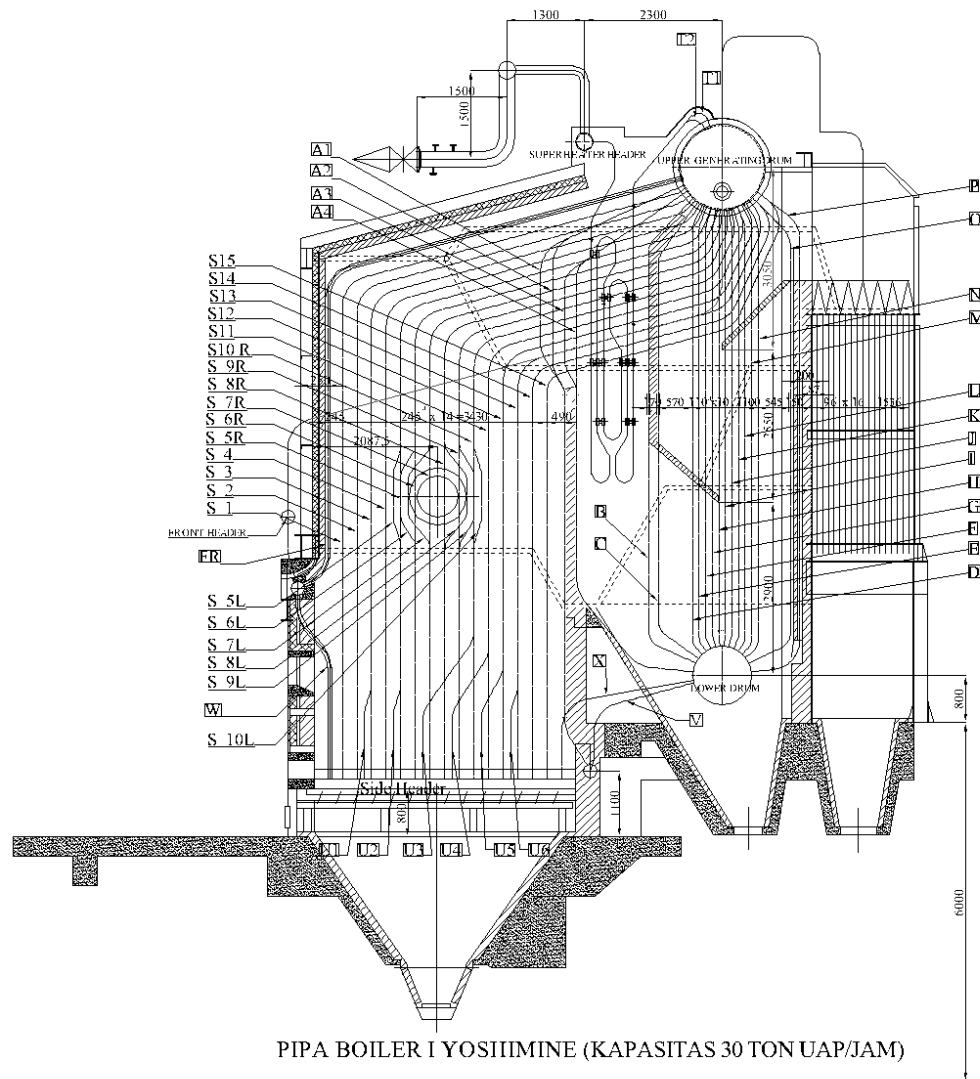


LAMPIRAN I



Gambar 1. Struktur Boiler Yoshimine H-900 PG Meritjan



Data gilingan dan boiler yang diperoleh pada PG Meritjan Kediri yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Data Gilingan dan Boiler

Data	Nilai	Satuan
Merk / type	Yoshimine / H-900	-
Jenis boiler	<i>Water-tube boiler</i>	-
Tahun instalasi	1981	-
Kapasitas boiler	30	ton/jam
Tekanan desain	21	kg/cm ²
Tekanan uap ketel	18	kg/cm ²
Total tebu yang digiling	156.572,4	ton
Total ampas yang dibakar	42.693,71	ton
Pol ampas	2,30	%
Zat kering ampas	48,63	%

A. Perhitungan Nilai Kalori Ampas

NCV (*Net Calorific Value*) merupakan nilai kalori bersih yang terkandung di dalam bahan bakar ampas. Untuk mencari nilai kalori ampas dirumuskan dalam Hugot (1986), sebagai berikut:

$$NCV = 4250 - 10pa - 48w$$

Dimana:

pa : pol ampas (%)

w : zat ampas yang basah (%)

$$\begin{aligned}w (\text{zat ampas basah}) &= 100 \% - \text{zat ampas kering} \\ &= 100 \% - 48,63 \% \\ &= 51,37 \%\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan:

$$NCV = 4250 - 10(2,30) - 48(51,37)$$

$$NCV = 1761,24 \text{ kcal/kg}$$



B. Perhitungan Massa Bahan Bakar Ampas

Persentase bahan bakar ampas yang masuk ke boiler Yoshimine sebesar 55% dan sisanya ke boiler Cheng-chen sebesar 45%, sehingga total bahan bakar ampas yang masuk ke boiler Yoshimine sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Total bahan bakar ampas} &= 55 \% \times \text{total ampas yang dibakar} \\ &= 55 \% \times 42.693,71 \text{ ton} \\ &= 23.481,54 \text{ ton}\end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}\text{massa bahan bakar (m}_{bb}\text{)} &= \frac{\text{total bahan bakar ampas}}{\text{hari giling}} \\ m_{bb} &= \frac{23.481,54 \text{ ton}}{89 \text{ hari}} \\ m_{bb} &= 263,83753 \text{ ton/hari}\end{aligned}$$

atau apabila dikonversikan ke dalam satuan kg/jam maka didapatkan:

$$m_{bb} = 10.993,23 \text{ kg/jam}$$

C. Data Kapasitas Uap Boiler

Untuk mencari nilai kapasitas uap dari ketel, maka digunakan data *steam flow* sebagai berikut:

Tabel 1. *Steam Flow Boiler Yoshimine H-900*

Waktu	<i>Steam flow</i> (ton/jam)
06.00 – 07.00	10,65
07.00 – 08.00	11,7
08.00 – 09.00	12,7
09.00 – 10.00	13,75
10.00 – 11.00	14,85
11.00 – 12.00	16
12.00 – 13.00	17,1
13.00 – 14.00	18,25
14.00 – 15.00	19,6
15.00 – 16.00	20,65



16.00 – 17.00	21,85
17.00 – 18.00	22,9
18.00 – 19.00	23,95
19.00 – 20.00	25,1
20.00 – 21.00	26,15
21.00 – 22.00	27,3
22.00 – 23.00	18,25
23.00 – 00.00	29,35
00.00 – 01.00	30,45
01.00 – 02.00	31,55
02.00 – 03.00	32,5
03.00 – 04.00	34,25
04.00 – 05.00	35,35
05.00 – 06.00	36,45
Rata-rata	22,94375

Dari data *steam flow* di atas, diperoleh kapasitas uap boiler sebagai berikut:

$$Q_{\text{boiler}} = \text{rata - rata steam flow}$$

$$Q_{\text{boiler}} = 22,94375 \text{ ton/jam}$$

atau apabila dikonversikan ke dalam satuan kg/jam maka didapatkan:

$$Q_{\text{boiler}} = 22.943,75 \text{ kg/jam}$$

D. Perhitungan Enthalpy h_{in} dan h_{out}

Untuk menghitung nilai enthalpy h_{in} dan h_{out} , maka digunakan data temperatur pada pipa *feed water* dan *superheater* sebagai berikut:



Tabel 2. Temperatur *Feed Water* dan *Superheater* Boiler Yoshimine

Waktu	Temperature (°C)	
	<i>Feed Water Pump</i>	<i>Superheater</i>
06.00 – 07.00	97	338
07.00 – 08.00	97	336
08.00 – 09.00	97	329
09.00 – 10.00	97	336
10.00 – 11.00	97	328
11.00 – 12.00	97	339
12.00 – 13.00	97	340
13.00 – 14.00	97	340
14.00 – 15.00	97	339
15.00 – 16.00	97	325
16.00 – 17.00	97	329
17.00 – 18.00	97	307
18.00 – 19.00	97	310
19.00 – 20.00	97	315
20.00 – 21.00	97	317
21.00 – 22.00	97	314
22.00 – 23.00	97	340
23.00 – 00.00	97	314
00.00 – 01.00	97	317
01.00 – 02.00	97	307
02.00 – 03.00	97	315
03.00 – 04.00	97	317
04.00 – 05.00	97	314
05.00 – 06.00	97	315
Rata-rata	97	323,61



Dari data temperatur tersebut, maka nilai enthalpy h_{in} dan h_{out} dapat dihitung dengan menggunakan tabel uap Appendix E Steam Tables (Smith & Van Ness ed. 8), sebagai berikut:

- a. Untuk mencari nilai h_{in} menggunakan data temperature uap air pengisi ketel di *feed water pump* sebesar $97\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dengan menggunakan Tabel E.1 Properties of Saturated Steam (Smith & Van Ness ed. 8) didapatkan nilai h_{in} :

$$h_{in} = 406,4 \text{ kJ/kg}$$

atau apabila dikonversikan ke dalam satuan kcal/kg maka didapatkan:

$$h_{in} = 97,13 \text{ kcal/kg}$$

- b. Untuk mencari nilai h_{out} menggunakan data temperature uap panas lanjut di pipa *superheater* sebesar $323,61\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dengan menggunakan Tabel E.2 Properties of Superheated Steam (Smith & Van Ness ed. 8), interpolasi pada temperature antara $325\text{-}350\text{ }^{\circ}\text{C}$, tekanan yang digunakan 18 kg/cm^2 atau 1800 kPa didapatkan nilai h_{out} :

Data Interpolasi		
Tekanan (kPa)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Enthalpy (kJ/kg)
1800	300	3030,7
	323,61	X
	325	3087,3

Interpolasi:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

$$\frac{323,61 - 300}{325 - 300} = \frac{x - 3030,7}{3087,3 - 3030,7}$$

$$\frac{23,61}{25} = \frac{x - 3030,7}{56,6}$$

$$25x - 75767,5 = 1336,326$$

$$25x = 77103,826$$

$$x = 3084,15$$

Sehingga:

$$h_{out} = 3084,15 \text{ kJ/kg}$$

atau apabila dikonversikan ke dalam satuan kcal/kg maka didapatkan:

$$h_{out} = 737,13 \text{ kcal/kg}$$

E. Efisiensi Boiler

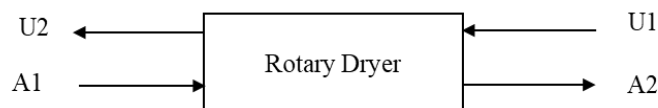
Dari hasil perhitungan di atas, maka didapatkan efisiensi boiler Yoshimine H-900 sebagai berikut:

$$\eta_{boiler} = \frac{Q_{boiler} \times (H_{out} - H_{in})}{m_{bb} \times NCV} \times 100\%$$
$$\eta_{boiler} = \frac{22.943,75 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times (737,13 - 97,13) \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}}{10.993,23 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 1.761,24 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} \times 100\%$$
$$\eta_{boiler} = 75,84 \%$$

F. Efisiensi Boiler dengan Proses Pengeringan Ampas

1. Perhitungan Neraca Massa Pada Rotary Dryer

Laju ampas tebu	= 19.987,6919 kg/jam
Laju udara panas	= 103.856,0474 kg/jam
Kadar air ampas basah (W_{A1})	= 51,37 %
Kadar air udara panas masuk rotary (W_{U1})	= 1,86 %
Kadar air udara panas keluar rotary (W_{U2})	= 2,99 %
Waktu operasi dalam 1 hari	= 24 jam
Basis perhitungan	= 1 jam
Satuan massa	= kg/jam



dimana:

A1 = aliran ampas basah masuk rotary dryer

A2 = aliran ampas basah keluar rotary dryer

U1 = aliran udara panas masuk rotary dryer

U2 = aliran udara panas keluar rotary dryer

Laju massa ampas masuk = Laju massa ampas keluar

$$m_{A1} = m_{A2} = m_A$$



Laju massa udara panas masuk = Laju massa udara panas keluar

$$m_{U1} = m_{U2} = m_U$$

Neraca massa total:

Laju massa masuk = laju massa keluar

$$A1 + U1 = A2 + U2$$

Neraca massa komponen H₂O di rotary dryer:

$$\dot{m}_{A1} \cdot W_{A1} + \dot{m}_{U1} \cdot W_{U1} = \dot{m}_{A2} \cdot W_{A2} + \dot{m}_{U2} \cdot W_{U2}$$

$$\dot{m}_{A1} \cdot W_{A1} - \dot{m}_{A2} \cdot W_{A2} = \dot{m}_{U2} \cdot W_{U2} - \dot{m}_{U1} \cdot W_{U1}$$

$$\dot{m}_A \cdot (W_{A1} - W_{A2}) = \dot{m}_U \cdot (W_{U2} - W_{U1})$$

$$(W_{A1} - W_{A2}) = \frac{\dot{m}_U}{\dot{m}_A} \cdot (W_{U2} - W_{U1})$$

$$W_{A2} = W_{A1} - \frac{\dot{m}_U}{\dot{m}_A} \cdot (W_{U2} - W_{U1})$$

$$W_{A2} = 51,37\% - \frac{103.856,0474 \text{ kg/jam}}{19.987,6919 \text{ kg/jam}} \cdot (2,99\% - 1,86\%)$$

$$W_{A2} = 45,50\%$$

Setelah dikeringkan di rotary dryer diperoleh kadar air ampas sebesar 45,50%.

2. Perhitungan Nilai Kalor Ampas (NCV)

$$NCV = 4.250 - 10pa - 48w$$

$$NCV = 4.250 - 10(2,30) - 48(45,50)$$

$$NCV = 2.043,07 \text{ kcal/kg}$$

3. Perhitungan Efisiensi Boiler

$$\eta_{boiler} = \frac{Q_{boiler} \times (H_{out} - H_{in})}{\dot{m}_{bb} \times NCV} \times 100\%$$

$$\eta_{boiler} = \frac{29.943,75 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times (737,13 - 97,13) \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}}{10.993,23 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 2.043,07 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} \times 100\%$$

$$\eta_{boiler} = 85,32\%$$

LAMPIRAN II



Gambar 1. Pengenalan Lingkungan Pabrik



Gambar 2. Proses Pengangkutan Tebu dari Truk menuju *Cane Table*



Gambar 3. Penambahan Air Imbibisi Pada Proses Penggilingan Tebu



Gambar 4. Evaporator Pada Stasiun Penguapan



Gambar 5. *Vacuum Pan* Pada Stasiun Masakan



Gambar 6. Proses Pemuteraan Nira Pada LGF / HGF di Stasiun Puteran



Gambar 7. Proses Pembakaran Ampas di Boiler Yoshimine Pada Stasiun Puteran



Gambar 8. Proses Pengemasan Gula



Gambar 11. Tempat Penampungan Tetes Tebu



Gambar 12. Analisis % Pol Tetes Tebu



Gambar 11. Diskusi Mengenai Boiler Untuk Tugas Khusus



Gambar 12. *Sharing Session* Mengenai SDM