LAMPIRAN 3
PERHITUNGAN DESAIN

1) Data Desain

Jenis Boiler	=	*Water Tube Boiler*
Jenis Furnace	=	*Box Longitudinal Coil Steam Water Tube Boiler*
Jenis Proses	=	*Steady State*
Fluida kerja	=	*Water*
Bahan Bakar	=	*Solar*
Kapasitas Listrik	=	1000 watt
Steam	=	*Superheated* (P = 6 Bar T = 240 ^{O}C)
Kapasitas Desain	=	Listrik 1000 watt

2) Perhitungan

a. Menghitung kebutuhan input energi Generator

- Listrik yang dihasilkan dari generator = 1000 watt
  = 1000 J/s
  = 1000 J/s
  = 859,845 Kcal/jam

- Efisiensi generator secara teori sebesar = 80% (Marsudi,Djiteng, 2005)
  Sehingga pada penentuan desain ini menganggap efisiensi generator sebesar 80%
  Maka

$$P_{gen} = W \times \eta_{gen}$$ (Anang, Joko dan Susatyo Handoko. 2011)

$$W = \frac{100}{80} \times 859{,}845 \text{ Kcal/jam}$$

$$= 1074{,}81 \text{ Kcal/jam}$$

b. Menghitung kebutuhan energi input di turbin uap

Menggunakan persamaan

$$W_t = \eta_{turbin\ uap} \times W_{gen}$$ (Anang, Joko dan Susatyo Handoko. 2011)

Diketahui :

- Efisiensi turbin uap secara teori sebesar = 30 % (Perry,"Chem.Eng. Handbook")

Sehingga pada penentuan desain ini menganggap efisiensi turbin uap sebesar 30%

$\eta_{\text{turbin uap}}$ = 30 %

Maka

Pgen = W x η_{gen}

$$Wt_{in} = \frac{100}{30} \times 1074{,}81 \text{ Kcal/jam}$$

= 3582,68845 Kcal/jam

Wt_{out} = 3583 Kcal/jam - 1075 Kcal/jam

= 2507,88192 Kcal/jam

c. Data Desain

P = 5,5 Bar

T = 240 ^{O}C

Didapat nilai h dari tabel steam

serta temperatur = 240 ^{O}C

Maka nilai h = 2934,63 kj/kg = 700,9 kcal/kg

(Tabel Steam Moran & Saphiro)

Q_{BFW} = m_{BFW} x h (Anang, Joko dan Susatyo Handoko. 2011)

3582,69 kcal/jam = m_{BFW} x 700,924 kj/kg

$$m_{BFW} = \frac{3582{,}69 \text{ Kcal/jam}}{700{,}9243 \text{ Kcal/kg}}$$

m_{BFW} = 5,1113768 kg/jam

d. Menghitung kebutuhan energi input di *steam drum*

Menggunakan persamaan

Wsd = $\eta_{\text{steam drum}}$ x Wt

(Anang, Joko dan Susatyo Handoko. 2011)

Diketahui :

Efisiensi *steam drum* secara teori sebesar = 73,15-74,39 %

(Susanto, Heri 2008)

Sehingga pada penentuan desain ini menganggap efisiensi *steam drum* sebesar

η *steam drum* = 70 %

Maka

$$Wsd = \frac{\eta\ \text{steam drum}}{100} \times Wt$$

$$Wsd = \frac{100}{70} \times 3582{,}69\ \text{Kcal/jam}$$

= 5118,13 Kcal/jam

Perhitungan *Volume Steam Drum*

Asumsi volume steam drum = volume steam

ρ = 2,92 kg/m^3 (thermexcel.com)

(pada tekanan 5,5 bar)

$$V = \frac{\text{massa steam}}{\rho\ \text{steam}}$$

$$= \frac{5{,}1114\ \text{kg/jam}}{2{,}92}$$

= 1,750472 m^3 = 1750,472 dm^3 = 1750,472 L

e. Menghitung kebutuhan energi input di ruang bakar

Menggunakan persamaan

Wrd = η ruang bakar x Wsd

(Anang, Joko dan Susatyo Handoko. 2011)

Diketahui :

- Efisiensi ruang bakar secara teori sebesar = 35 %

(https://energy.gov/energysaver/furnaces-and-boilers)

Sehingga pada penentuan desain ini menganggap efisiensi ruang bakar sebesar

η ruang bakar = 35 %

Maka

Wrd = η ruang bakar x Wsd

Wrd = $\frac{100}{}$ x 5118,13 Kcal/jam = 14623,2 Kcal/jam

35

Menghitung bahan bakar solar

Dik = HHV_{solar} = 45,9 MJ/Kg (engineeringtoolbox.com)

HHV_{solar} = 10963,02681 Kcal/kg

Maka,

Q_{rb} = m_{solar} x HHV_{solar}

14623,2 kcal/menit = m_{solar} x 10963,02681 Kcal/kg

$$m_{solar} = \frac{14623{,}2182 \text{ Kcal/jam}}{10963{,}02681 \text{ Kcal/kg}}$$

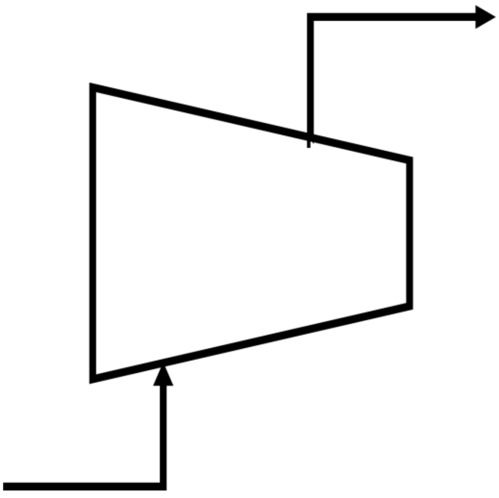
m_{solar} = 1,3339 kg/jam = 1,3339 kg/jam

f. Kompressor

Fungsi = Untuk mengalirkan dan menaikkan tekanan udara

Tipe = *Reciprocating Compressor*

Bahan = *Carbon Steel*



Data :

m_{solar} = 1,334 kg/jam

Maka,

Volume solar $= \frac{\text{massa solar}}{\text{densitas solar}}$

$= \frac{1{,}334 \text{ kg/jam}}{0{,}874 \text{ kg/L}}$

= 1,5262 L/jam = 0,025 L/menit

Mol bahan bakar $= \frac{\text{massa solar}}{\text{BM solar}}$

$= \frac{1{,}333866861 \text{ kg}}{198 \text{ kg/kmol}}$

= 0,00674 kmol

Maka,

	$C_{14}H_{30}$	+ $21{,}5O_2$ →	$14CO_2$	+ $15H_2O$
m	0,01 kmol			
rx	0,01 kmol	0,14484 kmol	0,09431 kmol	0,10105 kmol
s	0	0,14484 kmol	0,09431 kmol	0,10105 kmol

O_2 yang dibutuhkan = 0,14484 kmol

N_2 dari udara $= \frac{79}{21}$ x 0,14484 kmol

= 0,54487 kmol

Udara yang masuk = $O_2 + N_2$

= 0,68971 kmol

= 0,68971 kmol x 29 kg/kmol

= 20,001587 kg

Dengan menggunakan rasio udara bahan bakar = 15 : 1

Dimana secara teori nilai AFR pada pembakaran solar sekitar 14 - 15 : 1

Jadi,

Laju alir massa udara	=	0,006736701 kmol	x	15
	=	0,10105052 kmol		
	=	0,10105052 kmol	x	29 kg/kmol
	=	2,930 kg		
	=	$\frac{2{,}930 \text{ kg}}{33{,}28 \text{ kg/m}^3}$		(Ferry, Tabel 2-23 hal 2-96)
	=	0,09 m^3		
	=	88,06 L/jam		

1. Kapasitas Kompressor

Diketahui

Tekanan, P_1	=	1 atm	
P_2	=	4 atm	
Temperatur, T_1	=	30 ^oC	= 303 K
Faktor keamanan	=	10 %	
Laju alir volumetrik, Qf	=	$\frac{m}{\rho}$	
	=	$\frac{20{,}001587 \text{ kg}}{33{,}28 \text{ kg/m}^3}$	
	=	0,601027 m^3	= 21,22508 ft^3
Faktor keamanan	=	(1 + 0,1) x 0,601027 m^3	
	=	0,66113 m_3/jam	

2. Rasio Kompresi, Rc

$$Rc = (\frac{P_2}{P_1})^{0,5}$$

$$= \left(\frac{4}{1}\right)^{0,5}$$

$$= 2$$

3. Temperatur Output, T_2

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1)/k}$$

(Peter Timmerhaus, Eq.28 hal 525)

= 303K (1/4) (1,41-1)/1,41

= 379,37 K

4. Power Kompressor, PW

Pada Mc. Cabe hal 120, efisiensi dari *reciprocating compressor* adalah 80-85%

η = 81 %

$$PW = \frac{0{,}0643\ kTQ_f}{520\ (k-1)\eta}\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1/k)}-1\right]$$

(Mc.Cabe, Eq. 8.29 hal 210)

$$= \frac{0{,}064 \times 1{,}41 \times 303\ K \times 21{,}225\ ft3}{520 \times (1{,}41 - 1) \times 0{,}81} (4/1)^{(1{,}41-1)/1{,}41}$$

$$= 3{,}376368 \left(\frac{4}{1}\right)^{(1{,}41-1)/1{,}41}$$

= 4,227 HP