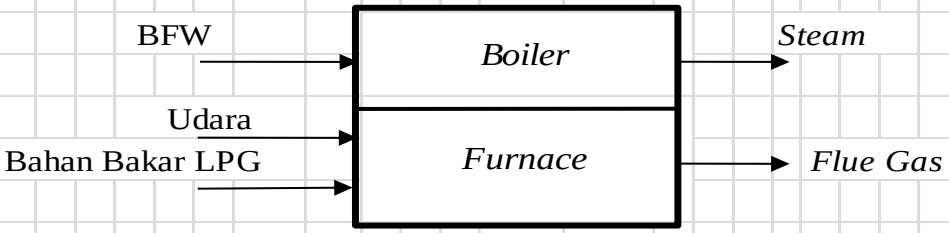
LAMPIRAN III
PERHITUNGAN



Gambar 14. Blog Diagram Neraca Massa

1. Tekanan *steam* = 5 Bar
2. Temperatur *Steam* = 155 ^{o}C
3. Temperatur Bahan bakar = 25 ^{o}C
4. Temperatur air masuk = 28 ^{o}C

A. Menghitung Neraca Massa

1. Menghitung Berat Molekul Rata - rata pada Bahan Bakar LPG

Basis = 1 Kmol

Flow Bahan Bakar = 2,00 kg

Tabel 21. Komposisi Bahan Bakar (%v)

Komposisi	%Vol	Fraksi Mol	BM	Kg
C_2H_6	0,8	0,008	30	0,24
C_3H_8	1,2	0,012	44	0,528
C_4H_{10}	97,1	0,971	58	56,318
C_5H_{12}	0,894	0,00894	72	0,6437
H_2S	0,001	0,00001	34	0,0003
H_2O	0,005	0,00005	18	0,0009
Total	**100**	**1**	**-**	**57,7309**

$$\text{BM Campuran} = \frac{\text{Total Massa}}{\text{Mol}}$$

$$= \frac{57{,}7309 \text{ kg}}{1 \text{ kmol}}$$

$$= 57{,}73092 \text{ kg/kmol}$$

2. Menghitung mol setiap komponen

$$\text{Kmol Bahan Bakar} = \frac{\text{Kg Bahan Bakar}}{\text{BM Campuran}}$$

$$= \frac{2{,}0 \text{ kg}}{57{,}7309 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 0{,}0346 \text{ kmol}$$

$$= 34{,}6435 \text{ mol}$$

Tabel 22. Komponen Bahan Bakar

Komponen	%Vol	Mol	BM	gr
C_2H_6	0,8	0,2771	30	8,3144
C_3H_8	1,2	0,4157	44	18,2918
C_4H_{10}	97,1	33,6388	58	1951,0515
C_5H_{12}	0,894	0,3097	72	22,2993
H_2S	0,001	0,0003	34	0,0118
H_2O	0,005	0,0017	18	0,0312
Total	**100**	**34,6435**	**-**	**2000**

3. Menghitung O_2 Teoritis

Reaksi stokiometri pembakaran gas pada ruang bakar

a. Etana

C_2H_6	+	3.5 O_2	$\longrightarrow$	2 CO_2	+	3 H_2O	
0,2771		0,9700		0,554295688		0,8314	mol

b. Propana

C_3H_8	+	5 O_2	$\longrightarrow$	3 CO_2	+	4 H_2O	
0,4157		2,0786		1,2472		1,66289	mol

c. Butana

C_4H_{10}	+	6.5 O_2	$\longrightarrow$	4 CO_2	+	5 H_2O	
33,6388		218,6523		134,5553		168,194	mol

d. Pentana

C_5H_{12}	+	8 O_2	$\longrightarrow$	5 CO_2	+	6 H_2O	
0,3097		2,4777017		1,5486		1,8583	mol

Tabel 23. Rekapitulasi hasil pembakaran teoritis

Komponen	Mol		
	O_2	CO_2	H_2O
C_2H_6	0,9700	0,5543	0,8314
C_3H_8	2,0786	1,2472	1,6629
C_4H_{10}	218,6523	134,5553	168,1941
C_5H_{12}	2,4777	1,5486	1,8583
Total	**224,1787**	**137,9053**	**172,5467**

O_2 Teoritis = 224,1787 mol

Udara teoritis = $\frac{100}{21}$ x O_2 teoritis

= $\frac{100}{21}$ x 224,1787 mol

= 1067,517405 mol = 1,07 kmol

= 30958,00474 gram

= 30,9580047 kg

4. Menghitung komposisi *dry flue gas*

AFR Teoritis = $\frac{\text{massa udara teoritis}}{\text{massa bahan bakar}}$

= $\frac{30,9580}{2,0}$

= 15,4790

Trail 1 AFR = 16 :1

AFR Aktual = 16:01

Udara Kering Suplai = 16 x 2,0 kg

= 32,00 kg

= 1,1034 kmol

= 1103,448 mol

O_2 dari udara = 0,21 x udara suplai

= 0,21 x 1103,448 mol

= 231,7241 mol

O_2 sisa keluar stack gas = O_2 dari udara - O_2 teoritis

= 231,7241 - 0,0000 mol

= 231,7241 mol

Tabel 24. Komposisi *Flue Gas Hasil Reaksi*

Komponen	mol	% mol
CO_2 flue gas	137,9053	10,3872
H_2O	172,5467	12,9964
O_2 sisa	36,5110	2,7500
N_2	980,6897	73,8664
Total	**1327,6527**	**100,0000**

5. Menghitung komposisi *wet flue gas*

T udara bola kering = 30 ^oC = 86 ^oF

T udara bola basah = 28 ^oC = 82 ^oF

Humidity = 0,24 mol H_2O/mol udara kering

(sumber: Hougen Hal 100)

H_2O dari udara = H x udara kering suplai

= 0,24 x 1241,379 mol

= 297,931 mol

Total H_2O keluar stack gas = H_2O teoritis + H_2O dari udara + H2O Bahan Bakar

= 172,5467 + 297,93103 mol

= 470,4777 mol

Tabel 25. Komposisi *Wet Flue Gas*

Komponen	mol	% mol
CO_2 flue gas	137,9053	11,9388
O_2 sisa	36,5110	3,1608
N_2	980,6897	84,9004
H_2O	470,4777	40,7303
Total	**1155,1060**	**100,0000**

Tabel 26. Neraca Massa pada *Furnace*

Komponen	Input (kg)	Output (kg)
Bahan Bakar	2	
$O_{2\ udara}$	8,34207	3,1608
H_2O udara	5,3628	12,9964
CO_2		11,9388
$N_{2\ udara}$	84,9004	84,9004
Total	**112,9964**	**112,9964**

6. Neraca massa seputar *Boiler Furnace*

Tabel 27. Neraca Massa seputar *Boiler Furnace*

Komponen	Input (kg)	Output (kg)
Bahan Bakar	2,0	-
$O_{2\ udara}$	8,3421	3,1608
H_2O udara	5,3628	12,9964
$N_{2\ udara}$	84,9004	84,9004
CO_2	-	11,9388
BFW	20	-
Steam	-	15
Blowdown	-	5
Total	**132,9964**	**132,9964**

Menghitung Neraca Energi pada Tekanan 5 Bar

Data operasi pada tekanan 5 bar

1	Tekanan *steam*	=	5	Bar
2	.Temperatur Udara	=	30	^{o}C
3	.Temperatur Bahan Bakar	=	25	^{o}C
4	.Temperatur Air Masuk	=	28	^{o}C
5	.Temperatur *flue gas*	=	219	^{o}C
6	.Temperatur *Reference*	=	25	^{o}C
7	.Temperatur dinding *furnace*	=	150	^{o}C
8	.Temperatur *Steam*	=	155	^{o}C
9	Temperatur Blowdown	=	100	^{o}C
10	Massa Bahan Bakar	=	2,0	kg
11	BFW	=	20	kg/jam
12	Blowdown	=	5	kg/jam
13	Massa Saturated steam	=	15	kg/jam

B. Menghitung Neraca Energi

INPUT

Basis Operasi = 1 Jam

bahan bakar = 2,0 kg/jam

HHV = 11920,799

1. Menghitung Entalpi *Bahan Bakar*

Tref = 25 ^{o}C

T_{LPG} = 25 ^{o}C

$Q = n \times Cp\ (T_{LPG} - Tref)$

Maka, Q = 0 Kcal

2. Menghitung *Heating Value* Bahan Bakar

$massa_{LPG}$ = 2,0 kg

HHV_{LPG} = 11920,799

$Q = m \times HHV$

$= 2,0 \times 11920,799$

= 23841,598 Kcal

`

3. Menghitung Entalpi Udara

Cp rata-rata udara pada 30 ^{o}C = 6,3860 Kcal/kmol (hougen, 254)

Temperatur udara = 303

udara kering = 1,2414

Temperatur referensi = 25 = 298 K

Temperatur udara = 30 = 303 K

Dari tabel.17 Hougen hal 255 diperoleh a = 6,3860

b = 0,0018

c = -0,0000002656

Cp = $a + bT + cT^2$ (eq. 21 Hougen hal 253)

= $a + \frac{b}{2}T_2 + T + (T_2^2 + T_2 T_1 + T_1^2)$

Cp udara = $6,3860 + \frac{0,0018}{2}$ 601 K $+ \frac{-0,000000266}{3}$ 270907 K

= 6,8915 Kcal/kmol.k

Q = n udara x Cp udara (Tudara-Tref)

= 1,2414 kmol x 6,8915 x 5

= 42,776 Kcal

4. Laten heat H_2O dari udara

Pada, T = 30 ^oC

m_{udara} = 5,3628 kg

maka nilai Hfg = 2430,5 kj/kg

= 2430,5 kj/kg x 0,2 kkal/kj

= 583,32 kcal/kg

Maka *Laten Heat* udara,

Q = m_{H2O} x H_{fg} udara

= 5,3628 kg x 583,320 kcal/kg

= 3128,2 Kcal

5. Menghitung Entalpi *Boiler Feed Water* (BFW)

$T_{air\ masul}$ = 28 ^oC

hf_{BWF} = 117,43 Kj/kg

= 27,94497 kcal/kg

Q = m x H_f BFW

= 20,00 kg x 27,945 kcal/kg

= 558,8994 Kcal

OUTPUT

1. Menghitung Entalpi *flue gas*

$T_{fluegas}$ = 219 ^oC = 492

Tref = 25 ^oC = 298

Cp = a + bT + cT2

= $a + \frac{b}{2}T_2 + T_1 + (T_2^2 + T_2 T_1 + T_1^2)$

= 6,3 $+ \frac{0,01014}{2}$ 790 $^oK + \frac{-0,000003415}{3}$ 477484 ^oK

= 10,5012314 Kcal/Kmol.K

Dengan cara yang sama, Entalpi *flue gas* dari komponen lain dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 28. Entalpi *Flue gas*

Komponen	a	bx10-3	cx10-6	T	n	Cp	ΔT	Q(gcal)
CO2	6,339	0,0101	-3,4E-06	492	137,9	10,5012	194	280935,2442
O2	6,117	0,0032	-1E-06	492	36,81	7,43189	194	53072,16467
H2O	7,136	0,0026	4,59E-08	492	222,2	8,44599	194	364079,6335
N2	6,457	0,0032	-6,9E-08	492	980,8	7,99846	194	1521908,878
				Total				2219995,92
								985,80816

(Cp dalam satuan gcal/gmol.K)

2. Menghitung panas penguapan pada *flue gas*

Pada, T = 219 ^{o}C

Hfg = 1870 kj/kg x 0,2 kcal/kj

= 448,800 kcal/kg

Q = Massa H_2O dalam *flue gas* Hfg

= 5832,78432 kcal/kg

Jadi, Total Entalpi pada *flue gas*

= Total Entalpi *flue gas* Panas penguapan pada *flue gas*

= 3999,6 + 5832,8 kcal/kg

= 9832,4

3.Menghitung Entalpi *Saturated Steam*

m_{steam} = 15 kg

Pada, P = 5 bar T_{steam} = 193 ^{o}C

hg = 2748,70 Kj/kg

= 656,95 Kcal/kg

Q_{Stean} = m_{steam} x hg

= 15 kg x 656,95

= 9854,25 Kcal

= 41,3322 %

4. Menghitung Entalpi *Blowdown*

$T_{blowdown}$ = 100 ^{o}C

hf = 419,04 kj/kg

= 100,08 kcal/kg

m = 5 Kg

Maka,

Q = hf x m

= 100,08 kcal/kg x 5 kg

= 500,4 kcal

5. Menghitung *Heat Loss* radiasi permukaan *Furnace*

ε	0,78										
σ	5.67 x10^{-8}	W/m^{2o}K								(Sumber, *Holman* . Hal 351)	
A	2,8	m^2									
Ts	150	^{o}C	=	423	^{o}K						
Tref	25	^{o}C	=	298	^{o}K						

$$Q = \varepsilon \cdot \Sigma \cdot A_{furnace} \left((Ts^4)/1000 - (Tref^4)/1000 \right)$$

$$= 0{,}78 \times 5.67 \times 10^{-8} \times 2{,}8 \times \frac{3{,}E+10}{1000} \times \frac{7{,}9E+09}{1000}$$

=	2,9880	Watt									
=	10,75685652	Kj/jam	x	0,24	Kcal/Kj					3,E+07	
=	2,581645565	Kcal/jam								7886150	
										2,E+07	

6. Menghitung *Heat Loss* Konveksi dari permukaan *Furnace*

$T_{dinding\ lu}$	=	150	^{o}C	423	^{o}K						
Tref	=	25	^{o}C	298	^{o}K						
ΔT	=	398	^{o}K								
Panjang	=	100	cm	=	1	m					
Lebar	=	58	cm	=	0,58	m					
Tinggi	=	70	cm	=	0,7	m					
A luas	=	2 (p. L + p.t + L.t)									
	=	2	x	0,58	+		+	0,41			
	=	3,3720	m								

$$h = 1{,}42 \left(\frac{\Delta T}{L} \right) \quad \text{(Sumber: J.P. Holman Hal.315)}$$

$$= 1{,}42 \left(\frac{398}{1} \right)$$

=	6,34248	W/m^{o}C									

Q	=	h x A x ΔT								(Sumber: J.P. Holman Hal.315)	
	=	6,34248	W/m^{2o}C		3,3720	m^2	x	398			
	=	8511,96	J/s/1000(3600)								
	=	30643,1	Kj/jam								
	=	30643,1	Kj/jam		0,2	kkal/kj					
	=	7354,34	kkal/jam								

Tabel 29. Neraca Energi seputar *Boiler Furnace*

Komponen	Input (Kcal)	%	Output (Kcal)	%
Entalpi Bahan bakar LPG	0,0000	0,00	-	-
Heating Value LPG	23841,5980	86,47	-	-
Entalpi *Boiler Feed Water*	558,8994	0,90	-	-
Entalpi udara kering	42,7755	0,16	-	-
Laten Heat H_2O udara	3128,2285	11,35	-	-
Heat loss flue gas	-	-	9832,38	35,7
Entalpi Saturated *Steam*	-	-	2748,7000	9,97
Heat loss Blowdown	-	-	500,4000	1,81
Entalpi *Blowdown*	-	-	500,7500	1,82
Heat Loss Radiasi	-	-	10,7569	0,039
Heat Loss Konveksi	-	-	7354,3364	26,67
Panas yang tak teranalisis	-	-	6624,1738	24,03
dalam sistem	-	-		
Total	**27571,5014**	**100**	**27571,5014**	**100,0**

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Entalpi Steam}}{\text{HHV}_{\text{LPG}}} 100\ \%$$

$$= \frac{9854,25}{23841,598} 100\ \%$$

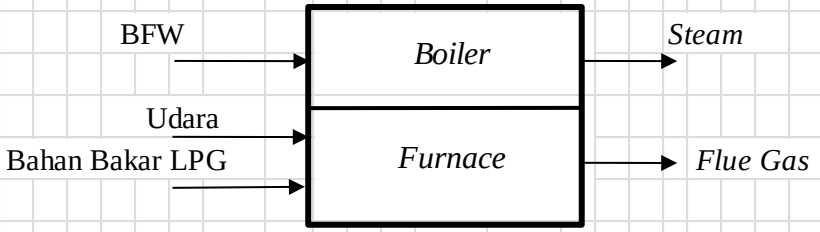
$$= 0,41332\ 100\ \%$$

$$= 41,33\ \%$$

$$\text{SFC} = \frac{\text{massa bahan bakar}}{\text{Massa } steam}$$

$$= \frac{2,0}{15}$$

$$= 0,1333$$



Gambar 15. Blog Diagram Neraca Massa

1. Tekanan *steam* = 10 Bar
2. Temperatur *Steam* = 183 ^{o}C
3. Temperatur Bahan bakar = 25 ^{o}C
4. Temperatur air masuk = 28 ^{o}C

A. Menghitung Neraca Massa

1. Menghitung Berat Molekul Rata - rata pada Bahan Bakar LPG

Basis = 1 Kmol

Flow Bahan Bakar = 2.30 kg

Tabel 30. Komposisi Bahan Bakar (%v)

Komposisi	%Vol	Fraksi Mol	BM	Kg
C_2H_6	0,8	0,008	30	0,24
C_3H_8	1,2	0,012	44	0,528
C_4H_{10}	97,1	0,971	58	56,318
C_5H_{12}	0,894	0,00894	72	0,6437
H_2S	0,001	0,00001	34	0,0003
H_2O	0,005	0,00005	18	0,0009
Total	**100**	**1**	**-**	**57,7309**

$$\text{BM Campuran} = \frac{\text{Total Massa}}{\text{Mol}}$$

$$= \frac{57{,}7309 \text{ kg}}{1 \text{ kmol}}$$

$$= 57{,}73092 \text{ kg/kmol}$$

2. Menghitung mol setiap komponen

$$\text{Kmol Bahan Bakar} = \frac{\text{Kg Bahan Bakar}}{\text{BM Campuran}}$$

$$= \frac{2{,}3 \text{ kg}}{57{,}7309 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 0{,}0398 \text{ kmol}$$

$$= 39{,}8400 \text{ mol}$$

Tabel 31. Komponen Bahan Bakar

Komponen	%Vol	Mol	BM	gr
C_2H_6	0,8	0,3187	30	9,5616
C_3H_8	1,2	0,4781	44	21,0355
C_4H_{10}	97,1	38,6846	58	2243,7093
C_5H_{12}	0,894	0,3562	72	25,6442
H_2S	0,001	0,0004	34	0,0135
H_2O	0,005	0,0020	18	0,0359
Total	**100**	**39,8400**	**-**	**2300**

3. Menghitung O_2 Teoritis

Reaksi stokiometri pembakaran gas pada ruang bakar

a. Etana

$$C_2H_6 + 3.5\ O_2 \longrightarrow 2\ CO_2 + 3\ H_2O$$

0,3187 1,1155 0,637440041 0,9562 mol

b. Propana

$$C_3H_8 + 5\ O_2 \longrightarrow 3\ CO_2 + 4\ H_2O$$

0,4781 2,3904 1,4342 1,91232 mol

c. Butana

$$C_4H_{10} + 6.5\ O_2 \longrightarrow 4\ CO_2 + 5\ H_2O$$

38,6846 251,4502 154,7386 193,423 mol

d. Pentana

$$C_5H_{12} + 8\ O_2 \longrightarrow 5\ CO_2 + 6\ H_2O$$

0,3562 2,849357 1,7808 2,1370 mol

Tabel 32. Rekapitulasi hasil pembakaran teoritis

Komponen	Mol		
	O_2	CO_2	H_2O
C_2H_6	1,1155	0,6374	0,9562
C_3H_8	2,3904	1,4342	1,9123
C_4H_{10}	251,4502	154,7386	193,4232
C_5H_{12}	2,8494	1,7808	2,1370
Total	**257,8055**	**158,5911**	**198,4287**

O_2 Teoritis = 257,8055 mol

Udara teoritis = $\frac{100}{21}$ x O_2 teoritis

= $\frac{100}{21}$ x 257,8055 mol

= 1227,645016 mol = 1,23 kmol

= 35601,70546 gram

= 35,6017055 kg

4. Menghitung komposisi *dry flue gas*

AFR Teoritis = $\frac{\text{massa udara teoritis}}{\text{massa bahan bakar}}$

= $\frac{35,6017}{2,3}$

= 15,4790

Trail 1 AFR = 16 :1

AFR Aktual = 16:01

Udara Kering Suplai = 16 x 2,3 kg

= 36,80 kg

= 1,2690 kmol

= 1268,966 mol

O_2 dari udara = 0,21 x udara suplai

= 0,21 x 1268,966 mol

= 266,4828 mol

O_2 sisa keluar stack gas = O_2 dari udara - O_2 teoritis

= 266,4828 - ####### mol

= 8,6773 mol

N_2 keluar dari stack gas = 0,79 x udara suplai

= 0,79 x 1268,966 mol

= 1002,4828 mol

$$\%\ O2\ Excess = \frac{O2\ dari\ udara - O2\ teoritis}{O2\ dari\ udara} \times 100\ \%$$

$$= \frac{266,5 - 257,805}{266,5} \times 100\ \%$$

= 0,0326 x 100 %

= 3,256 %

menurut rekomendasi dari testo %excess O2 berkisar antara 10-30%

Trail 2 AFR = 18 :1

AFR Aktual = 18:01

Udara Kering Suplai = 18 x 2,3 kg

= 41,40 kg

= 1,4276 kmol

= 1427,586 mol

O_2 dari udara = 0,21 x udara suplai

= 0,21 x 1427,586 mol

= 299,7931 mol

O_2 sisa keluar stack gas = O_2 dari udara - O_2 teoritis

= 299,7931 - ####### mol

= 41,9877 mol

N_2 keluar dari stack gas = 0,79 x udara suplai

= 0,79 x 1427,586 mol

= 1127,7931 mol

$$\%\ O2\ Excess = \frac{O2\ dari\ udara - O2\ teoritis}{O2\ dari\ udara} \times 100\ \%$$

$$= \frac{299,8 - 257,805}{299,8} \times 100\ \%$$

= 0,1401 x 100 %

= 14,006 %

Tabel 33. Komposisi *Flue Gas Hasil Reaksi*

Komponen	mol	% mol
CO_2 flue gas	158,5911	10,3872
H_2O	198,4287	12,9964
O_2 sisa	41,9877	2,7500
N_2	1127,7931	73,8664
Total	**1526,8006**	**100,0000**

5. Menghitung komposisi *wet flue gas*

T udara bola kering = 30 °C = 86 °F

T udara bola basah = 28 °C = 82 °F

Humidity = 0,24 mol H_2O/mol udara kering

(sumber: Hougen Hal 100)

H_2O dari udara = H x udara kering suplai

= 0,24 x 1427,586 mol

= 342,6207 mol

Total H_2O keluar stack gas	=	H_2O teoritis	+	H_2O dari udara		
		+ H2O Bahan Bakar				
	=	198,4287	+	342,62069	mol	
	=	541,0494 mol				

Tabel 34. Komposisi *Wet Flue Gas*

Komponen	mol	% mol
CO_2 flue gas	158,5911	11,9388
O_2 sisa	41,9877	3,1608
N_2	1127,7931	84,9004
H_2O	541,0494	40,7303
Total	**1328,3719**	**100,0000**

Tabel 35. Neraca Massa pada *Furnace*

Komponen	Input (kg)	Output (kg)
Bahan Bakar	2,3	
$O_{2\ udara}$	9,59338	3,1608
H_2O udara	6,1672	12,9964
CO_2		11,9388
$N_{2\ udara}$	84,9004	84,9004
Total	**112,9964**	**112,9964**

6. Neraca massa seputar *Boiler Furnace*

Tabel 36. Neraca Massa seputar *Boiler Furnace*

Komponen	Input (kg)	Output (kg)
Bahan Bakar	2,3	-
$O_{2\ udara}$	9,5934	3,1608
H_2O udara	6,1672	12,9964
$N_{2\ udara}$	84,9004	84,9004
CO_2	-	11,9388
BFW	20	-
Steam	-	15
Blowdown	-	5
Total	**132,9964**	**132,9964**

Menghitung Neraca Energi pada Tekanan 10 Bar

Data operasi pada tekanan 10 bar

1	Tekanan *steam*	=	10	Bar
2	.Temperatur Udara	=	30	^oC
3	.Temperatur Bahan Bakar	=	25	^oC
4	.Temperatur Air Masuk	=	28	^oC
5	.Temperatur *flue gas*	=	221	^oC
6	.Temperatur *Reference*	=	25	^oC
7	.Temperatur dinding *furnace*	=	150	^oC
8	.Temperatur *Steam*	=	179	^oC
9	Temperatur Blowdown	=	100	^oC
10	Massa Bahan Bakar	=	2,3	kg
11	BFW	=	20	kg/jam
12	Blowdown	=	5	kg/jam
13	Massa Saturated steam	=	15	kg/jam

B. Menghitung Neraca Energi

INPUT

Basis Operasi = 1 Jam

bahan bakar = 2,3 kg/jam

HHV = 11920,799

1. Menghitung Entalpi *Bahan Bakar*

Tref = 25 ^oC

T_{LPG} = 25 ^oC

$Q = n \times Cp\ (T_{LPG} - Tref)$

Maka, Q = 0 Kcal

2. Menghitung *Heating Value* Bahan Bakar

massa $_{LPG}$ = 2,3 kg

HHV_{LPG} = 11920,799

Q = m x HHV

= 2,3 x 11920,799

= 27417,838 Kcal

`

3. Menghitung Entalpi Udara

Cp rata-rata udara pada 30 ^oC = 6,3860 Kcal/kmol (hougen, 254)

Temperatur udara = 303

udara kering = 1,4276

Temperatur referensi = 25 = 298 K

Temperatur udara = 30 = 303 K

Dari tabel.17 Hougen hal 255 diperoleh a = 6,3860

b = 0,0018

c = -0,0000002656

Cp = $a + bT + cT^2$ (eq. 21 Hougen hal 253)

= $a + \frac{b}{2}T_2 + T + (T_2^2 + T_2 T_1 + T_1^2)$

Cp udara = $6,3860 + \frac{0,0018}{2}$ 601 K $+ \frac{-0,000000266}{3}$ 270907 K

= 6,8915 Kcal/kmol.k

Q = n udara x Cp udara (Tudara-Tref)

= 1,4276 kmol x 6,8915 x 5

= 49,192 Kcal

4. Laten heat H_2O dari udara

Pada, T = 30 ^oC

m_{udara} = 6,1672 kg

maka nilai Hfg = 2430,5 kj/kg

= 2430,5 kj/kg x 0,2 kkal/kj

= 583,32 kcal/kg

Maka *Laten Heat* udara,

Q = m_{H2O} x H_{fg} udara

= 6,1672 kg x 583,320 kcal/kg

= 3597,5 Kcal

5. Menghitung Entalpi *Boiler Feed Water* (BFW)

$T_{air\ masuk}$ = 28 ^oC

hf_{BWF} = 117,43 Kj/kg

= 27,94497 kcal/kg

Q = m x H_f BFW

= 20,00 kg x 27,945 kcal/kg

= 558,8994 Kcal

OUTPUT

1. Menghitung Entalpi *flue gas*

$T_{fluegas}$ = 221 ^oC = 494

Tref = 25 ^oC = 298

Cp = $a + bT + cT2$

= $a + \frac{b}{2}T_2 + T_1 + (T_2^2 + T_2 T_1 + T_1^2)$

= $6,3 + \frac{0,01014}{2}$ 792 ^oK $+ \frac{-0,000003415}{3}$ 480052 ^oK

= 10,5147771 Kcal/Kmol.K

Dengan cara yang sama, Entalpi *flue gas* dari komponen lain dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 30. Entalpi *flue gas*

Komponen	a	bx10-3	cx10-6	T	n	Cp	ΔT	Q(gcal)
CO2	6,339	0,0101	-3,4E-06	494	137,9	10,5148	196	284197,6
O2	6,117	0,0032	-1E-06	494	36,81	7,43624	196	53650,7
H2O	7,136	0,0026	4,59E-08	494	222,2	8,45136	196	368066,924
N2	6,457	0,0032	-6,9E-08	494	980,8	8,00466	196	1538790,13
				Total				2244705,355
								985,80816

(Cp dalam satuan gcal/gmol.K)

2. Menghitung panas penguapan pada *flue gas*

Pada, T = 221 ^{o}C

Hfg = 1853,0 kj/kg x 0,24 kcal/kj

= 444,720 kcal/kg

Q = Massa H_2O dalam *flue gas* Hfg

= 5779,759008 kcal/kg

Jadi, Total Entalpi pada *flue gas*

= Total Entalpi *flue gas* Panas penguapan pada *flue gas*

= 3999,6 kcal/kg + 5779,8 kcal/kg

= 9779,4 kcal/kg

3.Menghitung Entalpi *Saturated Steam*

m_{steam} = 15 kg

Pada, P = 10 bar T_{steam} = 221 ^{o}C

hg = 2801,00 Kj/kg

= 669,45 Kcal/kg

Q_{Steam} = m_{steam} x hg

= 15 kg x 669,45

= 10041,75 Kcal

= 36,6249 %

4. Menghitung Entalpi *Blowdown*

$T_{blowdown}$ = 100 ^{o}C

hf = 419,04 kj/kg

= 100,08 kcal/kg

m = 5 Kg

Maka,

Q = hf x m

= 100,08 kcal/kg x 5 kg

= 500,4 kcal

5. Menghitung *Heat Loss* radiasi permukaan *Furnace*

ε	0,78												
σ	5.67 x10^{-8}	W/m^{2o}K										(Sumber, *Holman* . Hal 351)	
A	2,8	m^2											
Ts	150	^{o}C	=	423	^{o}K								
Tref	25	^{o}C	=	298	^{o}K								
Q	ε . Σ . A$_{furnace}$ ((Ts^4)/1000 - (Tref^4)/1000)												
=	0,78	x	5.67 x10^{-8}	x	2,8	x	$\frac{3,E+10}{}$	$\frac{7,9E+09}{}$					
=	2,9880	Watt											
=	10,75685652	Kj/jam	x	0,24	Kcal/Kj						3,E+07		
=	2,581645565	Kcal/jam									7886150		
											2,E+07		

6. Menghitung *Heat Loss* Konveksi dari permukaan *Furnace*

T$_{dinding\ lu}$	=	150	^{o}C	423	^{o}K								
Tref	=	25	^{o}C	298	^{o}K								
ΔT	=	398	^{o}K										
Panjang	=	100	cm	=	1	m							
Lebar	=	58	cm	=	0,58	m							
Tinggi	=	70	cm	=	0,7	m							
A luas	=	2 (p. L + p.t + L.t)											
	=	2	x	0,58	+		+	0,41					
	=	3,3720	m										
h	=	1,42	$\frac{\Delta T}{L}$									(Sumber: J.P. Holman Hal.315)	
	=	1,42	$\frac{398}{1}$										
	=	6,34248	W/m^{o}C										
Q	=	h x A x ΔT										(Sumber: J.P. Holman Hal.315)	
	=	6,34248	W/m^{2o}C			3,3720	m^2	x	398				
	=	8511,96	J/s/1000(3600)										
	=	30643,1	Kj/jam										
	=	30643,1	Kj/jam		0,2	kkal/kj							
	=	7354,34	kkal/jam										

Tabel 31. Neraca Energi seputar *Boiler Furnace*

Komponen	Input (Kcal)	%	Output (Kcal)	%
Entalpi Bahan bakar LPG	0,0000	0,00	-	-
Heating Value LPG	27417,8377	86,70	-	-
Entalpi *Boiler Feed Water*	558,8994	0,90	-	-
Entalpi udara kering	49,1915	0,16	-	-
Laten Heat H_2O udara	3597,4511	11,38	-	-
Heat loss flue gas	-	-	9779,36	30,9
Entalpi Saturated *Steam*	-	-	2801,0000	8,86
Heat loss Blowdown	-	-	500,4000	1,58
Entalpi *Blowdown*	-	-	500,7500	1,58
Heat Loss Radiasi	-	-	10,7569	0,034
Heat Loss Konveksi	-	-	7354,3364	23,26
Panas yang tak teranalisis	-	-	10676,7774	33,76
dalam sistem	-	-		
Total	**31623,3797**	**100**	**31623,3797**	**100,0**

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Entalpi Steam}}{\text{HHV}_{\text{LPG}}} 100\ \%$$

$$= \frac{10041,75}{27417,838} 100\ \%$$

$$= 0,36625\ 100\ \%$$

$$= 36,62\ \%$$

$$\text{SFC} = \frac{\text{massa bahan bakar}}{\text{Massa } steam}$$

$$= \frac{2,3}{15}$$

$$= 0,1533$$