LAMPIRAN I
DATA PENGAMATAN

Tabel 15. Kondisi Operasi Perbandingan Bahan Bakar Limbah Kayu:Batubara (10kg:10kg)

T *Syngas* = 159^{O}C

Waktu	**T_{burner}**	**Kualitas Nyala**	
(Menit)	**(^{0}C)**	**Stabilitas Nyala**	**Warna Nyala**
10	240	-	-
20	312	-	-
30	380	Tidak stabil	Merah
40	410	Tidak stabil	Merah
50	460	Stabil	Merah
60	600	Tidak stabil	Merah
70	640	Stabil	Merah
80	740	Tidak stabil	Merah
90	790	Stabil	Merah
100	810	Stabil	Merah
110	823	Stabil	Merah
120	847	Stabil	Merah

Tabel 16. Kondisi Operasi Perbandingan Bahan Bakar Limbah Kayu:Batubara (12Kg:8Kg)

T *Syngas* = 146^{O}C

Waktu	**T_{burner}**	**Kualitas Nyala**	
(Menit)	**(^{0}C)**	**Stabilitas Nyala**	**Warna Nyala**
10	260	-	-
20	322	-	-
30	360	Tidak stabil	Merah
40	394	Tidak stabil	Merah
50	523	Stabil	Merah
60	625	Tidak stabil	Merah
70	680	Tidak stabil	Merah
80	785	Stabil	Merah
90	823	Stabil	Merah

100	845	Stabil	Merah
110	865	Stabil	Merah
120	868	Stabil	Merah

Tabel 17. Kondisi Operasi Perbandingan Bahan Bakar Limbah Kayu:Batubara (14kg:6kg)

T *Syngas* = 137^{O}C

Waktu	**T_{burner}**	**Kualitas Nyala**	
(Menit)	**(^{0}C)**	**Stabilitas Nyala**	**Warna Nyala**
10	288	-	-
20	323	-	-
30	348	-	-
40	440	Tidak stabil	Merah
50	462	Stabil	Merah
60	520	Stabil	Merah
70	760	Stabil	Merah
80	820	Stabil	Merah
90	840	Stabil	Merah
100	865	Stabil	Merah
110	883	Stabil	Merah
120	880	Stabil	Merah

Tabel 18. Kondisi Operasi Perbandingan Bahan Bakar Limbah Kayu:Batubara (16kg:4kg)

T *Syngas* = 126^{O}C

Waktu	**T_{burner}**	**Kualitas Nyala**	
(Menit)	**(^{0}C)**	**Stabilitas Nyala**	**Warna Nyala**
10	282	-	-
20	328	-	-
30	385	Tidak Stabil	Merah
40	532	Tidak Stabil	Merah
50	801	Stabil	Merah
60	822	Stabil	Merah
70	831	Stabil	Merah
80	835	Stabil	Merah
90	843	Stabil	Merah
100	856	Stabil	Merah
110	876	Stabil	Merah
120	887	Stabil	Merah

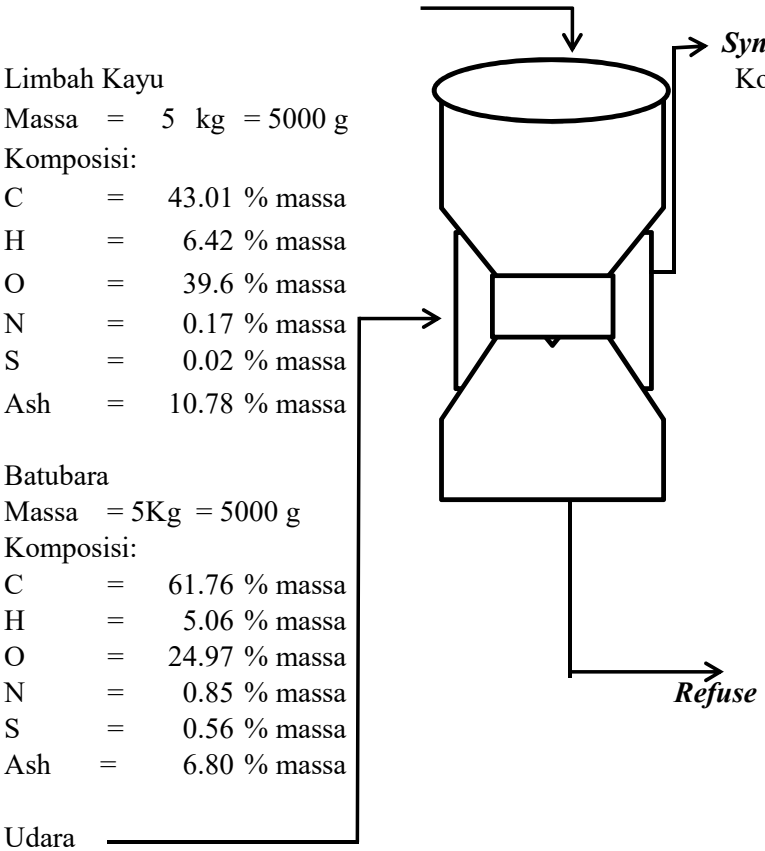
Tabel 19. Kondisi Operasi Perbandingan Bahan Bakar Limbah Kayu:Batubara (18kg:2kg)

T *Syngas* = 118^{O}C

Waktu (Menit)	**T_{burner} (^{0}C)**	**Kualitas Nyala**	
		Stabilitas Nyala	**Warna Nyala**
10	330	-	-
20	410	Stabil	Merah
30	435	Stabil	Merah
40	601	Tidak stabil	Merah
50	620	Tidak stabil	Merah
60	765	Stabil	Merah
70	832	Stabil	Merah
80	800	Stabil	Merah
90	792	Stabil	Merah
100	778	Stabil	Merah
110	739	Tidak stabil	Merah
120	724	Tidak stabil	Merah

LAMPIRAN II
PERHITUNGAN

Limbah Kayu + Batubara (50%+50%)



Limbah Kayu
Massa = 5 kg = 5000 g
Komposisi:
C = 43.01 % massa
H = 6.42 % massa
O = 39.6 % massa
N = 0.17 % massa
S = 0.02 % massa
Ash = 10.78 % massa

Batubara
Massa = 5Kg = 5000 g
Komposisi:
C = 61.76 % massa
H = 5.06 % massa
O = 24.97 % massa
N = 0.85 % massa
S = 0.56 % massa
Ash = 6.80 % massa

Udara

Basis : 1 Jam Operasi

1. Menghitung Massa komponen Bahan Bakar

- **Limbah Kayu**

Massa	=	5000 g					
Komponen :							
C	=	43.01 %	x	5000 g	=	2150.5 g	
H	=	6.42 %	x	5000 g	=	321.0 g	
O	=	39.6 %	x	5000 g	=	1980.0 g	
N	=	0.17 %	x	5000 g	=	8.5 g	
S	=	0.02 %	x	5000 g	=	1.0 g	
Ash	=	10.78 %	x	5000 g	=	539.0 g	
							+
				Total	=	5000 g	

- **Batubara**

Massa	=	5000 Kg					
Komponen :							
C	=	61.76 %	x	5000 g	=	3088.1 g	
H	=	5.06 %	x	5000 g	=	253.2 g	
O	=	24.97 %	x	5000 g	=	1248.5 g	
N	=	0.85 %	x	5000 g	=	42.3 g	
S	=	0.56 %	x	5000 g	=	28.0 g	
Ash	=	6.80 %	x	5000 g	=	340.0 g	
							+
				Total	=	5000 g	

- **Total Massa Komponen Bahan Bakar**

C	=	$C_{\text{limbah kayu}}$	+	C_{Batubara}			
	=	2150.500 g	+	3088.050 g	=	5238.6 g	
H	=	$H_{\text{limbah kayu}}$	+	H_{Batubara}			
	=	321.000 g	+	253.195 g	=	574.2 g	
O	=	$O_{\text{limbah kayu}}$	+	O_{Batubara}			
	=	1980.000 g	+	1248.500 g	=	3228.5 g	
N	=	$N_{\text{limbah kayu}}$	+	N_{Batubara}			
	=	8.500 g	+	42.347 g	=	50.8 g	
S	=	$S_{\text{limbah kayu}}$	+	S_{Batubara}			
	=	1.000 g	+	28.000 g	=	29.0 g	

Ash = Ash $_{\text{limbah kayu}}$ + Ash $_{\text{Batubara}}$

= 539.000 g + 340.000 g = 879.0 g

Total = 10000 g +

2. Menentukan Mol Komponen Bahan Bakar

C	=	5238.6 g : 12 g/mol	=	436.5458 mol
H	=	574.2 g : 1 g/mol	=	574.1950 mol
O	=	3228.5 g : 16 g/mol	=	201.7813 mol
N	=	50.8 g : 14 g/mol	=	3.6319 mol
S	=	29.0 g : 32 g/mol	=	0.9063 mol
Ash	=	879.0 g	=	-
Total		10000 g		1217.0602 mol +

3. Menentukan mol udara

AFR = 1.31

$$\text{AFR} = \frac{\text{g udara}}{\text{g Bahan bakar}}$$

g Udara = AFR x g bahan bakar

= 1.31 x 5812.7450

= 7614.6960 g

$$\text{Mol udara} = \frac{\text{g Udara}}{\text{BM Udara}}$$

$$= \frac{7614.6960 \text{ g}}{29 \text{ g/mol}}$$

= 262.5757 mol

4. Neraca Nitrogen

N_2 *Syngas* = N_2 udara + N_2 bahan bakar

- Nitrogen Udara

N_2 udara = $\frac{79}{100}$ x 262.6 mol

= 207.4348 mol

= 207.4348 mol x 28 g/mol

= 5808.1750 g

- Nitrogen Bahan bakar

Nitrogen Bahan bakar = Nitrogen limbah kayu + Nitrogen Batubara

= 8.500 g + 42.35 g

= 50.847 g

- Nitrogen *Syngas*

N_2 *Syngas* = N_2 Bahan Bakar + N_2 Udara
= 50.847 g + 5808.17 g
= 5859.0215 g = 209.2508 mol

5. Menghitung Total *Syngas*

$$= \frac{100}{51.5} \times 209.2508 \text{ mol}$$
= 406.3122 mol

6. Menghitung Komposisi *Syngas*

Komponen	Komposisi mol (%)	Mol	BM (g/mol)	Massa
CO	25	101.5780	28	2844.1852
CO_2	10	40.6312	44	1787.7735
CH_4	1.5	6.0947	16	97.5149
H_2	12	48.7575	2	97.5149
N_2	51.5	209.2508	28	5859.0215
Total	100	406.3122		10686.0100

7. Neraca Carbon

Atom C input = Atom C output
5238.550 g = Atom C pada (CH_4 + CO + CO_2 + Tar)

C pada CH_4 $= \frac{\text{Ar}}{\text{BM}} \times \text{Massa}$
$= \frac{12}{16} \times 97.51 \text{ g}$
= 73.1362 g

C pada CO_2 $= \frac{\text{Ar}}{\text{BM}} \times \text{Massa}$
$= \frac{12}{44} \times 1787.77 \text{ g}$
= 487.5746 g

C pada CO $= \frac{\text{Ar}}{\text{BM}} \times \text{Massa}$
$= \frac{12}{28} \times 2844.19 \text{ g}$
= 1218.937 g

Total C pada *Syngas* = 73.136 g + 487.6 g + 1218.9 kg
= 1779.647 g

- Menghitung C Pada Refuse
C Pada Refuse = C bahan bakar - C *Syngas*
= 5238.550 - 1779.647 g
= 3458.903

8. Menghitung Total Refuse

Total Refuse = (Bahan Bakar + Udara) - *Syngas*
= 17614.7875 - 10686.0100 g
= 6928.7774 g

9. Neraca Massa Total Gasifikasi

Perbandingan Bahan Bakar = 5000:5000

INPUT			**OUTPUT**		
Bahan Bakar	=	10000 g	Syngas	=	10686.010 g
Udara	=	7614.696 g	Refuse	=	6928.777 g
Total	**=**	**17614.787 g**		**=**	**17614.787 g**

Dengan menggunakan cara yang sama maka diperoleh tabel hasil perhitungan sebagai berikut:

Perbandingan Limbah Kayu : Batubara (g)	Input (g)		Output (g)	
	Bahan Bakar	Udara	*Syngas*	Refuse
5000:5000	10000	7614.696 g	10686.01	6928.777
6000:4000	10000	7386.823	10356.655	7030.241
7000:3000	10000	7158.95	10027.301	7131.704
8000:2000	10000	6931.076	9697.946	7233.167
9000:1000	10000	6703.203	9368.591	7334.63

10. Menghitung *Specific Fuel Consume (SFC)*

$$\text{Energi Spesifik} = \frac{\text{HHV } \textit{Syngas}}{\text{Total Massa Bahan Bakar}}$$

HHV *Syngas* = (nCO x HHVCO) + (nH_2 x $HHVH_2$) + (nCH_4+$HHVCH_4$)
= (101.578 x 67.6) + (48.7575 x 68.3) +
(48.7575 x 213)
= 20576.8156 Kkal

$$\text{Energi Spesifik} = \frac{20576.8156 \text{ Kkal}}{10 \text{ Kg}}$$

= 2057.68156 Kkal/Kg

11. Menghitung Efisiensi Termal

Diketahui :

HHV Limbah Kayu = 5731 Kkal/Kg

HHV Batubara Lignit = 6322 Kkal/Kg

$Q_{\text{Limbah Kayu}}$ = 5731 Kkal/Kg x 5 Kg

= 28656 Kkal

Q_{Batubara} = 6322 Kkal/Kg x 5 Kg

= 31610 Kkal

Total Q bahan bakar input = $Q_{\text{Limbah Kayu}}$ + Q_{Batubara}

= ######### + 31610 Kkal

= 60265.5 Kkal

$$\text{Efisiensi Termal} = \frac{\text{Q Produk } \textit{Syngas}}{\text{Q Bahan Bakar}}$$

$$= \frac{20576.8156 \text{ Kcal}}{60265.500 \text{Kcal}} \text{ x } 100\%$$

= 34.1%

LAMPIRAN III
ALAT DAN BAHAN

Alat gasifikasi Tipe *Downdraft*

1. Komponen Alat Gasifikasi

Hopper

Reaktor

Fire Test

Gas Cooler dan *Filter*

Cyclone

Blower

Panel Indikator

Batery Charger

Baterai

Motor Bakar

Gas Filter

Zona Oksidasi

Zona Reduksi

Gas Butane

Termogan

Timbangan

1. Biomassa dan produk gasifikasi

Batubara

Tempurung Kelapa

Tar

Arang dan Abu