

**LAMPIRAN I**  
**DATA PENGAMATAN**

Tabel 22 . Kondisi Proses Gasifikasi antara Campuran Tempurung Kelapa dan Batubara (10kg:10kg)

<b>Waktu (Menit)</b>	<b>Kualitas Nyala Api</b>		<b>T<sub>burner</sub></b>
	<b>Stabilitas Nyala Api</b>	<b>Warna Nyala Api</b>	<b>°C</b>
10	-	-	240
20	-	-	298
30	-	-	330
40	-	-	380
50	Tidak Stabil	Merah	460
60	Tidak Stabil	Merah	590
70	Tidak Stabil	Merah	640
80	Tidak Stabil	Merah	730
90	Stabil	Merah	770
100	Tidak Stabil	Merah	786
110	Stabil	Merah	790
120	Stabil	Merah	825

Tabel 23. Kondisi Proses Gasifikasi antara Campuran Tempurung Kelapa dan Batubara (12kg:8kg)

<b>Waktu (Menit)</b>	<b>Kualitas Nyala Api</b>		<b>T<sub>burner</sub></b>
	<b>Stabilitas Nyala Api</b>	<b>Warna Nyala Api</b>	<b>°C</b>
10	-	-	250
20	-	-	289
30	-	-	320
40	-	-	378
50	Tidak Stabil	Merah	470
60	Tidak Stabil	Merah	615
70	Tidak Stabil	Merah	740
80	Stabil	Merah	780
90	Stabil	Merah	815
100	Tidak Stabil	Merah	830
110	Stabil	Merah	815
120	Tidak Stabil	Merah	798

Tabel 24. Kondisi Proses Gasifikasi antara Campuran Tempurung Kelapa dan Batubara (14kg:6kg)

<b>Waktu (Menit)</b>	<b>Kualitas Nyala Api</b>		<b>T<sub>burner</sub></b>
	<b>Stabilitas Nyala Api</b>	<b>Warna Nyala Api</b>	<b>°C</b>
10	-	-	268

20	-	-	301
30	-	-	340
40	Tidak Stabil	Merah	410
50	Tidak Stabil	Merah	450
60	Stabil	Merah	510
70	Stabil	Merah	600
80	Tidak Stabil	Merah	720
90	Stabil	Merah	820
100	Tidak Stabil	Merah	845
110	Tidak Stabil	Merah	813
120	-	-	788

Tabel 25. Kondisi Proses Gasifikasi antara Campuran Tempurung Kelapa dan Batubara (16kg:4kg)

Waktu (Menit)	Kualitas Nyala Api		T <sub>burner</sub>
	Stabilitas Nyala Api	Warna Nyala Api	°C
10	-	-	282
20	-	-	318
30	Tidak Stabil	Merah	385
40	Tidak Stabil	Merah	423
50	Stabil	Merah	564
60	Tidak Stabil	Merah	725
70	Tidak Stabil	Merah	745
80	Stabil	Merah	825
90	Stabil	Merah	820
100	Tidak Stabil	Merah	729
110	-	-	700
120	-	-	600

Tabel 26. Kondisi Proses Gasifikasi antara Campuran Tempurung Kelapa dan Batubara (18kg:2kg)

Waktu (Menit)	Kualitas Nyala Api		T <sub>burner</sub>
	Stabilitas Nyala Api	Warna Nyala Api	°C
10	-	-	290
20	-	-	330
30	Tidak Stabil	Merah	442
40	Stabil	Merah	540
50	Stabil	Merah	600
60	Stabil	Merah	765
70	Stabil	Merah	825
80	Stabil	Merah	810
90	Tidak Stabil	Merah	790
100	-	-	750

110	-	-	740
120	-	-	730

**LAMPIRAN II  
PERHITUNGAN**

**Tempurung Kelapa + Batubara (50%+50%)**

Tempurung Kelapa  
Massa = 5 = 5000  
kg g  
Komposisi:

***Syngas***

Komposisi:  
CO<sub>2</sub>  
CO

C	=	47.89 % massa
H	=	6.09 % massa
O	=	45.75 % massa
N	=	0.22 % massa
S	=	0.05 % massa
Ash	=	7.56 % massa



1

Massa

= 5Kg = 5000 g

Komposisi:

*Refuse*

**Basis : 1 Jam Operasi**

Gambar 16. Komponen Masuk dan Keluar Proses Gasifikasi

## 1. Menghitung Massa komponen Bahan Bakar

### - Tempurung Kelapa

$$\text{Massa} = 5000 \text{ g}$$

Komponen :

$$\text{C} = 47.89 \% \quad \times \quad 5000 \text{ g} = 2394.50 \text{ g}$$

$$\text{H} = 6.09 \% \quad \times \quad 5000 \text{ g} = 304.50 \text{ g}$$

$$\text{O} = 45.75 \% \quad \times \quad 5000 \text{ g} = 2287.50 \text{ g}$$

$$\text{N} = 0.22 \% \quad \times \quad 5000 \text{ g} = 11.00 \text{ g}$$

$$\text{S} = 0.05 \% \quad \times \quad 5000 \text{ g} = 2.50 \text{ g}$$

$$\text{Ash} = 7.56 \% \quad \times \quad 5000 \text{ g} = 378.00 \text{ g}$$

$$\text{Total} = 5378.00 \text{ g}$$

### - Batubara

$$\text{Massa} = 5000 \text{ g}$$

Komponen :

$$\text{C} = 61.76 \% \quad \times \quad 5000 \text{ g} = 3088.05 \text{ g}$$

$$\text{H} = 5.06 \% \quad \times \quad 5000 \text{ g} = 253.20 \text{ g}$$

$$\text{O} = 24.97 \% \quad \times \quad 5000 \text{ g} = 1248.50 \text{ g}$$

$$\text{N} = 0.85 \% \quad \times \quad 5000 \text{ g} = 42.35 \text{ g}$$

$$\text{S} = 0.56 \% \quad \times \quad 5000 \text{ g} = 28.00 \text{ g}$$

$$\text{Ash} = 6.80 \% \quad \times \quad 5000 \text{ g} = 340.00 \text{ g}$$

$$\text{Total} = 5000.09 \text{ g}$$

### - Total Massa Komponen Bahan Bakar

$$\begin{aligned} \text{C} &= \text{C}_{\text{Tempurung Kelapa}} + \text{C}_{\text{Batubara}} \\ &= 2394.50 \text{ g} + 3088.05 \text{ g} = 5482.55 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H} &= \text{H}_{\text{Tempurung Kelapa}} + \text{H}_{\text{Batubara}} \\ &= 304.50 \text{ g} + 253.20 \text{ g} = 557.70 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{O} &= \text{O}_{\text{Tempurung Kelapa}} + \text{O}_{\text{Batubara}} \\ &= 2287.50 \text{ g} + 1248.50 \text{ g} = 3536.00 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N} &= \text{N}_{\text{Tempurung Kelapa}} + \text{N}_{\text{Batubara}} \\ &= 11.00 \text{ g} + 42.35 \text{ g} = 53.35 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S} &= \text{S}_{\text{Tempurung Kelapa}} + \text{S}_{\text{Batubara}} \\ &= 2.50 \text{ g} + 28.00 \text{ g} = 30.50 \text{ g} \end{aligned}$$

	Ash	+	Ash	
=	Tempurung kelapa		Batubara	
	= 378.00 g		340.00 g	718.00 g
	+		=	+
			Total =	10378.09 g

**2. Menentukan Mol Komponen Bahan Bakar**

	C =	5482.55 g	: 12 g/mol	=	456.88 mol
	H =	557.70 g	: 1 g/mol	=	557.70 mol
	O =	3536.00 g	: 16 g/mol	=	221.00 mol
	N =	53.35 g	: 14 g/mol	=	3.81 mol
	S =	30.50 g	: 32 g/mol	=	0.95 mol
	Ash =	718.00 g		=	-
	Total	10378.09 g			1240.34 mol

**3. Menentukan mol udara**

$$AFR = 1.31$$

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

$$\text{g Udara} = AFR \times \text{g bahan bakar}$$

$$= 1.31 \times 6040.25$$

$$= 7912.72 \text{ g}$$

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

$$= \frac{7912.72 \text{ g}}{29 \text{ g/mol}}$$

**4. Neraca Nitrogen**

$$N_2 \text{ Syngas} = N_2 \text{ udara} + N_2 \text{ bahan bakar}$$

$$= \text{Nitrogen Udara} + 272.85 \text{ mol}$$

$$N_2 \text{ udara} = \frac{79}{100} \times 7912.72 \text{ g}$$

$$= 215.55 \text{ mol}$$

$$= 215.55 \text{ mol} \times 28 \text{ g/mol}$$

$$= 6035.50 \text{ g}$$

$$\text{- Nitrogen Bahan bakar} = \text{Nitrogen Tempurung} + \text{Nitrogen Batubara}$$

$$\text{Nitrogen Bahan bakar} = 11.00 \text{ g} + 42.35 \text{ g}$$

$$= 53.35 \text{ g}$$

- Nitrogen Syngas

$$N_2 \text{ Syngas} = N_2 \text{ Bahan Bakar} + N_2 \text{ Udara}$$

$$= \frac{53.35}{100} + 6035.50 \text{ g}$$

$$\underline{\underline{6088.84 \text{ g}}} = 217.46 \text{ mol}$$

5. **Menghitung Total Syngas**

$$= 100 \times 217.46 \text{ mol}$$

$$= 51.5$$

6. **Menghitung Komposisi Syngas**

Komponen	Komposisi mol (%)	Mol (mol)	BM (g/mol)	Massa (g)
CO	25	105.56	28	2955.75
CO <sub>2</sub>	10	42.22	44	1857.90
CH <sub>4</sub>	1.5	6.33	16	101.34
H <sub>2</sub>	12	50.67	2	101.34
N <sub>2</sub>	51.5	217.46	28	6088.84
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>422.25</b>		<b>11105.17</b>

7. **Neraca Carbon**

$$\text{Atom C input} = \text{Atom C output}$$

$$5482.55 \text{ g} = \text{Atom C pada } (CH_4 + CO + CO_2 + \text{Tar})$$

$$\text{C pada } CH_4 = \frac{Ar}{M} \times \text{Massa}$$

$$= \frac{12}{16} \times 101.34 \text{ g}$$

$$\text{C pada } CO_2 = \frac{16}{76.00 \text{ g}} \times \text{Massa}$$

$$= \frac{16}{76.00 \text{ g}} \times \text{Massa}$$

C pada CO



$$\begin{aligned} \text{Total C pada Syngas} &= 76.00 \text{ g} + 506.7 \text{ g} + 1266.7 \text{ g} \\ &= 1849.45 \text{ g} \end{aligned}$$

- Menghitung C Pada Refuse  
C Pada Refuse

C bahan bakar - C  
 $\bar{S}_{yngas}$

$$= 5482.55 - 1849.45 \text{ g}$$

$$= 3633.10$$

**8. Menghitung Total Refuse**

$$\text{Total Refuse} = (\text{Bahan Bakar} + \text{Udara}) - \bar{S}_{yngas}$$

$$= 18290.81 - 11105.17 \text{ g}$$

**9. Neraca Massa Total Gasifikasi**

Tabel 28. Perbandingan Bahan Bakar = 5000g:5000g

INPUT		OUTPUT		
Bahan Bakar	= 10378 g	Syngas	=	11105.17 g
Udara	= 7912.72 g	Refuse	=	7185.64 g
<b>Total</b>	<b>= 18290.81 g</b>		<b>=</b>	<b>18290.81 g</b>

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

Tabel 29. Neraca Massa dengan Perbandingan Tempurung Kelapa dan Batubara

Perbandingan	Input (g)	Udara	Output (g)	
Tempurung Kelapa : Bahan Bakar	Bahan Bakar		<i>Syngas</i>	Refuse
	Batubara		<i>s</i>	

5000:5000	10000	7912.72	11105.17	7185.64
6000:4000	10000	7744.45	10859.65	7338.48
7000:3000	10000	7576.18	10614.13	7491.31
8000:2000	10000	7407.92	10368.60	7644.15
9000:1000	10000	7239.65	10123.08	7796.99

**10. Menghitung Energi Spesifik**

$$\begin{aligned}
 & \text{Energi} && \text{HHV Syngas} \\
 & = && \\
 & \text{Spesifik} && \text{Total Massa Bahan Bakar} \\
 & \text{HHV Syngas} && (n\text{CO} \times \text{HHVCO}) + (n\text{H}_2 \times \text{HHVH}_2) + (n\text{CH}_4 + \text{HHVCH}_4) \\
 & = && \\
 & && = (105.56 \times 67.64) + (50.67 \times 68.32) + \\
 & && + (50.67 \times 212.80) \\
 & \text{Energi} && 21383.94 \text{ Kkal} \\
 & \text{Spesifi} && = \\
 & \text{k} && = 21383.94 \text{ Kkal} \\
 & && = 10.00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$= 2138.39 \text{ Kkal/kg}$$

### 11. Menghitung Efisiensi Termal

Diketahui :

$$\text{HHV Tempurung kelapa} = 4500.00 \text{ Kkal/Kg}$$

=

$$\text{HHV Batubara Lignit} = 6322.00 \text{ Kkal/Kg}$$

=

$$Q_{\text{Tempurung kelapa}} = 4500.0 \text{ Kkal/Kg} \times 5 \text{ Kg} = 22500.00 \text{ Kkal}$$

=

$$Q_{\text{Batubara}} = 6322.0 \text{ Kkal/Kg} \times 5 \text{ Kg} = 31610.00 \text{ Kkal}$$

$$\text{Total } Q \text{ bahan bakar input} = Q_{\text{Tempurung kelapa}} + Q_{\text{Batubara}} = 22500 + 31610.00 \text{ Kkal}$$

$$\text{Efisiensi Termal} = \frac{Q_{\text{Produk}}}{Q_{\text{Bahan Bakar}}} = \frac{21383.94 \text{ Kkal}}{54110.00 \text{ Kkal}}$$

$$= \frac{21383.94 \text{ Kkal}}{54110.00 \text{ Kkal}} \times 100\% = 39.52 \%$$

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

Tabel 30. Energi Spesifik dan Efisiensi Termal dengan Perbandingan

Perbandingan Massa	Massa Tempurung Kelapa dan Batubara		Efisiensi Termal
	Tempurung Kelapa : bahan bakar	Energi	
Spesifik Batubara (g)	(g)	(Kkal )	(%)

5000:5000	10000	2138.39	39.52
6000:4000	10000	2091.12	38.65
7000:3000	10000	2043.84	37.71
8000:2000	10000	1996.56	36.90
9000:1000	10000	1949.28	36.02

**LAMPIRAN III FOTO  
ALAT DAN BAHAN**



**Alat gasifikasi Tipe *Downdraft***

## 1. Komponen Alat Gasifikasi



*Hopper*



*Reaktor Fire Test*



*Gas Cooler dan Filter*



*Cyclone Blower*



*Panel Indikator*



*Battery Charger Baterai*





Motor Bakar  
Oksidasi



*Gas Filter*



Zona



Zona Reduksi



*Gas Butane*



Termogan



Timbangan



## 2. Biomassa dan produk gasifikasi



Batubara



Tempurung Kelapa



Tar



Arang dan Abu