

ANALISIS PENGARUH KECEPATAN ALIRAN UDARA TERHADAP REAKSI GASIFIKASI KONDISI TEMPERATUR PEMBAKARAN BIOMASSA CANGKANG KELAPA PADA GASIFIER TIPE UP DRAFT

Nandana¹
Rudi Hariyanto²

Abstraksi

Gasifikasi adalah proses mengubah berbagai jenis biomassa menjadi *syngas*. Pada penelitian ini tempurung kelapa dimanfaatkan untuk menghasilkan bahan bakar gas melalui proses gasifikasi jenis *up draft gasifier*. Kemudian kita melakukan pengambilan data dengan variasi kecepatan aliran udara yang berbeda-beda untuk mengetahui kecepatan aliran udara terbaik. Hasil yang didapat dari penelitian adalah mengetahui massa bahan bakar yang sudah terbakar setiap menit dan kecepatan aliran udara terbaik 10,2 m/s dengan massa bahan bakar 3,5 kg mampu menghasilkan *syngas* mampu bakar selama 20 menit. Diperoleh pula nilai kalor yang mampu dibangkitkan dari pembakaran 3,5 kg adalah 77.000 kJ dan menghasilkan nilai kalor efektif tertinggi adalah 66.000 kJ dan memiliki efisiensi nilai kalor tertinggi 85,71%.

Kata Kunci : Gasifikasi, Biomassa, *Syngas*, Kecepatan Udara, Nilai Kalor.

PENDAHULUAN

Kenaikan harga BBM serta kecenderungan kelangkaan minyak menjadikan pemanfaatan sumber energi alternatif mulai diperhitungkan. Salah satu sumber energi alternatif yang besar peluangnya untuk dikembangkan pemanfaatannya di Indonesia ialah energi biomassa. Indonesia memiliki sumber biomassa yang melimpah, sehingga potensi untuk menjadikannya sebagai sumber energi sangat besar.

Gasifikasi biomassa merupakan teknologi proses termokimia yang mengubah berbagai jenis biomassa padat menjadi *syngas* (CO, H₂, CH₄) dengan pemberian sejumlah energi panas. Sasaran penelitian ini adalah untuk mendapatkan karakterisasi laju aliran pembakaran dengan biomassa cangkang kelapa sebagai bahan baku proses gasifikasi

Karakteristik biomassa cangkang kelapa dipengaruhi *proximate* dan *ultimate* analysis serta nilai kalor bawah, karakterisasi proses gasifikasi meliputi identifikasi zone tahapan proses gasifikasi, identifikasi kerugian serta perhitungan efisiensi thermal proses konversi biomassa tempurung kelapa menjadi *syngas* proses gasifikasi dilakukan dengan penerapan konsep pemakaian udara yang terbatas yaitu dengan suplai udara bakar diberikan di bawah kebutuhan udara ideal.

Laju pembakaran juga dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara yang masuk dalam gasifier tipe *up draft*. Berdasarkan pertimbangan diatas maka penulis mengambil judul “**Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Udara Terhadap Reaksi Gasifikasi Kondisi Temperatur Pembakaran Biomassa Cangkang Kelapa Pada Gasifier Tipe Up Draft**”

¹ Alumni Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

² Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

Penelitian ini memiliki tujuan untuk sebagai berikut:

- a) mengetahui pengaruh kecepatan aliran udara gasifikasi terhadap temperatur rata-rata pembakaran dan *syngas* yang dihasilkan dalam proses gasifikasi
- b) mengetahui nilai kalor efektif dibangkitkan dari laju pembakaran *syngas*

KAJIAN PUSTAKA

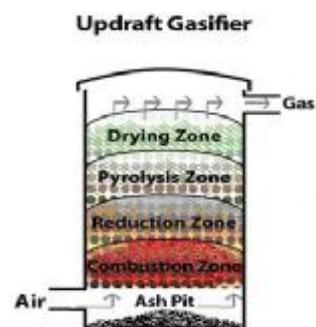
Prinsip Dasar Proses Gasifikasi

Gasifikasi adalah proses pengkonversian bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (CO , CH_4 , H_2) melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas yaitu antara 20% hingga 40% udara *stoikiometri*. Reaktor tempat terjadinya proses gasifikasi disebut *gasifier*. Selama proses gasifikasi akan terbentuk daerah proses yang dinamakan menurut distribusi suhu dalam reaktor *gasifier*. Daerah-daerah tersebut adalah : pengeringan, *pirolisa*, *reduksi* dan pembakaran (gambar 1). Masing-masing daerah terjadi pada rentang suhu antara 25°C hingga 150°C , 150°C hingga 600°C , 600°C hingga 900°C , dan 800°C hingga 1400°C . Gas hasil dari proses gasifikasi disebut *biogas*, *producer gas* atau *syngas*.

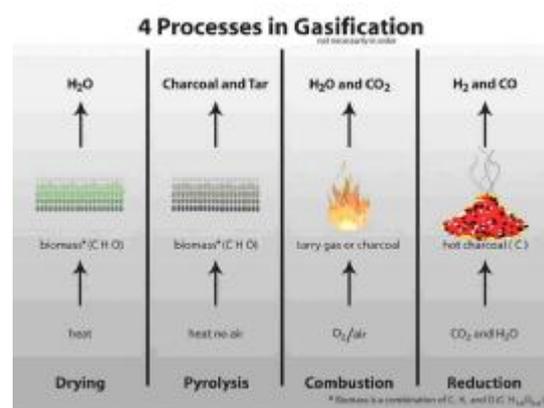
Karena kandungan tar nya tinggi, reaktor tipe *up draft* cocok untuk memasok gas untuk tungku dan tidak cocok untuk memasok bahan bakar untuk motor bakar. Tipe *up draft* lebih flexibel terhadap kualitas bahan bakar biomassa tempurung kelapa yang digunakan.

Udara Sebagai Media Gasifikasi

Kecepatan aliran udara dalam proses gasifikasi tipe *up draft* sangat berpengaruh terhadap *syngas* yang dihasilkan. Pada prinsipnya kecepatan aliran udara juga akan mempengaruhi kecepatan rambat pembakaran cangkang kelapa dalam *gasifier* sehingga apabila suplai kecepatan aliran udara besar akan berpengaruh terhadap temperatur yang dihasilkan masing-masing *thermokopel* dalam proses gasifikasi merata, dan jika sebaliknya apabila suplai kecepatan aliran udara kecil temperatur yang dihasilkan oleh *thermokopel* tidak merata.



Gambar 1. Daerah Reaksi Pada Reaktor Gasifikasi *Updraft*



Gambar 2. Reaksi-Reaksi Gasifikasi *Updraft*

Penggunaan udara sebagai media gasifikasi adalah yang paling mudah dan murah. Udara mengandung 79% volume

nitrogen yang tidak bereaksi dengan bahan bakar (biomassa). Idealnya jumlah nitrogen dalam gas produk 45%. Sehingga penggunaan udara sebagai media gasifikasi dengan nitrogen ikut dalam gas produk, nilai panas dari gas produk lebih rendah berkisar 4 – 5 MJ/m³. Gas produk dengan nilai panas ini sesuai untuk aplikasi pada ketel uap dan *engine*. Komposisi gas produk dari media gasifikasi udara adalah CO, CO₂, H₂, CH₄, N₂ dan tar (gambar 2).

Nilai Panas (*heating value*)

Nilai panas dari bahan bakar mengidentifikasi energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar. Nilai panas dari bahan bakar adalah jumlah energi (joule) per-jumlah bahan bakar (kg). Nilai panas ini sangat penting untuk menghitung efisiensi sistem gasifikasi. Nilai panas biasanya mengacu pada keadaan (*state*). Jika mengacu pada keadaan air dalam bentuk gas maka nilai panas disebut nilai panas rendah (*lower heating value*), jika mengacu pada air dalam bentuk cair maka nilai panas disebut nilai panas tinggi (*higher heating value*). *Heating value* tergantung dari *moisture*, semakin tinggi *moisture* akan mengurangi nilai panas bahan tersebut.

Bahan Bakar Biomassa tempurung kelapa

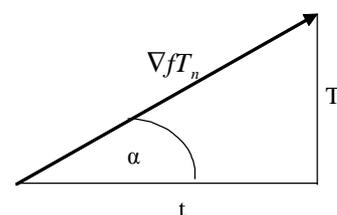
Saat ini limbah biomassa merupakan sesuatu yang kurang dimanfaatkan dengan baik oleh masyarakat. Limbah biomassa yang dapat dimanfaatkan untuk teknologi gasifikasi adalah jenis biomassa kering. Salah satu bagian yang terpenting dari tanaman kelapa adalah buah kelapa.

Buah kelapa terdiri dari beberapa komponen yaitu kulit luar (*epicarp*), sabut (*mesocarp*), tempurung kelapa (*endocarp*), daging buah (*endosperm*), dan air kelapa (Palungkun, 2010). Tempurung merupakan lapisan keras yang terdiri dari lignin, selulosa, metoksil, dan berbagai mineral. Kandungan bahan-bahan tersebut beragam sesuai dengan jenis kelapanya. Struktur yang keras disebabkan oleh silikat (SiO₂) yang cukup tinggi kadarnya pada tempurung. Berat tempurung sekitar 15% - 19% dari berat keseluruhan buah kelapa .

Tempurung kelapa saat ini hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar tradisional dan bahan baku sebagai pembuatan arang ataupun daging buah kelapa dibuat kopra, minyak dan santan untuk kebutuhan rumah tangga. Tempurung kelapa merupakan salah satu biomassa yang berpotensi untuk menghasilkan energi. Indonesia menghasilkan 1,1 juta ton/tahun tempurung dengan kemungkinan energi yang dapat dihasilkan 18,7 x 10⁶ GJ/ tahun. Ada banyak cara untuk mengkonversi energi biomassa seperti tempurung kelapa yaitu dengan cara proses thermokimia dengan proses tersebut maka dapat dikonversi menjadi energi melalui tiga cara : pembakaran langsung (*direct combustion*), gasifikasi dan *pirolisa*.

Persamaan Yang Digunakan

Perhitungan laju kenaikan temperatur.



Gradien Temperatur (∇fT_n) :

$$\nabla fT_n = \frac{\Delta T_n}{\sin \alpha_n} (^{\circ}\text{C})$$

$$\tan \alpha_n = \frac{\Delta T_n}{\Delta t_n}$$

Dimana : DT_n : Beda Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

Dt_n : Beda Waktu (s)

α_n : Sudut ($^{\circ}$)

Perhitungan Nilai Kalor (Q)

$$Q_{l \text{ efektif}} = m \times \text{LHV (kJ)}$$

$$Q_{\text{total}} = m_{bb} \times \text{LHV (kJ)}$$

Dimana:

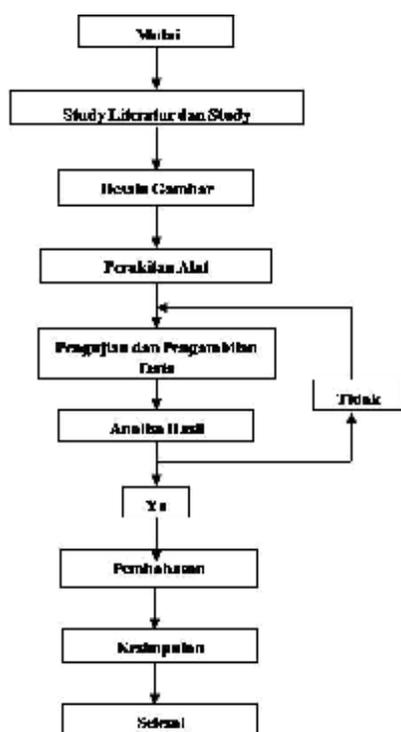
m : massa bahan bakar yang terbakar tiap 5 menit (kg)

m_{bb} : massa bahan bakar total (kg)

LHV tempurung kelapa 22.000 (kJ/kg)
(Fajri Vidian, 2008).

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

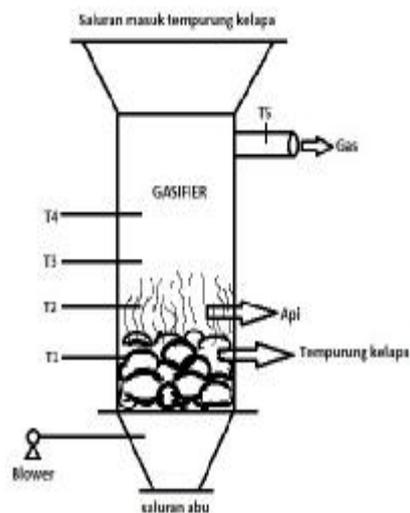


Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut :

- Sebuah *up draft gasifier* dengan kapasitas bahan pembakaran 0,05 m³
- Timbangan digital
- Blower*
- Digital termokopel
- Termokopel sensor 5 buah tipe K
- Obeng
- Air velocity meter*
- Kamera
- Tempurung kelapa 3,5 kg

Desain Gambar



Gambar 3. *Gasifier*

HASIL DAN PENGOLAHAN DATA

Data-Data Hasil Penelitian

§ Data-1

Jenis bahan biomassa : tempurung kelapa

Berat bahan organik : 3,5 kg

Tanggal/waktu pengamatan : 10 April 2012/
18.30 - 19.30

Temperatur lingkungan : 22 $^{\circ}\text{C}$

Kecepatan aliran udara : 10,2 m/s

Tabel 1. Kecepatan Aliran Udara 10,2 m/s

Temperatur (°C)	Waktu (menit)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
T1	22	25	48	508	857	710	824	590
T2	22	1143	900	828	835	1045	1185	838
T3	22	562	557	526	531	644	728	516
T4	22	208	625	684	588	676	757	606
T5	22	375	404	400	386	309	387	319
massa(kg)	3,5	3,3	2,5	1	0,75	0,5	0,3	0,045
massa sudah terbakar	0	0,2	1	2,35	2,75	3	3,2	3,155

Keterangan : gas asap mampu dinyalakan pada menit ke-5 dan habis pada menit ke-25. Nyala api dari gas asap relatif stabil.

§ Data-2

Jenis bahan biomassa : tempurung kelapa
 Berat bahan organik : 3,5 kg
 Tanggal/waktu pengamatan : 17 April 2012/ 17.30- 18.35
 Temperatur lingkungan : 22°C
 Kecepatan aliran udara : 11,2 m/s

Tabel 2. Kecepatan Aliran Udara 11,2 m/s

Temperatur (°C)	Waktu (menit)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
T1	22	22	130	750	635	840	590	435
T2	22	303	417	445	432	445	313	251
T3	22	710	755	712	652	761	496	390
T4	22	890	1009	974	928	1025	840	495
T5	22	23	412	450	425	442	301	243
massa(kg)	3,5	3,45	3,35	3	1,46	0,045	0,325	0,775
massa sudah terbakar	0	0,04	0,15	1	2,04	2,555	2,975	2,725

Keterangan: gas asap mampu dinyalakan pada menit ke-15 dan habis pada menit ke-20. Nyala api dari gas asap relatif stabil.

§ Data-3

Jenis bahan biomassa : tempurung kelapa
 Berat bahan organik : 3,5 kg
 Tanggal/waktu pengamatan : 18 April 2012 / 18.01 - 18.31
 Temperatur lingkungan : 22°C
 Kecepatan aliran udara : 12,3 m/s

Tabel 3. Kecepatan Aliran Udara 12,3 m/s

Temperatur (°C)	Waktu (menit)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
T1	22	28	34	825	801	822	827	717
T2	22	604	670	720	700	767	776	517
T3	22	450	616	914	897	917	865	500
T4	22	198	398	557	531	528	496	355
T5	22	22	22	448	466	458	436	315
massa(kg)	3,5	3	3	3	2	1,34	0,51	0,22
massa sudah terbakar	0	0,085	0,115	0,41	1,765	2,15	2,71	3,21

Keterangan: gas asap mampu dinyalakan pada menit ke-20 dan habis pada menit ke-25. Nyala api dari gas asap relatif stabil.

§ Data-4

Jenis bahan biomassa : tempurung kelapa
 Berat bahan organik : 3,5 kg
 Tanggal/waktu pengamatan : 19 April 2012 / 18.30 – 19.00
 Temperatur lingkungan : 22°C
 Kecepatan aliran udara : 13,3 m/s

Tabel 4. Kecepatan Aliran Udara 13,3 m/s

Temperatur (°C)	Waktu (menit)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
T1	22	375	389	531	605	454	328	279
T2	22	807	787	796	813	707	476	360
T3	22	457	450	590	595	545	374	275
T4	22	548	828	1062	1115	985	640	457
T5	22	95	475	462	424	428	387	296
massa(kg)	3,5	3	3	1	0	0,03	0,585	0,015
massa sudah terbakar	0	0,24	0,455	1,07	3,15	3,47	2,915	3,455

Keterangan: gas asap mampu dinyalakan pada menit ke-10 dan habis pada menit ke-20. Nyala api dari gas asap relatif tidak stabil.

Pengolahan Data

Setelah melakukan pengujian maka data yang diperoleh kemudian dianalisa. Pengolahan data yang ditunjukkan dibawah ini adalah data pengujian berbahan bakar tempurung kelapa. Karena pengolahan data-data selanjutnya menggunakan prosedur yang sama, sehingga hasil pengolahan data pada

pengujian pertama tersebut merupakan contoh perhitungan saja. Selanjutnya hasil perhitungan untuk setiap pengujiannya diberikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Perhitungan pada T_1 :

$$DT_1 = |T_{5 \text{ min}} - T_{0 \text{ min}}|$$

(perhitungan tiap beda 5 menit)

$$= |25^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}| = 3^\circ\text{C}$$

$$Dt_1 = 5 \text{ min} \times 60 \text{ s/min} = 300 \text{ s}$$

$$n_{T_1} 5 \text{ min} = \tan \cdot a_1 = \frac{3^\circ\text{C}}{300 \cdot s} = 0,01 \text{ } ^\circ\text{C/s}$$

$$a_1 = \arctan 0,01 = 4,19^\circ$$

$$\nabla f T_1 5 \text{ min} = \frac{\Delta T_1}{\sin a_1} = \frac{3^\circ\text{C}}{\sin 4,19^\circ} = 41,01^\circ\text{C}$$

Jadi nilai dari laju kenaikan temperatur pada T_1 dan pada waktu 5 menit pertama adalah $0,01^\circ\text{C/s}$ dan gradien temperaturnya $41,01^\circ\text{C}$.

Perhitungan Nilai Kalor Total Bahan Bakar (Q_{total})

Perhitungan pada kecepatan aliran udara $10,2 \text{ m/s}$:

$$Q_{I \text{ efektif}} = m \times \text{LHV} \text{ (kJ)}$$

$$Q_{total} = m_{bb} \times \text{LHV} \text{ (kJ)}$$

Dimana :

m : massa bahan bakar yang terbakar tiap 5 menit (kg)

m_{bb} : massa bahan bakar total (kg)

LHV tempurung kelapa : 22.000 (kJ/kg) (Fajri Vidian, 2008)

Dimana :

$$Q_I = 0,2 \text{ (kg)} \times 22.000 \text{ (kJ/kg)} = 44000 \text{ (kJ)}$$

Maka, jumlah nilai kalor pada setiap waktu adalah :

$$Q_{total} = 3,5 \text{ (kg)} \times 22.000 \text{ (kJ/kg)} = 77000 \text{ (kJ)}$$

Rekapitulasi Hasil Perhitungan

Laju kenaikan temperatur pada kecepatan aliran udara $10,2 \text{ m/s}$.

Temperatur	$V \text{ (}^\circ\text{C/s)}$							
T1	0,01	0,07	0,11	0,20	0,27	0,38	0,48	
T2	0,03	0,01	0,29	0,07	0,7	0,08	1,18	
T3	1,86	0,08	0,10	0,02	0,36	0,28	0,7	
T4	2,08	0,11	0,11	0,18	0,29	0,27	0,50	
T5	1,27	0,02	0,02	0,01	0,25	0,01	0,11	

Temperatur	$\nabla f \text{ (}^\circ\text{C)}$							
T1	300,01	300,08	300,84	348,94	358,29	320,94	352,77	
T2	1980,00	300,08	300,50	300,08	308,70	310,05	381,70	
T3	808,29	300,00	301,50	300,10	301,51	301,51	308,10	
T4	308,27	300,00	300,08	300,50	302,01	301,01	308,08	
T5	403,25	301,39	300,02	300,32	300,48	300,28	301,83	

aliran udara $11,2 \text{ m/s}$.

Temperatur	$V \text{ (}^\circ\text{C/s)}$							
T1	0	0,36	0,1	0,27	0,17	0,84	0,14	
T2	1,20	0,11	0,09	0,04	0,04	0,44	0,20	
T3	2,20	0,15	0,14	0,2	0,43	0,24	0,36	
T4	2,80	0,39	0,11	0,17	0,37	1,32	0,18	
T5	0,00	1,29	0,10	0,11	0,05	0,17	0,19	

Temperatur	$\nabla f \text{ (}^\circ\text{C)}$							
T1	0	318,34	697,78	300,96	337,21	390,51	341,90	
T2	687,08	301,27	301,00	300,28	300,28	321,28	308,00	
T3	681,58	300,15	300,08	300,04	308,28	317,01	300,00	
T4	918,38	322,73	302,03	304,30	320,37	490,80	332,77	
T5	300,00	691,20	300,01	301,27	300,07	301,08	308,28	

Laju kenaikan temperatur pada kecepatan aliran udara $12,3 \text{ m/s}$.

Temperatur	$V \text{ (}^\circ\text{C/s)}$							
T1	0,00	0,01	0,67	0,11	0,07	0,00	0,08	
T2	2,24	0,38	0,5	0,00	0,29	0,03	0,80	
T3	1,45	1,2	0,32	0,05	0,06	0,17	0,85	
T4	0,57	0,80	0,51	0,08	0,07	0,09	0,07	
T5	0	0	1,42	0,05	0,04	0,05	0,10	

Temperatur	$\nabla f \text{ (}^\circ\text{C)}$							
T1	300,00	300,01	808,01	301,12	300,71	300,04	300,51	
T2	708,12	307,01	308,01	300,68	307,08	300,20	308,01	
T3	578,24	408,01	310,58	300,68	300,05	300,17	301,58	
T4	340,31	308,35	308,53	301,12	300,10	301,21	301,48	
T5	0	0	321,03	300,53	300,28	300,48	323,48	

Laju kenaikan temperatur pada kecepatan aliran udara 13,3 m/s.

Temperatur	V (°C/s)						
T1	0,84	0,07	0,87	0,74	0,50	0,43	0,21
T2	2,61	0,24	0,03	0,20	0,35	0,77	0,38
T3	1,45	0,01	0,13	0,01	0,16	0,57	0,32
T4	3,09	0,07	0,44	0,18	0,43	1,15	0,57
T5	0,24	1,27	0,04	0,16	0,04	0,17	0,27

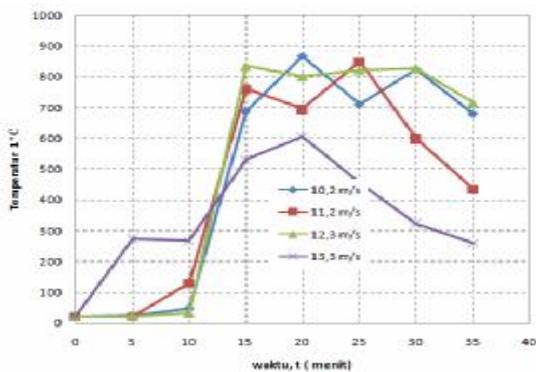
Temperatur	T _f (°C)						
T1	102,43	100,26	100,10	100,70	105,85	112,35	105,25
T2	100,17	100,51	100,33	102,45	103,17	108,63	107,64
T3	102,11	100,31	106,25	100,31	104,23	105,31	105,60
T4	104,33	100,13	108,36	104,82	102,35	107,19	106,20
T5	108,75	104,33	100,32	103,81	100,32	101,48	110,74

Nilai Kalor Total (Q_{total}) pada Bahan Bakar

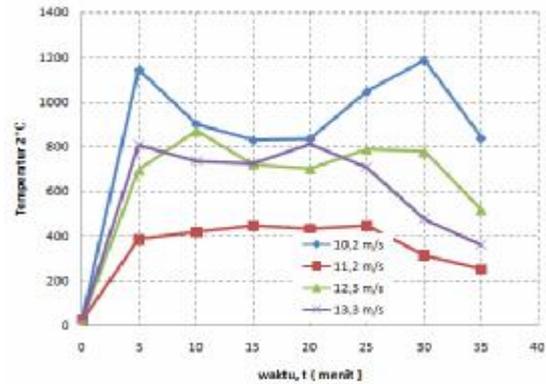
Laju Aliran Udara	Kalor (kJ)							Q _{total} (kJ)	Q _{total} (kWh)	Efisiensi (%)
	04	02	01	02	03	06	07			
10,2 m/s	400	1000	1000	800	500			6500	1,800	25,71
11,2 m/s	-	-	-	2200	-	-	-	2200	7000	20,71
12,3 m/s					3000			3000	7000	11,43
13,3 m/s	100							100	1000	11,43

Keterangan : untuk yang (-) pada tabel diatas tidak dapat dihitung karena temperatur tidak menghasilkan gas mampu bakar.

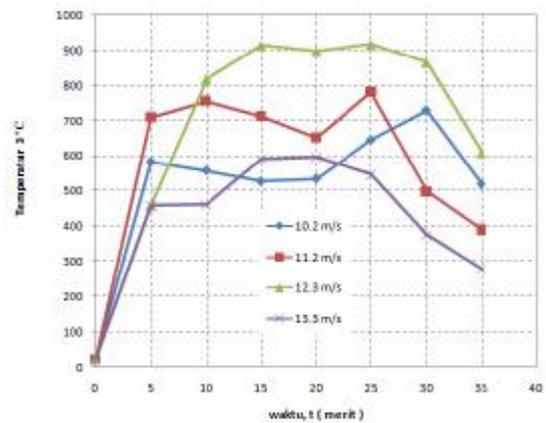
Grafik – Grafik Hasil Pengujian



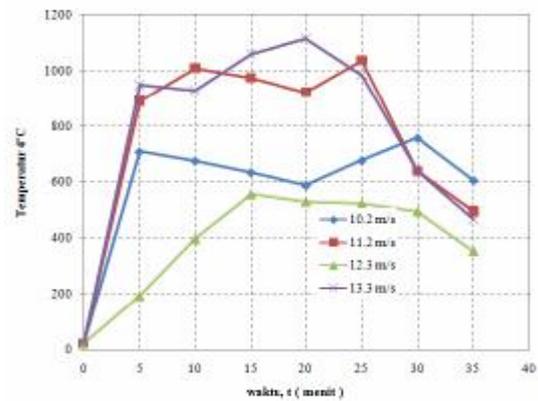
Grafik 1. Hubungan Antara Temperatur-1 Terhadap Waktu



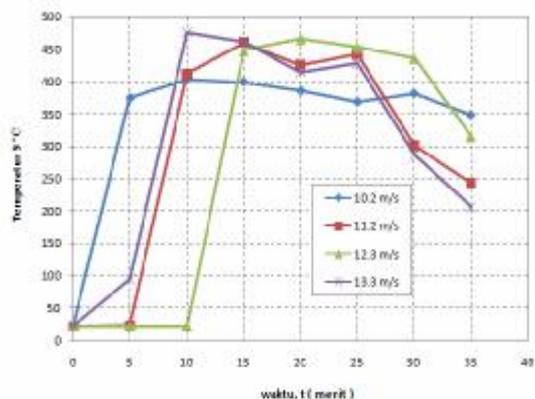
Grafik 2. Hubungan Antara Temperatur-2 Terhadap Waktu



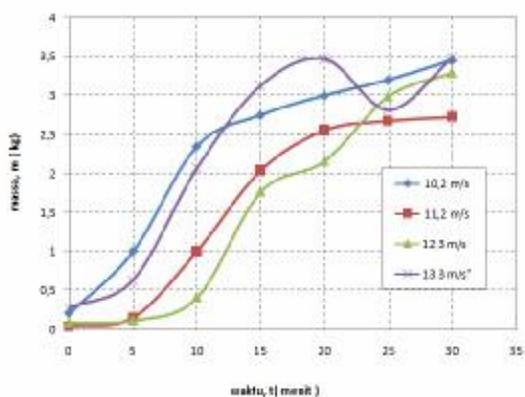
Grafik 3. Hubungan Antara Temperatur-3 Terhadap Waktu



Grafik 4. Hubungan Antara Temperatur-4 Terhadap Waktu



Grafik 5. Hubungan Antara Temperatur-5 Terhadap Waktu



Grafik 6. Hubungan Antara Massa Bahan Bakar Terhadap Waktu

PEMBAHASAN

Dari hasil percobaan dan pengolahan data, menunjukkan bahwa perbedaan jenis bahan bakar biomassa berpengaruh terhadap masing-masing proses gasifikasi.

Untuk kecepatan aliran udara 10,2 m/s *combustion zone* terjadi pada T_2 pada rentang waktu 5 sampai 35 menit dengan gradien temperatur rata-rata 473,01°C dan kecepatan aliran udara 11,2 m/s *combustion zone* terjadi pada T_4 pada rentang waktu 5 sampai 30 menit dengan gradien temperatur rata-rata 428,23°C. Kecepatan aliran udara 12,3 m/s *combustion zone* terjadi pada T_2 pada rentang waktu 5 sampai 35 menit dengan gradien

temperatur rata-rata 389,81°C. Sedangkan pada kecepatan aliran udara 13,3 m/s *combustion zone* terjadi pada T_4 pada rentang waktu 5 sampai 30 menit dengan gradien temperatur rata-rata 434,18°C. Jika kita amati pada gradien temperatur rata-rata tertinggi terjadi pada kecepatan aliran udara 10,2 m/s.

Analisa hubungan antara temperatur dengan t (waktu). Proses pembakaran butuh waktu. Sebagaimana yang terlihat dalam grafik T_1 , T_2 , T_3 , T_4 dan T_5 bentuk grafiknya memiliki kesamaan semakin lama pembakaran temperatur pembakaran semakin meningkat mencapai kondisi maksimum kemudian turun. Hal ini dikarenakan laju aliran massa bahan bakar yang terbakar akan mempengaruhi meningkatnya temperatur pembakaran di dalam reaktor. T_1 dan T_2 tertinggi dihasilkan pada kecepatan aliran udara 10,2 m/s sebesar 867°C dan 1045°C, T_3 tertinggi dihasilkan pada kecepatan aliran udara 12,3 m/s sebesar 917°C, T_4 dan T_5 tertinggi dihasilkan pada kecepatan aliran udara 13,3 m/s sebesar 1116°C dan 476°C.

Pada grafik hubungan antara temperatur dan waktu menunjukkan bahwa proses gasifikasi dengan kecepatan aliran udara yang berbeda menghasilkan temperatur *syngas* yang berbeda-beda. Hasil *syngas* yang paling tinggi ditunjukkan pada kecepatan aliran udara 10,2 m/s dengan temperatur *syngas* rata-rata 335°C, kemudian kecepatan aliran udara 11,2 m/s memiliki temperatur 332°C, kecepatan aliran udara 12,3 m/s memiliki temperatur 312°C dan temperatur *syngas* paling rendah dengan

kecepatan aliran udara 13,3 m/s bertemperatur 298°C. Pada kecepatan aliran udara 10,2 m/s setelah dilakukan pembakaran pada waktu 5 menit menghasilkan *syngas* mampu bakar dan pada waktu 25 menit *syngas* sudah tidak mampu terbakar. Pada kecepatan aliran udara 11,2 m/s waktu 15 menit *syngas* mulai terbakar dan *syngas* tidak dapat terbakar pada waktu 20 menit. Pada kecepatan aliran udara 12,3 m/s waktu 20 menit *syngas* mulai terbakar dan *syngas* tidak dapat terbakar pada waktu 25 menit. Pada kecepatan aliran udara 13,3 m/s waktu 5 menit *syngas* mulai terbakar dan *syngas* tidak dapat terbakar pada waktu 15 menit. Hal ini dikarenakan tingkat reaktifitas biomassa pada kecepatan aliran udara berbeda. Untuk kecepatan aliran udara 10,2 m/s mempunyai tingkat reaktifitas paling tinggi karena mampu menghasilkan *syngas* sampai rentan waktu 20 menit, sedangkan pada kecepatan aliran udara 11,2 m/s dan 12,3 m/s mempunyai tingkat reaktifitas paling rendah karena hanya sampai 5 menit *syngas* yang dihasilkan relatif stabil, sedangkan pada kecepatan aliran udara 13,3 m/s mampu menghasilkan *syngas* sampai 10 menit tetapi menghasilkan *syngas* tidak stabil.

Hubungan antara kecepatan aliran udara terhadap kalor total yang mampu dibangkitkan ditunjukkan pada tabel perhitungan nilai kalor total. Kecepatan aliran udara yang mempunyai nilai kalor total efektif paling besar dan hasil *syngas* yang dihasilkan stabil adalah kecepatan aliran

udara 10,2 m/s yaitu 66000 kJ, kecepatan aliran udara 11,2 m/s sebesar 22880 kJ, kecepatan aliran udara 12,3 m/s yaitu 8690 kJ, dan nilai kalor paling rendah pada kecepatan aliran udara 13,3 m/s yaitu 7920 kJ. Hal ini dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara yang berbeda-beda. Semakin tinggi dan besar kecepatan aliran udara yang di gunakan hasil nilai kalor total efektif dicapai semakin rendah. Hal ini mempengaruhi efisiensi nilai kalor dihasilkan. Kecepatan aliran udara 10,2 m/s me-miliki efisiensi nilai kalor 85,714%, kecepatan aliran udara 11,2 m/s sebesar 29,714% dan nilai kalor paling rendah pada kecepatan aliran udara 12,3 m/s yaitu 11,285%, kecepatan aliran udara 13,3 m/s memiliki efisiensi nilai kalor 10,285%. Penurunan energi yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara tersedia untuk proses reduksi dan untuk mengkonversikan energi panas ke dalam energi ikatan kimia dalam gas, sehingga makin tinggi. Kecepatan aliran udara digunakan hasil *syngas* yang dicapai semakin rendah dan cenderung tidak stabil.

SIMPULAN

Dari hasil pengolahan data dan grafik maka dapat disimpulkan bahwa kecepatan aliran udara yang menghasilkan *syngas* paling banyak adalah 10,2 m/s selama 20 menit. Adapun kecepatan aliran udara 11,2 m/s menghasilkan *syngas* selama 5 menit, kecepatan aliran udara 12,3 m/s menghasilkan *syngas* selama 5 menit, kecepatan aliran udara 13,3 m/s

menghasilkan *syngas* selama 5 menit yang stabil.

Nilai kalor efektif tertinggi dari *syngas* 66.000 kJ pada kecepatan aliran udara gasifikasi 10,2 m/s

Efisiensi efektif tertinggi adalah 85,71% pada kecepatan aliran udara gasifikasi 10,2 m/s.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, Surjosatyo, 2010, Vol 12, **Pembakaran Gas Hasil Gasifikasi Biomassa di Premixed Gas Burner Dengan Metode 3D Computational Fluid Dynamic**, Jakarta : Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

Hariyanto, Rudi, 2006, **Pengaruh Variasi Flow Rate Udara Bakar Terhadap Kualitas Gas Produk Gasifikasi Biomassa (Tesis)**, Jakarta: Universitas Indonesia.

Jason PP, 2004, *Activated Carbon And Some Application For The Remediation Of Soil And Ground Water Pollution*. http://www.cee.vt.edu/program_areas, 8 Juni 2008.

Khoiri, Nur, 2011, **Pelapah Sawit Menyalakan Listrik**, Jakarta: Tempo Siswanto.

Heri Eko, 2012, **Pengaruh Jenis-Jenis Limbah Biomassa Terhadap Reaksi Gasifikasi pada Gasifier Tipe Up Draft**, Malang : Universitas Merdeka Malang.

Suryani, Ade Murni, 2009, **Pemanfaatan Tongkol Jagung Untuk Pembuatan Arang Aktif Sebagai Absorben Pemurnian Minyak Goreng Bekas**, Bogor: Institute Pertanian Bogor

Vidian, Fajri, 2008, **Gasifikasi Tempurung Kelapa Menggunakan Up Draft Gasifier pada Beberapa Variasi Laju Alir Udara Pembakaran**, Palembang, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya