



## Pengaruh Laju Alir Udara dan Waktu Proses Gasifikasi Terhadap Gas Producer Limbah Tangkai Daun Tembakau Menggunakan Gasifier Tipe Downdraft

Endang Suhendi<sup>✉</sup>, Gilang Umar Paradise, Idham Priandana

DOI 10.15294/jbat.v5i2.6054

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA)  
Jl. Jend. Sudirman Km. 3 Cilegon, Banten

### Article Info

*Sejarah Artikel:*  
Diterima Mei 2016  
Disetujui Desember 2016  
Dipublikasikan  
Desember 2016

*Keywords :*  
Gasifikasi, Limbah  
Tangkai Daun  
Tembakau, *Syngas*

### Abstrak

Semakin berkembangnya industri dan pertanian disertai dengan tidak termanfaatkannya limbah hasil industri dan pertanian dengan baik, limbah tersebut hanya akan menjadi sampah yang mengganggu lingkungan. Diperlukan teknologi pengolahan limbah yang efektif, efisien dan ramah lingkungan untuk memanfaatkan limbah tersebut menjadi sumber energi terbarukan. Upaya penanganan limbah tersebut adalah dengan menggunakan metode teknologi gasifikasi. Gasifikasi merupakan metode konversi secara termokimia bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas *syngas* dalam wadah gasifier dengan menyuplai agen gasifikasi seperti uap panas, udara dan lainnya. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh laju alir udara dan waktu pada proses gasifikasi limbah tangkai daun tembakau terhadap komposisi dan komponen *syngas* yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan menggunakan sebuah gasifier dengan kapasitas  $\pm 2,5$  kg. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah pengeringan, penghancuran, pemisahan ukuran, proses gasifikasi, dan analisa komposisi gas. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah limbah tangkai daun tembakau berpotensi menjadi sumber energi terbarukan menghasilkan *syngas* dengan proses gasifikasi. Konsentrasi *syngas* (CO, H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>) yang tertinggi didapatkan pada variasi Q = 3 m<sup>3</sup>/jam pada menit ke 30 dengan konsentrasi *syngas* CH<sub>4</sub> sebesar 2,27 %vol, gas CO sebesar 7,17 %vol dan gas H<sub>2</sub> sebesar 5,79 %vol.

### Abstract

*The continued development of industry and agriculture along with unutilized of industrial and agricultural wastes properly, the waste will only be garbage which can be an interference to environment. Is required to have waste treatment technologies that are effective, efficient and environmentally friendly to utilize the waste into renewable energy sources. The way of handling this waste is to use gasification technology. Gasification is a method of thermochemical conversion of solid fuels into the syngas gas fuel in the gasifier container by supplying a gasification agent such as steam, air and others. The purpose of this research is to determine the effect of air flow rate and the time of gasification process for tobacco leaf stalk's waste againsts to the composition and the components of syngas. This research is conducted using a gasifier with a capacity of  $\pm 2.5$  kg. The research procedures are drying, crushing, sizing, gasification process, and analysis of gas compositions. The result of this research has proven that tobacco leaf stalk's waste has potential to be renewable energy sources which can produce syngas using gasification process. The concentration of syngas (CO, H<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>) which is the highest obtained at variation of Q = 3 m<sup>3</sup> / h in minutes 30 with syngas concentration of 2.27% vol CH<sub>4</sub>, CO gas amounted to 7.17% vol and H<sub>2</sub> gas amounted to 5.79 % vol.*

## PENDAHULUAN

Penggunaan energi terbarukan sebagai energi alternatif sudah merupakan suatu keharusan karena cadangan minyak bumi di Indonesia semakin menipis. Jika kondisi ini tidak segera teratasi, Indonesia akan mengalami krisis energi berkepanjangan, akibatnya sangat fatal akan terjadi kebangkrutan ekonomi nasional sehingga perlu dilakukan mencari dan memanfaatkan sumber energi alternatif baru dan terbarukan yang berpotensi besar antara lain tenaga biomassa. Potensi sumber energi biomassa di Indonesia berjumlah 49,81 GW dimana kapasitas yang sudah terpasang sebesar 0,3 GW (DESDM, 2008).

Salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah energi biomassa limbah tangkai daun tembakau yang jumlahnya sangat berlimpah. Produksi tembakau di Indonesia mencapai kisaran  $\pm$  190 ribu ton per tahun dan pada tahun 2015 periode Januari – Mei, produksi industri rokok nasional mencapai 129,3 miliar batang rokok. Apabila dianggap 26 % dari berat total daun tembakau adalah batang dan tangkai daunnya maka produksi limbahnya adalah 49.400 ton per tahunnya (kemenperin, 2015).

Limbah dari kegiatan industri rokok yang tidak diinginkan dapat diolah menjadi suatu sumber energi terbaru yang berpotensi besar dengan teknologi gasifikasi. Melalui penelitian ini produk hasil gasifikasi akan dianalisa bagaimana pengaruh laju alir udara dan waktu pada proses gasifikasi limbah tangkai daun tembakau terhadap gas producer yang dihasilkan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh laju alir udara dan waktu proses gasifikasi limbah tangkai daun tembakau terhadap komposisi dan komponen syngas yang dihasilkan. Limbah tembakau yang dipakai adalah limbah tangkai daun tembakau yang berasal dari PD. Taru Martani - Yogyakarta. Proses gasifikasi dilakukan didalam gasifier downdraft berkapasitas  $\pm$  2,5 kg dengan media udara.

## DASAR TEORI

### Limbah Tangkai Daun Tembakau

Limbah tangkai daun tembakau adalah hasil dari sortir berupa batang dan tangkai daun pada daun tembakau yang keberadaannya tidak

diinginkan dalam proses produksi rokok karena menurunkan kualitas rokok yang dihasilkan. Daun tembakau secara umum terdiri dari daun, tulang daun dan basal yang merupakan bagian batang pada pangkal daun yang panjangnya sekitar 5 cm. Berat tulang daun pada daun tembakau sekitar 18 % dari berat daun keseluruhan sedangkan berat basalnya sekitar 8 % dari berat daun keseluruhan (Akehurst, 1981). Jadi berat total batang daun dan tangkai daun pada daun tembakau adalah sekitar 26 % dari berat total daun tembakau.

### Gasifikasi

Gasifikasi merupakan metode konversi secara termokimia bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas syngas dalam wadah gasifier dengan menyuplai agen gasifikasi seperti uap panas, udara dan lainnya. Dalam proses gasifikasi ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses gasifikasi, antara lain:

- a. Waktu  
Semakin lama waktu gasifikasi, maka semakin banyak hasil gas yang dihasilkan, tetapi jumlah arang semakin berkurang.
- b. Kecepatan Aliran Udara  
Asih et al. (2014) menjelaskan pada penelitiannya bahwa semakin besar laju udara maka laju konsumsi bahan bakar akan semakin besar dan waktu proses akan semakin pendek. Penambahan jumlah oksigen yang besar kedalam reaktor menyebabkan bahan lebih cepat terbakar menjadi arang (Purwantana B,2007).
- c. Rasio Udara dan Bahan Baku (AFR)  
Perbandingan udara dan bahan baku dalam proses gasifikasi mempengaruhi reaksi yang terjadi dan tentu saja pada kandungan syngas yang dihasilkan. Pada proses gasifikasi biomassa rasio udara dan bahan baku (AFR) tidak lebih dari 1,5 (Najib L dan Darsopuspito S, 2013).

Gasifikasi umumnya terdiri dari empat proses, yaitu pengeringan, pirolisis, oksidasi, dan reduksi. Proses yang berlangsung pada gasifier dapat diamati dari rentang temperatur masing-masing proses, yaitu (Vidian,2008) :

- a. Pengeringan :  $25\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 150\text{ }^{\circ}\text{C}$
- b. Pirolisis :  $150\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 600\text{ }^{\circ}\text{C}$
- c. Oksidasi :  $800\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$
- d. Reduksi :  $600\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 900\text{ }^{\circ}\text{C}$

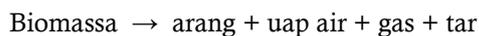
Penjelasan lebih lanjut mengenai proses-proses tersebut disampaikan pada uraian berikut ini :

1. Zona Pengeringan

Pengeringan terjadi pada temperatur sekitar 25 – 150 °C. Proses ini akan menguapkan sebagian besar kandungan air dalam bahan baku. Pada zona ini tidak terjadi perubahan kimia selain penguapan air.

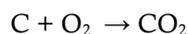
2. Zona Pirolisis

Pirolisis atau devolatilisasi disebut juga sebagai gasifikasi parsial. Suatu rangkaian proses fisik dan kimia terjadi selama proses pirolisis yang dimulai secara lambat pada  $T < 350$  °C dan terjadi secara cepat pada  $T > 800$  °C. Produk pirolisis umumnya terdiri dari tiga jenis, yaitu syngas ( $H_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ , dan  $CH_4$ ), tar, dan arang. Secara umum reaksi yang terjadi pada pirolisis beserta produknya adalah :



3. Zona Oksidasi/Pembakaran (Combustion)

Arang (C), tar, minyak tanah (kerosin), gas hasil tahap pirolisis kemudian akan teroksidasi oleh oksigen dari udara. Panas yang dihasilkan dari reaksi ini digunakan untuk proses pengeringan dan reaksi endoterm lainnya. Reaksi yang terjadi pada proses pembakaran adalah sebagai berikut :

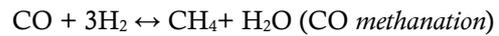
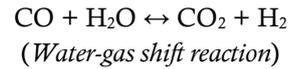
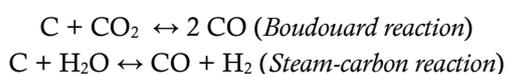


Reaksi pembakaran lain yang berlangsung adalah oksidasi hidrogen yang terkandung dalam bahan bakar membentuk kukus. Reaksi yang terjadi adalah :



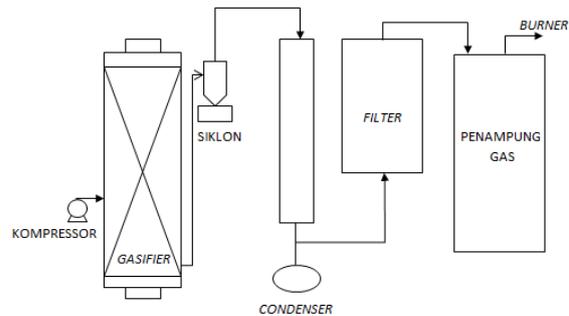
4. Zona Reduksi

Reduksi melibatkan suatu rangkaian reaksi endotermik yang menggunakan panas yang diproduksi dari reaksi pembakaran. Produk yang dihasilkan pada proses ini adalah gas bakar, seperti  $H_2$ ,  $CO$ , dan  $CH_4$ . Reaksi berikut ini merupakan empat reaksi yang umum terlibat pada gasifikasi.



**METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini digunakan peralatan untuk proses gasifikasi sebagai berikut :



Gambar 1. Skema peralatan gasifikasi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *batch feed system* yaitu metode dengan memasukkan sejumlah biomassa ke dalam reaktor kemudian disulut api. Tipe *gasifier* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *gasifier fixed bed downdraft*. Bahan baku utama yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah tangkai daun tembakau yang berasal dari PD. Taru Martani Yogyakarta. Pada proses ini tangkai daun tembakau yang sudah dikeringkan dengan menggunakan sinar matahari selama  $\pm 3$  jam untuk mengurangi kandungan air sampai kandungan air  $\pm 16\%$ . Percobaan dilakukan setelah seluruh peralatan gasifikasi dan alat ukur yang digunakan telah dipastikan berfungsi dengan baik. Agar percobaan dapat berlangsung secara baik dan berkelanjutan, maka dibuat suatu prosedur percobaan yaitu :

1. Persiapan

a) Mengisi  $\frac{1}{4}$  kapasitas *gasifier* dengan umpan limbah tangkai daun tembakau.

2. Penyalaan *gasifier*

a) Menjalankan kompressor untuk menyediakan udara pembakaran.

b) Menyalakan arang dengan memberikan kerosin.

c) Setelah arang terbakar cukup merata dan temperatur meningkat, limbah tangkai daun tembakau dimasukkan hingga *gasifier* terisi lebih dari  $\frac{3}{4}$  kapasitas *gasifier*.

- d) Mengatur laju alir udara masuk yang diinginkan dengan cara mengatur katup pemasukkan udara yang ada pada *rotarymeter* hingga diperoleh laju alir tertentu.
3. Selama percobaan berlangsung
- a) Mengamati distribusi temperatur setiap interval 5 menit selama 60 menit pada setiap lokasi termokopel.
  - b) Mengambil sampel gas untuk dianalisa setiap interval 10 menit selama 60 menit.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Ultimate dan Proximate**

Limbah tangkai daun tembakau yang akan digunakan terlebih dahulu dilakukan analisis *ultimate* dan *proximate*. Analisis tersebut dilakukan di PT. Indonesia Power dengan data sebagai berikut :

Tabel 1. Analisis *Proximate* Bahan Baku Limbah Tangkai Daun Tembakau.

No	Parameter Pengujian	Hasil Pemeriksaan (%wt)
1	<i>Moisture</i>	16,7
2	<i>Ash Content</i>	14,16
3	<i>Volatile Matter</i>	65,21
4	<i>Fixed Carbon</i>	4,46
5	<i>Total Sulphur</i>	0,12

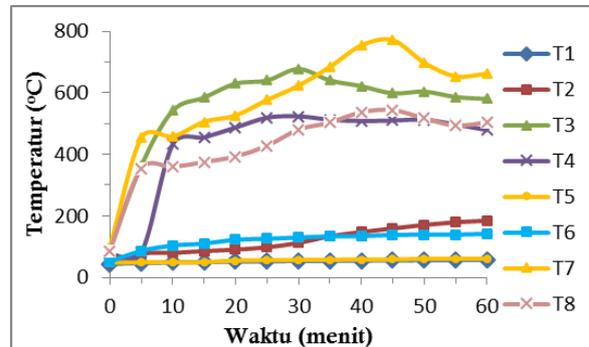
Tabel 2. Analisis *Ultimate* Bahan Baku Limbah Tangkai Daun Tembakau

No	Parameter Pengujian	Hasil Pemeriksaan (%wt)
1	Karbon (C)	36,85
2	Hidrogen (H)	3,85
3	Sulfur (S)	0,12
4	Oksigen (O)	28,31
5	Nitrogen (N)	0,54

**Pengaruh Waktu Terhadap Temperatur Gasifikasi**

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat profil dengan laju alir  $Q = 3 \text{ m}^3/\text{jam}$  pada termokopel  $T_1$  temperatur yang dicapai antara  $50^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}$  mengindikasikan terjadinya tahap pengeringan dimana kandungan air pada limbah tangkai daun tembakau diuapkan melalui proses pengeringan. Pada termokopel  $T_2$  merupakan zona pirolisis

dimana pada tahap ini kandungan limbah tangkai daun tembakau dikonversi menjadi tar, arang, dan gas dengan capaian temperatur antara  $100^\circ\text{C} - 180^\circ\text{C}$ .



Gambar 2. Pengaruh Waktu Terhadap Temperatur Gasifikasi pada Variasi Laju Alir  $Q = 3 \text{ m}^3/\text{jam}$  dan  $Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{jam}$ .

Pada zona reduksi ditunjukkan data termokopel  $T_4$  dengan temperatur  $450^\circ\text{C} - 550^\circ\text{C}$ . Pada termokopel  $T_3$  terjadi zona oksidasi dengan temperatur  $600^\circ\text{C} - 700^\circ\text{C}$ . Pada zona oksidasi temperatur maksimum yang dicapai adalah  $677,5^\circ\text{C}$  dimana temperatur tersebut masih berada di bawah temperatur optimum idealnya. Hal ini dikarenakan distribusi umpan di dalam reaktor tidak secara keseluruhan terbakar yang menyebabkan kurangnya umpan terbakar habis di dalam reaktor. Pada zona oksidasi ini temperatur terus mengalami penurunan menunjukkan umpan di dalam reaktor tidak lagi terbakar.

Pengaruh waktu terhadap temperatur gasifikasi untuk laju alir  $Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{jam}$  ditunjukkan pada Gambar 2 dimana dapat terlihat termokopel  $T_5$  merupakan zona pengeringan dengan capaian temperatur antara  $50^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C}$ . Pencapaian temperatur tersebut masih sedikit lebih rendah dibandingkan dengan temperatur idealnya antara  $80^\circ\text{C} - 90^\circ\text{C}$ .

Meskipun demikian hal ini tidak berpengaruh besar terhadap proses selanjutnya, terlebih bahwa bahan yang digunakan sebagai umpan mempunyai kadar air relatif kecil karena sudah dilakukan proses pengeringan sebelumnya sehingga proses penguapan sudah dapat berjalan baik pada pencapaian temperatur tersebut.

Termokopel  $T_6$  menunjukkan zona pirolisis dengan temperatur antara  $100^\circ\text{C} - 140^\circ\text{C}$ . Pada zona ini biomassa mulai diurai menjadi tar, arang, dan gas. Pada termokopel  $T_7$  terjadi zona oksidasi dengan pencapaian temperatur

maksimum 780°C, masih sedikit lebih rendah dari temperatur ideal zona oksidasi yaitu 800°C - 1300°C. Hal ini dikarenakan distribusi umpan yang kurang merata di dalam reaktor sehingga membuat umpan tidak terbakar seluruhnya. Termokopel T<sub>8</sub> menunjukkan terjadinya zona reduksi dimana produk pirolisis seperti arang, tar dan metan akan diurai menjadi gas bakar CO dan H<sub>2</sub>. Pada proses ini temperatur maksimum yang dicapai yaitu 545°C.

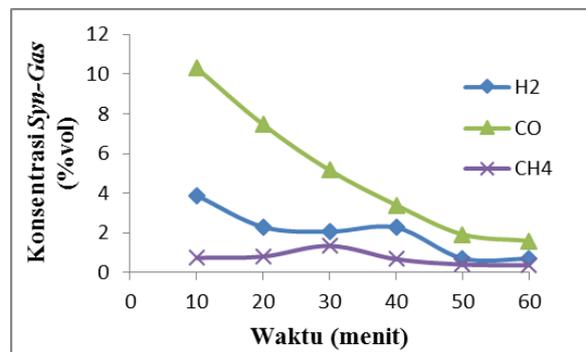
Apabila kedua variasi laju alir ditinjau berdasarkan temperatur zona-zona gasifikasi dibandingkan dapat terlihat adanya penyimpangan capaian temperatur zona oksidasi dan zona reduksi. Laju alir 3 m<sup>3</sup>/jam memiliki capaian temperatur oksidasi dan reduksi lebih rendah dibandingkan dengan laju alir 2,5 m<sup>3</sup>/jam. Jika ditinjau secara visual di lapangan saat laju alir udara 3 m<sup>3</sup>/jam temperatur yang didapat lebih rendah. Hal ini dikarenakan pada proses gasifikasi terdapat zona pirolisis yang mengkonversi limbah tangkai daun tembakau menjadi tar, arang dan gas. Kandungan tar yang dihasilkan tersebut membuat umpan menempel pada dinding reaktor sehingga distribusi umpan ke zona oksidasi terganggu. Kurangnya distribusi umpan pada reaktor ini menyebabkan proses pembakaran tidak berjalan dengan baik dan menyebabkan pencapaian temperatur pada zona oksidasi dan zona reduksi tidak maksimal.

**Pengaruh Waktu Terhadap Konsentrasi Syngas Yang Dihasilkan**

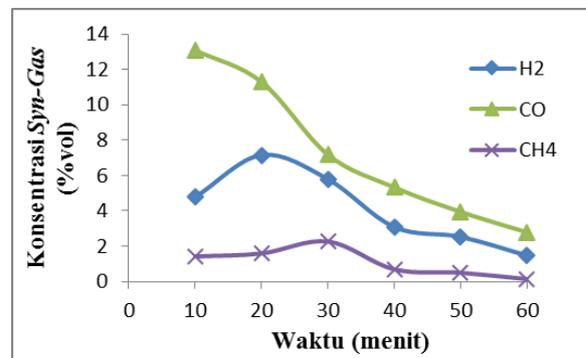
Dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 bahwa 10 menit awal proses gasifikasi sudah terdapat syngas yang dihasilkan. Hal ini menyatakan bahwa proses gasifikasi sudah berlangsung. Namun setelah proses gasifikasi berlangsung hingga 60 menit, profil konsentrasi syngas (CO, H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>) mengalami fluktuasi dan cenderung menurun. Kondisi ini dipengaruhi oleh waktu proses gasifikasi dan distribusi pembakaran umpan. Pada 10 menit awal proses gasifikasi, masih banyak bahan bakar (umpan) yang dapat terkonversi menjadi syngas, sehingga didapatkan konsentrasi syngas (CO, H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>) yang relatif tinggi. Pada Gambar 3 dengan laju alir udara Q = 2,5 m<sup>3</sup>/jam, didapatkan konsentrasi syngas di

10 menit awal proses sebesar CO = 10,3 %vol, H<sub>2</sub> = 3,89 %vol dan CH<sub>4</sub> = 0,74 %vol. Sedangkan pada Gambar 4 dengan laju alir udara

Q = 3 m<sup>3</sup>/jam, didapatkan konsentrasi syngas di 10 menit awal proses sebesar CO = 13,09 %vol, H<sub>2</sub> = 4,78 %vol dan CH<sub>4</sub> = 1,42 %vol. Namun konsentrasi syngas (CO, H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>) pada interval waktu berikutnya mengalami penurunan konsentrasi syngas (CO, H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>). Penurunan konsentrasi syngas (CO, H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>) ini dikarenakan bahan bakar (umpan) yang digunakan semakin berkurang selama waktu proses gasifikasi berlangsung. Berkurangnya bahan bakar (umpan) mengakibatkan semakin sedikitnya umpan yang terkonversi menjadi syngas (CO, H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>) sehingga konsentrasi syngas (CO, H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>) yang dihasilkan akan semakin rendah.

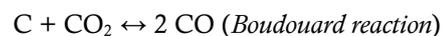


Gambar 3. Konsentrasi Syngas Terhadap Waktu Pada Variasi Laju Alir Udara Q = 2,5 m<sup>3</sup>/jam



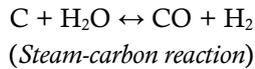
Gambar 4. Konsentrasi Syngas Terhadap Waktu Pada Variasi Laju Alir Udara Q = 3 m<sup>3</sup>/jam

Hal ini dapat ditinjau dari reaksi pembentukan syngas (CO, H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>). Pada reaksi pembentukan syngas karbon monoksida (CO) di zona reduksi, ada dua reaksi pembentukan syngas karbon monoksida (CO). Reaksi yang pertama adalah reaksi *boudouard*,



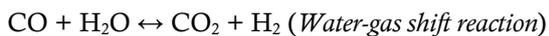
dimana besarnya kandungan karbon (C) yang berasal dari konversi bahan bakar (umpan) akan

bereaksi dengan karbon monoksida ( $\text{CO}_2$ ) sehingga menghasilkan konsentrasi *syngas* karbon monoksida (CO) yang tinggi. Reaksi yang kedua adalah reaksi *steam-carbon*,



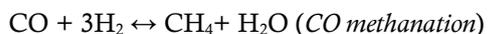
yang sama halnya dengan reaksi *bourdoudard*. Namun pada reaksi *steam-carbon*, tidak hanya pembentukan *syngas* karbon monoksida (CO) saja melainkan pembentukan *syngas* hidrogen ( $\text{H}_2$ ). Semakin besarnya kandungan karbon (C) yang berasal dari konversi bahan bakar (umpan) bereaksi dengan uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) sehingga menghasilkan konsentrasi *syngas* karbon monoksida (CO) dan hidrogen ( $\text{H}_2$ ) yang tinggi.

Pada reaksi pembentukan *syngas* hidrogen ( $\text{H}_2$ ) di zona reduksi, tidak hanya reaksi *steam-carbon* yang terjadi. Melainkan terjadi reaksi *water-gas shift*,



pada reaksi ini dipengaruhi dengan *syngas* karbon monoksida (CO) yang terbentuk. Semakin tinggi konsentrasi *syngas* karbon monoksida (CO) yang bereaksi dengan uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) maka *syngas* hidrogen ( $\text{H}_2$ ) yang dihasilkan akan tinggi konsentrasinya. Sedangkan semakin rendah konsentrasi *syngas* karbon (C) maupun karbon monoksida (CO) yang bereaksi dengan uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) maka *syngas* hidrogen ( $\text{H}_2$ ) yang dihasilkan akan rendah konsentrasinya.

Pada reaksi pembentukan *syngas* metan ( $\text{CH}_4$ ) di zona reduksi. Reaksi yang terjadi adalah reaksi CO *methanation*,



yang dimana *syngas* karbon monoksida (CO) bereaksi dengan *syngas* hidrogen ( $\text{H}_2$ ) sehingga menghasilkan *syngas* metan ( $\text{CH}_4$ ) dan uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Reaksi ini dipengaruhi oleh kandungan *syngas* karbon monoksida (CO) dan *syngas* hidrogen ( $\text{H}_2$ ) yang terbentuk. Semakin tinggi konsentrasi *syngas* karbon monoksida (CO) dan *syngas* hidrogen ( $\text{H}_2$ ) maka semakin tinggi konsentrasi *syngas* metan ( $\text{CH}_4$ ) yang terbentuk.

Pada Gambar 3 fluktuasi konsentrasi *syngas* ( $\text{H}_2$  dan  $\text{CH}_4$ ) dapat dilihat pada grafik, fluktuasi *syngas* hidrogen ( $\text{H}_2$ ) pada transisi menit

30 dengan konsentrasi *syngas*  $\text{H}_2 = 2,06$  %vol ke menit 40 dengan konsentrasi *syngas*  $\text{H}_2 = 2,27$  %vol dan menit ke 50 dengan konsentrasi *syngas*  $\text{H}_2 = 0,71$  %vol serta fluktuasi pada grafik *syngas* metan ( $\text{CH}_4$ ) pada transisi menit 20 dengan konsentrasi *syngas*  $\text{CH}_4 = 0,81$  %vol ke menit 30 dengan konsentrasi *syngas*  $\text{CH}_4 = 1,34$  %vol dan menit 40 dengan konsentrasi *syngas*  $\text{CH}_4 = 0,67$  %vol. Sedangkan fluktuasi pada Gambar 11, dapat dilihat pada grafik *syngas* hidrogen ( $\text{H}_2$ ) pada transisi menit 10 dengan konsentrasi *syngas*  $\text{H}_2 = 4,78$  %vol ke menit 20 dengan konsentrasi *syngas*  $\text{H}_2 = 7,16$  %vol dan menit ke 30 dengan konsentrasi *syngas*  $\text{H}_2 = 5,79$  %vol serta fluktuasi pada grafik *syngas* metan ( $\text{CH}_4$ ) pada transisi menit 20 dengan konsentrasi *syngas*  $\text{CH}_4 = 1,59$  %vol ke menit 30 dengan konsentrasi *syngas*  $\text{CH}_4 = 2,27$  %vol dan menit 40 dengan konsentrasi *syngas*  $\text{CH}_4 = 0,69$  %vol.

Hal ini disebabkan terdapatnya cairan tar yang lengket pada dinding reaktor dan cairan tar tersebut merekatkan umpan pada dinding reaktor, sehingga pendistribusian pembakaran umpan tidak maksimal meyeluruh.

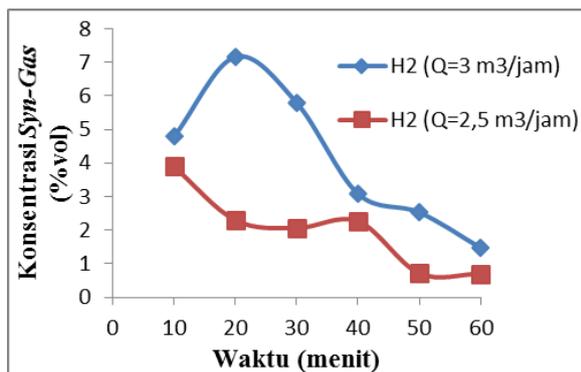
### Pengaruh Laju Alir Udara Terhadap Konsentrasi *Syngas* yang Dihasilkan

Pada proses gasifikasi dibutuhkan suplai udara yang cukup tergantung pada massa bahan bakarnya, karena jika debit udara yang terlalu besar dapat memungkinkan jumlah gas hasil produksi akan mengandung banyak oksigen dan nitrogen yang berasal dari *input* udara (Vidian,2004 dalam Asih,2014).

Dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7, profil konsentrasi *syngas* dengan variasi  $Q = 3$  m<sup>3</sup>/jam lebih tinggi dibandingkan dengan profil konsentrasi *syngas* dengan variasi  $Q = 2,5$  m<sup>3</sup>/jam. Hal ini menunjukkan besarnya laju alir udara mempengaruhi konsentrasi *syngas* yang dihasilkan. Semakin besar laju alir udara yang diberikan maka semakin tinggi konsentrasi *syngas* (CO,  $\text{H}_2$  dan  $\text{CH}_4$ ) yang dihasilkan. Namun dengan besarnya laju alir udara tidak sebanding dengan bahan bakar yang digunakan. Hal ini menyebabkan bahan bakar yang digunakan lebih cepat habis, sehingga profil konsentrasi *syngas* (CO,  $\text{H}_2$  dan  $\text{CH}_4$ ) yang dihasilkan cenderung menurun setiap waktunya. Berdasarkan penelitian Najib L dan Darsopuspito S (2013) menjelaskan bahwa besarnya laju alir udara yang tidak

sebanding dengan massa biomasnya menyebabkan berlebihnya udara yang masuk kedalam reaktor, maka hal ini akan membuat terbentuknya banyak gas  $O_2$ ,  $N_2$  dan  $CO_2$  sedangkan gas *combustible* ( $CO$ ,  $H_2$  dan  $CH_4$ ) akan berkurang.

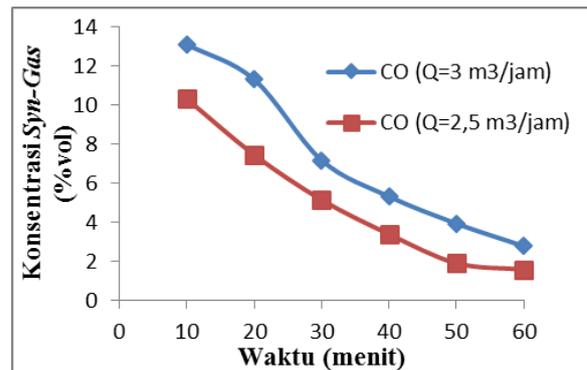
Pada Gambar 5 dan Gambar 7, konsentrasi *syngas* hidrogen ( $H_2$ ) serta konsentrasi *syngas* metan ( $CH_4$ ) terjadi fluktuasi dimasing – masing variasinya. Seperti yang dijelaskan pada sub-bab 4.3, hal ini disebabkan terdapatnya cairan tar yang lengket pada dinding reaktor dan cairan tar tersebut merekatkan umpan pada dinding reaktor, sehingga pendistribusian pembakaran umpan tidak maksimal menyeluruh. Pada Gambar 5 , konsentrasi *syngas* hidrogen ( $H_2$ ) tertinggi pada variasi  $Q = 3 \text{ m}^3/\text{jam}$  didapatkan pada menit ke 20, dengan konsentrasi *syngas* hidrogen ( $H_2$ ) sebesar 7,16 %vol. Sedangkan pada variasi  $Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{jam}$ , konsentrasi *syngas* hidrogen ( $H_2$ ) tertinggi didapatkan pada menit ke 10 dengan konsentrasi *syngas* hidrogen ( $H_2$ ) sebesar 3,89 %vol. Sedangkan pada Gambar 7, konsentrasi *syngas* metan ( $CH_4$ ) tertinggi pada variasi  $Q = 3 \text{ m}^3/\text{jam}$  didapatkan pada menit ke 30, dengan konsentrasi *syngas* metan ( $CH_4$ ) sebesar 2,27 %vol. Sedangkan pada variasi  $Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{jam}$ , konsentrasi *syngas* metan ( $CH_4$ ) tertinggi didapatkan pada menit ke 30 dengan konsentrasi *syngas* metan ( $CH_4$ ) sebesar 1,34 %vol.



Gambar 5. Pengaruh Laju Alir Udara Terhadap Konsentrasi *Syngas* ( $H_2$ )

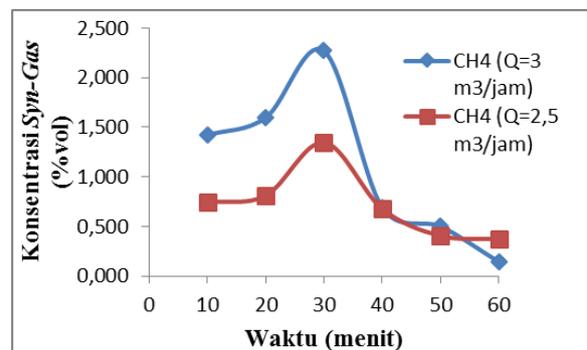
Pada Gambar 6, konsentrasi *syngas* karbon monoksida ( $CO$ ) tertinggi pada variasi  $Q = 3 \text{ m}^3/\text{jam}$  didapatkan pada menit ke 10, dengan konsentrasi *syngas* karbon monoksida ( $CO$ ) sebesar 13,09 %vol. Sedangkan pada variasi  $Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{jam}$ , konsentrasi *syngas* karbon monoksida ( $CO$ ) tertinggi didapatkan pada menit ke 10

dengan konsentrasi *syngas* karbon monoksida ( $CO$ ) sebesar 10,3 %vol. Dari kedua profil tersebut, dapat dilihat bahwa telah terjadi proses pembentukan *syngas* ( $CO$ ) pada zona reduksi pada menit awal proses. Namun interval menit berikutnya mengalami penurunan konsentrasi *syngas* ( $CO$ ), hal ini dikarenakan bahan bakar yang telah habis terbakar pada menit awal proses gasifikasi.



Gambar 6. Pengaruh Laju Alir Udara Terhadap Konsentrasi *Syngas* ( $CO$ )

Dapat dilihat pada Gambar 7, adanya penyimpangan pada menit ke 60. Hal ini dikarenakan pada menit 60 dengan laju *input* udara yang lebih rendah, proses yang terjadi didominasi oleh proses pirolisis. Menurut Knoef (2008), pada proses pirolisis dengan laju *input* udara yang rendah kadar metan masih relatif tinggi. Sedangkan pada laju *input* udara yang tinggi telah terjadi proses lebih lanjut berupa proses reduksi dan oksidasi, dimana kandungan gas metan semakin rendah dan kandungan gas mampu bakar yang lain semakin tinggi.



Gambar 7. Pengaruh Laju Alir Udara Terhadap Konsentrasi *Syngas* ( $CH_4$ )

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Limbah dari tangkai daun tembakau dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi baru untuk menghasilkan *syngas* dengan cara proses gasifikasi. Pada penelitian ini 2,5 kg limbah tangkai daun tembakau dapat dikonversikan menjadi *syngas*. Konsentrasi *syngas* yang tertinggi didapatkan pada variasi  $Q = 3 \text{ m}^3/\text{jam}$  pada menit ke 30 dengan konsentrasi *syngas*  $\text{CH}_4$  sebesar 2,27 %vol, gas CO sebesar 7,17 %vol dan gas  $\text{H}_2$  sebesar 5,79 %vol.
2. Semakin besar laju alir udara maka konsentrasi *syngas* (CO,  $\text{H}_2$  dan  $\text{CH}_4$ ) yang dihasilkan semakin besar, hal ini ditunjukkan dengan konsentrasi *syngas* (CO,  $\text{H}_2$  dan  $\text{CH}_4$ ) yang dihasilkan pada laju alir udara  $3 \text{ m}^3/\text{jam}$  lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi *syngas* pada laju alir udara  $2,5 \text{ m}^3/\text{jam}$ . Semakin lama waktu proses gasifikasi akan menghasilkan konsentrasi *syngas* (CO,  $\text{H}_2$  dan  $\text{CH}_4$ ) yang semakin rendah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A dan Sudarmanto. 1982. "Budidaya Tembakau". Jakarta.CV. Yasaguna
- Akehurst, BC. 1981. "Tobacco". 2<sup>nd</sup>. Longman, London
- Alexis T B. 2005. "Rice Husk Gas Stove Handbook". Iloilo. Filipina
- Bridgwater, AV. 2002. "Thermal Processing of Biomass for Fuels and Chemical". *Paper. 6<sup>th</sup> Asia-Pacific International Symposium on Combustion and Energy Utilization.*
- Cahyono. 1998. "Tembakau, Budidaya dan Analisi Usaha Tani, Kanisius". Yogyakarta
- Campoy, M., Gomes-Barea, A., Villanueva, A.L., Ollera,P. 2008. "Air-Steam Gasification of Biomass in A Fluidized Bed Under Simulated Autothermal and Adiabatic Condition", *Ind. Eng. Chem.Res.*,47, 5957- 5965
- Diebold, J.P. 1999. "Overview of Fast Pyrolysis of Biomassa for The Production of Liquid Fuels". USA
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM). 2008. Statistik Energi Indonesia.
- Guo, J., Lua, A.C. 2000. "Kinetic Study on Pyrolysis of Extraxted Oil Palm Fiber". *Journal Of Thermal Analysis and Calorimeter*, Vol 59, 763-774
- Hadi, S dan Dasopuspito, S. 2013. "Pengaruh Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar Terhadap Kualitas Api Pada Gasifikasi Reaktor Downdraft Dengan Suplai Biomass Serabut Kelapa Secara Kontinyu. *Jurnal Teknik POMITS*.2(3). ISSN:2337-3539
- Jayah, T.H., Aye, L., Fuller, R.J., dan Stewart, D.F. 2003. "Journal of Biomass and Bioenergi". *Computer simulation of downdraft wood gasifier for tea drying* Vol 25, pp 459-469
- Kaup, A., Gross, J.R. 1981. "State of The Art Report for Small Scale (to 50 KW) Gas Producer Engine System". Department of Agricultural Engineering University of California
- Knoef, H.A.M. 2008. "Biomass Gasification". BTG *biomass technology group*. The Netherlands
- Mathieu, P. dan Dubuisson, R. 2002. "Performance Analysis Of Biomass Gasifier". *Journal of Energi Conversion and Management*, Vol 43, pp 1291-1299
- Najib, L dan Darsopuspito, S. 2012. "Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sistem Downdraft Kontinyu dengan Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar (AFR) dan Ukuran Biomassa. *Jurnal Teknik ITS*. 1(1) September 212. ISSN: 2301-9271
- Priyati, A dkk. 2014. "Karakteristik Suhu dan Produksi Gas Dengan Variasi Laju Input Udara Pada Proses Gasifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Inverted Downdraft Gasifier". *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*. 2(2) September 2014
- Purwantana, B. 2007. "Pengembangan Gasifier Untuk Gasifikasi Limbah Padat Pati Aren (Arenga Pinnata Wurmb)". *AGRITECH*. 27(3). September 2007
- Rajvanshi, A.K. 1986. "Biomass Gasification", *Published as a chapter in book Alternative Energy in Agriculture*, Vol. II (Ed. D.Yogi Goswami), CRC Press, pgs. 83-102.
- Rinovianto, G. 2012. "Karakteristik Gasifikasi Pada Updraft Double Gas Outlet Gasifier Menggunakan Bahan Bakar Kayu Karet". *Skrripsi*. Depok. Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Susanto, H. 2004. "Penerapan Teknologi Gasifikasi". *Poster*
- Tsai, W.T., Lee, M.K., Chang, Y.M. 2006. "Fast Pyrolysis of Rice Straw, Sugarcane Baggasse and Coconut Shell in A Introduction Heating Reactor". *J.Anal.Appl.Pyrolysis*.76.230-237
- Vidian, F. 2008. "Gasifikasi Tempurung Kelapa Menggunakan Updraft Gasifier Pada Beberapa Variasi Laju Alir Udara

Pembakaran". *Jurnal Teknik Mesin*.  
10(2) Oktober 2008:88-93  
Wu, S., J. Gu, L. Li, Y. Wu and J. Gao.  
2006. "The Reactivity and Kinetics  
of Yanzhou Coal Chars from  
Elevated Pyrolysis Temperature  
During Gasification in Steam at 900-

1200 °C". Department of Chemical  
Engineering for Energy Resources,  
East China University of Science and  
Technology, Shanghai, China  
[www.kemenperin.go.id/artikel/13348/RI-Masih-  
Impor-Tembakau](http://www.kemenperin.go.id/artikel/13348/RI-Masih-<br/>Impor-Tembakau)