

Pengaruh AFR Terhadap Karakteristik Gas Produser Hasil Gasifikasi Batok Kelapa

Yuono^{1*}, Dyah Setyo Pertiwi¹, Ammar Zaky Farouk¹, Iddo Nur Adlan¹

¹ Institut Teknologi Nasional Bandung, PKH Mustopha No 23, Neglasari, Cibeunying Kaler, Jawa Barat, 40124

Email: yuono@itenas.ac.id, (*Corresponding author)

Abstrak. Kebutuhan energi dunia semakin lama semakin besar dan masih bergantung kepada sumber energi yang tak terbarukan. Saat ini diperlukan sumber energi terbarukan sebagai alternatif, diantaranya adalah biomassa. Ketersediaan serta kandungan energi biomassa menjadikannya potensial sebagai sumber energi. Gasifikasi biomassa adalah salah satu contoh konversi energi terbarukan yang mengkonversi biomassa menjadi gas produser. Salah satu parameter yang menentukan karakteristik gas produser adalah AFR (Air to Fuel Ratio). Gasifikasi *updraft* pada penelitian ini dilakukan terhadap batok kelapa dengan AFR 15%; 20%; 25%; 30%; dan 110% AFR teoritis. Batok kelapa diumpankan secara intermittent sesuai dengan variasi penelitian. Data suhu setiap zona di dalam gasifier dicatat dan komposisi gas produser dianalisis menggunakan Gas Chromatography (GC). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses gasifikasi dapat menghasilkan gas yang mampu bakar, di mana peningkatan AFR menyebabkan penurunan kandungan gas yang mampu bakar. Semakin rendah AFR yang diberikan, semakin tinggi nilai energi yang terkandung dalam gas produser. Pada penelitian ini diperoleh LHV 5,53 MJ/m³ pada AFR 15%. Rasio H₂/CO tertinggi diperoleh pada AFR 25% yaitu sebesar 1,10.

Kata Kunci: AFR, batok kelapa, gasifier *updraft*, LHV, Rasio H₂/CO

Abstract. The world's energy needs are getting bigger and are still dependent on non-renewable energy sources. Alternative renewable energy sources, such as biomass, are needed. Biomass is potential as energy source due to its availability and energy content. Gasification is one of the methods converting biomass into energy in the form of producer gas. Characteristics of producer gas is affected by AFR (Air to Fuel Ratio). *Updraft* gasification was carried out on coconut shell with 15%; 20%; 25%; 30%; and 110% theoretical AFR. Coconut shell was fed intermittently according to the variation. Temperature of each zone in the gasifier was recorded and the composition of the producer gas was analyzed by using Gas Chromatography (GC). The results of this study indicated that the gasification could produce flammable gases. An increase in AFR would decrease flammable gas content. The lower the AFR given, the higher the energy value contained in the producer gas. In this study, LHV of 5.53 MJ/m³ was obtained at 15% AFR. The highest H₂/CO ratio was 1.10, which was obtained at 25% AFR.

Keyword: AFR; coconut shell; *updraft* gasifier; LHV; H₂/CO ratio

1. Pendahuluan

Biomassa merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang sedang dikembangkan lebih lanjut. Jumlah biomassa terbesar terdapat pada negara beriklim tropis, salah satunya adalah Indonesia. Indonesia memiliki potensi energi 434.000 GW dari bahan biomassa atau setara dengan 255 juta barel minyak bumi. Jumlah minyak ini adalah 30% dari konsumsi minyak bumi selama satu tahun di Indonesia⁽¹⁾. Pemanfaatan biomassa menjadi energi pada umumnya masih sekitar 5% dari total potensi yang ada⁽²⁾.



Batok kelapa merupakan salah satu jenis biomassa yang umum ditemukan di negara yang memiliki iklim tropis maupun memiliki garis pantai yang panjang. Indonesia memiliki potensi batok kelapa sebesar 2.871.280 ton/tahun pada tahun 2017 (Tabel 1). Batok kelapa memiliki karakteristik yang sesuai untuk umpan gasifikasi, karena memiliki nilai energi tinggi dengan jumlah abu yang relatif kecil.

Tabel 1 Produksi Kelapa dan Batok Kelapa⁽³⁾

Tahun	Kelapa (ton)	Batok Kelapa (ton)*
2015	2.920.665	292.066
2016	2.890.735	289.073
2017*	2.871.280	287.128

* Batok kelapa adalah berkisar 10% dari kelapa utuh

Gasifikasi merupakan salah satu metode untuk mengubah biomassa menjadi gas produser dengan produk samping berupa tar dan abu. Gas produser diharapkan memiliki kandungan energi dan atau kadar hidrogen dan karbon monoksida. Produser gas yang dihasilkan dari gasifikasi dapat dimanfaatkan langsung menjadi bahan bakar seperti untuk generator listrik. Gas hidrogen dan karbon monoksida yang terdapat dalam gas produser dapat digunakan sebagai umpan untuk proses sintesis metanol, formalin maupun DME. Proses sintesis metanol memerlukan gas produser dengan H₂/CO minimal 2.

Karakteristik dari biomassa dan produk menentukan jenis gasifier yang digunakan. Gasifier yang memiliki ketahanan paling baik serta mudah dan murah pengoperasiannya adalah gasifier *updraft*. Karakteristik untuk gasifier *downdraft*, *updraft* dan *crossdraft* disajikan dalam Tabel 2. Pada gasifier *updraft* umpan masuk dari bagian atas, kemudian akan mengalami pengeringan, pirolisis, gasifikasi (reduksi) dan pembakaran (oksidasi) secara berurutan.

Tabel 2. Karakteristik Gasifier⁽²⁾

Keterangan	Jenis Gasifier		
	<i>Downdraft</i>	<i>Updraft</i>	<i>Crossdraft</i>
Ukuran (mm)	20-100	5-100	1-3
Kadar Moisture (%)	< 15-20	< 50	< 7
Kadar Abu (%)	< 5	< 15	< 7
Morfologi	Seragam	Hampir Seragam	Seragam

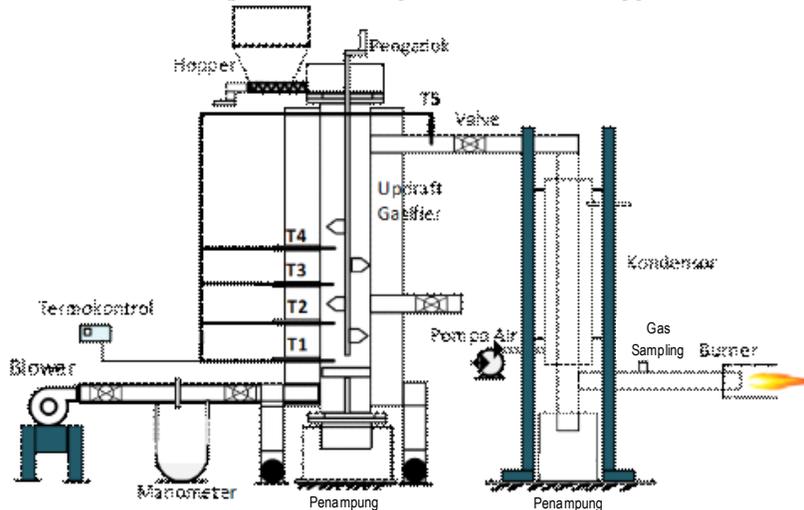
2. Metodologi Penelitian

Batok kelapa diperoleh dari daerah Majalengka, Jawa Barat yang telah dibersihkan dari serabut maupun pengotor. Batok kelapa yang sudah bersih diperkecil ukurannya hingga sekitar 1 cm². Sampel batok kelapa ini kemudian dianalisis proksimat dan ultimat dengan *air dry basis* (adb). Batok kelapa memiliki *heating value* sebesar 4.678 kal/g. Hasil analisis (Tabel 3) menjadi landasan untuk menghitung jumlah umpan dan udara. Batok kelapa diumpankan secara *intermittent* ke dalam reaktor.

Tabel 3. Analisis Proksimat dan Ultimat Batok Kelapa

	<i>Parameter</i>	<i>Kadar</i>
Proksimat	Kadar Air	8,22%
	Abu	1,03%
	Zat Terbang	72,37%
	Karbon Tetap	18,38%
Ultimat	Sulfur	0,02%
	Karbon	47,53%
	Hidrogen	6,23%
	Nitrogen	0,01%
	Oksigen	45,18%

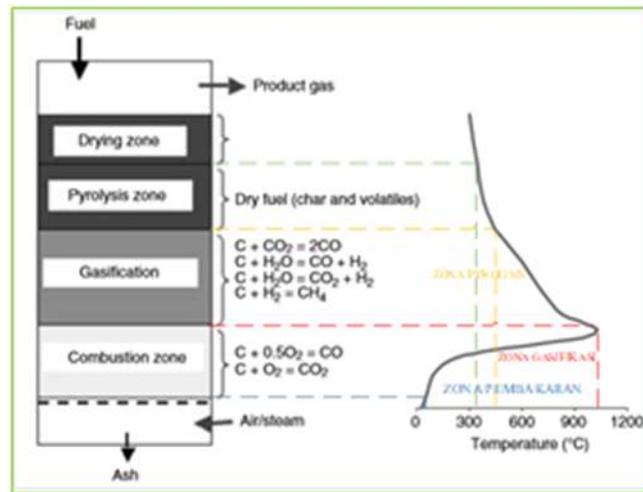
Gasifier *updraft* yang digunakan menggunakan agen gasifikasi berupa udara bebas, dengan 15%, 20%, 25%, 30% dan 110% AFR (*Air to Fuel Ratio*) teoritis. Proses gasifikasi dilaksanakan menggunakan *starter* bara dari arang batok kelapa dari sumber yang sama. Arang digunakan selain untuk starter, juga untuk memanaskan reaktor hingga temperatur 500°C. Batok kelapa dimasukkan dari bagian atas gasifier dengan menggunakan *screw conveyor*. Gas produser yang dihasilkan segera dianalisa dengan menggunakan GC. Gas produser ini sudah bebas dari abu dan tar. Skema penelitian ini disajikan dalam Gambar 1. Temperatur dalam gasifier diukur menggunakan termometer digital.

Gambar 1. Skema Peralatan Gasifier *Updraft*

3. Hasil dan Pembahasan

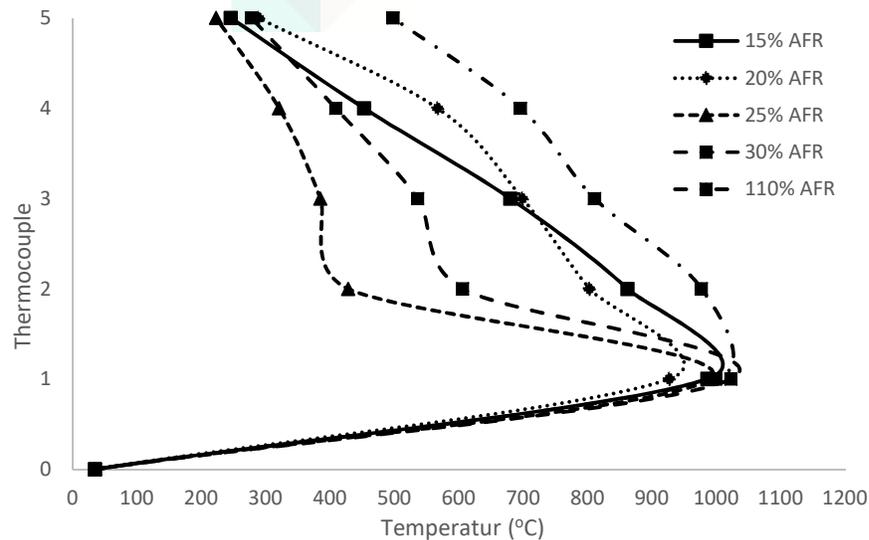
a. Profil Temperatur

Indikator berjalannya proses gasifikasi adalah temperatur yang ada dalam reaktor. Temperatur tertinggi terdapat pada bagian pembakaran yaitu hingga lebih dari 1000°C. Gasifikasi terjadi pada temperatur 500°C – 900°C, pirolisis pada 300°C dan pengeringan di bawah 300°C. Temperatur pembakaran menjadi tertinggi karena pada bagian tersebut terjadi proses oksidasi secara langsung. Panas yang dihasilkan dari proses pembakaran akan dimanfaatkan oleh proses gasifikasi, pirolisis dan pengeringan (Gambar 2). Panas yang dihasilkan dari proses pembakaran harus dapat memberikan energi yang cukup untuk proses lainnya, karena bila terlalu besar akan menjadi pembakaran saja, bila terlalu rendah akan menjadi proses pirolisis bahkan proses pembakaran akan terhenti.



Gambar 2. Profil Temperatur dan Reaksi pada Tiap Zona Gasifier⁽²⁾

Reaksi reduksi pada gasifikasi dapat menghasilkan panas tapi tidak dapat memenuhi kebutuhan energi keseluruhan, sehingga gasifikasi memerlukan tambahan panas yang berasal dari zona pembakaran. Profil dalam gasifier (Gambar 3) menunjukkan bahwa panas pada zona pembakaran digunakan oleh zona lain dalam proses gasifier. Panas dipertukarkan melalui proses konduksi dan konveksi. Salah satu media untuk menghantarkan panas dari zona pembakaran adalah gas. Gas yang naik ke atas dari proses reduksi mengandung panas yang dimanfaatkan oleh proses pirolisis. Pirolisis akan menghasilkan arang yang merupakan biomassa yang telah terpotong-potong rantai karbonnya akibat panas dari pembakaran dan reduksi. Selain itu, akan menghasilkan bio oil yang nantinya akan terbawa oleh gas produser.



Gambar 3. Profil Temperatur dalam Gasifier

b. Karakteristik Gas Produser

Gasifikasi berjalan dengan baik ditandai dengan tidak adanya oksigen dalam gas produser. Dalam penelitian ini, gas produser pada AFR 110% memiliki oksigen sebesar 7,79%. Hal ini wajar, karena udara diumpankan melebihi dari stoikiometrinya.

Komposisi gas karbon monoksida tertinggi dimiliki oleh AFR 15% sebesar 40,70% (Tabel 4). Hal ini terjadi karena reaksi bergeser pada pembentukan CO (Gambar 2.). Hal ini didukung oleh profil temperatur dari AFR 15% yang lebih rendah dibandingkan dengan 20% (Gambar 3.). Komposisi hidrogen tertinggi dimiliki oleh AFR 20%, di mana profil temperatur dalam gasifier tertinggi dibandingkan variasi yang lain. Jumlah udara yang semakin besar dibanding biomassa akan mengurangi jumlah gas karbon monoksida, metana dan hidrogen. Metana merupakan produk samping dari proses gasifikasi, dan hanya ada pada AFR kurang dari 100%.

Tabel 4. Karakteristik Gas Produser

AFR (%)	H ₂	CO	CH ₄	LHV (MJ/m ³)	H ₂ /CO
15%	2,67%	40,70%	1,7%	5,53	0,07
20%	10,27%	17,24%	0,00%	3,01	0,60
25%	3,43%	3,13%	0,11%	0,74	1,10
30%	2,67%	19,6%	0,62%	2,93	0,24
110%	1,3%	0,00%	0,00%	0,13	0

Energi yang terkandung dalam gas produser bergantung pada komposisi gas tersebut. Nilai energi terbesar ada pada AFR 15% sebesar 5,53 MJ/m³. Nilai ini berasal dari kadar CO yang lebih tinggi dibandingkan variasi yang lain. Nilai kalor ini sesuai dengan rentang nilai kalor untuk gas produser yang dihasilkan dari gasifikasi dengan udara sebagai *gasifying agent* (4 – 7 MJ/m³)⁽²⁾. Nilai kalor yang dihasilkan dari AFR 15% bisa digunakan sebagai pengganti bahan bakar konvensional.

Untuk dijadikan bahan baku proses, misalnya dalam produksi metanol, gas produser harus memiliki rasio H₂/CO sebesar 2. AFR 25% memiliki nilai rasio yang paling mendekati 2, yaitu 1,10. Kadar gas CO dan H₂ tidak terlalu tinggi akibat jumlah udara yang meningkat, tapi rasio kedua gas ini mendekati 2. Gas produser yang dihasilkan dapat diperbaiki komposisinya, dengan cara dimurnikan dari pengotor dan dilakukan *upgrading* untuk mendapatkan komposisi yang diinginkan.

4. Kesimpulan

Gasifikasi terhadap batok kelapa menghasilkan gas produser dengan kadar gas mampu bakar yang makin besar pada AFR yang makin kecil. Nilai AFR lebih dari 100% akan menghasilkan proses pembakaran dan tidak menghasilkan gas mampu bakar. AFR 15% merupakan AFR terbaik untuk menghasilkan kadar CO terbesar (40,70%) dan nilai kalor terbesar (5,53 MJ/m³). Nilai kalor ini mengindikasikan gas produser yang dihasilkan mampu digunakan secara langsung sebagai bahan bakar. Berdasarkan rasio H₂/CO, nilai AFR 25% memiliki rasio terbaik sebesar 1.

Referensi

- [7] Munawar, SS., Subiyanto, B. “*Characterization of Biomass Pellet made from Solid Waste Oil Palm Industry*”. *Procedia Environmental Sciences*. 20:336-341. 2014
- [8] Basu, P. “*Biomass Gasification and Pyrolysis*”. USA: Elsevier Inc, 2010
- [9] BPS. (2018). Data Sebaran Batok Kelapa. Dipetik Mei 8, 2017 (www.bps.go.id/Brs/view/id/1157)



Pemakalah :

Yuono

13.20 -13.35 WIB

Pertanyaan :	Jawaban :
<ol style="list-style-type: none">1. Bagaimana cara menentukan kalor? Tar dianalisis juga? (Sperisa Distantina)	<ol style="list-style-type: none">1. - Ada analisis di laboratorium dan dengan perhitungan dari jumlah gas yang diproduksi. - Tar tidak dianalisis karena sebagai produk tambahan sudah tidak ekonomis untuk dimanfaatkan.
<ol style="list-style-type: none">2. Untuk ukuran reaktor berapa? Tar bagaimana? Menggunakan pengaduk, apakah ada gas yang lolos juga? (Agus Aktawan)	<ol style="list-style-type: none">2. - Ukuran reaktor masih mini proyek dengan diameter 9 cm dan tinggi 80 cm. - Di reaktor ada mekanisme agar tidak bocor.

