

Pengaruh Rasio Agen CO₂ Terhadap Biomassa Pada Proses Gasifikasi Sekam Padi Menggunakan *Furnace* Berdasarkan Analisis Kualitatif

Arif Sayfullah Anwar, Dwi Rahayu Lestari, Yuono

Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: yuono@itenas.ac.id

ABSTRAK

Gasifikasi merupakan salah satu metode untuk mengkonversi biomassa menjadi *Producer gas*. Salah satu biomassa yang dapat digunakan yaitu sekam padi. Sektor pertanian di Jawa Barat masih didominasi oleh padi. Sekam padi dapat dimanfaatkan dengan salah satu metode gasifikasi, yang dapat menghasilkan energi alternatif. Analisis awal yang dilakukan pada sekam padi meliputi analisis proksimat dan ultimat untuk mengetahui kandungan *fixed carbon, volatile matter, ash, moisture, C, H, O* dan *N* di dalamnya. Percobaan gasifikasi dilakukan di dalam *furnace* dengan beberapa tahap dimana agen gasifikasi yang digunakan yaitu CO₂. Tahap pengeringan dilakukan pada temperatur 70°C selama 30 menit. Tahap pirolisis dilakukan pada temperatur 500°C selama 30 menit. Tahap gasifikasi dilakukan selama 30 menit pada temperatur 600°C. Agen gasifikasi CO₂ dimasukkan dengan rasio sebesar 85%. *Producer gas* terbaik memiliki nyala api selama 84 detik, tinggi api 3 cm dengan api berwarna biru.

Kata kunci: Sekam Padi, Gasifikasi, *Furnace*, Agen Gasifikasi CO₂

ABSTRACT

Gasification is one of the methods to convert biomass into a gas producer. One of the biomass that can be used is rice husks. The agricultural sector in West Java is still dominated by rice. Rice husks can be utilized by one of the gasification methods, which can produce alternative energy. The initial analysis carried out on rice husks includes proximate and ultimate analysis to determine the content of fixed carbon, volatile matter, ash, moisture, C, H, O and N in it. Gasification experiments are carried out in the furnace with several stages where the gasification agent used is CO₂. The drying stage is carried out at a temperature of 70°C for 30 minutes. The pyrolysis stage is carried out at a temperature of 500°C for 30 minutes. The gasification stage is carried out for 30 minutes at a temperature of 600°C. CO₂ gasification agent is included in a ratio of 85%. The best gas producers have a flame for 84 seconds, flame height 3 cm with blue flames.

Keywords: rice husk, gasification, furnace, gasification agent CO₂

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia cenderung meningkat dengan seiring bertambahnya populasi, industri dan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut masyarakat Indonesia masih bergantung pada salah satu sumber energi yang banyak digunakan yaitu energi fosil seperti batu bara dan minyak bumi. Untuk mengatasi masalah ketergantungan terhadap energi fosil diperlukannya energi alternatif lain yang memiliki efisiensi dan efektivitas yang mendekati sumber energi dari fosil. Salah satu energi alternatif yang dapat digunakan yaitu energi biomassa.

Biomassa yang dapat dijadikan sebagai energi alternatif salah satunya adalah sekam padi. Menurut badan pusat statistik Jawa Barat pada tahun 2018 mencatat produksi gabah kering mencapai 9,539 juta ton. Setelah melewati proses penggilingan padi, sekam yang dihasilkan sekitar 20% - 30% dari gabah kering atau sekitar 1,9 - 2,8 juta ton. Sekam padi dapat dijadikan sumber energi yang akan diproses menggunakan gasifikasi.

Konversi energi yang terkandung di dalam biomassa dilakukan menggunakan gasifikasi dengan melalui beberapa tahap yaitu pengeringan, pirolisis dan gasifikasi. Proses gasifikasi terjadi di dalam sebuah *furnace* yang disebut reaktor. Gasifikasi dilakukan dengan memanfaatkan panas dari *furnace* dengan bantuan agen gasifikasi dari luar berupa CO₂. Agen CO₂ digunakan untuk gasifikasi karena memiliki efektifitas dapat meningkatkan kinerja dari gasifikasi sendiri. Selain itu, CO₂ sebagai agen gasifikasi dapat meningkatkan jumlah pembentukan *producer gas*. Hasil dari proses gasifikasi berupa *Producer gas* (CO, H₂, CO₂, N dan CH₄) yang diperoleh berasal dari proses pirolisis dan reduksi.

Pemanfaatan sekam padi pada metode gasifikasi bertujuan untuk mengetahui potensi dari biomassa yang ada dan mengetahui pengaruh agen gasifikasi CO₂ yang digunakan dalam gasifikasi untuk menghasilkan *producer gas* yang memiliki kemampuan bakar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rasio gas CO₂ 80%, 85%, 90%, 95% dan 100%. Dengan menggunakan temperatur gasifikasi 600°C dengan lama waktu 30 menit.

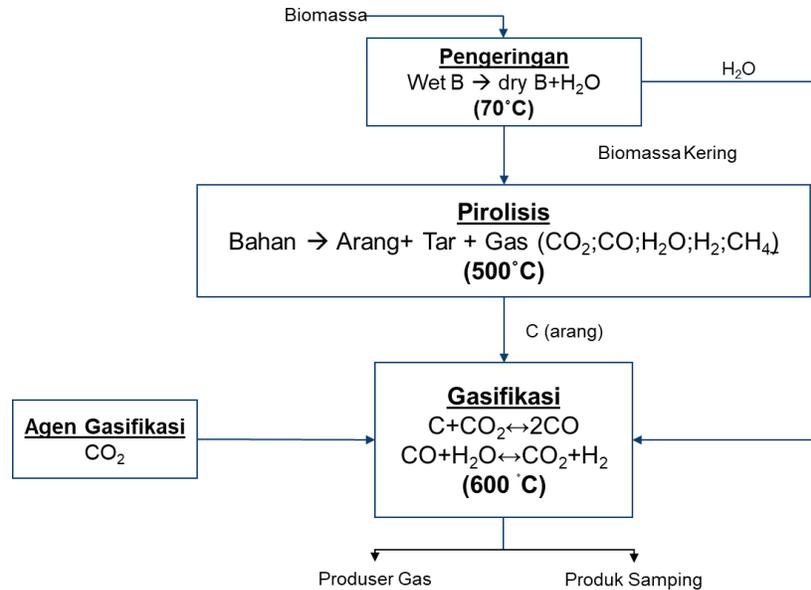
1.1 Biomassa Sekam Padi

Biomassa merupakan salah satu bahan baku yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi yang dapat diperbaharui. Sebagai sumber energi, biomassa memiliki beberapa keuntungan terutama dari sifat energi terbarukannya. Salah satu biomassa yang dapat dimanfaatkan untuk digunakan pada proses gasifikasi adalah sekam padi. Limbah sekam padi memiliki potensi besar sebagai bahan baku biomassa dalam menghasilkan suatu energi. Sekam padi dapat dikonversi menjadi energi yang cukup besar.

1.2 Gasifikasi

Gasifikasi merupakan suatu proses kimia yang akan merubah bahan padat menjadi bahan bakar gas dari biomassa dengan suhu tinggi. Proses gasifikasi dapat terjadi karena adanya agen gasifikasi yang diberikan untuk menghasilkan produk berupa gas mampu bakar (CO, H₂ dan CH₄) serta emisi gas CO₂ dan NO_x, bahan padatan (*char* atau arang), bahan cair dan abu. Metode gasifikasi biomassa memiliki keuntungan yaitu sumber biomassa mudah didapatkan dan bahan bakar gas yang dihasilkan lebih bersih. Proses gasifikasi terdiri dari beberapa tahap diantaranya pengeringan, pirolisis dan gasifikasi. Agen gasifikasi yang digunakan pada tahap gasifikasi jumlahnya dikondisikan untuk mereaksikan produk arang yang berasal dari proses pirolisis hingga menghasilkan *producer gas*.

Pengaruh Rasio Agen CO₂ Terhadap Biomassa Pada Proses Gasifikasi



Gambar 1. Tahap gasifikasi

Pada proses gasifikasi *batch* menggunakan *furnace* terdapat beberapa tahapan yang terdiri dari pengeringan (70°C), pirolisis (500°C) dan gasifikasi (600°C - 800°C). proses yang terjadi pada pengeringan, pirolisis dan gasifikasi bersifat endotermik karena menyerap panas yang disuplai dari *furnace*. Pada gasifikasi juga digunakan agen CO₂ yang berfungsi sebagai salah satu kondimen agar gasifikasi dapat berjalan.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Bahan dan Alat

Bahan baku berupa sekam padi yang digunakan berasal dari Cimenyan. Analisis proksimat dan ultimat pada sekam padi dilakukan di laboratorium PUSLITBANG tekMIRA. Sekam padi dilakukan pengeringan terlebih dahulu dalam temperatur 70°C selama 5 jam yang bertujuan untuk menguapkan kandungan air dan menghambat pertumbuhan mikroba.

Regulator

CO₂ Gas

D
i
s
p
l
a
y
&
C
o

n
t
r
o
l
l
e
r

Gambar 2. Skema Alat *Fixed Bed Reactor*

2.2 Metode

Gasifikasi dilakukan menggunakan *furnace*, tahap pengeringan dilakukan pada temperatur 70°C selama 30 menit dimana pada tahap pirolisis dilakukan pada temperature 500°C selama 30 menit, tahap gasifikasi dilakukan pada variasi temperatur 600°C, 700 °C dan 800 °C selama 30 menit. Laju yang digunakan untuk tahap gasifikasi dengan menggunakan rasio 80%, 85%, 90%, 95% dan 100%. Produk dari hasil gasifikasi berupa *producer gas* akan dilakukan analisis menggunakan analisis *Chromatography Gas*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Biomassa Sekam Padi

Karakteristik dari biomassa sekam padi dilakukan dengan analisis proksimat dan ultimat sehingga komposisi yang terkandung dapat diketahui. Hasil analisis proksimat dan ultimat yang telah dilakukan dibandingkan dengan pengujian terdahulu untuk mengetahui perbedaan % *air dry basis* pada sekam padi. Berikut hasil analisis proksimat dan ultimat dari sekam padi dapat dilihat pada **Tabel 1**

Tabel 1. Analisis Proksimat dan Ultimat Arang Batok Kelapa

Kriteria	% Massa
Analisis Proksimat (<i>Air Dry basis</i>)	
Moisture in air dried sample	9,46
Ash	20,64
Volatile matter	46,40
Fixed carbon	13,50
Analisis Ultimat (<i>Air Dry basis</i>)	
C	34,17
H	5,40
N	0,51
O	29,82
S	0

Tabel 1 menunjukkan data hasil analisis proksimat dan ultimat dimana analisis tersebut menyatakan bagaimana biomassa sekam padi terbakar. *Moisture in air dried* sebesar 9,46%. *Volatile metter* yang terkandung dalam sekam padi sebesar 46,40% *Volatile metter* menyatakan zat mudah menguap dan akan lepas pada saat proses pengeringan. Analisis ultimat pada sekam padi dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia biomassa seperti karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen dan sulfur yang terkandung didalamnya. Komposisi terbesar pada sekam padi berupa karbon, yaitu sebesar 34,17%.

3.2 Perbandingan Laju Gas CO₂ terhadap komposisi *Producer Gas*

Pada penelitian ini digunakan biomassa sekam padi dengan agen gasifikasi CO₂. Gas CO₂ yang digunakan dilakukan rasio laju berdasarkan persamaan stoikiometri. Laju gas CO₂ dapat dihitung dari kandungan C yang berasal dari sekam padi hasil analisis ultimat.

Tabel 2. Rasio Laju Agen Gasifikasi CO₂ Terhadap Uji Nyala pada Proses Gasifikasi

Run	Rasio	Parameter			
		Nyala Api (s)	Galat	Warna Api	Tinggi Api (cm)
1	100%	71	0.00 %	Biru	3
2		71			
3	95%	63	1.57 %	Biru	3
4		64			
5	90%	52	14.29 %	Biru	3.5
6		60			
7	85%	84	4.88 %	Biru	3
8		80			
9	80%	85	2.38 %	Biru	1
10		83			

Rasio laju gas CO₂ sebesar 85% menyebabkan laju yang semakin rendah mengakibatkan proses gasifikasi lebih lama sehingga *producer gas* yang terbentuk lebih banyak. Hal tersebut dipengaruhi oleh rasio yang semakin rendah membuat laju gas CO₂ semakin kecil. Kecilnya laju gas CO₂ mengakibatkan bahan bakar yang digunakan tidak mudah habis dan semakin lambat bereaksi sehingga nyala api yang dihasilkan akan semakin lama. Nyala api pada saat percobaan menunjukkan warna api biru dan sedikit warna merah di ujungnya dapat dirujuk pada **Gambar 3**. Nyala api terlama terdapat pada rasio 80% dengan waktu 85 detik. Warna api menunjukkan temperatur dari gas yang dihasilkan, warna api biru memiliki temperatur sekitar 1500°C. Warna api terindikasi cenderung lebih banyak mengandung H₂ yang nantinya akan mempengaruhi pada energi atau bahan bakar yang dihasilkan.

**Gambar 3.** Nyala Api Pada Proses Gasifikasi

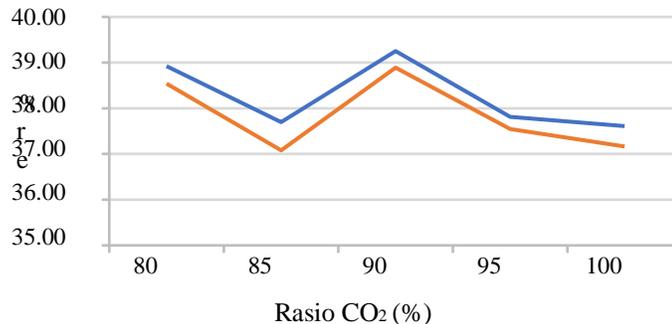
Tinggi api yang didapatkan tercantum pada **Tabel 2** dimana pada rasio 100% - 85% rata-rata memiliki tinggi api sebesar 3 cm. Tetapi pada rasio 80% didapatkan panjang api yang lebih pendek yaitu 1 cm. Tingginya api dipengaruhi oleh laju CO₂ yang dialirkan saat proses gasifikasi berlangsung. Semakin besar laju CO₂ dialirkan akan menghasilkan nyala api yang tinggi. Selain itu tinggi dari nyala api yang dihasilkan menunjukkan banyaknya *producer gas* yang terbentuk saat tahap gasifikasi berlangsung.

3.3 Produk Samping Pada Gasifikasi

Produk samping yang dihasilkan dari gasifikasi berupa residu yang mengandung *ash* berbentuk padat dan tar berbentuk cair. Residu merupakan produk samping dari sisa pemanasan pada

Pengaruh Rasio Agen CO₂ Terhadap Biomassa Pada Proses Gasifikasi

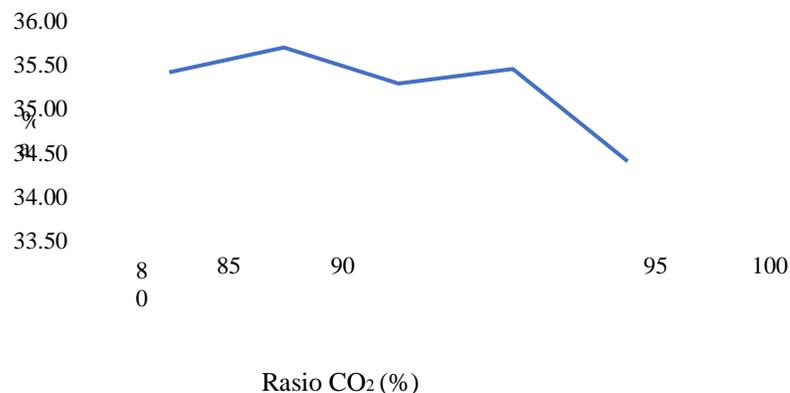
proses gasifikasi. Residu mengandung biomassa yang tidak terbakar dan *ash*. Banyaknya residu yang dihasilkan mengakibatkan energi kalor yang rendah. Hal tersebut dikarenakan masih terdapat biomassa yang tidak bereaksi untuk menghasilkan *producer gas*. Residu yang dihasilkan setelah proses gasifikasi tercantum pada **Gambar 4**



Gambar 4. Grafik CO₂ Terhadap %Residu

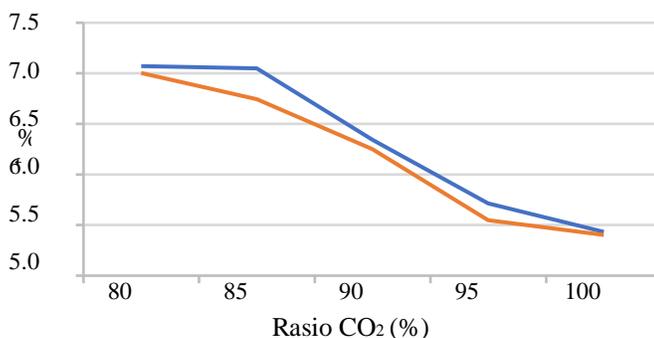
Residu yang dihasilkan tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Residu paling sedikit dihasilkan pada rasio 100% yaitu sebesar 37%. Kecilnya residu yang dihasilkan dikarenakan karbon pada biomassa banyak dikonsumsi saat proses gasifikasi berlangsung. Residu paling banyak dihasilkan pada rasio 90% yaitu sebesar 39%. Besarnya residu yang dihasilkan dikarenakan masih terdapat biomassa yang tidak bereaksi. Hal tersebut mengakibatkan kurang efektifnya proses gasifikasi karena tidak semua karbon yang terkandung dalam biomassa akan bereaksi untuk menghasilkan *producer gas*.

Rasio yang digunakan pada percobaan gasifikasi dapat mempengaruhi perolehan % *ash* yang didapatkan. Semakin tinggi residu yang dihasilkan maka akan semakin rendah % *ash* yang didapatkan. Hal tersebut disebabkan *ash* yang terkandung dalam residu tidak bisa terbakar sehingga kandungan *ash* lebih kecil dibandingkan kandungan residu lainnya. Oleh sebab itu, % *ash* yang dihasilkan pada setiap run bergantung pada residu yang dihasilkan dari proses gasifikasi. *Ash* yang dihasilkan selama gasifikasi mengalami penurunan yang signifikan pada rasio 100%. Berdasarkan **Gambar 5** % *ash* yang penurunan pada kandungan % *ash* disebabkan oleh semakin besar CO₂ yang diumpungkan akan semakin banyak biomassa yang dikonsumsi. Hal tersebut mengakibatkan akan semakin sedikit residu yang dihasilkan sehingga % *ash* akan semakin kecil.



Gambar 5. Grafik CO₂ Terhadap %Ash

Tar merupakan produk samping yang berwarna hitam berbentuk cairan yang dapat terbawa oleh *producer gas*. Gas yang mengandung banyak tar memiliki nilai kalor yang rendah. Menurut (Lee J, *et all* 2017) gas CO₂ dapat mengurangi hasil tar dengan mempercepat perekaan termal *volatile organic carbon*. Semakin besar rasio laju gas CO₂ yang digunakan maka akan semakin besar lajunya sehingga tar yang dihasilkan akan semakin kecil.



Gambar 6. Grafik Rasio CO₂ Terhadap %Tar

Berdasarkan **Gambar 6** dapat dilihat bahwa semakin besar rasio CO₂ yang digunakan semakin kecil tar yang dihasilkan. Pada rasio 80%, tar yang dihasilkan sebesar 7,7% sedangkan pada rasio 100% didapatkan tar sebesar 5,43%. Rasio CO₂ akan mempengaruhi laju gas CO₂ yang digunakan untuk proses gasifikasi. Semakin tinggi rasio yang digunakan membuat laju gas CO₂ semakin besar sehingga CO₂ dapat mempercepat proses perengkahan tar. Adanya perengkahan tar menjadi *volatile organic carbon* mengakibatkan tar yang dihasilkan menjadi lebih sedikit.

4. KESIMPULAN

Penelitian gasifikasi dilakukan menggunakan sekam padi dengan *furnace* menggunakan CO₂ sebagai agen gasifikasi pada rasio 80%, 85%, 90%, 95% dan 100% diperoleh kandungan karbon hasil analisis proksimat sebesar 34,17%, hidrogen 5,40 %, nitrogen 0,51% dan oksigen 29,82%. Serta analisis ultimat dengan kandungan *moisture* sebesar 9,46%, *ash* 20,64%, *volatile matter* 56,40% dan *fixed carbon* 13,50%. Dari C yang terkandung dalam sekam padi cocok digunakan sebagai sumber bahan bakar. *Producer gas* terbaik dengan indikasi nyala api terlama pada rasio 85% dengan ketinggian 1 cm. *Syngas* terbaik dengan nyala api tertinggi pada rasio 85% selama 84 detik. Semakin tinggi temperatur yang digunakan semakin besar konsumsi biomassa. Semakin tinggi temperatur akan mengurangi jumlah tar yang terbentuk karena adanya *thermal cracking*. Semakin tinggi dan lama waktu nyala api semakin banyak *producer gas* terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhari, Riza. 2008. Perancangan dan Pembuatan Reaktor Gasifikasi dengan Bahan Bakar Biomassa. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Basu, Prabir. 2010. Biomass Gasification and Pirolisis Practical Design and Theory. UK: Elsevier
- Cheng, Y., Thow, Z., dan Wang, C.-H. (2016): Biomass gasification with CO₂ in a fluidized bed, *Powder Technology*, **296**, 87–101. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2014.12.041>
- Culp, Archie W. 1996. Prinsip-Prinsip Konversi Energi. Jakarta: Erlangga

Pengaruh Rasio Agen CO₂ Terhadap Biomassa Pada Proses Gasifikasi

- Kumar, Ajay, David D. Jones, dan Milford A. Hanna. 2009. Thermochemical Biomass Gasification: A Review of the Current Status of the Technology. www.mdpi.com/journal/energies,
- Ma'arif, S., & Harahap, S. (2017). Optimasi Gasifikasi Sekam Padi Tipe Fixed Bed Downdraft Dengan Memvariasikan Hisapan Blower Supaya Menghasilkan Kandungan Tar Sesuai Standar. *Teknik Mesin (JTM: Vol. 06, No. 4, Oktober)*
- McKendry, P. 2002. *Energy production from biomass (part 3): gasification technologies*. Bioresource technology. Vol. 83:55-63.
- Pamungkas, Nurman Adhi, S. T. Nur Aklis, and M. Eng. *Pengaruh Komposisi Biomassa Serbuk Kayu Dan Batu Bara Terhadap Performa Co-Gasifikasi Reaktor Bubbling Fluidized Bed Gasifier*. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- Parinduri, Luthfi, and Taufik Parinduri - "Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan." *JET (Journal of Electrical Technology)* 5.2 (2020): 88-92.
- Pujotomo, Isworo. "Potensi pemanfaatan biomassa sekam padi untuk pembangkit listrik melalui teknologi gasifikasi." *Energi & Kelistrikan* 9.2 (2017): 126-135.
- Ridwan, A., dan Istana, B. (2018): Analisis Pengaruh Perbandingan Bahan Bakar Biomassa terhadap Mampu Nyala dan Kandungan Tar pada Reaktor Gasifikasi Tipe Updraft, *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 2(1), 7–17.
- Sudarmanta, Bambang, dkk. "Karakterisasi Gasifikasi Biomassa Sekam Padi Menggunakan Reaktor Downdraft dengan Dua Tingkat Lajuan Udara." Makalah dalam Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM). Vol. 8. 2009.
- Susanto, Herri. 2014. *Neraca Massa dan Energi Dalam Rangkaian Sistem Pemrosesan Kimia*. Institut Teknologi Bandung: Bandung
- Susanto, Herri. 2016. *Sistem Utilitas di Pabrik Kimia*. Bandung: Penerbit ITB.