

## EFEKTIFITAS CaO TERHADAP GAS HASIL CAMPURAN SEKAM PADI DAN BATUBARA

Arif Setyo Nugroho

Teknik Mesin Akademi Teknologi Warga Surakarta  
 Jl Raya Solo Baki KM 2 Kwarasan Baki Sukoharjo.  
 Email: arif.snug@yahoo.co.id.

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pemanfaatan limbah padatan pertanian yaitu sekam padi yang dicampur dengan penambahan batubara dan CaO terhadap peningkatan kualitas gas Hidrogen hasil gasifikasi dengan agen uap. Bahan baku yang digunakan adalah sekam padi dan batubara yang mempunyai fix carbon sebesar 46,54 % , carbon sebesar 64,9 % dan kalorinya lebih dari 6000 kalori . Komposisi variasi campuran sekam padi : batubara. Jenis adsorb yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu CaO. Hasil penelitian ini, campuran 50% sekam padi + 50% batubara dengan temperatur uap 500oC menghasilkan gas hasil dengan konsentrasi H<sub>2</sub> tinggi dan CO rendah dimana konsentrasi H<sub>2</sub> tertinggi yang mampu dicapai yaitu sebesar 38,95% menggunakan CaO sebagai zat adsorb, kadar H<sub>2</sub> sebesar 24,18 % tidak menggunakan zat adsorb CaO. Penggunaan CaO dapat diperoleh peningkatan konsentrasi H<sub>2</sub>. Peningkatan konsentrasi H<sub>2</sub> yang tinggi diperoleh dengan cara adsorp CaO. Mekanisme adsorp CO<sub>2</sub> oleh CaO yaitu dengan reaksi heterogen menghasilkan CaCO<sub>3</sub>. Peningkatan kadar H<sub>2</sub> disebabkan oleh perbandingan sekam- batubara, temperatur uap dan adsorben CaO yang digunakan

**Kata Kunci :** Gasifikasi, Sekam Padi, Batubara, CaO, Kadar Hidrogen. CaCO<sub>3</sub>

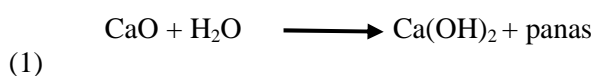
### I. PENDAHULUAN

Data Badan Pusat Statistik (BPS) menyebutkan bahwa hasil produksi padi di Indonesia tahun 2010 sebesar 65,15 juta ton (BPS, 2010). Indonesia menghasilkan sekam padi sebanyak 15 juta ton tiap tahunnya (Winaya, 2010). Indonesia juga memiliki cadangan batubara sebesar 4,3 miliar ton atau 0,5% dari cadangan batu bara dunia (Miranti, 2008).

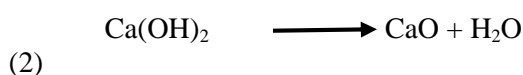
Pemanfaatan sekam padi dan batubara sebagai bahan bakar menjadi lebih menarik jika mampu diolah menjadi bahan bakar gas karena lebih fleksibel. Teknologi yang dapat digunakan untuk mengolah biomassa menjadi bahan bakar gas mampu bakar adalah dengan proses gasifikasi (Kirtay, 2011). Gasifikasi adalah suatu proses konversi bahan bakar menjadi gas yang dapat terbakar (CO, H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>), dan gas yang tidak dapat terbakar (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, sedikit uap air). Agen dalam proses gasifikasi yang digunakan dapat berupa udara, uap, oksigen murni.

Dari pengujian gasifikasi dengan media udara yang dilakukan pada penelitian sebelumnya, dapat diperoleh kesimpulan penting bahwa nilai kalor gas hasil gasifikasi sekam padi dengan menggunakan media udara terbatas diangka 3,5 MJ/kg ( Suyitno, 2009). Akibat dari rendahnya nilai kalor dalam gas hasil gasifikasi sekam padi menyebabkan baik efisiensi motor generator dan torsi yang dihasilkan tergolong rendah.

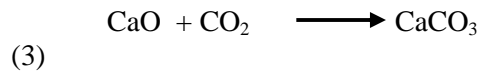
Penambahan CaO dapat menurunkan konsentrasi karbon dioksida sebanyak 93,33% bila dibandingkan dengan gasifikasi tanpa adanya CaO (Acharya, Dutta, dan Basu, 2010). Peluang terjadinya reaksi antara CaO dengan senyawa dalam gas hasil dari gasifikasi sangat dipengaruhi oleh temperatur (Fan, 2011): Pada temperatur dibawah 300°C dimungkinkan terjadinya peristiwa *hydration* (penyerapan H<sub>2</sub>O) sebagai berikut:



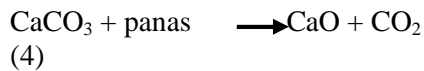
Pada temperatur antara 400°C-650°C terjadi peristiwa *dehydration* berikut ini:



Pada temperatur 400°C-650°C juga dimungkinkan terjadinya peristiwa *carbonation* di bawah ini:



Pada temperatur diatas 850°C terjadi peristiwa *calcination*:



Strategi yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah berusaha mendapatkan gas hasil gasifikasi dengan kualitas yang lebih baik. Metode yang dikembangkan adalah dengan menggunakan media gasifikasi dan menggunakan penjerab CO<sub>2</sub> yaitu CaO, sehingga diperoleh peningkatan kadar hidrogen dalam gas hasil gasifikasi. Keberhasilan penelitian ini penting untuk meningkatkan kandungan energi dan meningkatkan kandungan hidrogen dalam gas hasil gasifikasi.

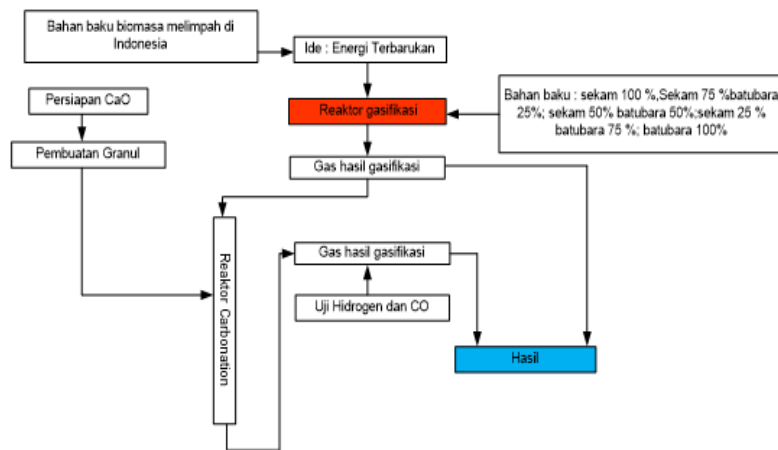
## 2. METODOLOGI

Bahan yang digunakan adalah sekam padi yang diabaikan bentuk dan ukurannya, sekam padi yang digunakan menggunakan kadar air sekitar 11, batubara yang digunakan adalah batubara yang mempunyai nilai kalor kurang lebih 6000 kalori, *fix carbon* sebesar 46.54 %, carbon sebesar 64.9 %, berbentuk butiran dengan ukuran -8/+12 mesh. Adsorpsi CO<sub>2</sub> menggunakan CaO.

Adsorben yang digunakan adalah CaO berbentuk granul dengan bentuk tidak diutamakan berdiameter kurang lebih 3 mm, untuk menjerap CO<sub>2</sub>, CaO dimasukan dalam reaktor kemudian dipanaskan sampai temperature 500°C dengan berat 100 gram. Ukuran reaktor berdiameter 50 mm dan mempunyai panjang 400 mm. pemanas menggunakan lilitan yang dialiri arus listrik.

Pengujian dilakukan dalam reaktor gasifikasi kontinu berjenis *updraft*. Selama proses, dinding reaktor gasifikasi dipertahankan pada temperatur 650°C dengan pemanas listrik. Gas hasil yang dihasilkan kemudian dialirkan ke dalam reaktor pendingin untuk memisahkan *tar* dengan gas. Gas hasil kemudian dimasukkan ke dalam reaktor penjerap dimana massa penjerap CaO yang digunakan untuk setiap pengujian adalah 100 gram. Diagram alir pengujian dari reaktor gasifikasi yang digunakan dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**

Alat pendukung dalam pengujian adalah yang digunakan antara lain : Satu unit reaktor gasifikasi tipe *up draft*. Satu unit reaktor *carbonation* yang berfungsi untuk proses penjerapan CO<sub>2</sub> oleh CaO. *AC clamp-on Meter* untuk pengukuran arus pada pemanas listrik agar tidak melebihi batas spesifikasi *volatage regulator*. Satu unit alat timbangan digital untuk mengukur massa sekam padi, CaO dan berat sisa arang atau abu gasifikasi. *Thermoreader* dan *thermocouple* yang digunakan dalam pengukuran temperatur uap masuk reaktor. Satu buah *stopwatch* untuk menghitung waktu selama pengujian. Satu unit sensor *H<sub>2</sub>* dan *CO gas analyzer* untuk mengukur kandungan gas H<sub>2</sub> dan CO. Alat uji moisture content biji untuk mengetahui kadar air. Dan waktu pengambilan sampel adalah per lima menit.



Gambar 1 diagram alir penelitian

Pengujian dilakukan pada bahan uji sekam padi dan batubara dengan komposisi 100% sekam padi, 75% sekam padi + 25% batubara, 50% batubara + 50% sekam padi, 25% sekam padi + 75% batubara, dan 100% batubara.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

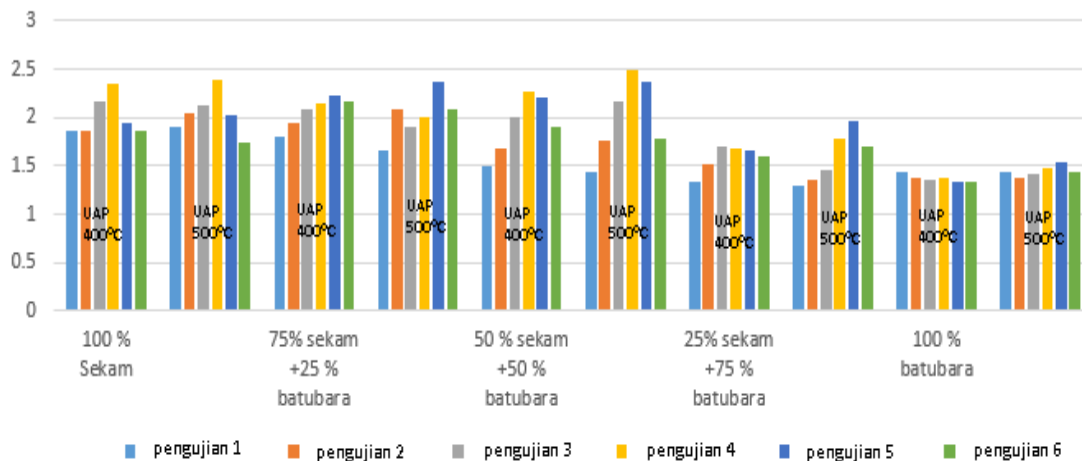
Dari pengujian jji proximate dan ultimate sekam padi dan batu bara didapat sebagai berikut :

Tabel 1 uji *proximate* dan *ultimate*

<i>proximate</i>		Sekam padi	Batubara
<i>Moisture</i>	%	7.62	10.28
<i>Ash</i>	%	18.75	3.18
<i>Volatile mater</i>	%	59.4	40
<i>Fix carbon</i>	%	14.23	46.54
<i>Ultimate</i>		Sekam padi	Batubara
<i>Carbon</i>	%	38,02	64,9
<i>Hidrogen</i>	%	5,28	5,3
<i>Nitrogen</i>	%	0,74	1,4
<i>Sulfur</i>	%	0,07	1,61
<i>Oksigen</i>	%	37,14	23,53

Hasil pengujian gasifikasi adalah sebagai berikut :

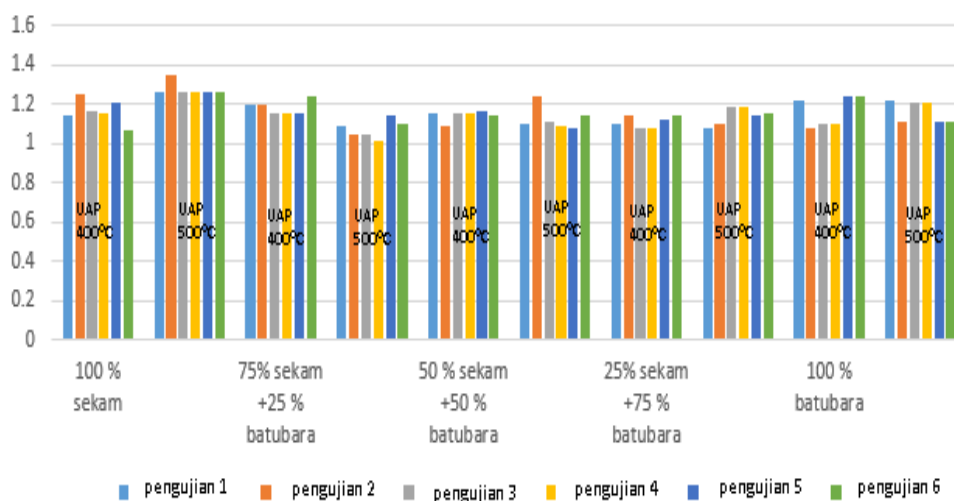
TABEL HIDROGEN (%) HASIL PENGUJIAN



Gambar 2 Tabel perbandingan konsentrasi H<sub>2</sub> (%) dengan menggunakan CaO dan tanpa CaO

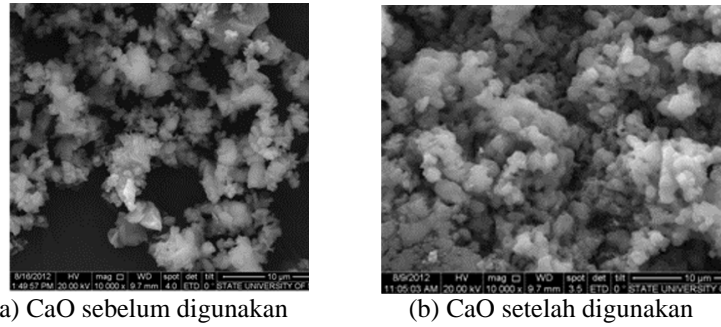
Gambar 2 menjelaskan hasil pengujian gasifikasi dengan menggunakan agen uap dengan variasi temperatur uap 400°C dan 500°C dilakukan untuk mengetahui konsentrasi H<sub>2</sub> dan CO. Pengujian dilakukan pada bahan uji sekam padi dan batubara dengan komposisi 100% sekam padi, 75% sekam padi + 25% batubara, 50% batubara + 50% sekam padi, 25% sekam padi + 75% batubara, dan 100% batubara. Perbandingan laju massa uap dan bahan baku sebesar 0,25. Hidrogen paling tinggi dihasilkan Campuran 50% sekam padi + 50% batubara dengan temperatur uap 500°C menghasilkan gas hasil dengan konsentrasi H<sub>2</sub> tinggi dan CO rendah dimana konsentrasi H<sub>2</sub> tertinggi yang mampu dicapai yaitu sebesar 40,5%.

KONSENTRASI CO (%) HASIL GASIFIKASI



Gambar 3. Konsentrasi CO (%) terhadap waktu akibat adanya penjerap pada gasifikasi dengan temperatur uap 400°C dan 500°C

Peningkatan konsentrasi H<sub>2</sub> terlihat di gambar 2 yang tinggi pada penjerap CaO karena terjadinya mekanisme penjerapan CO<sub>2</sub> pada permukaan CaO sehingga dihasilkan CaCO<sub>3</sub>. Pada penjerap CaO reaksi antara CaO dengan CO<sub>2</sub> terjadi secara eksoterm ( $\Delta H = -178$  kJ/mol) sedangkan reaksi antara C dengan CO<sub>2</sub> terjadi secara endoterm ( $\Delta H = 131,4$  kJ/mol).



(a) CaO sebelum digunakan (b) CaO setelah digunakan  
 Gambar 4. SEM CaO sebelum dan setelah digunakan sebagai penjerap CO<sub>2</sub>

Pada gasifikasi dengan bahan baku yang komposisi batubaranya besar. Pada gasifikasi dengan bahan baku yang komposisi sekamnya besar, laju kenaikan H<sub>2</sub> pada temperatur uap 500°C lebih besar dibandingkan dengan laju kenaikan H<sub>2</sub> pada temperatur uap 400°C. Hal ini disebabkan karena pada temperatur gasifikasi yang rendah dengan bahan baku yang mengandung volatil banyak seperti sekam padi mengakibatkan kandungan H<sub>2</sub> rendah dan kandungan CO<sub>2</sub> tinggi. Pada temperatur uap 500°C, jumlah gas CO dan hidrogen mengalami penurunan yang berarti seiring dengan penambahan batubara. Hal ini menunjukkan bahwa reaktivitas dari batubara lebih rendah (Aznar et al., 2006) dibandingkan dengan reaktivitas dari sekam padi. Peningkatan kadar H<sub>2</sub> disebabkan oleh batubara yang digunakan, temperatur uap dan adsorben CaO yang digunakan (Zainal .,dkk.,2015)

Peningkatan konsentrasi hidrogen yang tinggi pada penjerap CaO karena terjadinya mekanisme penjerapan CO<sub>2</sub> pada permukaan CaO sehingga dihasilkan CaCO<sub>3</sub>. CaCO<sub>3</sub> yang berwarna putih terlihat banyak menempel pada permukaan CaO sehingga terlihat bahwa CaO setelah digunakan sebagai penjerap mempunyai permukaan yang lebih rapat dibandingkan sebelum digunakan. Permukaan CaO setelah proses penjerapan CO<sub>2</sub> selama 30 menit dapat dilihat pada Gambar 44. Perlu dijelaskan disini bahwa CaO dan CaCO<sub>3</sub> masing-masingnya mempunyai warna dasar yang sama yaitu putih, sehingga dari analisis SEM pada Gambar 4a masih agak sulit dibedakan bahwa warna putih setelah berlangsungnya proses penjerapan adalah CaCO<sub>3</sub>.

Tabel 2 Hasil analisis EDX CaO sebelum dan sesudah dipakai untuk penjerapan.

Unsur	CaO Awal	CaO Akhir
C	6,38%	12,20%
O	30,68%	47,37%
Ca	61,03%	38,20%

Untuk itulah dilakukan uji EDX sebelum dan sesudah dilakukan proses penjerapan sebagaimana dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**1. Dari **Error! Reference source not found.**1 terlihat bahwa konsentrasi C dan O pada CaO setelah proses penjerapan mengalami kenaikan sedangkan konsentrasi Ca mengalami penurunan yang menunjukkan terjadinya reaksi antara CaO dengan CO<sub>2</sub> menghasilkan CaCO<sub>3</sub>.

**KESIMPULAN**

1. Campuran 50% sekam padi + 50% batubara dengan temperatur uap 500°C menghasilkan gas hasil dengan konsentrasi H<sub>2</sub> tinggi dan CO rendah dimana konsentrasi H<sub>2</sub> tertinggi yang mampu dicapai yaitu sebesar 40,5%.
2. Penggunaan CaO dapat diperoleh peningkatan konsentrasi H<sub>2</sub>. Peningkatan konsentrasi H<sub>2</sub> yang tinggi diperoleh dengan menggunakan adsorp CaO. Mekanisme penjerapan CO<sub>2</sub> oleh CaO yaitu dengan reaksi heterogen menghasilkan CaCO<sub>3</sub>.

3. Peningkatan kadar H<sub>2</sub> disebabkan oleh perbandingan sekam- batubara, temperatur uap dan adsorben CaO yang digunakan

#### DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, Bisnhu, Animesh Dutta, and Prabir Basu. (2010). *An Investigation into Gasification of Biomass for Hydrogen Enriched Gas Production in Presence of CaO*. International Journal of Hydrogen Energy 35:1582-1589.
- Aznar, Mari'a P., Miguel A. Caballero, Jesu's A. Sancho, and E. France's. (2006). Plastic Waste Elimination by Co-Gasification with Coal and Biomass in Fluidized Bed with Air in Pilot Plant. *Fuel Processing Technology* 87:409 – 420.
- BPS. (2010). Data Strategis Badan Pusat Statistik. Indonesia.
- Fan, Luang Shih, Shwetha Ram Kumar, and William Wang. (2011). *Carbonation - Clcination Reaction (CCR) Process for Heigh Temperatur CO<sub>2</sub> and Sulfur Removal*.
- Gao, Ning, Aimin Li, and Cui Quan. (2009). *A Novel Reforming Method for Hydrogen Production from Biomass Steam Gasification*. *Bioresource Technology* :4271-4277.
- Haugh, Cathlen Mc. (2005). *Hydrogen Production Methode*: MPR Associates, Inc.
- Herzog, Howard, Jerry Meldon, and Alan Helton. 2009. *Advanced Post Combustion CO<sub>2</sub> Capture*.
- Kirtay, Elif. (2011). *Recent Advances in Production of Hydrogen from Biomass*. *Energy Conversion and Management* 52:1778 - 1789.
- Miranti, Ermina. (2008). *Prospek Industri Batubara Indonesia*. Economic Review.
- Suyitno. 2009. *Pengolahan Sekam Padi Menjadi Bahan Bakar Alternatif Melalui Proses Pyrolysis Lambat*. Litbang 7(2).
- Suyitno. (2011). *Produksi Gas Dari Padatan*. Surakarta: UNS Press & LPP UNS
- Winaya, I. N. S. (2010). *Menyempurnakan Pembakaran Sekam Padi*. Koran Jakarta.
- Yan, F, and S Y Luo. (2010). *Hidrogen Rich Gas Production by Steam Gasification of Char from Biomass Pyrolysis in Fixed Bed Reaktor, Influence of Temperatur and Steam on Hidrogen Yield and Syngas Composition*. *Bioresource Technology* 101:5633-5637.
- Yulianto, Angga, and Kartika Kusumaningrum. (2005). *Pembuatan Briket Bioarang Dari Arang Serbuk Gergaji*. Teknik Kimia, Universitas Diponegoro.
- Yunus, Mohd K, Murni M Ahmad, Abrar Inayat, and Suzana Yusup. (2010). *Simulation of Enhanced Biomass Gasification for Hydrogen Production Using Icon*. *Applied Sciences* :1812-5654.
- Zainal Arifin, Suyitno, Sanurya Putri, Hery Kusbandriyo, Kinastryan Jita Kroda, Atmanto Heru Wibowo, Arif setyo Nugroho, Dharmanto, (2015), *Synthesis of Activated Carbon From Coal for Enhancing Hydrogen Content in Syngas From Co – Gasification of Risce Husk and Coal*, *Applied Mechanics and Materials* , Vol 699.