

PENGARUH KOMPOSISI MASSA BAHAN BAKU DAN TEMPERATUR PADA STEAM REFORMER TERHADAP JUMLAH PRODUKSI BIO-HYDROGEN

THE EFFECT OF RAW MATERIALS COMPOSITION AND STEAM REFORMER TEMPERATURE ON BIO-HYDROGEN PRODUCTION

Rizki Kurnia Dermawan¹, Ari Susandy Sanjaya^{1*}, Rif'an Fathoni¹, Anton Irawan², Yazid Bindar³

¹Program Studi Teknik Kmia, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda, Indonesia

²Program Studi Teknik Kmia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Indonesia

³Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

*email : ari.susandy@ft.unmul.ac.id

Abstrak

Proses pada pabrik bio hidrogen dari bio oil terbagi menjadi beberapa unit, yaitu unit dehidrooksigenasi, unit pemisahan, unit *steam reforming*, unit *water gas shift*, dan unit pemurnian. Penelitian ini menjelaskan tentang pengaruh perbandingan komposisi massa metana (CH₄) dengan *steam* (H₂O) serta pengaruh perbedaan temperatur pada unit *steam methane reforming* untuk melihat pengaruh pada produksi bio hidrogen. Penelitian ini dikerjakan menggunakan software simulasi proses Aspen Hysys v.10.0. Dengan menggunakan variabel temperatur pada steam reformer (800 °C, 850 °C, 900 °C, 950 °C, 1000 °C) dan variabel perbandingan komposisi massa *steam* dengan *methane* (CH₄), yaitu 1:2, 1:1,25, 1:3, 1:3,5, 1:4. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan pengaruh komposisi *steam* dan metana berbanding lurus dengan jumlah bio hidrogen yang dihasilkan. Serta, pengaruh perbedaan temperatur pada reaktor *steam reformer* berbanding lurus dengan jumlah produksi hidrogen. Dari hasil penelitian didapatkan jumlah produksi bio hidrogen terbaik 1300 kg/jam.

Kata kunci: Aspen HYSYS, Bio Oil, Bio Hidrogen

Abstract

The process of biohydrogen plant from bio oil is divided into several units, namely dehydroxigenation unit, separation unit, steam reforming unit, water gas shift unit, and purification unit. This study describes the effect of mass composition ratio of methane (CH₄) with steam (H₂O) and the effect of temperature differences on steam methane unit reforming to see the effect on bio hydrogen production. This research was carried out using Aspen Hysys v.10.0 process simulation software. Using a variable steam reformer temperature (800 °C, 850 °C, 900 °C, 950 °C, 1000 °C) and the mass composition ratio variable steam with methane (CH₄), namely 1: 2, 1: 1,25, 1: 3, 1: 3,5, 1: 4. From the research carried out, the effect of steam and methane composition is directly proportional to the amount of bio hydrogen produced. Also, the effect of temperature differences on a steam reformer reactor is directly proportional to the amount of hydrogen production. From the results of the study obtained the best amount of bio-hydrogen production is 1300 kg/hour.

Keywords : Aspen HYSYS, Bio Oil, Bio Hidrogen

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, penggunaan energi fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara memunculkan isu pencemaran lingkungan. Beberapa diantaranya berupa, emisi gas CO₂ dan pemanasan global. Gas rumah kaca seperti karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), dan NO₂ membentuk lapisan di atmosfer yang dapat menahan panas yang akan keluar yang akan menyebabkan atmosfer bumi semakin panas (Kamal, 2014).

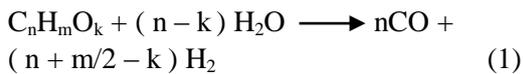
Di Indonesia, sangat memungkinkan untuk menggunakan energi terbarukan yang berkelanjutan dengan bahan baku dari tumbuhan bahkan limbah sisa olahan tumbuhan (Sameh, 2016). Salah satu yang digunakan adalah *bio crude oil* yang berasal dari limbah kelapa sawit dalam hal ini, tandan kosong kelapa sawit. *Bio crude oil* sendiri dihasilkan melalui 2 jenis proses, yakni *slow pyrolysis* dan *fast pyrolysis*. Pada jenis proses *fast pyrolysis* yaitu, bio massa dipanaskan di dalam reaktor dengan waktu yang singkat yakni 1-2 detik dan suhu 400-650 °C (Wibowo dan Hendra, 2015).

Pada proses produksi *bio crude oil* dari limbah kelapa sawit, menghasilkan hasil utama berupa *bio crude oil* dan produk samping berupa arang dan gas (Wibowo dan Hendra, 2015). Namun, dalam *bio crude oil* yang dihasilkan mengandung 15-30 % serta terdapat pula 35-40 % kandungan oksigen (Chattanattan et al., 2012). Kandungan oksigen didalam *bio crude oil* yang cukup tinggi dapat dikurangi dengan melalui proses dehidrooksigenasi (Peters et al., 2015). Kandungan oksigen yang telah dikurangi tersebut berikatan dengan H₂, dan menjadi H₂O (Wang et al., 2007). Kandungan air menjadi kurang lebih 60 % (Pan et al., 2006) tersebut selanjutnya diolah menjadi biohidrogen, yang memiliki kegunaan untuk dijadikan bahan bakar maupun kebutuhan pabrik petrokimia (Armaroli dan Balzani, 2011). Sedangkan, *bio crude oil* yang sudah memiliki sedikit kandungan oksigen dan air selanjutnya diolah menjadi berbagai macam bahan bakar (Wibowo dan Hendra, 2015).

Tabel 1. Nilai estimasi mol H₂ yang dihasilkan secara teoritikal, berdasarkan jenis bahan baku dan prosesnya

Bahan Baku	Jenis Proses	Mol H ₂ yang dihasilkan	Referensi
<i>Bio Oil/Poplar Wood</i>	<i>Steam Reforming</i>	2,2	Rennard et al., 2010
<i>Bio Oil/Pine Wood</i>	<i>Steam Reforming</i>	1,73	Rennard et al., 2010
<i>Bio Oil/hard Wood</i>	<i>Steam Reforming</i>	2,12	Rennard et al., 2010
<i>Aqueous Fract. of Bio Oil</i>	<i>Steam Reforming</i>	1,92	Yan et al., 2010
<i>Bio Oil/Sawdust</i>	<i>Steam Reforming</i>	2,2	Wang et al., 2007
<i>Bio Oil/ Rice Husk</i>	<i>Steam Reforming</i>	2,15	Wang et al., 2007
<i>Bio Oil/Cotton Stuck</i>	<i>Steam Reforming</i>	2,24	Wang et al., 2007
<i>Bio Oil/Poplar Wood</i>	<i>Steam Reforming</i>	2,19	Marda et al., 2009
<i>Bio Oil/Poplar Wood</i>	<i>Partial Oxidation</i>	1,66	Marda et al., 2009
<i>Ethanol</i>	<i>Steam Reforming</i>	3	Haryanto et al., 2005
<i>Ethyl Lactate</i>	<i>Partial Oxidation</i>	1	
<i>Glycerol</i>	<i>Steam Reforming</i>	2,33	Adhikari et al., 2009
<i>Glycerol</i>	<i>Supercritical Water Reforming</i>	2,33	

Dengan melalui proses *steam reforming*, air yang dihasilkan pada proses pengolahan *bio crude oil* akan diolah menjadi hidrogen (Navaro et al., 2007). Reaksi yang terjadi dalam proses *steam reforming* adalah endotermis dengan menggunakan katalis, untuk menghasilkan CO, CO₂, dan hidrogen (Adhikari et al., 2009). Reaksi yang terjadi dalam *steam reforming* adalah sebagai berikut (Basagiannis dan Verykios, 2007) :



CO selanjutnya akan dikonversi menjadi CO₂ pada proses *water-gas shift reaction* (Rennard et al., 2008).

2. METODOLOGI PENELITIAN

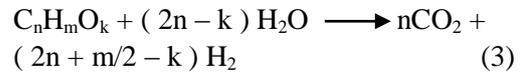
Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan software simulasi Apen Hysys V.10.0. Dengan menggunakan

2.1 Perlakuan awal bahan baku

Air yang dihasilkan pada proses hidredeoksisenasi *bio-oil*, selanjutnya dipanaskan hingga menjadi *steam*. Kemudian,



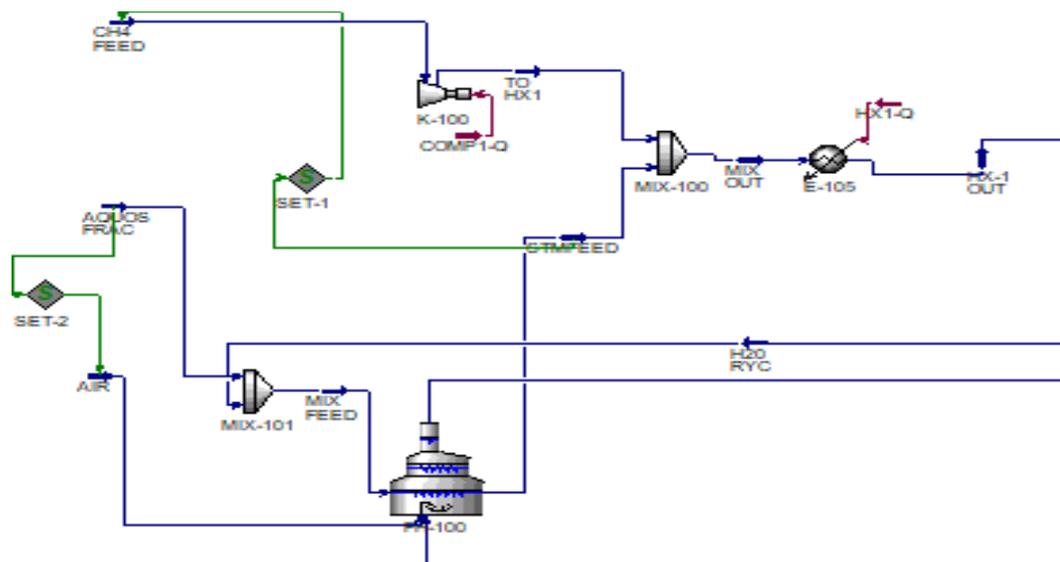
Secara keseluruhan reaksi yang dihasilkan menjadi (Babu, 2008) :



Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah memberikan gambaran tentang pengaruh produksi bio hidrogen yang dipengaruhi oleh faktor komposisi massa bahan baku dengan perbedaan temperatur pada proses *steam reforming*. Dengan diketahuinya jumlah produksi hidrogen terbaik maka dapat dilakukan simulasi proses selanjutnya.

data bahan baku yang diambil secara *real*. Dengan basis jumlah bahan baku sebesar 6000 kg/jam.

steam yang dihasilkan pada perlakuan awal dicampurkan dengan gas alam hingga suhu 200-600 °C sebelum masuk ke dalam reaktor.

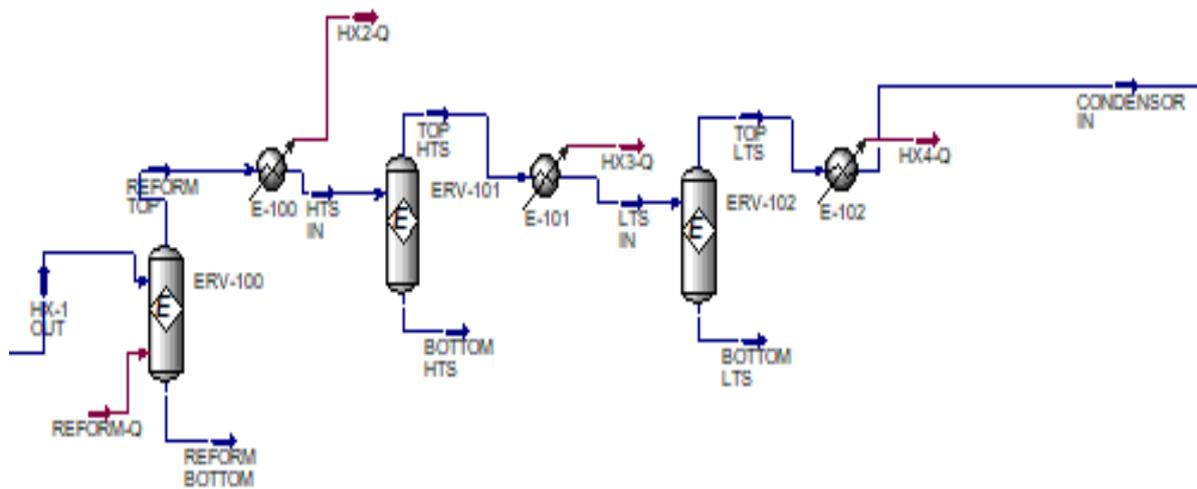


Gambar 1. Simulasi proses pada perlakuan awal bahan baku

2.2 Proses Utama

Setelah melewati perlakuan awal, bahan baku yang telah disiapkan masuk ke dalam reaktor *steam reformer*. Pada reaktor *steam reformer*, campuran *steam* dan metana direaksikan hingga terkonversi menjadi hidrogen, karbon

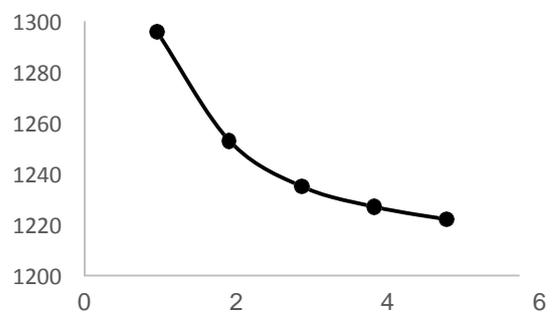
monoksida dan karbon dioksida. Proses selanjutnya yaitu *water gas-shift reaction*, bertujuan untuk mengkonversi karbon monoksida menjadi hidrogen dan karbon dioksida.



Gambar 2. Simulasi proses pada proses utama

2.3 Pemurnian produk

Setelah melalui proses utama, keluaran dari reaktor dimasukkan ke dalam proses pemurnian produk. Pemurnian produk sendiri bertujuan untuk memurnikan bahan baku dari senyawa senyawa yang tidak diinginkan hingga mendapatkan produk dengan kemurnian produk sesuai yang kita harapkan.



Gambar 3. Grafik pada percobaan pertama.

Dari grafik diatas dapat diketahui produk dengan hasil terbesar didapatkan pada perbandingan komposisi massa *steam*:metana, 1:2, dengan total produksi 1296.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan simulasi proses pada pengolahan bio-oil menjadi bio hidrogen. Selanjutnya, dilakukan rekayasa proses dengan melihat perbedaan temperatur dan perbedaan komposisi massa bahan baku.

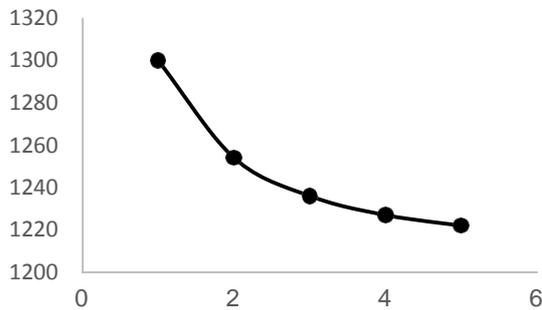
3.1 Percobaan pertama

Percobaan pertama yaitu dengan menggunakan suhu 800 °C pada reaktor *steam reformer* dan perbedaan komposisi dengan rincian *steam* : metana (1:2; 1:2,5; 1:3; 1:3,5; 1:4). Hasil rekayasa dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

3.2 Percobaan kedua

Percobaan pertama yaitu dengan menggunakan suhu 900 °C pada reaktor *steam reformer* dan perbedaan komposisi dengan rincian *steam* : metana (1:2; 1:2,5; 1:3;

1:3,5; 1:4). Hasil rekayasa dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

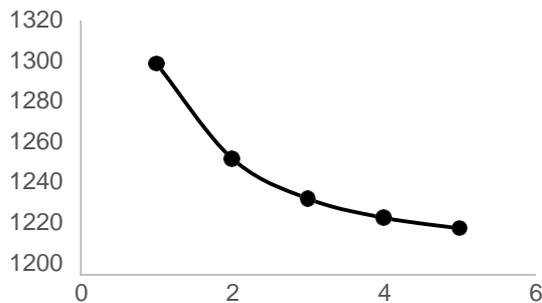


Gambar 4. Grafik pada percobaan kedua.

Dari grafik diatas dapat diketahui produk dengan hasil terbesar didapatkan pada perbandingan komposisi massa *steam*:metana, 1:2, dengan total produksi 1300.

3.3 Percobaan ketiga

Percobaan pertama yaitu dengan menggunakan suhu 1000 °C pada reaktor *steam reformer* dan perbedaan komposisi dengan rincian *steam* : metana (1:2; 1:2,5; 1:3; 1:3,5; 1:4). Hasil rekayasa dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



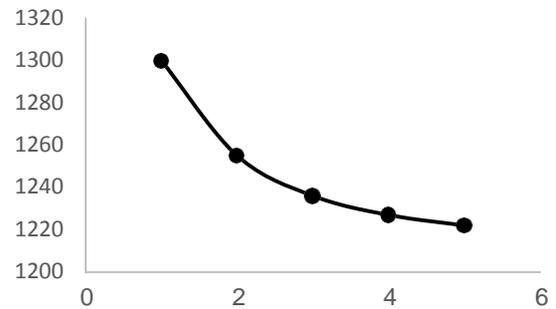
Gambar 5. Grafik pada percobaan ketiga.

Dari grafik diatas dapat diketahui produk dengan hasil terbesar didapatkan pada perbandingan komposisi massa *steam*:metana, 1:2, dengan total produksi 1300.

3.4 Percobaan keempat

Percobaan pertama yaitu dengan menggunakan suhu 1100 °C pada reaktor *steam reformer* dan perbedaan komposisi

dengan rincian *steam* : metana (1:2; 1:2,5; 1:3; 1:3,5; 1:4). Hasil rekayasa dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

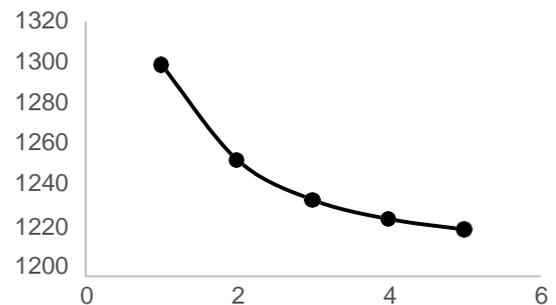


Gambar 6. Grafik pada percobaan keempat.

Dari grafik diatas dapat diketahui produk dengan hasil terbesar didapatkan pada perbandingan komposisi massa *steam*:metana, 1:2, dengan total produksi 1300.

3.5 Percobaan kelima

Percobaan pertama yaitu dengan menggunakan suhu 1100 °C pada reaktor *steam reformer* dan perbedaan komposisi dengan rincian *steam* : metana (1:2; 1:2,5; 1:3; 1:3,5; 1:4). Hasil rekayasa dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 7. Grafik pada percobaan kelima.

Dari grafik diatas dapat diketahui produk dengan hasil terbesar didapatkan pada perbandingan komposisi massa *steam*:metana, 1:2, dengan total produksi 1300.

Dari hasil percobaan yang dilakukan didapatkan hasil terbaik produksi H₂ pada 1300 kg/jam. Dari hasil percobaan yang

dilakukan pula didapatkan pengaruh perbandingan komposisi massa *steam* dengan metana yaitu berbanding lurus dengan jumlah produksi hidrogen yang dihasilkan. Semakin tinggi jumlah perbandingan antara *steam* dengan metana, maka semakin tinggi pula jumlah produksi hidrogen yang dihasilkan.

Dari hasil percobaan juga ditemukan pengaruh perbedaan temperatur pada reaktor *steam reformer* dengan jumlah produksi hidrogen yang dihasilkan adalah berbanding lurus. Semakin tinggi suhu yang digunakan pada reaktor *steam reformer*, maka semakin tinggi pula jumlah produksi hidrogen yang dihasilkan.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian dan rekayasa proses pada pengolahan bio oil menjadi bio hidrogen dengan melihat pengaruh pada perbedaan komposisi massa dan temperatur pada reaktor *steam reformer*. Didapatkan pengaruh perbedaan komposisi massa bahan baku berbanding lurus dengan jumlah produksi hidrogen. Pada pengaruh perbedaan temperatur pada reaktor *steam reformer*, didapatkan hasil berbanding lurus dengan kenaikan temperatur pada reaktor *steam reformer*.

REFERENSI

- Adhikari S, Fernando S, Haryanto A. 2009. Energy Converse Manage. USA
- Armaroli N, Balzani V. 2011. Chem Sus Chem. El Sevier.
- Babu B. 2008. Biofuels. Bioprod Biorefin 2 : 393-414.
- Basagiannis A, Verykios X. 2007. Catal Today. 127:256-64.
- Chattanattan SA, Adhikari S, Abdoulmoumine N. 2012. Renewable and Suistanable Energy Reviews. USA : Department of Biosystem Engineering.
- Haryanto A, Fernando S, Murali N, Adhikari S. 2005. Energy Fuels. 19 : 1133-42.
- Kamal, Netty. 2014. Karakteristik dan Potensi Pemanfaatan Limbah Sawit. Jurnal ITENAS..
- Marda J, DiBenedetto J, McKibben S, Evans R, Czernik S, French R, dkk. 2009. Int J Hydrogen Energy. 34 : 8519-34.
- Navaro R, Pena M, Piero J. 2007. Chem Rev. El Sevier
- Pan Y, Wang Z, Kan T, Zhu X, Li Q. 2006. Chin J Chem Phys. USA
- Peters JF, Petrakopoulou F, Dufour J. 2015. Exergy Analysis of Synthetic Biofuel Production via Fast Pyrolysis and Hydrouprgrading. Spanyol : Rey Juan Carlos University.
- Rennard D, Dauenhauer P, Tupy S, Schmidt L. 2008. Energy Fuels. 22 : 1318-27
- Rennard D, French R, Czernik S, Josephson T, Schmidit L. 2010. Int J Hydrogen Energy. 35 : 4048-59.
- Tawfek Sameh, dkk. 2016. Optimazation of Preassure Swing Adsorber (PSA) Geometry to Achive Highest Methane Purity from the Egyptian Biogas Using Aspen HYSYS Simulation. International Journal of Innovative Research and Development.
- Wang Z, Dong T, Yuan L, Kan T, Zhu X, dkk. 2007. Energy Fuels (2421-32). USA
- Wibowo S, Hendra D. 2015. Teknik Pengolahan Bio Oil dari Biomassa. Bogor : PPPHBP.
- Yan C, Cheng F, Hu R, Fu P. 2010. Int J Hydrogen Energy. 2010 . 35 : 2612-6