

## Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Laju Dan Efisiensi Pembentukan Hidrogen

Purnami\* , ING Wardana, Veronika K  
Teknik Mesin Universitas Brawijaya Indonesia  
Jl. MT Haryono, 167 – Malang (65145) – Indonesia  
E-mail : purnami@ub.ac.id

### Abstract

*Hydrogen was produced by steam reforming of kapok seed oil. CuZn as catalyst helps accelerate separation and increase production of hydrogen gas. This catalyst is viable and has high stability. Hydrogen gas was produced through 3 steps of catalyzing by mixed kapok seed oil and water with ratio of 1:1, 1:3 and 3:1. Heating temperature of catalyst at 250°C was selected. The rate and efficiency in forming of hydrogen gas were evaluated. From present investigation show that the more steps of catalyzing resulted in higher products, production rate, and efficiency in forming of hydrogen gas. Using 3 steps of catalyzing has promoted higher products, production rate, and efficiency in forming of hydrogen gas compared to 1 step and 2 step of catalyzing.*

**Keywords** : *steam reforming, hydrogen, kapok seed oil, catalyst.*

### PENDAHULUAN

Diperkirakan kebutuhan Hidrogen pada masa yang akan datang akan terus meningkat. Untuk mengantisipasi lonjakan permintaan hidrogen berbagai teknologi produksi terus dikembangkan. Gas Hidrogen ( $H_2$ ) biasanya dihasilkan secara industri dari berbagai senyawa hidrokarbon seperti metana melalui *steam reforming*. Gas hidrogen juga dapat dihasilkan dari air melalui proses elektrolisis, namun proses ini secara komersial lebih mahal daripada produksi hidrogen dari gas alam. Salah satu bahan alami yang dapat digunakan sebagai material penghasil gas hidrogen adalah minyak biji randu. Biji randu mengandung 24%-40% minyak. Dengan proses *steam reforming* minyak biji randu dapat menghasilkan gas Hidrogen yang nantinya akan bisa memenuhi kebutuhan bahan bakar gas Hidrogen ( $H_2$ ).

Keberadaan bahan baku yang cukup melimpah merupakan kesempatan besar untuk bisa dikembangkan menjadi pilihan energi alternatif yang di produksi dalam skala komersial. Di kabupaten Pasuruan terdapat perkebunan kapuk randu seluas 12.604 hektar, dengan jumlah 2.048.757 pohon randu dan dapat menghasilkan lebih dari 7900 ton biji randu (Pasuruankab, 2011).

Minyak biji randu selama ini hanya digunakan sebagai bahan baku alat peneran, minyak pelumas, campuran *coating* pada genting, campuran pada kain batik, serta sumber protein untuk sapi dan domba.

Dengan semakin berkembangnya penggunaan hidrogen sebagai energi alternatif maka penelitian tentang produksi hidrogen menjadi sangat berkembang. Salah satu cara produksi hidrogen adalah dengan memecah hidrogen dari bahan dasarnya. Produksi hidrogen dilakukan dengan proses *steam reforming* pada minyak biji randu, dengan bantuan katalis CuZn untuk mempercepat pemisahan gas hidrogen dan banyaknya gas yang dihasilkan dari proses *steam reforming* ini. Katalis yang digunakan dalam hal ini adalah katalis yang memiliki keaktifan dan stabilitas yang tinggi. Pada penelitian pada umumnya menyarankan agar menggunakan Cu sebagai logam aktif untuk menghasilkan katalis yang diinginkan karena Cu mudah terdeaktivasi pada suhu tinggi.

Dan dalam penelitian kali ini akan mengembangkan penggunaan minyak biji randu sebagai bahan bakar energi alternatif yang digunakan secara masal sebagai bahan baku utama penghasil gas hidrogen dengan pengujian pengaruh tahapan katalis terhadap produk gas hidrogen yang dihasilkan. Pada

penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa gas hasil penguapan campuran minyak biji randu dan air melewati katalis yang lebih banyak akan menghasilkan gas hidrogen yang banyak pula. Dengan penelitian ini diharapkan bisa mengetahui seberapa efektif tahapan katalis yang bisa digunakan untuk menghasilkan kadar gas hidrogen yang maksimal.

Sihite melakukan penelitian mengenai pembuatan hidrogen dari minyak jarak dengan metode *steam reforming*. Metode *steam reforming* digunakan untuk proses pembuatan hidrogen dengan cara menguapkan campuran minyak jarak dan air. Hasil penguapan yang telah bercampur dilewatkan melalui katalis sehingga menghasilkan dan mempercepat produksi hidrogen. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa produksi hidrogen terbanyak didapatkan pada variasi perbandingan minyak jarak dan air adalah 3:1. Dengan menggunakan jumlah katalis yang semakin banyak, didapatkan produksi hidrogen semakin tinggi [1].

Dhoyfur melakukan penelitian mengenai pembuatan hidrogen dari minyak kelapa dengan teknik yang sama yaitu dengan metode *steam reforming*. Metode *steam reforming* digunakan untuk proses pembuatan hidrogen dengan cara menguapkan minyak kelapa dan air. Hasil penguapan yang telah bercampur dilewatkan melalui katalis sehingga menghasilkan dan mempercepat produksi hidrogen. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa produksi hidrogen terbanyak didapatkan dari variasi perbandingan minyak kelapa dan air adalah 3 : 1 yaitu 858 ppm (6 katalis). Dan perbandingan minyak kelapa dan air 1:2 mempunyai nilai efisiensi yang paling tinggi dibanding dengan perbandingan 3:1, karena perbandingan 1:2 menghasilkan hidrogen lebih baik yang sesuai dengan persamaan reaksi pencampuran [2].

**Minyak Randu**

Minyak nabati adalah minyak yang dihasilkan dari tumbuh-tumbuhan, walaupun kebanyakan bagian dari tanaman dapat menghasilkan minyak, tetapi biji-bijian merupakan sumber yang utama. Minyak nabati dapat digunakan baik untuk keperluan

memasak maupun industri. Minyak nabati merupakan senyawa ester dari gliserin dan campuran berbagai jenis asam lemak, tidak larut dalam air tetapi dalam pelarut organik.

Salah satu jenis minyak nabati yang sedang dikembangkan untuk bahan baku bahan bakar adalah minyak biji randu. Minyak biji randu diperoleh kurang lebih 20% dengan cara pengepresan, ekstraksi pelarut atau kombinasi keduanya. Minyak biji randu hampir menyerupai minyak biji kapas, meskipun warnanya lebih terang.



**Gambar 1.** Buah dan biji tanaman kapuk randu

Minyak biji randu termasuk minyak tidak jenuh dengan asam lemak tidak jenuh sebesar 80-85%. Asam lemak penyusun terbesar adalah asam oleat. Struktur molekul lemak nabati dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian yang pertama disebut gliserol sedangkan bagian yang kedua disebut trigliserida. Trigliserida adalah susunan molekul yang tersusun dari tiga cabang asam lemak. Molekul trigliserida banyak mengandung atom karbon dan hidrogen yang hampir mirip dengan hidrokarbon dalam bahan bakar. Dari hal ini menjelaskan asam lemak dari minyak nabati dapat dijadikan sebagai bahan bakar. Setiap tumbuhan menyimpan energi dalam lemak dan minyak dan sebagian besar terkandung dalam biji tumbuhan tersebut sehingga untuk mendapat minyak dari tumbuhan biasanya diperoleh dengan cara memeras bijinya [3].

**Tabel 1.** Komposisi Minyak Biji Kapuk

Komposisi	% berat
Trigliserida	90,5
FFA ( <i>Free Fatty Acid</i> )	7,5
Fosfatida	1,5
Material tak tersabunkan	0,5

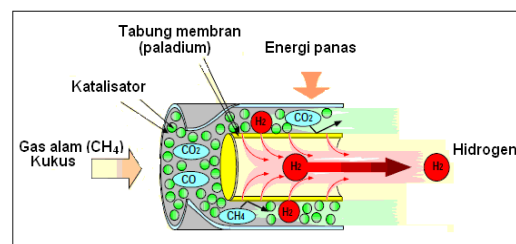
**Tabel 2.** Komposisi Minyak Biji Kapuk Randu

No	Persen	Retensi Waktu	Jenis Asam Lemak (Trigliserida)
1	0.176	44.669	Asam 9-heksadekanoat
2	24.765	45.112	Asam palmitat
3	0.556	46.553	Asam 2-heksil siklopropanoktanoat
4	0.611	47.328	Asam dekstro kamforat
5	35.107	48.283	Asam 8,11-oktadekadienoat
6	21.623	48.398	Asam elaidat
7	0.649	48.864	Asam stearate
8	1.005	49.659	Asam malvalat
9	2.078	50.316	Asam 2-oktil siklopropanoktanoat
10	0.334	51.386	Asam 2-oktilsiklopropena-1-oktanoat
11	0.805	52.303	Asam arakhidat
12	0.529	55.482	Asam behenat / asam dokosanoat

**Steam reforming**

*Steam reforming* adalah metode untuk menghasilkan hidrogen, karbon monoksida atau produk lain yang berguna dari bahan bakar hidrokarbon seperti gas alam. Hal ini dicapai dalam perangkat pengolahan yang disebut *reformer* yang bereaksi dengan uap pada suhu tinggi dengan suatu bahan alam. Pembaharuan uap metana secara luas digunakan dalam industri untuk membuat hidrogen. Berawal dari evolusi energi listrik penelitian mengenai *fuelcell* (sel bahan bakar) pada 1839 yang dilakukan oleh Sir William Robert Grove menghasilkan *voltaic battery*, namun karena listrik yang dihasilkan hanya sebesar 12 ampere dan tegangan 1,8 volt *Grove's Battery* ini mulai ditinggalkan karena sudah tidak mencukupi kebutuhan listrik lagi pada saat itu tetapi baterai Grove menjadi dasar acuan pengembangan *fuel cell* selanjutnya. Pada 1960 an salah satu perkembangan *fuelcell* saat ini telah memakai *biooil* (minyak nabati) dan bahan baku *renewable* [4]. Pemilihan minyak nabati

sebagai bahan dasar karena banyaknya unsur hidrogen yang dikandung rantai hidrokarbonnya dan *renewable* (mudah diperbarui). Sebagai penunjang sel bahan bakar, untuk produksi hidrogen dibuat sebuah modul dengan prinsip mengikat asam lemak dari bahan dasar minyak nabati menggunakan katalis dan dipanaskan. Pada saat ini modul ini kerap disebut *steam reformer*. Disebut demikian karena hidrogen yang dihasilkan berupa uap hasil pemanasan bahan dasar dan reaktan yang ditentukan [5].



**Gambar 3.** Proses *steam reforming*

**Laju Reaksi**

Laju reaksi adalah menyatakan banyaknya reaksi kimia yang berlangsung per satuan waktu. Laju reaksi menyatakan molaritas zat terlarut dalam reaksi yang dihasilkan tiap detik reaksi seperti pada Persamaan 1.



Maka laju reaksinya dapat dihitung menggunakan Persamaan 2,3 dan 4.

- Berkurangnya konsentrasi A tiap satuan waktu,

$$V_A = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t} \tag{2}$$

- Berkurangnya konsentrasi B tiap satuan waktu,

$$V_B = \frac{-\Delta[B]}{\Delta t} \tag{3}$$

- Bertambahnya konsentrasi AB tiap satuan waktu,

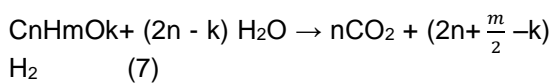
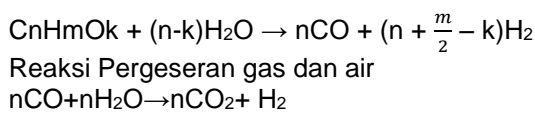
$$V = \frac{+\Delta[AB]}{\Delta t} \tag{4}$$

Faktor- faktor yang berpengaruh pada laju

reaksi antara lain: luas permukaan sentuh, temperatur, katalis, molaritas, dan konsentrasi

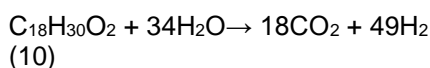
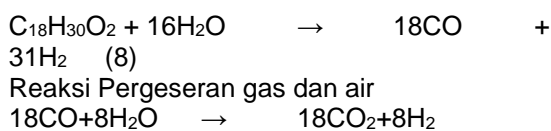
**Reaksi Pencampuran**

Secara teoritis reaksi pencampuran *steam reforming* minyak dengan kandungan karbon, hidrogen, dan oksigen serta air dapat di jabarkan pada Persamaan 6 dan 7 dibawah ini.



Teori perbandingan pencampuran dapat dihitung dari rumus kimia minyak randu dan air. Karena kandungan minyak randu terdiri dari bermacam-macam asam yang menyusunnnya. Maka secara teori pendekatan yang dipakai adalah menggunakan rumus kimia kandungan asam terbesar yang menyusun minyak randu.

Pada komposisi asam lemak minyak randu diketahui terdapat 35.107 % Asam Linoleat. Secara teori pendekatan yang dipai adalah menggunakan rumus kimia dengan kandungan asam lemak terbesar dengan penjabaran reaksi pencampuran seperti pada Persamaan 8, 9 dan 10.



Dari reaksi diatas maka bisa dihitung perbandingan berat minyak randu dan air adalah 278 : 612 (Mr C<sub>18</sub>H<sub>30</sub>O<sub>2</sub> = 278 dan Mr 34 H<sub>2</sub>O = 612). Jika disederhanakan menjadi 1: 2.2 merupakan perbandingan massa dengan kesetimbangan reaksi yang menghasilkan hidrogen paling maksimal. Pada peneliti terdahulubahwa reaksi pencampuran bio oil dan air menggunakan pemanas dan katalis terdapat gas atau

senyawa yang tidak diinginkan sehingga reaksi tidak berlangsung secara sempurna [6].

**Heat Fluks**

*Heat flux* berkaitan dengan konduksi, konduksi adalah perpindahan panas yang diakibatkan adanya interaksi antar partikel. Energi panas berpindah akibat persentuhan/kontak antar molekul terutama pada benda padat, sedangkan heat fluks adalah laju panas per satuan luas permukaan yang tegak lurus dengan arah perpindahan panas/kalor (W/m<sup>2</sup>).

$$Heat\ fluks = \frac{Daya\ yang\ digunakan}{Luas\ area\ yang\ terkena\ panas}$$

Dalam perhitungan Heat flux berguna untuk menghitung nilai efisiensi dari produksi hidrogen yang dihasilkan dalam proses *steam reforming*. Nilai efisiensi didapatkan dari rumusan dibawah ini

$$Efisiensi = \frac{Q_{hidrogen}}{Q_{total}}$$

$$Q_{total} = Q_{minyak\ randu} + daya\ total \tag{13}$$

Keterangan :

Qhidrogen : kalor hidrogen yang dihasilkan

Qminyak randu : kalor minyak randu yang dihasilkan

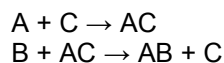
**Katalis**

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri . Suatu katalis berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi. Katalis menyediakan suatu jalur pilihan dengan energi aktivasi yang lebih rendah. Katalis mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi.

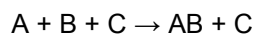
Katalis dapat dibedakan ke dalam dua golongan utama: katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis heterogen adalah katalis yang ada dalam fase berbeda dengan

pereaksi dalam reaksi yang dikatalisanya, sedangkan katalis homogen berada dalam fase yang sama. Satu contoh sederhana untuk katalisis heterogen yaitu bahwa katalis menyediakan suatu permukaan di mana pereaksi-pereaksi (atau substrat) untuk sementara terjerap. Ikatan dalam substrat-substrat menjadi lemah sedemikian sehingga memadai terbentuknya produk baru. katan antara produk dan katalis lebih lemah, sehingga akhirnya terlepas.

Katalis homogen umumnya bereaksi dengan satu atau lebih pereaksi untuk membentuk suatu perantara kimia yang selanjutnya bereaksi membentuk produk akhir reaksi, dalam suatu proses yang memulihkan katalisnya. Berikut ini merupakan skema umum reaksi katalitik, di mana C melambangkan katalisnya:



Meskipun katalis (C) termakan oleh reaksi 1, namun selanjutnya dihasilkan kembali oleh reaksi 2, sehingga untuk reaksi keseluruhannya menjadi,



Penggunaan katalis CuZn dapat membantu proses produksi gas hidrogen. Sifat dasar Cu dan Zn mudah mengalami korosi, yakni mengikat oksigen. Sehingga katalis membantu proses penguraian asam lemak dari bahan produksi (minyak randu yang dipanaskan dalam reformer), sehingga pembentukan hidrogen lebih cepat. Katalis yang digunakan menyerupai batu api pemantik korek, berbentuk silindris diameter 1,5 - 2 milimeter dengan panjang 2 - 3 milimeter. Mengikat oksigen efektif pada temperatur 180-260°C dengan ketahanan hingga 450°C, pada temperatur selanjutnya katalis akan melumer [6].

Berbagai unsur telah digunakan untuk memperbaiki sifat kimia katalis. Sehingga kinerja katalis CuZn dalam penggunaannya dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Beberapa unsur yang dapat ditambahkan antara lain aluminium, silika, zirkonium dan krom.

## PEMBAHASAN

Hasil perhitungan laju dan Efisiensi pembentukan Hidrogen dapat dilihat pada Tabel 3 berikut. Sedangkan Hubungan antara produksi hidrogen pada variasi jumlah tahapan katalis terhadap waktu pemanasan pada perbandingan massa minyak dan air 1:1 dapat dilihat pada Gambar 3a. Dari Gambar 3a terlihat bahwa grafik cenderung mengalami peningkatan pada setiap variasi tahapan katalis. Katalis dengan 3 tahapan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis 1 tahapan dan 2 tahapan. Namun pada waktu 350 detik sampai 450 detik katalis 2 tahapan menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis 3 tahapan. Hal tersebut dikarenakan panas yang diterima oleh katalis 2 tahapan lebih besar pada waktu diatas 350 detik sehingga gas yang melalui katalis juga direaksikan lebih cepat dan menghasilkan hidrogen yang lebih banyak. Gas hidrogen akan semakin cepat terbentuk dengan bantuan reaksi permukaan dari katalis CuZn yang maksimal pada temperatur tinggi.

Hubungan antara produksi hidrogen pada variasi jumlah tahapan katalis terhadap waktu pemanasan pada perbandingan massa minyak dan air 1:3 dapat dilihat pada Gambar 3b nampak bahwa grafik cenderung meningkat pada setiap variasi tahapan katalis. Tahapan katalis yang memiliki hasil produksi hidrogen tertinggi ialah katalis 1 tahapan, 2 tahapan, dan disusul katalis 3 tahapan pada waktu pemanasan kurang dari 350 detik. Setelah mencapai pengambilan data pada waktu lebih dari 350 detik data yang di hasilkan sangat berubah secara signifikan. Dapat dilihat pada waktu lebih dari 350 detik menunjukkan hasil produksi hidrogen tertinggi adalah katalis dengan 3 tahapan, diikuti dengan 2 tahapan dan 1 tahapan. Hal tersebut terjadi karena katalis CuZn yang digunakan akan semakin aktif menjadi energi aktivasi pada temperatur diatas 250°C, temperatur yang tinggi didapatkan dari waktu pemanasan yang lebih lama. Oleh sebab itu pada variasi jumlah tahapan katalis ke 3 temperatur yang diterima katalis belum tinggi dan merata, jadi menghasilkan produksi hidrogen yang lebih kecil dari jumlah tahapan 1 dan 2 katalis. Gas hidrogen akan semakin cepat terbentuk

dengan bantuan reaksi permukaan dari katalis CuZn, yang maksimal pada temperatur tinggi.

**Tabel 3.** Hasil  $Q_{hidrogen}$  pada laju produksi rata - rata

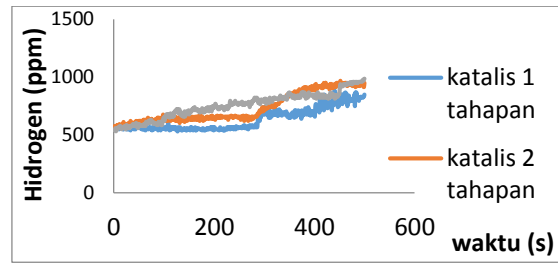
Katalis	$Q_{hidrogen}$ pada Rasio Massa Minyak : Air (ppm/s)		
	1 : 1	1 : 3	3 : 1
1 Tahapan	$7.50 \times 10^{-06}$	$9.87 \times 10^{-06}$	$3.34 \times 10^{-05}$
2 Tahapan	$7.81 \times 10^{-06}$	$2.55 \times 10^{-05}$	$4.25 \times 10^{-05}$
3 Tahapan	$1.13 \times 10^{-05}$	$3.38 \times 10^{-05}$	$4.10 \times 10^{-05}$

**Tabel 4.** Hasil  $\eta$  hydrogen proses steam reforming

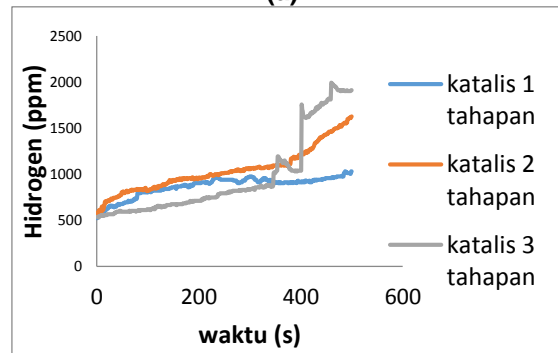
Katalis	Efisiensi Hidrogen pada Rasio Massa Minyak : Air (%)		
	1 : 1	1 : 3	3 : 1
1 Tahapan	11.509983	15.135	51.2936
2 Tahapan	11.972884	39.092	65.1688
3 Tahapan	17.338782	51.835	62.8187

Sedangkan hubungan antara produksi hidrogen pada variasi jumlah tahapan katalis terhadap waktu pemanasan pada perbandingan massa minyak dan air 3:1 dapat dilihat pada Gambar 3c. Pada grafik tersebut cenderung mengalami peningkatan pada setiap variasi tahapan katalis. Perbedaan hasil gas hidrogen yang dihasilkan tidak terlalu jauh dari variasi tiap jumlah tahapan pada perbandingan massa minyak randu dengan air 3 : 1. Pada rasio 3 : 1 memiliki nilai yang lebih tinggi dari rasio campuran massa yang lain, karena proses penguapan minyak randu susah terjadi maka dengan penambahan massa minyak randu bisa menghasilkan hidrogen yang lebih banyak.

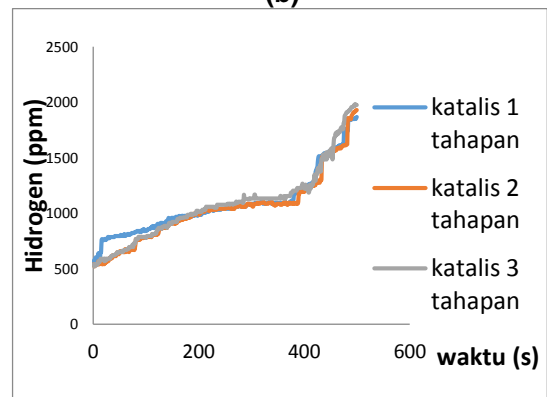
Meskipun hasil yang diperoleh tidak terlalu berbeda jauh, katalis dengan 3 tahapan tetap memiliki nilai yang lebih tinggi. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak tahapan katalis maka luas penampang bidang kontak besar dan waktu bidang kontak akan semakin lama sehingga gas hidrogen yang dihasilkan akan semakin maksimal.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 3.** Hubungan antara produksi hidrogen pada variasi jumlah tahapan katalis terhadap waktu pemanasan dengan variasi perbandingan massa minyak dan air (a) 1:1 (b) 1:3 (c) 3:1

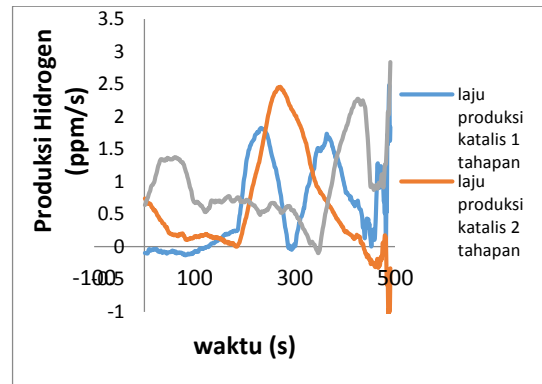
Hubungan antara Laju Produksi Hidrogen pada setiap tahapan katalis terhadap waktu pemanasan dengan Perbandingan Massa Minyak : Air 1:1 dapat dilihat pada Gambar 4a. Pada grafik produksi hidrogen yang dihasilkan tiap detik tidak jauh berbeda antar tiap variasi tahapan katalis. Laju produksi dengan katalis 1 tahapan memiliki nilai rata - rata 0.7127694

ppm/detik, laju produksi dengan katalis 2 tahapan memiliki nilai rata – rata 0.73135 ppm/detik, dan laju produksi dengan katalis 3 tahapan memiliki nilai rata – rata 0.993705 ppm/detik. Dari produksi hidrogen yang dihasilkan tiap detiknya yang memiliki nilai tertinggi ialah variasi katalis 3 tahapan. Hal tersebut terjadi karena semakin banyak jumlah tahapan katalis maka luas penampang permukaan kontak katalis akan semakin banyak dan waktu yang dibutuhkan juga semakin panjang sehingga akan menghasilkan hidrogen yang lebih banyak.

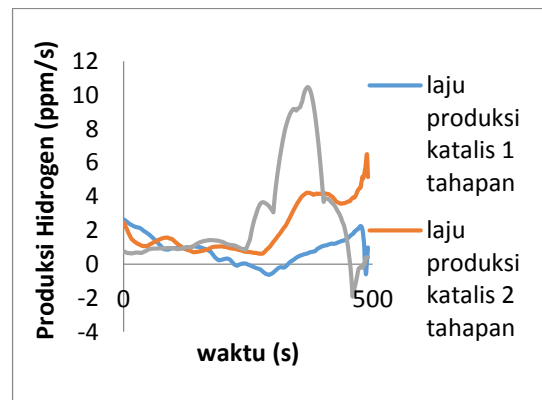
Sedangkan hubungan antara Laju Produksi Hidrogen pada setiap tahapan katalis terhadap waktu pemanasan dengan Perbandingan Massa Minyak : Air 1:3 Gambar 4b menunjukkan hubungan antara laju produksi hidrogen pada setiap tahapan katalis terhadap waktu pemanasan dengan perbandingan massa minyak dan air 1:3. Dapat dilihat pada grafik produksi hidrogen yang dihasilkan tiap detik tidak jauh berbeda antar tiap variasi tahapan katalis. Dari data yang diperoleh laju produksi dengan katalis 1 tahapan memiliki nilai rata – rata 0.872088 ppm/detik, katalis 2 tahapan memiliki nilai rata – rata 2.133094 ppm/detik, dan katalis 3 tahapan memiliki nilai rata – rata 2.758587 ppm/detik. Dari produksi hidrogen yang dihasilkan tiap detiknya yang memiliki nilai tertinggi ialah variasi katalis 3 tahapan. Hal tersebut terjadi karena semakin banyak jumlah tahapan katalis maka luas penampang permukaan kontak katalis akan semakin banyak dan waktu yang dibutuhkan juga semakin panjang sehingga akan menghasilkan hidrogen yang lebih banyak.

Hubungan antara Laju Produksi Hidrogen pada setiap tahapan katalis terhadap waktu pemanasan dengan Perbandingan Massa Minyak : Air 3:1 dapat dilihat pada Gambar 4c. Produksi hidrogen yang dihasilkan tiap detik tidak jauh berbeda antar tiap variasi tahapan katalis. Dari data yang diperoleh laju produksi dengan katalis 1 tahapan memiliki nilai rata – rata 2.7665755 ppm/detik, katalis 2 tahapan memiliki nilai rata – rata 3.482561 ppm/detik, dan katalis 3 tahapan memiliki nilai rata – rata 3.311645 ppm/detik. Dari produksi hidrogen yang dihasilkan tiap detiknya yang memiliki nilai tertinggi ialah variasi katalis 3 tahapan. Hal

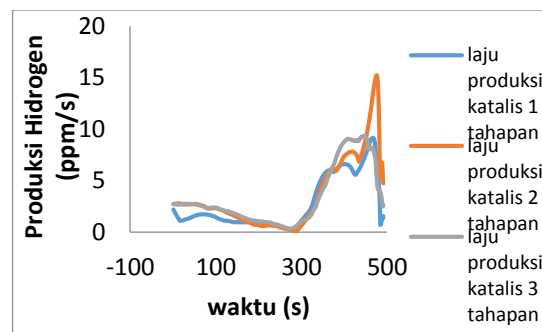
tersebut terjadi karena semakin banyak jumlah tahapan katalis maka luas penampang permukaan kontak katalis akan semakin banyak dan waktu yang dibutuhkan juga semakin panjang sehingga akan menghasilkan hidrogen yang lebih banyak.



(a)



(b)

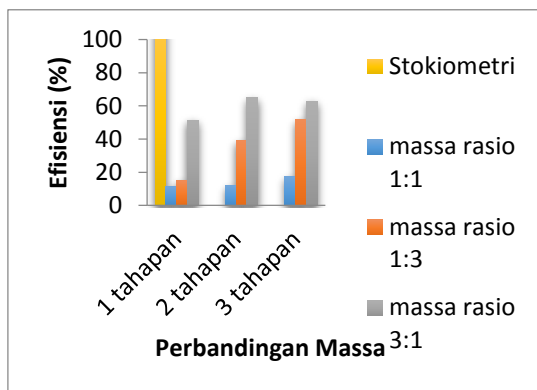


(c)

**Gambar 4.** Hubungan antara Laju Produksi Hidrogen pada setiap tahapan katalis terhadap waktu pemanasan dengan Perbandingan Massa Minyak : Air (a) 1:1 1:3 dan (c) 3:1

Efisiensi Hasil Produksi Hidrogen dapat dilihat pada Gambar 5 menunjukkan efisiensi kalor dari proses produksi hidrogen menggunakan metode *steam reforming*. Efisiensi dihitung dari nilai laju produksi rata – rata. Dapat dilihat dari diagram batang diatas bahwa efisiensi akan semakin meningkat setiap bertambahnya jumlah tahapan katalis.

Pada kondisi keseimbangan reaksi 278 gram  $C_{18}H_{30}O_2$  memiliki kalor sebesar 2589.5 Kcal menjadi 98 gram  $H_2$  dengan nilai kalor 2807.798 Kcal. Dalam kondisi stokiometri tersebut dihasilkan efisiensi sebesar 108.4 % .Dari nilai rata – rata hasil laju produksi hidrogen pada tabel 4.1 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi paling tinggi pada setiap perbandingan massa terletak pada katalis dengan 3 tahapan dengan nilai 17.3 % ; 51.8 % ; 62.8 % . Semakin banyak tahapan katalis laju produksi dan efisiensi semakin besar. Hal ini disebabkan oleh bertambah banyaknya jumlah tahapan katalis yang mengakibatkan luas bidang kontak katalis semakin besar, akibatnya reaksi penguraian minyak nabati oleh uap menjadi hidrogen semakin banyak.



**Gambar 5** Grafik Efisiensi Hasil Produksi Hidrogen

Jika dibandingkan efisiensi dari kondisi kesetimbangan reaksi yang dihasilkan dengan hasil efisiensi dari pengambilan data terjadi penurunan efisiensi karena tidak semua gas terbentuk menjadi gas hidrogen, terdapat pula gas-gas lain yang terbentuk dalam proses reaksi kimia dan katalis yang digunakan hanyalah 4 butir untuk setiap tahapannya sehingga tidak semua gas melewati katalis dengan sempurna.

Pada perbandingan massa 3:1 tahapan katalis tidak berpengaruh besar terhadap hasil hidrogen dari setiap tahapan katalis. Hal tersebut dikarenakan hasil hidrogen sudah maksimal menurut kesetimbangan kimianya itu sebabnya efisiensi dari 2 tahapan ke 3 tahapan. Sehingga gas hidrogen pada perbandingan massa 3:1 setiap variasi katalis tidak menghasilkan kenaikan yang signifikan.

### KESIMPULAN

Semakin banyak tahapan katalis maka hasil produksi, laju produksi, dan efisiensi hidrogen semakin besar. Hal ini terjadi karena dengan bertambahnya jumlah tahapan katalis maka luas bidang kontak katalis semakin besar, sehingga reaksi penguraian minyak nabati oleh uap menjadi hidrogen semakin banyak. Katalis dengan 3 tahapan memiliki hasil produksi, laju produksi, dan efisiensi yang cenderung lebih tinggi daripada dengan menggunakan variasi katalis 1 tahapan dan 2 tahapan.

Banyaknya hidrogen yang dihasilkan berbanding lurus dengan jumlah massa minyak randu yang digunakan. Semakin banyak perbandingan massa minyak randu akan menghasilkan jumlah produksi hidrogen yang tinggi. Perbandingan massa 3:1 memiliki hasil produksi hidrogen yang lebih tinggi dibandingkan dengan massa perbandingan minyak randu dan air 1:1 dan 1:3. Akan tetapi pada perbandingan massa 3:1 tahapan katalis tidak berpengaruh besar terhadap hasil hidrogen dari setiap tahapan katalis. Hal tersebut dikarenakan kalor yang diserap oleh katalis dari uap yang dihasilkan minyak randu dan dari panas yang diberikan untuk katalis itu sendiri sudah maksimal. Sehingga gas hidrogen pada perbandingan massa 3:1 setiap variasi katalis tidak menghasilkan kenaikan yang signifikan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jonas. 2014. *Pembuatan hydrogen dari campuran minyak jarak dan air dengan metode steam reforming*. Malang: Teknik Mesin Universitas Brawijaya
- [2] Farhan. 2015. *Pengaruh katalis dan perbandingan campuran minyak kelapa dan air terhadap produksi Hidrogen*. Malang: Teknik Mesin Universitas Brawijaya



- [3] Wardana, I.N.G. 2008 *Bahan bakar dan Teknologi Pembakaran*, PT.Danar Wijaya- Brawijaya University Press, Malang
- [4] Bailey. (1996). *Bailey's Industrial Oil and Fat Product, 5<sup>th</sup> edition*, Edited by Y.H. Hui, Wiley-Interscience Publication, USA.
- [5] SALIMY, D. H. 2010. Produksi Hidrogen Proses *Steam Reforming Dimethyl Ether (DME)* dengan Reaktor Nuklir Temperatur Rendah, *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*.
- [6] Adityo. 2011. *Pengaruh Temperatur Dan Waktu Pemanasan Terhadap Konsentrasi Hidrogen Pada Hydrogen Reformer*. Malang: Teknik Mesin Universitas Brawijaya