

PRODUKSI HIDROGEN DARI CAMPURAN AIR DAN MINYAK KELAPA MURNI (VCO) MELALUI POROUS MEDIA TEMBAGA MENGGUNAKAN PRINSIP *HYDROGEN REFORMER*

Bernardus Crisanto P.M., I.N.G. Wardana, Eko Siswanto

Program Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
JL. Mayjend Haryono No.167, Malang 65145, Jawa Timur-Indonesia
Email: chris_bernardo666@yahoo.com

Abstract

Hydrogen reformer is a principle of hydrogen formation by using the reaction between reactants with a catalyst and a heating process in vapor form. Copper powder was used as the catalyst with a porosity of 28.245% and 31.736%, and a heat temperature of 310 °C. Variation of the ratio between water and virgin coconut oil (VCO) mixture of 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 and 1:5 was developed to investigate the hydrogen generated productivity. The images of burning flame was taken at the outlet pipe of steam reaction to indicate the productivity of the hydrogen. The results shown that the productivity of the hydrogen was obtained by calculating the images of flame colors. The images indicate that the productivity of the hydrogen increase with adding virgin coconut oil (VCO) to water is greater. The average amount of energy and the power needed to react all variations on a comparison of hydrogen reformer tube 5 are 53.53885 kJ and 0.18666 kJ/sec, respectively.

Keywords: *Virgin Coconut Oil (VCO), Hydrogen Reformer, Catalyst Porosity*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam, baik sumber daya alam yang bisa diperbarui maupun yang tidak dapat diperbarui. Namun dalam kenyataannya semenjak tahun 2008 pemerintah memenuhi 60% kebutuhan BBM nasional, dengan cara mengimpor akibat tingginya konsumsi yang tidak diimbangi dengan produksi yang ada. Bahkan impor kebutuhan BBM bisa mencapai 80% pada 10 tahun lagi, jika tidak ada perbaikan yang dilakukan. Cadangan minyak bumi Indonesia tahun 2014 sebesar 7.549,81 mmstb, dan diperkirakan akan habis beberapa belas tahun lagi dengan asumsi produksi masih tetap seperti saat ini. [5]. Oleh karena itu perlunya peningkatan produksi serta energi alternatif dari bahan bakar nabati sebagai pendukung pasokan kebutuhan BBM nasional.

Kelapa merupakan salah satu bahan baku bahan bakar nabati seperti biodiesel dan bioavtur yang saat ini banyak dikembangkan, dimana lahan kelapa di Indonesia sekitar 31,2% luas area kelapa dunia dengan produksi minyak kelapa 3,2 juta ton/tahun [3]. Produk minyak kelapa yang dihasilkan, kemudian di proses dengan teknologi *steam reforming* atau

hydrogen reformer untuk menghasilkan hidrogen dengan menggunakan panas dan katalis agar ikatan atom dalam molekul terpecah dan bermuatan [4]. Dalam penelitian ini metode *hydrogen reformer* digunakan untuk memecah bahan baku campuran minyak kelapa dan air, dengan menggunakan katalis dari serbuk tembaga murni (Cu).

Rumusan Masalah

Atas dasar identifikasi masalah di atas, pada penelitian ini mengambil beberapa permasalahan yang harus diselesaikan yaitu:

1. Bagaimana pengaruh perbandingan campuran air dan minyak kelapa murni (VCO) terhadap produktivitas hidrogen?
2. Berapakah besar energi kalor yang dibutuhkan untuk reaksi pencampuran air dan minyak kelapa murni?

TINJAUAN PUSTAKA

Porositas

Porositas merupakan ruang kosong dari susunan suatu material berbentuk serbuk dalam suatu volume ruang, serta memiliki ketergantungan diantaranya terhadap massa jenis bahan, ukuran bahan, susunan, maupun penyebaran pori [7]. Dalam penelitian ini

porositas katalis yang digunakan adalah dua ukuran serbuk tembaga yaitu:

- a. Serbuk Tembaga dengan ukuran 150 μm
 Berat serbuk = 8,9 gram, diameter tabung 1,5 cm, tinggi serbuk = 2 cm.

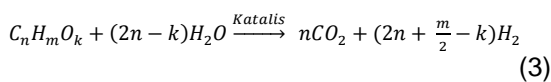
$$\phi = 1 - \frac{8,9 \text{ g}}{\left(8,92 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 1,76625 \text{ cm}^2 \cdot 2 \text{ cm}\right)} \times 100 \% = 28,245 \% \quad (1)$$

- b. Serbuk Tembaga dengan ukuran 600 μm
 Berat serbuk = 12,5 gram, diameter tabung 1,5 cm, tinggi serbuk = 2,5 cm.

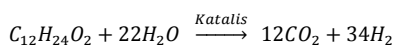
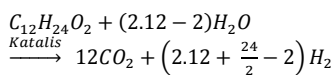
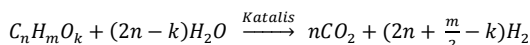
$$\phi = 1 - \frac{12,5 \text{ g}}{\left(8,92 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 1,76625 \text{ cm}^2 \cdot 2,5 \text{ cm}\right)} \times 100 \% = 31,736 \% \quad (2)$$

Reaksi Pencampuran

Reaksi pemanasan minyak nabati yang mengandung unsur hidrokarbon dan oksigen dengan rumus kimia C_nH_mO_k, dan dilewatkan katalis, dapat dijabarkan sebagai berikut [2]:



Perbandingan air dan minyak kelapa murni dapat didekati dengan menggunakan kandungan terbesar asam lemak dari minyak kelapa murni yaitu Asam Laurat (C₁₁H₂₃COOH). Perhitungan perbandingan pencampuran minyak kelapa (VCO) dengan air menggunakan asam laurat [C₁₁H₂₃COOH] adalah:



Dari hasil persamaan reaksi di atas didapatkan perbandingan jumlah mol minyak kelapa murni dengan air adalah 1:22, sehingga perbandingan massa molekul relatif (Mr) keduanya adalah 200: 396. Jika densitas dari minyak kelapa 0,928 g/cm³ dan densitas air 1 g/cm³, maka perbandingan volume minyak kelapa dengan air adalah 215,5 : 396 atau bisa disederhanakan menjadi 1 : 1,84.

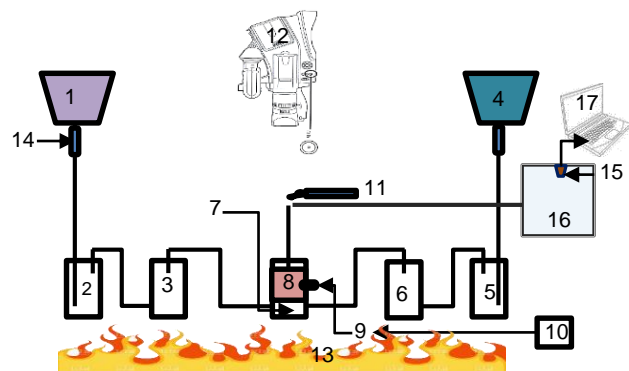
METODOLOGI PENELITIAN

Variabel – Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini variabel yang digunakan dibagi menjadi tiga, yaitu:

- Variabel bebas: perbandingan volume air dengan minyak kelapa murni 1:1; 1:2; 1:3; 1:4; dan 1:5 dalam ukuran ml.
- Variabel terikat: luas api hasil pembakaran dan produksi hidrogen (ppm).
- Variabel terkontrol:
 1. Temperatur pemanasan katalis 310 °C.
 2. Katalis menggunakan serbuk tembaga porositas 28,245 % dan 31,736 %.

Desain Alat Penelitian



Gambar 1. Skema Alat Uji

Keterangan:

1. Air (aquades)
2. Tabung Pemanas Air
3. Tabung Pemanas Uap Air
4. Minyak Kelapa Murni (VCO)
5. Tabung Pemanas Minyak Kelapa
6. Tabung Pemanas Uap minyak Kelapa
7. Tabung Pencampuran Uap panas lanjut Air dan Minyak Kelapa
8. Katalis porous media tembaga
9. Termokopel tipe-K ukuran M6*1
10. Temperatur controller TC4S-14R
11. Pemantik Api
12. Kamera Video
13. Kompor Pemanas
14. Infusion set
15. Sensor Hidrogen MQ-8
16. Wadah penampung produksi hidrogen
17. Laptop Axioo neon

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Perhitungan Energi Dan Daya Yang Dibutuhkan Untuk Reaksi

Perhitungan waktu untuk memanaskan air dan minyak kelapa (VCO) menjadi uap pada masing-masing tabung, dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Temperatur masing-masing tabung *hydrogen reformer*

Tabung No. 2 AIR			Tabung No. 3 AIR			Tabung No. 5 MINYAK KELAPA		
T1	T2	t(detik)	T1	T2	t(detik)	T1	T2	t(detik)
28	100	181	28	99	178	28	178	285
29	99.5	183	28	100	185	28	177	295
28	100	179	29	100	182	28	176	286
28	99	183	28	100	186	28	179	290
28	100	178	28	100	177	29	179	301
28.2	99.7	180.8	28.2	99.8	181.6	28.2	177.8	291.4

Tabung No. 6 MINYAK KELAPA			Tabung No. 7 CAMPURAN		
T1	T2	t(detik)	T1	T2	t(detik)
27.5	178	297	29	178	383
28	177	293	28	177	378
28	177	294	28	178	382
29	179	290	28	177	380
28	178	295	29	177	381
28.1	177.8	293.8	28.4	177.4	380.8

Nilai berat jenis (ρ), berat (gr), dan specific heat (c) dari air, VCO, serta tabung besi yaitu:

- Berat jenis air = 1 gr/ml
 - 0,15 ml air = 0,15 gr
 - Berat jenis VCO = 0,916 gr/ml
 - 0,15 ml VCO = 0,1374 gr
 - Berat tabung No. 2,3,5,6 = 176,2 gr
 - Berat tabung No. 7 = 266 gr
 - Specific heat air = 4,22 kJ/kg.K
 - Specific heat VCO = 2,10 kJ/kg.K
 - Specific heat besi = 0,45 kJ/kg.K
- Specific heat campuran air dan VCO yang terjadi pada tabung no.7 sebesar:

$$c = \frac{m_1 c_1 \Delta T + m_2 c_2 \Delta T}{(m_1 + m_2) \Delta T} = \frac{(0,15 \text{ gr} \cdot 4,22 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}} \cdot 177,4 \text{ }^\circ\text{C}) + (0,1347 \text{ gr} \cdot 2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}} \cdot 177,4 \text{ }^\circ\text{C})}{(0,15 \text{ gr} + 0,1347 \text{ gr}) 177,4 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$= 3.30188976 \text{ kJ/kg.K} \tag{4}$$

Menggunakan persamaan $Q = m.c.\Delta T$, maka didapatkan Energi kalor serta daya yang dibutuhkan pada masing masing tabung [1].

Tabel 2. Total kalor dan daya masing-masing tabung pada perbandingan 1:1

Tabung	Total kalor (kJ)	Daya (kJ/detik)
No.2	5.7144945	0.031606717
No.3	5.7224868	0.031511491
No.5	11.90410135	0.040851412
No.6	11.91205864	0.040544788
No.7	17.97536715	0.04720422

Dengan menggunakan data rekapitulasi tabel di atas dapat disimpulkan bahwa, energi kalor yang dibutuhkan untuk mereaksikan air dengan minyak kelapa (VCO) pada perbandingan 1:1 adalah sebesar 53,23 kJ dan daya sebesar 0,192 kJ/detik.

Perhitungan Laju Produksi Hidrogen

Perhitungan laju produksi dilakukan untuk mengetahui peningkatan produksi hidrogen yang terdeteksi melalui sensor hidrogen MQ-8, dimana perhitungannya menggunakan perhitungan regresi pada peningkatan produksi hidrogen per detiknya. [6]

$$b = \frac{(n \cdot (\Sigma X_1 Y)) - (\Sigma X_1)(\Sigma Y)}{(n \cdot \Sigma X_1^2) - (\Sigma X_1)^2} \tag{5}$$

Contoh perhitungan laju produksi hidrogen pada katalis porositas 28,246 % dengan variasi perbandingan air dan minyak kelapa murni 1:1, didapatkan:

$$b = \frac{(565 \cdot (493654221)) - (1498879)(159895)}{(565 \cdot 4328718221) - (1498879)^2} = 0,197156$$

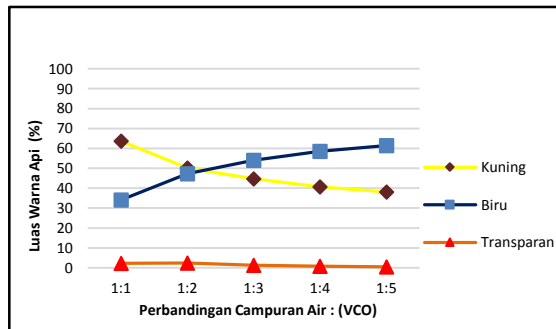
Pembahasan

Pembahasan dilakukan untuk menganalisa pengaruh variasi campuran air dan minyak kelapa murni VCO dengan perbedaan porositas katalis melalui perhitungan luas warna api, produktivitas maupun laju produksi hidrogen.

Analisa Luas Warna Api Variasi Perbandingan Air dan VCO Pada Porositas Katalis 28,245 %.

Gambar 2 menunjukkan bahwa rata-rata luas warna biru semakin lama semakin

meningkat dengan persentase luas tertinggi adalah 61,42 % sebesar 234,96 mm², sedangkan rata-rata luas warna kuning semakin lama semakin menurun dengan persentase luas terendah adalah 38,08 % sebesar 148,18 mm². Untuk rata-rata luas warna transparan menggambarkan menunjukkan progres penurunan hingga perbandingan 1:5 dengan persentase terendah adalah 0,5 % sebesar 1,58 mm². Hal ini dipengaruhi oleh faktor porositas, dimana dengan porositas yang semakin kecil maka luas permukaan untuk berlangsungnya reaksi adalah semakin besar. Dengan penambahan reaktan akan menyebabkan seringnya terjadi tumbukan antar molekul, sehingga produk stoikiometri yang dihasilkan akan menjadi lebih banyak.

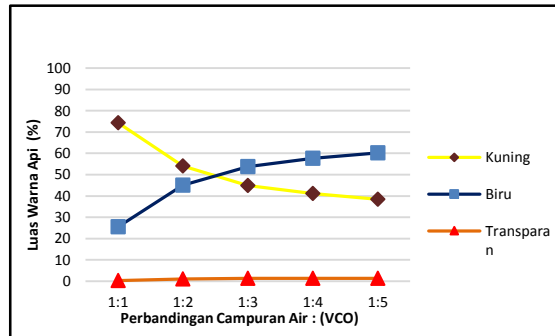


Gambar 2. Rata-rata luas warna api perbandingan campuran air dan VCO pada porositas katalis 28,245 %.

Analisa Luas Warna Api Variasi Perbandingan Air dan Minyak Kelapa Murni VCO Pada Porositas Katalis 31,736 %.

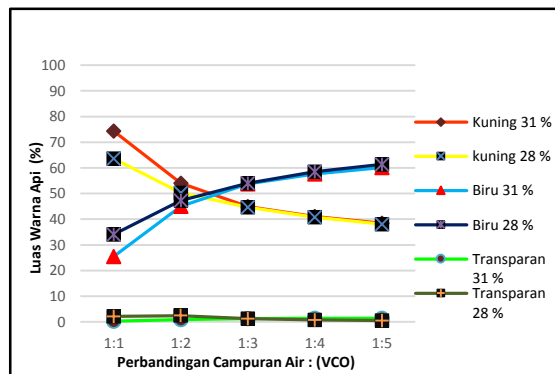
Gambar 3 menunjukkan hasil yang hampir sama dengan rata-rata luas warna pada porositas katalis 28,246 %, dimana rata-rata luas warna biru semakin lama semakin meningkat dengan persentase luas tertinggi adalah 60,14 % sebesar 135,5 mm², sedangkan rata-rata luas warna kuning semakin lama semakin menurun dengan persentase luas terendah adalah 38,50 % sebesar 93,88 mm². Untuk rata-rata luas warna transparan menggambarkan kondisi peningkatan hingga perbandingan 1:5 dengan persentase 1,365 % sebesar 2,6 mm². Hal ini juga disebabkan karena adanya pengaruh porositas katalis dan penambahan jumlah perbandingan reaktan, sehingga

mengakibatkan seringnya kesempatan terjadinya tumbukan antar molekul yang menyebabkan produk stoikiometrinya yaitu api warna biru meningkat.



Gambar 3. Rata-rata luas warna api perbandingan campuran air dan VCO pada porositas katalis 31,736 %.

Analisa Rata-rata Luas Warna Api Pada Kedua Porositas Katalis.

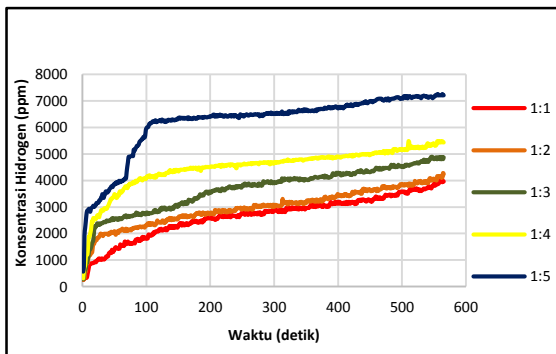


Gambar 4. Rata-rata luas warna api perbandingan campuran air dan VCO pada kedua porositas katalis.

Gambar 4 menunjukkan kemiripan rata-rata luas warna pada porositas katalis 28,245 % dan 31,736 %, dimana rata-rata luas warna biru cenderung mengalami peningkatan sedangkan rata-rata luas warna kuning cenderung mengalami penurunan. Jika dilihat dari nilai persentase masing-masing luas warna biru pada setiap perbandingan, terlihat bahwa rata-rata luas warna biru pada porositas katalis 28,245 % lebih besar daripada rata-rata luas warna pada porositas katalis 31,736 %. Hal ini menunjukkan bahwa pada porositas katalis 28,245 % produktivitas stoikiometri yang dihasilkan adalah lebih besar, karena jika dilihat

dari nilai luas sebenarnya (mm^2) terlihat bahwa nilai rata-rata luas dari masing-masing perbandingan pada porositas katalis 28,245 % jauh lebih besar. Sehingga dengan porositas yang semakin kecil, maka besar luas warna (mm^2) yang dihasilkan akan semakin besar. Menimbang hasil analisa di atas maka dapat disimpulkan bahwa luas warna biru dapat dijadikan sebagai Gambaran hasil produktivitas hidrogen, dimana dengan dengan penambahan konsentrasi minyak kelapa murni (VCO) lebih besar daripada air akan meningkatkan produktivitas hidrogen yang dihasilkan.

Analisa Produksi Hidrogen Dari Variasi Perbandingan Air dan VCO Pada Porositas Katalis 28,245 % Menggunakan Sensor Hidrogen MQ-8.

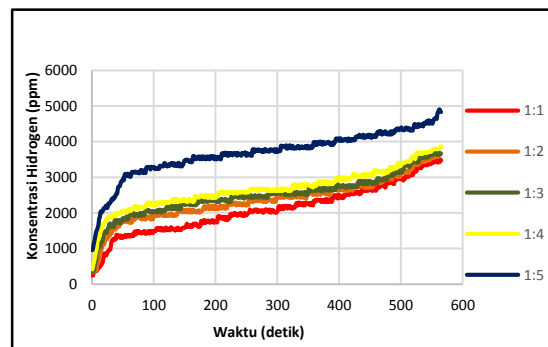


Gambar 5. Produksi hidrogen dari variasi perbandingan campuran air dan VCO pada porositas katalis 28,245 %.

Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin besar penambahan minyak kelapa murni (VCO) pada variasi perbandingan terhadap air, maka hidrogen yang di produksi juga semakin meningkat. Dimana produktivitas hidrogen tertinggi pada perbandingan 1:1 adalah 3988 ppm, perbandingan 1:2 adalah 4287 ppm, perbandingan 1:3 adalah 4896 ppm, perbandingan 1:4 adalah 5476 ppm, dan perbandingan 1:5 adalah 7255 ppm. Hal ini disebabkan karena banyaknya kandungan atom hidrogen pada minyak kelapa, yang mendapatkan kesempatan untuk saling bertumbukan dan bereaksi dengan molekul air pada permukaan katalis.

Analisa Produksi Hidrogen Dari Variasi Perbandingan Air dan VCO Pada Porositas Katalis 31,736% Menggunakan Sensor Hidrogen MQ-8.

Gambar 6 menunjukkan peningkatan produksi hidrogen pada masing-masing perbandingan, seperti pada porositas katalis 28,245 %. Dimana produktivitas hidrogen tertinggi pada perbandingan 1:1 adalah 3494 ppm, perbandingan 1:2 adalah 3582 ppm, perbandingan 1:3 adalah 3698 ppm, perbandingan 1:4 adalah 3862 ppm, dan perbandingan 1:5 adalah 4896 ppm. Hal ini terlihat bahwa dengan semakin banyaknya kandungan atom hidrogen pada minyak kelapa yang saling bertumbukan dan bereaksi dengan molekul air pada permukaan katalis, menyebabkan produktivitas hidrogen semakin meningkat.

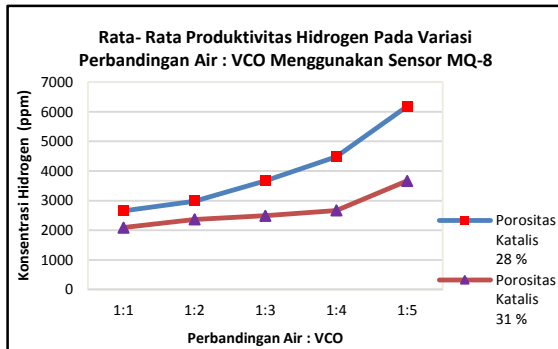


Gambar 6. Produksi hidrogen dari variasi perbandingan campuran air dan VCO pada porositas katalis 31,736 %.

Analisa Rata-rata Produksi Hidrogen Pada Kedua Porositas Katalis.

Gambar 7 menunjukkan bahwa rata-rata produktivitas hidrogen yang terdeteksi oleh sensor hidrogen MQ-8, berbanding lurus dengan peningkatan variasi perbandingan campuran. Selain itu pada porositas katalis 28,245 % menghasilkan produktivitas hidrogen yang lebih besar, dari pada porositas katalis 31,736 %. Rata-rata produktivitas hidrogen pada perbandingan 1:5 dengan porositas katalis 28,245 % adalah sebesar 6186 ppm, sedangkan pada porositas 31,736 % adalah sebesar 3669 ppm. Hal ini disebabkan karena dengan porositas katalis yang semakin kecil maka akan memiliki luas permukaan reaksi yang semakin besar, serta dengan banyaknya penambahan reaktan akan meningkatkan

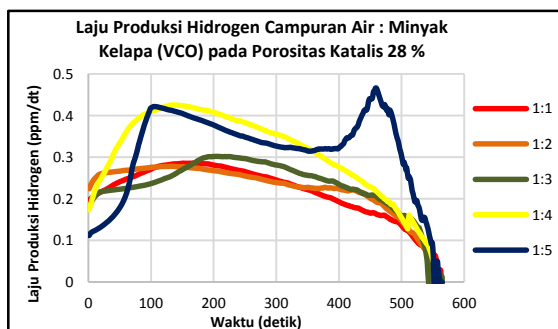
kerapatan antar partikel sehingga tumbukan antar molekul pada permukaan katalis akan sering terjadi.



Gambar 7. Rata-rata produksi hidrogen dari variasi perbandingan campuran air dan VCO menggunakan sensor MQ-8.

Analisa Laju Produksi Hidrogen Dari Variasi Perbandingan Air dan (VCO) Pada Porositas Katalis 28,245 % Menggunakan Sensor Hidrogen MQ-8.

Gambar 8 menunjukkan bahwa rata-rata laju produksi hidrogen berbanding lurus dengan rata-rata produktivitas hidrogen yang dihasilkan pada setiap perbandingan, dimana semakin besar penambahan minyak kelapa murni (VCO) pada variasi perbandingan terhadap air serta waktu pemanasan, maka laju produksi hidrogen yang dihasilkan juga semakin meningkat.



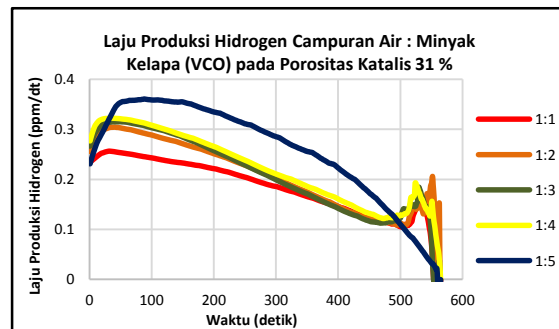
Gambar 8. Laju produksi hidrogen dari variasi perbandingan campuran air dan VCO pada porositas katalis 28,245 %.

Dimana rata-rata laju produksi hidrogen pada perbandingan 1:1 adalah 0,21824 ppm/dt, perbandingan 1:2 adalah 0,22633 ppm/dt, perbandingan 1:3 adalah 0,23178 ppm/dt,

perbandingan 1:4 adalah 0,30618 ppm/dt, dan perbandingan 1:5 adalah 0,31566 ppm/dt. Hal ini disebabkan karena semakin meningkatnya jumlah reaktan dan luas permukaan, maka kesempatan molekul reaktan untuk saling bertumbukan akan lebih sering terjadi, sehingga laju produksi hidrogen juga akan semakin cepat.

Analisa Laju Produksi Hidrogen Dari Variasi Perbandingan Air dan (VCO) Pada Porositas Katalis 31,736 % Menggunakan Sensor Hidrogen MQ-8.

Gambar 9 menunjukkan bahwa rata-rata laju produksi hidrogen mengalami peningkatan pada setiap variasi perbandingan terhadap waktu pemanasan. Rata-rata produktivitas hidrogen pada perbandingan 1:1 adalah 0,185024 ppm/dt, perbandingan 1:2 adalah 0,208703 ppm/dt, perbandingan 1:3 adalah 0,210564 ppm/dt, perbandingan 1:4 adalah 0,222223 ppm/dt, dan perbandingan 1:5 adalah 0,258884 ppm/dt. Hal ini sesuai dengan semakin meningkatnya jumlah reaktan dan lama waktu pemanasan, maka masing-masing molekul reaktan akan saling bertumbukan akibat peningkatan jumlah partikelnya serta lebih rapat, sehingga laju produksi hidrogen juga akan semakin cepat.

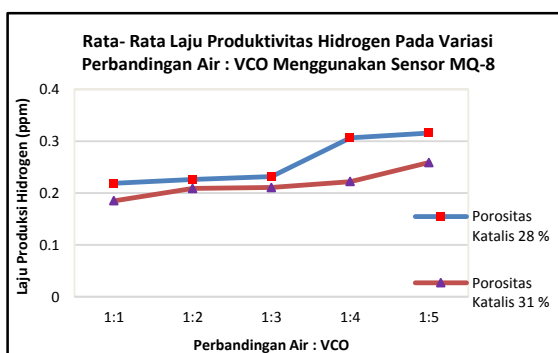


Gambar 9. Laju produksi hidrogen dari variasi perbandingan campuran air dan VCO pada porositas katalis 31,736 %

Analisa Rata-rata Laju Produksi Hidrogen Dari Variasi Perbandingan Air dan Minyak Kelapa Murni (VCO) Pada Porositas Katalis 28,245 % dan 31,736% Menggunakan Sensor MQ-8.

Gambar 10 menunjukkan bahwa rata-rata laju produktivitas hidrogen yang terdeteksi oleh sensor hidrogen MQ-8, berbanding lurus

dengan peningkatan variasi perbandingan campuran. Selain itu faktor porositas katalis sangat berpengaruh terhadap kecepatan produksi, dimana laju produksi hidrogen pada porositas katalis 28,245 % lebih besar dari pada porositas katalis 31,736 %. Hal ini disebabkan karena dengan porositas katalis yang semakin kecil, maka akan memiliki luas permukaan reaksi yang semakin besar. Dengan semakin besar luas permukaan tersebut maka molekul reaktan akan memiliki banyak tempat untuk saling bertumbukan, sehingga berdampak langsung pada peningkatan laju produksi.



Gambar 10. Rata-rata laju produksi hidrogen dari variasi perbandingan campuran air dan VCO menggunakan sensor MQ-8.

KESIMPULAN

Dari analisa pembahasan pengaruh ukuran porositas katalis terhadap produksi hidrogen dengan perbandingan variasi campuran air dan minyak kelapa murni (VCO), dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Penggunaan tembaga sebagai katalis ternyata dapat mereaksikan minyak kelapa dengan air untuk menghasilkan hidrogen, dimana tembaga dijadikan katalis dalam bentuk serbuk agar memiliki pori atau porositas sebagai tempat berlangsungnya reaksi. Pengaruh penambahan campuran jumlah massa reaktan juga sangat mempengaruhi, dimana dengan penambahan jumlah massa minyak kelapa murni (VCO) terhadap air akan meningkatkan produktivitas hidrogen. Hal ini berkesinambungan dari hasil analisa luas api warna biru (mm^2), produksi hidrogen dan laju produksi hidrogen, dimana terlihat bahwa porositas katalis yang semakin kecil yaitu pada porositas 28,245 % menunjukkan hasil yang

lebih besar dari pada porositas katalis 31,736 %.

Sedangkan kebutuhan rata-rata energi kalor untuk mereaksikan pencampuran air dan minyak kelapa murni (VCO) dari semua variasi perbandingan yang ditempatkan pada 5 tabung *hydrogen reformer* adalah 53,538845 kJ, sedangkan kebutuhan rata-rata daya yang diperlukan adalah sebesar 0,18666 kJ/detik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dali S. Naga, 1991. *Fisika Ilmu Panas Edisi Kedua*. Penerbit Gunadarma
- [2] Ekaterini Ch. Vagia dan Angeliki A. Lemonidou, 2008. *Steam Reforming Of Bio-Oil Component (Acetic Acid) For Hydrogen Production-Effect Of Active Metal And Support Materials*
- [3] Fathurrachman Fagi 2016, *kondisi EBT di Indonesia*. <http://energibarudanterbarukan.blogspot.co.id/2011/02/kondisi-ebt-saat-ini-di-indonesia.html> (diakses tgl 1 maret 2016)
- [4] I.N.G. Wardana, 2008. *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*, PT. Danar Wijaya-Brawijaya University Press, Malang
- [5] Kementrian ESDM, 2015. *Impor BBM Kok Merasa Kaya Migas*. www.esdm.go.id (diakses 1 maret 2016).
- [6] Matondang Zulkifli, 2007. Perhitungan Uji Linieritas dan Keberartian Persamaan Regresi. www.google.co.id/#q=+Dr.+ZulkifliMatondang%2C+M.Si.2007 (diakses 24 Juni 2016)
- [7] M. Nasikin, Praswasti P.D.K Wulan, Vita Andrianty, 2004. *Permodelan Dan Katalitik Konverter Packed Bed Untuk Mengoksidasi Jelaga Pada Gas Buang Kendaraan Bermesin Diesel*. Teknik Kimia Universitas Indonesia.