

repository.ub.ac.id

# PENGARUH PERBANDINGAN KARBON AKTIF DAN CuZn TERHADAP PRODUKTIVITAS GAS HIDROGEN DARI MINYAK BIJI RANDU

*(Effect of Activated Carbon to CuZn Ratio on Hydrogen Productivity of  
Kapok Seed Oil)*

Andre Gunawan Nainggolan, I Nyoman Gede Wardana, Rudianto Raharjo

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jalan Mayjen Haryono 167 Malang 65145-Telp (0341) 567886  
Email: andre.nainggolan@gmail.com

## ABSTRAK

Energi merupakan keperluan mendasar bagi kehidupan manusia. Akan tetapi peningkatan kebutuhan energi tidak sejalan dengan ketersediaannya. Hal ini menyebabkan krisis energi di masa mendatang. Sel bahan bakar merupakan salah satu teknologi energi terbarukan yang dapat dijadikan energi alternatif. Teknologi sel bahan bakar adalah alat konversi energi elektrokimia yang mengubah hidrogen dan oksigen menjadi air dan secara bersamaan menghasilkan energi listrik dan panas. Dengan berkembangnya teknologi sel bahan bakar, menyebabkan kebutuhan hidrogen menjadi meningkat. Hidrogen dapat diperoleh dengan mereaksikan minyak nabati dan air melalui proses *steam reforming*. Penggunaan katalis industri CuZn pada umumnya digunakan sebagai katalis dalam proses ini. Akan tetapi CuZn merupakan katalis industri yang sulit untuk didapatkan dan memiliki harga yang relatif mahal. Pada penelitian ini, dibahas metode *steam reforming* menggunakan bio-katalis, yaitu karbon aktif. Variasi yang digunakan adalah perbandingan massa katalis antara CuZn dan karbon aktif yaitu 1:0, 1:1, 1:3, dan 0:1. Minyak nabati yang digunakan adalah minyak biji randu dengan temperatur pemanasan 200°C dan perbandingan campuran antara minyak biji randu dan air 3:1. Produktivitas gas hidrogen dari minyak biji randu menjadi objek yang diamati.

**Kata Kunci:** *steam reforming*, minyak biji randu, katalis, karbon aktif, laju reaksi

## ABSTRACT

*Energy is a fundamental and an important thing for human life. But, the increasing need of energy is not balanced with its availability, so that causing energy problem in the future. Fuel cell is a new technology that can be used as alternative energy. Fuel cell is thermochemical technology which convert hydrogen and oxygen into electrical energy. The development of fuel cell technology, cause the increase of hydrogen needs. Hydrogen can be obtained by processing vegetable oil and water through a process of steam reforming. Generally, research of steam reforming suggests to using CuZn as catalyst for the process. But, CuZn is an industrial catalyst which has expensive price. In this research, the use of bio-catalyst such as activated carbon which easy to obtain will be developed. The variation of 1:0, 1:1, 1:3, 0:1 of activated carbon to CuZn ratio of kapok seed oil was used in this paper. Heating temperature of catalyst at 200°C and ratio of 3:1 between oil and water were selected. The productivity of hydrogen gas was the observed object.*

**Keywords:** *steam reforming, kapok seed oil, catalyst, activated carbon, reaction rate*



## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Semakin meningkatnya permintaan BBM berdampak pada krisis energi dimana ketersediaan bahan bakar fosil di Indonesia tidak sebanding dengan konsumsinya. Saat ini cadangan minyak di Indonesia mencapai 3,9 miliar barel (Kurtubi, 2012) yang diperkirakan habis selama 12 tahun kedepan.

Berdasarkan penjelasan diatas maka diperlukan penghematan energi tak terbarukan dan salah satu solusinya adalah mengembangkan sumber energi terbarukan. Indonesia dengan penghasil minyak nabati yang mencukupi mempunyai potensi yang cukup besar terhadap pemecahan masalah energi ini, namun pemanfaatannya belum optimal (EBTKE Conex, 2012). Salah satu teknologi energi baru terbarukan itu yakni teknologi *fuelcell*. Teknologi *fuelcell* adalah suatu alat konversi energi elektrokimia yang mengubah hidrogen dan oksigen menjadi air secara bersamaan menghasilkan energi listrik dan panas dalam prosesnya (Sriyono, 2012). *Fuel cell* merupakan suatu bentuk teknologi yang ramah lingkungan karena hasil konversi yang dihasilkan berupa air dan listrik serta dapat diisi ulang seperti baterai untuk dapat digunakan kembali.

Perkembangan teknologi *fuelcell* menyebabkan meningkatnya kebutuhan hidrogen. Unsur hidrogen sangat melimpah di alam akan tetapi untuk pemenuhan kebutuhan hidrogen dibutuhkan suatu teknologi untuk memproduksinya. *Fuelcell* dalam aplikasinya memiliki keuntungan yang lebih jika dibandingkan dengan *internal combustion engine*, kelebihan tersebut antara lain efisiensi lebih tinggi (kurang lebih 70%) dari pada mesin konvensional, tingkat emisi polutan rendah serta mesin bebas dari bising, getaran, transfer kalor berlebih, pencemaran termal dan masalah lain yang biasanya terdapat pada pembangkit tenaga konvensional (Chang, 2005).

Gas hidrogen 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.

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 kosmetik, minyak pelumas, campuran *coating* pada genting, campuran pada kain batik, serta sumber protein untuk sapi dan domba.

Pembuatan hidrogen melalui metode *steam reforming* pada dasarnya berlangsung pada suhu yang tinggi dan membutuhkan energi panas yang banyak. Hal ini terjadi dikarenakan proses pemutusan ikatan hidrogen dari bahan dasarnya yaitu minyak biji randu membutuhkan energi aktivasi yang tinggi. Penggunaan katalis pada proses *steam reforming* menjadi diperlukan untuk mempercepat proses pemisahan unsur hidrogen. Katalis yang digunakan dalam hal ini adalah katalis yang memiliki keaktifan dan stabilitas yang tinggi. Pada umumnya penelitian mengenai *steam reforming* menyarankan agar menggunakan katalis CuZn karena sifat dasar Cu dan Zn sebagai logam aktif yang mudah mengikat oksigen dan mudah terdeaktivasi pada suhu tinggi. Akan tetapi CuZn merupakan katalis industri yang sulit untuk didapatkan dan memiliki harga yang relatif mahal.

Pada penelitian kali ini akan mengembangkan penggunaan *bio*-katalis yaitu karbon aktif yang mudah untuk didapatkan. Pada penelitian sebelumnya seperti yang dilakukan oleh Veronika (2015) menunjukkan bahwa semakin gas hasil penguapan campuran minyak biji randu dan air melewati katalis yang lebih banyak akan menghasilkan gas hidrogen yang banyak pula. Pada penelitian ini akan dipakai kombinasi 2 katalis yaitu CuZn dan karbon aktif.

Perbandingan massa CuZn dan karbon aktif divariasikan dalam penelitian ini yaitu perbandingan massa 1:0, 1:1, 1:3, dan 0:1 (massa CuZn : karbon aktif). Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah penambahan katalis karbon aktif dapat mempengaruhi produktifitas gas hidrogen dan apakah karbon aktif dapat digunakan sebagai pengganti katalis industri CuZn yang pada umumnya digunakan sebagai katalis pada proses *steam reforming*. Diharapkan dengan adanya karbon aktif sebagai katalis pada proses *steam reforming* dapat meningkatkan produktifitas hidrogen. Pada penelitian ini juga diharapkan dapat mengetahui perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif yang optimal serta mengetahui laju reaksi pada setiap variasinya.

### Laju Reaksi

Laju reaksi adalah laju penurunan reaktan (pereaksi) atau laju bertambahnya produk (hasil reaksi). Laju reaksi dapat menggambarkan cepat lambatnya suatu reaksi kimia, sedangkan reaksi kimia merupakan proses mengubah suatu zat (pereaksi) menjadi zat baru yang disebut sebagai produk.

Secara umum laju reaksi dapat dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$V = \frac{\Delta[M]}{t} \quad (1)$$

Keterangan:  $V$  = laju reaksi (mol/detik);  $\Delta[M]$  = penambahan konsentrasi hasil reaksi (mol);  $t$  = waktu (detik)

Laju reaksi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

#### a. Suhu

Kenaikan suhu dapat mempercepat laju reaksi karena dengan naiknya suhu, energi kinetik partikel zat-zat meningkat sehingga memungkinkan semakin banyaknya tumbukan efektif yang menghasilkan reaksi.

#### b. Konsentrasi

Konsentrasi mempengaruhi laju reaksi, karena banyaknya partikel memungkinkan lebih banyak tumbukan dan membuka peluang semakin banyak tumbukan efektif yang menghasilkan reaksi.

#### c. Luas permukaan sentuh

Luas permukaan mempercepat laju reaksi karena semakin luas permukaan zat, semakin banyak bagian zat yang saling bertumbukan dan semakin besar peluang adanya tumbukan efektif yang menghasilkan reaksi. Semakin kecil ukuran partikel zat, semakin luas permukaan zat sehingga reaksi akan berlangsung lebih cepat.

#### d. Katalis

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung pada suhu lebih rendah sehingga membutuhkan energi aktivasi lebih rendah sehingga energi yang dibutuhkan untuk bereaksi menurun dan reaksi dapat berlangsung lebih cepat.

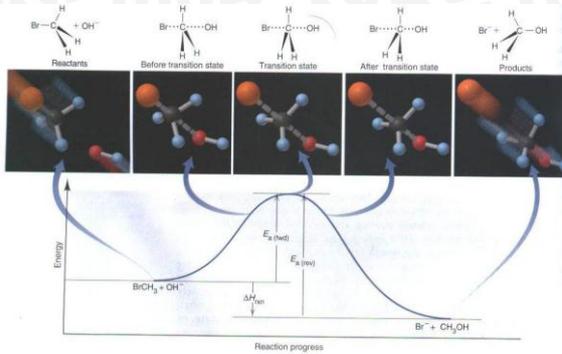
(Fakultas Teknologi Pangan Universitas Brawijaya [FTP-UB], 2012)

### Teori Tumbukan

Reaksi terjadi akibat adanya molekul reaktan yang bertumbukan. Tumbukan antar molekul yang memiliki tingkat energi yang tinggi akan menyebabkan terganggunya gaya tarik-menarik antar molekul, sehingga terbentuk suatu ikatan molekul yang baru.

Secara struktural, molekul mempunyai suatu bagian (gugus) yang bersifat labil.

Jika tingkat energi pada gugus yang labil tersebut ditingkatkan yaitu dengan meningkatkan suhu, maka akan terjadi reaksi dengan melepaskan kelebihan energi sehingga diperoleh tingkat energi baru yang lebih rendah atau lebih stabil.



Gambar 1 Konsep tumbukan pada suatu reaksi

### Karbon aktif

Karbon aktif merupakan adsorben yang digunakan untuk membantu mempercepat terjadinya reaksi. Karbon memiliki luas permukaan dan daya serap (*adsorpsi*) yang lebih baik dibandingkan adsorben lainnya (Walas, 1990).

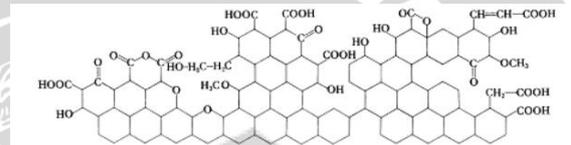
Menurut Sundibandriyo *dkk* (2003), karbon aktif dengan luas area permukaan yang besar memiliki daya adsorpsi yang besar juga. Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan proses aktivasi, yaitu suatu perlakuan terhadap karbon yang bertujuan memperbesar pori. Proses aktivasi dilakukan dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan sifat, baik kimia maupun fisik, memiliki luas permukaan aktif yang lebih besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsinya.



Gambar 2 Karbon aktif

Metoda aktivasi pada pembuatan karbon aktif adalah aktivasi kimia yaitu proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan menggunakan bahan-bahan kimia, dan dengan aktivasi fisika yaitu proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap, dan  $\text{CO}_2$ .

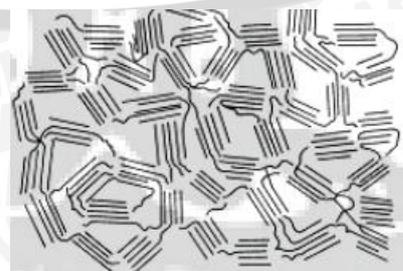
Proses aktivasi pada karbon aktif akan membentuk struktur pori-pori baru yang semakin membesar dikarenakan adanya pengikisan atom karbon melalui proses oksidasi ataupun pemanasan. Dengan semakin besarnya pori-pori yang terbentuk dari karbon aktif, maka daya *adsorpsi*-nya semakin lebih besar. Ilustrasi struktur kimia karbon aktif dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Struktur kimia karbon aktif  
Sumber: Sudibandriyo (2013)

Menurut Prabowo (2009) karbon aktif terdiri dari 87% - 97 % karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur, nitrogen serta senyawa lain yang terbentuk dari proses pembuatannya. Volume karbon aktif biasanya  $0,2 \text{ cm}^3/\text{gram}$  sampai  $1 \text{ cm}^3/\text{gram}$ . Sedangkan luas permukaan yang dimiliki karbon aktif  $300 \text{ m}^2/\text{gram}$  sampai  $3000 \text{ m}^2/\text{gram}$ . Karbon aktif yang baik harus memiliki luas permukaan yang besar sehingga daya adsorpsinya semakin besar.

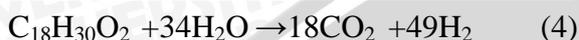
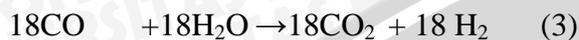
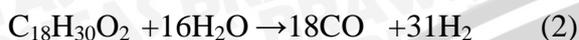
Karbon aktif memiliki bentuk yang amorf terdiri dari pelat-pelat datar dimana atom-atom karbonnya terikat dan tersusun secara kovalen dalam tatanan atom-atom hexagonal. Skema struktur karbon aktif dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Ilustrasi skema karbon aktif

## Reaksi Pencampuran

Pada komposisi asam lemak minyak randu diketahui terdapat 35.107% susunan asam Linoleat ( $C_{18}H_{32}O_2$ ). Secara teori pendekatan yang dipakai adalah menggunakan rumus kimia dengan kandungan asam lemak terbesar dengan penjabaran reaksi pencampuran dibawah ini:



Dari reaksi diatas maka bisa dihitung perbandingan berat minyak randu dan air adalah 278 : 612 (Mr  $C_{18}H_{32}O_2 = 278$  dan Mr  $34 H_2O = 612$ ). Jika densitas minyak randu  $0,96 \text{ g/cm}^3$  dan air  $1 \text{ g/cm}^3$  maka perbandingan volume minyak randu dan air 289,58 : 612 dan jika disederhanakan menjadi 1 : 2.2.

## METODE

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimental (*experimental research*) dimana dilakukan pengamatan secara langsung pada objek yang diteliti. Dalam pembahasan ini objek yang diamati adalah konsentrasi gas hidrogen hasil proses *steam reforming* berdasarkan variabel-variabel penelitian yang telah ditentukan.

### Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah:

#### 1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Pada penelitian ini variabel yang divariasikan sebagai variabel bebas adalah perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif yaitu: 1:0, 1:1, 1:3, 0:1.

#### 2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

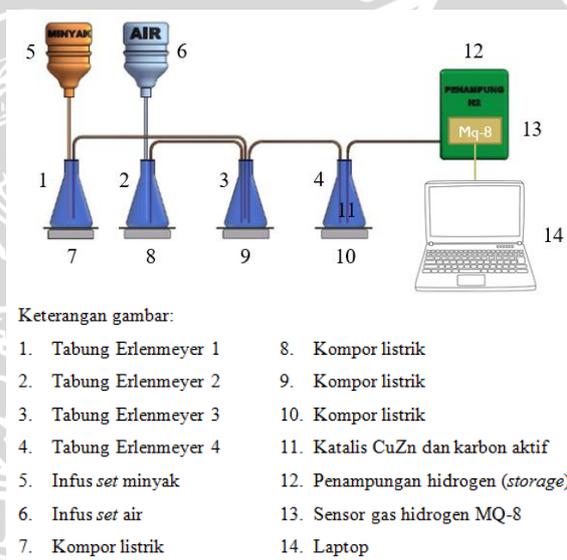
Variabel terikat merupakan variabel yang nilainya tergantung pada variasi variabel bebas, pada penelitian ini yang berperan sebagai variabel terikat adalah konsentrasi gas hidrogen yang dihasilkan dalam satuan *part per millions* (ppm).

### 3. Variabel Kontrol (*Control Variable*)

Variabel kontrol merupakan variabel yang nilainya dijaga konstan selama proses penelitian, fungsinya sebagai pemberi batasan masalah agar penelitian tidak terlalu meluas. Berikut adalah variabel kontrol selama proses penelitian:

- Perbandingan massa antara minyak dan air adalah 3:1
- Temperatur uap pada tabung katalis adalah  $200^\circ\text{C}$
- Katalis CuZn yang digunakan sebanyak 2 butir dengan berat 0.11 gram
- Daya kompor pemanas adalah 600 watt

## Instalasi Penelitian



Gambar 5 Instalasi penelitian

Tabung pertama diisi minyak biji randu dan tabung kedua diisi air. Untuk mengatur laju penambahan massa antara minyak dan air, pada masing-masing tabung diberikan infus set. Infus set diatur sedemikian rupa sehingga waktu setiap satu tetes minyak dan air yang masuk ke dalam Erlenmeyer, memiliki perbandingan massa 3:1. Kemudian oleh kompor listrik dengan daya 600 Watt, uap dan minyak yang berada di dalam erlenmeyer dipanaskan hingga berubah menjadi fase uap. Hasil penguapan tersebut kemudian dialirkan ke dalam tabung ketiga.

Tabung ketiga merupakan tempat bercampurnya uap minyak dan uap air yang berasal dari tabung 1 dan tabung 2. Kemudian pada tabung ketiga diberi pemanasan kembali menggunakan kompor listrik, sehingga campuran uap tersebut memiliki temperatur 200°C. Hasil pemanasan pada tabung ketiga kemudian dialirkan menuju tabung keempat yang sudah dimasukkan katalis di dalamnya. Katalis CuZn dan karbon aktif dalam hal ini diatur massanya, sehingga membentuk perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif 1:0, 1:1, 1:3, dan 0:1.

Reaksi antara minyak dan air pada dasarnya sudah terjadi pada tabung ketiga, tetapi dengan adanya penambahan katalis dalam proses, secara teori mempercepat laju reaksi. Penggunaan CuZn dan karbon aktif dengan jumlah yang berbeda-beda atau divariasikan dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh perbandingan kedua katalis terhadap produksi hidrogen.

Gas hidrogen hasil reaksi yang berasal dari tabung keempat dialirkan menuju penampungan hidrogen. Konsentrasi gas hidrogen kemudian akan dibaca oleh sensor MQ-8. Sensor MQ-8 memiliki sensitifitas tinggi terhadap hidrogen sehingga digunakan untuk membaca konsentrasi gas. Sensor MQ-8 dinyalakan selama pengambilan data berlangsung. Data hasil pembacaan sensor, oleh *mikrokontroler* akan dihubungkan ke laptop sebagai media penyimpanan. Data tersebut kemudian dengan laptop dapat disimpan dan diolah sehingga kemudian dapat dianalisis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengolahan Data

Proses pengambilan data dilakukan dalam tahap dua tahap, yaitu tahap persiapan dan tahap pengoperasian. Pada tahap persiapan semua kompor dinyalakan hingga temperatur dalam tabung Erlenmeyer mencapai 200°C. Kemudian infus yang berisi minyak randu dan air diatur sehingga mempunyai perbandingan

massa alir 3:1. Laptop disiapkan sebagai media penyimpanan data.

Pada tahap pengoperasian, langkah pertama yaitu minyak randu dan air dipanaskan dalam tabung Erlenmeyer sehingga menjadi uap yang dilewatkan pada katalis dengan variasi: 1:0, 1:1 dan 1:3 (perbandingan katalis CuZn : karbon aktif) untuk kemudian uap tersebut dialirkan ke dalam *storage* atau penyimpanan dan dilakukan pengambilan data selama 1000 detik.

Pengambilan data dilakukan menggunakan sensor MQ-8 yang diletakkan di dalam *storage*, dimana sensor MQ-8 spesifik untuk membaca gas hidrogen. Data yang terbaca sensor dihubungkan oleh modul *mikrokontroler* dalam bentuk *data logger* sehingga dapat disimpan dan diolah di dalam laptop. Data yang didapatkan dari modul mikrokontroler adalah berupa data digital dalam satuan ppm (*part per million*) yang dikonversi ke dalam bentuk tabel dan grafik sehingga mempermudah dalam pengolahan data dan analisis.

### Perhitungan konsentasi minyak randu dan air

Pada pengambilan data, debit minyak randu dan air keluar tabung infus diatur sesuai perhitungan waktu tiap tetes minyak randu dan air. Untuk mendapatkan perbandingan massa alir minyak randu dan air yaitu 3:1 sesuai dengan variabel terkontrol penelitian, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui: 33 tetes minyak = 1 ml = 0,96 gr  
19 tetes air = 1 ml = 1,013 gr

Maka berat minyak randu dan air setiap 1 tetes adalah:

$$1 \text{ tetes minyak randu} = \frac{0,96}{33} \text{ gr} = 0,029 \text{ gr}$$

$$1 \text{ tetes air} = \frac{1,013}{19} \text{ gr} = 0,053 \text{ gr}$$

Kemudian ditetapkan waktu alir tiap 1 tetes air adalah 10 detik, maka waktu alir minyak randu tiap tetes dengan perbandingan massa minyak dan air 3:1 adalah:

$$\frac{3 \times m_{air}}{t_{air}} = \frac{m_{minyak}}{t_{minyak}} \quad (5)$$

$$\frac{3 \times 0,052}{10} = \frac{0,029}{t_{minyak}}$$

$$t_{minyak} = \frac{10 \times 0,029}{3 \times 0,052} = 1,84 \text{ detik}$$

### Data Hasil Penelitian

Data yang diperoleh berupa kandungan konsentrasi gas hidrogen dalam satuan ppm (*part per million*) yang disajikan dalam tabel pada lampiran dan diolah dalam bentuk grafik yang dibahas dalam pembahasan.

Satuan ppm (*part per million*) yang didapatkan dalam penelitian ini merupakan satuan yang digunakan untuk fluida yang memiliki konsentrasi yang sangat kecil. Berikut ini contoh perhitungan konversi satuan ppm menjadi gram/mililiter.

Data produksi hidrogen = 100 ppm

$$1000 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ gram}}{1000 \text{ mililiter}} \quad (6)$$

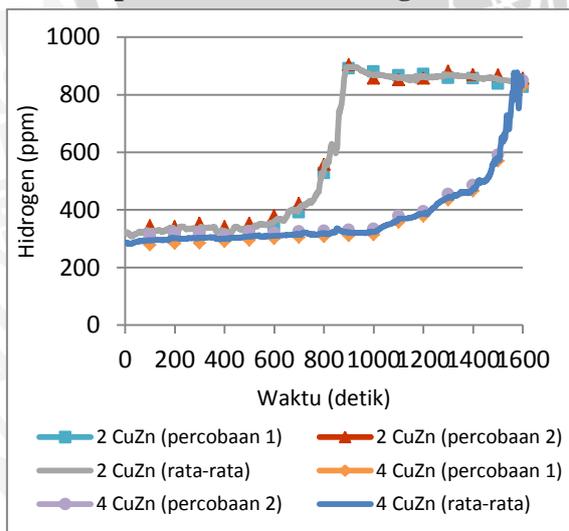
$$1 \text{ ppm} = \frac{0,001 \text{ gram}}{1000 \text{ mililiter}}$$

$$100 \text{ ppm} = 100 \times \frac{0,001 \text{ gram}}{1000 \text{ mililiter}}$$

$$= \frac{0,1 \text{ gram}}{1000 \text{ mililiter}} = 10^{-4} \text{ gram/ml}$$

### Pembahasan dan Analisis Grafik

#### Analisis Grafik Hubungan Jumlah CuZn terhadap Konsentrasi Hidrogen



Gambar 6 Grafik hubungan jumlah CuZn terhadap konsentrasi hidrogen

Gambar 6 membandingkan laju produksi hidrogen dengan jumlah CuZn yang berbeda, yaitu 4 buah CuZn dan 2 buah CuZn. Hal ini ditujukan untuk mengetahui jumlah CuZn yang optimal terhadap laju produksi hidrogen. Variasi CuZn dengan laju produksi yang tertinggi akan dijadikan sebagai acuan untuk menentukan massa karbon aktif yang dipakai sesuai perbandingan massa katalis yang telah ditetapkan pada variabel penelitian.

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa penggunaan 2 CuZn merupakan variasi yang memiliki laju produksi tertinggi. Konsentrasi hidrogen secara drastis meningkat pada detik ke-800 dengan laju produksi 0,48 ppm/s. Sedangkan pada penggunaan 4 CuZn, peningkatan terjadi pada detik ke-1450 dengan laju produksi 0,22 ppm/s. Perbedaan laju produksi terjadi akibat perbedaan massa yang dimiliki oleh CuZn.

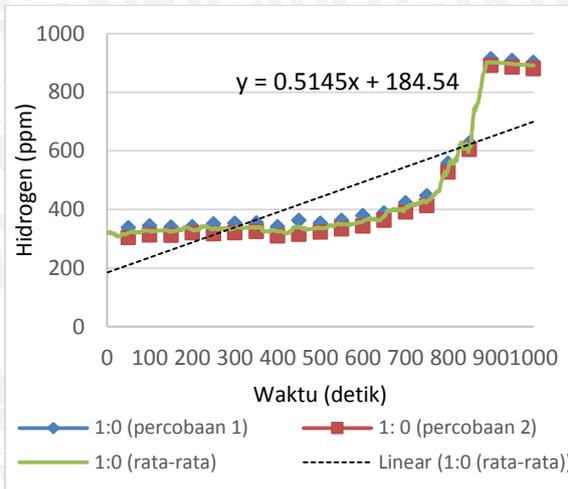
$$Q = m \times c \times \Delta T \quad (7)$$

Keterangan:  $Q$  = energi panas (kkal);  $m$  = massa (kg);  $c$  = koefisien perpindahan panas (kkal/kg·K);  $\Delta T$  = perubahan temperatur (K)

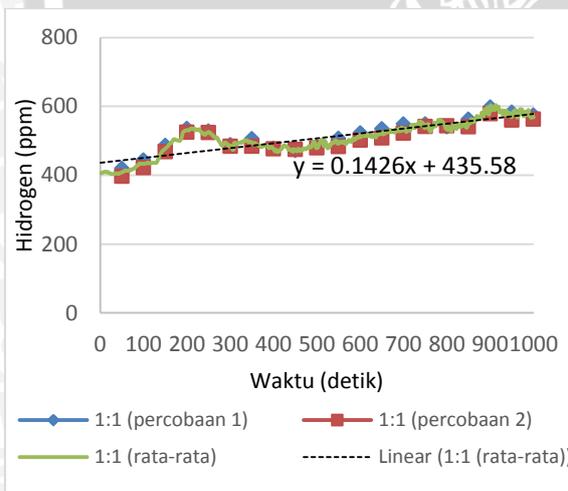
Pada Persamaan (7) menunjukkan bahwa massa yang lebih besar membutuhkan energi panas yang lebih banyak. Dalam hal ini, 4 buah CuZn memiliki massa dua kali lebih besar dibandingkan 2 CuZn, yaitu 0,44 gram berbanding 0,22 gram. Sehingga energi panas yang dibutuhkan 4 CuZn dua kali lebih besar juga dibandingkan 2 CuZn. Energi panas dibutuhkan katalis untuk proses aktivasi. Semakin besar massa katalis maka semakin lama proses aktivasinya, sehingga reaksi pembentukan hidrogen yang terjadi juga semakin lama. Semakin banyaknya panas yang terserap CuZn juga mengakibatkan berkurangnya panas yang digunakan molekul-molekul minyak dan air untuk bertumbukan. Sehingga dalam proses pemutusan ikatan kimia berlangsung lebih lama. Hal inilah

yang menyebabkan penggunaan 4 CuZn membutuhkan waktu produksi yang lebih lama.

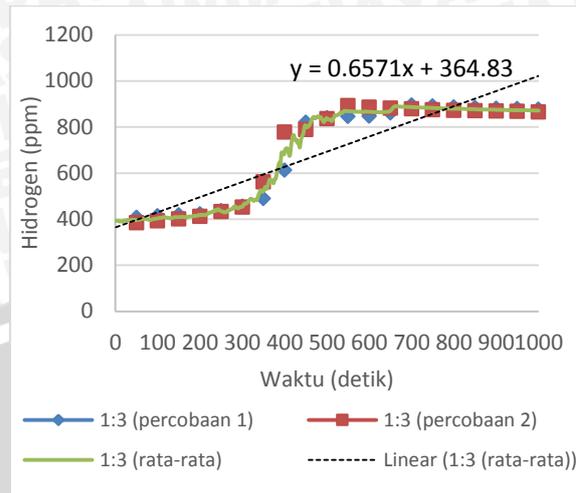
**Analisis Grafik Hubungan Penambahan Karbon Aktif pada CuZn terhadap Konsentrasi Hidrogen**



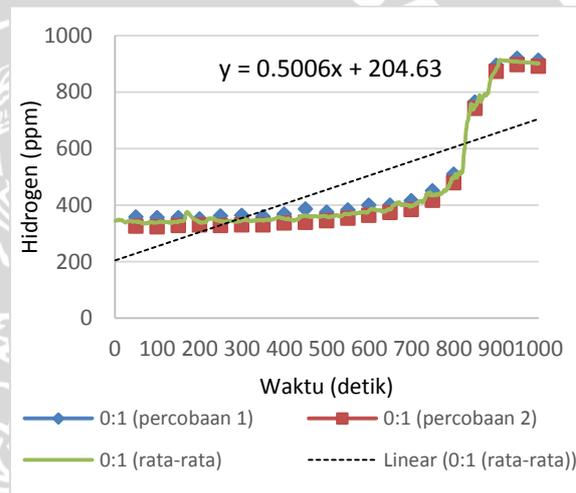
Gambar 8 Grafik konsentrasi hidrogen pada perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif 1:0



Gambar 9 Grafik konsentrasi hidrogen pada perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif 1:1

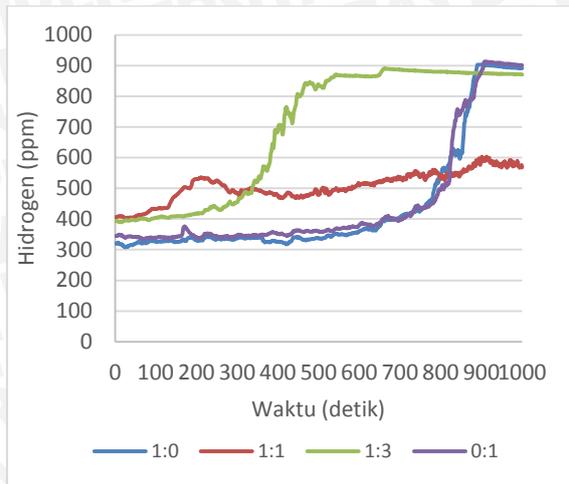


Gambar 10 Grafik konsentrasi hidrogen pada perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif 1:3



Gambar 11 Grafik konsentrasi hidrogen pada perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif 0:1

Gambar 8 hingga gambar 11 menunjukkan konsentrasi gas hidrogen hasil proses *steam reforming* pada tiap-tiap variasi katalis. Pada setiap pengujian suatu variasi, dilakukan dua kali percobaan. Kemudian dari kedua data tersebut dicari nilai rata-ratanya dan disajikan dalam grafik pada gambar 12.



Gambar 12 Grafik hubungan variasi katalis terhadap konsentrasi hidrogen

Pada gambar 12 didapatkan hubungan variasi katalis terhadap konsentrasi hidrogen. Pada setiap variasi katalis memiliki laju produksi yang berbeda-beda. Laju produksi tersebut kemudian ditampilkan dalam Tabel 1. Nilai laju produksi dicari dengan metode pendekatan grafis yaitu mencari nilai gradien atau kemiringan garis. Berikut ini ditampilkan laju produksi hidrogen pada setiap variasi:

Tabel 1. Laju Produksi Hidrogen

CuZn : karbon aktif	Laju produksi (ppm/s)
1:0	0.514
1:1	0.142
1:3	0.657
0:1	0.500



Gambar 13 Laju produksi hidrogen pada perbandingan 1:0, 1:1, 1:3, 0:1 (perbandingan CuZn : karbon aktif)

Gambar 13 menunjukkan produktivitas hidrogen dari masing-masing variasi. Jika diurutkan dari produktivitas tertinggi

hingga terendah adalah perbandingan 1:3, 1:0, 0:1, dan 1:1 (CuZn : karbon aktif). Hal ini sesuai dengan hipotesis yang menyatakan bahwa perbandingan massa 1:3 antara CuZn dan karbon aktif merupakan variasi yang memiliki produktivitas tertinggi. Hal ini dapat terjadi akibat jumlah katalis pada variasi 1:3 merupakan variasi dengan jumlah katalis terbanyak diantara variasi lainnya. Katalis memiliki sifat mempercepat sebuah reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi reaksi. Adapun cara kerja katalis CuZn maupun karbon aktif sudah dijelaskan seperti pada sub-bab 2.18 kerangka konsep penelitian.

Penambahan karbon aktif sebagai katalis proses *steam reforming* dalam hal ini juga memiliki pengaruh terhadap produktivitas. Pada variasi 1:3 memiliki produktivitas lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan katalis CuZn (variasi 1:0). Variasi 1:3 memiliki produktivitas 0,657 ppm/s sedangkan variasi 1:0 memiliki produktivitas 0,5 ppm/s. Bahkan pada variasi 0:1 memiliki produktivitas yang hampir sama dengan CuZn, yaitu 0,514 ppm/s berbanding 0,5 ppm/s (variasi 0:1). Hal ini dapat membuktikan bahwa penggunaan karbon aktif dapat menggantikan fungsi katalis industri CuZn pada proses *steam reforming*. Kedua hal diatas sesuai dengan hipotesis yaitu penambahan jumlah karbon aktif dalam proses akan meningkatkan laju produktivitas hidrogen.

Fungsi dari karbon aktif adalah mempercepat laju reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi. Energi aktivasi adalah energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan tumbukan sehingga terjadi reaksi. Semakin kecil energi aktivasi suatu proses maka semakin besar kecepatan tumbukan atau laju reaksi yang dihasilkan. Untuk menghitung laju produksi pada pembahasan menggunakan persamaan *adsorption rate*.

Persamaan *Adsorption Rate* sebagai berikut:

$$R_{ads} = k \times P^x \quad (8)$$

Dengan persamaan laju reaksi yang dipakai adalah Persamaan Arrhenius, maka:

$$k = A \times e^{-\frac{Ea}{RT}} \quad (9)$$

Dari persamaan (8) dan persamaan (9), maka *Adsorption Rate* menjadi:

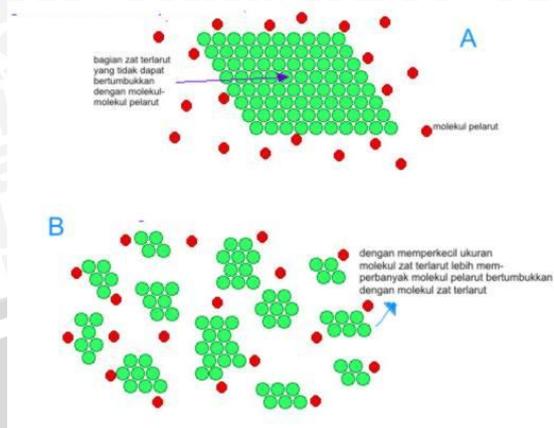
$$R_{ads} = k \times P^x \quad (10)$$

$$R_{ads} = P^x \times A \times e^{-\frac{Ea}{RT}} \quad (11)$$

Keterangan:  $R_{ads}$  = *adsorption rate*;  $P$  = *partial pressure*;  $x$  = *kinetik order*;  $A$  = *collision factor* atau *frequency factor*;  $e$  = bilangan natural;  $Ea$  = energi aktivasi;  $R$  = tetapan gas;  $T$  = suhu reaksi.

Pada persamaan (11) dapat dilihat bahwa *adsorption rate* ( $R_{ads}$ ) berbanding terbalik dengan energi aktivasi ( $Ea$ ). Semakin kecil energi aktivasi, maka laju reaksi semakin besar. Tetapi, semakin besar energi aktivasi, maka laju reaksi semakin rendah. Dalam hal ini, karbon aktif berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi, sehingga dengan penggunaan karbon aktif produktivitas hidrogen meningkat.

Dari persamaan (11) didapatkan hal lain yang mempengaruhi laju produksi yaitu *collision factor* atau *frequency factor*. *Collision factor* merupakan luas bidang kontak katalis. Diketahui bahwa karbon aktif memiliki ukuran yang sangat kecil, yaitu ukuran *nano*. Sehingga jika dibandingkan dengan katalis CuZn dengan volume 78 mm<sup>3</sup>, dengan massa yang sama karbon aktif memiliki luas permukaan yang sangat besar. Semakin besar luas permukaan katalis maka semakin besar pula *collision factor*. Penggunaan katalis karbon aktif yang berbentuk serbuk memiliki luas permukaan yang besar sehingga *adsorption rate* menjadi besar dan meningkatkan laju produksi gas hidrogen.



Gambar 14 Ilustrasi luas bidang kontak karbon aktif

Sumber: Nurul (2012)

Akan tetapi pada variasi 1:1 memiliki nilai produktivitas yang berbeda, yaitu lebih rendah dibandingkan katalis CuZn. Variasi 1:1 memiliki produktivitas 0,142 ppm/s sedangkan variasi 1:0 memiliki produktivitas 0,5 ppm/s. Hal ini bertentangan dengan hipotesis, bahwa seharusnya variasi 1:1 memiliki produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan variasi 1:0 dan variasi 0:1. Hal ini dapat terjadi akibat sifat karbon aktif yang mampu mengabsorpsi logam berat, seperti: Ag, Cd, Cr, Pb, Cu, dan Zn. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan (Fauziah, 2012), bahwa “karbon aktif dapat mengabsorpsi logam Cu dengan persentase penyerapan optimum logam Cu sebesar 86,3 persen”. Dalam hal ini, CuZn dan karbon aktif tidak berperan sebagai katalis dalam proses, sehingga reaksi memiliki produktivitas yang rendah. Gaya tarik menarik yang seharusnya diberikan CuZn untuk memutus ikatan kimia molekul, ternyata digunakan untuk saling berikatan dengan karbon aktif. Demikian juga medan magnet yang ditimbulkan oleh karbon aktif mempengaruhi CuZn. Sehingga kemampuan CuZn dan karbon aktif sebagai katalis menjadi menurun. Proses pemutusan ikatan kimia juga berlangsung lebih lama dan menyebabkan produktivitas menjadi rendah.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan jumlah CuZn paling efektif adalah 2 buah CuZn. Penggunaan jumlah CuZn yang lebih banyak mengakibatkan panas yang terserap semakin besar. Hal ini mengakibatkan panas yang diperlukan molekul minyak dan air untuk bertumbukan menjadi berkurang. Sehingga proses pemutusan ikatan molekul kimia berlangsung lebih lama.
2. Variasi perbandingan 1:3 antara CuZn dan karbon aktif merupakan variasi dengan produktivitas tertinggi. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah katalis pada variasi 1:3 merupakan variasi dengan jumlah katalis terbanyak diantara variasi lainnya. Katalis memiliki sifat mempercepat sebuah reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi reaksi.
3. Karbon aktif dapat menggantikan fungsi katalis industri CuZn pada proses *steam reforming*. Hal ini terbukti dari produktivitas variasi 0:1 (hanya karbon aktif) memiliki nilai yang hampir sama dengan variasi 1:0 (hanya CuZn), yaitu 0,514 ppm/s berbanding 0,5 ppm/s.

### Saran

Adapun saran yang penulis harapkan dari penelitian tentang pembuatan hidrogen dari campuran minyak biji kapuk dan air dengan metode *steam reforming* ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menyempurkan proses pembuatan hidrogen dari minyak biji randu pada metode *steam reforming*.
2. Perlu dilakukan penelitian terhadap fenomena antara CuZn dan karbon aktif yang saling melemahkan kinerja katalis dalam proses *steam reforming*.
3. Sebaiknya memperhatikan pengaruh laju penguapan minyak kapuk dan air. Perbedaan laju penguapan minyak kapuk

dan air akan merubah pembacaan konsentrasi hidrogen.

4. Sebaiknya menggunakan sensor gas hidrogen yang lebih sensitif dan tahan terhadap uap panas.
5. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pembuatan hidrogen dari minyak nabati lain seperti minyak kelapa, minyak jarak, minyak biji matahari dan minyak kelapa sawit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adityo. (2011). Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan terhadap Konsentrasi Hidrogen pada *Hydrogen Reformer*. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Bailey. (1996). *Bailey's Industrial Oil and Fat Product, 5th edition*. Edited by Y.H. Hui, Wiley-Interscience Publication, USA.
- Bob Foster. (2004). *Instan Kimia*. Bandung: Erlangga.
- Chang, R. (2005). *General Chemistry: The Essential Concepts*. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Dewajani & Heny. (2008). Potensi Minyak Biji Randu (*Ceiba pentandra*) sebagai Alternatif Bahan Baku Biodiesel. Laboratorium Satuan Operasi Skala Kecil. Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang.
- Faujiah, F. (2012). Pemanfaatan Karbon Aktif dari Limbah Padat Industri Agar-Agar sebagai Adsorben Logam Berat dan Bahan Organik dari Limbah Industri Tekstil. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hambali, E., Mujdalipah, S., Tambunan, A.H., Pattiwiri, A.W. & Hendroko, R. (2007). *Teknologi Bio Energi*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2012). *Penanggulangan Krisis Energi Melalui Indonesia EBTKE Conex 2012*. <http://www.ebtke.esdm.go.id/id/publik>

<asi/press-release/590-penanggulangan-krisis-energi-melalui-indonesia-btke-conex-2012.html>.

(diakses 10 November 2016).

- Kristianingrum, S. (2003). Kinematika Kimia. *Workshop Guru Bidang Studi Kimia*. Sidoarjo, 23-24 Mei 2003.
- Kusumawardani, N.I. (2015). Pengaruh Temperatur, Kecepatan Putar Ulir Dan Waktu Pemanasan Awal Terhadap Perolehan Minyak Biji Kapuk Dari Biji Kapuk Dengan Metode Penekanan Mekanis (*Screw Press*). *Tugas Akhir*. Tidak dipublikasikan. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Nada, Z.N. (2014). Pembuatan Hidrogen dengan Katalis Karbon Aktif dan Ni/Hzsm-5 dengan Metode Pemanasan Konvensional. *Jurnal Teknik POMITS*. 2 (I): 1-5.
- Oktaviani, S., Melwita, E. & Fatmawati. (2014). Ekstraksi Minyak Biji Kapuk dengan Metode Ekstraksi Soxhlet. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 20, No.1. Universitas Sriwijaya.
- Preddy. (2014). Pengaruh Jumlah Katalis dan Perbandingan Campuran Minyak Randu dengan Air terhadap Laju Produksi Hidrogen serta Karbondioksida. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Pujiyanto. (2010). Pembuatan Karbon Aktif Super dari Batubara dan Tempurung Kelapa. *Tesis*. Tidak dipublikasikan. Depok: Universitas Indonesia.
- Salimon, Jumat, Ahmed & Waled. (2009). Sifat Fizikokimia Minyak Biji *Jatropha Curcas* Tropika. *Jurnal Sains Malaysiana*. 41 (3) (2009): 313–317.
- Sihite, J. (2014). Pembuatan hidrogen dari campuran minyak jarak dan air dengan metode *steam reforming*. *Tesis*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Sriyono. (2012). *Fuel Cell Energi Alternatif*.  
<https://id.scribd.com/document/332331989/fuel-cell>.

(diakses 15 November 2016).

- Veronika. (2015). Pengaruh Jumlah Tahapan Katalis terhadap Produksi Hidrogen dari Minyak Biji Randu dan Air. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Wardana, I.N.G. (2008). *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*. Malang: PT. Danar Wijaya-Brawijaya University Press.
- Winarno, F. G. (1991). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.