

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Ekaterini (2008), melakukan penelitian tentang produksi hidrogen dari *bio-oil* menggunakan pemecah hidrogen dengan panas dan katalis. Hidrogen juga diproduksi dengan uap air *bio-oil* dengan penambahan zat kapur alumina dapat memperbaiki asam cuka dan aseton. Pada penelitian ini juga menggunakan metode *steam reforming* dengan katalis $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$.

Adityo (2011), melakukan penelitian mengenai pembuatan hidrogen dari minyak jarak dengan teknik sederhana (*Steam reforming*). Dalam penelitiannya *Steam reforming* dilakukan dengan cara mengalirkan dan mencampur minyak jarak serta air dengan perbandingan tertentu ke dalam tiga tabung reaksi dimana dalam waktu yang sama dipanasi. Pada tabung ketiga sebelum keluar, gas akan melewati beberapa butir katalis. Uap yang keluar setelah melewati katalis diamati konsentrasi gas hidrogennya.

Jonas (2014), melakukan penelitian mengenai pembuatan hidrogen dari minyak jarak dengan teknik sederhana (*Steam reforming*). Minyak jarak serta air dengan perbandingan tertentu dimasukkan kedalam dua tabung reaksi dimana dalam waktu yang sama dipanasi. Pada tabung satu diisi minyak jarak dan tabung dua diisi air kemudian uap campuran lalu dialirkan menuju tabung tiga setelah melewati tabung tiga akan dialirkan menuju tabung empat berisi katalis yang divariasikan. Uap yang keluar dari tabung empat diamati konsentrasi

2.2 Minyak Randu sebagai Energi Alternatif

Berkurangnya cadangan bahan bakar minyak menuntut kita untuk perlu mengembangkan energi alternatif. Berbagai cara maupun penelitian telah dilakukan untuk memproduksi energi alternatif baik menggunakan metode sederhana maupun yang rumit. Salah satu bahan untuk membuat energi alternatif adalah minyak nabati yang nantinya akan di proses untuk diambil hidrogennya. Di Indonesia sumber minyak nabati sangat melimpah, salah satu contohnya adalah minyak randu. Kapuk randu banyak dijumpai di Indonesia terutama di daerah Jawa. Di Jawa Barat, perkebunan kapuk randu terbesar terdapat di daerah Lebak Wangi dan Bandung, di Jawa Tengah terdapat di daerah Pati, Kudus dan Jepara, sedangkan di Jawa Timur

Tabel 2.1 Karakteristik minyak randu

Sifat Fisik	Nilai
Titik nyala (°C)	148
Titik tuang (°C)	1
Densitas pada 25°C (kg/m ³)	860
Viscositas kinematik pada 40°C (mm ² /s)	1,8
Bilangan Asam (mg KOH/g)	1.37
Kandungan sulfur (%)	0,024
Kandungan air (%)	0,03

Sumber: Yusup, 2012

Tabel 2.2 Komposisi asam lemak minyak randu

Tabel Komponen Minyak

No.	Persen	Retensi Waktu	Nama Metil ester
1	0.176	44.669	asam 9-heksadekanoat
2	24.765	45.112	asam palmitat
3	0.377	46.403	asam 9,12-linoleat
4	0.556	46.533	asam 2-heksil siklopropanoktanoat
5	0.611	47.328	asam dekstro kamforat
6	35.107	48.283	asam 8,11-oktadekadienoat
7	21.634	48.398	asam elaidat
8	4.084	48.482	asam elaidat
9	0.649	48.864	asam stearat
10	0.233	49.109	unknown
11	0.579	49.529	asam malvalat
12	1.005	49.659	asam malvalat
13	1.470	49.896	unknown
14	0.745	50.094	unknown
15	2.078	50.316	asam 2-oktil siklopropanoktanoat
16	1.906	50.515	unknown
17	0.935	50.729	unknown
18	0.218	51.256	unknown
19	0.334	51.386	asam 2-oktilsiklopropena-1-oktanoat
20	0.597	51.592	unknown
21	0.436	52.219	unknown
22	0.805	52.303	asam arakhidat
23	0.529	55.482	asam behenat / asam dokosanoat
24	0.168	58.432	asam lignoserat / asam tetrakosanoat

Sumber: Heryanto, 2014

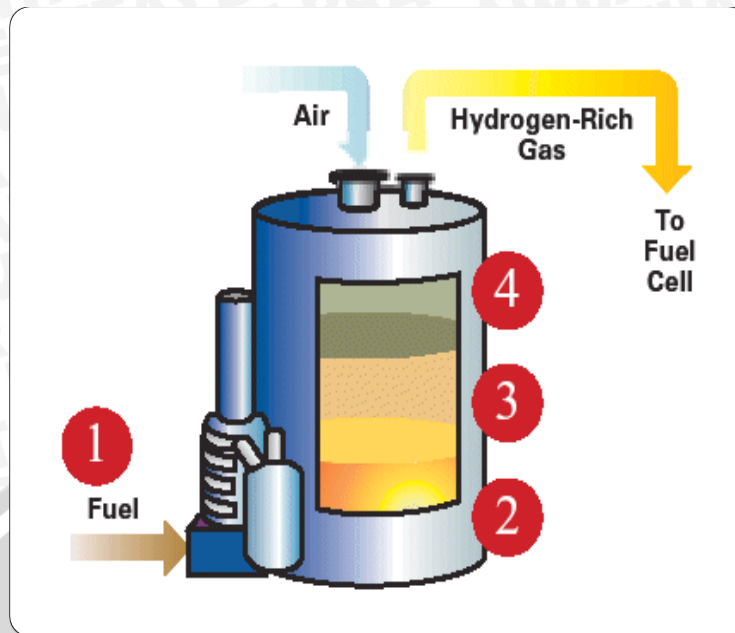
2.3 Komponen Utama Minyak Randu

Minyak randu mempunyai beberapa kandungan, 3 kandungan asam terbesar dalam minyak randu :

- **Asam Elaidat:** Asam elaidat juga dikenal sebagai asam oleat, yaitu asam lemak cair yang dengan konfigurasi $C_{18}H_{34}O_2$, dapat dibuat dengan menghidrolisa lemak atau minyak lemak, dipisahkan dengan cara pemerasan. Asam ini bermujud cair dalam suhu kamar, serta memiliki sifat mudah larut dalam etanol dan kloroform.
- **Asam Oktadekadienoat:** Asam ini di sebut juga asam linoleat. Asam lemak ini masuk keluarga omega-6 dengan konfigurasi $C_{18}H_{36}O_2$ Asam ini dapat menghasilkan Asam Arakhidonat (AA). Asam ini terdapat pada minyak sayuran, minyak bunga matahari, dan kacang Kedelai. Asam linoleat tergolong asam lemak esensial (Bangun, 2011).
- **Asam Palmitat:** asam lemak jenuh rantai panjang yang terdapat dalam bentuk trigliserida dengan konfigurasi $C_{16}H_{32}O_2$ pada minyak nabati maupun minyak hewani disamping juga asam lemak lainnya. Minyak tersebut merupakan ester gliserol palmitat maupun ester gliserol lainnya (Lubis, 2010).

2.4 Hydrogen Reformer

Berawal dari penelitian mengenai *fuelcell* upaya pemenuhan kebutuhan akan inti hidrogen sebagai penunjang dan penggunaan bio oil (minyak nabati) sebagai bahan dasar menjadi salah satu metode yang akan dikembangkan dan diaplikasi secara intensif. Pemilihan minyak nabati sebagai bahan dasar, berdasar atas banyaknya unsur hidrogen pada rantai hidrokarbon dan mudah diperbaharui. Sebagai penunjang bahan bakar alternatif, untuk memproduksi hidrogen dirancang sebuah skema atau cara sederhana dengan prinsip mengikat asam lemak dari bahan dasar minyak nabati menggunakan katalis dan dipanaskan. Saat ini cara ini lebih dikenal dengan *steam reformer*. Disebut demikian karena hidrogen yang dihasilkan berupa uap dari hasil pemanasan. Berikut contoh aplikasi produksi hidrogen pada *hydrogen reformer* pada gambar 2.2:



Gambar 2.2 Skema proses pembentukan hidrogen dari bahan bakar

Sumber: (Salimy, 2008)

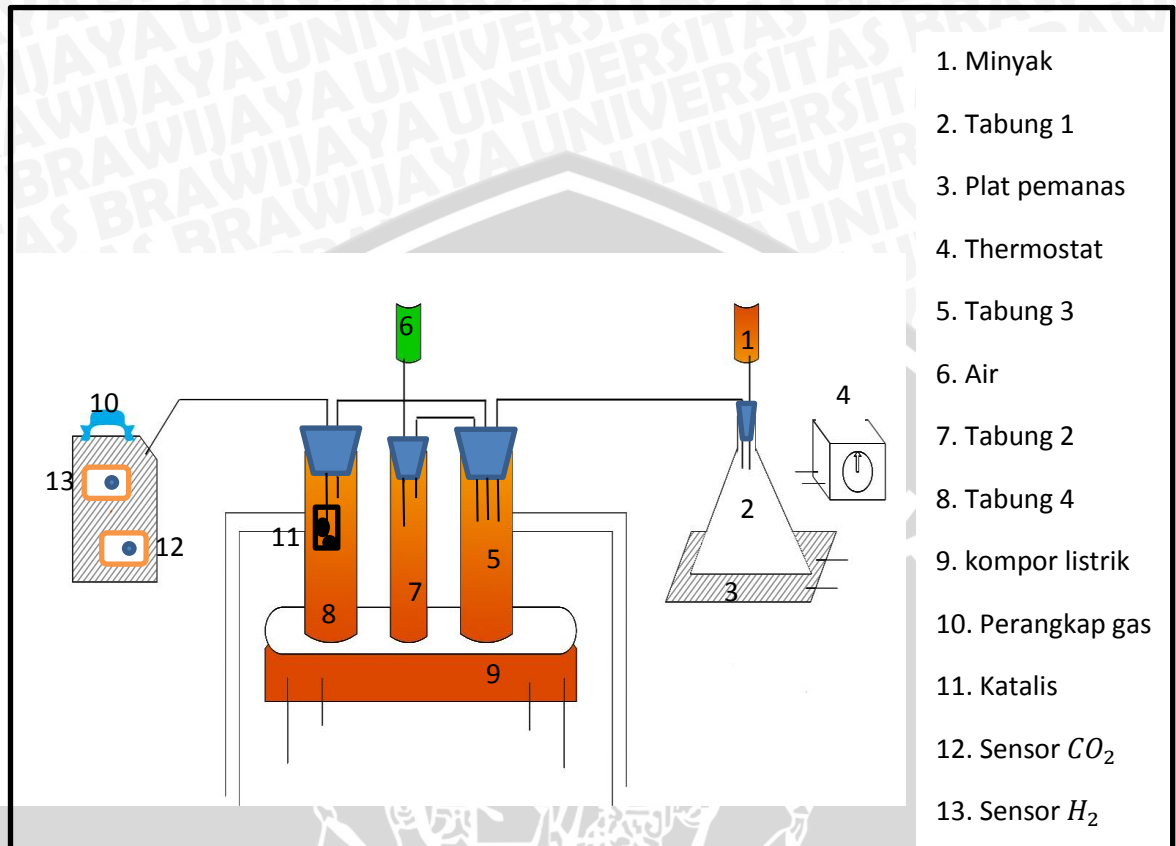
Pada tahap ini bahan bakar diuapkan dan dicampur dengan uap air. Tahap kedua, digunakan katalis untuk memisahkan hidrogen dari bahan bakar serta membentuk CO dan CO_2 . Tahap ketiga membentuk H dan CO. Tahap keempat, penyaringan gas untuk pemurnian sebagai bahan bakar.

Sedangkan penggunaan air sebagai reaktan berdasarkan asumsi pH 7, mudah didapat, bila bereaksi tidak menimbulkan zat berbahaya dan terdapat dua unsur yang berguna (hidrogen dan oksigen) untuk proses elektrolisis sistem sel bahan bakar.

2.4.1 *Hydrogen Reformer* pada Penelitian

Berdasar penelitian sebelumnya (Jonas, 2012) menggunakan model skema empat tabung pada gambar 2.3 dengan perangkat gas model tertutup. Pada penelitian ini meneliti tentang pengaruh pemanasan pada pencampuran minyak randu dan air dengan perbandingan tertentu serta menggunakan pemanas dan katalis, variabel yang dipakai selama penelitian disimpan didata modul mikro, variabel itu terdiri dari temperatur, waktu dan konsentrasi gas. Kedua variabel (temperatur dan waktu) digunakan untuk menentukan secara teori laju reaksi yang akan digunakan untuk memprediksi kebutuhan bahan pereaksi dan produk reaksi tiap satuan waktu

serta dapat juga dipergunakan untuk menghitung kebutuhan energi yang dibutuhkan untuk produksi hidrogen.



Gambar 2.3 *Hydrogen Reformer* skema empat tabung

Setelah mencoba beberapa konfigurasi dipilih 4 tabung dalam penelitian ini. Pada tabung pertama dan kedua masing-masing diisi minyak randu dan air dengan menggunakan *infus set* tabung ketiga digunakan untuk menampung uap minyak randu serta air, pada tabung keempat uap akan melewati katalis yang dipasang pada saluran yang menuju ke perangkat gas.

2.5 Laju Reaksi

Laju reaksi adalah proses bertambahnya konsentrasi pereaksi tiap satuan waktu atau berkurangnya konsentrasi hasil reaksi tiap satuan waktu. Jika terdapat suatu persamaan:



Maka laju reaksinya adalah:

Berkurangnya konsentrasi A tiap satuan waktu,

$$v_A = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t} \quad (\text{azizah, 2004})$$

Berkurangnya konsentrasi B tiap satuan waktu,

$$v_B = \frac{-\Delta[B]}{\Delta t} \quad (\text{azizah, 2004})$$

Bertambahnya konsentrasi AB tiap satuan waktu,

$$v_{AB} = \frac{+\Delta[AB]}{\Delta t} \quad (\text{azizah, 2004})$$

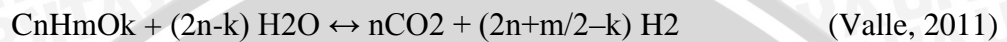
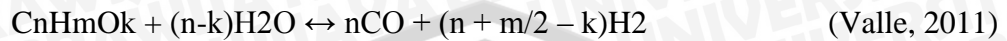
$$\text{Laju reaksi, } v = \frac{\text{Perubahan Konsentrasi}}{\text{Periode waktu reaksi}} \quad (\text{azizah, 2004})$$

Faktor- faktor yang berpengaruh pada laju reaksi antara lain:

1. Konsentrasi, bila konsentrasi bertambah maka laju reaksi akan bertambah dengan demikian konsentrasi berbanding lurus dengan laju reaksi.
2. Luas permukaan bidang sentuh, semakin luas permukaan bidang sentuhnya maka laju reaksi juga semakin bertambah sehingga luas permukaan bidang sentuh berbanding lurus dengan laju reaksi.
3. Suhu, seperti halnya konsentrasi suhu juga berbanding lurus dengan laju reaksi sebab jika suhu dinaikan, laju reaksi juga semakin besar. Umumnya setiap kenaikan suhu sebesar 10°C akan memperbesar laju reaksi dua sampai tiga kali laju reaksi mula-mula.
4. Katalisator, adalah zat yang dapat mempercepat reaksi (katalisator positif) atau memperlambat reaksi (katalisator negatif) tetapi zat tersebut tidak berubah secara tetap, bila proses reaksi selesai zat tersebut akan kembali seperti semula. Fungsi katalisator akan memperkecil energi aktivasi, yaitu energi minimum yang diperlukan pereaksi untuk melakukan proses reaksi.

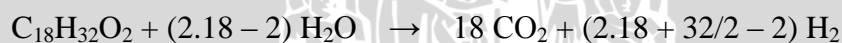
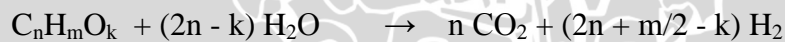
2.6 Reaksi Pencampuran

Secara teoritis reaksi pencampuran *steam* reforming minyak dengan kandungan karbon, hidrogen, dan oksigen serta air dapat dijabarkan sebagai berikut:



Teori perbandingan pencampuran dapat dihitung dari rumus kimia minyak randu dan air. Karena kandungan minyak randu terdiri dari bermacam-macam asam yang menyusunnya. Maka secara teori pendekatan yang dipakai adalah menggunakan rumus kimia kandungan asam terbesar yang menyusun minyak randu yaitu ada tiga: asam linoleat sebesar 35,107%, asam oleat sebesar 25,718%, dan asam palmitat sebesar 24,765%.

Jika menggunakan rumus asam linoleat ($C_{18}H_{32}O_2$) maka perhitungan perbandingan pencampuran antara minyak randu dengan air adalah:



Sehingga perbandingan mol antara minyak randu dan air adalah 1 : 34. Jika Mr dari $C_{18}H_{32}O_2$ adalah 280 dan Mr H_2O adalah 18 maka perbandingan beratnya adalah 280 : 612 dan jika densitas minyak randu $0,86 \text{ g/cm}^3$ serta air 1 g/cm^3 maka perbandingan volume minyak randu dan air 325,58 : 612 atau 1 : 1,87. Pencampuran minyak nabati dan air menggunakan pemanas dan katalis terdapat gas atau senyawa yang tidak diinginkan sehingga reaksi tidak berlangsung secara sempurna (Ekaterini, 2008).

2.7 Konsep Mol

Mol (n) adalah yaitu konsep untuk menentukan jumlah atom pada suatu zat yang diberi satuan mol. Suatu unsur akan berjumlah 1 mol, jika unsur itu mengandung $6,02 \times 10^{23}$ butir atom. Mol dapat dirumuskan sebagai:

$$n = \frac{\text{Massa unsur}}{\text{Ar unsur}} \quad (\text{Wibowo, 2005})$$

Dimana Ar = massa atom relatif

$$n = \frac{\text{Massa molekul}}{\text{Mr molekul}} \quad (\text{Wibowo, 2005})$$

Dimana Mr = massa molekul relatif

2.8 Persamaan Arrhenius

Energi aktivasi merupakan energi minimum yang dibutuhkan oleh suatu reaksi kimia agar dapat berlangsung. Energi aktivasi memiliki simbol E. Kata aktivasi memiliki makna bahwa suatu reaksi kimia membutuhkan tambahan energi untuk dapat berlangsung. Untuk bereaksi molekul-molekul harus memiliki energi aktivasi (E) yakni energi translasi minimum yang bisa membuat molekul-molekul bereaksi. Energi aktivasi adalah tembok pemisah antara reaktan dan produk. (Wardana, 2008).

Menurut persamaan Arrhenius, tetapan laju reaksi bergantung pada suhu dan energi aktivasi berdasarkan persamaan berikut:

$$k = Ae^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)}$$

k = koefisien kecepatan

A = faktor frekuensi

E_a = energi aktivasi

e = epxspresi fraksi mol

R = kostanta gas

Beberapa faktor yang mempengaruhi energi aktivasi adalah sebagai berikut :

1. Suhu

Fraksi molekul-molekul mampu untuk bereaksi dua kali lipat dengan peningkatan suhu sebesar 10°C . hal ini menyebabkan laju reaksi berlipat ganda.

2. Faktor frekuensi

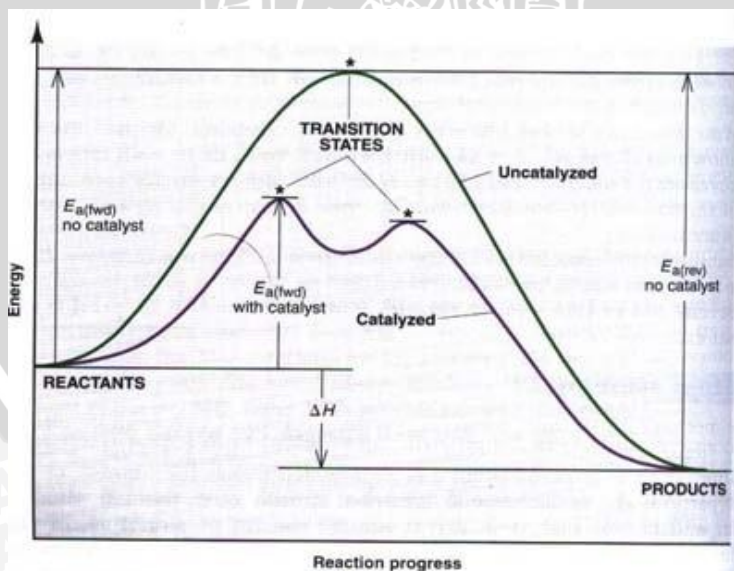
Dalam persamaan ini kurang lebih konstan untuk perubahan suhu yang kecil. Perlu dilihat bagaimana perubahan energi dari fraksi molekul sama atau lebih dari energi aktivasi

3. Katalis

Katalis akan menyediakan rute agar reaksi berlangsung dengan energi aktivasi yang lebih rendah.

2.9 Energi Aktivasi

Energi aktivasi merupakan energi minimum yang dibutuhkan oleh suatu reaksi kimia agar dapat berlangsung. Energi aktivasi memiliki simbol E_a dengan E menotasikan energi dan a yang ditulis untuk menotasikan aktivasi. Kata aktivasi memiliki makna bahwa suatu reaksi kimia membutuhkan tambahan energi untuk dapat berlangsung.



Gambar 2.4 Grafik energi aktivasi suatu reaksi

Sumber : Wardana, 2008

Berdasarkan gambar 2.4 dapat terlihat bahwa penggunaan katalis memberikan alternatif mekanisme lain yang energi aktivasinya lebih rendah sehingga reaksi dapat berjalan dengan lebih cepat. Pembentukan kompleks teraktivasi akan lebih tercapai dengan penambahan katalis yang menyebabkan reaksi dapat lebih cepat berjalan.

2.10 Heat Flux

Heat flux merupakan proses dimana bertambahnya jumlah panas yang berada pada daerah equatorial melalui perpindahan suhu yang bersifat konstan. Pengukuran *heat flux* sering dilakukan dengan mengukur perbedaan temperatur yang melalui suatu material yang diketahui nilai konduktivitas panasnya. Satuan tingkat panas diukur dalam joule per detik atau watt, sehingga *heat flux* merupakan tingkat panas persatuan luas dengan satuan W/m^2 .

2.11 Katalis

Penelitian ini menggunakan katalis LTS (*Low Temperature Shift*) -302 dari suncat co.ltd. katalis LTS (*Low Temperature Shift*) -302 digunakan untuk mengkonversi CO dan mempercepat produksi hidrogen oleh gas alam dan gas dari minyak. Katalis ini dipilih karena memiliki beberapa kelebihan dibanding dengan katalis yang lain. Katalis yang digunakan merupakan katalis yang tersusun dari sebagian besar tembaga, seng, dan aluminium. Tembaga oksida yang ada dalam katalis mampu tersebar secara merata diakhir proses. Katalis ini juga memiliki kestabilan mekanis terhadap tekanan jatuh. Selain itu katalis ini memiliki fleksibilitas terhadap temperatur pemakaian. Temperatur yang dianjurkan dalam pengaplikasian LTS-302 adalah 180-260°C.

2.12 Hipotesa

Dari rumusan masalah hingga tinjauan pustaka dapat ditarik kesimpulan sementara menyangkut penelitian pengaruh temperatur pemanasan dari konsentrasi minyak randu dan air, yakni semakin tinggi temperatur pemanasan katalis maka produksi hidrogen semakin cepat dan semakin banyak konsentrasi minyak randu maka produksi hidrogen juga akan semakin banyak.