

**PENGARUH KATALIS DAN PERBANDINGAN CAMPURAN
MINYAK KELAPA DAN AIR TERHADAP PRODUKSI
HIDROGEN**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

MOH. FHARHAN DHOYFUR
NIM. 105060207111047-62

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH KATALIS DAN PERBANDINGAN CAMPURAN
MINYAK KELAPA DAN AIR TERHADAP PRODUKSI
HIDROGEN**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

MOH. FHARHAN DHOYFUR

NIM. 105060207111047-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Ir. I.N.G Wardana, M.Eng., Ph.D

Purnami ST., MT.

NIP 19590703 198303 1 002

NIP. 19770707 200812 1 005

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH KATALIS DAN PERBANDINGAN CAMPURAN MINYAK
KELAPA DAN AIR TERHADAP PRODUKSI HIDROGEN**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

**MOH. FHARHAN DHOYFUR
NIM. 105060207111047 - 62**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 07 Januari 2015

Penguji I

Penguji II

**Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng
NIP. 19740121 199903 1 001**

**Ir. Tjuk Oerbandono, Msc.CSE
NIP. 19670923 199303 1 002**

Penguji III

**Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT
NIP. 19750802 199903 2 002**

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

**Dr.Eng. Widya Wijayanti, ST., MT
NIP. 19750802 199903 2 002**

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT. yang senantiasa melimpahkan rahmat, berkah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Katalis Dan Perbandingan Campuran Minyak Kelapa Dan Air Terhadap Produksi Hidrogen” dapat terselesaikan dengan baik.

Banyak hambatan dan kesulitan yang penulis temui dalam penyusunan skripsi ini, namun berkat tekad yang kuat, dorongan, serta bantuan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Suharto, Ibu Arba'iyah, dan seluruh anggota keluarga yang telah banyak memberikan dukungan baik berupa Do'a, semangat, materi dan nasehat hingga terselesaikannya skripsi ini.
2. Bapak Nurkholis Hamidi, ST.,Meng.,Dr.Eng. selaku Ketua Jurusan Mesin, Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Purnami, ST.,MT selaku Sekretaris Jurusan Mesin, Universitas Brawijaya Malang dan Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dan nasehat dalam menyusun skripsi ini.
4. Bapak Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan dan dalam menyusun skripsi ini.
5. Ibu Dr.Eng. Widya Wijayanti, ST, MT. selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
6. Bapak Fikrul Akbar A., ST. selaku Dosen Wali yang banyak memberikan masukan dan nasehat dalam akademik.
7. Seluruh Dosen Pengajar Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan yang sangat mendukung selama penyusunan skripsi.
8. Seluruh Staf Pengajar yang saya hormati.
9. Seluruh Staf Administrasi Jurusan Mesin dan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
10. Sahabat sekaligus rekan dalam penelitian ini (Andreas SW, Gabry Yudistira dan Preddy H) yang selama ini banyak membantu dan terima kasih atas kerja samanya.
11. Teman kontrakan Joyogrand HH-10 (Fadlan, om Dayat, mak Rendi, Miftha, Rahman, Reeza uki, Firmana, Agung, buk Wulan) yang selama ini selalu menghibur.

12. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwasanya skripsi ini masih banyak ditemukan kekurangan-kekurangan. Oleh sebab itu, penulis menerima masukan, saran, ataupun kritik yang sifatnya membangun dari semua pihak untuk penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan karunia-Nya dan membalas segala amal serta kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi masyarakat khususnya para akademisi.

Malang, Januari 2015

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Minyak Kelapa	4
2.3 Hidrogen	5
2.4 Konsep Mol	6
2.5 Laju Reaksi	7
2.6 Reaksi Pencampuran Minyak	8
2.7 Energi Aktivasi	9
2.8 Persamaan Arrhenius	9
2.9 Katalis	10
2.10 <i>Steam Reforming</i>	11
2.10.1 <i>Steam Reforming</i> Pada Penelitian	12
2.11 <i>Heat Flux</i>	13
2.12 Hipotesa.....	13

BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1 Metode Penelitian	14
3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	14
3.3 Variabel Penelitian	14
3.4 Skema Alat	15
3.5 Peralatan Penelitian	15
3.6 Metode Pengambilan Data	22
3.7 Diagram Alir Penelitian	23

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data	24
4.2 Data Hasil Penelitian	24
4.3 Contoh Perhitungan	24
4.4 Menghitung Perbandingan Tetesan Minyak Kelapa dan Air	24
4.5 Menghitung Debit Minyak Kelapa dan Air	25
4.6 Menghitung Efisiensi	26
a. Perhitungan Nilai Kalor	26
b. Perhitungan daya yang diterima 3 Tabung 50 ml dan Tabung 100 ml	26
c. Efisiensi tanpa Penambahan Daya Kompor	27
d. Efisiensi dengan Penambahan Daya Kompor	27
4.7 Proses Kalibrasi Sensor	27
4.8 Pembahasan	28
4.9 Analisa Grafik Hubungan Jumlah Katalis Terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa dan Air 1 : 1	29
4.10 Analisa Grafik Hubungan Jumlah Katalis Terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa dan Air 1 : 2	30
4.11 Analisa Grafik Hubungan Jumlah Katalis Terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa dan Air 1 : 3	31
4.12 Analisa Grafik Hubungan Jumlah Katalis Terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa dan Air 2 : 1	32
4.13 Analisa Grafik Hubungan Jumlah Katalis Terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa dan Air 3 : 1	33

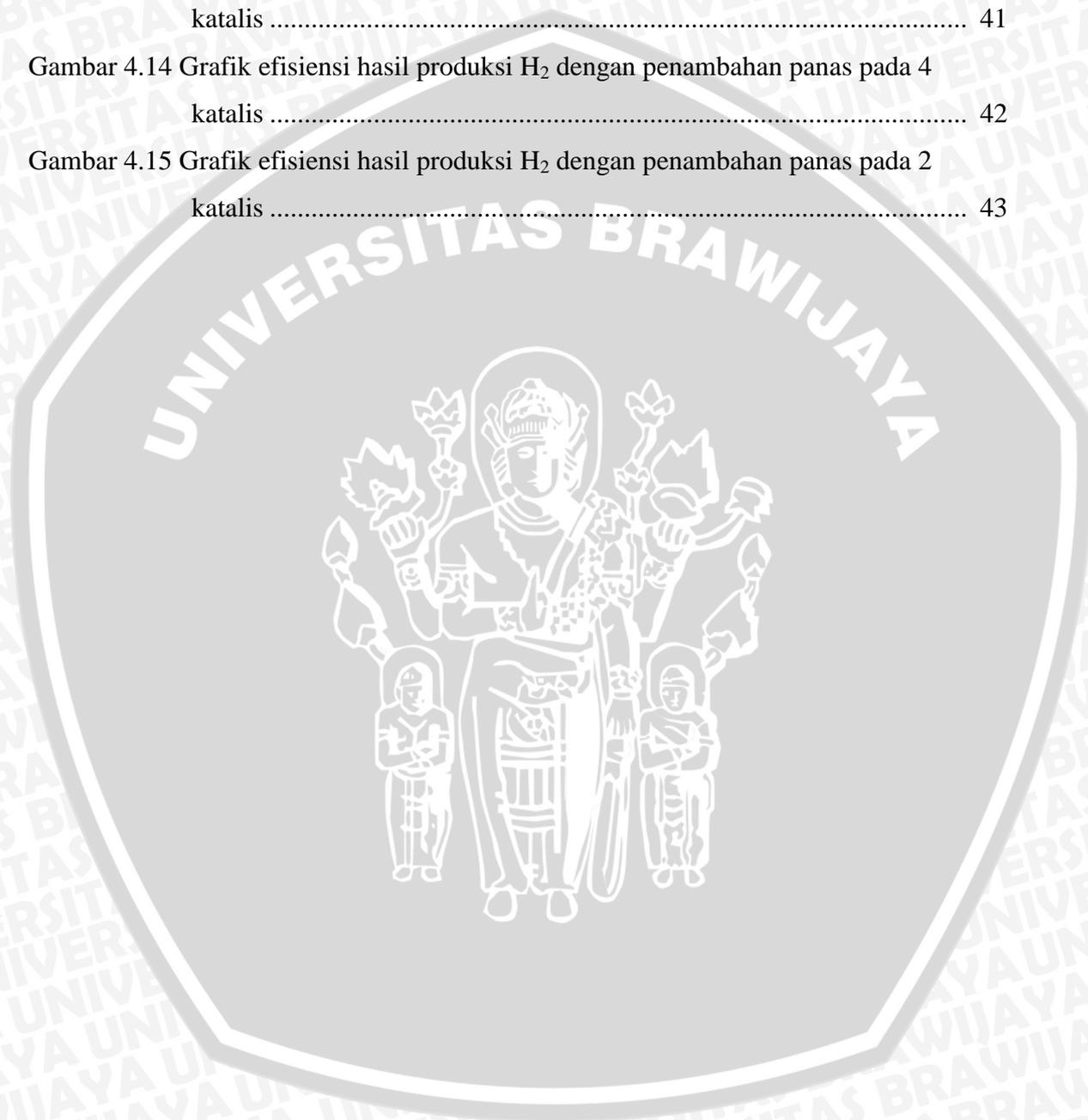
4.14	Analisa Grafik Hubungan Perbandingan Campuran Minyak Kelapa dan Air Terhadap Produksi Hidrogen pada 6 Katalis	34
4.15	Analisa Grafik Hubungan Perbandingan Campuran Minyak Kelapa dan Air Terhadap Produksi Hidrogen pada 4 Katalis	36
4.16	Analisa Grafik Hubungan Perbandingan Campuran Minyak Kelapa dan Air Terhadap Produksi Hidrogen pada 2 Katalis	37
4.17	Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H ₂ Tanpa Penambahan Panas pada 6 Katalis	38
4.18	Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H ₂ Tanpa Penambahan Panas pada 4 Katalis	39
4.19	Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H ₂ Tanpa Penambahan Panas pada 2 Katalis	40
4.20	Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H ₂ Dengan Penambahan Panas pada 6 Katalis	41
4.21	Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H ₂ Dengan Penambahan Panas pada 4 Katalis	42
4.22	Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H ₂ Dengan Penambahan Panas pada 2 Katalis	43
BAB V PENUTUP		44
5.1	Kesimpulan	44
5.2	Saran	44
DAFTAR PUSTAKA		



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Energi aktivasi reaksi	9
Gambar 2.2 Dimensi katalis LTS-302	11
Gambar 2.3 Skema <i>membrane reformer</i> untuk <i>steam reforming</i> gas alam	11
Gambar 2.4 <i>Hydrogen Reformer</i>	12
Gambar 3.1 Skema Instalasi Penelitian	15
Gambar 3.2 <i>Steam Reformer</i>	16
Gambar 3.3 Pipa Tembaga	16
Gambar 3.4 Tabung Erlenmeyer	17
Gambar 3.5 Botol Infus	17
Gambar 3.6 Infus Set	17
Gambar 3.7 Kompor Listrik	18
Gambar 3.8 Sensor Suhu	18
Gambar 3.9 Sumbat Karet	18
Gambar 3.10 Sensor Gas Hidrogen	19
Gambar 3.11 Katalis	20
Gambar 3.12 Tempat Penampung Hidrogen	20
Gambar 3.13 Modul Mikrokontroler	21
Gambar 3.14 Kompresor	21
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan debit Minyak Kelapa dan Air	25
Gambar 4.2 Grafik hubungan jumlah katalis terhadap produksi hidrogen (1:1)	29
Gambar 4.3 Grafik hubungan jumlah katalis terhadap produksi hidrogen (1:2)	30
Gambar 4.4 Grafik hubungan jumlah katalis terhadap produksi hidrogen (1:3)	31
Gambar 4.5 Grafik hubungan jumlah katalis terhadap produksi hidrogen (2:1)	32
Gambar 4.6 Grafik hubungan jumlah katalis terhadap produksi hidrogen (3:1)	33
Gambar 4.7 Grafik hubungan perbandingan campuran minyak kelapa dan air pada 6 katalis	34
Gambar 4.8 Grafik hubungan perbandingan campuran minyak kelapa dan air pada 4 katalis	36
Gambar 4.9 Grafik hubungan perbandingan campuran minyak kelapa dan air pada 2 katalis	37
Gambar 4.10 Grafik efisiensi hasil produksi H ₂ tanpa penambahan panas pada 6 katalis	38

Gambar 4.11 Grafik efisiensi hasil produksi H ₂ tanpa penambahan panas pada 4 katalis	39
Gambar 4.12 Grafik efisiensi hasil produksi H ₂ tanpa penambahan panas pada 2 katalis	40
Gambar 4.13 Grafik efisiensi hasil produksi H ₂ dengan penambahan panas pada 6 katalis	41
Gambar 4.14 Grafik efisiensi hasil produksi H ₂ dengan penambahan panas pada 4 katalis	42
Gambar 4.15 Grafik efisiensi hasil produksi H ₂ dengan penambahan panas pada 2 katalis	43



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi asam lemak minyak kelapa..... 4

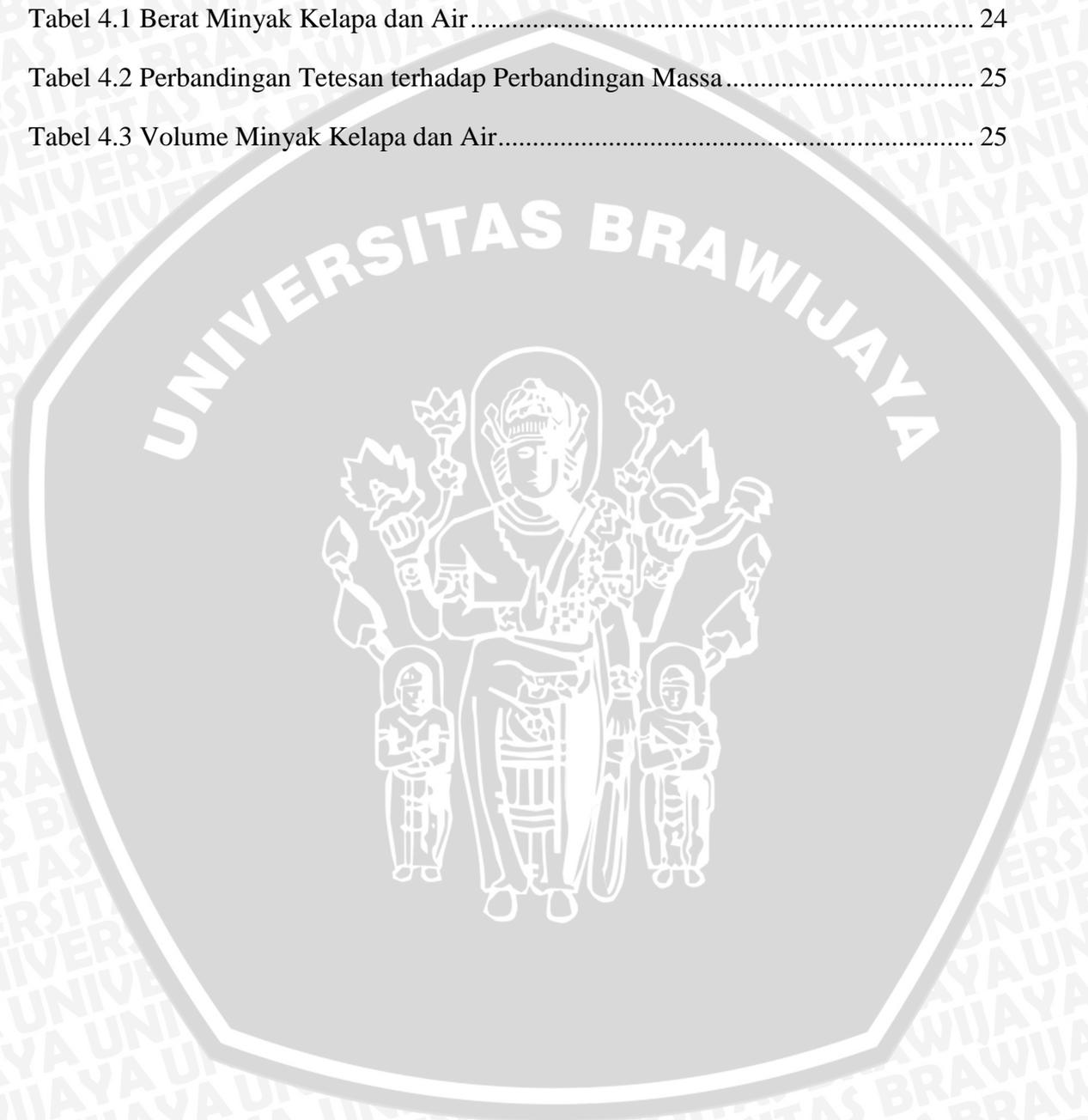
Tabel 2.2 Sifat fisik minyak kelapa 5

Tabel 2.3 sifat fisik hidrogen 6

Tabel 4.1 Berat Minyak Kelapa dan Air..... 24

Tabel 4.2 Perbandingan Tetesan terhadap Perbandingan Massa..... 25

Tabel 4.3 Volume Minyak Kelapa dan Air..... 25



RINGKASAN

Moh. Fharhan Dhoyfur, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2015, Pengaruh Katalis Dan Perbandingan Campuran Minyak Kelapa Dan Air Terhadap Produksi Hidrogen, Dosen Pembimbing: I.N.G. Wardana dan Purnami.

Dimasa sekarang ini dunia teknologi mengalami perkembangan yang sangat pesat terutama dalam bidang otomotif dan industri pembangkit listrik. Perkembangan ini berpengaruh terhadap kebutuhan bahan bakar minyak yang merupakan sumber energi utama yang dibutuhkan untuk menjalankan produk otomotif dan pembangkit listrik. Semakin meningkatnya permintaan bahan bakar minyak mengakibatkan krisis energi karena ketersediaan minyak bumi semakin berkurang, sehingga dibutuhkan teknologi energi terbarukan untuk menggantikan peran dari minyak bumi. Salah satu teknologi energi terbarukan adalah teknologi *fuelcell*. Perkembangan *teknologi fuelcell* mengakibatkan kebutuhan hidrogen meningkat. Salah satu cara untuk memproduksi hidrogen adalah menggunakan metode steam reforming.

Dalam artikel ini dibahas metode *steam reforming* untuk memproduksi hidrogen dengan campuran minyak kelapa dan air. Pada penelitian ini menggunakan variasi perbandingan campuran minyak kelapa dan air yaitu 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, 3:1. Serta variasi jumlah katalis LTS-302 yang digunakan 2, 4, 6 (butir). Pemanas yang digunakan pada metode ini adalah kompor listrik. Pada penelitian ini didapatkan perbandingan yang menghasilkan hidrogen tertinggi adalah perbandingan minyak kelapa dan air 3:1 serta penggunaan 6 (butir) katalis dan variasi yang memiliki nilai efisiensi tertinggi adalah pada penggunaan 6 (butir) katalis.

Keywords : *Steam reforming*, minyak kelapa, katalis LTS-302

SUMMARY

Moh. Farhan Dhoifur, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, in January 2015, The effect of the catalyst and mixture ratio of coconut oil and water to hydrogen production, Supervisor: I.N.G. Wardana and Purnami.

In this era, technology has developed very rapidly, especially in automotive and generator industry. The development affects the need of fuel oil. The fuel oil is the main source of energy which is needed to run the automotive products and generator. The increasing of fuel oil needs results in an energy crisis due to the decreasing of petroleum. It needs renewable energy technologies to replace the role of petroleum. One of the renewable energy technologies is FuelCell technology. FuelCell technology development results in the increase of hydrogen needs. One of the ways to produce the hydrogen is applying steam reforming method.

This article discussed a method of steam reforming to produce hydrogen with a mixture of coconut oil and water. This study used a mixture ratio of coconut oil and water: 1: 1, 1: 2, 1: 3, 2: 1, 3: 1. The variations of the amount of LTS-302 catalyst were 2, 4, 6 (grain). The heating used in this method was an electric stove. This study found that a comparison with the highest hydrogen is the ratio of coconut oil and water 3: 1 as well as the use of 6 items catalysts. In addition, it is also found that the variation which results in the highest efficiency value is the use of 6 (item) catalysts.

Keywords: steam reforming, coconut oil, LTS-302 catalyst

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Dimasa sekarang ini dunia teknologi mengalami perkembangan yang sangat pesat terutama di sektor otomotif dan industri pembangkit listrik. Namun, perkembangan ini dapat berpengaruh terhadap meningkatnya kebutuhan bahan bakar minyak yang merupakan sumber energi utama untuk menjalankan produk otomotif dan pembangkit listrik itu sendiri. Selain itu, meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk juga mempengaruhi peningkatan kebutuhan minyak bumi. Tahun 2009 konsumsi bahan bakar minyak mencapai 379.142 ribu setara barel minyak dan meningkat di tahun 2010 menjadi 388.241 ribu setara barel minyak. Sementara itu, cadangan minyak bumi Indonesia padatahun 2010 sebesar 4.23 milyar barel dan berangsur turun di tahun 2012 menjadi 3.74 milyar barel (Kementrian ESDM, 2012).

Dari penjelasan di atas maka perlu dilakukan penghematan penggunaan energi yang tak terbarukan tersebut. Salah satunya adalah dengan mengembangkan teknologi energi alternatif terbarukan. Salah satu teknologi energi alternatif terbarukan itu adalah teknologi *fuelcell*. *Fuelcell* adalah suatu alat konversi energi elektrokimia yang mengubah hidrogen dan oksigen menjadi air secara bersamaan menghasilkan energi listrik dan panas dalam prosesnya. *Fuel cell* merupakan suatu bentuk teknologi sederhana yang ramah lingkungan karena hasil konversi yang dihasilkan berupa air dan listrik serta dapat diisi ulang seperti baterai untuk dapat digunakan kembali (Sriyono, 2012).

Perkembangan teknologi *fuelcell* mengakibatkan kebutuhan hidrogen yang merupakan sumber energi dari teknologi tersebut meningkat. *Fuelcell* memiliki kelebihan dibandingkan mesin konvensional, kelebihan tersebut antara lain efisiensi tinggi, temperatur operasional rendah, mesin tidak bising, serta emisi polutan rendah.

Selain untuk *fuelcell* hidrogen juga dimanfaatkan dalam industri dan laboratorium. Di industri kimia hidrogen sebagai bahan baku hidrogen peroksida (H_2O_2), sementara dalam industri gelas digunakan pada proses *heat treatment hollow glass (oxy-hydrogen flame)*. Dan dalam laboratorium hidrogen digunakan sebagai *carrier gas* pada gas *chromatography* dan alat-alat analisis laboratorium lain.

Semakin meningkatnya pemanfaatan hidrogen sebagai sumber energi alternatif maka penelitian tentang produksi hidrogen juga semakin berkembang. Salah satu

caranya adalah dengan proses pembakaran bahan bakar fosil, metana menjadi reaktan dengan proses *steam reforming*. Namun, hasil dari pembakaran bahan bakar mencemari lingkungan karena mengandung karbon monoksida. *Steam reforming* adalah proses pereaksian bahan baku hidrogen dengan air dan katalis. Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia atau memungkinkan pada suhu lebih rendah. Selain dengan pembakaran bahan bakar fosil, hidrogen juga dapat diproduksi dari minyak kelapa. Di Indonesia, kelapa merupakan perkebunan rakyat yang tersebar di seluruh daerah, bahkan sampai di pulau-pulau terpencil pada ketinggian 0-700 meter di atas permukaan laut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diambil dari penelitian ini adalah Bagaimana pengaruh katalis dan perbandingan campuran minyak dan air terhadap konsentrasi gas yang dihasilkan pada *hydrogen reformer*.

1.3 Batasan Masalah

Sebagai penelitian maka terdapat batasan dalam penulisan ini, batasan dilakukan agar penelitian lebih fokus. Batasan tersebut antara lain:

1. Dalam data yang berupa temperatur dan konsentrasi gas digunakan modul mikrokontrol terprogram.
2. Pembahasan mengenai properti kimia dan termodinamika dalam penulisan tidak menyeluruh.
3. Temperatur pemanasan Katalis 230 °C.

1.4 Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produksi hidrogen dengan mencampurkan uap minyak kelapa dan uap air menggunakan pemanas dan katalis. Sedangkan secara khusus tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh katalis dan perbandingan yang dipakai antara minyak kelapa dan air terhadap konsentrasi gas yang akan dihasilkan pada *hydrogen reformer*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui potensi minyak kelapa untuk menghasilkan hidrogen dengan menggunakan teknik sederhana (*Steam Reforming*).
2. Dengan mengolah minyak kelapa menjadi hidrogen maka dapat digunakan sebagai salah satu sumber energi alternatif terbarukan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Adityo (2011), melakukan penelitian mengenai pembuatan hidrogen menggunakan teknik *steam reforming*. Dengan mencampurkan minyak jarak dan air dengan perbandingan tertentu kedalam tiga tabung reaksi dan dipanaskan dalam waktu yang bersamaan, pada tabung satu diisi minyak jarak dan tabung dua diisi air kemudian uap campuran dialirkan menuju tabung tiga. Pada tabung ke tiga sebelum uap keluar menuju tabung penyimpanan, uap direaksikan dengan beberapa butir katalis. Pada tabung penyimpanan uap diamati konsentrasi gas hidrogennya.

Jonas (2014), melakukan penelitian mengenai pembuatan hydrogen menggunakan teknik *steam reforming*. Namun berbeda dengan penelitian sebelumnya campuran minyak jarak dan air dipanaskan dalam empat tabung reaksi, pada tabung satu dan dua masing-masing diisi minyak jarak dan air kemudian uap dari kedua tabung dialirkan menuju tabung ketiga lalu campuran uap minyak jarak dan air dialirkan menuju tabung keempat dan direaksikan dengan beberapa butir katalis, kemudian uap dialirkan ketabung penyimpanan dan diamati konsentrasi gas hidrogen yang dihasilkan.

2.2 Minyak Kelapa

Minyak kelapa merupakan minyak yang di peroleh dari bagian inti buah kelapa. minyak yang dihasilkan mencapai 63-65%. Minyak kelapa merupakan senyawa trigliserida yang terdiri dari berbagai asam lemak, sekitar 90% merupakan asam lemak jenuh. Minyak kelapa digolongkan kedalam asam laurat karena kandungan asam lauratnya paling besar dibandingkan asam lemak lainnya. Berikut tabel yang menjelaskan komposisi asam lemak dan sifat fisik minyak kelapa.

Tabel 2. 1 Komposisi asam lemak minyak kelapa

Asam lemak	Rumus kimia	Jumlah (%)
Asam lemak jenuh :		
Asam Kaproat	$C_5H_{11}COOH$	0 – 0.8
Asam Kaprilat	$C_7H_{15}COOH$	5.5 – 9.5
Asam Kaprat	$C_9H_{19}COOH$	4.5 – 9.5

Asam Laurat	C ₁₁ H ₂₃ COOH	44 – 52
Asam Miristat	C ₁₃ H ₂₇ COOH	13.2 – 19.0
Asam Palmitat	C ₁₅ H ₃₁ COOH	7.5 – 10.0
Asam Stearat	C ₁₇ H ₃₅ COOH	1 – 3
Asam lemak tak jenuh :		
Asam Palmitoleat	C ₁₅ H ₂₉ COOH	0 – 1.3
Asam Oleat	C ₁₇ H ₃₃ COOH	5 – 8
Asam Linoleat	C ₁₇ H ₃₁ COOH	1.5 – 2.5

Sumber: Ketaren, 1986

Tabel 2. 2 Sifat fisik minyak kelapa

Karakteristik	Level Maksimum
Warna	Tidak berwarna (Jernih)
Bau dan Rasa	Bau alami dari buah kelapa, tidak tengik
Bobot Jenis	0,92 ave
Indeks Bias pada 40 ⁰ C	1,4480 – 1,4499
Kadar Air	◇
Bilangan Penyabunan	260 mgKOH/g
Bilangan Yodium	Maksimal 9g/100g
Asam Lemak Bebas (FFA)	◇
Angka Peroksida	15.0 miliekuivalen/1 kg minyak
Tembaga (Cu)	0.4 mg/kg
Besi (Fe)	5 mg /kg

Sumber : Codex Stan 19-1981, rev. 2 (1999)

2.3 Hidrogen

Hidrogen adalah unsur kimia yang mempunyai simbol H dalam tabel periodik dan nomor atom 1. Hidrogen merupakan unsur teringan di dunia dengan massa atom 1.00794 amu. Pada kondisi standar, hidrogen tidak berwarna, bersifat non-logam, dan merupakan gas yang sangat mudah terbakar dengan nilai kalor 141,79 kkal/kg. Hidrogen terbakar menurut persamaan kimia:



Hidrogen adalah unsur paling melimpah di alam dengan persentase 75% dari total masa unsur alam. Senyawa hidrogen sangat langka dijumpai secara alami di bumi, biasanya hidrogen dihasilkan dari senyawa hidrokarbon seperti metana. Hidrogen juga

dapat dihasilkan dengan cara mengelektrolisis air, namun cara ini secara ekonomis lebih mahal dibandingkan dengan produksi hidrogen dari gas alam.

Tabel 2. 3 sifat fisik hidrogen

Fase	Gas
Massa Jenis	(0 °C, 101.325 kPa) 0.08988 g/L
Titik Lebur	14.01 K, -259.14 °C, -434.45 °F
Titik Didih	20.28 K, -252.87 °C -423.17 °F
Titik Tripel	13.8033 K (7.042 kPa)
Titik Kritis	32.97 K, 1.293 kPa
Kalor Peleburan	(H ₂) 0.117 kJ.mol ⁻¹
Kalor Penguapan	(H ₂) 0.904 kJ.mol ⁻¹
Kapasitas Kalor	(H ₂) 28.836 J.mol ⁻¹ .K ⁻¹

Sumber : Wood, 1966

2.4 Konsep Mol

Mol merupakan jumlah dari partikel yang dikandung oleh suatu zat, dalam 1 mol banyaknya partikel yang dikandung oleh zat sebanyak 6.023×10^{23} (Zulfikar, 2010). Bilangan ini disebut dengan bilangan Avogadro (n), mol dapat dirumuskan sebagai:

$$n (\text{Unsur}) = \frac{\text{Massa Unsur}}{\text{Ar Unsur}} \quad (2-1)$$

Keterangan :

- Ar = Massa atom relative
- n = Mol

$$n (\text{Senyawa}) = \frac{\text{Massa Senyawa}}{\text{Mr Molekul}} \quad (2-2)$$

Keterangan :

- Mr = Massa molekul relative

2.5 Laju Reaksi

Laju reaksi merupakan laju berkurangnya atau bertambahnya konsentrasi reaktan tiap satuan waktu (Alimudin, 2011). Laju reaksi umumnya dinyatakan dengan satuan M/det. Misalkan dalam suatu reaksi:



Maka laju reaksinya adalah:

- Berkurangnya konsentrasi A tiap satuan waktu:

$$V_A = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t} \quad (2-4)$$

- Berkurangnya konsentrasi B tiap satuan waktu:

$$V_B = \frac{-\Delta[B]}{\Delta t} \quad (2-5)$$

- Bertambahnya konsentrasi AB tiap satuan waktu:

$$V_{AB} = \frac{+\Delta[AB]}{\Delta t} \quad (2-6)$$

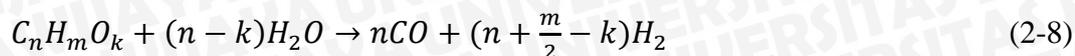
$$\text{Laju reaksi, } v = \frac{\text{Perubahan Konsentrasi}}{\text{Periode waktu reaksi}} \quad (2-7)$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi adalah:

- Konsentrasi : konsentrasi berbanding lurus dengan laju reaksi, semakin bertambah besarnya konsentrasi maka besarnya laju reaksi juga bertambah.
- Suhu : Seperti halnya konsentrasi suhu juga mempengaruhi laju reaksi. Dimana apabila suhu dinaikkan maka nilai laju reaksi juga semakin besar. Umumnya setiap 10 °C kenaikan suhu akan mempengaruhi laju reaksi dua sampai tiga kali laju reaksi mula-mula.
- Luas permukaan bidang sentuh : besarnya nilai luas permukaan bidang sentuh berbanding lurus dengan nilai laju reaksi, semakin besar luas permukaan bidang sentuh maka laju reaksi semakin besar pula.
- Katalisator : merupakan zat yang dapat mempercepat atau memperlambat suatu reaksi. Zat yang mempercepat reaksi disebut katalisator positif, sedangkan zat yang memperlambat reaksi disebut katalisator negatif (inhibitor). Fungsi katalisator akan memperkecil energi aktivasi, yaitu energi minimum yang dibutuhkan pereaksi untuk melakukan proses reaksi.

2.6 Reaksi Pencampuran Minyak

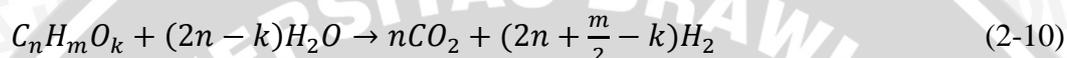
Kajian teoritis pada reaksi pencampuran minyak dengan kandungan unsur karbon, hidrogen dan oksigen dan air menggunakan pemanas didapat dari (Ekaterini, 2008). Bahwa reaksi yang terjadi dapat menggunakan persamaan:



Reaksi pergeseran ini merupakan bagian yang tidak dapat terpisahkan dari *steam reforming*

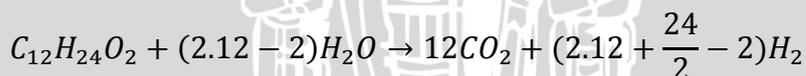
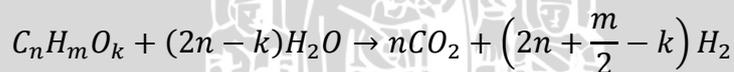


Kedua reaksi akan berlangsung terus sampai selesai, sehingga reaksi secara keseluruhan dapat direpresentasikan sebagai berikut :



Reaksi pencampuran antara minyak kelapa dan air dapat dihitung dengan teori pendekatan, yaitu menggunakan rumus kimia kandungan asam terbesar yang dikandung oleh minyak kelapa. Kandungan asam penyusun terbesar padaminyak kelapa yaitu Asam Laurat ($C_{12}H_{24}O_2$) sebesar 44 – 52 %, Asam Miristat ($C_{14}H_{28}O_2$) sebesar 13.2 – 19.0 %, Asam Palmitat ($C_{16}H_{32}O_2$) sebesar 7.5 – 10.0 %.

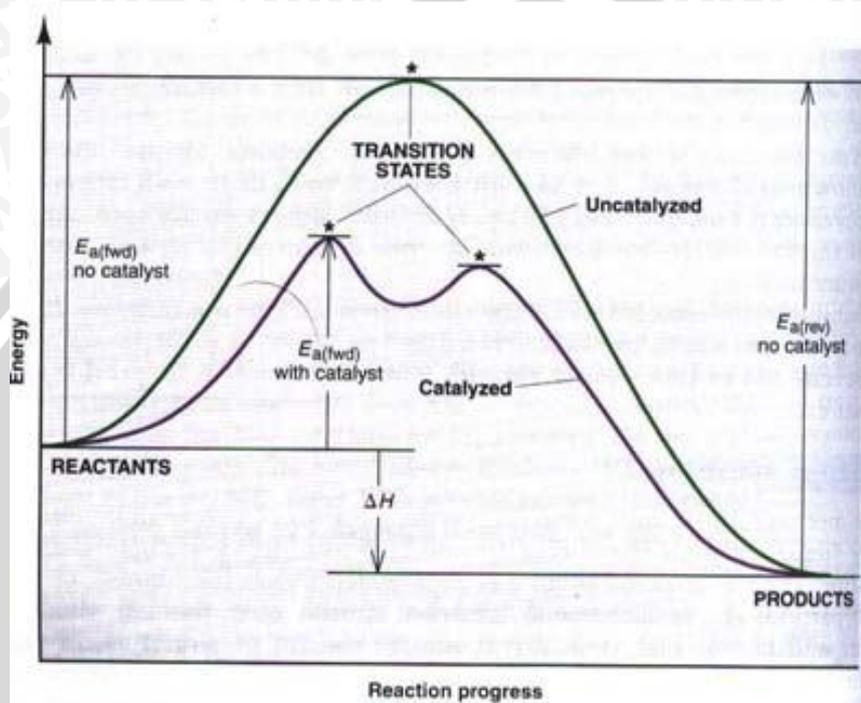
Jika menggunakan salah satu contoh asam penyusun minyak kelapa terbesar misalnya Asam Laurat, maka perhitungan perbandingan pencampuran antara minyak kelapa dan air adalah :



Dari persamaan reaksi di atas maka bisa dihitung perbandingan mol minyak kelapa dan air adalah 1 : 22. Perbandingan beratnya adalah 184 : 396 (Mr $C_{12}H_{24}O_2 = 184$ dan Mr $H_2O = 18$). Perbandingan Volumennya adalah 169,28 : 396 atau bisa disederhanakan menjadi 1 : 2,34 (Densitas $C_{12}H_{24}O_2 = 0,92 \text{ g/cm}^3$ dan Densitas $H_2O = 1 \text{ g/cm}^3$). Reaksi pencampuran minyak kelapa dengan air menggunakan pemanas dan katalis terdapat gas atau senyawa yang tidak diinginkan sehingga reaksi tidak berlangsung secara sempurna (Ekaterini, 2008).

2.7 Energi Aktivasi

Menurut (Wardana, 2008:104), energi aktivasi merupakan energi minimum yang digunakan untuk berlangsungnya suatu reaksi. Jika antar molekul bertumbukan dengan energi dibawah dari energi aktivasi maka tidak akan terjadi reaksi, jadi reaksi akan berlangsung apabila tumbukan mempunyai energi yang sama atau lebih besar dari energi aktivasinya.



Gambar 2. 1 Energi aktivasi reaksi

Sumber : Kurniawati, 2012

Pada gambar 2.3 diatas terlihat bahwa penggunaan katalis memberikan alternatif lain yang energi aktivasinya lebih rendah sehingga reaksi dapat berjalan lebih cepat.

Secara garis besar hubungan waktu pemanasan, temperatur dan penggunaan katalis adalah berbanding lurus terhadap konsentrasi yang dihasilkan, semakin lama waktu pemanasan dan semakin tinggi temperatur ataupun semakin banyak katalis yang digunakan akan mempercepat proses reduksi asam lemak.

2.8 Persamaan Arrhenius

Pengaruh suhu dan energi aktivasi (E_a) terhadap konstanta laju reaksi dapat dinyatakan dalam persamaan arrhenius (Clark, 2004) berikut:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (2-11)$$

Dimana:

- k : konstanta laju reaksi
- A : menyatakan frekuensi tumbukan dan dinamakan faktor frekuensi.
Faktor ini dianggap sebagai konstanta untuk sistem reaksi tertentu dalam kisaran suhu yang cukup lebar
- e : satuan matematis 2.71828
- E_A : Energi Aktivasi
- R : Konstanta atau tetapan gas
- T : Temperatur

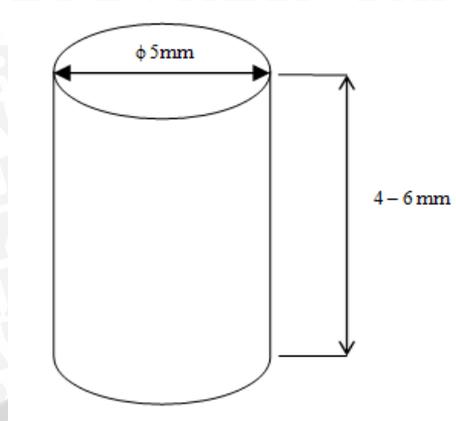
Tanda minus untuk eksponen E_A/RT , memiliki arti bahwa konstanta laju reaksi menurun dengan meningkatnya Energi Aktivasi dan meningkat dengan meningkatnya temperatur.

2.9 Katalis

Katalis merupakan suatu zat yang dapat mempercepat reaksi, tanpa terkonsumsi oleh reaksi itu sendiri. Katalis bersifat mempengaruhi reaksi, tanpa mengalami perubahan secara kimiawi di akhir reaksi (Richrdson, 1989).

Pada penelitian ini untuk membantu proses produksi hidrogen katalis yang digunakan adalah katalis LTS-302. Katalis ini mempunyai kandungan Cu dan Zn yang mudah mengalami korosi, yakni mengikat oksigen. Katalis yang digunakan menyerupai batu api pemantik korek, berbentuk silindris diameter 5 milimeter dengan panjang 4 – 6 milimeter. Mengikat oksigen efektif pada temperatur $\pm 180\text{ }^\circ\text{C}$ - $260\text{ }^\circ\text{C}$ dengan ketahanan hingga $450\text{ }^\circ\text{C}$, pada temperatur selanjutnya katalis akan melumer.

Berbagai unsur telah digunakan untuk memperbaiki sifat kimia katalis, sehingga kinerja katalis LTS-302 dalam penggunaannya dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Beberapa unsur yang dapat ditambahkan antara lain aluminium, silika, zirkonium dan krom.

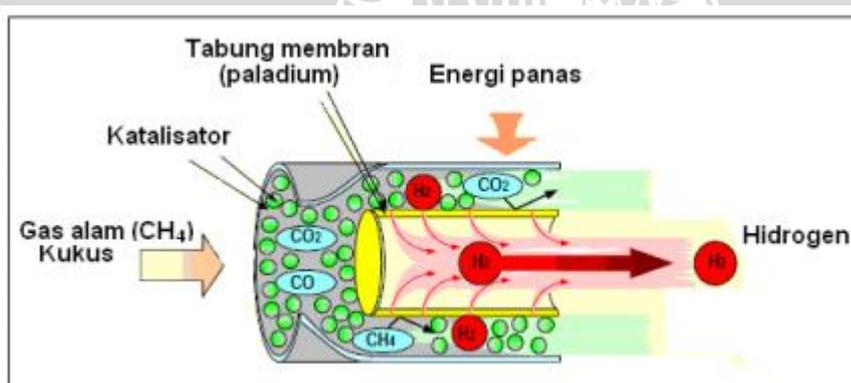


Gambar 2. 2 Dimensi katalis LTS-302

2.10 Steam Reforming

Kebutuhan hidrogen diperkirakan pada masa mendatang akan mengalami peningkatan. Semakin langkanya minyak primer dan sekunder mendorong eksplorasi minyak berat (*shell, bitumen*) yang pada pengolahannya membutuhkan hidrogen lebih banyak (Salimy, 2010).

Sampai saat ini, sekitar 85 % kebutuhan hidrogen dipasok dari produksi berbasis proses *steam reforming* gas alam. Proses ini berlangsung pada temperatur sangat tinggi ($800-1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) yang berimplikasi membutuhkan energi panas dalam jumlah besar. Salah satu teknologi berbasis proses *steam reforming* adalah proses *steam reforming* gas alam dengan reaktor membran. Proses ini dilakukan dengan memanfaatkan membran palladium yang bersifat *perm-selective* tinggi terhadap hidrogen.



Gambar 2. 3 Skema *membrane reformer* untuk *steam reforming* gas alam

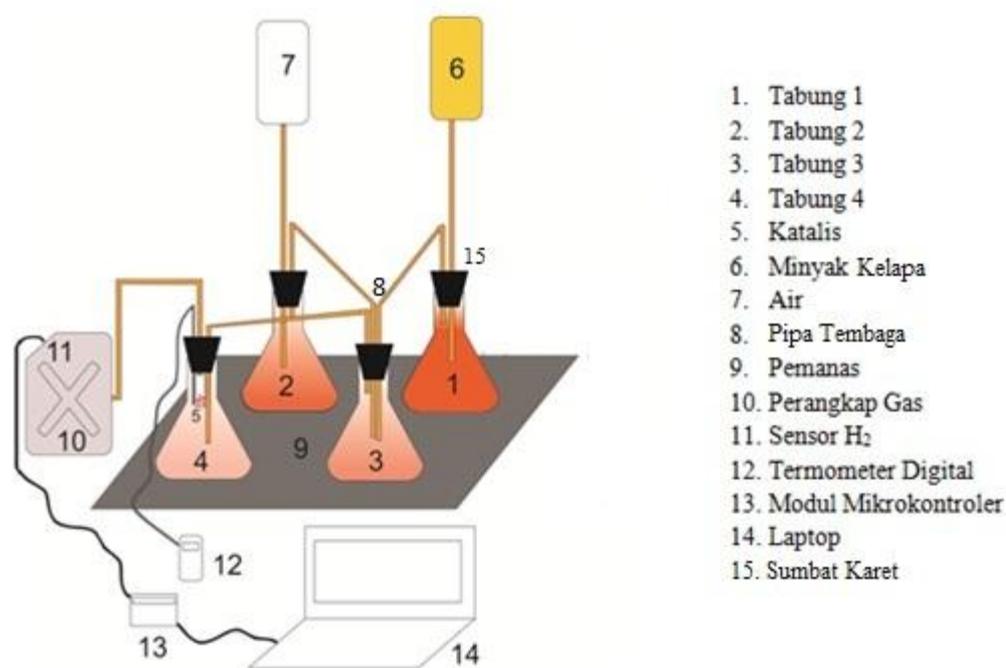
Sumber : Salimy, 2010

Selain proses *steam reforming* gas alam dengan reaktor membran, produksi hidrogen bisa juga dilakukan *steam reforming* dengan menggunakan minyak nabati.

Pemilihan minyak nabati sebagai bahan dasar, berdasar atas banyaknya unsur hidrogen pada rantai hidrokarbon dan mudah diperbaharui. Proses *steam reforming* pada minyak nabati memerlukan bantuan katalis agar hidrogen dapat diproduksi.

2.10.1 *Steam Reforming* pada penelitian

Pada penelitian sebelumnya (Jonas, 2014), *steam reforming* menggunakan skema empat tabung dengan satu kompor listrik. Pada penelitian ini meneliti tentang pengaruh katalis pada minyak kelapa dan air dengan perbandingan tertentu, sehingga pada tabung satu berisi minyak kelapa. Pada tabung dua berisi air, tabung tiga sebagai tempat untuk mencampurkan uap minyak kelapa dan uap air sebelum direaksikan dengan katalis yang diletakkan di tabung empat. Hasil dari *steam reforming* pada penelitian ini adalah konsentrasi gas hidrogen (ppm) yang terbaca oleh sensor dan ditampilkan dalam modul mikrokontroler yang terhubung dengan laptop yang berfungsi sebagai perekam data.



Gambar 2. 4 *Hydrogen Reformer*

Pada skema diatas, minyak kelapa masuk ke dalam tabung satu (1), sedangkan air masuk ke dalam tabung dua (2). Kemudian minyak kelapa dan air sama – sama menguap dan uap campuran ditampung di dalam tabung ke tiga (3), lalu uap campuran dialirkan ke dalam tabung empat (4) yang sudah berisi katalis LTS-302. Lalu gas

hidrogen ditampung di dalam *hydrogen storage* (10) untuk dihitung konsentrasinya (ppm) oleh sensor (11).

2.11 Heat Flux

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^2). *Heat flux* dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Heat flux} = \frac{\text{Daya yang digunakan}}{\text{Luas area yang terkena panas}} \quad (2-12)$$

Dalam perhitungan, *Heat flux* digunakan untuk menghitung nilai efisiensi dari produksi hidrogen dengan proses *steam reforming*. Nilai efisiensi didapatkan dari pembagian antara kalor hidrogen yang dihasilkan dan jumlah kalor yang dipakai (jonas, 2014) :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{Q_{\text{Hidrogen}}}{Q_{\text{Total}}} \quad (2-13) \\ Q_{\text{Total}} &= Q_{\text{Minyak Kelapa}} + \text{Daya Total} \end{aligned}$$

Keterangan :

- Q_{Hidrogen} : kalor hidrogen yang dihasilkan
- $Q_{\text{Minyak Kelapa}}$: kalor minyak kelapa yang digunakan

2.12 Hipotesa

Berdasarkan teori diatas, dapat ditarik kesimpulan sementara bahwa perbandingan tertentu dari konsentrasi minyak kelapa dan air dapat menghasilkan gas hidrogen yang bervariasi dan semakin banyak jumlah katalis yang digunakan maka produksi hidrogen juga semakin cepat.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental (*experimental research*) yaitu dilakukan pengamatan secara langsung pada objek yang akan diteliti. Dalam pembahasan ini objek diamati laju reaksinya (konsentrasi) dari proses *steam reforming* yang akan dilakukan berdasarkan variabel yang telah ditentukan yaitu, perbandingan minyak kelapa dan air serta jumlah katalis LTS-302 yang divariasikan.

3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Proses penelitian dilakukan sejak bulan Agustus 2014 sampai dengan selesai, bertempat di Laboratorium Motor Bakar, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel – variabel yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi 3 jenis, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol.

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan nilainya sebelum melakukan penelitian. Besar variabel bebas diubah-ubah untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat sehingga tujuan dari penelitian bisa dicapai.

Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah :

- Perbandingan konsentrasi minyak kelapa dan air (1:1 , 2:1 , 3:1 , 1:2 , 1:3)
- Jumlah katalis yang digunakan :
 - 2 butir (2 x 116,625 mm²)
 - 4 butir (4 x 116,625 mm²)
 - 6 butir (6 x 116,625 mm²)

2. Variabel Terikat

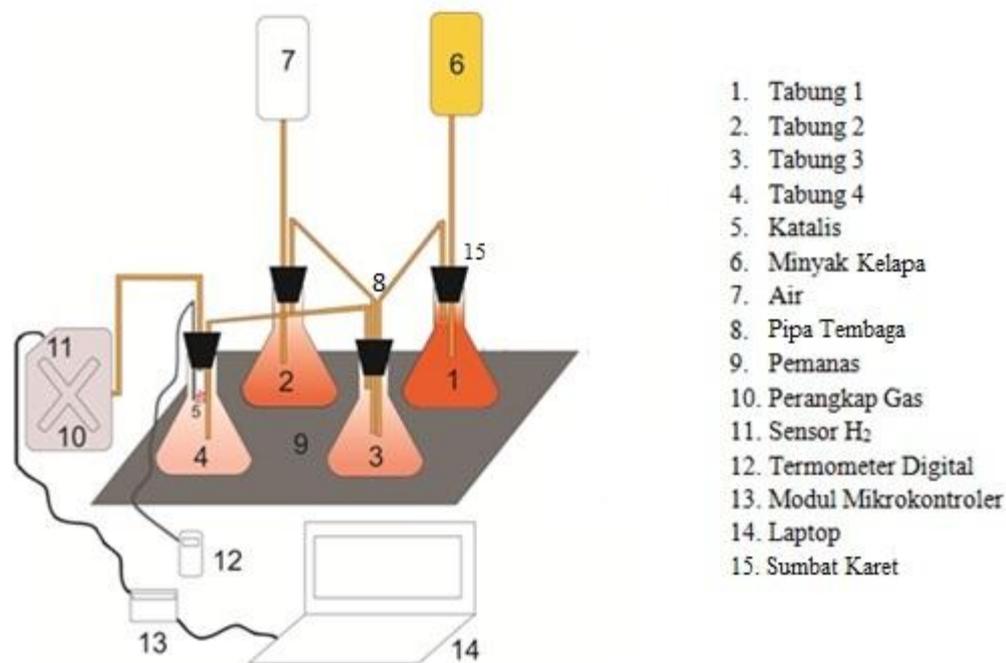
Variabel terikat merupakan variabel yang nilainya tergantung pada nilai variabel bebasnya, variabel terikat yang diamati pada penelitian ini adalah konsentrasi gas Hidrogen (ppm).

3. Variabel Terkontrol

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

- Daya pemanas 600 watt
- Temperatur pemanasan Katalis 230 °C

3.4 Skema Alat



Gambar 3. 1 Skema Instalasi Penelitian

3.5 Peralatan Penelitian

Peralatan penelitian yang dipakai dalam penelitian antara lain:

1. *Steam Reformer*

Merupakan alat yang digunakan untuk proses *steam* minyak kelapa dan air sehingga menghasilkan gas hidrogen dengan bantuan katalis. Dalam *Steam reformer* ini terdapat sensor suhu dan sensor gas sehingga mempermudah dalam pengambilan data.



Gambar 3. 2 Steam Reformer

Bagian – bagian *Steam Reformer*:

- Pipa Tembaga

Pipa tembaga yang dipakai memiliki ukuran 1/4" (diameter dinding 6,4 mm), digunakan untuk mengalirkan uap minyak kelapa dan air ke dalam tabung reaksi.



Gambar 3. 3 Pipa Tembaga

- Tabung Erlenmeyer

Tabung erlenmeyer digunakan untuk menampung tetesan minyak kelapa dan air yang akan diuapkan, serta untuk menampung uap campuran.



Gambar 3. 4 Tabung Erlenmeyer

- Botol Infus dan Infus Set

Botol infus dipakai untuk menampung minyak kelapa dan air, sedangkan infus set digunakan untuk mengontrol tetesan minyak kelapa dan air yang akan diuapkan.



Gambar 3. 5 Botol Infus



Gambar 3. 6 Infus Set

- **Kompur Listrik**

Kompur listrik digunakan untuk memanaskan tabung erlenmeyer, daya yang dipakai kompur sebesar 600 watt.



Gambar 3. 7 Kompur Listrik

- **Sensor Suhu**

Sensor suhu yang dipakai adalah mini termometer digital dengan sensor yang diletakkan pada tabung 4 untuk melihat temperatur pemanasan katalis.



Gambar 3. 8 Sensor Suhu

- **Sumbat Karet**

Sumbat karet digunakan untuk menahan agar uap minyak kelapa dan air tidak keluar ke lingkungan tetapi mengalir ke pipa tembaga.



Gambar 3. 9 Sumbat Karet

- Sensor Gas Hidrogen

Sensor gas yang dipakai adalah TGS 2610 tipe CC (konsentrasi gas) sensor ini digunakan untuk mengukur konsentrasi gas H_2 selama proses produksi. Sensor gas TGS 2610 adalah sebuah sensor gas yang dapat mendeteksi adanya konsentrasi gas LPG dan gas-gas yang lain salah satunya adalah gas hidrogen disekitar sensor tersebut, sensor ini dapat menangkap konsentrasi hidrogen sebesar 1% sehingga pada penelitian ini menggunakan sensor ini karena hidrogen yang dihasilkan oleh *steam reforming* ini berkonsentrasi rendah. Sensor gas TGS 2610 akan memberikan perubahan resistansi / tahanan pada saat terdeteksi adanya gas hidrogen disekitar sensor, dimana semakin kuat konsentrasi gas hidrogen yang terdeteksi maka semakin rendah resistansi *output* sensor gas TGS 2610 dan sebaliknya (resistansi membesar) apabila tidak terdeteksi adanya gas hidrogen disekitar sensor. Elemen yang digunakan untuk sensor gas TGS 2610 adalah semikonduktor dari bahan dioksida timah (SnO_2) yang mempunyai resistansi yang tinggi pada udara bersih. Jika terdapat gas yang dideteksi, maka resistansi dari sensor gas TGS 2610 akan menurun tergantung pada konsentrasi gas di udara sekitar sensor TGS 2610 diletakan.

Satuan konsentrasi yang dibaca oleh sensor TGS 2610 dalam bentuk parts per milion (ppm) dimana 1 ppm adalah $1/100000\%$ atau $= 0,0001\%$



Gambar 3. 10 Sensor Gas Hidrogen

- Katalis

Katalis yang digunakan adalah LTS-302, menyerupai batu api pemantik korek, berbentuk silindris diameter 1,5 - 2 milimeter dengan panjang 2 – 3 milimeter..



Gambar 3. 11 Katalis LTS-302

- *Hydrogen Storage*

Tempat penampungan H_2 adalah tempat hasil produksi *steam reformer* setelah melewati katalis, hasil dari produksinya berupa gas. Dalam tempat penampungan diletakkan sensor gas untuk mengetahui konsentrasi H_2 sampai waktu yang telah ditentukan. Dalam tempat penampungan ini dimasukkan sensor gas TGS 2610 sehingga dapat diukur konsentrasi gas H_2 .



Gambar 3. 12 Tempat Penampung Hidrogen

2. Modul Mikrokontroler

Alat ini membantu pembacaan hasil serta mengamati yang sensor terima selama proses penelitian berjalan dan dapat menampilkannya sehingga dapat diamati kenaikan nilai yang terjadi, hasil yang dibaca yaitu konsentrasi gas H_2 dan temperatur.

Prinsip kerja mikrokontroler, pembacaannya dilakukan berdasarkan nilai pada *register program counter* (tempat penyimpanan variabel) dan pengambilan data dilakukan melalui internal ROM (memori penyimpanan data atau program) ROM ini

berguna untuk mengkonversi nilai yang dihasilkan oleh sensor gas maupun sensor suhu selanjutnya akan diolah melalui ROM, sehingga nilai dapat dimunculkan pada layar dengan angka digital.



Gambar 3. 13 Modul Mikrokontroler

3. Kompresor

Digunakan untuk mendesak hidrogen keluar dari tempat penampungan, tempat penampungan bersih dari hidrogen dan dapat digunakan lagi untuk penelitian kembali



Gambar 3. 14 Kompresor

4. Laptop

Digunakan untuk merekam perubahan konsentrasi hidrogen yang terbaca oleh modul mikrokontroler, agar pengambilan data lebih mudah.

5. Stopwatch

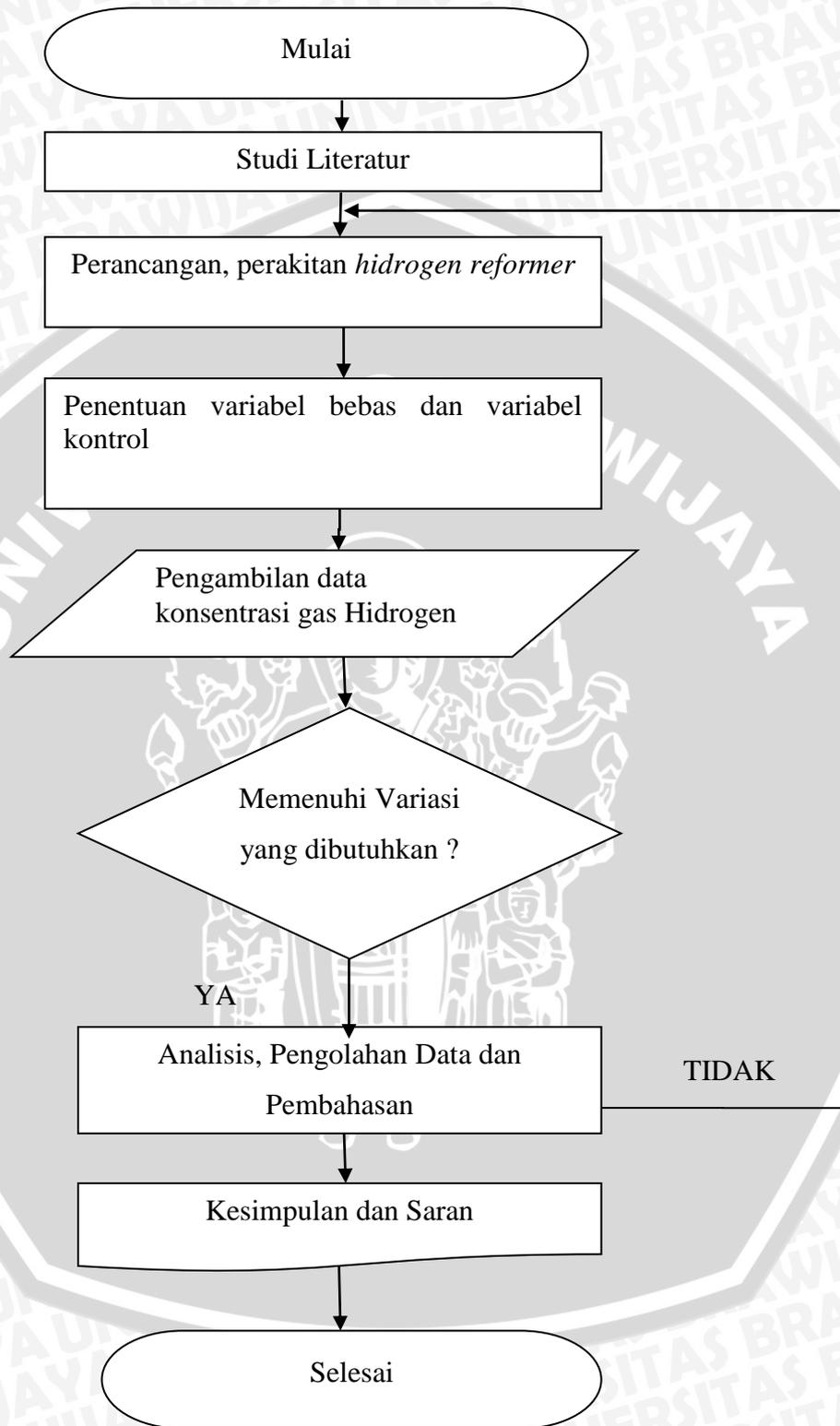
Digunakan untuk menghitung laju tetesan minyak kelapa dan air, serta untuk menghitung waktu pengambilan data hasil penelitian.

3.6 Metode Pengambilan Data

Urutan langkah-langkah untuk pengambilan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan semua peralatan yang dibutuhkan.
2. Masukkan minyak kelapa dan air pada botol infus.
3. Menyusun rangkaian instalasi sesuai pada skema alat yang telah ditentukan.
4. Mengukur laju aliran minyak kelapa dan air dengan bantuan *stopwatch* (laju aliran disesuaikan pada variabel yang akan di teliti).
5. Hidupkan kompor listrik dengan memakai daya 600 watt.
6. Sambungkan USB modul mikrokontroler ke laptop dan buka aplikasi untuk mencatat perubahan H₂.
7. Bersihkan *hydrogen storage* dengan menggunakan kompresor.
8. Tunggu sampai temperatur mencapai 230 °C.
9. Masukkan sensor H₂ ke dalam *hydrogen storage* dan sambungkan pipa *output* dari tabung empat ke dalam *hydrogen storage*.
10. Masukkan ujung infus set ke dalam masing – masing tabung satu (minyak) dan tabung dua (air).
11. Mulai dilakukan pengamatan dan amati selama 20 menit.
12. Setelah 20 menit matikan kompor dan tutup infus set agar minyak dan air tidak menetes.
13. Bersihkan tabung satu dan *hydrogen storage* agar bisa dipakai kembali.
14. Ulangi langkah 4 – 13 untuk setiap variasi.
15. Selesai.

3.7 Diagram Alir Penelitian



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

Pada bab ini dilakukan pengambilan, pengolahan, perhitungan, dan pembahasan data hasil pengujian. Data berupa tabel dan grafik akan dianalisa dan dibahas lebih mendetail tentang proses dan hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

4.2 Data Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian dengan menggunakan alat *steam reforming* dengan menggunakan variasi katalis 2, 4, 6 (butir) dan variasi perbandingan massa minyak kelapa dan air, yaitu 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, 3:1. Data yang diperoleh berupa kandungan konsentrasi hidrogen (H_2) dalam satuan ppm. Data hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk grafik.

4.3 Contoh Perhitungan

4.3.1 Menghitung Perbandingan Tetesan Minyak Kelapa dan Air

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan tetesan antara minyak kelapa dan air berdasarkan perbandingan massa.

Tabel 4. 1 Berat Minyak Kelapa dan Air

Berat Minyak (g)	Berat Air (g)
0,02	0,04
0,02	0,03
0,02	0,04
0,02	0,04
0,01	0,03
0,018	0,036

Berdasarkan data di atas dapat dilihat rata – rata berat minyak kelapa setelah dilakukan 5 kali pengujian adalah 0,018 gram, sedangkan berat air adalah 0,036 gram. Jadi agar perbandingan massa minyak kelapa dan air sama maka untuk jumlah tetesan minyak kelapa adalah 2 tetes dan air 1 tetes untuk perbandingan massa 1:1.

Tabel 4. 2 Perbandingan Tetesan terhadap Perbandingan Massa

Perbandingan Massa		Perbandingan Tetesan	
Minyak	Air	Minyak	Air
1	1	2	1
1	2	2	2
1	3	2	3
2	1	2	1
3	1	6	1

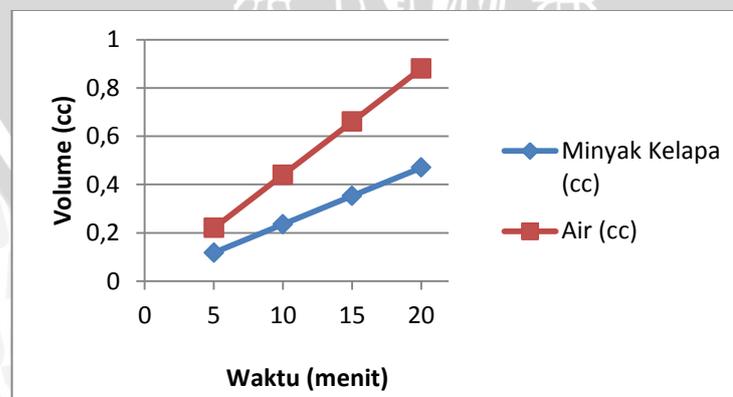
4.3.2 Menghitung Debit Minyak Kelapa dan Air

Perhitungan debit dilakukan pada perbandingan 3:1 dan selama 20 menit.

Tabel 4. 3 Volume Minyak Kelapa dan Air

Menit	Minyak Kelapa (cc)	Air (cc)
5	0.3	0.2
10	0.5	0.37
15	0.8	0.5
20	1.0	0.7

$$Q_m = \frac{0,7 \text{ cc}}{20 \text{ menit}} = 0,035 \text{ cc/menit} \quad Q_a = \frac{0,5 \text{ cc}}{20 \text{ menit}} = 0,025 \text{ cc/menit}$$



Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan debit Minyak Kelapa dan Air

4.3.3 Menghitung Efisiensi

Contoh perhitungan nilai efisiensi yang dihasilkan oleh *steam reforming* pada variasi minyak kelapa dan air (3:1) dengan 6 butir katalis

a. Perhitungan Nilai Kalor

Pada menit ke-1

- Q Minyak Kelapa $= \frac{\text{Massa Minyak}}{1000} \times \text{Nilai Kalor Minyak}$
 $= \frac{0,0675}{1000} \times 9000$
 $= 0,6075 \text{ kkal} = 2543,481 \text{ joule}$
- Massa Total $= (\text{Massa Minyak} + \text{Massa Air} + \text{Massa Udara})$
 $= (0,0675 + 0,04 + 5,94)$
 $= 6,0475 \text{ gr}$
- Massa Hidrogen $= \frac{\text{Massa Total}}{1000000} \times \text{ppm } H_2$
 $= \frac{6,0475}{1000000} \times 119,6833$
 $= 0,00072378 \text{ gr}$
- Q Hidrogen $= \frac{\text{Massa Hidrogen}}{1000} \times \text{Nilai Kalor } H_2$
 $= 10,2625 \times 10^{-5} \text{ MJ} = 102,6254692 \text{ joule}$

b. Perhitungan daya yang diterima 3 Tabung 50 ml dan Tabung 100 ml

- Luas Tabung 50 ml $= 0,002 \text{ m}^2$
- Luas Tabung 100 ml $= 0,003 \text{ m}^2$
- Daya yang digunakan kompor $= V \cdot A$
 $= 220 \cdot 2,41 = 530,2 \text{ W}$
- Heat Flux $= \frac{\text{Daya}}{\text{Luas Penampang}}$
 $= \frac{530,2}{0,018} = 30018,401 \text{ W/m}^2$
- Daya yang diterima Tabung 50 ml (joule) $= (30018,401 \times 0,002) \times 20 \text{ menit}$
 $= 1200,736 \text{ joule}$
- Daya yang diterima Tabung 100 ml (joule) $= (30018,401 \times 0,003) \times 20 \text{ menit}$
 $= 1801,104 \text{ joule}$
- Daya Total $= (1200,736 \times 3) + 1801,104$
 $= 5403,312 \text{ joule}$

c. Efisiensi tanpa Penambahan Daya Kompom

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{Q_{\text{Hidrogen}}}{Q_{\text{Minyak}}} \\ &= \frac{102,6254692}{2543,481} = 0.040348432 = 4,03484316 \% \end{aligned}$$

d. Efisiensi dengan Penambahan Daya Kompom

$$\begin{aligned} - \text{ Q Total} &= \text{ Q Minyak Kelapa} + \text{ Daya Total} \\ &= 2543,481 + 5403,312 \\ &= 7946,793 \text{ joule} \\ - \text{ Efisiensi} &= \frac{Q_{\text{Hidrogen}}}{Q_{\text{Total}}} \\ &= \frac{102,6254692}{7946,793} = 0.012914073 = 1,2914073\% \end{aligned}$$

4.4 Proses Kalibrasi Sensor

Kalibrasi rangkaian sensor gas tipe TGS 2610 bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian sensor tersebut. Namun karena tidak adanya alat ukur langsung kadar gas hidrogen yang dapat digunakan sebagai pembanding maka nilai kadar hidrogen dapat diketahui dengan cara melihat data kadar gas hidrogen pengukuran. Dimana data kadar gas sesuai dengan pembacaan nilai Volt sensor gas pada mikrokontroler. Nilai V_{out} sensor gas TGS 2610 untuk kenaikan tiap satuan ppm disesuaikan dengan data yang ada pada *datasheet*.

Sensor ini melakukan pembacaan melalui perubahan energi oleh gas hidrogen yang semakin meningkat. Semakin besar nilai ppm hidrogen, semakin besar pula nilai resistansinya, sehingga menyebabkan sensor mengalami perubahan tegangan *output* yang bernilai sebesar $0V < x < 5V$. Tegangan *output* (V_o) sensor masih berbentuk tegangan analog, sehingga dibutuhkan rangkaian ADC (*Analog to Digital Converter*) untuk dapat dibaca oleh mikrokontroler. Rangkaian ADC adalah rangkaian yang mengkonversi sinyal analog berupa tegangan output sensor tadi ke dalam bentuk sinyal digital dengan membandingkan tegangan *output* terhadap tegangan referensi, sehingga menjadi tegangan *input* yang berupa sinyal digital. Inputan berupa sinyal digital ini kemudian dimasukkan ke dalam mikrokontroler untuk diolah ke dalam pembacaan antarmuka. Dalam pembacaan antarmuka pada mikrokontroler tegangan *output* sensor dari 0-5 V akan diubah menjadi bacaan data yang memiliki rentang 0-1023 dengan perubahan per-digitnya diolah menggunakan rumus linier. Pada awal mula setelah

dirakit dan sebelum di inputkan rumusan linier sensor menunjukkan angka 60 ppm, seharusnya sensor menunjukkan angka 0 ppm. Dan setelah di injeksi hidrogen murni sebanyak 500 ml (400 ppm) sensor menunjukkan angka 532 ppm. Berikut rumus linier dari pengkalibrasian gas hidrogen.

No	x	y
1	60	0
2	532	400

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

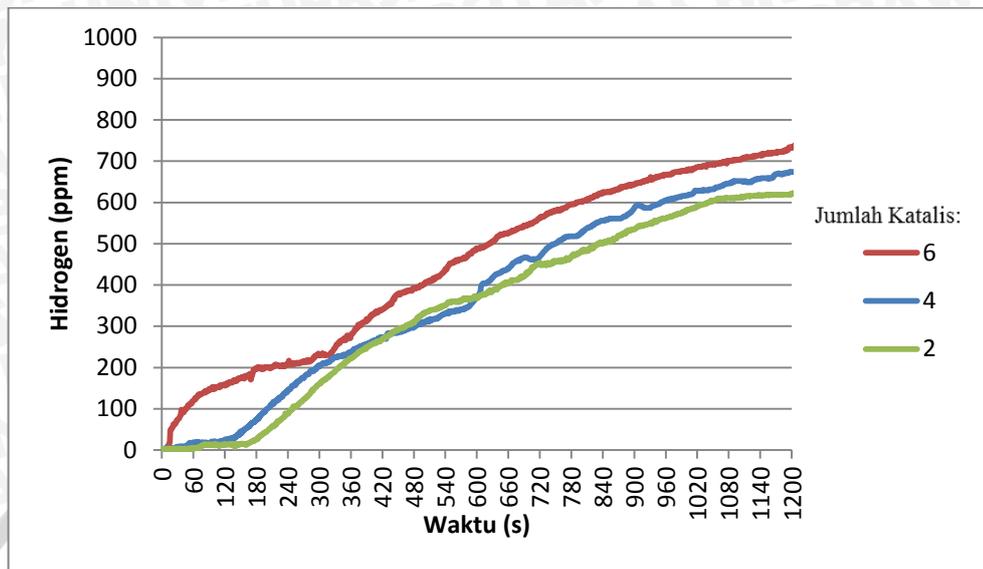
Maka di dapatkan nilai $x = \frac{y}{0,84} + 50,84$

Setiap perubahan rentang yang terjadi akan di olah ke dalam rumus linier di atas, dan hasilnya akan di tampilkan oleh mikrokontroler.

4.5 Pembahasan

Pembahasan ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh jumlah katalis dan variasi perbandingan minyak kelapa dan air terhadap produksi hidrogen yang dihasilkan. Selain itu juga membahas efisiensi dari perbandingan campuran minyak kelapa dan air pada setiap katalis yang digunakan. Sehingga nantinya dapat disimpulkan bagaimana pengaruh jumlah katalis LTS-302 yang digunakan dan perbandingan campuran minyak kelapa dan air terhadap produksi hidrogen.

4.5.1 Analisa Grafik Hubungan Jumlah Katalis Terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa dan Air 1 : 1



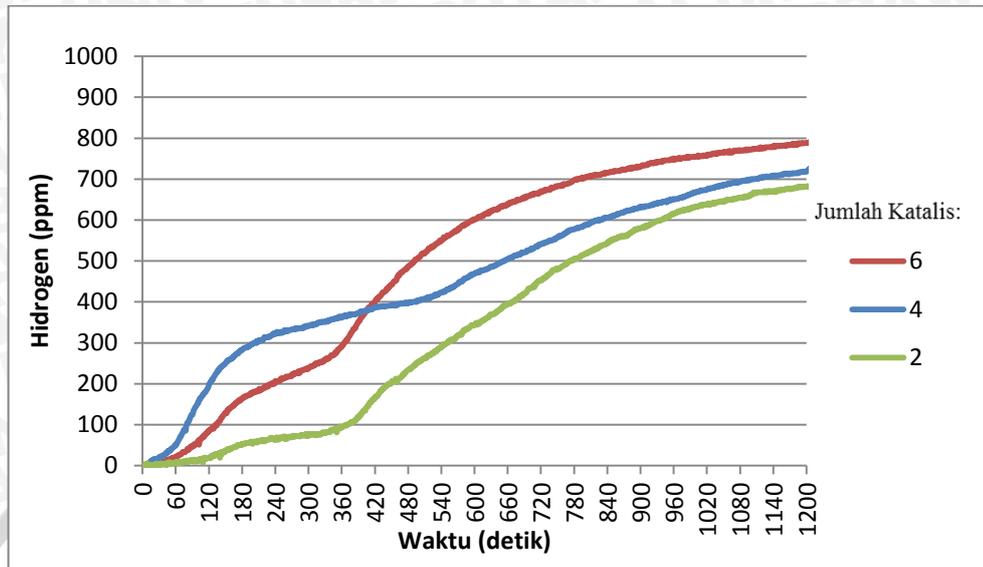
Gambar 4. 2 Grafik hubungan jumlah katalis terhadap produksi hidrogen (1:1)

Gambar 4.2 diatas merupakan grafik yang menunjukkan pengaruh penggunaan jumlah katalis terhadap produksi hidrogen pada perbandingan minyak kelapa dan air 1:1. Pada grafik tersebut terlihat bahwa grafik cenderung mengalami peningkatan.

Dari grafik juga dapat dilihat bahwa pada penggunaan katalis 6 (butir) menghasilkan hidrogen tertinggi yaitu 740 ppm, kemudian diikuti oleh penggunaan katalis 4 (butir) yaitu 676 ppm dan produksi hidrogen terendah adalah pada penggunaan katalis 2 (butir) yaitu 624 ppm. Ini menunjukkan bahwa penggunaan jumlah katalis pada produksi hidrogen dengan *steam reforming* dapat mempengaruhi jumlah hidrogen yang dihasilkan, dimana semakin banyak jumlah katalis yang digunakan maka produksi hidrogen juga semakin banyak, dikarenakan luas bidang kontak antara uap campuran dengan katalis bertambah sehingga proses reaksi berlangsung lebih cepat. Hal ini sesuai dengan grafik energi aktivasi (E_a) yang menjelaskan bahwa katalis akan memperkecil energi aktivasi (E_a).

Berdasarkan formulasi (2-11), menyatakan bahwa energi aktivasi (E_a) akan mempengaruhi laju reaksi, dimana semakin kecil nilai energi aktivasi (E_a) maka laju reaksi semakin tinggi.

4.5.2 Analisa Grafik Hubungan Jumlah Katalis Terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa dan Air 1 : 2



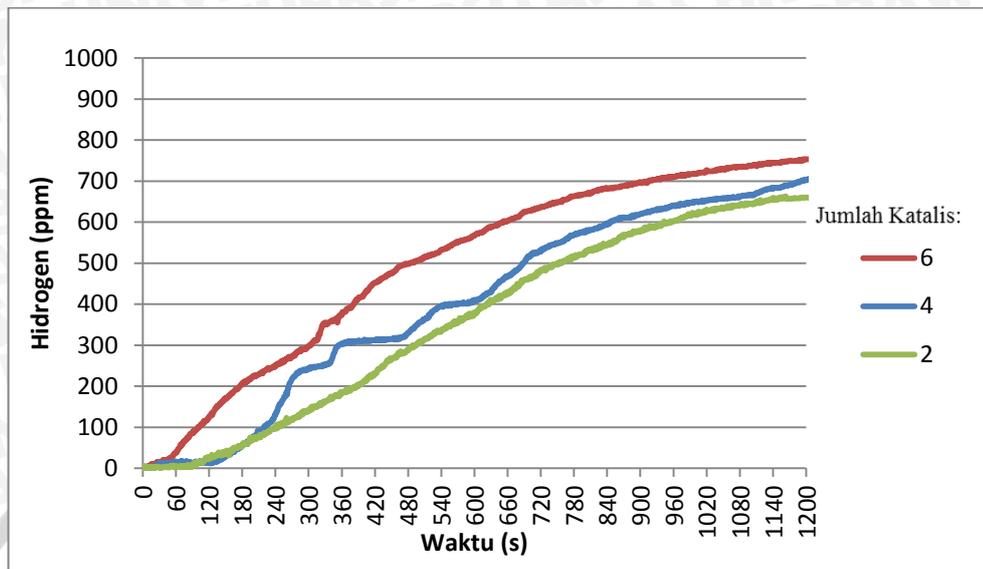
Gambar 4. 3 Grafik hubungan jumlah katalis terhadap produksi hidrogen (1:2)

Gambar 4.3 diatas merupakan grafik yang menunjukkan pengaruh penggunaan jumlah katalis terhadap produksi hidrogen pada perbandingan minyak kelapa dan air 1 : 2. Pada grafik tersebut terlihat bahwa grafik cenderung mengalami peningkatan.

Dari grafik juga dapat dilihat bahwa pada penggunaan katalis 6 (butir) menghasilkan hidrogen tertinggi yaitu 792 ppm, kemudian diikuti oleh penggunaan katalis 4 (butir) yaitu 730 ppm dan produksi hidrogen terendah adalah pada penggunaan katalis 2 (butir) yaitu 683 ppm. Ini menunjukkan bahwa penggunaan jumlah katalis pada produksi hidrogen dengan *steam reforming* dapat mempengaruhi jumlah hidrogen yang dihasilkan, dimana semakin banyak jumlah katalis yang digunakan maka produksi hidrogen juga semakin banyak, dikarenakan luas bidang kontak antara uap campuran dengan katalis bertambah sehingga proses reaksi berlangsung lebih cepat. Hal ini sesuai dengan grafik energi aktivasi (E_a) yang menjelaskan bahwa katalis akan memperkecil energi aktivasi (E_a).

Berdasarkan formulasi (2-11) bahwa energi aktivasi (E_a) akan mempengaruhi laju reaksi, dimana semakin kecil nilai energi aktivasi (E_a) maka laju reaksi semakin tinggi.

4.5.3 Analisa Grafik Hubungan Jumlah Katalis Terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa dan Air 1 : 3



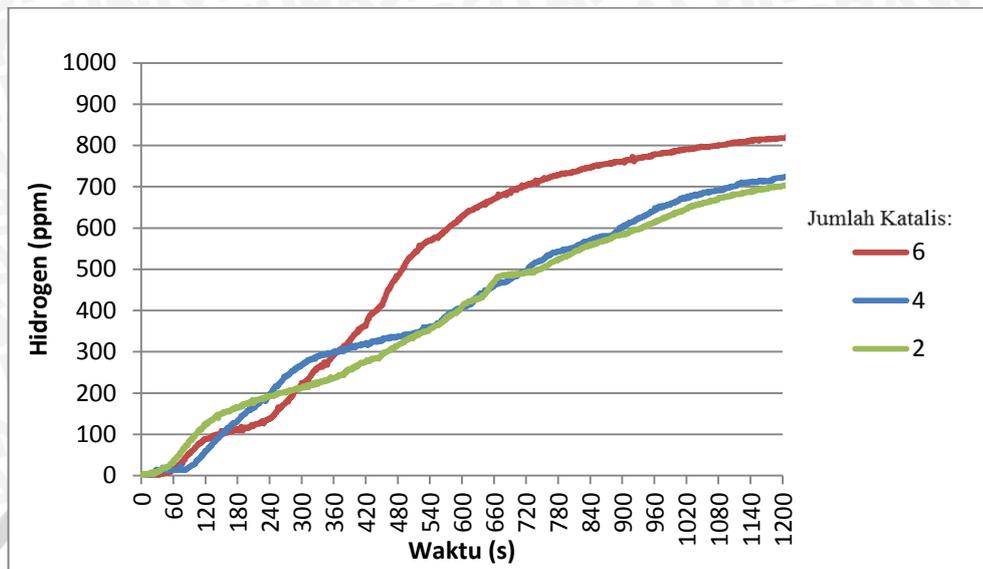
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Jumlah Katalis Terhadap Produksi Hidrogen (1:3)

Gambar 4.4 diatas merupakan grafik yang menunjukkan pengaruh penggunaan jumlah katalis terhadap produksi hidrogen pada perbandingan minyak kelapa dan air 1 : 3. Pada grafik tersebut terlihat bahwa grafik cenderung mengalami peningkatan.

Dari grafik juga dapat dilihat bahwa pada penggunaan katalis 6 (butir) menghasilkan hidrogen tertinggi yaitu 754 ppm, kemudian diikuti oleh penggunaan katalis 4 (butir) yaitu 707 ppm dan produksi hidrogen terendah adalah pada penggunaan katalis 2 (butir) yaitu 660 ppm. Ini menunjukkan bahwa penggunaan jumlah katalis pada produksi hidrogen dengan *steam reforming* dapat mempengaruhi jumlah hidrogen yang dihasilkan, dimana semakin banyak jumlah katalis yang digunakan maka produksi hidrogen juga semakin banyak, dikarenakan luas bidang kontak antara uap campuran dengan katalis bertambah sehingga proses reaksi berlangsung lebih cepat. Hal ini sesuai dengan grafik energi aktivasi (E_a) yang menjelaskan bahwa katalis akan memperkecil energi aktivasi (E_a).

Berdasarkan formulasi (2-11), menyatakan bahwa energi aktivasi (E_a) akan mempengaruhi laju reaksi, dimana semakin kecil nilai energi aktivasi (E_a) maka laju reaksi semakin tinggi.

4.5.4 Analisa Grafik Hubungan Jumlah Katalis Terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa dan Air 2 : 1



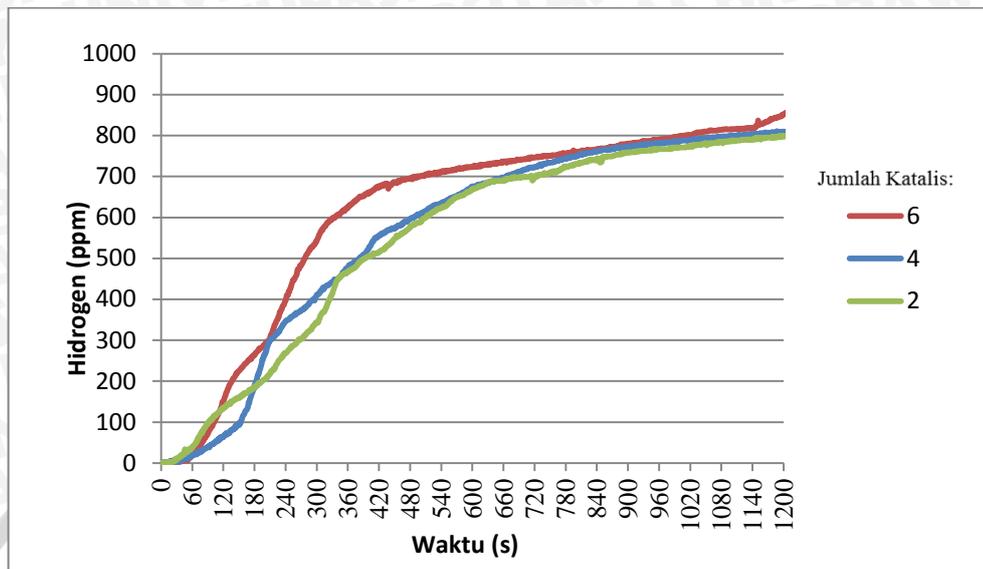
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Jumlah Katalis Terhadap Produksi Hidrogen (2:1)

Gambar 4.5 diatas merupakan grafik yang menunjukkan pengaruh penggunaan jumlah katalis terhadap produksi hidrogen pada perbandingan minyak kelapa dan air 2 : 1. Pada grafik tersebut terlihat bahwa grafik cenderung mengalami peningkatan.

Dari grafik juga dapat dilihat bahwa pada penggunaan katalis 6 (butir) menghasilkan hidrogen tertinggi yaitu 827 ppm, kemudian diikuti oleh penggunaan katalis 4 (butir) yaitu 724 ppm dan produksi hidrogen terendah adalah pada penggunaan katalis 2 (butir) yaitu 704 ppm. Ini menunjukkan bahwa penggunaan jumlah katalis pada produksi hidrogen dengan *steam reforming* dapat mempengaruhi jumlah hidrogen yang dihasilkan, dimana semakin banyak jumlah katalis yang digunakan maka produksi hidrogen juga semakin banyak, dikarenakan luas bidang kontak antara uap campuran dengan katalis bertambah sehingga proses reaksi berlangsung lebih cepat. Hal ini sesuai dengan grafik energi aktivasi (E_a) yang menjelaskan bahwa katalis akan memperkecil energi aktivasi (E_a).

Berdasarkan formulasi (2-11), menyatakan bahwa energi aktivasi (E_a) akan mempengaruhi laju reaksi, dimana semakin kecil nilai energi aktivasi (E_a) maka laju reaksi semakin tinggi.

4.5.5 Analisa Grafik Hubungan Jumlah Katalis Terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa dan Air 3 : 1



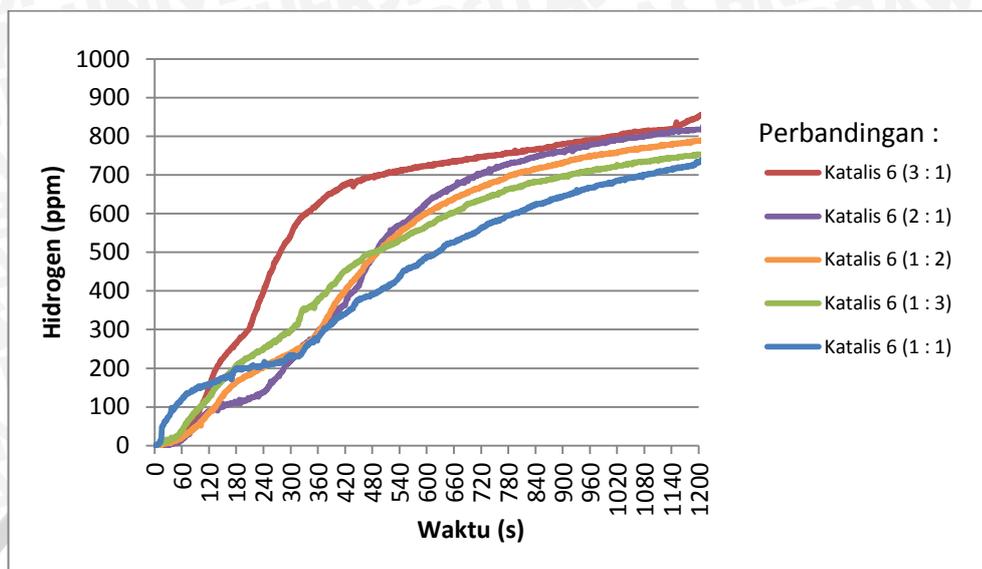
Gambar 4. 6 Grafik Hubungan Jumlah Katalis Terhadap Produksi Hidrogen (3:1).

Gambar 4.6 diatas merupakan grafik yang menunjukkan pengaruh penggunaan jumlah katalis terhadap produksi hidrogen pada perbandingan minyak kelapa dan air 3:1. Pada grafik tersebut terlihat bahwa grafik cenderung mengalami peningkatan.

Dari grafik juga dapat dilihat bahwa pada penggunaan katalis 6 (butir) menghasilkan hidrogen tertinggi yaitu 858 ppm, kemudian diikuti oleh penggunaan katalis 4 (butir) yaitu 810 ppm dan produksi hidrogen terendah adalah pada penggunaan katalis 2 (butir) yaitu 799 ppm. Ini menunjukkan bahwa penggunaan jumlah katalis pada produksi hidrogen dengan *steam reforming* dapat mempengaruhi jumlah hidrogen yang dihasilkan, dimana semakin banyak jumlah katalis yang digunakan maka produksi hidrogen juga semakin banyak, dikarenakan luas bidang kontak antara uap campuran dengan katalis bertambah sehingga proses reaksi berlangsung lebih cepat. Hal ini sesuai dengan grafik energi aktivasi (E_a) yang menjelaskan bahwa katalis akan memperkecil energi aktivasi (E_a).

Berdasarkan formulasi (2-11), menyatakan bahwa energi aktivasi (E_a) akan mempengaruhi laju reaksi, dimana semakin kecil nilai energi aktivasi (E_a) maka laju reaksi semakin tinggi.

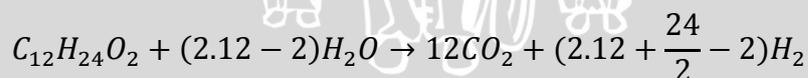
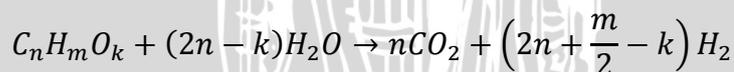
4.5.6 Analisa Grafik Hubungan Perbandingan Campuran Minyak Kelapa dan Air Terhadap Produksi Hidrogen pada 6 Katalis



Gambar 4. 7 Grafik hubungan perbandingan campuran minyak kelapa dan air pada 6 katalis.

Gambar 4.7 di atas menjelaskan pengaruh variasi perbandingan minyak kelapa dan air pada penggunaan katalis 6 (butir). Dapat terlihat bahwa variasi 3:1 menghasilkan hidrogen paling tinggi (858 ppm) dan variasi yang menghasilkan hidrogen paling rendah adalah variasi 1:1 (740 ppm).

Pada grafik tersebut terjadi penyimpangan, dimana berdasarkan pada persamaan reaksi pencampuran dengan menggunakan salah satu asam lemak penyusun terbesar pada minyak kelapa yaitu Asam Laurat ($C_{12}H_{24}O_2$) adalah:



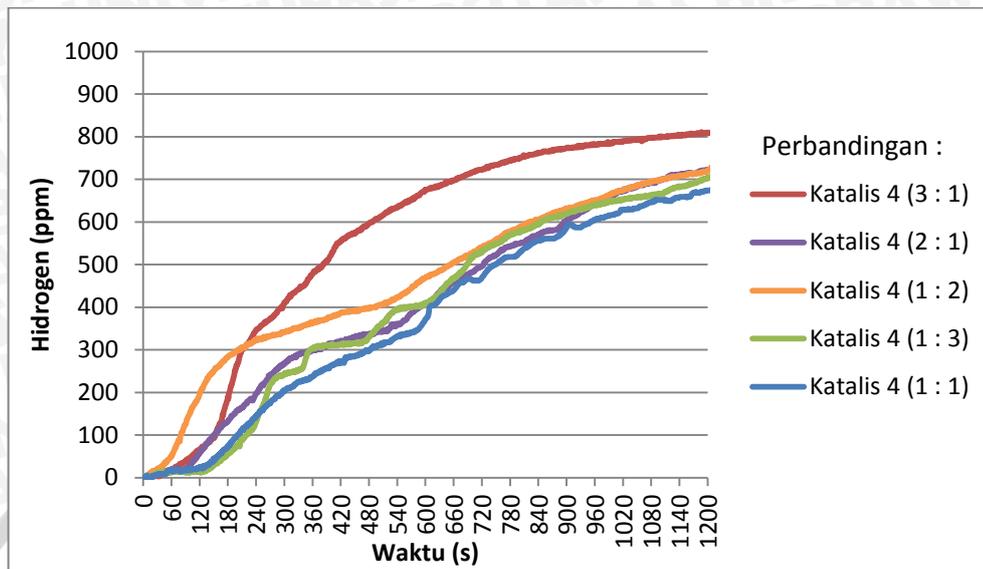
Dari persamaan reaksi di atas maka bisa dihitung perbandingan mol minyak kelapa dan air adalah 1 : 22. Perbandingan beratnya adalah 200 : 396 (Mr $C_{12}H_{24}O_2 = 282$ dan Mr $H_2O = 18$). Perbandingan Volumennya adalah 184 : 396 atau bisa disederhanakan menjadi 1 : 2,15. Seharusnya perbandingan yang sesuai antara minyak kelapa dan air berada pada kisaran 1:2.15, akan tetapi pada grafik yang menghasilkan hidrogen paling banyak adalah variasi 3:1.

Pada variasi 3:1 menghasilkan hidrogen paling banyak, karena pada variasi ini pemakaian bahan baku (minyak kelapa) lebih banyak dibandingkan variasi yang lain.

Diketahui bahwa minyak kelapa disusun oleh beberapa asam lemak ($C_nH_mO_k$), sehingga jumlah bahan baku yang dipakai berbanding lurus dengan hidrogen yang dihasilkan, semakin banyak bahan baku yang dipakai maka hidrogen yang dihasilkan juga semakin banyak.



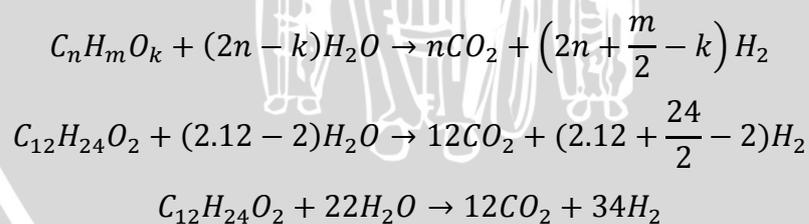
4.5.7 Analisa Grafik Hubungan Perbandingan Campuran Minyak Kelapa dan Air Terhadap Produksi Hidrogen pada 4 Katalis



Gambar 4. 8 Grafik hubungan perbandingan campuran minyak kelapa dan air pada 4 katalis.

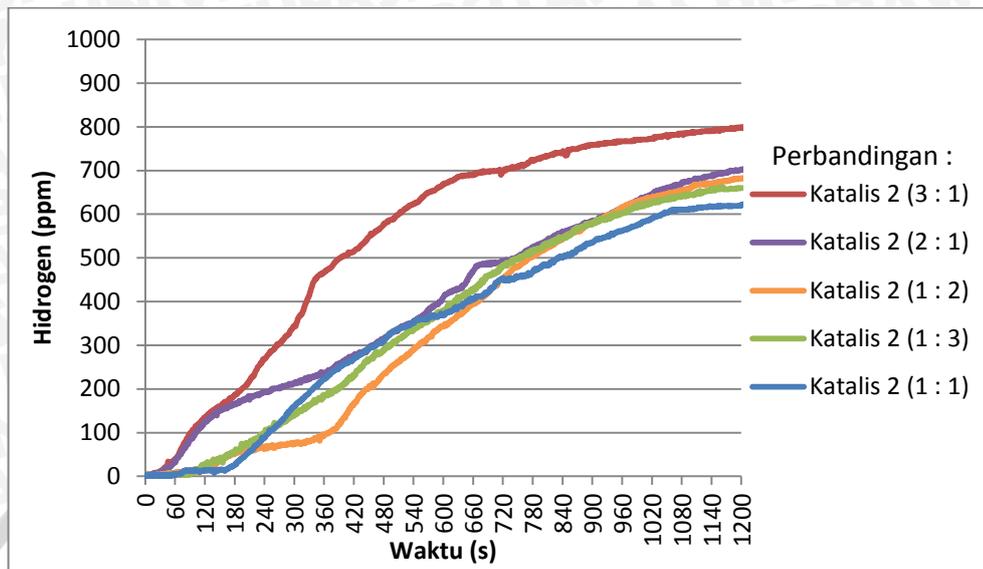
Gambar 4.8 di atas menjelaskan pengaruh variasi perbandingan minyak kelapa dan air pada penggunaan katalis 4 (butir). Dapat dilihat bahwa variasi 3:1 menghasilkan hidrogen paling tinggi (810 ppm) dan variasi yang menghasilkan hidrogen paling rendah adalah variasi 1:1 (676 ppm).

Pada grafik tersebut terjadi penyimpangan, dimana berdasarkan pada persamaan reaksi pencampuran dengan menggunakan salah satu asam lemak penyusun terbesar pada minyak kelapa yaitu Asam Laurat ($C_{12}H_{24}O_2$) adalah:



Dari persamaan reaksi di atas maka bisa dihitung perbandingan mol minyak kelapa dan air adalah 1 : 22. Perbandingan beratnya adalah 200 : 396 (Mr $C_{12}H_{24}O_2 = 282$ dan Mr $H_2O = 18$). Perbandingan Volumennya adalah 184 : 396 atau bisa disederhanakan menjadi 1 : 2,15. Seharusnya perbandingan yang sesuai antara minyak kelapa dan air berada pada kisaran 1:2.15, akan tetapi pada grafik yang menghasilkan hidrogen paling banyak adalah variasi 3:1.

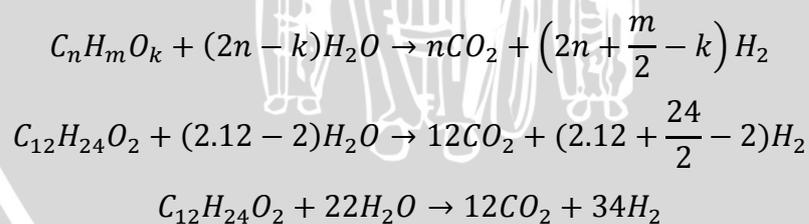
4.5.8 Analisa Grafik Hubungan Perbandingan Campuran Minyak Kelapa dan Air Terhadap Produksi Hidrogen pada 2 Katalis



Gambar 4. 9 Grafik hubungan perbandingan campuran minyak kelapa dan air pada 2 katalis.

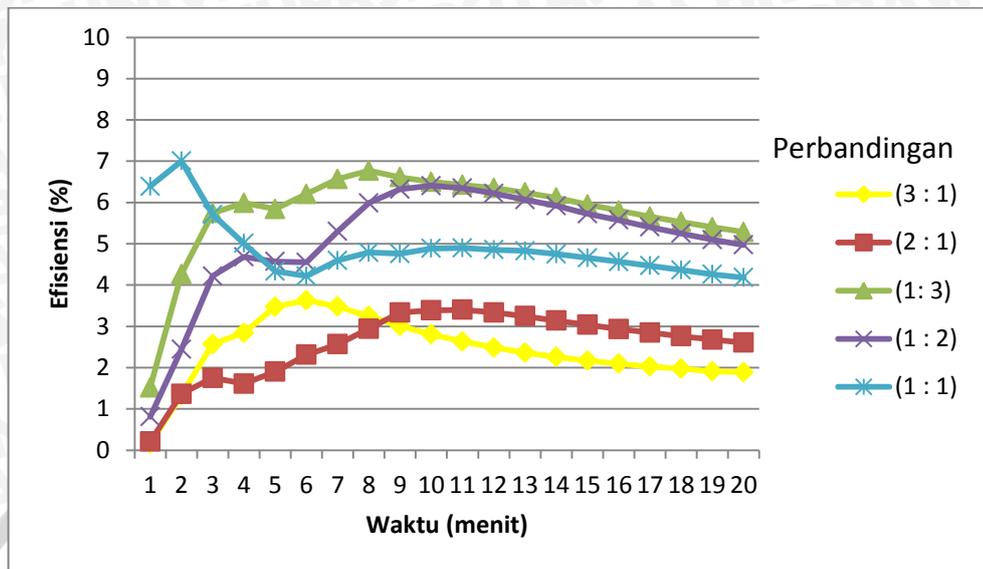
Gambar 4.9 di atas menjelaskan pengaruh variasi perbandingan minyak kelapa dan air pada penggunaan katalis 2 (butir). Dapat dilihat bahwa variasi 3:1 menghasilkan hidrogen paling tinggi (799 ppm) dan variasi yang menghasilkan hidrogen paling rendah adalah variasi 1:1 (624 ppm).

Pada grafik tersebut terjadi penyimpangan, dimana berdasarkan pada persamaan reaksi pencampuran dengan menggunakan salah satu asam lemak penyusun terbesar pada minyak kelapa yaitu Asam Laurat ($C_{12}H_{24}O_2$) adalah:



Dari persamaan reaksi di atas maka bisa dihitung perbandingan mol minyak kelapa dan air adalah 1 : 22. Perbandingan beratnya adalah 200 : 396 (Mr $C_{12}H_{24}O_2 = 282$ dan Mr $H_2O = 18$). Perbandingan Volumennya adalah 184 : 396 atau bisa disederhanakan menjadi 1 : 2,15. Seharusnya perbandingan yang sesuai antara minyak kelapa dan air berada pada kisaran 1:2.15, akan tetapi pada grafik yang menghasilkan hidrogen paling banyak adalah variasi 3:1.

4.5.9 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H₂ Tanpa Penambahan Panas pada 6 Katalis



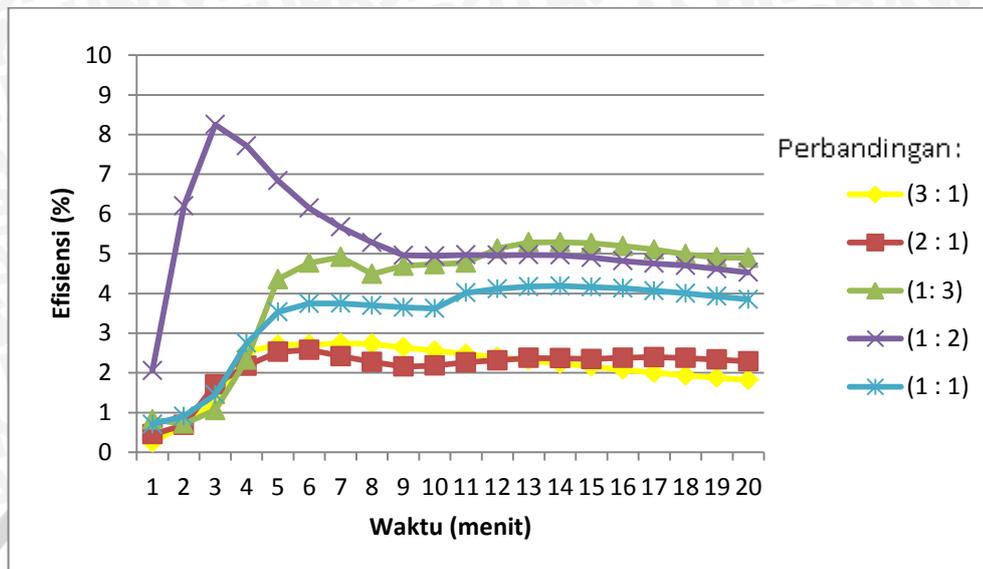
Gambar 4. 10 Grafik efisiensi hasil produksi H₂ tanpa penambahan panas pada 6 katalis.

Grafik diatas menjelaskan efisiensi dari setiap perbandingan campuran minyak kelapa dan air tanpa penambahan panas. Setelah mengetahui nilai kalor dari bahan baku (minyak kelapa) dan H₂ kemudian nilai kalor H₂ yang dihasilkan dibagi dengan nilai kalor bahan baku yang dipakai maka akan mendapatkan nilai efisiensi.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai efisiensi perbandingan minyak kelapa dan air dari nilai efisiensi tinggi ke efisiensi rendah adalah variasi 1:3 (5,74%), variasi 1:2 (5,09%), variasi 1:1 (4,88%), variasi 2:1 (2,57%), variasi 3:1 (2,42%). Variasi 1:3 produksi hidrogennya paling tinggi (gambar 4.7), namun variasi ini memiliki nilai efisiensi terendah dibandingkan variasi yang lain. Meskipun variasi 1:2 menghasilkan hidrogen lebih rendah dari vari variasi 3:1, akan tetapi variasi 1:2 menghasilkan hidrogen yang lebih baik karena pemakaian bahan baku yang sedikit, sehingga nilai efisiensinya lebih tinggi dari variasi 1:3. Walaupun menghasilkan hidrogen paling tinggi, variasi 1:3 kurang efisien. Hal ini sesuai dengan persamaan reaksi pencampuran (hal.8): $C_nH_mO_k + (2n - k)H_2O \rightarrow nCO_2 + (2n + \frac{m}{2} - k)H_2$ bahwa perbandingan minyak kelapa dan air berada pada kisaran 1:2,15.

Pada grafik di atas juga diketahui bahwa pada menit ke-2 nilai efisiensinya meningkat sampai menit ke-10, lalu pada menit berikutnya nilai efisiensi cenderung konstan. Hal ini dikarenakan katalis hanya efektif pada menit-menit awal proses reaksi.

4.5.10 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H₂ Tanpa Penambahan Panas pada 4 Katalis



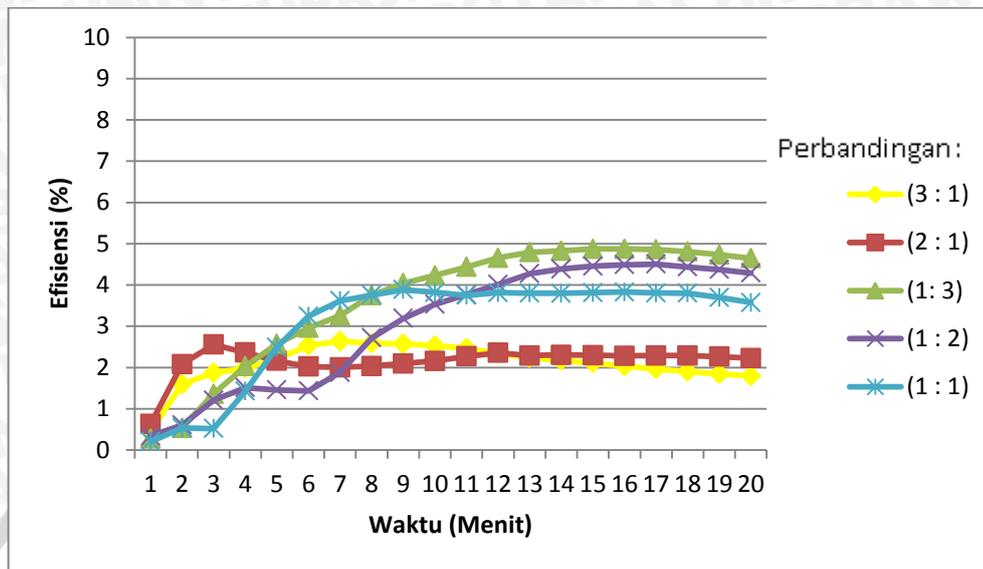
Gambar 4. 11 Grafik efisiensi hasil produksi H₂ tanpa penambahan panas pada 4 katalis.

Grafik diatas menjelaskan efisiensi dari setiap perbandingan campuran minyak kelapa dan air tanpa penambahan panas. Setelah mengetahui nilai kalor dari bahan baku (minyak kelapa) dan H₂ kemudian nilai kalor H₂ yang dihasilkan dibagi dengan nilai kalor bahan baku yang dipakai maka akan mendapatkan nilai efisiensi.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai efisiensi perbandingan minyak kelapa dan air dari nilai efisiensi tinggi ke efisiensi rendah adalah variasi 1:2 (5,31%), variasi 1:3 (4,19%), variasi 1:1 (3,42%), variasi 2:1 (2,13%), variasi 3:1 (2,10%). Variasi 1:3 produksi hidrogennya paling tinggi (gambar 4.8), namun variasi ini memiliki nilai efisiensi terendah dibandingkan variasi yang lain. Meskipun variasi 1:2 menghasilkan hidrogen lebih rendah dari vari variasi 3:1, akan tetapi variasi 1:2 menghasilkan hidrogen yang lebih baik karena pemakaian bahan baku yang sedikit, sehingga nilai efisiensinya lebih tinggi dari variasi 1:3. Walaupun menghasilkan hidrogen paling tinggi, variasi 1:3 kurang efisien. Hal ini sesuai dengan persamaan reaksi pencampuran (hal.8): $C_nH_mO_k + (2n - k)H_2O \rightarrow nCO_2 + (2n + \frac{m}{2} - k)H_2$ bahwa perbandingan minyak kelapa dan air berada pada kisaran 1:2,15.

Pada grafik di atas juga diketahui bahwa pada menit ke-2 nilai efisiensinya meningkat sampai menit ke-10, lalu pada menit berikutnya nilai efisiensi cenderung konstan. Hal ini dikarenakan katalis hanya efektif pada menit-menit awal proses reaksi.

4.5.11 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H₂ Tanpa Penambahan Panas pada 2 Katalis



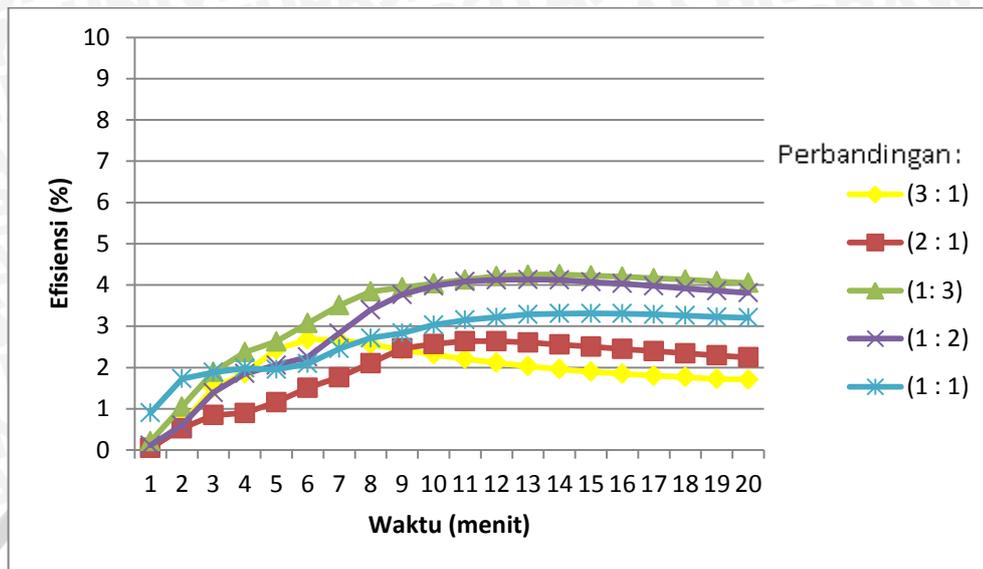
Gambar 4. 12 Grafik efisiensi hasil produksi H₂ tanpa penambahan panas pada 2 katalis.

Grafik diatas menjelaskan efisiensi dari setiap perbandingan campuran minyak kelapa dan air tanpa penambahan panas. Setelah mengetahui nilai kalor dari bahan baku (minyak kelapa) dan H₂ kemudian nilai kalor H₂ yang dihasilkan dibagi dengan nilai kalor bahan baku yang dipakai maka akan mendapatkan nilai efisiensi.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai efisiensi perbandingan minyak kelapa dan air dari nilai efisiensi tinggi ke efisiensi rendah adalah variasi 1:3 (3,63%), variasi 1:1 (3,06%), variasi 1:2 (3,04%), variasi 2:1 (2,15%), variasi 3:1 (2,09%). Variasi 1:3 produksi hidrogennya paling tinggi (gambar 4.7), namun variasi ini memiliki nilai efisiensi terendah dibandingkan variasi yang lain. Meskipun variasi 1:2 menghasilkan hidrogen lebih rendah dari vari variasi 3:1, akan tetapi variasi 1:2 menghasilkan hidrogen yang lebih baik karena pemakaian bahan baku yang sedikit, sehingga nilai efisiensinya lebih tinggi dari variasi 1:3. Walaupun menghasilkan hidrogen paling tinggi, variasi 1:3 kurang efisien. Hal ini sesuai dengan persamaan reaksi pencampuran (hal.8): $C_nH_mO_k + (2n - k)H_2O \rightarrow nCO_2 + (2n + \frac{m}{2} - k)H_2$ bahwa perbandingan minyak kelapa dan air berada pada kisaran 1:2,15.

Pada grafik di atas juga diketahui bahwa pada menit ke-2 nilai efisiensinya meningkat sampai menit ke-10, lalu pada menit berikutnya nilai efisiensi cenderung konstan. Hal ini dikarenakan katalis hanya efektif pada menit-menit awal proses reaksi.

4.5.12 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H₂ Dengan Penambahan Panas pada 6 Katalis

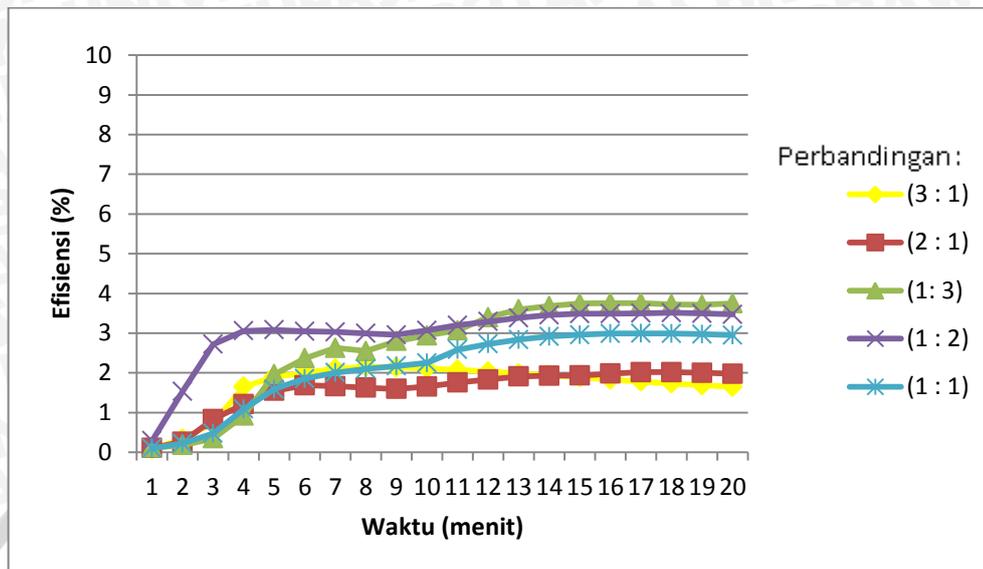


Gambar 4. 13 Grafik efisiensi hasil produksi H₂ dengan penambahan panas pada 6 katalis.

Grafik diatas menjelaskan efisiensi dari setiap perbandingan campuran minyak kelapa dan air dengan penambahan panas. Setelah mengetahui nilai kalor dari bahan baku (minyak kelapa), daya yang digunakan pada kompor dan H₂ kemudian nilai kalor ditambah dengan daya yang digunakan pada kompor, setelah itu nilai kalor H₂ yang dihasilkan dibagi dengan nilai kalor bahan baku yang sudah ditambah dengan daya kompor maka akan mendapatkan nilai efisiensi.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai efisiensi perbandingan minyak kelapa dan air dari nilai efisiensi tinggi ke efisiensi rendah adalah variasi 1:3 (3,41%), variasi 1:2 (3,12%), variasi 1:1 (2,71%), variasi 2:1 (1,93%), variasi 3:1 (1,91%). Jika dibandingkan dengan gambar 4.10 pada gambar grafik di atas terlihat bahwa terjadi penurunan nilai efisiensi, hal ini dikarenakan dengan hidrogen yang dihasilkan sama dengan pada gambar 4.10, akan tetapi pada grafik ini terjadi penambahan daya yang digunakan oleh kompor selama 20 menit yaitu sebesar 6372,576 joule sehingga nilai efisiensinya lebih rendah dari nilai efisiensi pada gambar 4.10. Walaupun ada penambahan daya pada setiap menitnya apabila diimbangi dengan hidrogen yang dihasilkan maka nilai efisiensinya tidak akan jauh berbeda dengan nilai efisiensi pada gambar 4.10.

4.5.13 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H₂ Dengan Penambahan Panas pada 4 Katalis

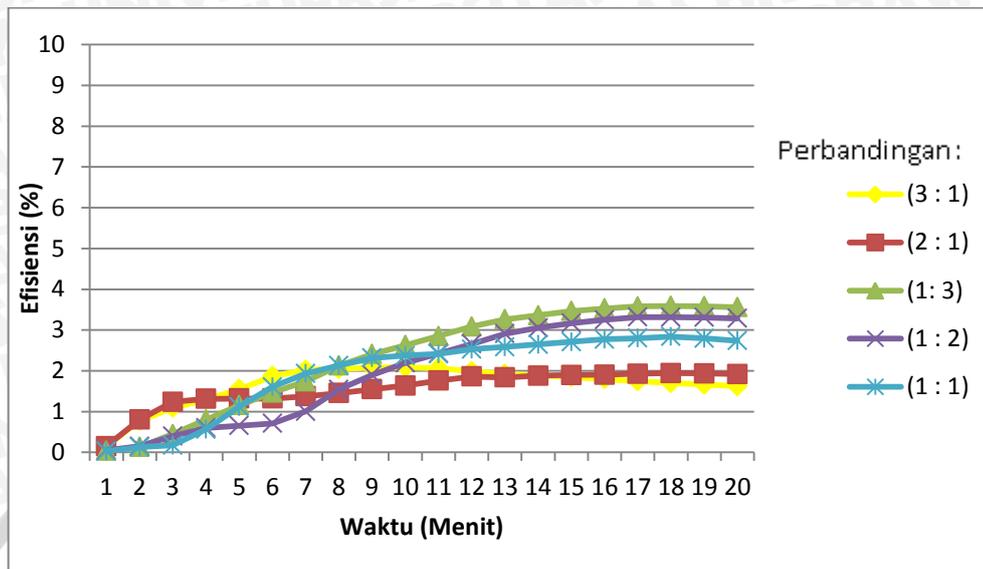


Gambar 4. 14 Grafik efisiensi hasil produksi H₂ dengan penambahan panas pada 4 katalis.

Grafik diatas menjelaskan efisiensi dari setiap perbandingan campuran minyak kelapa dan air dengan penambahan panas. Setelah mengetahui nilai kalor dari bahan baku (minyak kelapa), daya yang digunakan pada kompor dan H₂ kemudian nilai kalor ditambah dengan daya yang digunakan pada kompor, setelah itu nilai kalor H₂ yang dihasilkan dibagi dengan nilai kalor bahan baku yang sudah ditambah dengan daya kompor maka akan mendapatkan nilai efisiensi.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai efisiensi perbandingan minyak kelapa dan air dari nilai efisiensi tinggi ke efisiensi rendah adalah variasi 1:2 (3,00%), variasi 1:3 (2,65%), variasi 1:1 (2,14%), variasi 3:1 (1,69%), variasi 2:1 (1,58%). Jika dibandingkan dengan gambar 4.11 pada gambar grafik di atas terlihat bahwa terjadi penurunan nilai efisiensi, hal ini dikarenakan dengan hidrogen yang dihasilkan sama dengan pada gambar 4.11, akan tetapi pada grafik ini terjadi penambahan daya yang digunakan oleh kompor selama 20 menit yaitu sebesar 6372,576 joule sehingga nilai efisiensinya lebih rendah dari nilai efisiensi pada gambar 4.11. Walaupun ada penambahan daya pada setiap menitnya apabila diimbangi dengan hidrogen yang dihasilkan maka nilai efisiensinya tidak akan jauh berbeda dengan nilai efisiensi pada gambar 4.11.

4.5.14 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H₂ Dengan Penambahan Panas pada 2 Katalis



Gambar 4. 15 Grafik efisiensi hasil produksi H₂ dengan penambahan panas pada 2 katalis.

Grafik diatas menjelaskan efisiensi dari setiap perbandingan campuran minyak kelapa dan air dengan penambahan panas. Setelah mengetahui nilai kalor dari bahan baku (minyak kelapa), daya yang digunakan pada kompor dan H₂ kemudian nilai kalor ditambah dengan daya yang digunakan pada kompor, setelah itu nilai kalor H₂ yang dihasilkan dibagi dengan nilai kalor bahan baku yang sudah ditambah dengan daya kompor maka akan mendapatkan nilai efisiensi.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai efisiensi perbandingan minyak kelapa dan air dari nilai efisiensi tinggi ke efisiensi rendah adalah variasi 1:3 (2,34%), variasi 1:2 (1,99%), variasi 1:1 (1,96%), variasi 3:1 (1,66%), variasi 2:1 (1,55%). Jika dibandingkan dengan gambar 4.12 pada gambar grafik di atas terlihat bahwa terjadi penurunan nilai efisiensi, hal ini dikarenakan dengan hidrogen yang dihasilkan sama dengan pada gambar 4.12, akan tetapi pada grafik ini terjadi penambahan daya yang digunakan oleh kompor selama 20 menit yaitu sebesar 6372,576 joule sehingga nilai efisiensinya lebih rendah dari nilai efisiensi pada gambar 4.12. Walaupun ada penambahan daya pada setiap menitnya apabila diimbangi dengan hidrogen yang dihasilkan maka nilai efisiensinya tidak akan jauh berbeda dengan nilai efisiensi pada gambar 4.12.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari analisa pembahasan pengaruh jumlah katalis yang digunakan dan perbandingan minyak kelapa dan air yang divariasikan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Katalis dapat memperkecil energi aktivasi (E_a) sehingga laju reaksi akan semakin besar. Dengan demikian jumlah katalis yang digunakan berbanding lurus dengan produksi hidrogen (H_2) yang dihasilkan.
2. Jumlah bahan baku (minyak kelapa) yang digunakan berbanding lurus dengan hidrogen yang dihasilkan. Semakin banyak bahan baku yang digunakan maka produksi hidrogen juga semakin banyak, karena minyak kelapa disusun oleh beberapa asam lemak ($C_nH_mO_k$), seperti contohnya asam laurat ($C_{12}H_{24}O_2$).
3. Perbandingan minyak kelapa dan air yang menghasilkan hidrogen paling banyak adalah perbandingan 3:1 yaitu 858 ppm (6 Katalis), dapat dilihat pada gambar 4.7.
4. Perbandingan minyak kelapa dan air 1:2 mempunyai nilai efisiensi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai efisiensi dari perbandingan 3:1, karena perbandingan 1:2 menghasilkan hidrogen lebih baik yang sesuai dengan persamaan reaksi pencampuran.
5. Pemakaian 6 butir katalis mempunyai nilai efisiensi paling tinggi jika dibandingkan pemakaian 4 dan 2 (butir) katalis.

5.2 Saran

Saran yang penulis harapkan dari penelitian produksi hidrogen menggunakan metode *steam reforming* dengan melihat pengaruh jumlah katalis dan perbandingan campuran minyak kelapa dan air, adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang perbandingan minyak kelapa dan air dengan memperbanyak bahan baku (minyak kelapa) untuk mengetahui perbandingan yang optimal.
2. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang produksi hidrogen dari minyak nabati lain seperti minyak biji bunga matahari dan minyak jagung.
3. Sebaiknya menggunakan *hydrogen storage* yang volumenya lebih besar, agar pembacaan oleh sensor lebih terlihat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityo. 2011. Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan terhadap Konsentrasi Hidrogen pada Hydrogen Reformer. Malang: Universitas Brawijaya
- Alimudin. 2011. Laju Reaksi. <http://alimudin77.blogdetik.com/2011/07/04/laju-reaksi/>. (diakses 4 agustus 2014)
- Clark, Jim. 2004. *Tetapan Laju dan Persamaan Arrhenius*. http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia_fisika1/laju_reaksi1/tetapan_laju_dan_persamaan_arrhenius/. (Diakses 13 Agustus 2014)
- Ekaterini Ch. Vagia, Angeliki A. Lemonidou, 2008, *Hydrogen Production Via Steam Reforming of Bio-oil Components Over Calcium Aluminate Supported Nickel and Noble Metal Catalysts*, Journal Catalyst Today (135) 111-121.
- Jonas. 2014. Pembuatan Hidrogen dari Campuran Minyak Jarak dan Air Dengan Metode Steam Reforming. Malang: Universitas Brawijaya
- Kementrian ESDM. 2012. *Statistik Minyak Bumi*. Jakarta: KESDM
- Ketaren, S. (1986). *Minyak dan Lemak Pangan*, edisi 1. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI Press)
- Richardson. 1989. *Principles of Catalyst Development*. New York: Plenum Press
- Salimy, H. 2010. Proses Steam Reforming Produksi Hidrogen dengan Panas Nuklir Temperatur Rendah dan Menengah. Jakarta: PPEN
- Sriyono. 2012. Fuel Cell Energi Alternatif. <http://srionputro.blogspot.com/2012/10/fuel-cell.html>. (diakses 2 agustus 2014)
- Wardana, I.N.G., 2008. Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran, PT. Danar Wijaya-Brawijaya University Press, Malang