

**PEMBUATAN HIDROGEN DARI CAMPURAN MINYAK JARAK
DAN AIR DENGAN METODE *STEAM REFORMING***

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

JONAS SIHITE
NIM. 0910623011 – 62

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2014**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PEMBUATAN HIDROGEN DARI CAMPURAN MINYAK JARAK
DAN AIR DENGAN METODE *STEAM REFORMING***

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:
JONAS SIHITE
NIM. 0910623011 – 62

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng, Ph.D.
NIP. 19590703 198303 1 002

Agung Sugeng Widodo, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19710321 199802 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMBUATAN HIDROGEN DARI CAMPURAN MINYAK JARAK
DAN AIR DENGAN METODE *STEAM REFORMING***

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**JONAS SIHITE
NIM. 0910623011 – 62**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 29 Januari 2014

MAJELIS PENGUJI

Skripsi I

Skripsi II

**Ir. Ari Wahyudi, MT.
NIP. 19680324 199412 1 001**

**Ir. Hastono Wijaya, MT.
NIP. 19601204 198601 1 002**

Skripsi III

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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

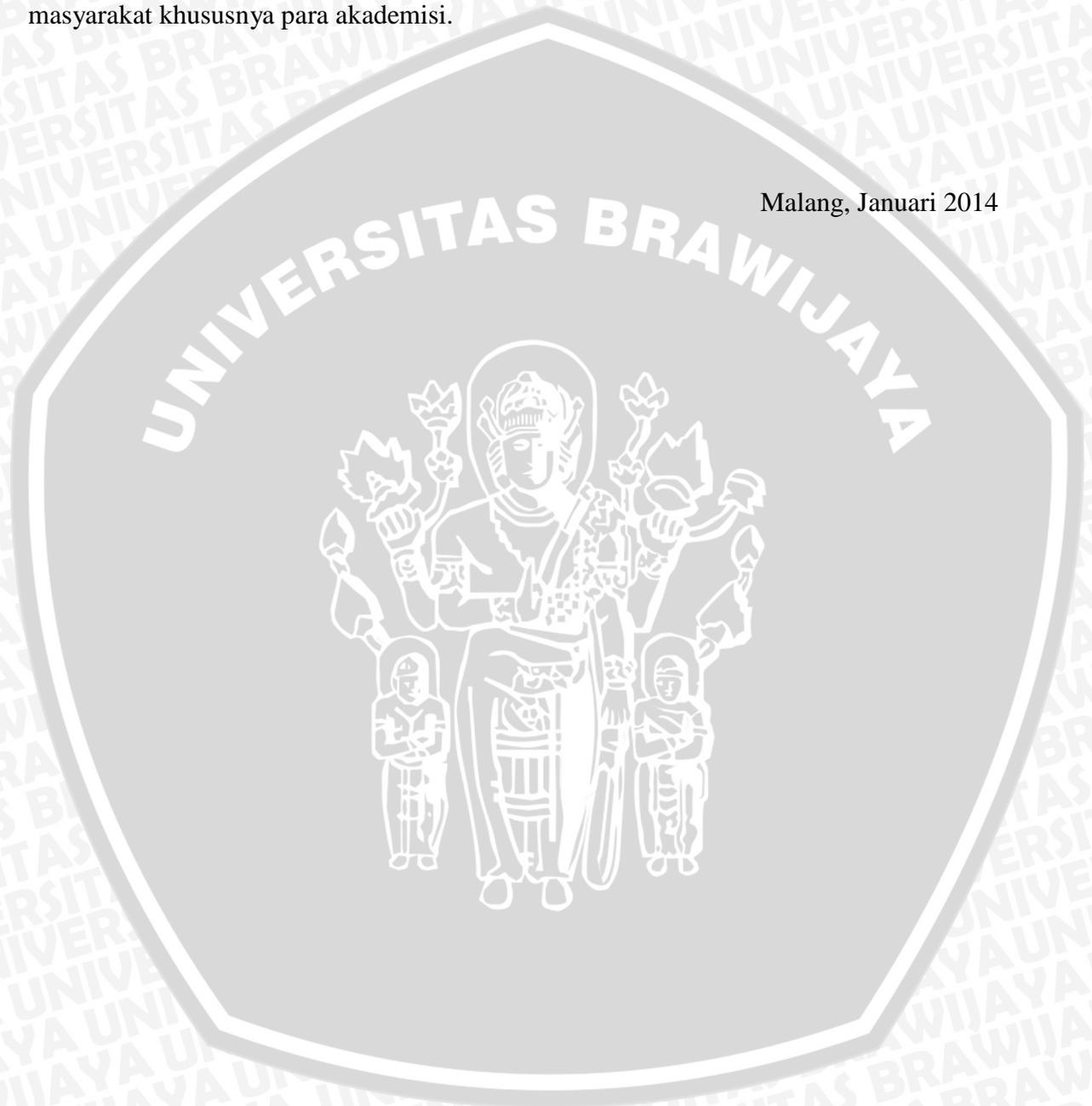
KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang selalu memberkati dan menyertai penulis dalam pengerjaan skripsi ini. Atas segala berkat dan kasih-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pembuatan Hidrogen Dari Campuran Minyak Jarak Dan Air Dengan Metode *Steam Reforming*”. 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 Nurkholis Hamidi, St.,Meng.,Dr.Eng. selaku Ketua Jurusan Mesin, Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Purnami, ST.,MT selaku Sekretaris Jurusan Mesin, Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan menyusun skripsi ini.
4. Bapak Agung Sugeng Widodo, ST., MT., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II dan Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Konversi Energi yang telah banyak memberikan bimbingan menyusun skripsi ini.
5. Bapak Sudjito, Prof. Ir.,Ph.D. selaku Dosen Wali.
6. Seluruh Dosen Pengajar Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan yang sangat mendukung selama penyusunan skripsi.
7. Seluruh Staf Pengajar yang saya hormati.
8. Seluruh Staf Administrasi Jurusan Mesin dan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
9. Kedua orang tua, kakak, adik, dan kekasih saya Apriany griffin pagalla yang telah memberikan dorongan, semangat dan mendo'akan saya.
10. Seluruh sahabat KBMM Universitas Brawijaya khususnya Keluarga Besar BLACK MAMBA.
11. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Tiada gading yang tak retak, begitu juga halnya dengan skripsi ini yang masih banyak ditemukan kekurangan-kekurangan. Oleh sebab itu, penulis menerima masukan, saran, ataupun kritik yang sifatnya membangun dari semua pihak untuk penyempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi masyarakat khususnya para akademisi.

Malang, Januari 2014



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Minyak Jarak Sebagai Energi Alternatif.....	4
2.3 Komponen Utama Minyak Jarak Pagar (<i>Jatropha curcas</i>)	7
2.4 Konsep Mol.....	7
2.5 <i>Heat Fluks</i>	8
2.6 Laju Reaksi	8
2.7 Reaksi Pencampuran.....	9
2.8 Grafik Energi Aktivasi.....	10
2.9 <i>Hydrogen Reformer</i>	11
2.9.1 <i>Hydrogen Reformer</i> pada Penelitian.....	12
2.9.2 Model Perangkap Gas pada <i>Hydrogen Reformer</i>	13
2.10 Katalis	14
2.11 Hipotesa	14

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Metode Penelitian	15
3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	15
3.3 Variabel Penelitian	15
3.4 Skema Alat	16
3.5 Peralatan Penelitian	16
3.6 Prosedur Pelaksanaan	25
3.7 Diagram Alir Penelitian	27
3.8 Pengambilan Data	28
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Pengolahan Data	29
4.2 Data Hasil Pengujian	29
4.2.1 Contoh Perhitungan	29
4.3 Pembahasan	32
4.3.1 Analisa Grafik Hubungan Variasi Katalis Terhadap Konsentrasi H ₂	33
4.3.2 Analisa Grafik Hubungan Variasi Tetesan Terhadap Konsentrasi H ₂	34
4.3.3 Analisa Grafik Hubungan Temperatur Terhadap Konsentrasi H ₂ (variasi perbandingan tetesan minyak jarak : air 3:1)	36
4.3.4 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H ₂ Tanpa Penambahan Daya kompor	37
4.3.5 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H ₂ Dengan Penambahan Daya kompor	38
BAB V PENUTUP	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Hal.
Gambar 2.1	Susunan ikatan molekuler trigliserida.....	5
Gambar 2.2	Penurunan Energi Aktivasi.....	11
Gambar 2.3	Skema proses pembentukan hidrogen dari bahan bakar.....	12
Gambar 2.4	<i>Hydrogen Reformer</i> modul tiga tabung.....	13
Gambar 2.5	Perangkat gas dengan pengkondisian tertutup.....	13
Gambar 3.1	Skema Instalasi penelitian.....	16
Gambar 3.2	<i>Steam Reformer</i>	17
Gambar 3.3	Pipa Tembaga.....	17
Gambar 3.4	Tabung reaksi ukuran kecil.....	18
Gambar 3.5	Tabung reaksi ukuran besar.....	18
Gambar 3.6	Botol Infus.....	19
Gambar 3.7	Infus set.....	19
Gambar 3.8	Penjepit.....	19
Gambar 3.9	Kompur Listrik.....	20
Gambar 3.10	Sumbat Karet.....	20
Gambar 3.11	Sensor Suhu.....	21
Gambar 3.12	Sensor Gas.....	22
Gambar 3.13	Katalis.....	22
Gambar 3.14	Tempat Penampungan H ₂	23
Gambar 3.15	<i>Stopwatch</i>	23
Gambar 3.16	Kabel Rol.....	24
Gambar 3.17	Kamera.....	24
Gambar 3.18	Modul Mikrokontroler.....	25
Gambar 3.19	Kompresor.....	25
Gambar 4.1	Modul sederhana <i>steam reforming</i>	29
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Variasi Katalis terhadap konsentrasi H ₂	33
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Variasi Tetesan terhadap konsentrasi H ₂	34
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Temperatur terhadap konsentrasi H ₂	36
Gambar 4.5	Efisiensi Hasil Produksi H ₂ Tanpa Penambahan Daya Kompur.....	37
Gambar 4.6	Efisiensi Hasil Produksi H ₂ Dengan Penambahan Daya Kompur.....	38

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Sifat fisik minyak jarak pagar	6
Tabel 2.2	Komposisi asam lemak minyak jarak pagar	6



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1a	Data hasil Pengujian <i>steam reforming</i> dengan 4 katalis CuZn
Lampiran 1b	Data hasil Pengujian <i>steam reforming</i> dengan 2 katalis CuZn
Lampiran 2a	Data Hasil Pengujian nilai kalor dan efisiensi variabel tetesan Minyak jarak : air 3:1
Lampiran 2b	Data Hasil Pengujian nilai kalor dan efisiensi variabel tetesan Minyak jarak : air 2:1
Lampiran 2c	Data Hasil Pengujian nilai kalor dan efisiensi variabel tetesan Minyak jarak : air 1:1
Lampiran 2d	Data Hasil Pengujian nilai kalor dan efisiensi variabel tetesan Minyak jarak : air 1:2
Lampiran 2e	Data Hasil Pengujian nilai kalor dan efisiensi variabel tetesan Minyak jarak : air 1:3
Lampiran 3a	Grafik Hubungan Variasi Katalis Terhadap Konsentrasi H ₂ Pada variasi Minyak : Air 2:1
Lampiran 3b	Grafik Hubungan Variasi Katalis Terhadap Konsentrasi H ₂ Pada variasi Minyak : Air 1:1
Lampiran 3c	Grafik Hubungan Variasi Katalis Terhadap Konsentrasi H ₂ Pada variasi Minyak : Air 1:2
Lampiran 3d	Grafik Hubungan Variasi Katalis Terhadap Konsentrasi H ₂ Pada variasi Minyak : Air 1:3

RINGKASAN

Jonas Sihite, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2014, Pembuatan Hidrogen Dari Campuran Minyak Jarak Dan Air Dengan Metode *Steam Reforming*, Dosen Pembimbing: I.N.G Wardana dan Agung Sugeng.

Saat ini perkembangan teknologi disektor transportasi dan pembangkit listrik sangat pesat, perkembangan ini berpengaruh terhadap kebutuhan bahan bakar yang merupakan sumber energi utama untuk melakukan proses pembakaran. Semakin meningkatnya permintaan BBM berdampak pada krisis energi dimana ketersediaan bahan bakar fosil di Indonesia tidak sebanding dengan konsumsinya. Selain terbatas dalam jumlah, dalam konsumsi secara berlebihan dan tak efisien terbukti menyumbang peningkatan kadar emisi karbon dioksida serta emisi gas rumah kaca sehingga menimbulkan kerusakan bagi lingkungan. Oleh karena itu energi baru terbarukan dilirik sebagai solusi penghematan bahan bakar fosil sebab Indonesia mempunyai potensi cukup besar terhadap energi ini. Energi alternatif yang sedang dikembangkan saat ini adalah energi dari minyak nabati seperti minyak jarak yang dapat diubah menjadi hidrogen sebagai sumber energi alternatif bahan bakar. Hal ini karena hidrogen sumber energi alternatif yang ramah terhadap lingkungan.

Hydrogen reformer merupakan metode sederhana dalam pembuatan hidrogen. *Hydrogen reformer* menggunakan panas untuk mengubah minyak jarak menjadi uap. Pemilihan minyak jarak karena cukup mudah untuk mengembang biakkan tanaman jarak serta minyak jarak bukan sebagai komoditi pangan.

Dalam penelitian ini, dilakukan metode *hydrogen reformer* dengan variasi pemakaian minyak jarak dan air dengan perbandingan tetesan 1:3, 1:2, 1:1, 2:1, 3:1 dan variasi katalis CuZn yang digunakan 2 dan 4 buah. Untuk pemanas yang digunakan dalam metode ini digunakan kompor listrik untuk mengukur daya yang digunakan. Dan dari penelitian ini didapat bahwasanya semakin tinggi temperatur dan semakin ditambah penggunaan katalis pada proses *hydrogen reformer* meningkatkan hasil hidrogen hasil ini berdasarkan teori laju reaksi.

Keywords : *hydrogen reformer, laju reaksi, minyak nabati, minyak jarak, katalis CuZn*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Saat ini perkembangan teknologi disektor transportasi dan pembangkit listrik sangat pesat, perkembangan ini berpengaruh terhadap kebutuhan bahan bakar yang merupakan sumber energi utama untuk melakukan proses pembakaran. 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 jika Indonesia tidak menemukan ladang minyak baru. Selain terbatas dalam jumlah, dalam konsumsi secara berlebihan dan tak efisien terbukti menyumbang peningkatan kadar emisi karbon dioksida serta emisi gas rumah kaca sehingga menimbulkan kerusakan bagi lingkungan.

Berdasarkan penjelasan diatas maka diperlukan penghematan energi tak terbarukan ini. Salah satu kebijakannya adalah mengembangkan energi baru terbarukan. Pada saat ini energi baru terbarukan dilirik sebagai solusi penghematan bahan bakar fosil sebab Indonesia mempunyai potensi cukup besar terhadap 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 akan mengubah hidrogen dan oksigen menjadi air secara bersamaan menghasilkan energi listrik dan panas dalam prosesnya (Sriyono, 2012). *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.

Dengan perkembangan teknologi *fuelcell* ini menimbulkan kebutuhan energi dari hidrogen ini juga meningkat. Unsur hidrogen sangat melimpah pada alam akan tetapi untuk pemenuhan kebutuhan akan hidrogen pada sebuah system dibutuhkan sebuah piranti atau alat. *Fuelcell* (selanjutnya akan disebut sel bahan bakar) 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).

Selain sebagai sel bahan bakar hidrogen dapat digunakan untuk produksi amoniak ($N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3$) dan pembuatan margarin ($R-CH=CH-CH_2-COOH$ asam lemak tidak jenuh $\rightarrow R-CH_2-CH_2-COOH$ asam lemak jenuh). Hidrogen juga dipergunakan untuk pendinginan rotor (Kerapatan rendah sehingga kerugian gesekan berkurang) dan dapat digunakan untuk pengelasan karena suhu api yang lebih tinggi dari propane dan gas alam, peluncuran roket (dipakai sebagai pendorong) dan industri pertahanan.

Dengan semakin berkembangnya penggunaan hidrogen sebagai energi alternatif maka penelitian tentang produksi hidrogen menjadi sangat berkembang. Salah satu cara produksi hidrogen adalah dengan cara memecah hidrogen dari bahan dasarnya. Produksi hidrogen dengan memecah bahan dasar methanol menggunakan panas dan katalis telah digunakan. Hidrogen juga dapat diproduksi dari minyak nabati menggunakan pemecah hidrogen dengan panas dan katalis.

1.2 Rumusan Masalah

Setelah diadakan penelitian sebelumnya dengan pengamatan dilakukan terhadap kualitas api, jumlah energi yang diperlukan, serta laju reaksi yang terjadi, dan konsentrasi gas maka pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap daya yang digunakan untuk memanaskan minyak jarak dan air. Rumusan masalah yang diambil dari pengamatan diatas ialah:

- Bagaimana pengaruh temperatur dan waktu pemanasan terhadap konsentrasi gas yang dihasilkan pada *hydrogen reformer*,

1.3 Batasan Masalah

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

- Dalam mengambil data yang berupa temperatur, waktu dan konsentrasi gas digunakan modul mikrokontrol terprogram.
- Pembahasan mengenai properti kimia dan termodinamika dalam penulisan tidak menyeluruh.

1.4 Tujuan Penelitian

Secara umum tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari teknik produksi hidrogen dengan mencampurkan uap minyak jarak dan uap air menggunakan pemanas dan katalis. Sedangkan secara khusus tujuan penelitian ini ialah:

- Mengetahui pengaruh perbandingan yang dipakai antara minyak jarak dan air terhadap konsentrasi gas yang akan dihasilkan pada *hydrogen reformer*.
- Mengetahui pengaruh temperatur terhadap konsentrasi gas yang akan dihasilkan pada *hydrogen reformer*.
- Mengetahui daya yang dipakai untuk memanaskan minyak jarak dan air pada *hydrogen reformer*.
- Mengetahui pengaruh perbandingan katalis yang dipakai terhadap konsentrasi gas yang akan dihasilkan pada *hydrogen reformer*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- Peningkatan nilai ekonomi minyak jarak yang mampu untuk produksi hidrogen dengan menggunakan teknik sederhana (*Steam reforming*).
- Dengan mengolah minyak nabati menjadi hidrogen maka dapat digunakan secara luas jika dalam wujud minyak jarak hanya sebagai campuran bio diesel dan pemakaiannya hanya digunakan pada mesin-mesin diesel saja.
- Serta mengetahui daya yang digunakan selama pemanas dalam produksi hidrogen.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Wibowo (2009), melakukan studi 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 kedalam tiga tabung reaksi dimana dalam waktu yang sama dipanasi. Pada tabung ketiga sebelum keluar, gas akan melewati beberapa butir katalis yang akan mengikat gliserol dalam kandungan uap. Selanjutnya uap yang keluar dibakar untuk diamati produk apinya.

Adityo (2011), melakukan penelitian mengenai pembuatan hidrogen dari minyak jarak teknik sederhana (*Steam reforming*). dengan mencampurkan minyak jarak serta air dengan perbandingan tertentu kedalam tiga tabung reaksi dimana dalam waktu yang sama dipanasi, pada tabung satu dan dua masing-masing diisi minyak jarak dan air kemudian uap campuran lalu dialirkan menuju tabung tiga. Pada tabung ke tiga sebelum uap keluar menuju tabung penyimpanan, uap akan melalui beberapa butir katalis. Namun berbeda dengan penelitian sebelumnya uap yang keluar diamati konsentrasi gas hidrogennya.

2.2 Minyak Jarak Sebagai Energi Alternatif

Menipisnya cadangan minyak dunia menuntut kita untuk beralih menggunakan energi alternatif untuk penghematan BBM berbagai penelitian telah dilakukan untuk memproduksi energi alternatif baik secara sederhana hingga menggunakan metode yang rumit. Salah satu bahan untuk membuat energi alternatif adalah minyak jarak. Nantinya minyak jarak akan diolah untuk diambil hidrogennya. Ada beberapa cara untuk mendapatkan hidrogen ialah melalui reaksi kimia antara minyak nabati atau bahan bakar fosil dengan katalis (*steam reformer*), proses biologi dengan memanaskan limbah padat rumah tangga atau kotoran pada bioreaktor (Gasifikasi Biomasa), menggunakan listrik dengan cara elektrolisis, proses reduksi kimia, menggunakan panas (*thermolysis*), maupun beberapa kombinasi dari berbagai cara diatas.

minyaknya diatas 10%. Proses pengepresan dilakukan dengan dua cara yakni pengepresan hidrolik maupun pengepresan berulir. Berikut tabel yang menjelaskan karakter fisik minyak jarak serta asam lemak yang terkandung:

Tabel 2.1 Sifat fisik minyak jarak pagar (Erliza, 2007)

Sifat Fisik	Nilai
Titi nyala (°C)	236
Densitas pada 15°C (g/cm ³)	0,9177
Viscositas pada 30°C (mm ² /s)	49,15
Residu karbon (% (m/m))	0,34
Kadar abu sulfat (% (m/m))	0,007
Titik tuang (°C)	-2,5
Kadar air (ppm)	935
Kadar sulfur (ppm)	<1
Bilangan Asam (mg KOH/g)	4,75
Bilangan iod (g iod/100g minyak)	96,5

Tabel 2.2 Komposisi asam lemak minyak jarak pagar (Erliza, 2007)

Asam Lemak	Komposisi (%Berat)
Asam miristat	0 – 0,1
Asam palmitat	14,1 – 15,3
Asam palmitoleat	0 – 1,3
Asam stearat	3,7 – 9,8
Asam oleat	34,3 – 45,8
Asam linoleat	29,0 – 44,2
Asam linolenat	0 – 0,3
Asam arakhidat	0 – 0,3
Asam bahenat	0 – 0,2

2.3 Komponen Utama Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas*)

Minyak jarak mempunyai beberapa kandungan yang membuat minyak nabati ini lebih menguntungkan untuk digunakan sebagai campuran biodiesel dan energi alternatif. Kandungan minyak pada biji minyak jarak mencapai hingga 63%, lebih banyak dari komoditas minyak nabati yang lain (Salimon J, 2009), serta minyak jarak tidak berkompetisi untuk pemanfaatan lain misalnya dibandingkan dengan minyak kelapa dan tebu. Berikut komponen utama minyak jarak:

- **Gliserol:** Sering disebut gliserin, merupakan salah satu senyawa trihidrat. Gliserol berbentuk cairan bening dan berasa manis. Karena tidak berbahaya dan beracun, gliserol yang dihasilkan dari hidrolisa lemak ini digunakan secara luas sebagai pelembap kulit, pasta gigi, dan pemanis obat (Puri Maulana, 2009)
- **Stearat:** Asam stearat adalah campuran asam organik yang diperoleh dari lemak, asam ini sebagian besar terdiri dari asam oktadekanoat, $C_{18}H_{36}O_2$ dan asam heksadekanoat, $C_{16}H_{32}O_2$ (Ditjen POM, 1979). Asam ini dapat pula diperoleh dari hidrogenasi minyak nabati. Dalam bidang industri asam stearat dipakai sebagai bahan pembuatan lilin, sabun, plastik, kosmetika, dan untuk melunakkan karet
- **Oleat:** Asam oleat adalah asam lemak cair yang terutama terdiri dari $C_{18}H_{34}O_2$, dapat dibuat dengan menghidrolisa lemak atau minyak lemak, dipisahkan dengan cara pemerasan (Ditjen POM, 1979). Asam ini bermujud cair dalam suhu kamar, serta memiliki sifat mudah larut dalam etanol dan kloroform.
- **Linoleat:** Asam lemak ini masuk keluarga omega-6 dengan konfigurasi $C_{18}H_{32}O_2$ Asam ini dapat menghasilkan Asam Arakhidonat (AA). Asam terdapat pada minyak sayuran, minyak bunga matahari, dan kacang Kedelai.

2.4 Konsep Mol

Mol (n) adalah jumlah dari suatu zat yang menyatakan banyaknya suatu zat (atom, molekul, ion) dalam 12 gram atom C-12, maka satu mol berisi $6,02 \times 10^{23}$ buah partikel (Foster, 2010). Mol dapat dirumuskan sebagai:

$$n = \frac{\text{Massa unsur}}{\text{Ar unsur}} \quad (2.1)$$

Dimana Ar = massa atom relatif

$$n = \frac{\text{Massa molekul}}{\text{Mr molekul}} \quad (2.2)$$

Dimana Mr = massa molekul relatif

2.5 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 fluks* = Daya yang digunakan / Luas Area terkena panas

2.6 Laju Reaksi

Laju reaksi adalah proses bertambahnya konsentrasi peraksi tiap satuan waktu atau berkurangnya konsentrasi hasil reaksi tiap satuan waktu. Satuan laju reaksi umumnya dinyatakan dengan satuan M/detik.



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,

$$v_{AB} = \frac{+\Delta[AB]}{\Delta t} \quad (2.6)$$

$$\text{Laju reaksi, } v = \frac{\text{Perubahan Konsentrasi}}{\text{Periode waktu reaksi}} \quad (2.7)$$

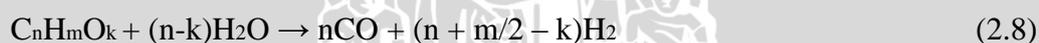
1. Kosentrasi, kosentrasi mempengaruhi laju reaksi karena bertambahnya kosentrasi berdampak bertambahnya laju reaksi dengan demikian kosentrasi berbanding lurus dengan laju reaksi.

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 suatu reaksi (katalisator positif) atau memperlambat suatu reaksi (katalisator negatif atau inhibitor) namun zat tersebut tidak berubah secara tetap dan tidak didapati pada produk akhir reaksi, 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 (menghemat energi aktivasi yang diperlukan).

2.7 Reaksi Pencampuran

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:

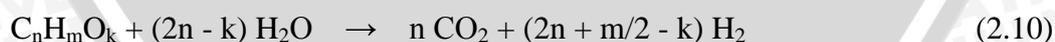
Steam reforming dari senyawa organik yang mengandung oksigen dengan rumus kimia:



reaksi pergeseran gas air merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari *Steam reforming*:

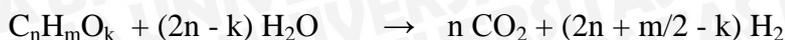


Mengingat bahwa kedua reaksi berlangsung sampai selesai, reaksi keseluruhan dapat direpresentasikan sebagai berikut:



Teori perbandingan pencampuran antara minyak jarak dengan air dapat dihitung dari rumus kimia minyak jarak dan air. Adapun kandungan minyak jarak terdiri dari bermacam-macam yang menyusunnya. Sebab itu secara teori pendekatan yang dipakai adalah menggunakan rumus kimia kandungan asam terbesar yang menyusun minyak jarak yaitu Asam oleat sebesar 34,3 % – 45,8%, Asam linoleat sebesar 29,0% – 44,2% dan asam palmitat sebesar 14,1% – 15,3%.

Jika menggunakan rumus asam oleat ($C_{18}H_{34}O_2$) maka perhitungan perbandingan pencampuran antara minyak jarak dengan air adalah:



Sehingga perbandingan mol antara minyak jarak dan air adalah 1 : 34. Jika Mr dari $C_{18}H_{34}O_2$ adalah 282 dan Mr H_2O adalah 18 maka perbandingan beratnya adalah 286 : 612 dan jika densitas minyak jarak $0,9 \text{ g/cm}^3$ serta air 1 g/cm^3 maka perbandingan volume minyak jarak dan air 317,78 : 612 atau 1 : 1,9.

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



Dengan demikian perbandingan mol antara minyak jarak dan air adalah 1 : 34 atau sama dengan perbandingan volume minyak jarak dan air 1 : 1,9.

Jika menggunakan rumus asam palmitat ($C_{16}H_{32}O_2$) maka perhitungan perbandingan pencampuran antara minyak jarak dengan air adalah:



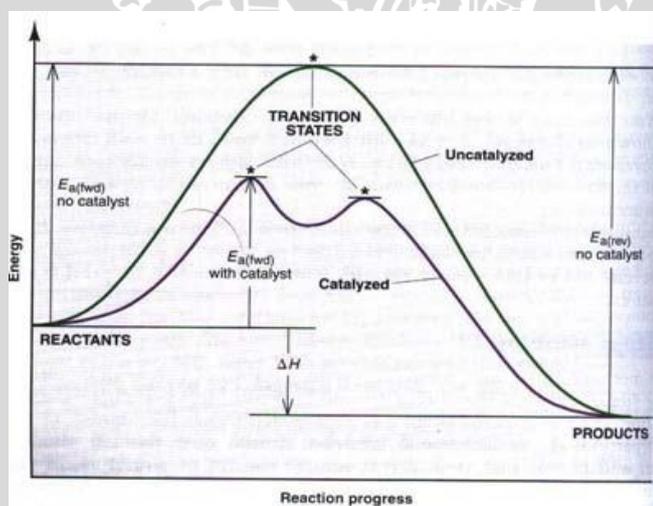
Sehingga perbandingan mol antara minyak jarak dan air adalah 1 : 30 dan untuk perbandingan berat 286 : 540 sehingga untuk perbandingan volume minyak jarak dan air yaitu 257,4 : 540 atau 1 : 2,1 dan pada perbandingan diatas masih menyisakan 5,7% – 11,8% asam lain penyusun minyak jarak. Serta pada peneliti terdahulu, (Ekaterini, 2008) bahwa reaksi pencampuran bio oil dan air menggunakan pemanas dan katalis

terdapat gas atau senyawa yang tidak diinginkan sehingga reaksi tidak berlangsung secara sempurna.

2.8 Grafik Energi Aktivasi

Pada penelitian yang telah dilakukan ini pengaruh pemanasan pada pencampuran minyak jarak dan air dengan perbandingan tertentu menggunakan pemanas dan katalis. Variabel yang terdapat pada modul mikro ialah temperatur, waktu dan konsentrasi gas. Kedua variabel tersebut digunakan untuk menentukan secara teori laju reaksi yang akan digunakan untuk memprediksi kebutuhan reaktan dalam menghasilkan produk reaksi tiap satuan waktu, dan dapat juga dipergunakan untuk menghitung kebutuhan energi guna produksi hidrogen.

Secara garis besar hubungan temperatur, waktu pemanasan, dan penggunaan katalis terhadap konsentrasi yang dihasilkan adalah semakin lama waktu pemanasan dan semakin tinggi temperatur dan semakin banyak katalis berbanding lurus dalam mempercepat proses reduksi asam lemak, dengan penggunaan katalis CuZn pada konsentrasi juga dapat memperbaiki oksidasi, sehingga pemakaian tabung tidak terlalu banyak.

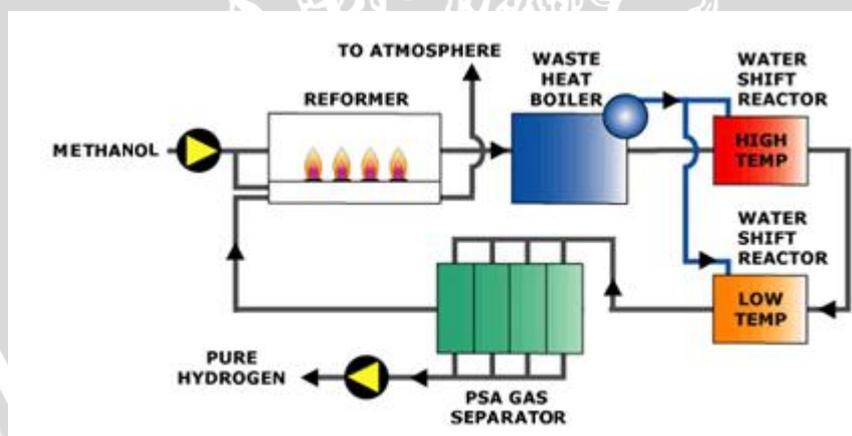


Gambar 2.2 Penurunan energi aktivasi
Sumber: Anonymous_1

Pada gambar diatas terlihat bahwa suatu reaktan membutuhkan energi minimal yang harus digunakan untuk mereaksikan reaktan tersebut menjadi produk energi ini disebut energi aktivasi (E_a).

2.9 Hydrogen Reformer

Berawal dari evolusi energi listrik penelitian mengenai *fuel cell* (sel bahan bakar) pada 1839 yang dilakukan oleh Sir William Robert Grove menghasilkan *voltaic battery*, namun karena listrik yang dihasilkan hanya sebesar 12 ampere dan tegangan 1,8 volt *Grove's Battery* ini mulai ditinggalkan karena sudah tidak mencukupi kebutuhan listrik lagi pada saat itu tetapi batere Grove menjadi dasar acuan pengembangan *fuel cell* selanjutnya (Hariyanto, 2012). Pada 1960 an salah satu perkembangan *fuel cell* saat ini telah memakai *biooil* (minyak nabati) dan bahan baku *renewable*. Pemilihan minyak nabati sebagai bahan dasar karena banyaknya unsur hydrogen yang dikandung rantai hidrokarbonnya dan *renewable* (mudah diperbarui). Sebagai penunjang sel bahan bakar, untuk produksi hidrogen dibuat sebuah modul dengan prinsip mengikat asam lemak dari bahan dasar minyak nabati menggunakan katalis dan dipanaskan. Pada saat ini modul ini kerap disebut *steam reformer*. Disebut demikian karena hidrogen yang dihasilkan berupa uap hasil pemanasan bahan dasar dan reaktan yang ditentukan. Uap lalu dialirkan melalui membran yang mengakomodasi muatan ion uap hingga diperoleh aliran listrik yang dapat digunakan sebagai sumber tenaga. Berikut contoh aplikasi produksi hidrogen pada *hydrogen reformer* :



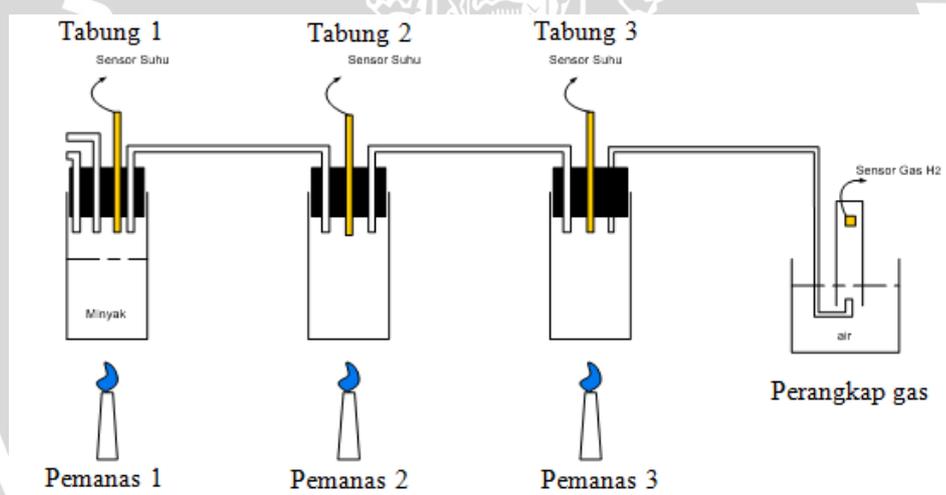
Gambar 2.3 Skema proses pembentukan hidrogen dari bahan bakar
Sumber: Anonymous_2

Pada tahap pertama bahan baku dicampur dengan air dalam ratio tertentu. Tahap kedua campuran ini dilewatkan ke evaporator lalu dipompakan ke super heater. Tahap ketiga campuran gas panas tersebut kemudian dimasukkan ke dalam reaktor katalitik dalam reaktor ini air dan metanol bereaksi membentuk H_2 dan CO_2 . Tahap keempat Hidrogen kemudian diekstraksi menggunakan proses adsorpsi bertekanan.

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.

2.9.1 *Hydrogen Reformer* pada Penelitian

Berdasar penelitian sebelumnya (Adityo, 2011) menggunakan model modul tiga tabung dengan perangkat gas model terbuka. Pada penelitian ini meneliti tentang pengaruh pemanasan pada pencampuran minyak jarak dan air dengan perbandingan tertentu serta menggunakan pemanas dan katalis, variabel yang dipakai selama penelitian disimpan didata modul mikro, variabel itu terdiri dari tempratu, waktu dan konsentrasi gas. Kedua variabel (tempratu 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 2.4 *Hydrogen Reformer* modul tiga tabung

Setelah mencoba beberapa konfigurasi dipilih 3 tabung dalam penelitian ini. Pada tabung pertama dan kedua masing-masing diisi minyak jarak dan air dengan menggunakan *infus set* tabung ketiga digunakan untuk menampung uap minyak jarak serta air, pada tabung ketiga ini uap akan melewati katalis yang dipasang pada saluran yang menuju ke perangkat gas.

2.9.2 Model Perangkap Gas pada *Hydrogen Reformer*

Perangkap gas pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi *reformer*. Konsentrasi hidrogen dapat diketahui dengan menggunakan rangkaian sensor gas TGS 2610 CC. Berikut model perangkap gas yang digunakan :



Gambar 2.5 Perangkap gas dengan pengkondisian tertutup

2.10 Katalis

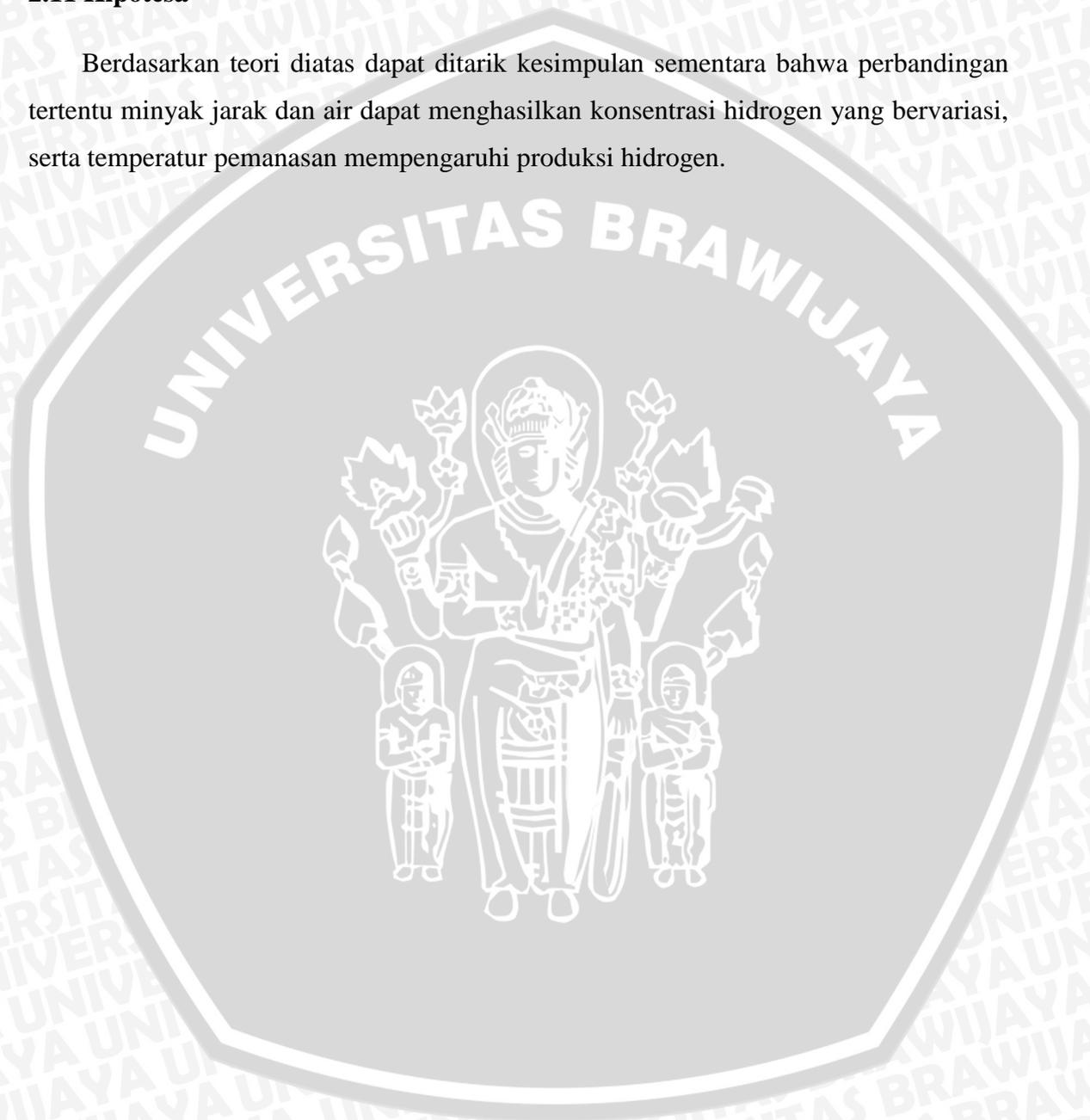
Istilah katalis berawal dari penelitian Berzelius (1836), namun penjabarannya tentang gaya katalis tidak terbukti namun nama katalis tetap digunakan. Definisi katalis pertama kali dikemukakan oleh Ostwald. Pada tahun 1902 Ostwald mendefinisikan katalis sebagai substansi yang dapat mempercepat laju suatu reaksi tanpa mengubah besar energi yang dipakai pada reaksi tersebut dan tidak didapati pada produk akhir reaksi, dengan kata lain katalisator mempengaruhi laju reaksi dan berperan sebagai reaktan.

Pada penelitian (Adityo, 2011) menggunakan katalis CuZn untuk membantu proses produksi gas hidrogen. Sifat dasar Cu dan Zn mudah mengalami korosi, yakni mengikat oksigen. Sehingga katalis membantu proses penguraian asam lemak dari bahan produksi (minyak jarak yang dipanaskan dalam reformer), sehingga pembentukan hidrogen lebih cepat. Katalis yang digunakan menyerupai batu api pemantik korek, berbentuk silindris diameter 1,5 - 2 milimeter dengan panjang 2 – 3 milimeter. Mengikat oksigen efektif pada temperatur 180-260°C dengan ketahanan hingga 450°C, pada temperatur selanjutnya katalis akan melumer.

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

2.11 Hipotesa

Berdasarkan teori diatas dapat ditarik kesimpulan sementara bahwa perbandingan tertentu minyak jarak dan air dapat menghasilkan konsentrasi hidrogen yang bervariasi, serta temperatur pemanasan mempengaruhi produksi hidrogen.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan penelitian langsung dimana penelitian dilakukan langsung mengamati objek yang akan diteliti dan bertujuan untuk memperoleh data empiris dengan melakukan eksperimen. Dalam pembahasan ini objek diamati laju reaksinya (konsentrasi) dari proses *steam* yang akan dilakukan berdasarkan variabel yang telah ditentukan yaitu, perbandingan minyak jarak dan air serta katalis yang digunakan.

3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian dilakukan di laboratorium Motor Bakar jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilaksanakan pada September 2013 sampai dengan selesai.

3.3 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan variabel sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Variabel Bebas dapat ditentukan besarnya dan dapat diubah-ubah dengan modul atau metode tertentu ini bertujuan untuk mendapatkan nilai variabel terikat dari objek penelitian sehingga ada korelasi antara keduanya (Bahruddin, 2012). Pada penelitian ini variasi yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui komposisi dari variabel mana yang paling tinggi menghasilkan hidrogen dan penggunaan variabel bebas pada penelitian ini sebagai berikut:

- Variasi perbandingan air dan minyak jarak 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, 3:1
- Variasi penggunaan katalis 2 dan 4 buah katalis CuZn

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang memberikan respon atau nilai jika dihubungkan dengan variabel bebas. Variabel terikat adalah variabel yang faktornya diamati dan diukur untuk menentukan pengaruh yang disebabkan oleh variabel bebas. Variabel terikat yang diamati selama penelitian adalah

- Variabel tersebut ialah konsentrasi gas dalam parts per milion (ppm).

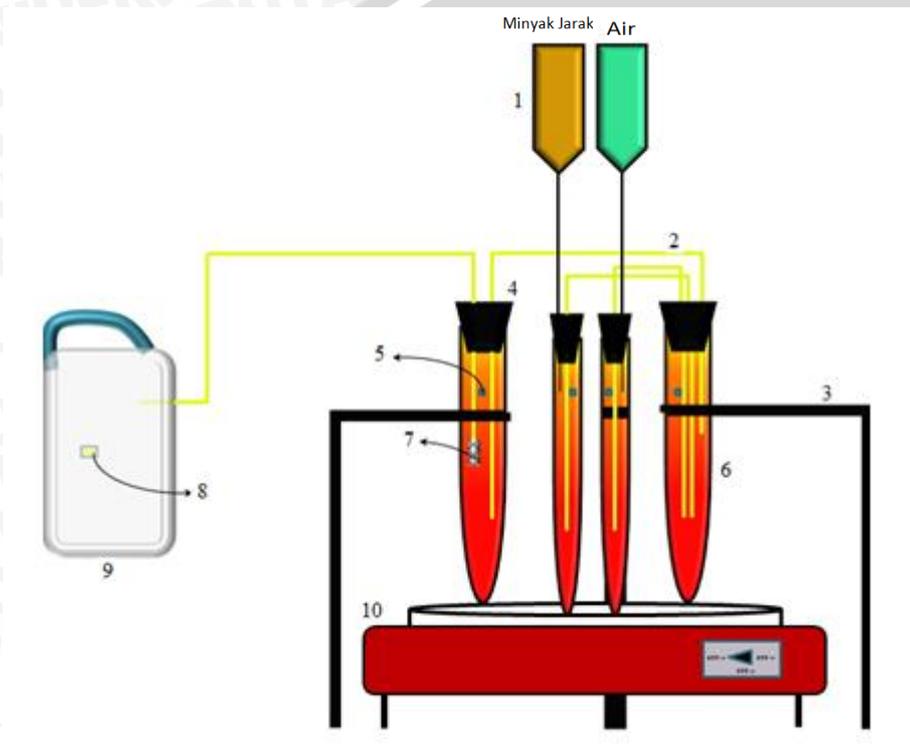
- Temperatur tabung

3. Variabel Terkontrol

Variabel Terkontrol dikondisikan tetap di setiap proses penelitian. Pada penelitian ini variabel terkontrolnya adalah:

- Daya yang dipakai 600 watt

3.4 Skema Alat



Keterangan:

1. Infus set
2. Pipa Tembaga
3. Penjepit
4. Sumbat Karet
5. Sensor Suhu
6. Tabung Reaksi
7. Katalis
8. Sensor Gas
9. Tempat Gas H₂
10. Kompur Listrik

Gambar 3.1 Skema Instalasi penelitian

3.5 Peralatan Penelitian

1. *Steam reformer*

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



Gambar 3.2 *Steam Reformer*

Bagian-bagian *Steam Reformer*

- Pipa Tembaga

Pipa tembaga digunakan untuk mengalirkan uap hasil *steam* dari minyak jarak dan air. Pipa tembaga yang dipakai memiliki ukuran 1/4" (diameter dinding 6,4 mm). Pemakaian pipa tembaga pada penelitian ini karena sifat pipa ini mudah dibentuk serta tahan terhadap panas.



Gambar 3.3 Pipa Tembaga

- Tabung Reaksi

Tabung reaksi yang dipakai pada penelitian memakai 4 tabung dan memiliki dua ukuran Tabung yaitu tabung ukuran kecil dan medium. Dimana tabung reaksi berukuran kecil diisi minyak jarak dan air untuk diuapkan, serta yang besar digunakan untuk menampung uap dari minyak jarak dan air.



Gambar 3.4 Tabung reaksi ukuran kecil
Sumber: Anonymous_3



Gambar 3.5 Tabung reaksi ukuran medium
Sumber: Anonymous_4

o Infus Set dan Botol Infus

Infus set dipakai sebagai pengontrol tetesan air dan minyak jarak yang akan diuapkan. Botol infus dipakai untuk menampung minyak jarak dan air.



Gambar 3.6 Botol infus



Gambar 3.7 Infus set

- Penjepit

Penjepit dipakai untuk menjepit dan menahan tabung reaksi.



Gambar 3.8 Penjepit
Sumber: Anonymous_5

- Kompor Listrik

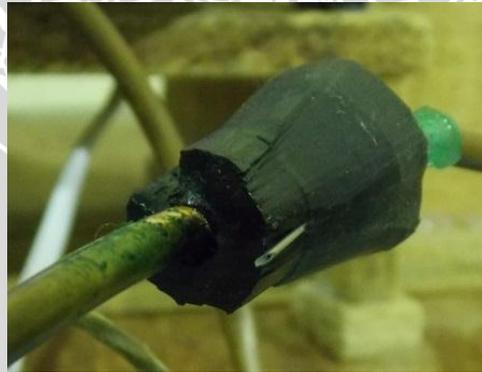
Kompor digunakan untuk memanaskan minyak jarak dan air (membuat menjadi uap). Penggunaan kompor listrik bertujuan untuk mengetahui daya yang terpakai untuk membuat memproduksi hidrogen.



Gambar 3.9 Kompor Listrik
Sumber: Anonymous_6

- Sumbat Karet

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



Gambar 3.10 Sumbat Karet

- Sensor Suhu

Sensor suhu yang dipakai adalah RTD PT 1000 tipe plat (temperatur) diletakkan pada setiap tabung untuk melihat perubahan suhu yang terjadi disetiap proses produksi hidrogen. Sehingga dapat diamati pengaruh suhu terhadap laju reaksi pembentukan hidrogen.



Gamabar 3.11 Sensor Suhu

- o Sensor gas H₂

Sensor gas yang dipakai adalah TGS 2610 tipe CC (konsentrasi gas) sensor ini digunakan untuk mengukur konsentrasi gas H₂ 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 (SnO₂) 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 1/10000% atau = 0,0001%



Gambar 3.12 Sensor gas

- Katalis

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



Gambar 3.13 Katalis

- Tempat Penampungan H₂

Tempat penampungan H₂ adalah tempat hasil produksi *steam reformer* setelah melewati katalis, hasil dari produksinya berupa gas. Dalam tempat penampungan diletakkan sensor gas untuk mengetahui konsentrasi H₂ sampai waktu yang telah ditentukan. Dalam tempat penampungan ini dimasukkan sensor gas TGS 2610 sehingga dapat diukur konsentrasi gas H₂.



Gambar 3.14 Tempat Penampungan H₂

2. Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk menghitung laju aliran minyak jarak dan air.



Gambar 3.15 *Stopwatch*
Sumber: Anonymous_7

3. Kabel Rol

Kabel rol dipakai untuk mengalirkan listrik ke kompor listrik dan digunakan juga pada instalasi.



Gambar 3.16 Kabel Rol

4. Kamera

Kamera digunakan sebagai dokumentasi selama penelitian dan pengambilan data dengan cara merekam dan memotret



Gambar 3.17 Kamera
Sumber: Anonymous_8

5. 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 3.18 Modul Mikrokontroler

6. Kompresor

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



Gambar 3.19 Kompresor
Sumber: Anonymous_9

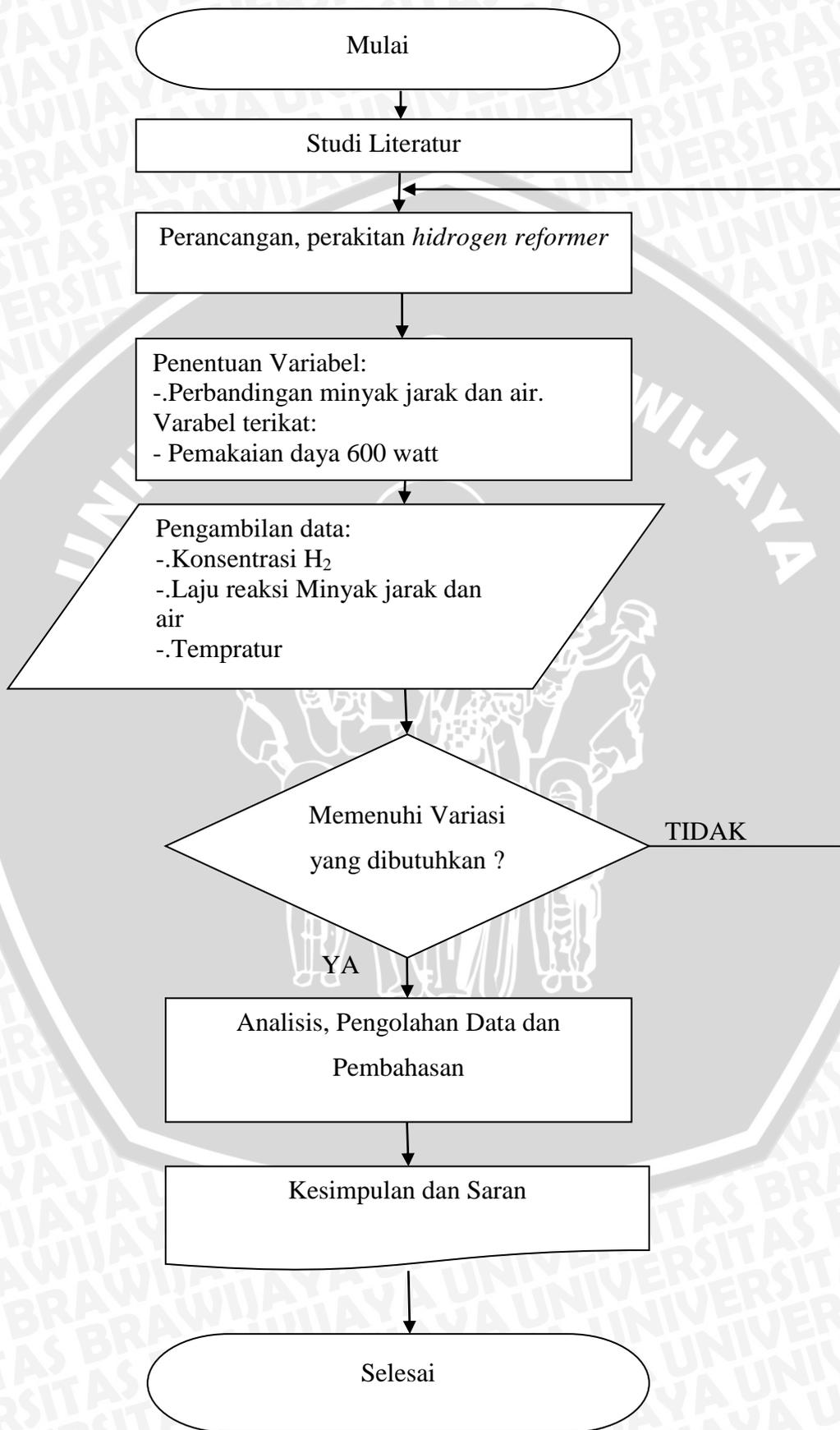
3.6 Prosedur Pelaksanaan

1. Mempersiapkan semua peralatan yang dibutuhkan
2. Masukkan minyak jarak dan air pada botol infus.
3. Menyusun rangkaian instalasi sesuai pada skema alat yang telah ditentukan.
4. Mengukur laju aliran minyak jarak dan air dengan bantuan *stopwatch* (laju aliran disesuaikan pada variabel yang akan di teliti).

5. Hidupkan kompor listrik dengan memakai daya 600 watt (variabel terkontrol).
6. Hidupkan kamera dan arahkan ke layar mikrokontroler.
7. Lakukan pengamatan proses penelitian pada layar mikrokontroler selama 30 menit
8. Setelah 30 menit matikan kompor dan catat hasil akhir konsentrasi gas dan suhu pada mikrokontroler.
9. Buka tutup penampungan, gunakan kompresor untuk mendesak hidrogen keluar dari penampungan agar pembacaan konsentrasi dari untuk penelitian berikutnya kembali dari nol.
10. Untuk memulai kembali penelitian dengan variabel berikutnya ulangi langkah ke 4 sampai langkah 8.
11. Setelah semua variabel dilakukan, analisa hasil data yang diperoleh dari proses *steam*



3.7 Diagram Alir Penelitian



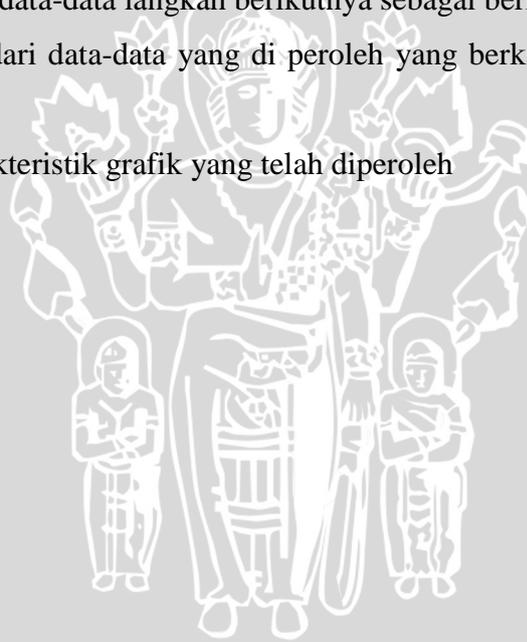
3.8 Pengambilan Data

Data yang akan diambil melalui menggunakan modul mikrokontroler data yang diambil berguna untuk menganalisa pengaruh pemanasan pada pencampuran uap minyak jarak dan air terhadap konsentrasi gas yang dihasilkan. Data berupa *impuls* dari resistansi yang berubah tiap detik. Sensor temperatur berupa resistansi, yang memiliki karakter semakin meningkat temperatur, maka nilai resistansinya meningkat. Demikian sensor konsentrasi gas berupa tahanan, yang memiliki karakter semakin tinggi konsentrasi gas maka nilai tahanan semakin meningkat pula.

Penentuan persamaan laju reaksi pengukuran yang dilakukan pada laju aliran, menggunakan alat ukur *stopwatch* dan perangkat gas. Pada pengukuran konsentrasi gas hasil reaksi ditampung pada jerigen yang telah dilubangi dan di masukan saluran dari tabung keempat yang terlebih dahulu melewati katalis (sebagai saluran masuk gas).

Setelah mendapatkan data-data langkah berikutnya sebagai berikut:

1. Membuat grafik dari data-data yang di peroleh yang berkaitan dengan variabel bebas
2. Menganalisa karakteristik grafik yang telah diperoleh



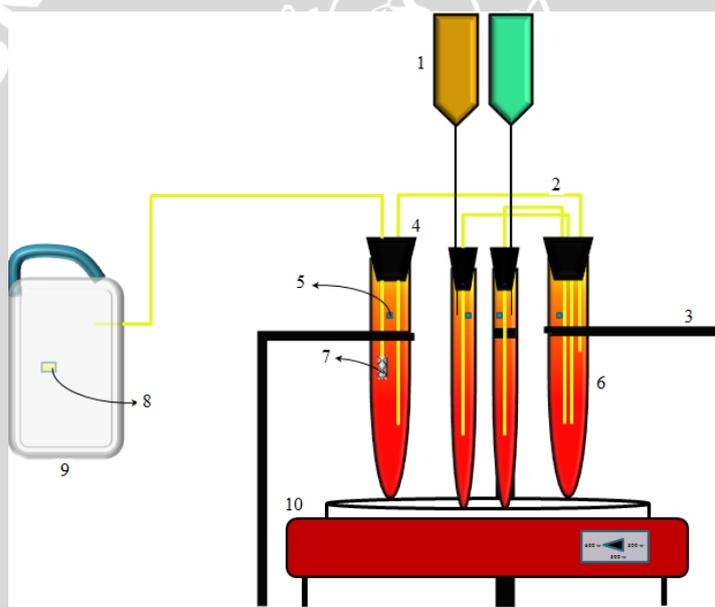
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

Pada bab ini dilakukan pembahasan data hasil pengujian, contoh perhitungan serta disajikan grafik beserta analisa dan pembahasan lebih mendetail tentang penelitian dan juga hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

4.2 Data Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian dengan menggunakan alat uji *steam reforming* dengan menggunakan variasi katalis CuZn 2 buah dan 4 buah dengan variasi tetesan minyak jarak : air yaitu 1:2; 1:3; 1:1; 2:1; 3:1 data yang diperoleh berupa kandungan konsentrasi hidrogen (H_2). Data hasil penelitian disajikan dalam tabel pada lampiran A dan B.



Gambar 4.1 Modul sederhana *steam reforming*

4.2.1 Contoh Perhitungan

Contoh perhitungan diambil dari data variasi perbandingan tetesan minyak jarak : air 3:1, secara teori pendekatan yang dipakai adalah menggunakan rumus kimia kandungan asam terbesar yang menyusun minyak jarak yaitu asam oleat.

- Penentuan nilai densitas
Diketahui, setiap 20 tetes 1 ml
20 tetes = 1ml
1 tetes = X

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{1}{20} \\
 &= 0,05 \text{ ml ,dalam 2 menit minyak jarak di atur menetes 3 kali dalam waktu} \\
 &\quad \text{penelitian 29 menit.} \\
 &= 0,05 \cdot 3 \\
 &= 0,15 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

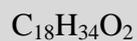
$$\begin{aligned}
 M_{\text{minyak jarak}} &= \rho_{\text{minyak jarak}} \cdot V \\
 &= 0,92 \cdot 0,15 \\
 &= 0,138 \text{ gr} = 0,000138 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai kalor minyak jarak:} \\
 &= 0,000138 \cdot 9470 \\
 &= 1,2784 \text{ kkal} = 5352,61 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama seperti di atas dapat ditentukan massa air selama proses pengambilan data, dimana air di atur tetesannya 1 tetes dalam 2 menit.

$$\begin{aligned}
 M_{\text{air}} &= \rho_{\text{air}} \cdot V \\
 &= 1 \cdot 0,05 \\
 &= 0,05 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan mol (n) pencampuran minyak jarak dengan air
Perhitungan reaksi ini diambil dari rumus kimia asam oleat yaitu kandungan terbesar dari minyak jarak.



Diketahui:

Atom C= 12, H=1, O=16

Maka, Mr asam oleat = 282

Mr air = 18

Perhitungan mol asam oleat dan air.

$$n = \frac{\text{massa molekul}}{\text{Mr molekul}}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{minyak jarak}} &= \frac{1,9575}{282} \\
 &= 0,00694
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{air}} &= \frac{0,725}{18} \\
 &= 0,040
 \end{aligned}$$

- Perhitungan daya yang dipakai untuk memanaskan 4 buah tabung, yang memiliki diameter 2,4 cm (2 buah) dan 1,8 cm (2 buah).

$$\begin{aligned} \text{Daya yang digunakan kompor} &= V \cdot A \\ &= 250,241 \\ &= 602,5 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\text{Heat Flux} = \frac{\text{Watt}}{\text{Luas penampang}}$$

$$\text{Daya yang diterima oleh} = \text{Luas penampang tabung} \cdot \frac{\text{Watt}}{\text{Luas penampang kompor}}$$

$$\begin{aligned} \text{Tabung besar} &= \frac{1}{2} \pi \cdot r^2 \cdot \frac{V \cdot A}{\pi \cdot r^2} \\ &= \frac{1}{2} 3,14 \cdot 1,44 \cdot \frac{250,241}{3,14 \cdot 52,5625} \\ &= 8,25334 \text{ W (tabung berdiameter 2,4 cm)} \end{aligned}$$

Maka dengan perhitungan yang sama seperti diatas, dapat diketahui daya yang diterima tabung berdiameter 1,8 untuk memanaskan air dan minyak jarak adalah sebesar 4,6425 W.

- Contoh perhitungan nilai kalor yang dihasilkan oleh *steam reforming* pada variasi minyak jarak : air 3:1 dengan 4 buah katalis.

Pada menit ke 0 :

Diketahui : $V_{\text{penampung H}_2} = 4950 \text{ Cm}^3$ dari tes sederhana dengan memasukkan penampung gas H_2 ke dalam balok penampungan yang berisikan air, dengan ketinggian air 14cm, panjang 49,5cm, lebar 25 cm. Pada saat jiregen dimasukkan air mengalami kenaikan ketinggian sebesar 4 cm.

$$\begin{aligned} V_{\text{penampung H}_2} &= 25 \cdot 49,5 \cdot 4 \\ &= 4950 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Pada penelitian ini didapatkan hasil produksi hidrogen melalui perhitungan.

Pada waktu (t)= 0

$$\begin{aligned} &\bullet \text{ Berat awal} + \text{ berat minyak jarak} + \text{ berat air} \cdot \text{ ppm} \\ &= \rho \cdot v \text{ (udara pada penampung)} + \rho \cdot v + \rho \cdot v \cdot \text{ ppm} \\ &= 0,0012 \cdot 4950 + 0 + 0 \cdot 758 \\ &= 5,94 \times 758 \\ &= 4502,52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka,} &= (4502,52 / 1000000) \\ &= 0,0045025 \text{ gr} \end{aligned}$$

Pada waktu(t)= 2

- Berat awal + berat minyak jarak + berat air + berat hidrogen awal . ppm

$$= \rho \cdot v \text{ (udara pada penampung)} + \rho \cdot v + \rho \cdot v \cdot \text{ppm}$$

$$= 5,94 + 0,9 \cdot 0,15 + 1 \cdot 0,05 + 0,0045025 \cdot 767$$

$$= 5,94 + 0,135 + 0,05 + 0,0045025 \cdot 767$$

$$= 6,1295 \cdot 767$$

$$= 4701,328$$

Maka, $= 4701,328 / 1000000$

$$= 0,0047013 \text{ gr}$$

$$= 0,0000047 \text{ kg}$$

Nilai kalor yang terkandung Hidrogen 0,0047013 gr adalah

$$= 0,0000047 \cdot \text{Nilai kalor hidrogen}$$

$$= 0,0000047 \cdot 141,79$$

$$= 0,00067 \text{ MJ}$$

$$= 666,93 \text{ joule}$$

Nilai kalor yang terkandung minyak jarak 0,135gr adalah

$$= 0,135 \cdot 9470$$

$$= 0,000135 \cdot 9470$$

$$= 1,278 \text{ kkal}$$

$$= 5471,56 \text{ joule}$$

Dengan perhitungan nilai kalor yang dikandung oleh minyak jarak sebesar 5352,61 joule serta mengetahui total nilai kalor hidrogen yang dihasilkan sebesar 3839,50 maka efisiensi tertinggi pada perbandingan 3:1 dapat diketahui yaitu sebesar 6,7% ini berasal dari hasil pembagian dari nilai kalor bahan baku (minyak jarak) dan gas hasil H₂, namun jika ditambah dengan daya yang diperlukan kompor per detik (selama 29 menit) pada kandungan nilai kalor minyak jarak dan dibagi dengan nilai kalor yang dihasilkan oleh hidrogen maka efisiensinya 4,36%.

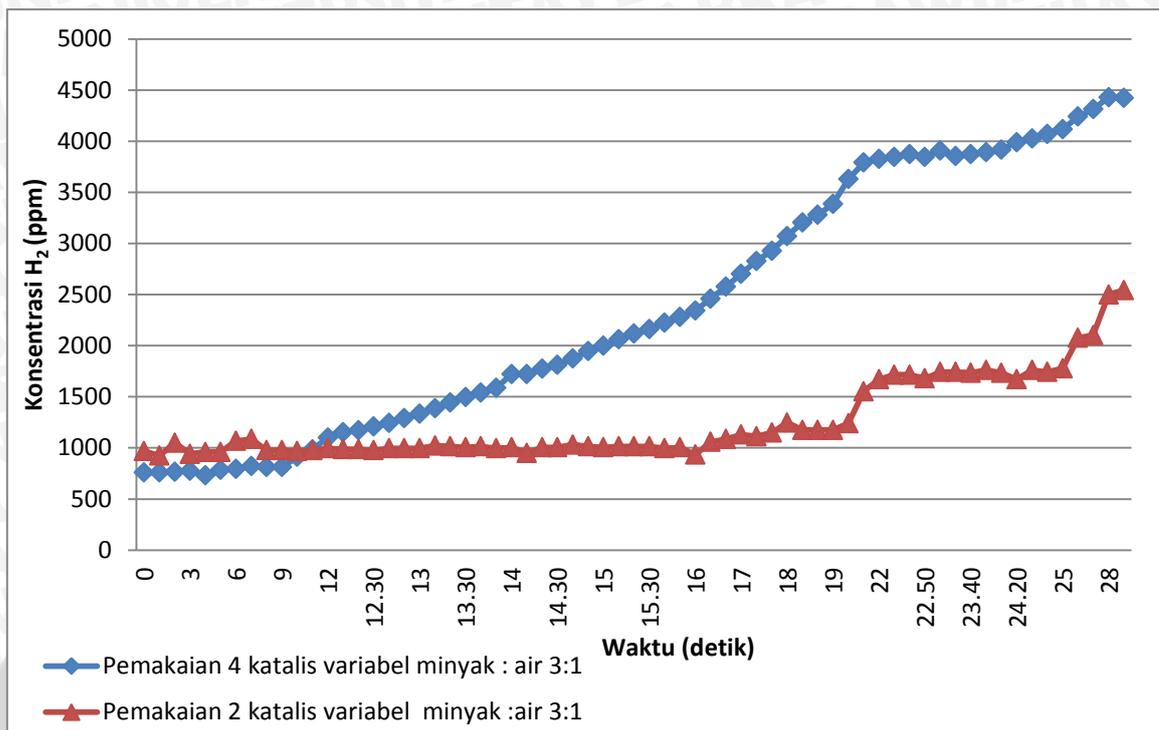
4.3 Pembahasan

Pembahasan ini dilakukan untuk menganalisa hubungan antara variasi katalis terhadap konsentrasi H₂ yang dihasilkan, variasi tetesan minyak jarak dan air terhadap konsentrasi H₂ yang dihasilkan dan pengaruh kenaikan temperatur terhadap konsentrasi

H_2 yang dihasilkan. Pada pembahasan kali ini ditampilkan grafik hubungan variasi katalis CuZn terhadap konsentrasi H_2 yang dihasilkan, variasi tetesan minyak jarak dan air terhadap konsentrasi H_2 yang dihasilkan dan analisa hubungan kenaikan temperatur pada konsentrasi H_2 yang dihasilkan. Sehingga nantinya dapat ditarik kesimpulan bagaimanakah pengaruh dari variasi temperatur, tetesan dan katalis terhadap besarnya konsentrasi H_2 yang dihasilkan.



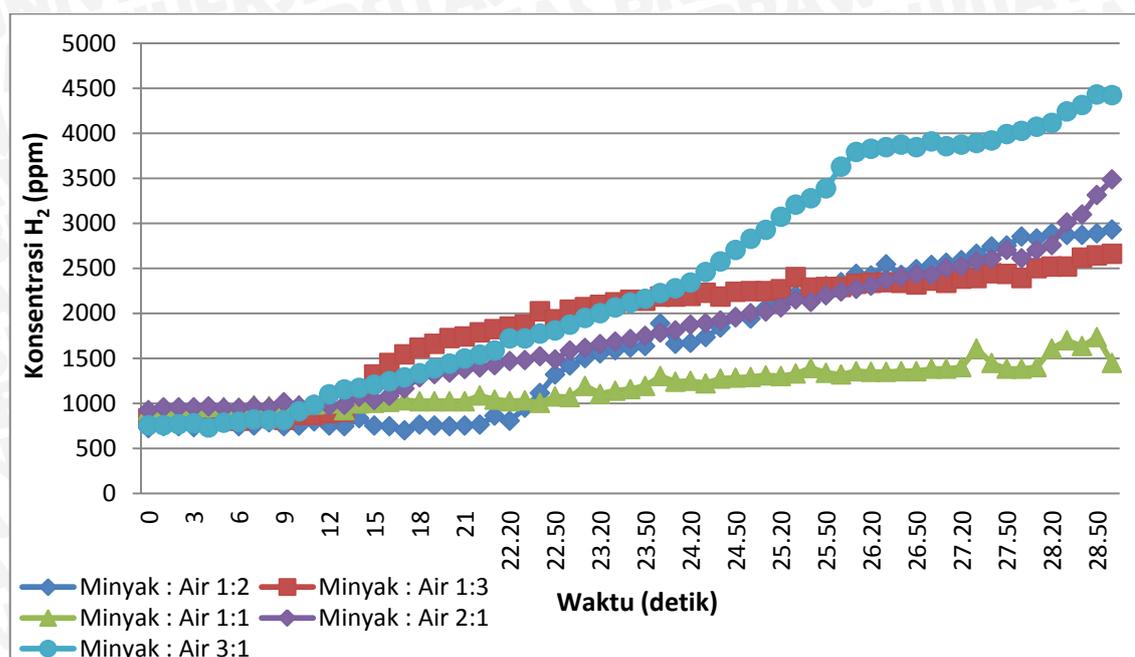
4.3.1 Analisa Grafik Hubungan Variasi Katalis Terhadap Konsentrasi H₂



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Variasi Katalis terhadap konsentrasi H₂.

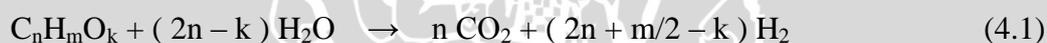
Gambar 4.2 diatas menjelaskan tentang bagaimana pengaruh variasi katalis terhadap konsentarsi gas H₂ yang dihasilkan. Dari grafik tersebut terlihat bahwa penggunaan 4 buah katalis lebih banyak menghasilkan hidrogen dibandingkan dengan penggunaan 2 buah katalis. Ini terjadi dikarenakan semakin meningkatnya penggunaan katalis maka proses reduksi asam lemak pada minyak lebih cepat. Reaktan membutuhkan energi aktivasi (E_a) yang digunakan untuk mereaksikan reaktan menjadi produk semakin ditambah penggunaan katalis maka enegi aktivasi yang dibutuhkan semakin kecil. Maka variasi katalis ini membuktikan bahwa penambahan katalis berbanding lurus terhadap peningkatan produksi hidrogen. Hal ini sesuai dengan teori laju reaksi. Namun jika katalis ditambahkan lagi jadi 6 buah maka waktu pembuatan hidrogen akan lebih singkat dari penggunaan 2 buah katalis dan 4 buah katalis.

4.3.2 Analisa Grafik Hubungan Variasi Tetesan Terhadap Konsentrasi H₂



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Variasi Tetesan terhadap konsentrasi H₂.

Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa konsentrasi H₂ tertinggi didapat dari pengujian dengan minyak : air 3 : 1 yakni ± 4421 ppm. Persamaan reaksi pengujian sebelumnya (Ekaterini, 2008). Yakni reaksi yang terjadi dapat menggunakan :



Jika menggunakan rumus asam oleat (C₁₈H₃₄O₂) maka perhitungan perbandingan pencampuran antara minyak jarak dengan air adalah:

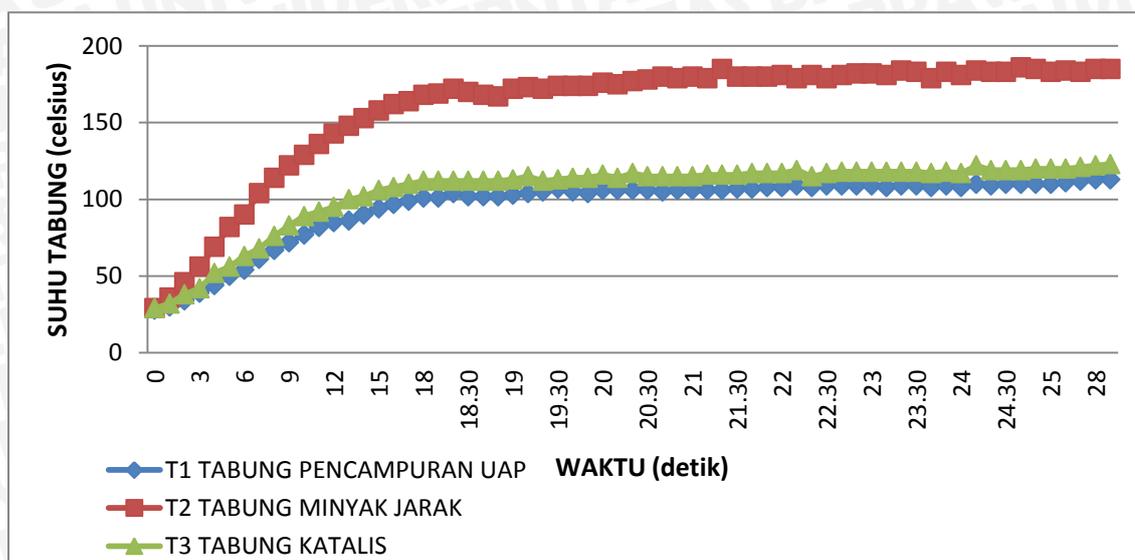


Sehingga perbandingan mol antara minyak jarak dan air adalah 1 : 34. Jika Mr dari C₁₈H₃₄O₂ adalah 282 dan Mr H₂O adalah 18 maka perbandingan beratnya adalah 286 : 612 dan jika densitas minyak jarak 0,9 g/cm³ serta air 1 g/cm³ maka perbandingan volume minyak jarak dan air 317,78 : 612 atau 1 : 1,9.

Pada percobaan kali ini telah dihitung juga perbandingan mol antara minyak jarak dan air, didapat dari perhitungan produksi hidrogen tertinggi terdapat pada perbandingan 3 : 1 yang ditunjukkan pada gambar 4.3. Jika Mr dari $C_{18}H_{34}O_2$ adalah 282 dan Mr H_2O adalah 18 maka perbandingan beratnya adalah 1,9575 : 0,725 dan jika densitas minyak jarak $0,9 \text{ g/cm}^3$ serta air 1 g/cm^3 maka perbandingan volume minyak jarak dan air 2,175 : 0,725 atau 3 : 1.

Dalam teori reaksi yang digunakan oleh (Ekaterini, 2008) menunjukkan bahwa perbandingan minyak jarak : air yang akan menghasilkan hidrogen tertinggi adalah variasi 1 : 2 namun dalam hasil penelitian ini terdapat penyimpangan, penyimpangan terjadi pada perbandingan minyak jarak : air 3 : 1. Hal ini disebabkan tidak sebandingnya laju penguapan air dan minyak jarak sehingga pada reaksi pencampuran pada tabung pencampuran, reaksi pencampuran uap minyak jarak dan uap air tidak seperti yang diinginkan, pengaturan tetesan yang dilakukan dalam 2 menit, baik tetesan minyak jarak maupun tetesan air mempengaruhi laju penguapan. Contoh pengaturan tetesan pada variasi 3:1 minyak jarak di atur 3 tetes dalam 2 menit ini berarti tiap 40 detik minyak akan menetes dan air akan menetes 1 kali pada menit ke 2. Dalam penelitian ini air memiliki laju penguapan lebih cepat daripada minyak jarak sehingga pada variasi 1:2 pada penelitian ini tidak menghasilkan hidrogen tertinggi karena volume pencampuran uap minyak jarak dan uap air pada tabung pencampuran tidak seperti yang diinginkan, karena pada saat pencampuran reaksi pada tabung pencampuran, uap air sebagian besar telah berpindah pada tabung katalis. Maka perbandingan minyak jarak : air 1 : 2 yang seharusnya tertinggi, dalam penelitian ini menjadi dibawah perbandingan minyak jarak : air 3 : 1, namun dapat dilihat dari dalam grafik variasi 3:1 mengalami peningkatan konsentrasi H_2 secara drastis tetapi stabil di akhir, pada perbandingan 1:2 mengalami peningkatan yang relatif pelan dan bertahap namun diakhir tetap mengalami peningkatan konsentrasi H_2 yang dihasilkan. Hal ini didukung dengan teori yang menjelaskan faktor – faktor yang mempengaruhi reaksi hidrolisa.

4.3.3 Analisa Grafik Hubungan Temperatur Terhadap Konsentrasi H₂(variasi perbandingan tetesan minyak jarak :air 3:1)

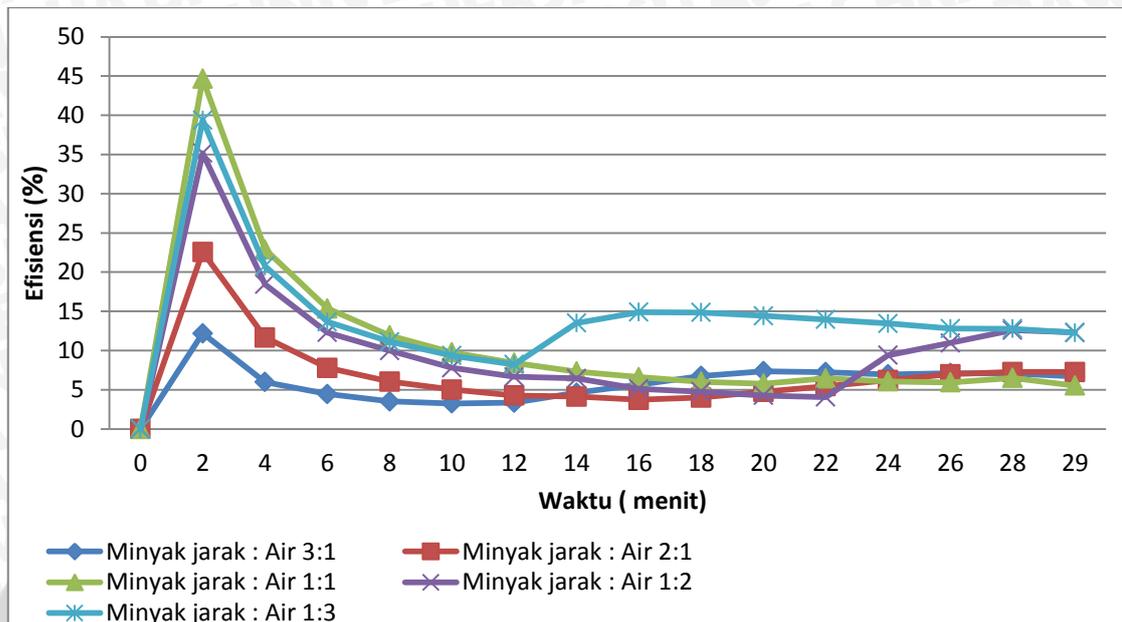


Gambar 4.4 Grafik Hubungan Temperatur terhadap konsentrasi H₂

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa temperatur meningkat sampai menit ke 18 detik 30 dan stabil sampai di menit 29 (akhir pengambilan data). Pada gambar 4.2 hidrogen yang dihasilkan mengalami lonjakan sampai menit 22 dan stabil sampai di menit 29. Pada kedua grafik ini menunjukkan persamaan yaitu mengalami peningkatan sehingga dapat diartikan bahwa peningkatan suhu akan meningkatkan hasil produk hidrogen juga. Hal ini didukung teori laju reaksi yang telah ada, dimana salah satu faktor yang mendukung laju reaksi adalah suhu. Namun pada halaman 23 menyebutkan bahwa katalis efektif mengikat oksigen pada temperatur 180-260°C tetapi dalam grafik sensor membaca suhu tidak mencapai 180, ini dikarenakan adanya transer panas dari logam sensor ke pembungkus (kabel) sensor suhu sehingga ada penurunan suhu yang sebenarnya suhu uap telah mencapai suhu efektif katalis.

4.3.4 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H₂ Tanpa Penambahan Daya Kompor

Kompor

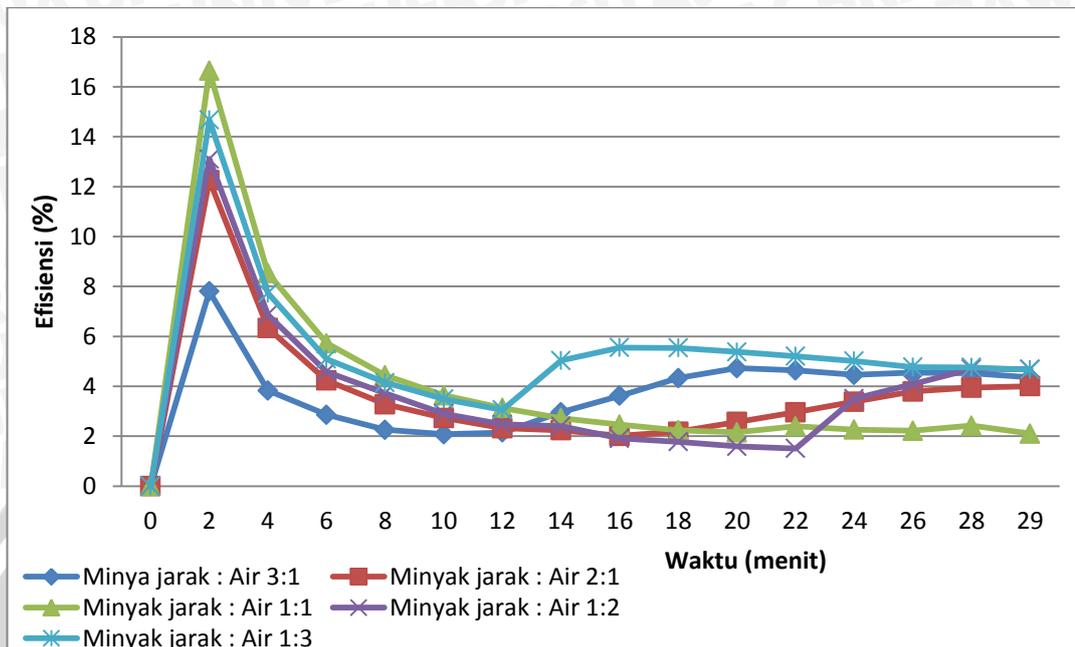


Gambar 4.5 Efisiensi Hasil Produksi H₂ Tanpa Penambahan Daya Kompor

Pada grafik ini menunjukkan bahwa pada variasi 1:2 memiliki efisiensi paling tinggi (12,32%) contoh perhitungannya pada halaman 33 setelah mendapatkan nilai kalor bahan baku (minyak jarak) dan nilai kalor konsentrasi H₂ setelah itu akan dibagi kalor bahan baku yang dipakai dan kalor konsentrasi H₂ yang dihasilkan oleh *steam reformer*. Meskipun menghasilkan hidrogen dibawah variasi 3:1 (gambar 4.3), karena pemakaian bahan baku yang lebih sedikit daripada variasi 3:1 menyebabkan hasil hidrogen pada variasi 1:2 lebih baik daripada variasi 3:1. Jika dibagi nilai kalor antara minyak jarak (bahan baku) dengan H₂ (yang dihasilkan) pada variasi 1:2 akan jauh lebih besar daripada variasi 3:1. Walaupun menghasilkan lebih banyak hidrogen variasi 3:1 kurang efisien. Ini di dukung oleh penelitian yang dilakukan oleh (Ekaterini, 2008), bahwa perbandingan volume minyak jarak dan air berada pada kisaran 1 : 1,9, Yakni berdasarkan rumus reaksi yang terjadi: $C_nH_mO_k + (2n - k) H_2O \rightarrow nCO_2 + (2n + m/2 - k) H_2$. Pada menit ke-2 terjadi lonjakan ini karena sensor membaca tidak dari seharusnya karena sulitnya membersihkan sensor gas dari sisa hidrogen yang menempel meskipun telah dilakukan penyemprotan dengan kompresor berkali-kali sehingga pada menit ke-2 pembacaan konsentrasi telah tinggi ini menyebabkan nilai hasil bagi nilai kalor bahan baku dan nilai kalor H₂ yang dihasilkan besar dan menimbulkan naik turunnya grafik.

4.3.5 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi H₂ Dengan Penambahan Daya

Kompore



Gambar 4.6 Efisiensi Hasil Produksi H₂ Dengan Penambahan Daya Kompore

Dengan penambahan nilai kalor yang dipakai kompor pada kalor minyak jarak terjadi perbedaan antara grafik penambahan daya kompor terhadap grafik tanpa penambahan daya kompor. Jika dibandingkan kedua grafik pada gambar 4.5 dan 4.6 terjadi penurunan efisiensi pada perhitungan efisiensi dengan daya kompor, informasi ini memberitahukan bahwa harus dilakukan penghematan pemakaian watt dari kompor serta memperhatikan laju penguapannya (penjelasan gambar 4.3) agar lebih efisien dalam menghasilkan hidrogen, maka dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dapat ditarik kesimpulan, walaupun ada penambahan daya terjadi dalam tiap menitnya jika diimbangi dengan produksi hidrogen yang baik maka efisiensi pasti meningkat (mengacu pada variasi 1:2), sehingga dapat menghemat bahan baku serta daya yang dibutuhkan. Pada menit ke-2 terjadi lonjakan ini karena sensor membaca tidak dari seharusnya karena sulitnya membersihkan sensor gas dari sisa hidrogen yang menempel meskipun telah dilakukan penyemprotan dengan kompresor berkali-kali sehingga pada menit ke-2 pembacaan konsentrasi telah tinggi ini menyebabkan nilai hasil bagi nilai kalor bahan baku dan nilai kalor H₂ yang dihasilkan besar dan menimbulkan naik turunnya grafik.

BAB V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari analisa pembahasan pengaruh variasi tetesan dan katalis CuZn terhadap jumlah H₂ yang dihasilkan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi tetesan minyak jarak air dipengaruhi oleh laju penguapan. Dapat dilihat dari gambar 4.3 seharusnya secara teoritis perbandingan minyak jarak air 1:2 yang harus paling tinggi namun disebabkan laju penguapan yang tidak sebanding antara minyak jarak dan air sehingga perbandingan minyak jarak air 3:1 yang lebih tinggi.
2. Semakin banyak katalis yang dipakai maka hidrogen yang dihasilkan semakin banyak. Dapat dilihat dari gambar 4.2 bahwa penambahan katalis mempercepat pembuatan hidrogen dan menghasilkan lebih banyak hidrogen.
3. Semakin tinggi temperatur pemanasan dan lama waktu pemanasan maka konsentrasi gas semakin meningkat. Dapat dilihat dari gambar 4.3 dan 4.4 grafik perbandingan minyak air 1 : 3 yang menunjukkan peningkatan suhu diikuti peningkatan konsentrasi.
4. Dengan daya 8,25W untuk memanaskan tabung besar dan 4,64W untuk memansakan tabung kecil, dengan pemakaian 0,15ml minyak jarak serta air 0,05ml dapat menghasilkan ± 4200 ppm dengan temperatur tertentu.

5.2 SARAN

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

1. Sebaiknya memperhatikan pengaruh laju penguapan minyak jarak dan air dengan memperhatikan jarak tabung penguapan air.
2. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang variasi katalis dengan menggunakan 6 buah dan tidak menggunakan katalis
3. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pembuatan hidrogen dari minyak nabati lain seperti kelapa, kelapa sawit dan kacang.
4. Sebaiknya menggunakan sensor gas hidrogen yang lebih sensitif.
5. Untuk mempersingkat waktu pengaturan tetesan, infus set dapat diganti dengan alat yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

Adi K. 2009. Rumus Kimia. Yogyakarta: Pustaka Widyatama.

Adityo. 2011. Pengaruh Temperatur Dan Waktu Pemanasan Terhadap Konsentrasi Hidrogen Pada *Hydrogen Reformer*. Malang:Teknik Mesin Universitas Brawijaya

Agus Wibowo. 2009. Laju Reaksi Pencampuran Minyak Jarak Dan Air Pada *Hydrogen reformer* Menggunakan Pemanas Dan Katalis. Tegal:Teknik Mesin Universitas Pancasakti

Anonymous_1.2009. Diagram Energi Untuk Reaksi Aksoterm. http://kimia.upi.edu/utama/bahanajar/kuliah_web/2007/Shofwatul%20Munyati_055047/Katalis.html. (diakses 13 november 2013)

Anonymous_2.2012. Skema Proses Pembentukan Hidrogen Dari Bahan Bakar. <http://www.eajv.ca/english/h2.html>.(diakses 15 november 2013)

Anonymous_3.2012. Tabung Reaksi Ukuran Kecil <http://akutresno.files.wordpress.com/2012/02/tabungreaksi.jpg>. (diakses 20 november 2013)

Anonymous_4.2012. Tabung Reaksi Ukuran Besar. <http://akutresno.files.wordpress.com/2012/02/tabungreaksi.jpg>. (diakses 20 november 2013)

Anonymous_5.2013. Penjepit. http://infokimiawan13o1a-5.blogspot.com/2013/09/10-alat-kimia-beserta-kegunaannya_3.html. (diakses 25 november 2013)

Anonymous_6.2011. Kompor listrik. <http://tokoonline88.com/kompor-listrik/>. (diakses 25 november 2013)

Anonymous_7.2011. *Stopwacht*. <http://www.saturnstopwatches.co.uk/15-fastime-01-stopwatch.html>. (diakses 25 november 2013)

Anonymous_8.2011. Kamera. <http://www.dinside.no/902372/canon-lanserer-fullformat-kamera-med-wifi>. (diakses 25 november 2013)

Anonymous_9.2011. Kompresor. <http://www.tyniste.cz/?page=technika-a-vybaveni/kompresor-abac>. (diakses 27 november 2013)

Bob Foster. 2004. *Instan Kimia*. Bandung: Erlangga.

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.

Erliza Hambali, Siti Mujdalipah, Armansyah Halomoan Tambunan, Abdul Waries Pattiwiri, Roy Hendroko, 2007, *Teknologi Bio Energi*, Agro Media Pustaka, Jakarta.

I.N.G. Wardana, 2008, *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*, PT. Danar Wijaya-Brawijaya University Press, Malang

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2012. Penanggulangan Krisis Energi Melalui Indonesia EBTKE Conex 2012. <http://www.ebtke.esdm.go.id/id/publikasi/press-release/590-penanggulangan-krisis-energi-melalui-indonesia-ebtke-conex-2012.html>.

(diakses 10 september 2013)

Kurtubi. 2012. Akibat Salah Kelola, Cadangan Minyak RI Tinggal 12 Tahun. Jakarta: PRLM. <http://www.pikiran-rakyat.com/node/183564>. (diakses 10 september 2013)

Maulana, Puri. 2009. Manfaat Serta Kegunaan Metanol dan Gliserol. <http://perpustakaancyber.blogspot.com/2013/09/manfaat-kegunaan-alkohol-dampak-bahaya.html>. (diakses 15 september 2013)

Mona. 2010. Konsep Mol. <http://click-kimia-kita.blogspot.com/2010/07/konsep-mol.html>. (diakses 15 september 2013)

Raymond Chang, 2005, *General Chemistry: The Essential Concepts*, The McGraw-Hill Companies, New York.

Sriyono. 2012. Fuel Cell Energi Alternatif. <http://sirionputro.blogspot.com/2012/10/fuel-cel.html>. (diakses 10 september 2013)

Salimon, Jumat., Ahmed, Waled. 2009. Sifat Fizikokimia Minyak Biji Jatropha Curcas Tropika, *Jurnal Sains Malaysiana*. 41 (3) (2009): 313–317

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN



Lampiran 1a Data hasil Pengujian *steam reforming* dengan 4 katalis CuZn

AIR 2 MINYAK 1		AIR 3 MINYAK 1		AIR 1 MINYAK 1		AIR 1 MINYAK 2		AIR 1 MINYAK 3	
TIME	KONSENTRASI H ₂								
0	726	0	834	0	924	0	924	0	758
1	744	1	834	1	933	1	956	1	758
2	744	2	825	2	951	2	956	2	767
3	735	3	843	3	951	3	956	3	776
4	762	4	843	4	960	4	965	4	731
5	816	5	852	5	960	5	947	5	785
6	744	6	807	6	951	6	947	6	794
7	753	7	843	7	978	7	965	7	821
8	789	8	852	8	969	8	956	8	812
9	744	9	816	9	978	9	1010	9	812
10	753	10	870	10	978	10	974	10	911
11	798	11	870	11	987	11	974	11	983
12	753	12	890	12	996	12	974	12	1100
13	744	13	906	13	924	13	983	12.10	1154
14	834	13.10	1077	14	996	14	1073	12.20	1172
15	753	13.20	1320	15	1005	15	1037	12.30	1208
16	744	13.30	1446	16	1014	16	1082	12.40	1244
17	699	13.40	1545	17	1032	17	1163	12.50	1289
18	762	13.50	1617	18	1023	18	1289	13	1334
19	753	14	1662	18.10	1023	18.10	1325	13.10	1388
20	744	14.10	1725	18.20	1023	18.20	1343	13.20	1442
21	753	14.20	1743	18.30	1023	18.30	1379	13.30	1496
22	762	14.30	1788	18.40	1086	18.40	1397	13.40	1541
22.10	861	14.40	1824	18.50	1041	18.50	1424	13.50	1586
22.20	807	14.50	1851	19	1023	19	1469	14	1721
22.30	951	15	1878	19.10	1032	19.10	1478	14.10	1721
22.40	1113	15.20	2022	19.20	1005	19.20	1523	14.20	1775
22.50	1320	15.40	1932	20	1077	19.30	1487	14.30	1811
23	1419	16	2040	21	1068	19.40	1586	14.40	1874
23.10	1500	16.20	2067	21.10	1194	19.50	1613	14.50	1946
23.20	1554	16.40	2094	21.20	1104	20	1658	15	2000
23.30	1590	17	2121	21.30	1140	20.10	1685	15.10	2063
23.40	1617	17.10	2148	21.40	1158	20.20	1712	15.20	2117
23.50	1635	17.20	2139	21.50	1194	20.30	1748	15.30	2162
24	1889	17.30	2184	22	1302	20.40	1784	15.40	2225
24.10	1662	17.40	2184	22.10	1239	20.50	1811	15.50	2279
24.20	1671	17.50	2193	22.20	1248	21	1874	16	2342
24.30	1734	18	2229	22.30	1221	21.10	1892	16.20	2459
24.40	1842	18.10	2184	22.40	1275	21.20	1919	16.40	2576
24.50	1959	18.20	2238	22.50	1284	21.30	1955	17	2702
25	1941	18.30	2247	23	1293	21.40	2000	17.20	2828
25.10	2058	18.40	2247	23.10	1311	21.50	2018	17.40	2927
25.20	2184	18.50	2265	23.20	1302	22	2063	18	3071
25.30	2202	19	2400	23.30	1329	22.10	2153	18.20	3206
25.40	2202	19.10	2283	23.40	1392	22.20	2126	18.40	3278
25.50	2301	19.20	2292	23.50	1338	22.30	2198	19	3386
26	2346	19.30	2292	24	1320	22.40	2243	20	3629
26.10	2436	19.40	2328	24.10	1356	22.50	2270	21	3791
26.20	2418	19.50	2337	24.20	1347	23	2306	22	3826
26.30	2544	20	2346	24.30	1347	23.10	2369	22.20	3845
26.40	2427	20.10	2337	24.40	1356	23.20	2405	22.40	3872
26.50	2490	20.20	2319	24.50	1356	23.30	2432	22.50	3845
27	2535	20.30	2364	25	1383	23.40	2423	23	3908

27.10	2562	20.40	2337	25.10	1383	23.50	2504	23.20	3854
27.20	2589	20.50	2382	25.20	1401	24	2522	23.40	3872
27.30	2661	21	2391	25.30	1608	24.10	2576	23.50	3890
27.40	2742	21.30	2445	25.40	1446	24.20	2603	24	3917
27.50	2751	22	2436	25.50	1383	24.30	2703	24.20	3989
28	2850	23	2391	26	1383	24.40	2612	24.40	4025
28.10	2832	24	2499	27	1401	24.50	2702	24.50	4070
28.20	2886	25	2517	28	1608	25	2756	25	4115
28.30	2868	26	2517	28.10	1698	26	3008	26	4241
28.40	2868	27	2616	28.20	1635	27	3098	27	4313
28.50	2886	28	2643	28.30	1734	28	3314	28	4430
29	2931	29	2661	29	1446	29	3485	29	4421

Lampiran 1b Data hasil Pengujian *steam reforming* dengan 2 katalis CuZn

AIR 3 MINYAK 1		AIR 1 MINYAK 1		AIR 1 MINYAK 2		AIR 2 MINYAK 1		AIR 1 MINYAK 3	
TIME	KONSENTRASI H ₂								
0	870	0	618	0	600	0	861	0	969
1	852	1	591	1	618	1	834	1	924
2	861	2	645	2	627	2	978	2	1050
3	870	3	546	3	627	3	852	3	942
4	870	4	726	4	600	4	789	4	960
5	942	5	600	5	654	5	969	5	960
6	861	6	708	6	645	6	879	6	1068
7	843	7	708	7	672	7	762	7	1086
8	843	8	717	8	744	8	888	8	978
9	870	9	726	9	690	9	906	9	978
10	870	10	744	10	735	10	897	10	968
11	861	11	681	11	717	11	906	11	978
12	861	12	753	12	708	12	951	12	996
13	870	13	771	13	708	13	924	12.10	987
14	870	13.10	780	14	762	14	924	12.20	987
15	861	13.20	780	15	789	15	933	12.30	978
16	870	13.30	798	16	879	16	1077	12.40	996
17	879	13.40	789	17	780	17	1230	12.50	996
18	888	13.50	762	18	771	18	1185	13	996
19	924	14	789	18.10	771	18.10	1167	13.10	1023
20	951	14.10	789	18.20	753	18.20	1203	13.20	1014
21	933	14.20	762	18.30	852	18.30	1158	13.30	1005
22	924	14.30	798	18.40	798	18.40	1203	13.40	1014
22.10	951	14.40	798	18.50	771	18.50	1203	13.50	996
22.20	897	14.50	798	19	789	19	1185	14	1005
22.30	960	15	753	19.10	762	19.10	1212	14.10	951
22.40	960	15.20	798	19.20	708	19.20	1203	14.20	1005
22.50	933	15.40	906	20	789	19.30	1239	14.30	1005
23	960	16	816	21	753	19.40	1257	14.40	1032
23.10	969	16.20	843	21.10	906	19.50	1257	14.50	1014
23.20	960	16.40	843	21.20	618	20	1266	15	1005
23.30	960	17	843	21.30	798	20.10	1284	15.10	1014
23.40	960	17.10	852	21.40	789	20.20	1302	15.20	1014
23.50	906	17.20	996	21.50	825	20.30	1266	15.30	1014
24	960	17.30	843	22	870	20.40	1293	15.40	996
24.10	915	17.40	798	22.10	1059	20.50	1320	15.50	1006
24.20	969	17.50	879	22.20	1014	21	1257	16	933
24.30	969	18	879	22.30	1050	21.10	1311	16.20	1059
24.40	969	18.10	852	22.40	1140	21.20	1158	16.40	1086
24.50	969	18.20	870	22.50	1185	21.30	1320	17	1131
25	969	18.30	897	23	1176	21.40	1275	17.20	1113
25.10	987	18.40	879	23.10	1212	21.50	1311	17.40	1149
25.20	969	18.50	960	23.20	1266	22	1293	18	1248
25.30	1005	19	978	23.30	1248	22.10	1239	18.20	1176
25.40	906	19.10	879	23.40	1239	22.20	1347	18.40	1176
25.50	960	19.20	906	23.50	1239	22.30	1302	19	1176
26	978	19.30	933	24	1248	22.40	1401	20	1239
26.10	969	19.40	942	24.10	1239	22.50	1302	21	1554
26.20	987	19.50	1005	24.20	1356	23	1302	22	1671
26.30	978	20	924	24.30	1266	23.10	1302	22.20	1716
26.40	969	20.10	915	24.40	1293	23.20	1347	22.40	1716
26.50	978	20.20	951	24.50	1311	23.30	1320	22.50	1680
27	978	20.30	870	25	1374	23.40	1275	23	1743
27.10	1041	20.40	933	25.10	1590	23.50	1311	23.20	1743



27.20	915
27.30	987
27.40	996
27.50	1005
28	978
28.10	1005
28.20	1005
28.30	1023
28.40	1014
28.50	1032
29	1032

20.50	942
21	933
21.30	924
22	1014
23	978
24	978
25	1050
26	1005
27	1077
28	942
29	996

25.20	1554
25.30	1572
25.40	1680
25.50	1725
26	1725
27	1770
28	1806
28.10	1752
28.20	1842
28.30	1851
29	1806

24	1248
24.10	1320
24.20	1293
24.30	1329
24.40	1302
24.50	1284
25	1266
26	1419
27	1284
28	1374
29	1392

23.40	1734
23.50	1761
24	1734
24.20	1671
24.40	1761
24.50	1743
25	1779
26	2076
27	2103
28	2499
29	2544



Lampiran 2a Data Hasil Pengujian nilai kalor dan efisiensi variabel tetesan Minyak jarak : air 3:1

t (waktu)	Massa minyak(gr)	Massa air(gr)	Massa udara(gr)	Massa total (gr)	PPM	H2 produk (gr)	Q minyak jarak (joule)	Qminyak jarak + Q kompur	Q hidrogen (joule)	Efisiensi (joule)	Efisiensi %	efisiensi total (+ daya kompur)	Efisiensi %
0	0	0	5,94	5,940	758	0,0045025	0	0	638,41	0	0	0	0
2	0,138	0,05	5,94	6,133	767	0,0047036	5471,56	8543,56	666,93	0,1219	12,2	0,0781	7,81
4	0,276	0,1	5,94	6,321	731	0,0046204	10943,12	17087,12	655,13	0,0599	6,0	0,0383	3,83
6	0,414	0,15	5,94	6,509	794	0,0051678	16414,68	25630,68	732,75	0,0446	4,5	0,0286	2,86
8	0,552	0,2	5,94	6,697	812	0,0054381	21886,25	34174,25	771,07	0,0352	3,5	0,0226	2,26
10	0,69	0,25	5,94	6,885	911	0,0062726	27357,81	42717,81	889,40	0,0325	3,3	0,0208	2,08
12	0,828	0,3	5,94	7,074	1100	0,0077817	32829,37	51261,37	1103,37	0,0336	3,4	0,0215	2,15
14	0,966	0,35	5,94	7,264	1721	0,0125010	38300,93	59804,93	1772,51	0,0463	4,6	0,0296	2,96
16	1,104	0,4	5,94	7,457	2342	0,0174631	43772,49	68348,49	2476,10	0,0566	5,7	0,0362	3,62
18	1,242	0,45	5,94	7,649	3071	0,0234915	49244,05	76892,05	3330,86	0,0676	6,8	0,0433	4,33
20	1,38	0,5	5,94	7,843	3629	0,0284640	54715,61	85435,61	4035,91	0,0738	7,4	0,0472	4,72
22	1,518	0,55	5,94	8,036	3826	0,0307475	60187,18	93979,18	4359,69	0,0724	7,2	0,0464	4,64
24	1,656	0,6	5,94	8,227	3917	0,0322242	65658,74	102522,74	4569,07	0,0696	7,0	0,0446	4,46
26	1,794	0,65	5,94	8,416	4241	0,0356932	71130,30	111066,30	5060,94	0,0712	7,1	0,0456	4,56
28	1,932	0,7	5,94	8,608	4430	0,0381321	76601,86	119609,86	5406,75	0,0706	7,1	0,0452	4,52
29	2,07	0,75	5,94	8,798	4421	0,0388965	82073,42	126617,42	5515,14	0,0672	6,7	0,0436	4,36

Lampiran 2b Data Hasil Pengujian nilai kalor dan efisiensi variabel tetesan Minyak jarak : air 2:1

t (waktu)	Massa minyak (gr)	Massa Air (gr)	Massa Udara (gr)	Massa Total (gr)	PPM	Hasil (gr)	Q minyak jarak (joule)	Qminyak jarak + Q kompur	Q hidrogen (joule)	Efisiensi (joule)	Efisiensi %	efisiensi total (+ daya kompur)	Efisiensi %
0	0	0	5,94	5,94	924	0,0054886	0	0	778,22	0	0	0	0
2	0,092	0,05	5,94	6,077	956	0,0058091	3647,71	6719,71	823,68	0,2258	22,6	0,1226	12,26
4	0,184	0,1	5,94	6,218	965	0,0060006	7295,42	13439,42	850,82	0,1166	11,7	0,0633	6,33
6	0,276	0,15	5,94	6,360	947	0,0060229	10943,12	20159,12	853,99	0,0780	7,8	0,0424	4,24
8	0,368	0,2	5,94	6,502	956	0,0062159	14590,83	26878,83	881,35	0,0604	6,0	0,0328	3,28
10	0,460	0,25	5,94	6,644	974	0,0064710	18238,54	33598,54	917,53	0,0503	5,0	0,0273	2,73
12	0,552	0,3	5,94	6,786	974	0,0066091	21886,25	40318,25	937,11	0,0428	4,3	0,0232	2,32
14	0,644	0,35	5,94	6,927	1073	0,0074331	25533,95	47037,95	1053,94	0,0413	4,1	0,0224	2,24
16	0,736	0,4	5,94	7,069	1082	0,0076482	29181,66	53757,66	1084,44	0,0372	3,7	0,0202	2,02
18	0,828	0,45	5,94	7,210	1289	0,0092941	32829,37	60477,37	1317,82	0,0401	4,0	0,0218	2,18
20	0,920	0,5	5,94	7,351	1658	0,0121875	36477,08	67197,08	1728,06	0,0474	4,7	0,0257	2,57
22	1,012	0,55	5,94	7,490	2063	0,0154515	40124,78	73916,78	2190,87	0,0546	5,5	0,0296	2,96
24	1,104	0,6	5,94	7,629	2522	0,0192392	43772,49	80636,49	2727,93	0,0623	6,2	0,0338	3,38
26	1,196	0,65	5,94	7,767	3008	0,0233624	47420,20	87356,20	3312,56	0,0699	7,0	0,0379	3,79
28	1,288	0,7	5,94	7,905	3314	0,0261960	51067,91	94075,91	3714,33	0,0727	7,3	0,0395	3,95
29	1,380	0,75	5,94	8,044	3485	0,0280327	54715,61	99259,61	3974,75	0,0726	7,3	0,0400	4,00

Lampiran 2c Data Hasil Pengujian nilai kalor dan efisiensi variabel tetesan Minyak jarak : air 1:1

t (waktu)	Massa minyak (gr)	Massa Air (gr)	Massa Udara (gr)	Massa Total (gr)	PPM	Hasil(gr)	Q minyak jarak (joule)	Qminyak jarak + Q kompore	Q hidrogen (joule)	Efisiensi (joule)	Efisiensi %	efisiensi total (+ daya kompore)	Efisiensi %
0	0	0	5,94	5,94	924	0,0054886	0	0	778,22	0	0	0	0
2	0,046	0,05	5,94	6,04	951	0,0057455	1823,854	4895,854	814,65	0,4467	44,7	0,166	16,64
4	0,092	0,1	5,94	6,14	960	0,0058922	3647,708	9791,708	835,46	0,2290	22,9	0,085	8,53
6	0,138	0,15	5,94	6,23	951	0,0059284	5471,561	14687,561	840,59	0,1536	15,4	0,057	5,72
8	0,184	0,2	5,94	6,33	969	0,0061337	7295,415	19583,415	869,70	0,1192	11,9	0,044	4,44
10	0,230	0,25	5,94	6,43	978	0,0062848	9119,269	24479,269	891,12	0,0977	9,8	0,036	3,64
12	0,276	0,3	5,94	6,52	996	0,0064962	10943,123	29375,123	921,10	0,0842	8,4	0,031	3,14
14	0,322	0,35	5,94	6,62	996	0,0065920	12766,977	34270,977	934,68	0,0732	7,3	0,027	2,73
16	0,368	0,4	5,94	6,71	1014	0,0068086	14590,831	39166,831	965,39	0,0662	6,6	0,025	2,46
18	0,414	0,45	5,94	6,81	1023	0,0069675	16414,684	44062,684	987,92	0,0602	6,0	0,022	2,24
20	0,460	0,5	5,94	6,91	1077	0,0074388	18238,538	48958,538	1054,75	0,0578	5,8	0,022	2,15
22	0,506	0,55	5,94	7,00	1302	0,0091185	20062,392	53854,392	1292,91	0,0644	6,4	0,024	2,40
24	0,552	0,6	5,94	7,10	1320	0,0093735	21886,246	58750,246	1329,07	0,0607	6,1	0,023	2,26
26	0,598	0,65	5,94	7,20	1383	0,0099540	23710,100	63646,100	1411,37	0,0595	6,0	0,022	2,22
28	0,644	0,7	5,94	7,29	1608	0,0117287	25533,953	68541,953	1663,01	0,0651	6,5	0,024	2,43
29	0,690	0,75	5,94	7,39	1446	0,0106884	27357,807	71901,807	1515,51	0,0554	5,5	0,021	2,11

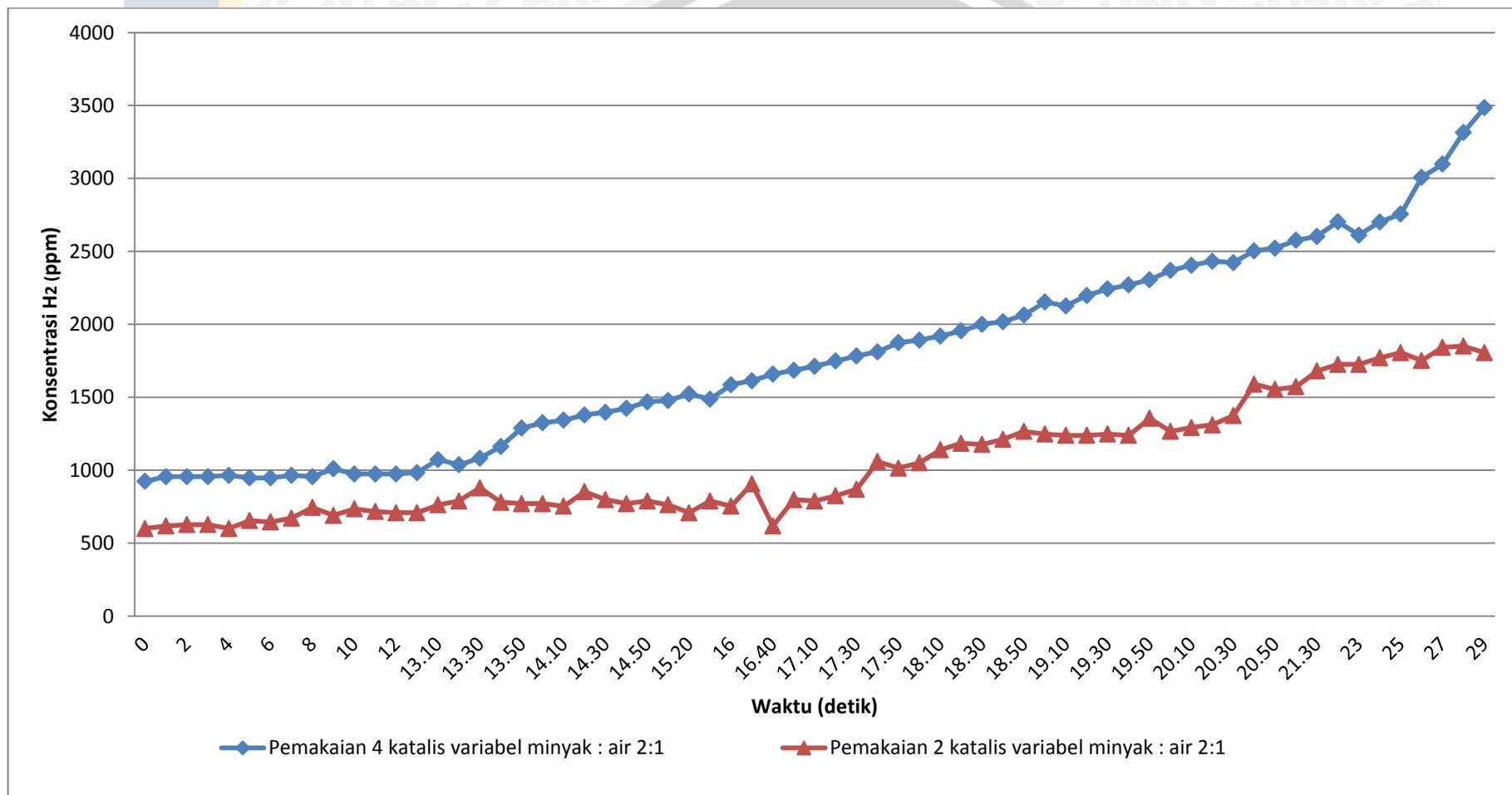
Lampiran 2d Data Hasil Pengujian nilai kalor dan efisiensi variabel tetesan Minyak jarak : air 1:2

t (waktu)	Massa minyak (gr)	Massa Air (gr)	Massa udara (gr)	Massa Total (gr)	PPM	Hasil(gr)	Q minyak jarak (joule)	Qminyak jarak + Q kompor	Q hidrogen (joule)	Efisiensi (joule)	Efisiensi %	efisiensi total (+ daya kompor)	Efisiensi %
0	0	0	5,94	5,94	726	0,0043124	0	0	611,46	0	0	0	0
2	0,046	0,1	5,94	6,08	744	0,0045248	1823,854	4895,854	641,57	0,3518	35,18	0,131	13,10
4	0,092	0,2	5,94	6,23	762	0,0047453	3647,708	9791,708	672,84	0,1845	18,45	0,069	6,87
6	0,138	0,3	5,94	6,37	744	0,0047417	5471,561	14687,561	672,33	0,1229	12,29	0,046	4,58
8	0,184	0,4	5,94	6,52	789	0,0051437	7295,415	19583,415	729,32	0,1000	10,00	0,037	3,72
10	0,230	0,5	5,94	6,66	753	0,0050186	9119,269	24479,269	711,59	0,0780	7,80	0,029	2,91
12	0,276	0,6	5,94	6,81	753	0,0051287	10943,123	29375,123	727,19	0,0665	6,65	0,025	2,48
14	0,322	0,7	5,94	6,96	834	0,0058020	12766,977	34270,977	822,67	0,0644	6,44	0,024	2,40
16	0,368	0,8	5,94	7,10	744	0,0052840	14590,831	39166,831	749,22	0,0513	5,13	0,019	1,91
18	0,414	0,9	5,94	7,25	762	0,0055235	16414,684	44062,684	783,18	0,0477	4,77	0,018	1,78
20	0,460	1	5,94	7,39	744	0,0055015	18238,538	48958,538	780,06	0,0428	4,28	0,016	1,59
22	0,506	1,1	5,94	7,54	762	0,0057459	20062,392	53854,392	814,71	0,0406	4,06	0,015	1,51
24	0,552	1,2	5,94	7,69	1889	0,0145193	21886,246	58750,246	2058,70	0,0941	9,41	0,035	3,50
26	0,598	1,3	5,94	7,82	2346	0,0183539	23710,100	63646,100	2602,40	0,1098	10,98	0,041	4,09
28	0,644	1,4	5,94	7,97	2850	0,0227021	25533,953	68541,953	3218,93	0,1261	12,61	0,047	4,70
29	0,690	1,5	5,94	8,11	2931	0,0237625	27357,807	71901,807	3369,28	0,1232	12,32	0,047	4,69

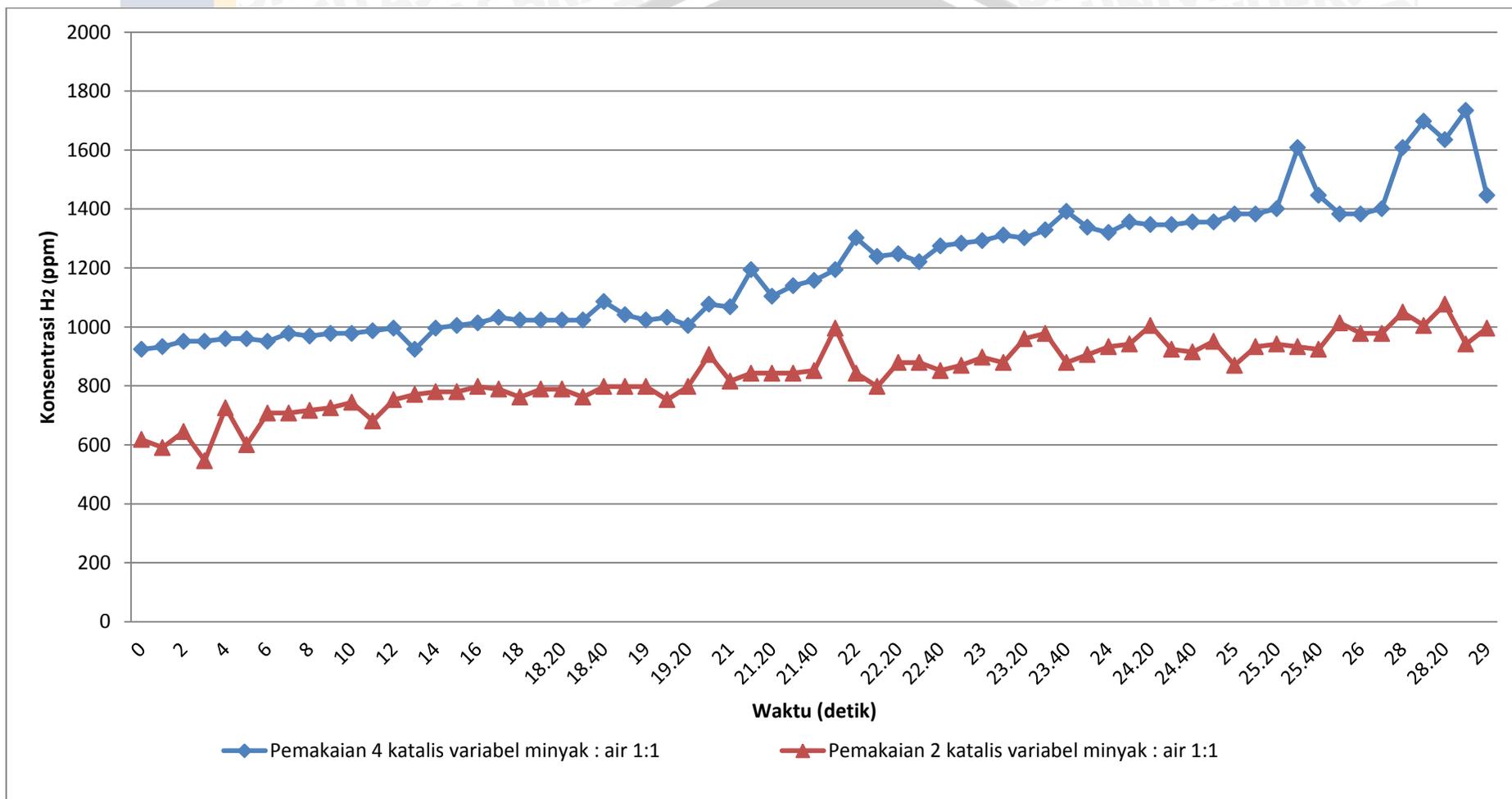
Lampiran 2e Data Hasil Pengujian nilai kalor dan efisiensi variabel tetesan Minyak jarak : air 1:3

t (waktu)	Massa minyak (gr)	Massa Air (gr)	Massa Udara (gr)	Massa Total (gr)	PPM	Hasil(gr)	Q minyak jarak (joule)	Qminyak jarak + Q kompore	Q hidrogen (joule)	Efisiensi (joule)	Efisiensi %	efisiensi total (+ daya kompore)	Efisiensi %
0	0	0	5,94	5,94	834	0,0049540	0	0	702,42	0	0	0	0
2	0,046	0,15	5,94	6,14	825	0,0050663	1823,854	4895,854	718,35	0,394	39,39	0,147	14,67
4	0,092	0,3	5,94	6,34	843	0,0053421	3647,708	9791,708	757,46	0,208	20,77	0,077	7,74
6	0,138	0,45	5,94	6,53	807	0,0052724	5471,561	14687,561	747,57	0,137	13,66	0,051	5,09
8	0,184	0,6	5,94	6,73	852	0,0057333	7295,415	19583,415	812,93	0,111	11,14	0,042	4,15
10	0,230	0,75	5,94	6,93	870	0,0060254	9119,269	24479,269	854,34	0,094	9,37	0,035	3,49
12	0,276	0,9	5,94	7,12	890	0,0063386	10943,123	29375,123	898,75	0,082	8,21	0,031	3,06
14	0,322	1,05	5,94	7,32	1662	0,0121631	12766,977	34270,977	1724,60	0,135	13,51	0,050	5,03
16	0,368	1,2	5,94	7,52	2040	0,0153411	14590,831	39166,831	2175,22	0,149	14,91	0,056	5,55
18	0,414	1,35	5,94	7,72	2229	0,0172064	16414,684	44062,684	2439,70	0,149	14,86	0,055	5,54
20	0,460	1,5	5,94	7,92	2346	0,0185738	18238,538	48958,538	2633,57	0,144	14,44	0,054	5,38
22	0,506	1,65	5,94	8,11	2436	0,0197671	20062,392	53854,392	2802,78	0,140	13,97	0,052	5,20
24	0,552	1,8	5,94	8,31	2499	0,0207711	21886,246	58750,246	2945,14	0,135	13,46	0,050	5,01
26	0,598	1,95	5,94	8,51	2517	0,0214166	23710,100	63646,100	3036,66	0,128	12,81	0,048	4,77
28	0,644	2,1	5,94	8,71	2643	0,0230084	25533,953	68541,953	3262,36	0,128	12,78	0,048	4,76
29	0,690	2,25	5,94	8,90	2661	0,0236909	27357,807	71901,807	3359,13	0,123	12,28	0,047	4,67

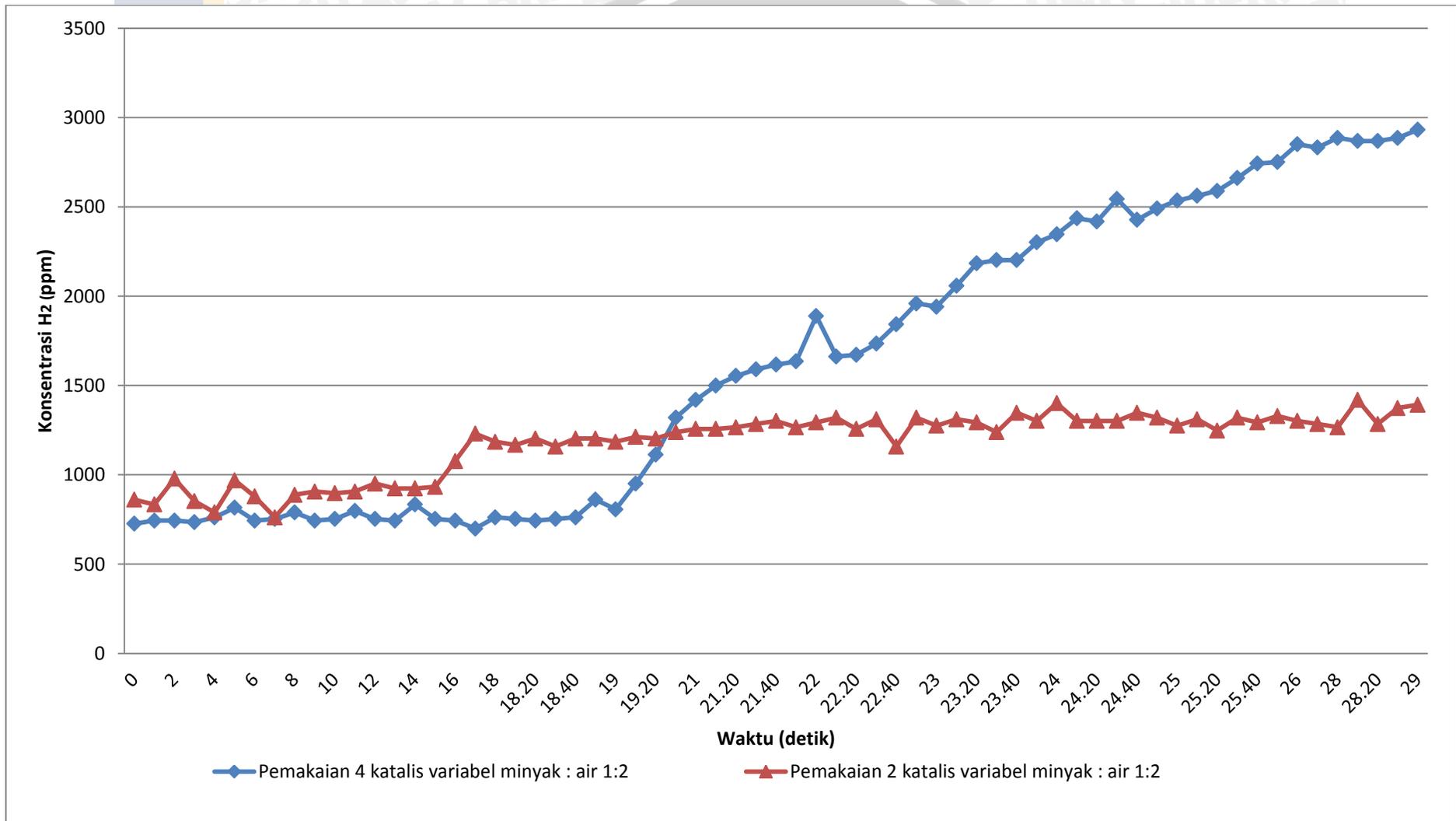
Lampiran 3a Grafik Hubungan Variasi Katalis Terhadap Konsentrasi H₂ Pada variasi Minyak : Air 2:1



Lampiran 3b Grafik Hubungan Variasi Katalis Terhadap Konsentrasi H₂ Pada variasi Minyak : Air 1:1



Lampiran 3c Grafik Hubungan Variasi Katalis Terhadap Konsentrasi H₂ Pada variasi Minyak : Air 1:2



Lampiran 3d Grafik Hubungan Variasi Katalis Terhadap Konsentrasi H₂ Pada variasi Minyak : Air 1:3

