

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 uji steam reformer dengan menggunakan variasi temperatur 170 °C, 200 °C, dan 230 °C dengan variasi perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air, yaitu 3:1 ; 2:1 ; 1:1 ; 1:2 ; 1:3. Data yang diperoleh berupa kandungan konsentrasi hidrogen (H₂) dalam satuan ppm. Data hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

4.3 Contoh Perhitungan

4.3.1 Menghitung Perbandingan Tetesan Minyak Kelapa Sawit dan Air

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

Tabel 4.1 Massa Minyak Kelapa Sawit dan Air

Massa Minyak (g)	Massa Air (g)
0,02	0,04
0,01	0,03
0,02	0,04
0,02	0,04
0,01	0,03
0,016	0,036

Berdasarkan data di atas dapat dilihat rata – rata massa minyak kelapa sawit setelah dilakukan 5 kali pengujian adalah 0,016 gram, sedangkan massa air adalah 0,036 gram. Jadi agar perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air sama maka untuk

jumlah tetesan minyak kelapa sawit adalah 2 tetes dan air 1 tetes untuk perbandingan massa 1:1.

Tabel 4.2 Perbandingan Tetesan terhadap Perbandingan Massa Minyak Kelapa Sawit dan Air

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 Sawit dan Air

Penghitungan debit dilakukan pada perbandingan minyak kelapa sawit dan air 1:1 selama 20 menit

Tabel 4.3 Volume Minyak Kelapa Sawit dan Air

Waktu (menit)	Minyak Kelapa	
	Sawit (cc)	Air (cc)
5	0.125	0.22
10	0.25	0.44
15	0.375	0.66
20	0.5	0.88

$$Q_m = \frac{0,375 \text{ cc}}{20 \text{ menit}} = 0,01875 \text{ cc/menit} \quad Q_a = \frac{0,66 \text{ cc}}{20 \text{ menit}} = 0,033 \text{ cc/menit}$$

4.3.3 Menghitung Efisiensi

Contoh perhitungan nilai efisiensi yang dihasilkan oleh *steam reforming* pada variasi minyak kelapa sawit dan air (1:1) dengan 4 buah katalis

- **Pehitungan Nilai Kalor**

Pada menit ke-1

- Q Minyak Kelapa Sawit $= \frac{\text{Massa Minyak}}{1000} \times \text{Nilai Kalor Minyak}$
 $= \left(\frac{0,025}{1000}\right) \text{ kg} \times 9113,9 \text{ kkal/kg}$
 $= 0.2279825 \text{ kkal} = 954.517131 \text{ joule}$
- Massa Total $= (\text{Massa Minyak} + \text{Massa Air} + \text{Massa Udara})$
 $= (0.025 + 0,044 + 5,94)$
 $= 6,009 \text{ gr}$
- Hidrogen produk $= \frac{\text{Massa Total}}{1000000} \times \text{ppm } H_2$
 $= \frac{6,009 \text{ gr}}{1000000} \times 108,4833$
 $= 0.000651876 \text{ gr}$
- Q Hidrogen $= \frac{\text{Hidrogen Produk}}{1000} \times \text{Nilai Kalor } H_2$
 $= 9,24295 \times 10^{-5} \text{ MJ} = 92.42954767 \text{ joule}$

- **Perhitungan daya yang diterima 3 Tabung 50 ml dan Tabung 100 ml**

- Luas Tabung 50 ml $= 2041.785 \text{ mm}^2 = 0,002 \text{ m}^2$
- Luas Tabung 100 ml $= 3215.360 \text{ mm}^2 = 0,003 \text{ m}^2$
- Daya yang digunakan kompor $= V \cdot A$
 $= 220 \cdot 2,41 = 530,2 \text{ W}$
- Heat Flux $= \frac{\text{Daya}}{\text{Luas Penampang}}$
 $= \frac{530,2 \text{ W}}{0,0176625 \text{ m}^2} = 30018,401 \text{ W} / \text{m}^2$
- Daya yang diterima Tabung 50 ml (joule) $= (30018.401 \times 0.002) \times 20 \text{ menit}$
 $= 1225.822 \text{ joule}$
- Daya yang diterima Tabung 100 ml (joule) $= (30018.401 \times 0.003) \times 20 \text{ menit}$
 $= 1930.399 \text{ joule}$
- Daya Total $= (1225.822 \times 3) + 1930.399$
 $= 5607.866 \text{ joule}$

- **Efisiensi tanpa Penambahan Daya Kompor**

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{Q_{\text{Hidrogen}}}{Q_{\text{Minyak}}} \\ &= \frac{92.42954767}{954.517131} = 0.096833828 = 9.683382798 \% \end{aligned}$$

- **Efisiensi dengan Penambahan Daya Kompor**

$$\begin{aligned} - \text{ Q Total} &= \text{Q Minyak Kelapa Sawit} + \text{Daya Total} \\ &= 954.517131 + 5607.866 \\ &= 6562.383131 \text{ joule} \\ - \text{ Efisiensi} &= \frac{Q_{\text{Hidrogen}}}{Q_{\text{Total}}} \\ &= \frac{92.42954767}{6562.383131} = 0.014084753 = 1.408475333 \% \end{aligned}$$

4.3.4 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 diinputkan 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	0	400
2	60	532

2 = data aktual (ppm)

1 = data teoritis (ppm)

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

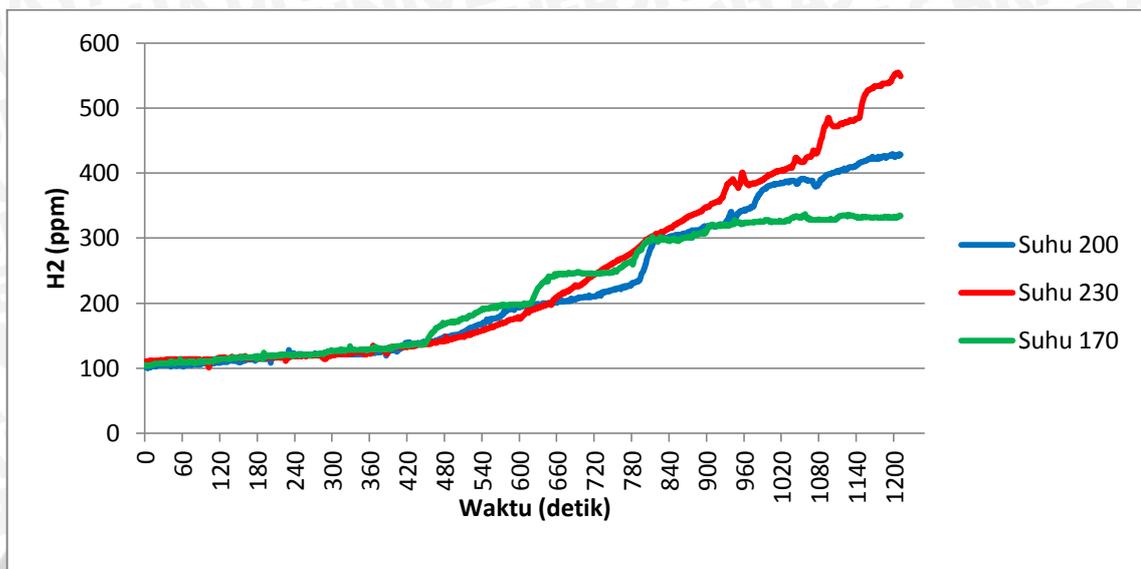
Maka di dapatkan nilai $x = \frac{y}{0,84} + 50,84$

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

4.4 Pembahasan

Pembahasan ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh variasi temperatur dan variasi perbandingan minyak kelapa sawit dan air terhadap produksi hidrogen yang dihasilkan. Selain itu juga dibahas efisiensi dari perbandingan campuran minyak kelapa sawit dan air pada setiap variasi temperatur yang digunakan. Sehingga nantinya dapat disimpulkan bagaimana pengaruh variasi temperatur dan perbandingan campuran minyak kelapa sawit dan air terhadap produksi hidrogen.

4.4.1 Analisa Grafik Hubungan Variasi Temperatur terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air 1 : 1



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Variasi Temperatur terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air 1 : 1

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara waktu dan konsentrasi Hidrogen yang dihasilkan oleh *steam reformer* dengan perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air 1 : 1.

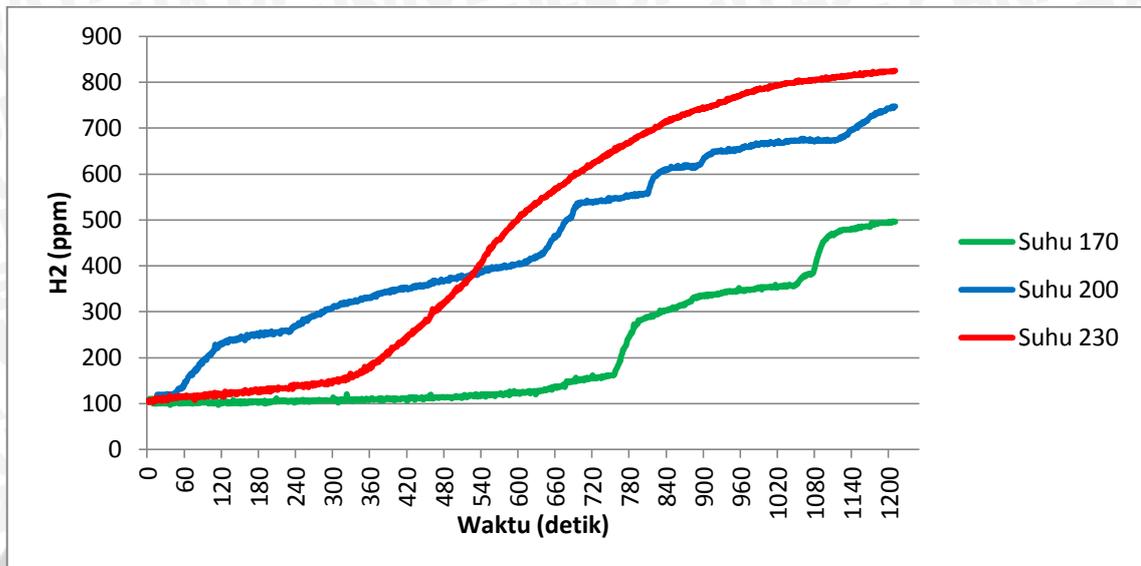
Dapat dilihat bahwa grafik cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu. Pada detik ke-0 sampai ke-420 grafik cenderung konstan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang rendah, sedangkan pada detik ke-421 sampai ke-1020 grafik mengalami peningkatan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang tinggi, lalu pada detik ke-1021 sampai ke-1200 grafik cenderung konstan kembali.

Dari ketiga variasi temperatur yaitu 170 °C, 200 °C, 230 °C, urutan produksi hidrogen yang paling tinggi ke paling rendah yaitu 230 °C, 200 °C, lalu 170 °C. Hal ini sudah sesuai dengan rumus Arrhenius, yaitu :

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}}$$

Menurut rumus Arrhenius temperatur berpengaruh terhadap laju reaksi, semakin tinggi temperatur maka laju reaksi juga semakin cepat, sehingga produksi hidrogen juga semakin banyak.

4.4.2 Analisa Grafik Hubungan Variasi Temperatur terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air 1 : 2



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Variasi Temperatur terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air 1 : 2

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara waktu dan konsentrasi Hidrogen yang dihasilkan oleh *steam reformer* dengan perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air 1 : 2. Dapat dilihat bahwa grafik cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu.

Pada temperatur 200 °C, detik ke-0 sampai ke-60 grafik cenderung konstan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang rendah, sedangkan pada detik ke-61 sampai ke-1200 grafik terus mengalami peningkatan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang bervariasi.

Pada temperatur 230 °C, detik ke-0 sampai ke-300 grafik cenderung konstan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang rendah, sedangkan pada detik ke-301 sampai ke-960 grafik mengalami peningkatan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang tinggi.

Lalu pada temperatur 170 °C, grafik cenderung konstan pada detik ke-0 sampai ke-720, sedangkan pada detik ke-721 sampai ke-1200 grafik terus mengalami peningkatan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang bervariasi

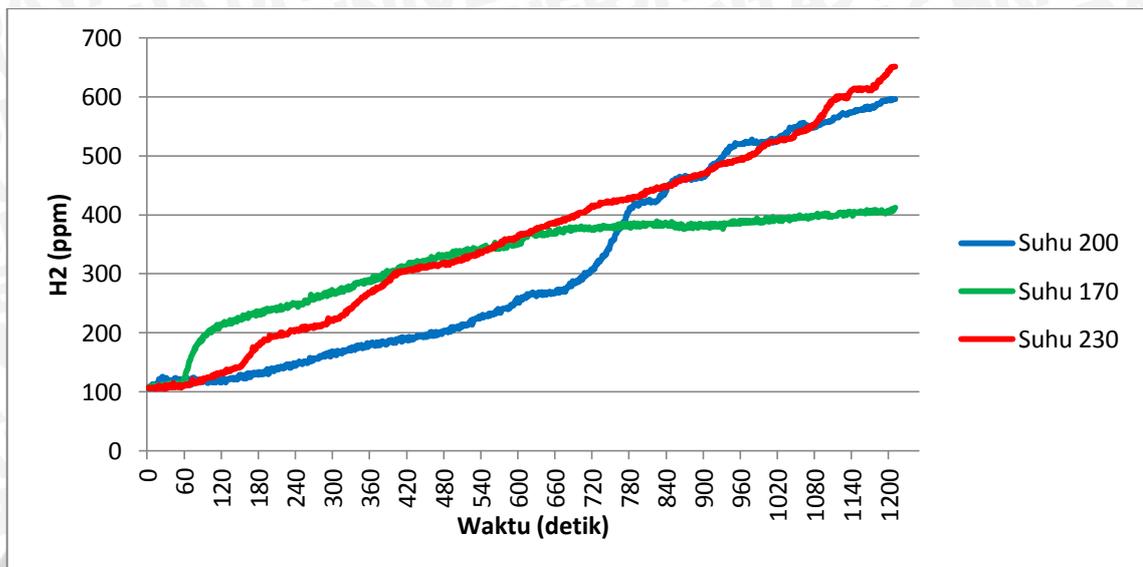
Dari ketiga variasi temperatur yaitu 170 °C, 200 °C, 230 °C, urutan produksi hidrogen yang paling tinggi ke paling rendah yaitu 230 °C, 200 °C, lalu 170 °C. Hal ini sudah sesuai dengan rumus Arrhenius, yaitu :

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}}$$

Menurut rumus Arrhenius temperatur berpengaruh terhadap laju reaksi, semakin tinggi temperatur maka laju reaksi juga semakin cepat, sehingga produksi hidrogen juga semakin banyak.



4.4.3 Analisa Grafik Hubungan Variasi Temperatur terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air 1 : 3



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Variasi Temperatur terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air 1 : 3

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara waktu dan konsentrasi Hidrogen yang dihasilkan oleh *steam reformer* dengan perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air 1 : 3. Dapat dilihat bahwa grafik cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu.

Pada temperatur 170 °C, detik ke-0 sampai ke-60 grafik cenderung konstan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang rendah, sedangkan pada detik ke-61 sampai ke-660 grafik mengalami peningkatan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang tinggi, lalu grafik cenderung konstan pada detik ke-661 sampai ke-1200.

Pada temperatur 230 °C, grafik mengalami cenderung meningkat dari detik ke-0 dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang hampir konstan.

Lalu pada temperatur 200 °C, grafik juga mengalami kenaikan mulai detik ke-0 sampai detik ke-1200

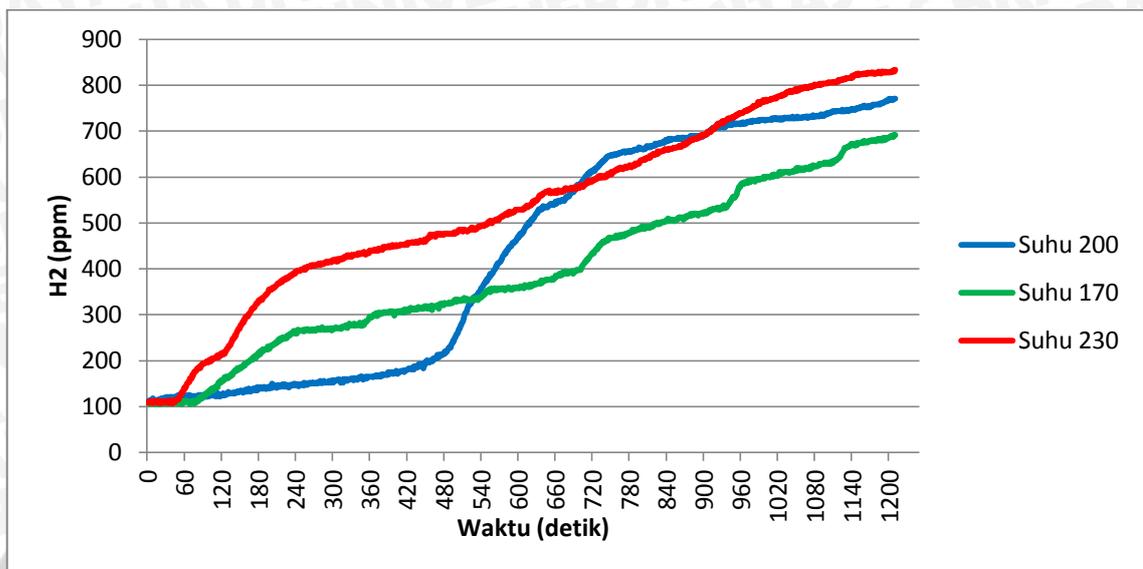
Dari ketiga variasi temperatur yaitu 170 °C, 200 °C, 230 °C, urutan produksi hidrogen yang paling tinggi ke paling rendah yaitu 230 °C, 200 °C, lalu 170 °C. Hal ini sudah sesuai dengan rumus Arrhenius, yaitu :

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}}$$

Menurut rumus Arrhenius temperatur berpengaruh terhadap laju reaksi, semakin tinggi temperatur maka laju reaksi juga semakin cepat, sehingga produksi hidrogen juga semakin banyak.



4.4.4 Analisa Grafik Hubungan Variasi Temperatur terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air 2 : 1



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Variasi Temperatur terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air 2 : 1

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara waktu dan konsentrasi Hidrogen yang dihasilkan oleh *steam reformer* dengan perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air 2 : 1. Dapat dilihat bahwa grafik cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu.

Pada temperatur 230 °C, detik ke-0 sampai ke-60 grafik cenderung konstan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang rendah, kemudian grafik mengalami peningkatan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang tinggi sampai detik ke-1200

Pada temperatur 200 °C, grafik mengalami cenderung meningkat dengan sedikit kenaikan konsentrasi hidrogen yang rendah pada detik ke-0 sampai ke-420, kemudian mengalami peningkatan dengan kenaikan hidrogen yang tinggi sampai detik ke-900, setelah itu grafik meningkat lagi dengan kenaikan hidrogen yang rendah sampai detik ke-1200.

Lalu pada temperatur 170 °C, detik ke-0 sampai ke-60 grafik cenderung konstan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang rendah, kemudian grafik mengalami peningkatan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang bervariasi sampai detik ke-1200

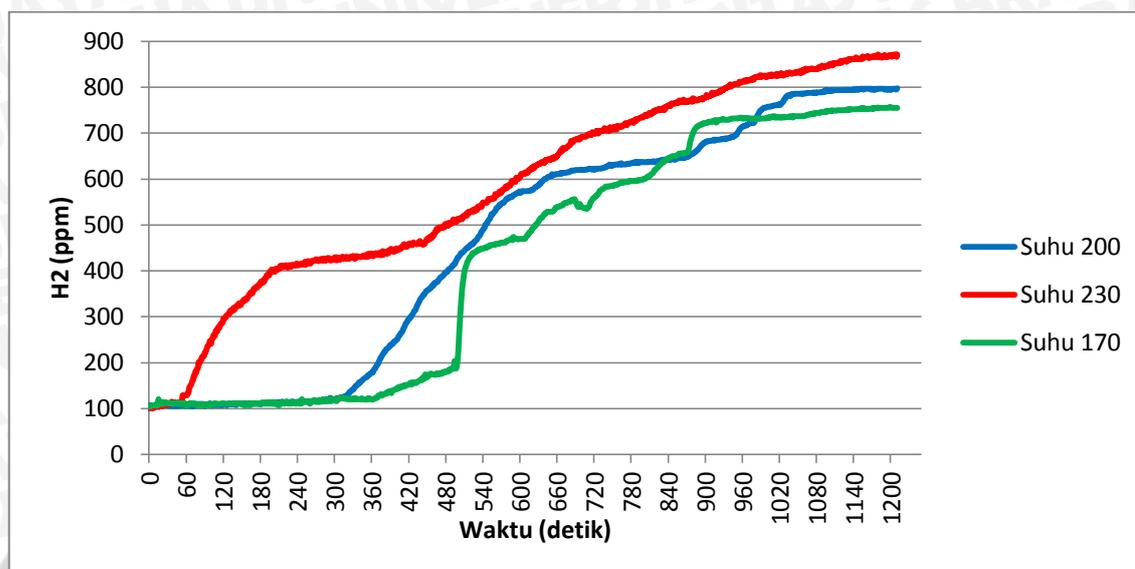
Dari ketiga variasi temperatur yaitu 170 °C, 200 °C, 230 °C, urutan produksi hidrogen yang paling tinggi ke paling rendah yaitu 230 °C, 200 °C, lalu 170 °C. Hal ini sudah sesuai dengan rumus Arrhenius, yaitu :

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}}$$

Menurut rumus Arrhenius temperatur berpengaruh terhadap laju reaksi, semakin tinggi temperatur maka laju reaksi juga semakin cepat, sehingga produksi hidrogen juga semakin banyak.



4.4.5 Analisa Grafik Hubungan Variasi Temperatur terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air 3 : 1



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Variasi Temperatur terhadap Produksi Hidrogen pada Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air 3 : 1

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara waktu dan konsentrasi Hidrogen yang dihasilkan oleh *steam reformer* dengan perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air 3 : 1. Dapat dilihat bahwa grafik cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu.

Pada temperatur 230 °C, detik ke-0 sampai ke-60 grafik cenderung konstan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang rendah, kemudian grafik mengalami peningkatan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang tinggi sampai detik ke-180, pada detik ke-181 sampai ke-480 grafik cenderung konstan lagi dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang rendah. Lalu mengalami peningkatan lagi dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang bervariasi sampai detik ke-1200

Pada temperatur 200 °C, grafik cenderung konstan dengan sedikit kenaikan konsentrasi hidrogen yang rendah pada detik ke-0 sampai ke-300, kemudian mengalami peningkatan dengan kenaikan hidrogen yang tinggi sampai detik ke-660, setelah itu grafik sedikit meningkat lagi dengan kenaikan hidrogen yang rendah sampai detik ke-1200.

Lalu pada temperatur 170 °C, grafik mengalami cenderung konstan dengan sedikit kenaikan konsentrasi hidrogen yang rendah pada detik ke-0 sampai ke-360,

kemudian pada detik ke-480 sampai ke-500 grafik mengalami peningkatan yang cukup signifikan, hal ini dikarenakan debit uap campuran tidak mengalir konstan ke dalam *hydrogen storage*. Setelah itu grafik mengalami peningkatan dengan kenaikan hidrogen yang bervariasi sampai detik ke-900. Sisanya sampai detik ke-1200 grafik cenderung konstan dengan kenaikan konsentrasi hidrogen yang rendah.

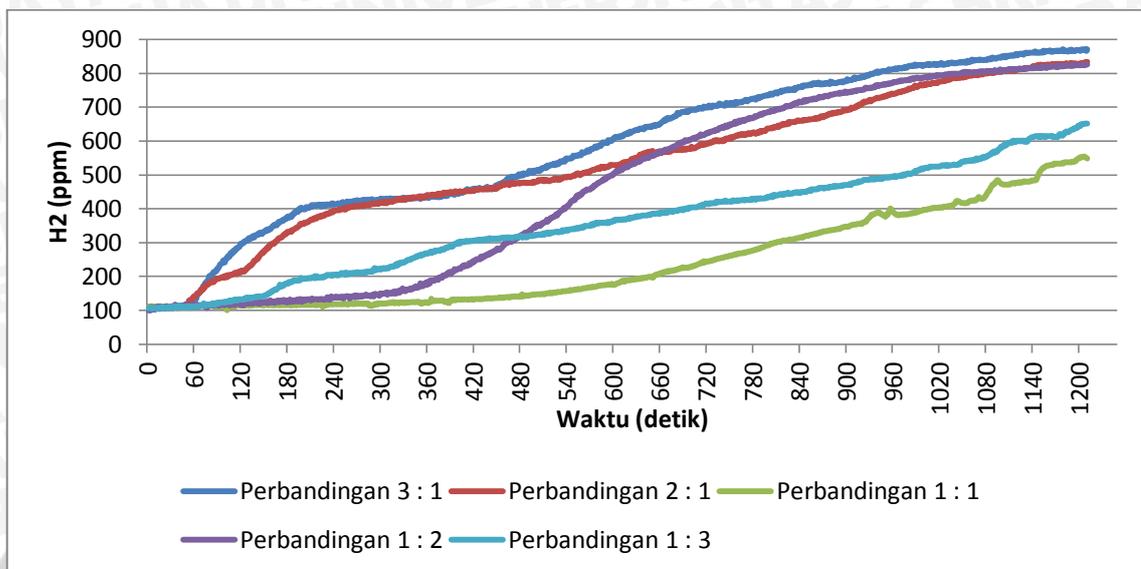
Dari ketiga variasi temperatur yaitu 170 °C, 200 °C, 230 °C, urutan produksi hidrogen yang paling tinggi ke paling rendah yaitu 230 °C, 200 °C, lalu 170 °C. Hal ini sudah sesuai dengan rumus Arrhenius, yaitu :

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{R.T}}$$

Menurut rumus Arrhenius temperatur berpengaruh terhadap laju reaksi, semakin tinggi temperatur maka laju reaksi juga semakin cepat, sehingga produksi hidrogen juga semakin banyak.



4.4.6 Analisa Grafik Hubungan Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air terhadap Produksi Hidrogen pada Temperatur 230 °C

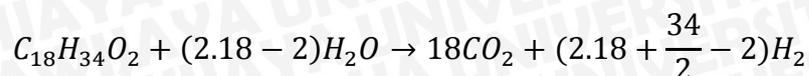
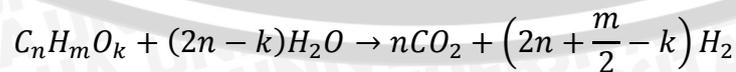


Gambar 4.6 Analisa Grafik Hubungan Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air terhadap Produksi Hidrogen pada Temperatur 230 °C

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara waktu dan konsentrasi hidrogen yang dihasilkan oleh steam reformer pada suhu 230 dengan berbagai variasi perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air. Dapat dilihat bahwa hampir setiap grafik cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu.

Urutan produksi hidrogen dari yang paling tinggi ke yang paling rendah yaitu perbandingan (3:1), (2:1), (1:2), (1:3), dan (1:1)

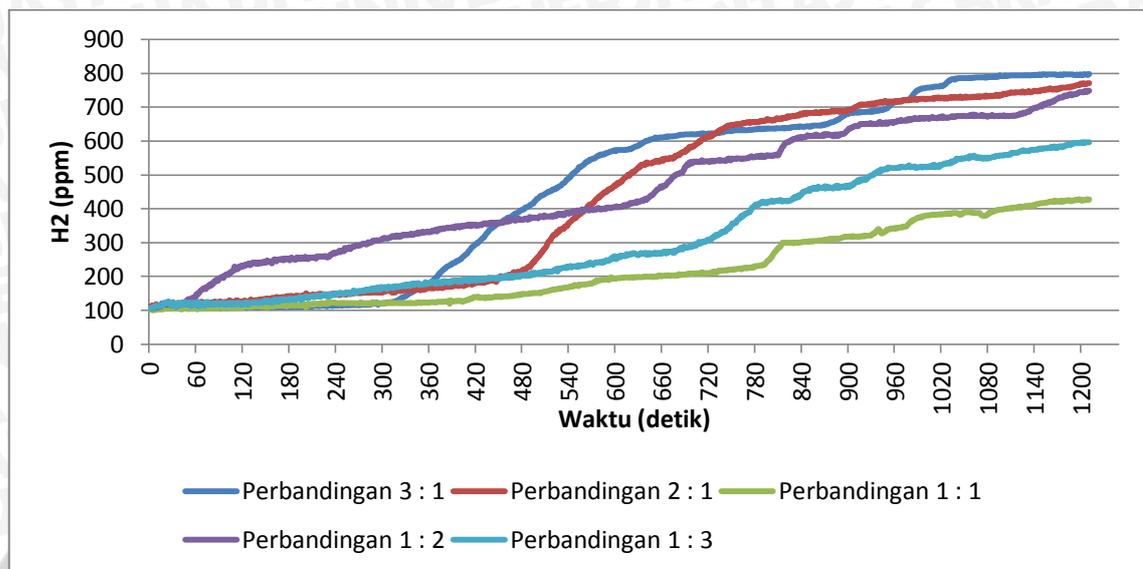
Dari kelima variasi perbandingan massa, hidrogen tertinggi dihasilkan pada variasi perbandingan massa 3:1 dengan konsentrasi hidrogen sebesar 871 ppm. Sedangkan hidrogen terendah dihasilkan pada variasi perbandingan massa 1:1 dengan konsentrasi hidrogen sebesar 549 ppm. Hal ini menyimpang dari dasar teori karena menurut persamaan



Perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air yang sesuai dengan persamaan diatas adalah 1:2,17. Sedangkan pada penelitian yang menghasilkan hidrogen tertinggi adalah perbandingan massa 3:1. Hal ini disebabkan karena pada perbandingan massa 3:1 mempunyai reaktan (minyak kelapa sawit) yang lebih banyak dibandingkan dengan variasi yang lain sehingga asam lemak ($C_nH_mO_k$) juga semakin banyak. Jadi semakin banyak reaktan yang bereaksi maka konsentrasi hidrogen yang dihasilkan juga semakin tinggi. Perbedaan laju pengupuan antara minyak kelapa sawit dan air juga mempengaruhi hasil dari konsentrasi hidrogen.



4.4.7 Analisa Grafik Hubungan Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air terhadap Produksi Hidrogen pada Temperatur 200 °C

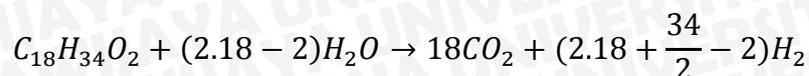
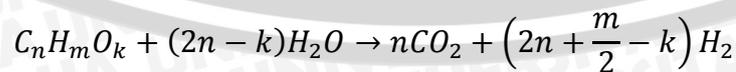


Gambar 4.7 Analisa Grafik Hubungan Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air terhadap Produksi Hidrogen pada Temperatur 200 °C

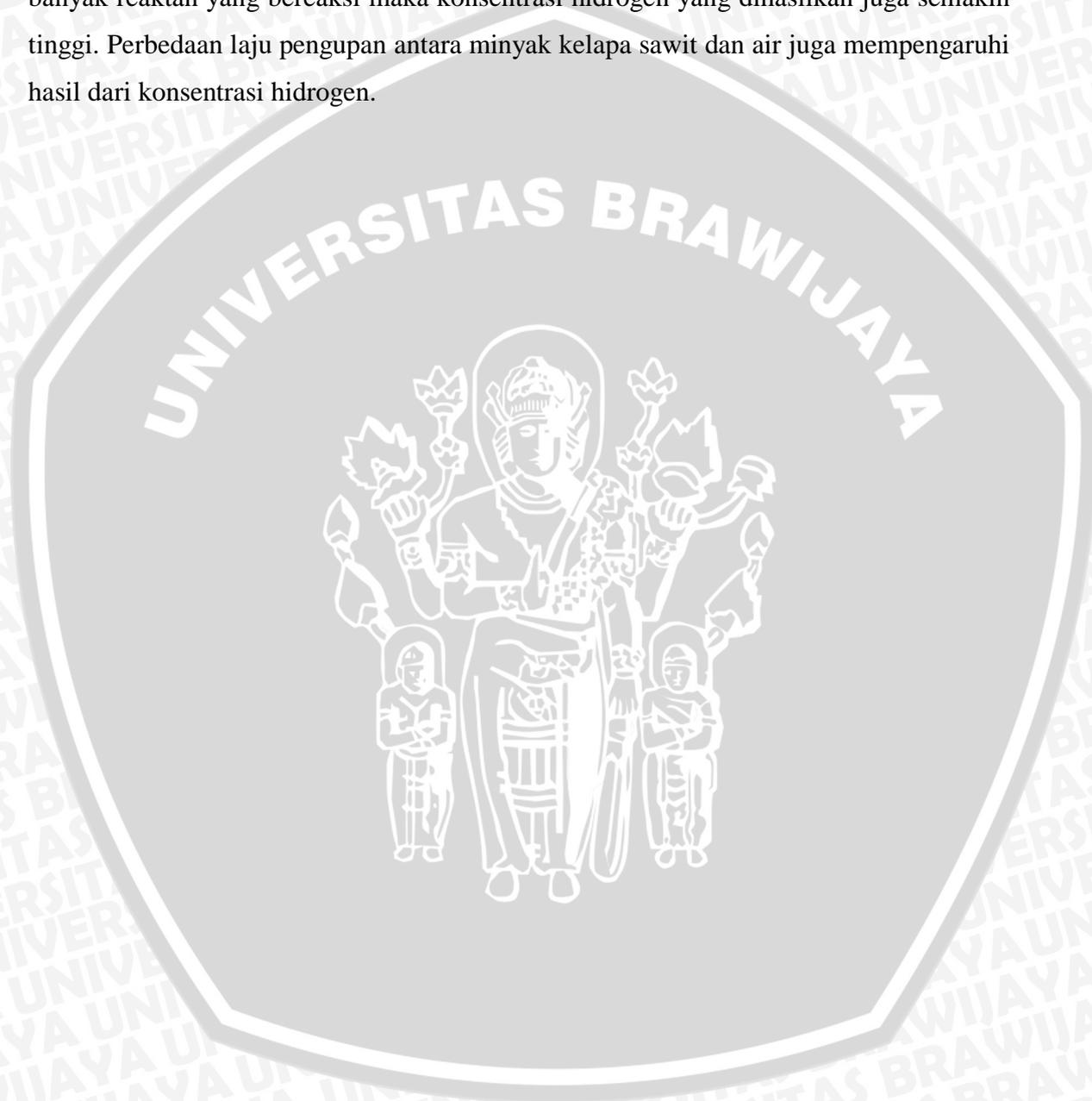
Grafik di atas menunjukkan hubungan antara waktu dan konsentrasi hidrogen yang dihasilkan oleh steam reformer pada suhu 200 dengan berbagai variasi perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air. Dapat dilihat bahwa hampir setiap grafik cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu.

Urutan produksi hidrogen dari yang paling tinggi ke yang paling rendah yaitu perbandingan (3:1), (2:1), (1:2), (1:3), dan (1:1)

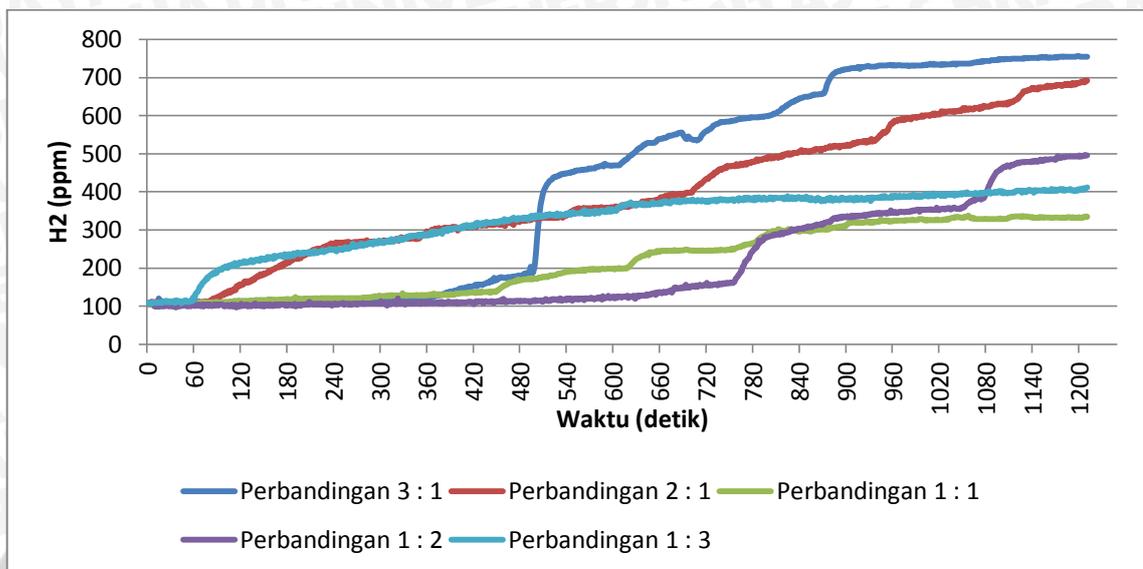
Dari kelima variasi perbandingan massa, hidrogen tertinggi dihasilkan pada variasi perbandingan massa 3:1 dengan konsentrasi hidrogen sebesar 798 ppm. Sedangkan hidrogen terendah dihasilkan pada variasi perbandingan massa 1:1 dengan konsentrasi hidrogen sebesar 428 ppm. Hal ini menyimpang dari dasar teori karena menurut persamaan



Perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air yang sesuai dengan persamaan diatas adalah 1:2,17. Sedangkan pada penelitian yang menghasilkan hidrogen tertinggi adalah perbandingan massa 3:1. Hal ini disebabkan karena pada perbandingan massa 3:1 mempunyai reaktan (minyak kelapa sawit) yang lebih banyak dibandingkan dengan variasi yang lain sehingga asam lemak ($C_nH_mO_k$) juga semakin banyak. Jadi semakin banyak reaktan yang bereaksi maka konsentrasi hidrogen yang dihasilkan juga semakin tinggi. Perbedaan laju pengupuan antara minyak kelapa sawit dan air juga mempengaruhi hasil dari konsentrasi hidrogen.



4.4.8 Analisa Grafik Hubungan Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air terhadap Produksi Hidrogen pada Temperatur 170 °C

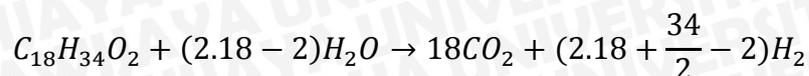
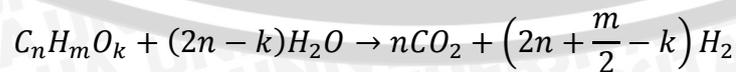


Gambar 4.8 Analisa Grafik Hubungan Perbandingan Minyak Kelapa Sawit dan Air terhadap Produksi Hidrogen pada Temperatur 170 °C

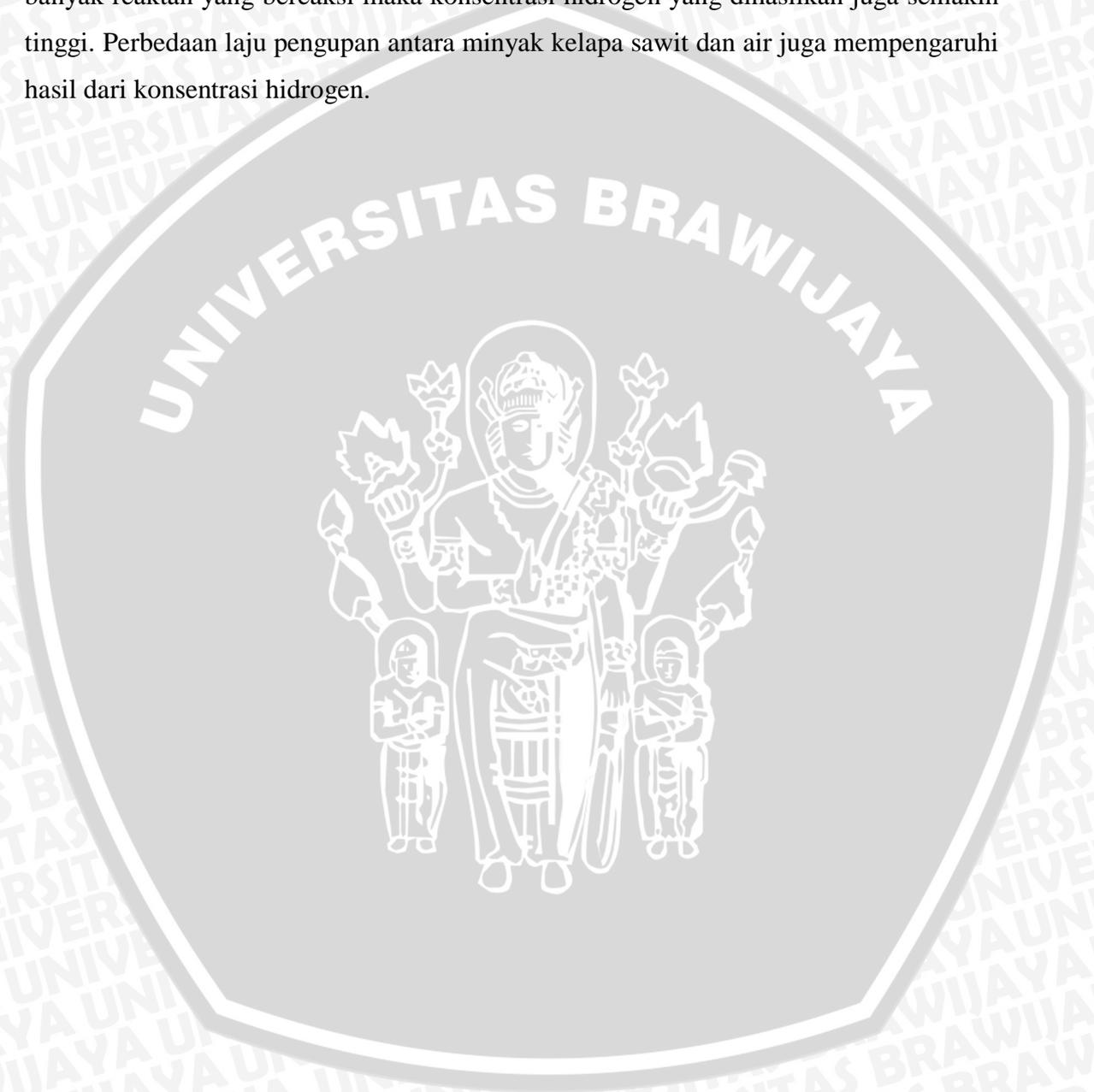
Grafik di atas menunjukkan hubungan antara waktu dan konsentrasi hidrogen yang dihasilkan oleh steam reformer pada suhu 170 dengan berbagai variasi perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air. Dapat dilihat bahwa hampir setiap grafik cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu.

Urutan produksi hidrogen dari yang paling tinggi ke yang paling rendah yaitu perbandingan (3:1), (2:1), (1:2), (1:3), dan (1:1)

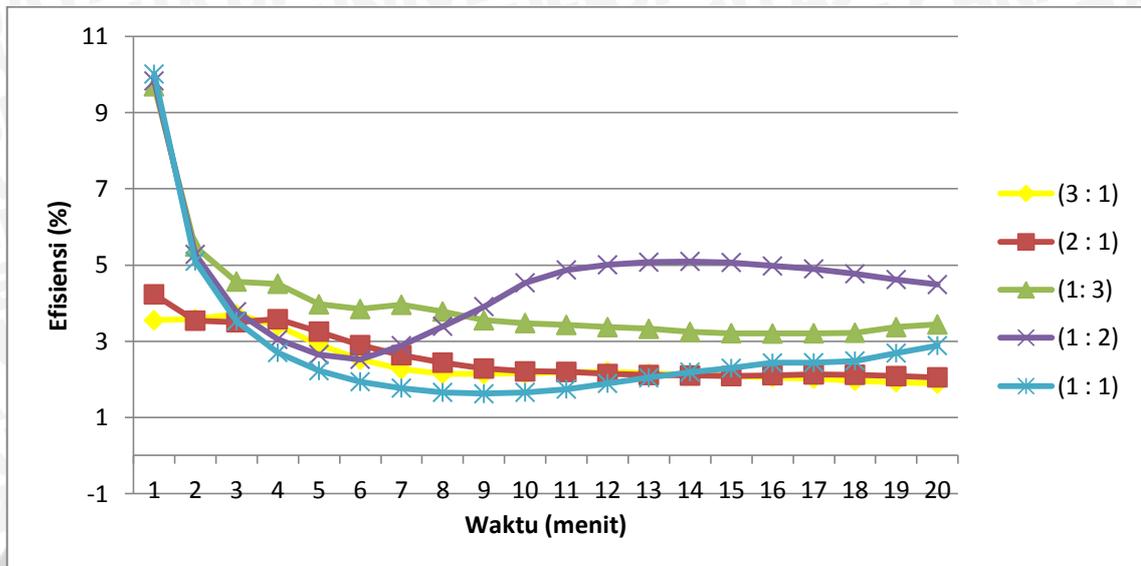
Dari kelima variasi perbandingan massa, hidrogen tertinggi dihasilkan pada variasi perbandingan massa 3:1 dengan konsentrasi hidrogen sebesar 755 ppm. Sedangkan hidrogen terendah dihasilkan pada variasi perbandingan massa 1:1 dengan konsentrasi hidrogen sebesar 334 ppm. Hal ini menyimpang dari dasar teori karena menurut persamaan



Perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air yang sesuai dengan persamaan diatas adalah 1:2,17. Sedangkan pada penelitian yang menghasilkan hidrogen tertinggi adalah perbandingan massa 3:1. Hal ini disebabkan karena pada perbandingan massa 3:1 mempunyai reaktan (minyak kelapa sawit) yang lebih banyak dibandingkan dengan variasi yang lain sehingga asam lemak ($C_nH_mO_k$) juga semakin banyak. Jadi semakin banyak reaktan yang bereaksi maka konsentrasi hidrogen yang dihasilkan juga semakin tinggi. Perbedaan laju pengupuan antara minyak kelapa sawit dan air juga mempengaruhi hasil dari konsentrasi hidrogen.



4.4.9 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi Hidrogen tanpa Penambahan Daya Kompor pada Temperatur 230 °C



Gambar 4.9 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi Hidrogen tanpa Penambahan Daya Kompor pada Temperatur 230 °C

Grafik diatas menjelaskan hubungan waktu dan efisiensi pada temperatur 230 °C dengan berbagai macam variasi perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air. Perhitungan efisiensi dilakukan dengan cara membagi nilai kalor total H₂ yang dihasilkan dengan nilai kalor total minyak kelapa sawit yang dibutuhkan selama 20 menit.

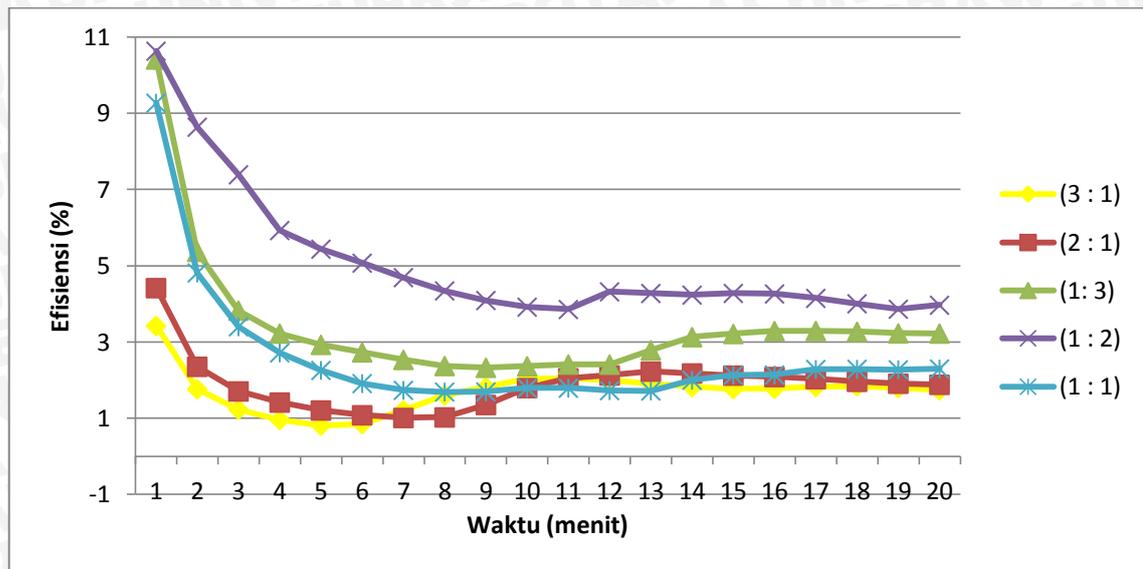
Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai rata - rata efisiensi perbandingan minyak kelapa sawit dan air dari efisiensi paling tinggi ke efisiensi paling rendah adalah variasi 1:2 (4,535%), variasi 1:3 (3,992%), variasi 1:1 (2,765%), variasi 2:1 (2,584%), dan variasi 3:1 (2,449%). Pada variasi perbandingan 1:3 dengan suhu 230 °C produksi hidrogennya paling tinggi, namun variasi ini memiliki nilai efisiensi terendah dibandingkan variasi yang lain, hal in dikarenakan pemakaian bahan baku (minyak kelapa sawit) yang terlalu banyak. Karena menurut persamaan $C_{18}H_{34}O_2 + 34H_2O \rightarrow 18CO_2 + 51H_2$, perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air yang efisien dengan persamaan diatas adalah 1:2,41. Sehingga disini pada variasi perbandingan 1:2 nilai rata – rata efisiensinya paling tinggi.

Pada menit – menit awal efisiensi cenderung tinggi kemudian menurun seiring bertambahnya waktu, hal ini disebabkan pada awal proses pembacaan hidrogen oleh

sensor di dalam hidrogen storage sudah tinggi (± 100 ppm), sedangkan rata – rata kenaikan konsentrasi hidrogen per menit cenderung rendah, yaitu sebesar 32.778 ppm. Sedangkan pada variasi perbandingan minyak kelapa sawit dan air 1:2 terjadi kenaikan pada menit ke-6, hal ini disebabkan karena reaksi pencampuran sudah stabil. Artinya laju penguapan minyak kelapa sawit dan air sudah atau hampir stoikiometri sesuai persamaan $C_{18}H_{34}O_2 + 34H_2O \rightarrow 18CO_2 + 51H_2$.



4.4.10 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi Hidrogen tanpa Penambahan Daya Kompur pada Temperatur 200 °C



Gambar 4.10 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi Hidrogen tanpa Penambahan Daya Kompur pada Temperatur 200 °C

Grafik diatas menjelaskan hubungan waktu dan efisiensi pada temperatur 200 °C dengan berbagai macam variasi perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air. Perhitungan efisiensi dilakukan dengan cara membagi nilai kalor total H₂ yang dihasilkan dengan nilai kalor total minyak kelapa sawit yang dibutuhkan selama 20 menit.

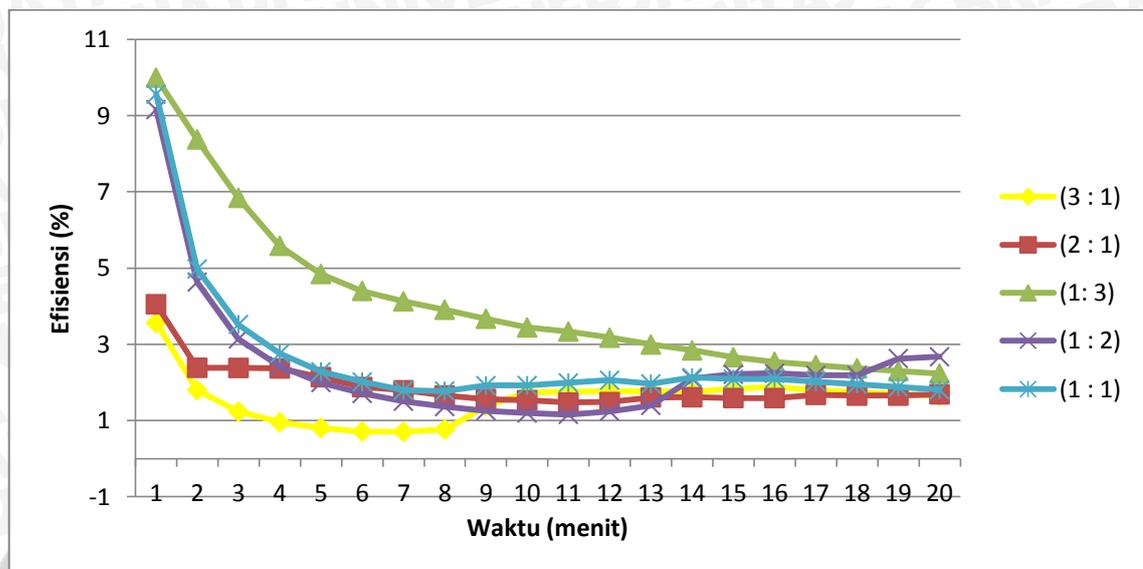
Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai rata - rata efisiensi perbandingan minyak kelapa sawit dan air dari efisiensi paling tinggi ke efisiensi paling rendah adalah variasi 1:2 (5,069%), variasi 1:3 (3,418%), variasi 1:1 (2,597%), variasi 2:1 (1,896%), dan variasi 3:1 (1,711%). Pada variasi perbandingan 1:3 dengan suhu 230 °C produksi hidrogennya paling tinggi, namun variasi ini memiliki nilai efisiensi terendah dibandingkan variasi yang lain, hal in dikarenakan pemakaian bahan baku (minyak kelapa sawit) yang terlalu banyak. Karena menurut persamaan $C_{18}H_{34}O_2 + 34H_2O \rightarrow 18CO_2 + 51H_2$, perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air yang efisien dengan persamaan diatas adalah 1:2,41. Sehingga disini pada variasi perbandingan 1:2 nilai rata – rata efisiensinya paling tinggi.

Pada menit – menit awal efisiensi cenderung tinggi kemudian menurun seiring bertambahnya waktu, hal ini disebabkan pada awal proses pembacaan hidrogen oleh

sensor di dalam hidrogen storage sudah tinggi (± 100 ppm), sedangkan rata – rata kenaikan konsentrasi hidrogen per menit cenderung rendah, yaitu sebesar 28.670 ppm.



4.4.11 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi Hidrogen tanpa Penambahan Daya Kompur pada Temperatur 170 °C



Gambar 4.11 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi Hidrogen tanpa Penambahan Daya Kompur pada Temperatur 170 °C

Grafik diatas menjelaskan hubungan waktu dan efisiensi pada temperatur 170 °C dengan berbagai macam variasi perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air. Perhitungan efisiensi dilakukan dengan cara membagi nilai kalor total H₂ yang dihasilkan dengan nilai kalor total minyak kelapa sawit yang dibutuhkan selama 20 menit.

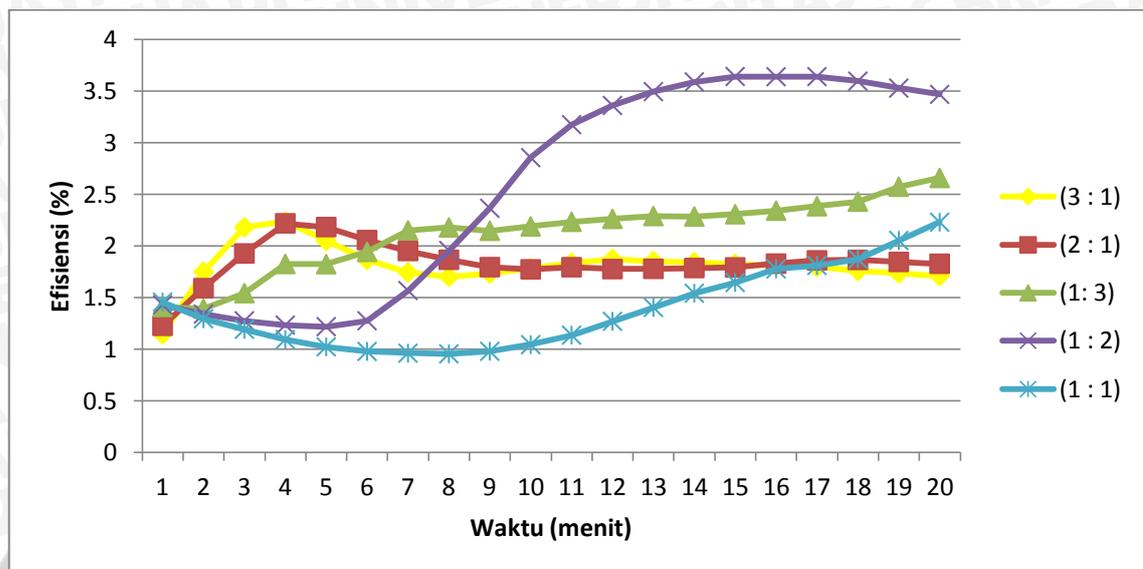
Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai rata - rata efisiensi perbandingan minyak kelapa sawit dan air dari efisiensi paling tinggi ke efisiensi paling rendah adalah variasi 1:3 (4,104%), variasi 1:1 (2,624%), variasi 1:2 (2,420%), variasi 2:1 (1,887%), dan variasi 3:1 (1,564%). Pada variasi perbandingan 1:3 dengan suhu 230 °C produksi hidrogennya paling tinggi, namun variasi ini memiliki nilai efisiensi terendah dibandingkan variasi yang lain, hal in dikarenakan pemakaian bahan baku (minyak kelapa sawit) yang terlalu banyak. Karena menurut persamaan $C_{18}H_{34}O_2 + 34H_2O \rightarrow 18CO_2 + 51H_2$, perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air yang efisien dengan persamaan diatas adalah 1:2,41. Sehingga disini pada variasi perbandingan 1:2 nilai rata – rata efisiensinya paling tinggi.

Pada menit – menit awal efisiensi cenderung tinggi kemudian menurun seiring bertambahnya waktu, hal ini disebabkan pada awal proses pembacaan hidrogen oleh

sensor di dalam hidrogen storage sudah tinggi (± 100 ppm), sedangkan rata – rata kenaikan konsentrasi hidrogen per menit cenderung rendah, yaitu sebesar. 22.302 ppm.



4.4.12 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi Hidrogen dengan Penambahan Daya Kompur pada Temperatur 230 °C

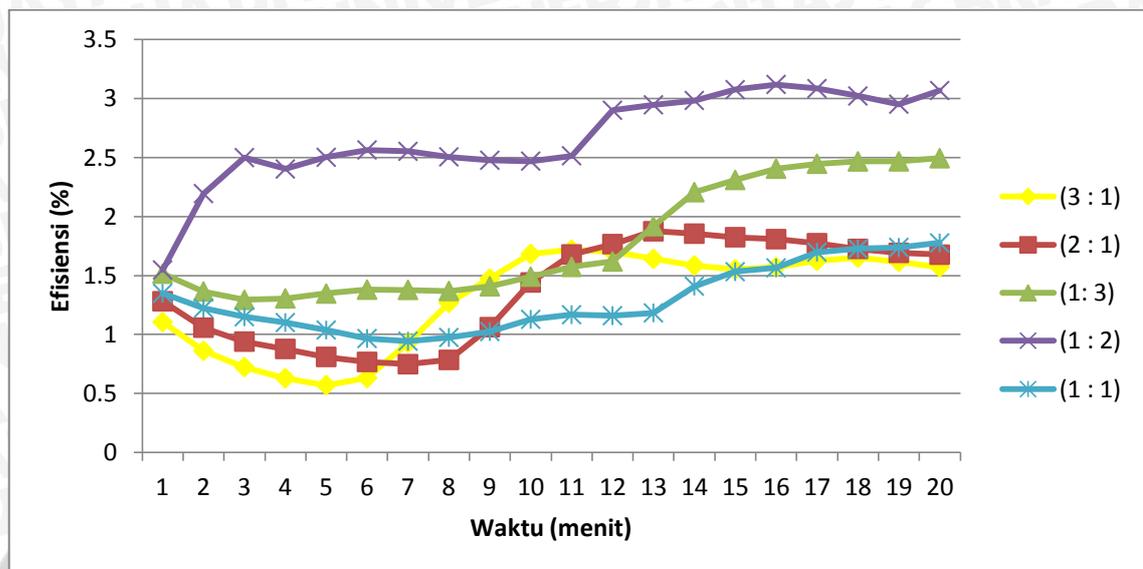


Gambar 4.12 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi Hidrogen dengan Penambahan Daya Kompur pada Temperatur 230 °C

Grafik diatas menjelaskan hubungan waktu dan efisiensi pada temperatur 230 °C dengan berbagai macam variasi perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air. Perhitungan efisiensi dilakukan dengan cara membagi nilai kalor total H₂ yang dihasilkan dengan nilai kalor total minyak kelapa sawit yang sudah ditambah dengan daya kompor yang dibutuhkan selama 20 menit.

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai rata - rata efisiensi perbandingan minyak kelapa sawit dan air dari efisiensi paling tinggi ke efisiensi paling rendah adalah variasi 1:2 (2,583%), variasi 1:3 (2,119%), variasi 2:1 (1,837%), variasi 3:1 (1,812%), dan variasi 1:1 (1,387%). Pada nilai efisiensi dengan penambahan daya kompor terjadi penurunan jika dibandingkan dengan tanpa penambahan daya kompor (Gambar 4.9), hal ini dikarenakan dengan hidrogen yang dihasilkan sama dengan pada gambar 4.9, akan tetapi pada grafik ini terjadi penambahan daya yang digunakan oleh kompor selama 20 menit yaitu sebesar 5607,866 joule sehingga nilai efisiensinya lebih rendah dari nilai efisiensi pada gambar 4.9. 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 4.9.

4.4.13 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi Hidrogen dengan Penambahan Daya Kompur pada Temperatur 200 °C

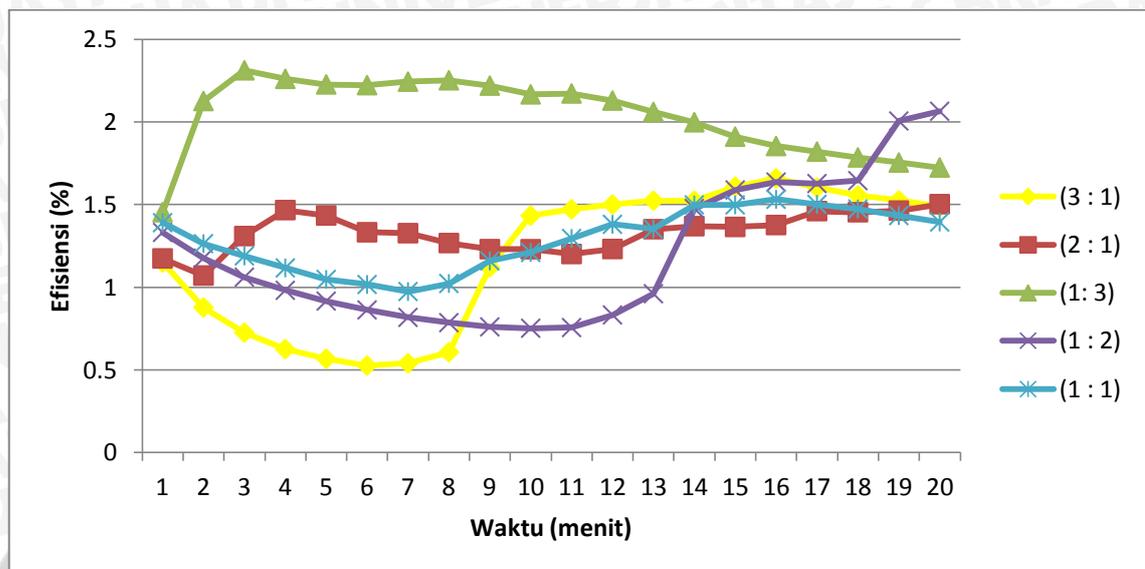


Gambar 4.13 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi Hidrogen dengan Penambahan Daya Kompur pada Temperatur 200 °C

Grafik diatas menjelaskan hubungan waktu dan efisiensi pada temperatur 200 °C dengan berbagai macam variasi perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air. Perhitungan efisiensi dilakukan dengan cara membagi nilai kalor total H₂ yang dihasilkan dengan nilai kalor total minyak kelapa sawit yang sudah ditambah dengan daya kompor yang dibutuhkan selama 20 menit.

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai rata - rata efisiensi perbandingan minyak kelapa sawit dan air dari efisiensi paling tinggi ke efisiensi paling rendah adalah variasi 1:2 (2,669%), variasi 1:3 (1,788%), variasi 2:1 (1,372%), variasi 3:1 (1,306%), dan variasi 1:1 (1,293%). Pada nilai efisiensi dengan penambahan daya kompor terjadi penurunan jika dibandingkan dengan tanpa penambahan daya kompor (Gambar 4.10), 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 5607,866 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.

4.4.14 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi Hidrogen dengan Penambahan Daya Kompur pada Temperatur 170 °C



Gambar 4.14 Analisa Grafik Efisiensi Hasil Produksi Hidrogen dengan Penambahan Daya Kompur pada Temperatur 170 °C

Grafik diatas menjelaskan hubungan waktu dan efisiensi pada temperatur 230 °C dengan berbagai macam variasi perbandingan massa minyak kelapa sawit dan air. Perhitungan efisiensi dilakukan dengan cara membagi nilai kalor total H₂ yang dihasilkan dengan nilai kalor total minyak kelapa sawit yang sudah ditambah dengan daya kompor yang dibutuhkan selama 20 menit.

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai rata - rata efisiensi perbandingan minyak kelapa sawit dan air dari efisiensi paling tinggi ke efisiensi paling rendah adalah variasi 1:3 (2,036%), variasi 2:1 (1,331%), variasi 1:1 (1,288%), variasi 1:2 (1,202%), dan variasi 3:1 (1,182%). Pada nilai efisiensi dengan penambahan daya kompor terjadi penurunan jika dibandingkan dengan tanpa penambahan daya kompor (Gambar 4.11), 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 5607,866 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.