

**STUDI UNJUK KERJA GENERATOR GAS *HYDROXY* DENGAN
PENERAPAN ARUS PULSA *TRAIN* SEBAGAI SUMBER ENERGI**

Publikasi Jurnal Skripsi



Disusun Oleh :

MAULANI CANDRA

NIM : 0910630076 - 63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2013**

**PENGESAHAN
PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

NAMA : MAULANI CANDRA

NIM : 0910630076 - 63

PROGRAM STUDI : TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

**JUDUL SKRIPSI : STUDI UNJUK KERJA GENERATOR GAS *HYDROXY* DENGAN
PENERAPAN ARUS PULSA *TRAIN* SEBAGAI SUMBER ENERGI**

TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH:

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Ir. Wijono, M.T., Ph.D
NIP. 19621111 198903 1 003

Drs. Ir. Moch Dhofir, M.T
NIP. 19600701 1999002 1 001

Studi Unjuk Kerja Generator Gas *Hydroxy* dengan Penerapan Arus Pulsa *Train* sebagai Sumber Energi

Maulani Candra¹, Ir. Wijono, MT. Ph.D², Drs. Ir. Moch. Dhofir, MT.³

¹Mahasiswa Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Abstrak— Salah satu sumber energi terbarukan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan mengurangi polutan pada kendaraan bermotor adalah *hydroxy*. Gas *hydroxy* dapat diperoleh dari proses elektrolisis air. Stanley A. Meyer telah menemukan generator gas *hydroxy* dengan menerapkan arus pulsa *train* pada proses elektrolisis. Hasil penelitian yang diinginkan adalah melakukan studi unjuk kerja generator gas *hydroxy* dengan penerapan arus pulsa *train* dan menganalisis keluaran generator gas *hydroxy* yaitu hidrogen dan oksigen. Hasil penelitian adalah volume gas hidrogen dan oksigen meningkat sebanding dengan peningkatan arus. Volume gas hidrogen dan gas oksigen keluaran dari generator gas *hydroxy* meningkat dengan penerapan arus pulsa *train*. Semakin meningkat frekuensi *envelope* pulsa *train* maka volume gas hidrogen dan gas oksigen juga semakin meningkat. Semakin besar frekuensi *envelope* maka semakin besar pula efisiensi daya dari sistem.

Kata Kunci— efisiensi daya, elektrolisis, generator gas *hydroxy*, pulsa *train*.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia semakin meningkat setiap tahun. Ketergantungan terhadap energi ini, sebagian besar berasal dari sumber energi yang berasal dari fosil. Konsumsi energi yang tinggi menyebabkan pengurasan sumber energi fosil dibandingkan dengan menemukan sumber cadangan baru. Permasalahan lain yang timbul akibat penggunaan bahan bakar fosil yang semakin meningkat adalah meningkatnya kadar polutan di udara dan gas-gas rumah kaca yang dapat menyebabkan meningkatnya suhu bumi dan membahayakan bagi tubuh manusia [1].

Salah satu sumber energi terbarukan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan mengurangi polutan pada kendaraan bermotor adalah *hydroxy*. *Hydroxy* dapat digunakan dengan mencampurkannya dengan bahan bakar pada ruang pembakaran. Gas *hydroxy* adalah gas campuran gas hidrogen (H₂) dan gas oksigen (O₂) dengan perbandingan stokiometri 2:1. Gas *hydroxy* dapat diperoleh dari proses elektrolisis air. Penyebab hematnya bahan bakar minyak tersebut adalah unsur hidrogen pada gas *hydroxy* yang dapat meningkatkan kalor dalam pembakaran ruang bakar. Selain itu, nilai oktan bahan bakar minyak ditingkatkan oleh unsur

oksigen pada gas *hydroxy* [2]. Oleh karena itu, panas yang dibutuhkan untuk menjalankan mesin berbahan bakar minyak dan gas *hydroxy* dapat dicapai dengan jumlah bahan bakar yang lebih sedikit. Penambahan gas *hydroxy* pada kendaraan bermotor juga dapat menurunkan emisi gas buang kendaraan. Penurunan emisi gas buang disebabkan oleh pembakaran yang hampir sempurna dengan penambahan unsur oksigen dari gas *hydroxy*.

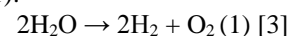
Stanley A. Meyer telah menemukan generator gas *hydroxy* dengan menerapkan arus pulsa *train*. Generator gas ini diberi nama *Water Fuel Cell (WFC)* dan pembuatannya dijelaskan dalam buku *The Birth of New Technology : Water Fuel Cell*. Pulsa *train* digunakan untuk menekan molekul H₂O sampai terpecah menjadi H₂ dan O₂.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk studi unjuk kerja dan membuat generator gas *hydroxy* dengan penerapan arus pulsa *train*. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis keluaran generator gas *hydroxy* yaitu hidrogen dan oksigen. Perhitungan energi juga dilakukan untuk mengetahui energi yang dihasilkan dari pembakaran hidrogen dan oksigen. Pada penelitian ini, percobaan dilakukan dengan mempertahankan nilai dari jarak sela sedangkan variable yang diubah-ubah adalah arus dan frekuensi. Tekanan dan suhu udara diasumsikan konstan yaitu 1atm dan 25°C.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Elektrolisis Air

Elektrolisis air menghasilkan gas H₂ dan O₂ murni dengan pemanfaatan energi listrik pada sistem. Proses ini lebih ditujukan untuk produksi H₂. Persamaan reaksi kimia untuk proses elektrolisis air dapat dilihat pada Persamaan (1):



Energi dekomposisi elektrokimia pada air relatif tinggi karena molekul air memiliki struktur yang stabil pada suhu kamar. Kira-kira, tegangan minimal 1.23V diperlukan untuk diterapkan pada sebuah molekul air pada kondisi laboratorium untuk melepaskan ikatan antara hidrogen dan atom oksigen. Namun, tingkat tegangan jauh lebih tinggi digunakan dalam sel

elektrolisis industri. Kelebihan tegangan disebut sebagai "*overpotential*" dari reaksi proses [4].

Pembakaran gas hidrogen dengan oksigen tersebut dapat menghasilkan 241,83kJ/molH₂ [2].

$$\text{Mol } O_2 = \frac{\text{Volume gas oksigen yang dihasilkan (L)}}{22,4} \quad (1)$$

$$\text{Mol } H_2 = 2 \times \text{Mol } O_2 \quad (2)$$

$$P_{\text{out}} = \text{Mol } H_2 \times 241,83 \text{ kJ} \quad (3)$$

Perhitungan daya listrik yang digunakan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$P_{\text{in}} = \frac{V_{\text{rms}} \times I_{\text{rms}} \times t}{1000} \text{ kJ} \quad (4)$$

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \quad (5)$$

Berdasarkan Hukum Faraday untuk elektrolisis, massa dari bahan yang berubah pada permukaan dari tiap elektroda tergantung pada jumlah elektron yang melalui sel. Volume dari produksi gas elektrolitik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$V = \frac{RITt}{FPz} \quad (6)$$

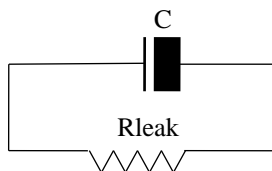
dimana V adalah volume gas yang dihasilkan dalam liter, R adalah konstanta gas ideal (=0.0820577 L atm mol⁻¹ K⁻¹), I adalah arus dalam Ampere, T adalah temperatur dalam Kelvin, t adalah waktu dalam sekon, F adalah konstanta Faraday (=96485.31 C mol⁻¹), p adalah tekanan standar dalam atmosfer, z adalah jumlah elektron yang terlepas (=2 untuk H₂).

B. Gelombang Pulsa Train

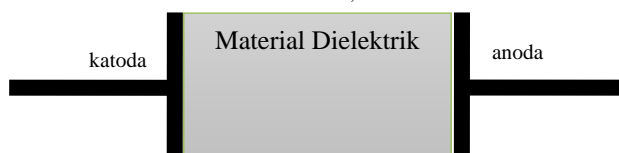
Pulsa train dapat didapatkan dengan cara memodulasikan dua gelombang pulsa *rectangular*. Gelombang pulsa *rectangular* yang memiliki periode yang lebih besar berfungsi sebagai *envelope* sedangkan gelombang pulsa *rectangular* yang memiliki periode yang lebih kecil adalah gelombang yang dimodulasikan [5]. Komponen utama untuk menghasilkan gelombang pulsa *train* adalah Arduino Uno R3, Rangkaian *Driver*, LCD, dan MOSFET Daya

C. Rangkaian Ekuivalen dan Impedansi Sel

Sel elektrolisis air memiliki struktur yang mirip dengan kapasitor elektrik secara skematik ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6 [6].



Gambar 1. Rangkaian Skematik dari Sel Elektrolisis
Sumber: Mazloomi, 2012



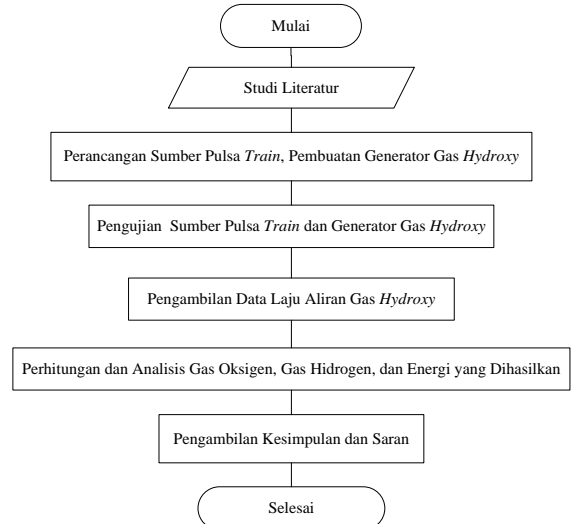
Gambar 2. Struktur dari kapasitor secara elektrik
Sumber: Mazloomi, 2012

Resistansi dan kapasitansi dari sel elektrolisis air merupakan fungsi waktu yang dipengaruhi oleh

berbagai faktor seperti: tingkat kepadatan arus, elektroda dan bahan pemisah, ukuran, bentuk dan jaraknya, tekanannya, molaritas elektrolit, dan kontaminasi[6].

III. METODOLOGI

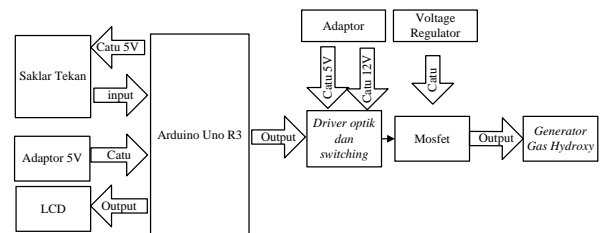
Percobaan ini dilakukan secara *batch* yaitu perlakuan terhadap sampel tanpa adanya penambahan atau pergantian sampel secara terus menerus. Penelitian diasumsikan dilakukan pada suhu dan tekanan standar yaitu 25° C dan tekanan 1 atm. Metodologi penelitian yang digunakan secara umum seperti pada Gambar 3:



Gambar 3. Diagram Alir Metodologi Penelitian

IV. PERANCANGAN

Diagram alir dari sistem generator gas *hydroxy* dengan menerapkan arus pulsa *train* dapat dilihat pada Gambar 4.



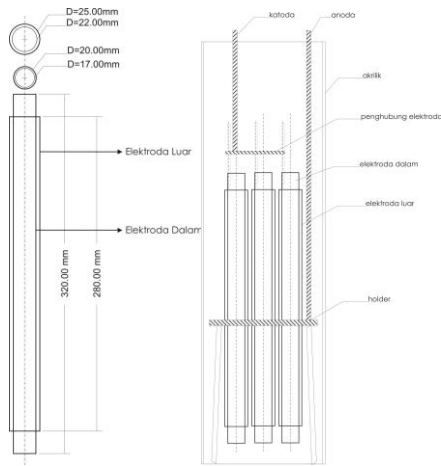
Gambar 4. Diagram Alir Sistem Generator Gas *Hydroxy* dengan penerapan arus pulsa *train*

A. Perancangan Generator Gas *Hydroxy*

Generator gas *hydroxy* merupakan komponen utama tempat terjadinya proses elektrolisis untuk menghasilkan gas *hydroxy*. Generator terbuat dari akrilik bening agar dapat melihat langsung proses elektrolisis yang terjadi dalam generator gas *hydroxy*. Jenis elektroda yang digunakan adalah *stainless steel* 304L.

Tabel 1. Ukuran Elektroda

Elektroda	D Dalam (mm)	D Luar (mm)	Tebal (mm)
Anoda	22	25	5
Katoda	20	17	3

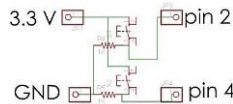


Gambar 5. Konstruksi Elektroda

B. Perancangan Perangkat Keras

1) Saklar Tekan

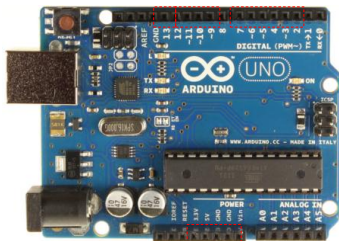
Fungsi dari saklar tekan adalah untuk memberikan input digital ke mikrokontroler.



Gambar 4. 1. Skematik rangkaian *push button*.

2) Arduino Uno R3

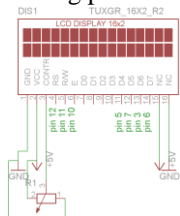
Modul Arduino R3 ini digunakan untuk menghasilkan pulsa train yang akan digunakan dalam elektrolisis dan menampilkan frekuensi dan *duty cycle* dari pulsa train pada LCD 16x2.



Gambar 6. Pin-pin yang digunakan pada Arduino Uno R3

3) Liquid Crystal Device (LCD)

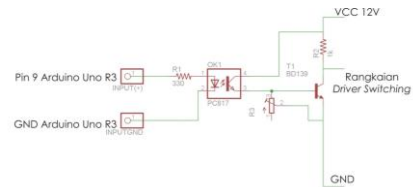
LCD digunakan untuk menampilkan frekuensi dan *duty cycle* dari gelombang pulsa *train*.



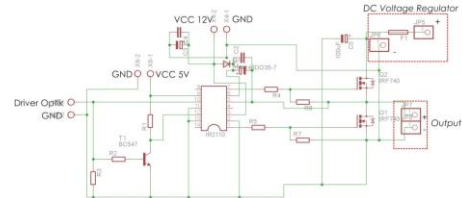
Gambar 7. Skematik dari LCD

4) Rangkaian Driver Optik

Rangkaian *driver* optik menggunakan optocoupler PC817 yang berfungsi untuk memisahkan tegangan 5 V dari Arduino Uno R3 dengan tegangan 12 V untuk *driver switching*.



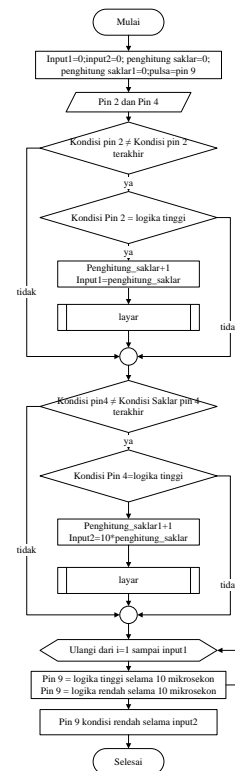
Gambar 8. Rangkaian Skematik *Driver Optik*
5) Rangkaian *Driver Switching* dan *MOSFET Driver switching* yang digunakan IR2110 dan MOSFET yang digunakan adalah IRF3025.



Gambar 9. Skematik Rangkaian *Driver Switching* dan MOSFET
Sumber : <http://www.edaboard.com/thread219997.html>

C. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perancangan lunak program utama mengikuti



Gambar 10. Flowchart Program utama
Program LCD untuk menampilkan frekuensi dan *duty cycle* berdasarkan Persamaan:

$$f_{50} \text{ kHz} = \frac{1000}{20 \times \text{input1} + 20 \times \text{input2}} \text{ kHz} \quad (6)$$

$$f_5 \text{ kHz} = \frac{5}{\text{input1} + \text{input2}} \text{ kHz} \quad (7)$$

$$f_{1 \text{ kHz}} = \frac{100}{2 \times \text{input1} + 2 \times \text{input2}} \text{ Hz} \quad (8)$$

$$D_{50} \text{ kHz} = \frac{2 \times \text{input1} + 2 \times \text{input2}}{100 \times \text{input1}} \% \quad (9)$$

$$D_5 \text{ kHz} = \frac{50 \times \text{input1}}{\text{input1} + \text{input2}} \% \quad (10)$$

$$D_1 \text{ kHz} = \frac{100 \times \text{input1}}{2 \times \text{input1} + 2 \times \text{input2}} \% \quad (11)$$

V. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian yang dilakukan adalah: pengujian rangkaian pemucuan, pengujian rangkaian *driver*, pengujian MOSFET Daya, Generator Gas *Hydroxy*.

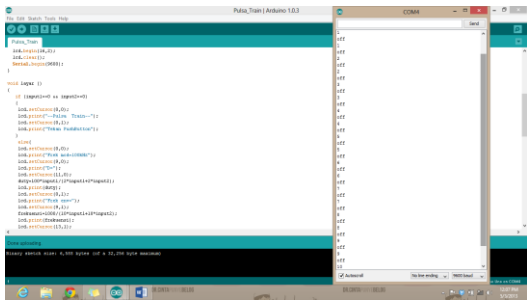
A. Pengujian Rangkaian Pemucuan

Tujuan pengujian rangkaian pemucuan adalah untuk mengetahui apakah rangkaian mampu bekerja sebagai sinyal pemucuan sebelum masuk ke rangkaian *switching*.

Keluaran Serial Monitor dan LCD dapat dilihat pada Tabel 2 dan keluaran serial monitor dan LCD ditunjukkan pada Gambar 11 dan Gambar 12..

Tabel 2 Keluaran Serial Monitor dan LCD

No	f termodulasi (kHz)	Serial Monitor		Teori (envelope)		Praktik (envelope)		E (%)
		f	D	f (kHz)	D (%)	f (kHz)	D (%)	
1.	0	0	0	0	0	Tekan <i>Button</i>		-
2.	50	1	1	25	25	25	25	0
3.	50	2	2	12,5	25	12,5	25	0
4.	50	3	3	8,33	25	8,33	25	0
5.	50	4	4	6,25	25	6,25	25	0
6.	5	1	1	2,5	25	2,5	25	0
7.	5	2	2	1,25	25	1,25	25	0
8.	5	3	3	0,83	25	0,83	25	0
9.	1	1	1	0,5	25	0,5	25	0
10	1	2	2	0,25	25	0,25	25	0
11	1	3	3	0,167	25	0,167	25	0



Gambar 11 Keluaran Serial Monitor Arduino Uno



Gambar 12. Keluaran Frekuensi dan *duty cycle* pada LCD

Berdasarkan hasil pengujian, nilai dari variabel *input1* dan *input* yang ditampilkan pada serial monitor Arduino Uno R3 mengalami kenaikan ketika saklar ditekan. Hasil dari proses tersebut akan menjadi nilai frekuensi dan *duty cycle* dari *envelope* dari gelombang pulsa *train* yang ditampilkan pada LCD. Frekuensi dan *duty cycle* yang ditampilkan pada LCD sesuai dengan Persamaan (1), (2), (3), (4), (5), dan (6).

Keluaran Arduino Uno dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Keluaran Arduino Uno

No	f termodulasi i (kHz)	Teori		Praktik		E (%)	
		f (kHz)	D	f (kHz)	D	f (kHz)	D
1.	0	0	100	0	100	0	0
2.	50	25	75	19,23	80,96	23,08	23,85
3.	50	12,5	75	11,36	77,28	9,12	9,12
4.	50	8,33	75	7,576	77,5	9,052	9,99
5.	50	6,25	75	5,952	76,43	4,768	5,72
6.	5	2,5	75	2,272	77,27	9,091	2,27

7.	5	1,25	75	1,190	76,19	4,762	1,19
8.	5	0,83	75	0,806	75,81	2,837	0,81
9.	1	0,5	75	0,5	75	0	0
10	1	0,25	75	0,25	75	0	0
11	1	0,167	75	0,167	75	0	0

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3, nilai frekuensi dan *duty cycle* pada pin 9 Arduino Uno R3 memiliki perbedaan dari frekuensi dan *duty cycle* pada perancangan. Hal ini disebabkan karena untuk menghasilkan gelombang pulsa *train* digunakan pemrograman perulangan bersarang sehingga Arduino Uno membutuhkan waktu untuk melakukan proses selanjutnya. Kesalahan dari sistem yang dapat ditoleransi yaitu sebesar $\pm 10\%$. Oleh karena itu, alat ini disarankan untuk digunakan pada frekuensi *envelope* $\leq 12,5$ kHz jika menggunakan frekuensi termodulasi 50 kHz. Sedangkan untuk frekuensi termodulasi 5 kHz dan 1 kHz, semua frekuensi *envelope* dapat digunakan.

B. Pengujian Rangkaian Driver

Tujuan pengujian rangkaian *driver* adalah untuk mengetahui apakah hasil sinyal referensi dari Arduino Uno dapat memicu *gate* dari MOSFET. Pengujian dilakukan pada dua bagian yaitu *driver* optik dan *driver switching*.

Keluaran dari *driver* optik dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Keluaran Driver Optik

No	f termodulasi i (kHz)	Invert Arduino Uno		Driver Optik		E (%)	
		f (kHz)	D	f (kHz)	D	f (kHz)	D
1.	0	19,23	0	19,23	0	0	0
2.	50	11,36	19,038	11,36	19,038	0	0
3.	50	7,576	22,72	7,576	22,72	0	0
4.	50	5,952	22,507	5,952	22,507	0	0
5.	50	2,272	23,57	2,272	23,57	0	0
6.	5	1,190	22,727	1,190	22,727	0	0
7.	5	0,806	23,809	0,806	23,809	0	0
8.	5	0,5	24,194	0,5	24,194	0	0
9.	1	0,25	25	0,25	25	0	0
10	1	0,167	25	0,167	25	0	0
11	1	19,23	25	19,23	25	0	0

Berdasarkan hasil pengujian, keluaran pada rangkaian *driver* optik telah sesuai dengan perancangan. Besar kesalahan pada rangkaian ini adalah sebesar 0% berdasarkan Tabel 4.

Keluaran dari *driver switching* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Keluaran Driver Switching

No	f termodulasi i (kHz)	Driver Optik		Driver Switching		E (%)	
		f (kHz)	D	f (kHz)	D	f (kHz)	D
1.	0	19,23	0	19,23	0	0	0
2.	50	11,36	19,038	11,36	19,038	0	0
3.	50	7,576	22,72	7,576	22,72	0	0
4.	50	5,952	22,507	5,952	22,507	0	0
5.	50	2,272	23,57	2,272	23,57	0	0
6.	5	1,190	22,727	1,190	22,727	0	0
7.	5	0,806	23,809	0,806	23,809	0	0
8.	5	0,5	24,194	0,5	24,194	0	0
9.	1	0,25	25	0,25	25	0	0
10	1	0,167	25	0,167	25	0	0
11	1	19,23	25	19,23	25	0	0

Berdasarkan hasil pengujian, keluaran pada rangkaian *driver switching* telah sesuai dengan perancangan. Besar kesalahan pada rangkaian ini adalah sebesar 0% berdasarkan Tabel 5. Berdasarkan analisis diatas, maka rangkaian *driver* dapat digunakan pada penelitian ini.

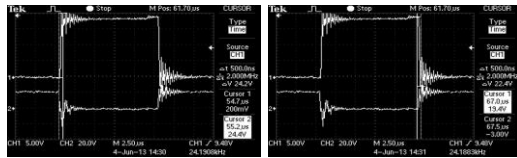
C. Pengujian MOSFET Daya

Tujuan pengujian MOSFET daya adalah untuk mengetahui apakah hasil sinyal referensi dari *driver switching* dapat memicu *gate* dari MOSFET IRF3025.

Keluaran dari MOSFET Daya dapat dilihat pada Tabel 6.

No	f modulasi i (kHz)	Driver Switching		MOSFET Daya		E (%)	
		f (kHz)	D	f (kHz)	D	f (kHz)	D
1.	0	19,23	0	19,23	0	0	0
2.	50	11,36	19,038	11,36	19,038	0	0
3.	50	7,576	22,72	7,576	22,72	0	0
4.	50	5,952	22,507	5,952	22,507	0	0
5.	50	2,272	23,57	2,272	23,57	0	0
6.	5	1,190	22,727	1,190	22,727	0	0
7.	5	0,806	23,809	0,806	23,809	0	0
8.	5	0,5	24,194	0,5	24,194	0	0
9.	1	0,25	25	0,25	25	0	0
10	1	0,167	25	0,167	25	0	0
11	1	19,23	25	19,23	25	0	0

Contoh bentuk tegangan keluarana MOSFET Daya dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.** dan Gambar 13.

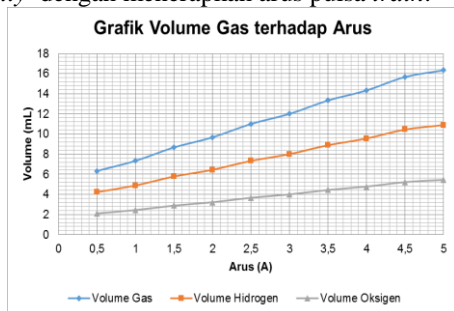


Gambar 13 Pengujian *Time Rise* dan *Time Fall* pada MOSFET Daya

Berdasarkan hasil pengujian, keluaran pada MOSFET telah sesuai dengan perancangan. Nilai *time rise* dan *time fall* dari MOSFET dapat dilihat pada Gambar 13 sebesar 500ns. Besar kesalahan pada rangkaian ini adalah sebesar 0% berdasarkan Tabel 6. Berdasarkan analisis diatas, maka MOSFET ini dapat digunakan pada penelitian ini.

D. Pengujian Generator Gas Hydroxy

Tujuan dari pengujian ini adalah menganalisis perubahan produksi hirogen dan oksigen terhadap perubahan arus, menganalisis perubahan produksi hidrogen dan oksigen terhadap perubahan frekuensi, menganalisis energy yang dihasilkan dari generator gas *hydroxy* dengan menerapkan arus pulsa *train*.



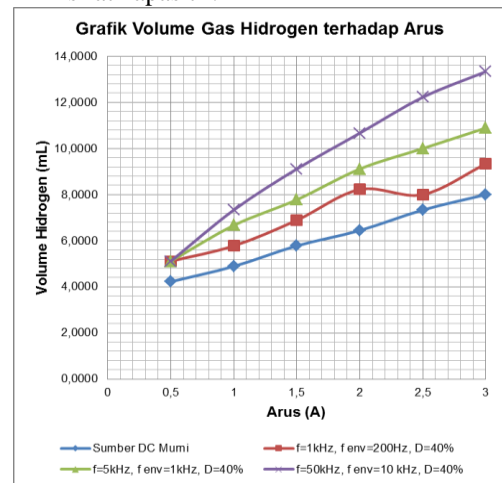
Gambar 14 Grafik Volume Gas terhadap Arus dengan Penerapan Sumber DC Murni

Penelitian ini membutuhkan tegangan paling rendah sebesar 5,77V untuk mengalirkan arus 0,5A. Reaksi dapat berlangsung ketika potensial reaksi dengan nilai yang lebih besar dibandingkan potensial secara teoritis atau *overpotensial*. *Overpotensial* menyebabkan tegangan kerja jauh lebih besar dibandingkan tegangan kesetimbangan.

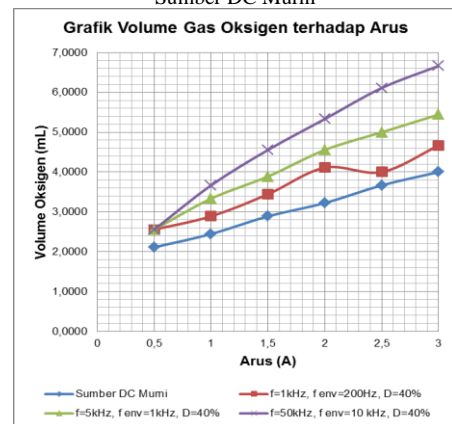
Berdasarkan Gambar 14, volume gas hidrogen dan oksigen meningkat sebanding dengan peningkatan arus. Hasil pengujian telah sesuai dengan Hukum Faraday untuk elektrolisis dan Persamaan (6). Volume gas hidrogen dan oksigen hanya tergantung pada nilai arus.

Gambar 19 dan Gambar 20 menunjukkan hasil pengujian generator gas *hydroxy* dengan penerapan arus pulsa *train*.

Penelitian ini membutuhkan tegangan paling rendah sebesar 3,84V untuk mengalirkan arus 0,5A. Nilai tegangan yang dibutuhkan oleh arus pulsa *train* lebih kecil dibandingkan dengan penerapan sumber DC murni. Meskipun begitu *overpotensial* masih terjadi. *Overpotensial* aktivasi yaitu *overpotensial* yang dibutuhkan untuk mencapai energi aktivasi dari proses reaksi sehingga reaksi tersebut dapat berjalan menjadi lebih kecil karena adanya perubahan nilai tegangan terhadap waktu (dV/dt) sehingga elektroda akan memiliki sifat kapasitif.



Gambar 15. Grafik Volume Gas Hidrogen terhadap Arus dengan Sumber DC Murni



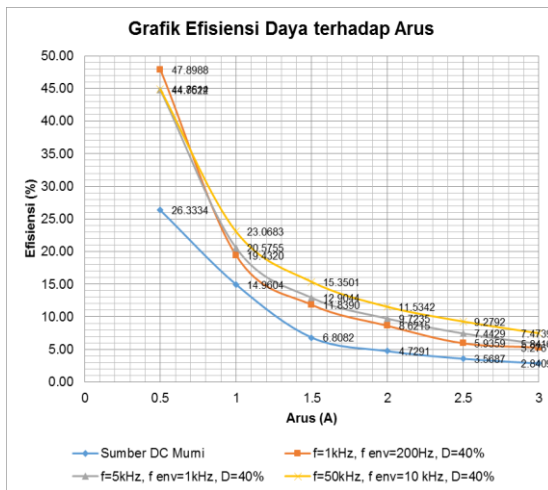
Gambar 16. Grafik Volume Gas Oksigen terhadap Arus dengan Sumber DC Murni

Berdasarkan Gambar 15 dan Gambar 16, volume gas hidrogen dan oksigen meningkat sebanding dengan peningkatan arus. Hasil pengujian telah sesuai dengan Hukum Faraday untuk elektrolisis dan Persamaan (6). Volume gas hidrogen dan oksigen hanya tergantung pada nilai arus.

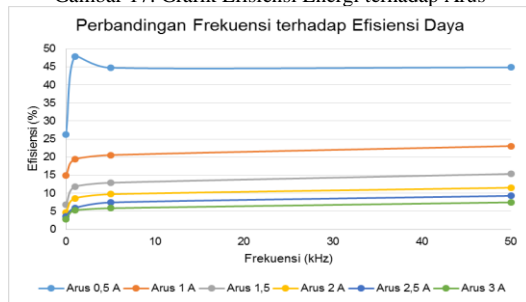
Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa volume gas hidrogen dan gas oksigen keluaran dari generator gas *hydroxy* meningkat dengan penerapan arus pulsa

train. Semakin meningkat frekuensi *envelope* pulsa *train* maka volume gas hidrogen dan gas oksigen juga semakin meningkat.

Perhitungan energi input, energi output, dan efisiensi daya terhadap perubahan arus dan frekuensi berdasarkan Persamaan (1), (2), (3), (4), dan (5). Sehingga grafik efisiensi daya dapat dilihat pada Gambar 17



Gambar 17. Grafik Efisiensi Energi terhadap Arus



Gambar 18. Grafik Efisiensi Energi terhadap Frekuensi

Tabel 7 Persentase Kenaikan Efisiensi Generator Gas *Hydroxy* terhadap Sumber DC Murni

I (A)	η Sumb er DC Murni	$\eta(f_{env}=1$ kHz)	$\eta(f_{env}=5$ kHz)	$\eta(f_{env}=50$ kHz)	Persentase kenaikan terhadap Sumber DC Murni (%)		
					$f_{env}=1$ kHz	$f_{env}=5$ kHz	$f_{env}=50$ kHz
0,5	26,33	47,89	44,75	44,86	81,89	69,94	70,36
1	14,96	19,43	20,57	23,07	29,89	37,53	54,19
1,5	6,80	11,84	12,90	15,35	73,89	89,54	125,46
2	4,72	8,62	9,72	11,53	82,30	105,61	143,89
2,5	3,56	5,94	7,44	9,28	66,33	108,56	160,01
3	2,84	5,27	5,84	7,47	85,72	105,62	163,08

Generator gas *hydroxy* yang diterapkan arus pulsa *train* membutuhkan tegangan yang lebih rendah untuk mendapatkan arus tertentu dibandingkan dengan sumber DC murni. Semakin besar frekuensi *envelope* maka semakin besar pula efisiensi energi dari sistem. Pada Tabel 7, Persentase kenaikan efisiensi relatif meningkat sebanding dengan kenaikan arus. Hal ini disebabkan penggunaan gelombang pulsa *train* dapat meningkatkan massa lokal dan perpindahan kalor sehingga konsumsi energi menjadi lebih sedikit. Karena efisiensi dari pemecahan molekul air bergantung pada pemecahan dari ikatan H-O. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi meningkat mencapai nilai tertinggi yaitu 163,08%. Peningkatan efisiensi pada proses elektrolisis air ini disebabkan arus pulsa *train*

yang diterapkan pada proses elektrolisis air menyebabkan ketidakstabilan pada ikatan H-O.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Generator gas *hydroxy* telah dibuat sesuai dengan perancangan yang dibuat berdasarkan replica dari Stanley A. Meyer. Perangkat keras pembangkit pulsa *train* yang dirancang dapat berjalan sesuai dengan perancangan.. Rangkaian pemecuan dapat menghasilkan sinyal pemecuan sebelum ke rangkaian *driver* tetapi disarankan untuk digunakan pada frekuensi *envelope* $\leq 12,5$ kHz untuk frekuensi termodulasi 50 kHz. Volume gas hidrogen dan oksigen cenderung meningkat linier sebanding dengan peningkatan arus. Hasil pengujian telah sesuai dengan Hukum Faraday untuk elektrolisis.
2. Volume gas hidrogen dan oksigen keluaran dari generator gas *hydroxy* meningkat dengan meningkatnya frekuensi arus pulsa *train*.
3. Generator gas *hydroxy* yang diterapkan arus pulsa *train* membutuhkan tegangan yang lebih rendah untuk mendapatkan arus tertentu dibandingkan dengan sumber DC murni sehingga konsumsi energi menjadi lebih sedikit. Semakin besar frekuensi termodulasi maka semakin besar pula efisiensi daya dari sistem.

B. Saran

1. Analisis besar gelembung minimal sehingga dapat lepas di permukaan, waktu, dan arus yang diperlukan untuk hal tersebut sehingga bisa ditentukan frekuensi dari pulsa *train*.
2. Analisis pengaruh perubahan volume gas hidrogen dan oksigen terhadap perubahan frekuensi *envelope* dari arus pulsa *train*.
3. Analisis nilai resistansi dan kapasitansi dari generator gas *hydroxy*.
4. Pemanfaatan gas hidrogen dan gas oksigen sebagai sumber energi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiyo, Afif. 2001. Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan. Berita Dirgantara. Vol. 2, No. 1. Maret 2001.
- [2] Ayu, Ni Made Yasmitha Andewi. 2011. Produksi Gas Hidrogen dengan Proses Elektrolisis sebagai Sumber Energi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [3] Tjatur, Rusminto W dan Nurhayati, Supa'at. 2009. Proses Elektrolisa pada Prototipe "Kompur Air" dengan Pengaturan Arus dan Temperatur. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS
- [4] Kaveh Mazloomi. (2012, Januari). Review Electrical Efficiency of Electrolytic Hydrogen Production. International Journal of Electrochemical Science. Vol 7. pp. 3315.
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse_train, Tanggal Akses 1 Maret 2013
- [6] Kaveh Mazloomi, et al. (2012, April). An Investigation into the Electrical Impedance of Water Electrolysis Cells – With a View to Saving Energy. Int J Hydrogen Energi. pp. 3466 – 3481