

# KONTROL TEGANGAN MENGGUNAKAN DC TO DC CONVERTER TIPE BOOST UNTUK ELEKTROLISIS AIR LAUT

## VOLTAGE CONTROL USING DC TO DC CONVERTER FOR ELECTROLYSIS OF SEAWATER

Nurry Eko Priyanto<sup>1</sup>, Ekki Kurniawan<sup>2</sup>, Estananto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[nurryveko@gmail.com](mailto:nurryveko@gmail.com), <sup>2</sup>[ekikurniawan2012@gmail.com](mailto:ekikurniawan2012@gmail.com), <sup>3</sup>[estananto@telkomuniversity.ac.id](mailto:estananto@telkomuniversity.ac.id)

---

### Abstrak

Indonesia terancam krisis energi ditahun 2020. Peralnya sumber daya energi tak terbarukan kita semakin menipis. Konsumsi masyarakat dengan produksi energi tak terbarukan yang ada tak sebanding, dan bahkan akan terus bertambah. Energi baru dan terbarukan boleh jadi jawaban permasalahan ini. Ada banyak jenis EBT yang dapat dikembangkan di Indonesia. Salah satunya adalah energi gas hidrogen. Gas hidrogen dapat kita hasilkan dari pengolahan air yang sudah ada, terutama pada air laut. Dalam kasus ini, elektrolisis dapat menjadi solusi dalam menghasilkan gas hidrogen dengan media air laut. Dalam tugas akhir ini akan dirancang sebuah sistem kontrol yang mengatur besar tegangan dalam proses elektrolisis. Peningkatan efisiensi daya yang digunakan sangat diperlukan guna menekan biaya produksi. Kontrol tegangan merupakan cara yang tepat untuk menjadi solusi efisiensi daya yang digunakan pada elektrolisis air laut.

Mikrokontroler digunakan untuk mengatur PWM (*Pulse Width Modulation*) yang berfungsi sebagai pengontrol keluarnya tegangan untuk digunakan pada proses elektrolisis air laut. Selain itu, mikrokontroler juga berfungsi sebagai pemroses data dari sensor arus dan tegangan yang dapat dihitung efisiensi keluaran daya yang digunakan.

Hasil proses elektrolisis yang berupa gas hidrogen yang dapat digunakan sebagai energi baru dan terbarukan.

**Kata Kunci :** Kontrol Tegangan, Elektrolisis, *DC Chopper Boost*, Air Laut, Hidrogen.

---

### Abstract

Indonesia is threatened by an energy crisis in 2020. Because our non-renewable energy resources are running low. Consumption of people with existing non-renewable energy production is not comparable, and will even continue to grow. New and renewable energy may be the answer to this problem. There are many types of EBT that can be developed in Indonesia. One of them is hydrogen gas energy. We can produce hydrogen gas from existing water treatment, especially in seawater. In this case, electrolysis can be a solution in producing hydrogen gas with sea water media. In this final project will be designed a control system that regulates the amount of voltage in the electrolysis process. Increasing the efficiency of the power used is needed to reduce production costs. Voltage control is the right way to become a power efficiency solution used in electrolysis of seawater.

The microcontroller is used to regulate PWM (*Pulse Width Modulation*) which functions as a voltage controller to be used in the electrolysis process of seawater. In addition, the microcontroller also functions as a data processor from current and voltage sensors that can be calculated by the power output efficiency used.

The results of the electrolysis process in the form of hydrogen gas can be used as new and renewable energy.

**Keywords:** Voltage Control, Electrolysis, *DC Chopper Boost*, Seawater, Hydrogen.

---

### 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki garis pantai terpanjang kedua di dunia. Data Badan Informasi Geospasial (GIS) mencatat total garis pantai Indonesia mencapai 99.093 kilometer dan memiliki jumlah pulau 13.466 pulau<sup>[1]</sup>. Dari potensi tersebut kita dapat memanfaatkan sumber daya alam laut Indonesia yang tersebar dari ujung barat hingga timur. Salah satu sumber daya alam laut Indonesia itu adalah air laut yang sangat melimpah yang seharusnya dapat dimanfaatkan dengan baik. Saat ini pemanfaatan air laut baru sebatas produk seperti garam dan ikan asin. Padahal, apabila dikelola dengan baik, air laut dapat digunakan untuk mengganti kebutuhan energi bahan bakar yang biasa kita gunakan untuk keperluan sehari-hari.

Elektrolisis merupakan salah satu cara untuk menjawab tantangan tersebut. Proses elektrolisis dapat dilakukan dengan memberikan tegangan serta arus listrik pada dua sisi elektroda (anoda dan katoda) yang dimasukkan kedalam bejana ukuran tertentu. Tegangan listrik yang masuk akan mempengaruhi konsentrasi zat yang ada pada air laut, sehingga zat air laut terpisah dan menempel pada sisi anoda dan katoda<sup>[2]</sup>. Proses ini akan mengurangi konsentrasi zat pada air laut untuk diambil masa gas hidrogennya sebagai sumber energi alternatif.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Pengertian Air

Air adalah senyawa kimia yang merupakan hasil ikatan dari unsur hidrogen (H<sub>2</sub>) yang bersenyawa dengan unsur oksigen (O) dalam hal ini membentuk senyawa H<sub>2</sub>O. Air merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi ini. Fungsi air bagi kehidupan tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Penggunaan air yang utama dan sangat vital bagi kehidupan adalah sebagai air minum. Hal ini terutama untuk mencukupi kebutuhan air di dalam tubuh manusia itu sendiri<sup>[3]</sup>.

Air dapat juga berupa air tawar (fresh water) dan dapat pula berupa air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses, perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah, dan di udara) dan jenis air mengikuti suatu siklus keseimbangan dan dikenal dengan istilah siklus hidrologi<sup>[6]</sup>.

Air laut merupakan air yang berasal dari laut, memiliki rasa asin, dan memiliki kadar garam (salinitas) yang tinggi. Rata-rata air laut di lautan dunia memiliki salinitas sebesar 35, hal ini berarti untuk setiap satu liter air laut terdapat 35 gram garam yang terlarut di dalamnya. Kandungan garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut antara lain klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%), dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium, dan florida. Keberadaan garam-garaman ini mempengaruhi sifat fisis air laut seperti densitas, kompresibilitas, dan titik beku<sup>[7]</sup>.

### 2.2. Pengertian DC Chopper (DC to DC Converter)

DC converter adalah suatu alat yang dapat mengubah nilai tegangan DC konstan ke tegangan DC lainnya dengan nilai yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan beban. Nilai hasil convert tersebut nilainya dapat ditingkatkan maupun diturunkan. DC converter ini memiliki dua tipe untuk pengolahan dayanya yaitu tipe linier dan switching<sup>[4]</sup>.

### 2.3. MOSFET

MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) adalah suatu transistor dari bahan semikonduktor (silikon dengan tingkat konsentrasi ketidakmurnian tertentu. Tingkat dan ketidakmurnian ini akan menentukan jenis transistor tersebut, yaitu transistor MOSFET tipe-N (NMOS) dan transistor MOSFET tipe-P (PMOS). Bahan silikon digunakan sebagai landasan (substrat) dari penguras (drain), sumber (source), dan gerbang (gate). Selanjutnya transistor dibuat sedemikian rupa agar antara substrat dan gerbangnya dibatasi oleh oksida silikon yang sangat tipis.

### 2.4. Hukum Faraday (Elektrolisis)

Hukum Faraday menyatakan bahwa massa zat yang dielepaskan atau dihasilkan pada suatu elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah muatan (Q) atau arus listrik (I) yang mengalir dalam waktu tertentu (t). Secara matematis dapat dituliskan seperti berikut pada persamaan (1.1), (1.2) (1.3)

$$G = Q = I \cdot t \quad (1.1)$$

Seperti kita ketahui bahwa dalam reaksi elektrolisis di katoda terjadi reaksi reduksi dengan persamaan reaksi,  $Ln^{+}(aq) + ne^{-} \rightarrow L(s)$ . Untuk menghasilkan satu mol L diperlukan sejumlah n mol elektron. Oleh karena itu, untuk menghasilkan gas maka jumlah listrik yang diperlukan adalah.

$$Q = n(e^{-}) \times F \quad (1.2)$$

$$G = Me \times (I \cdot t / 96500) \quad (1.3)$$

Keterangan :

G = massa zat dihasilkan (gram), Q = jumlah listrik yang digunakan (Coulomb)

I = kuat arus (ampere), t = waktu (sekon), n = muatan ion L (biloks)

n(e<sup>-</sup>) = mol elektron, Me = massa ekuivalen.

Untuk mengetahui jumlah volume suatu zat maka digunakan rumus

$$V = G / (Ar \cdot X) \quad (1.4)$$

Keterangan :

V = Volume zat

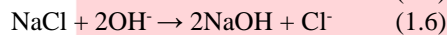
G = Massa zat

Ar X = massa atom relatif zat X

## 2.5. Elektrolisis Air Laut

Elektrolisis merupakan reaksi kimia yang memerlukan energi listrik. Pada elektrolisis air, molekul air dapat terurai menjadi hidrogen dan oksigen dengan bantuan arus listrik. Arus listrik menyebabkan ion-ion yang bermuatan positif bergerak ke katoda, dan yang bermuatan negatif ke anoda. Pada sisi katoda terjadi reaksi reduksi pembentukan OH<sup>-</sup> dan gas hidrogen (H<sub>2</sub>). Pada sisi anoda terjadi oksidasi menghasilkan H<sup>+</sup> atau gas oksigen (O<sub>2</sub>)<sup>[5]</sup>.

Produksi utama dalam elektrolisis air laut adalah gas hidrogen. Gas ini memiliki efisiensi yang sangat tinggi dalam proses elektrolisis air laut. Berdasarkan perhitungan nerst terhadap potensial standar elektroda, pembentukan gas hidrogen memiliki potensial standar yang lebih tinggi dibandingkan dengan reaksi ion yang lain pada sel elektrolisis<sup>[8]</sup>.

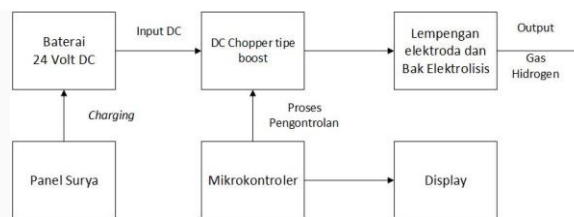


Masalah yang dihadapi ketika menggunakan elektrolisis ini adalah tingkat efisiensi yang rendah dan biaya investasi yang tinggi. Sehingga penelitian ini masih terus dikembangkan. Salah satunya adalah dengan cara mengatur tegangan untuk proses elektrolisis. Elektrolisis dianggap sebagai cara yang paling bersih untuk menghasilkan hidrogen, sehingga dampak buruk terhadap lingkungan dapat dihindari.

## 3. Perancangan Sistem

### 3.1. Desain Sistem

Sistem yang akan dirancang berupa DC Chopper switching tipe Boost yang dikontrol menggunakan mikrokontroler, yang berfungsi sebagai pengatur besar kecilnya tagangan dalam proses elektrolisis air laut. Dalam pembuatannya akan dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu desain perangkat keras, dan desain perangkat lunak.

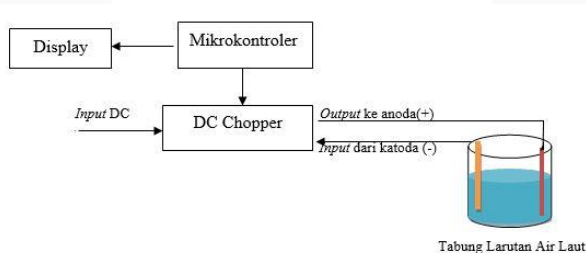


Gambar 3.1 Desain sistem

Berdasarkan diagram blok sistem diatas, Sumber energi memanfaatkan energi matahari yang disimpan pada baterai 24 Volt, lalu dialirkan tegangan menuju DC Chopper tipe boost. Boost yang dikontrol oleh mikrokontroler mengalirkan catu daya menuju elektroda yang digunakan pada proses elektrolisis air laut. Besaran arus dan tegangan yang dikeluarkan oleh DC Chopper tipe boost akan ditampilkan dalam display berupa LCD.

### 3.2. Desain Perangkat Keras

#### 3.2.1 Perancangan *plant*



Gambar 3.2 Perancangan Perangkat Keras

Input tegangan DC yang masuk kedalam DC Chopper dikonversi menjadi tegangan DC yang lebih tinggi, lalu masuk ke kutub anoda dari proses elektrolisis, dan menerima masukan dari katoda. Dalam proses ini DC Chopper diatur PWM-nya oleh mikrokontroler dan mengatur besaran tegangan yang masuk ke elektrolisis dan dibandingkan dengan berapa lama waktu yang digunakan untuk mengelektrolisis sejumlah larutan air laut.

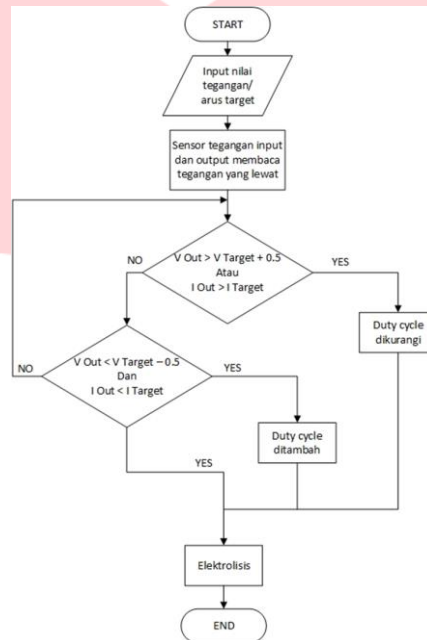
#### 3.2.2 Perancangan dan pembuatan DC Chopper

Data parameter untuk mendesain *Boost converter* diantaranya sebagai berikut.

- $V_{in} = 24 \text{ V}$
- $V_{out} = 50 \text{ V}$
- $F = 62 \text{ kHz}$

- MOSFET IRF3205.
- Induktor 100uH.
- Kapasitor 100 uF.
- Resistor beban 47 Ohm.
- Dioda Schottky.

### 3.3 Desain Perangkat Lunak



Gambar 3.3 Flowchart sistem

Tegangan dapat diatur menggunakan potensiometer sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan (24 – 50 volt DC). Sensor pada input akan membaca tegangan yang masuk dari baterai untuk dirubah menjadi lebih tinggi dengan rangkaian Boost converter. Jika tegangan keluaran sesuai dengan yang diinginkan diawal, maka proses elektrolisis berjalan dengan tegangan tersebut, namun bila tidak sesuai dengan keluaran yang diinginkan maka duty cycle akan otomatis menyesuaikan hingga tegangan tersebut sesuai dengan yang diatur pada potensiometer.

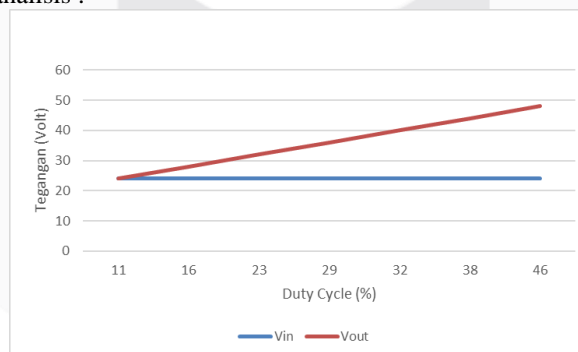
## 4. Hasil Pengujian dan Analisis

### 4.1 Pengujian DC Chopper

#### 4.1.1 Pengujian Kerja DC Chopper

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui besar tegangan yang dihasilkan dari DC Chopper. Alat yang digunakan diantaranya adalah DC Chopper, Accu 12 Volt 3,5 Ah dua buah (dirangkai seri menjadi 24 Volt), Lampu bohlamp 100 Watt.

Hasil pengujian dan analisis :



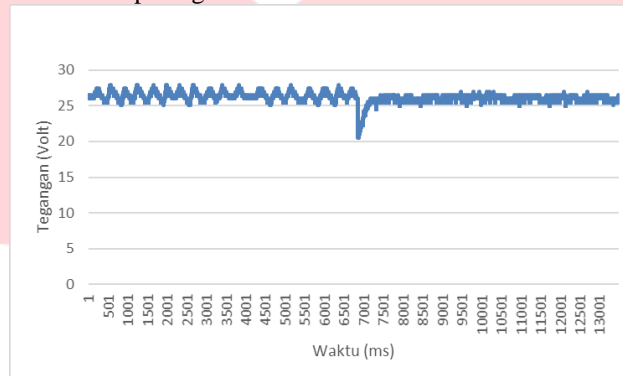
Gambar 4.1 Grafik pengujian kerja DC Chopper

Dari data pengujian diatas kita dapat mengetahui hasil uji coba DC Chopper yang linear dan sudah sesuai target diawal untuk menaikkan tegangan hingga 50 Volt DC.

#### 4.1.2 Pengujian Performansi DC Chopper

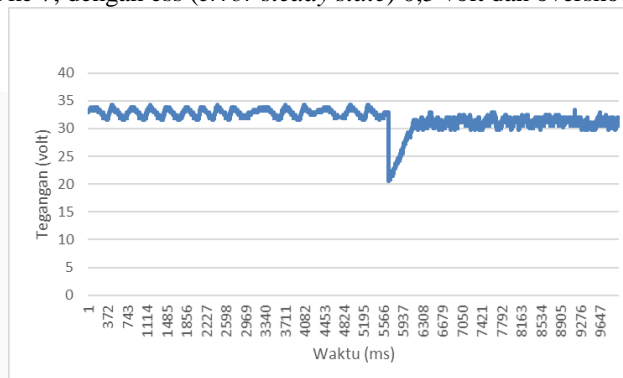
Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui performansi terbaik pada sistem kontrol tegangan DC *Chopper*. Alat uji yang digunakan adalah DC *Chopper*; *Accu* 12V 2 buah (dirangkai seri), beban air laut (berasal dari pantai cipatujah) 500mL, elektroda karbon dengan luas penampang 157 mm<sup>2</sup> dengan jarak antar elektroda 15 cm. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan *input Accu (+)* ke *input DC Chopper (+)* dan *Accu (-)* ke *input DC Chopper (-)*. Pengujian dilakukan dari tanpa beban ke menggunakan beban dengan sampel tegangan 26, 32, 38, 42, dan 50 volt. Pengambilan data menggunakan *oscilloscope* digital.

Hasil pengujian dan analisis 26 volt pada gambar 4.2



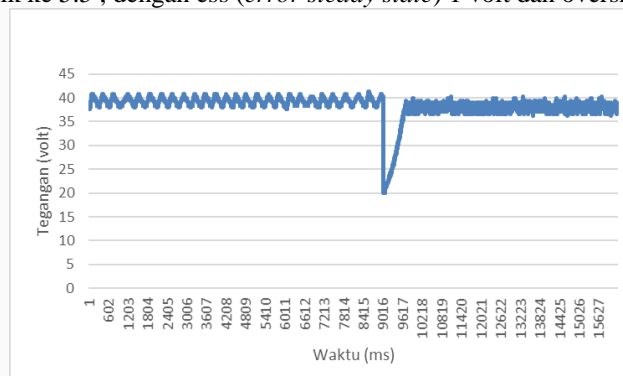
Gambar 4.2 Hasil pengujian performansi 26 volt

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa pada tegangan 26 volt didapatkan  $t_s$  (*time sampling*) pada detik ke 7.5,  $t_p$  (*time peak*) pada detik ke 7, dengan  $e_{ss}$  (*error steady state*) 0,5 volt dan overshoot sebesar 15%.



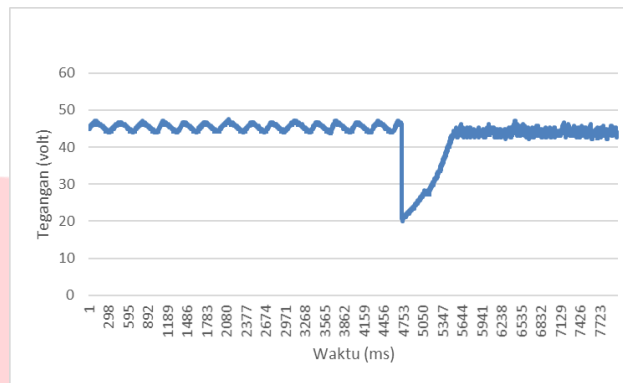
Gambar 4.3 Hasil pengujian performansi 32 volt

Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa pada tegangan 32 volt didapatkan  $t_s$  (*time sampling*) pada detik ke 6.8,  $t_p$  (*time peak*) pada detik ke 5.5, dengan  $e_{ss}$  (*error steady state*) 1 volt dan overshoot sebesar 31%.



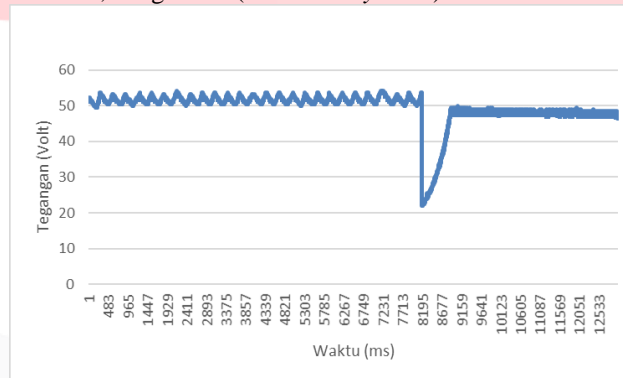
Gambar 4.4 Hasil pengujian performansi 38 volt

Pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa pada tegangan 38 volt didapatkan  $t_s$  (*time sampling*) pada detik ke 10,  $t_p$  (*time peak*) pada detik ke 9, dengan  $e_{ss}$  (*error steady state*) 1 volt dan overshoot sebesar 36%.



Gambar 4.5 Hasil pengujian performansi 43 volt

Pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa pada tegangan 43 volt didapatkan *ts (time sampling)* pada detik ke 5.5, *tp (time peak)* pada detik ke 4.7 , dengan *ess (error steady state)* 1 volt dan overshoot sebesar 44%.



Gambar 4.6 Hasil pengujian performansi 50 volt

Pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwa pada tegangan 50 volt didapatkan *ts (time sampling)* pada detik ke 9 , *tp (time peak)* pada detik ke 8 , dengan *ess (error steady state)* 2 volt dan overshoot sebesar 52%.

Dari 5 sampel pngujian performansi *DC Chopper* yang telah dilakukan dapat kita lihat tegangan dengan performansi terbaik berada pada tegangan dibawah 30 volt dengan overshoot maksimal 30% dan error 1 volt.

**4.1.2 Pengujian Elektrolisis**

Pengujian elektrolisis merupakan tahap akhir dalam rangkaian pengujian pada Tugas Akhir ini. Pengujian menggunakan DC Chopper sebagai kontrol tegangan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui data hidrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis pada air laut. Beberapa alat yang digunakan pada pengujian diantaranya DC Chopper yang telah penulis rancang, multimeter digital, wadah bervolume 1 Liter, elektroda karbon (batang isi pensil mekani dengan luas penampang 157mm<sup>2</sup>), dan air laut 500 mL (berasal dari pantai selatan jawa, daerah cipatujah). Pengujian dilakukan dengan beberapa variasi, diantaranya waktu pengujian, tegangan yang digunakan, dan jarak antar elektroda.

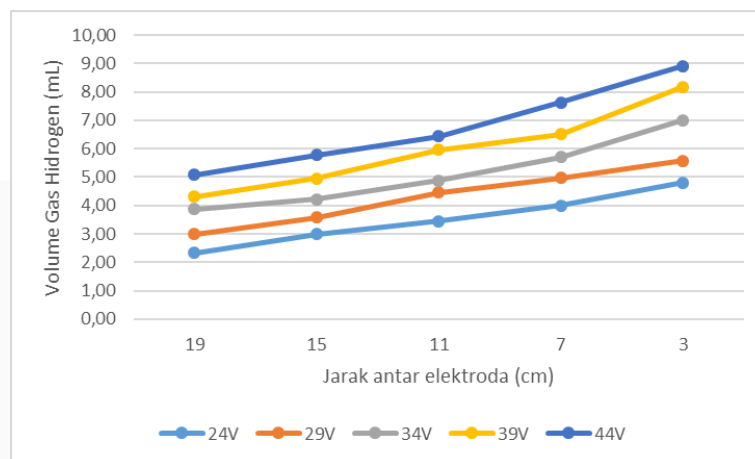
Hasil pengujian dan analisis :

Tabel 4.2 Data pengujian elektrolisis

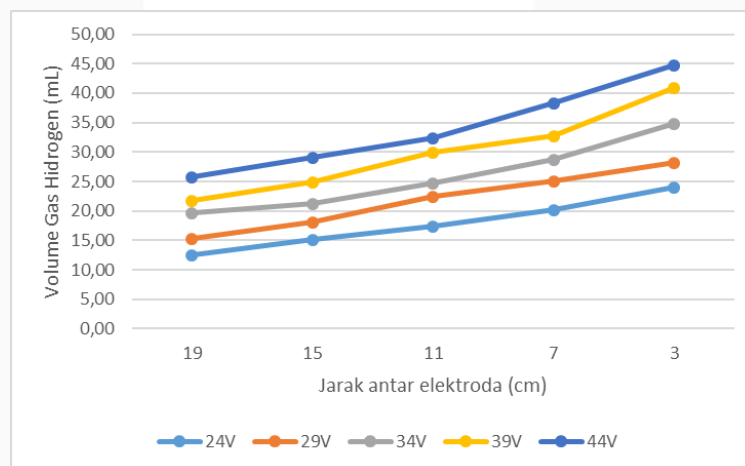
VDC (Volt)	t(s)	jarak (cm)				
		19	15	11	7	3
		i (Ampere)				
24	30	0,67	0,86	0,99	1,15	1,38
	60	0,68	0,86	0,99	1,15	1,38
	90	0,67	0,86	1	1,15	1,38
	120	0,71	0,87	1,01	1,16	1,39
	150	0,72	0,87	1	1,16	1,38
29	30	0,86	1,03	1,28	1,43	1,6
	60	0,87	1,02	1,28	1,42	1,61
	90	0,86	1,03	1,28	1,43	1,61
	120	0,87	1,04	1,29	1,43	1,62
	150	0,88	1,04	1,29	1,44	1,62

34	30	1,11	1,21	1,4	1,64	2,01
	60	1,12	1,21	1,41	1,65	2
	90	1,12	1,22	1,41	1,65	2,01
	120	1,13	1,22	1,41	1,66	2,01
	150	1,13	1,22	1,42	1,65	2
39	30	1,24	1,42	1,71	1,87	2,35
	60	1,24	1,42	1,71	1,87	2,35
	90	1,25	1,43	1,72	1,86	2,35
	120	1,25	1,42	1,72	1,88	2,34
	150	1,25	1,43	1,72	1,88	2,35
44	30	1,46	1,66	1,85	2,19	2,56
	60	1,46	1,66	1,85	2,19	2,56
	90	1,47	1,67	1,85	2,19	2,56
	120	1,47	1,67	1,86	2,2	2,57
	150	1,48	1,67	1,86	2,2	2,57

Dari data diatas maka dapat kita dapatkan volume hidrogen menggunakan Hukum Faraday pada rumus (1.3) dan (1.4) menjadi sebagai berikut.



Gambar 4.7 Volume Hidrogen terendah



Gambar 4.8 Volume Hidrogen terbesar

Volume hidrogen terendah didapat dari pengujian pada waktu (t) terendah yang dilakukan saat pengujian elektrolisis air laut. Dari data diatas kita dapat melihat bagaimana pengaruh waktu terhadap jumlah volume hidrogen yang dihasilkan. Semakin lama maka semakin banyak gas hidrogen yang terbentuk, begitupun sebaliknya.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa elektrolisis air laut menggunakan *DC to DC Converter* ini didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Supply* energi penelitian ini menggunakan panel surya. Semakin terik matahari maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya untuk mengisi daya pada baterai. Puncak daya tertinggi sebesar 23,3 Watt terjadi pada pukul 13.00 WIB saat matahari sedang terik, dan daya terendah sebesar 1,34 Watt terjadi pada pukul 18.00 WIB saat matahari mulai tenggelam.
2. Besar tegangan yang dikonversi oleh *DC to DC Converter* tipe *boost* linier dengan *duty cycle* yang digunakan. Semakin besar *duty cycle* maka akan semakin besar tegangan keluarannya. Pada *duty cycle* 46% dihasilkan tegangan luaran sebesar 48 Volt, sedangkan pada *duty cycle* 16% tegangan luaran yang didapatkan sebesar 28 Volt.
3. Semakin besar waktu, arus, volume air laut yang digunakan dan semakin kecil jarak antar elektroda, maka akan semakin banyak gas hidrogen yang dihasilkan. Volume gas hidrogen terendah adalah 2,33 mL pada percobaan dengan arus 0,67 Ampere, waktu 30 detik, dan jarak antar elektroda 19 cm. Volume gas tertinggi adalah 44,7 mL pada percobaan dengan arus 2,57 Ampere, waktu 150 detik, dan jarak antar elektroda 3 cm.

### 5.2 Saran

Beberapa saran yang diberikan oleh penulis untuk mengembangkan penelitian ini adalah :

1. Perlu menggunakan *controler* pada luaran panel surya agar lebih efisien dalam proses pengisian baterai.
2. Dapat ditambahkan sensor tertentu untuk membuat sistem agar dapat otomatis tanpa harus menggunakan *adjustable* manual pada pengatur tegangan dan arus yang digunakan saat elektrolisis.
3. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut (*laboratory*) untuk mengetahui kandungan gas hidrogen yang dihasilkan.

### Daftar Pustaka:

- [1] Lestari, Dewanti. 2015. "Garis pantai Indonesia terpanjang kedua di dunia". available : <https://www.antaraneews.com/berita/487732/garis-pantai-indonesia-terpanjang-kedua-di-dunia> [Accessed 25 Februari 2018]
- [2] Siregar, Jefri dan tim. 2016. Pengaruh Karbon Aktif Dalam Elektrolisis Air Laut Untuk Menghasilkan Gas Hidrogen. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
- [3] Belajar Bagus. 2015. "Pengertian Air". [Online]. available : <http://www.belajarbagus.net/2015/03/pengertian-air.html> [Accessed 21 April 2017]
- [4] Nur Pradana, Pramudya. 2012. "DC Chopper tipe Boost". available : <http://jendeladengabei.blogspot.co.id/2012/12/dc-chopper-tipe-Boost-Boost-converter.html> . [Accessed 30 Oktober 2016]
- [5] Kurniawan, E. 2018. Usulan Penelitian Perancangan Dan Analisis Sistem Instrumentasi Elektrolisis Untuk Produksi Air Alkali Dan Gas Hidrogen Dengan Sumber Energi Sel Surya, Program Studi S3 Ilmu kimia, Universitas Padjajaran
- [6] Kodoatie, R. J. dan Roestam, S. 2010. Tata ruang air. Andi : Yogyakarta
- [7] Homig, H. E. 1978. Seawater and Seawater Distillation, Vulkan-Verlag. University of California
- [8] BP Solar "How does solar power work?", Available : <http://www.bp.com/iframe.do?categoryId=9025053&contentId=7047306>. [Accessed 20 April 2018].
- [9] Hardianti, A dan Hadi, W. 2016. Produksi Gas Oksigen Melalui Proses Elektrolisis Air Laut Sebagai Sumber Energi Ramah Lingkungan. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
- [10] "Past Weather in Bandung" available : <https://www.timeanddate.com/weather/indonesia/bandung/historic> [Accessed 04 september 2018]