

## PERANCANGAN PELIPAT TEGANGAN UNTUK SISTEM CATU DAYA PADA ELEKTROLISIS AIR DENGAN SUMBER ENERGI SURYA

*Voltage Multiplier Design For Power Supply System On Water Electrolysis With Solar Energy Source*

Lazuardi Ma'rif<sup>1</sup>, Dr. Ir. Basuki Rahmat, M.T.<sup>2</sup>, Ekki Kurniawan, S.T, M.T.<sup>3</sup>

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

maruflazuardi@gmail.com<sup>1</sup>, basukir@telkomuniversity.co.id<sup>2</sup>, ekkikurniawan@telkomuniversity.ac.id<sup>3</sup>

### Abstrak

Elektrolisis merupakan proses pemisahan elektrolit oleh arus listrik. Elektrolisis air akan mengurai menjadi gas hidrogen pada katode dan gas oksigen pada anode. Hasil dari penguraian tersebut akan menghasilkan air yang memiliki nilai pH yang berbeda.

Pada tugas akhir ini digunakan panel surya sebagai sumber tegangan listrik yang digunakan pada proses elektrolisis. Namun tegangan yang didapat sangatlah kecil dan bergantung pada cahaya matahari. Untuk itu dirancang sebuah catu daya dengan penambahan rangkaian pelipat tegangan guna menghasilkan tegangan yang lebih besar. Rangkaian pelipat adalah rangkaian yang dapat melipatgandakan tegangan AC menjadi tegangan DC. Perancangan pelipat tegangan menggunakan metode penggali tegangan Cocroft-Walton. Rangkaian pelipat tegangan dirancang menggunakan kapasitor 4,7  $\mu\text{F}$  dan dioda tipe 1N4007 dengan penambahan trafo untuk membantu menahan tegangan saat elektrolisis berlangsung.

Perancangan catu daya ini mampu menghasilkan tegangan 1358 Volt DC dari panel surya sebelum dipasangkan pada elektrolisis. Dengan beban elektrolisis tegangan tadi akan turun menjadi 298,57 Volt DC dengan arus 0.027714 Ampere.

Dengan tegangan tersebut mampu dilakukan proses elektrolisis yang menghasilkan nilai pH air dari 7,9 berubah menjadi 7,5 pada tabung anode dan 8,8 pada tabung katode dengan lama pengujian selama tiga jam pada saat matahari berada pada saat tertinggi antara pukul 11.00-14.00

Kata kunci: elektrolisis air, panel surya, pelipat tegangan

### Abstract

Electrolysis is the electrolyte separation process of electric current. Water electrolysis will disentangled into hydrogen gas at the cathode and oxygen gas at the anode. The results of the disentangled will produce water that has a different pH. In this final project, solar panels are used to produce electrical Voltages that are used in the electrolysis process. However, the Voltage acquisition is very small and depends on sunlight. For that purpose, a power supply is designed by adding a Voltage multiplier series to produce a greater Voltage. Voltage multiplier circuit is a circuit that convert AC power to DC power with high voltage. This circuit is designed with capacitor 4.7  $\mu\text{F}$  and diode 1N4007. The high Voltage design is using the Cocroft - Walton Voltage multiplier method. The design of this power supply can produce a Voltage of 1358 Volts DC from a solar panel that before is connected to electrolysis device. The Voltage drop is caused by electrolysis load, the drops is up to 298.57 Volts DC with a current of 0.027714 Amperes. With the Voltage, an electrolysis process can be carried out which makes the pH of the water change to 7.5 in anode box and 8.8 in katode box for 3 hours when the sun is at its highest between 11 AM to 2 PM.

*Keywords: electrolysis of water, solar panels, Voltage multiplier*

### 1. Pendahuluan

Listrik telah menjadi sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia saat ini. Penggunaannya juga terus meningkat seiring bertambah pesatnya teknologi dan gaya hidup masyarakat[1]. Sumber untuk mendapatkannya juga sudah beragam salahsatunya dengan energi terbarukan yakni energi surya. Tenaga surya merupakan energi terbarukan yang bersal dari cahaya matahari. Energi ini dapat di gunakan terus dan sangat melimpah terutama di wilayah Indonesia. Panel surya dapat mengkonversi panas matahari menjadi energi listrik arus searah (DC) yang dapat digunakan langsung atau disimpan kedalam baterai untuk aktifitas yang menggunakan elektronika di kehidupan. Namun jumlah tegangan yang di hasilkan oleh sebuah panel surya cenderung kecil dan sebaiknya menggunakan baterai untuk mengumpulkan tegangan listrik yang didapatkan[2]. Dengan sistem pelipat tegangan, maka listrik dari energi surya dapat dibangkitkan menjadi lebih besar.

Pelipat tegangan dapat meningkatkan nilai tegangan yang didapatkan dari hasil energi surya yang telah disimpan. Tegangan ini akan muncul dengan bantuan inverter untuk mengubah terlebih dahulu tegangan searah dari penyimpanan tegangan (baterai) menjadi tegangan bolak-balik yang dapat dinaikan oleh rangkaian pelipat tegangan.

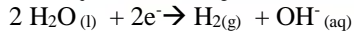
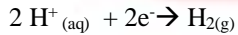
Tegangan yang dihasilkan dimanfaatkan untuk melakukan elektrolisis air yang bisa menghasilkan air yang berbeda fungsi. Elektrolisis merupakan proses penguraian dengan aliran listrik pada larutan atau cairan. Elektrolisis air dapat menguraikan komponen asam dan basa pada larutan [3].

## 2. Dasar Teori dan perancangan

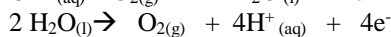
### 2.1 Elektrolisis

Elektrolisis adalah proses pemisahan elektrolit oleh arus listrik, maka elektrolisis air merupakan pemisahan senyawa air ( $H_2O$ ) menjadi oksigen ( $O_2$ ) dan gas hidrogen ( $H_2$ ) menggunakan arus listrik. Arus listrik akan menyebabkan ion muatan positif akan bergerak menuju katode dan yang negatif menuju anode. Pada katode akan menangkap ion hidrogen ( $H_2$ ) dan ion hidroksida ( $OH^-$ ). Pada anode akan terurai molekul air ( $H_2O$ ) menjadi ion oksigen ( $O_2$ ) dan hidrogen ( $H_2$ ) yang akan mengalirkan elektron menuju katode. Pada proses ini akan dipengaruhi oleh kualitas elektrolit, suhu, tekanan, resistansi elektrolit, material dari katode dan anode.

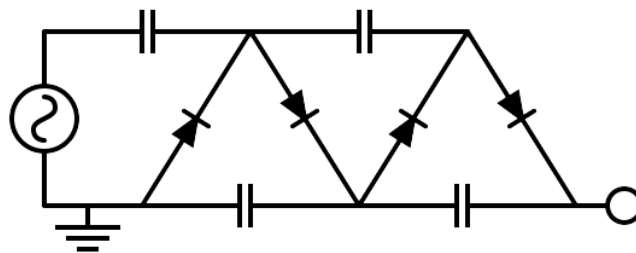
Reaksi yang terjadi pada katode dan anode akan mengionisasi molekul air menjadi ion positif dan ion negatif yang diakibatkan oleh beda potensial yang dihasilkan dari arus listrik. Pada katode, terjadi dua reaksi reduksi, yaitu dua mol elektron ( $2e^-$ ) dua mol ion hidrogen ( $H_2O$ ) membentuk satu mol gas hidrogen ( $H_2$ ) pada keadaan standar. Reaksi yang kedua adalah dua mol elektron ( $2e^-$ ) dua mol air ( $H_2O$ ) membentuk satu mol gas hidrogen ( $H_2$ ) dan satu mol ion hidroksil  $OH^-$  [3].



Pada anode terjadi dua reaksi yaitu  $OH^-$  membentuk gas oksigen  $O_2$ , dan molekul air  $H_2O$ , molekul air terurai menjadi gas oksigen ( $O_2$ ), melepaskan 4 ion  $H^+$  serta mengalirkan elektron ke sumber melalui aliran listrik. [3].



### 2.2 Rangkaian Pelipat Tegangan Cockroft-Walton



Gambar 2.1 Rangkaian Cockroft-Walton

Rangkaian cockroft walton merupakan pengembangan dari rangkaian-rangkaian sebelumnya. Rangkaian ini dapat meningkatkan nilai tegangan AC menjadi tegangan DC yang lebih tinggi. Saat siklus tegangan adalah positif, nilai tegangan yang mengalir akan memasuki kapasitor dan mulai kapasitor dan masuk ke dioda awal dalam kondisi *forward* dan akan terjadi pengisian pada kapasitor.

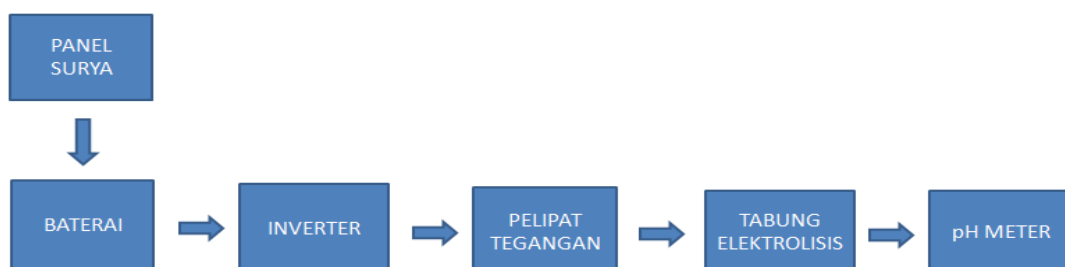
Kemudian saat siklus berubah menjadi negatif tegangan akan menuju kapasitor kedua dikarenakan dioda pertama akan berada dalam kondisi *reverse* dan akan *forward* pada dioda kedua. Pada saat itu tegangan pada C2 akan mengisi hingga 2 kali tegangan. Hal ini akan bekerja terus menerus bahkan jika rangkaian ditambahkan atau ditingkatkan.

Tegangan pada tiap-tiap kapasitor adalah tegangan DC yang nilainya akan menjadi dua kali tegangan sebelumnya kecuali pada kapasitor pertama. Setiap dioda tahan terhadap tegangan  $2V_{in}$  atau dua kali tegangan puncak dari tegangan AC dan untuk jumlah n tingkatan output dapat mencapai  $2nV_{in}$  pada beban kosong.

$$V_{out} = 2nV_{in}$$

[3]

### 2.3 Perancangan Alat



Gambar 2.3 Diagram Blok Sistem Perangkat Elektrolisis

Alat ini akan menggunakan energi surya sumber energi listrik. Saat pengujian dengan energi surya, tegangan akan disimpan pada baterai dan diteruskan pada inverter 220 volt AC..Pelipat tegangan akan dihubungkan terlebih dahulu dengan transformator step up yang akan menaikkan terlebih dahulu tegangan dari inverter karena tegangan keluaran dari pelipat tegangan akan terjadi penurunan saat dihubungkan dengan tabung elektrolisis.

### 3. Pembahasan

#### 3.1. Pengujian Pelipat Tegangan

Jam	Hasil		
	Vpanel	Vinverter	Vpelipat tegangan
11.00	23	328	1435
11.30	23	323	1379
12.00	23	320	1352
12.30	24	317	1351
13.00	22	293	1337
13.30	23	291	1333
14.00	22	290	1319
Rata-rata	22.85714	308.8571	1358

Tabel 3. 1 Hasil Pengujian Pelipat Tegangan

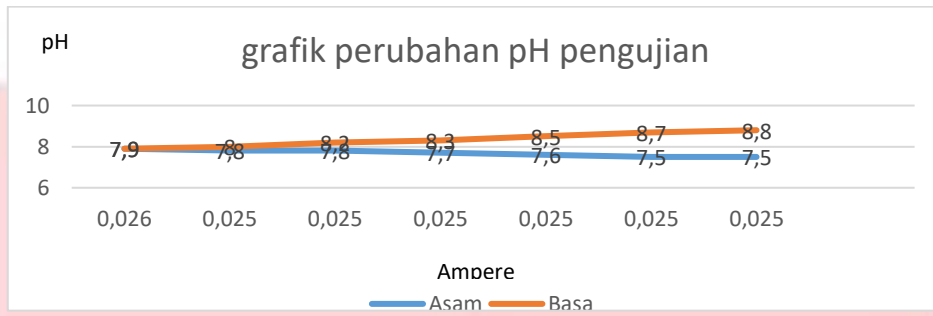
Pada tabel 3.1 didapatkan data untuk percobaan pelipat tegangan yang bersumber pada energi surya. Rangkaian pelipat tegangan yang digunakan disambungkan dengan inverter agar tegangan DC dapat menjadi AC. Pada pengujian didapatkan tegangan dengan keluaran 1358 volt. Inverter yang digunakan menghasilkan nilai rata-rata 308,86 volt dengan tegangan dari panel surya 22,86 volt.

#### 3.2 Pengujian Elektrolisis

Jam	Hasil					
	Vpanel	Vpelipat tegangan	I(A)	Daya(mW)	PH	
					Asam	basa
11.00	22	312	0.026	8,316	7,9	7,9
11.30	23	278	0.025	7,29	7,8	8,0
12.00	21	274	0.025	8,652	7,8	8.2
12.30	22	270	0.025	7,924	7,7	8.3
13.00	23	269	0.025	8,316	7,6	8.5
13.30	22	264	0.025	7,7	7,5	8.7
14.00	21	217	0.025	7,98	7,5	8.8
Rata-rata	19,71429	289,5714	0,027714286	8,025428571		
Perubahan nilai pH					0,4	0.9

Tabel 3. 2 Hasil Pengujian Elektrolisis

Pada tabel 4.5 menunjukkan hasil dari percobaan elektrolisis air yang dilakukan dengan sumber energi surya. Pengujian dilakukan selama 3 jam dengan nilai rata-rata arus 0,0277 ampere dengan tegangan 289,57 dan daya sebesar 8,025 watt.

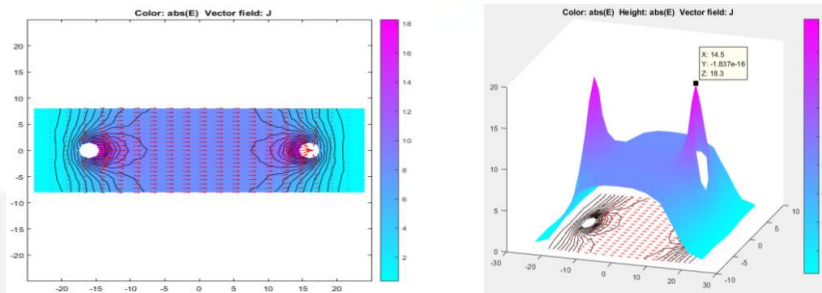


Gambar 3. 1 Grafik Perubahan pH Pengujian

**3.3 Simulasi Matlab**

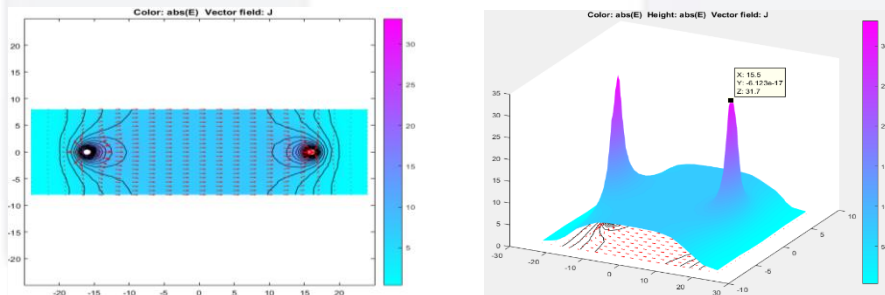
Dengan menggunakan MATLAB, dapat disimulasikan bagaimana proses elektrolisis yang telah dilakukan. Pada matlab digunakan fitur PDETOOL yang dapat mensimulasikan proses elektrolisis. Simulasi dilakukan semirip mungkin dengan proses yang pada alat sebenarnya. Dari ukuran wadah, ukuran elektrode, dan tegangan yang digunakan. Dari simulasi diketahui juga bagaimana arah pergerakan ion pada proses elektrolisis.

**3.3.1 Simulasi Elektrolisis dengan Beda Input Diameter Elektrode**



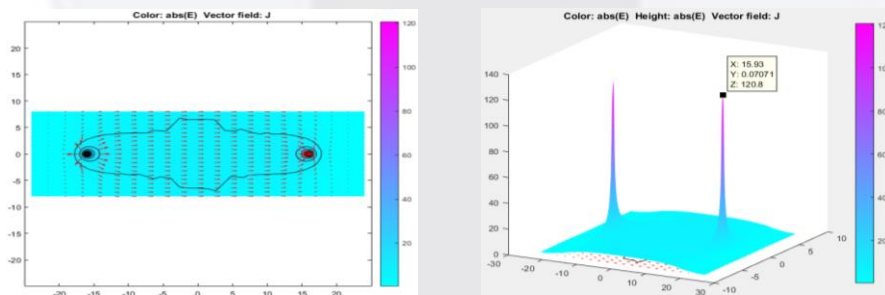
Gambar 3. 2 Hasil Simulasi Elektrolisis dengan Elektrode 1.5 cm

Pada Gambar 3.2 menampilkan hasil simulasi elektrolisis dengan yang digunakan 290 Volt, nilai konduktivitas yang digunakan 100, dan diameter elektrode yang diinput 1,5 cm sebagaimana kondisi ril. Nilai Z bernilai 18.3 yang menunjukkan nilai rapat arus pada proses elektrolisis.



Gambar 3. 3 Hasil Simulasi Elektrolisis dengan Elektrode 0.5 cm

Pada Gambar 3.3 menampilkan hasil simulasi elektrolisis menggunakan tegangan 290 volt, nilai konduktivitas yang digunakan 100, dan diameter elektrode 0,5 cm. Nilai Z bernilai 31.7 yang menunjukkan nilai rapat arus pada proses elektrolisis.



Gambar 3. 4 Hasil Simulasi Elektrolisis dengan Elektoda 0,1 cm

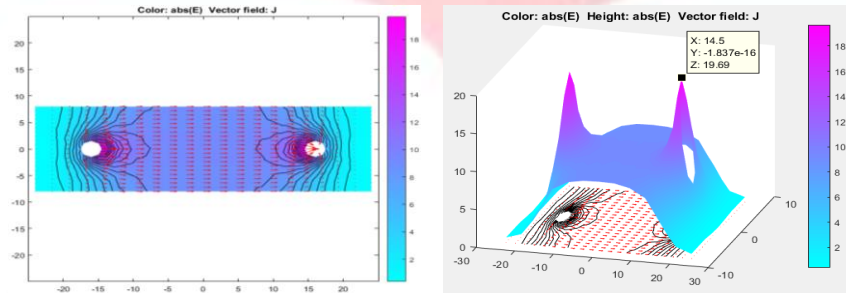
Pada Gambar 3.4 menampilkan hasil simulasi elektrolisis menggunakan tegangan 290 volt, nilai konduktifitas yang digunakan 100, dan diameter elektrode 0,5 cm. Nilai Z bernilai 120.8 yang menunjukkan nilai rapat arus yang terjadi pada proses elektrolisis.

Tegangan (V)	Diameter Elektrode (cm)	Jarak Elektrode (cm)	Rapat Arus (A/cm <sup>2</sup> )	Medan Listrik (uS/cm)
290	1.5	32	18.3	1830
290	0.5	32	31.7	3170
290	0.1	32	120.8	12080

Tabel 3. 3 Data Simulasi Elektrolisis Beda Input Diameter Elektrode

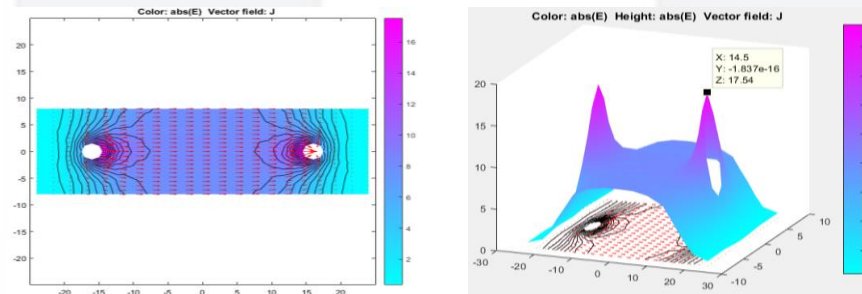
Dari Tabel 3.3 menunjukkan bahwa semakin besar diameter elektrode maka nilai rapat arus yang dihasilkan akan semakin besar. Semakin besar rapat arus menunjukkan kecepatan muatan yang bekerja pada proses elektrolisis.

**3.3.2 Simulasi Elektrolisis dengan Perbedaan Nilai Input Tegangan**



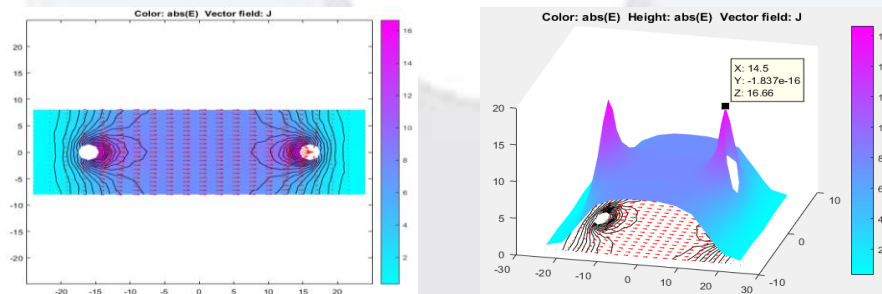
Gambar 3. 5 Hasil Simulasi Elektrolisis dengan Input Tegangan 312

Pada Gambar 3.5 menampilkan hasil simulasi elektrolisis menggunakan tegangan 312 volt, nilai konduktifitas yang digunakan 100, dan diameter elektrode 1,5 cm. Nilai Z bernilai 19,69 yang menunjukkan nilai rapat arus pada proses elektrolisis.



Gambar 3. 6 Hasil Simulasi Elektrolisis dengan Input Tegangan 278

Pada Gambar 3.6 menampilkan hasil simulasi elektrolisis menggunakan tegangan 278 volt, nilai konduktifitas yang digunakan 100, dan diameter elektrode 1,5 cm. Nilai Z bernilai 17,54 yang menunjukkan nilai rapat arus pada proses elektrolisis.



Gambar 3. 7 Hasil Simulasi Elektrolisis dengan Input Tegangan 264

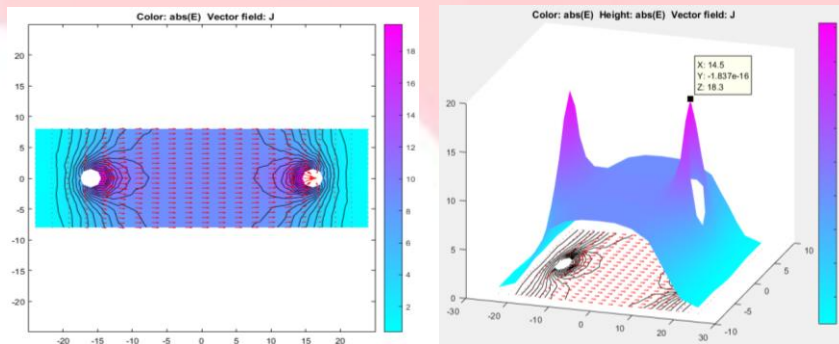
Pada Gambar 3.7 menampilkan hasil simulasi elektrolisis menggunakan tegangan 264 volt, nilai konduktifitas yang digunakan 100, dan diameter elektrode 1,5 cm. Nilai Z bernilai 16,66 yang menunjukkan nilai rapat arus pada proses elektrolisis.

Tegangan (V)	Diameter Elektrode (cm)	Jarak Elektrode (cm)	Rapat Arus ( $A/cm^2$ )	Medan Listrik ( $\mu S/cm$ )
312	1.5	32	19,69	1969
278	1.5	32	17,54	1754
264	1.5	32	16,66	1666

Tabel 3.4 Data Simulasi Elektrolisis Beda Input Nilai Tegangan

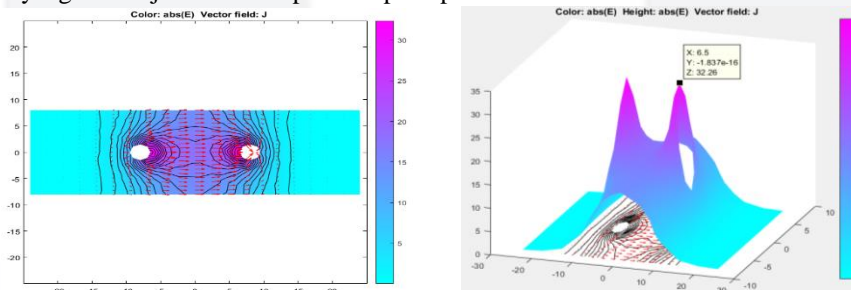
Dari Tabel 3.4 menunjukkan bahwa semakin kecil nilai tegangan maka nilai rapat arus yang dihasilkan akan semakin kecil. Semakin besar rapat arus menunjukkan kecepatan muatan yang bekerja pada proses elektrolisis.

### 3.3.3 Simulasi Elektrolisis dengan Perbedaan Jarak Elektrode



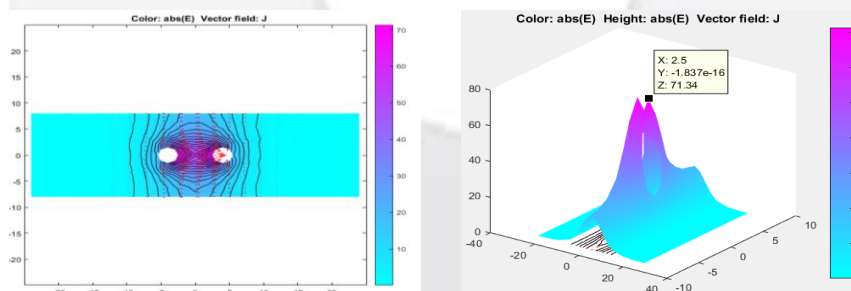
Gambar 3. 8 Hasil Simulasi Elektrolisis dengan Input Jarak Elektrode 32 cm

Pada Gambar 3.8 menampilkan hasil simulasi elektrolisis dengan yang digunakan 290 Volt, nilai konduktivitas yang digunakan 100, diameter elektrode yang diinput 1,5 cm dan jarak elektrode 32 cm . Nilai Z bernilai 18.3 yang menunjukkan nilai rapat arus pada proses elektrolisis.



Gambar 3. 9 Hasil Simulasi Elektrolisis dengan Jarak Elektrode 16 cm

Pada Gambar 3.9 menampilkan hasil simulasi elektrolisis dengan yang digunakan 290 Volt, nilai konduktivitas yang digunakan 100, diameter elektrode yang diinput 1,5 cm dan jarak elektrode 16 cm . Nilai Z bernilai 32.26 yang menunjukkan nilai rapat arus pada proses elektrolisis.



Gambar 3. 10 Hasil Simulasi Elektrolisis dengan Jarak Elektrode 8 cm

Pada Gambar 3.10 menampilkan hasil simulasi elektrolisis dengan yang digunakan 290 Volt, nilai konduktivitas yang digunakan 100, diameter elektrode yang diinput 1,5 cm dan jarak elektrode 8 cm . Nilai Z bernilai 71,34 yang menunjukkan nilai rapat arus pada proses elektrolisis.

Tegangan (V)	Diameter Elektrode (cm)	Jarak Elektrode (cm)	Rapat Arus ( $A/cm^2$ )	Medan Listrik ( $\mu S/cm$ )
290	1.5	32	18,3	1830
290	1.5	16	32,26	3226
290	1.5	8	71,34	7134

Tabel 3. 4 Data Simulasi Elektrolisis Beda Input Nilai Tegangan

Dari Tabel 3.4 menunjukkan bahwa semakin dekat jarak elektrode maka nilai rapat arus yang dihasilkan akan semakin besar. Semakin besar rapat arus menunjukkan kecepatan muatan yang bekerja pada proses elektrolisis.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Rangkaian pelipat tegangan yang bersumber pada energy surya dapat menghasilkan tegangan sebesar 1358 V.
2. Percobaan elektrolisis menggunakan elektroda alumunium membuat tegangan pada pelipat tegangan yang bersumber dengan energi surya turun menjadi 298,57 V
3. Arus yang dihasilkan oleh rangkaian pelipat tegangan dengan sumber energi surya sebesar rata-rata 0,027 A
4. Perubahan pH yang terjadi sebesar 0,4 untuk asam dan 1,1 untuk basa dengan waktu proses elektrolisis selama tiga jam.
5. Dari Simulasi menggunakan MATLAB yang dilakukan bahwa diameter elektrode, nilai tegangan yang digunakan dan jarak elektrode menentukan besar dari rapat arus yang dihasilkan oleh elektrolisis.

#### DaftarPustaka:

- [1] <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2018/01/11/inilah-konsumsi-listrik-nasional>
- [2] M.Syamsudin., Membuat Sendiri Pembangkit Listrik Tenaga Surya.Buku digital.net
- [3] Chen, Xueming, dkk., Investigation On The Electrolysis Voltage of Electrocoagulation. Chemical Engineering Science, 2002.
- [4] Kuriawan,Ekki.,Perancangan Dan Analisa Sistem Instrumentasi Elektrolisis Untuk Produksi Air Alkali Dan Gas Hidrogen Dengan Sumber Energi Sel Surya,Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran,2018
- [5] Waluyo, Syahrial, Sigit Nugraha, Yudhi Permana JR. Rancangan Awal Prototipe Miniatur Pembangkit Tegangan Tinggi Searah Tiga Tingkat dengan Modifikasi Rangkaian Penggali Cockroft-Walton. Program Studi Teknik Elektro. ITENAS.Bandung.
- [6] Syakur Abdul, Agung Warsito, Nurlailati. Aplikasi Tegangan Tinggi Dc Sebagai Pengendap Debu Secara Elektrostatis.Jurusan Teknik Elektro.Universitas Diponegoro. Semarang.2009
- [7] Kurniawan,Ekki.,Pembuatan Sistem Catu Daya Tegangan DC 0-1500 volt untuk purifikasi Air Garam dan Regenerasi Resin dengan Sumber Energi Matahari,Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, 2017
- [8] Wenten I.G, A.N. Hakim, Khoiruddin. 2014. *Elektrodialisis*. Teknik KimiaInstitut Teknologi Bandung.
- [9] Ekki Kurniawan, H. B. (2018). Pembuatan Air Alkali Dengan Sumber Energi Matahari.
- [10] Gianto, M.Sarwoko, Ir, M.Sc., Ekki Kurniawan, S.T.,Perancangan dan Impelentasi Pengendap Debu dengan Tegangan Tiggi Secara Elektrostatis, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom,2015
- [11] <http://smart-pustaka.2013/02/elektrolisis>

