

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI BUCK REGULATOR DENGAN SUMBER TEGANGAN TIGA FASA UNTUK APLIKASI PADA SISTEM ELEKTROLISIS AIR MINERAL

(DESIGN AND IMPLEMENTATION OF BUCK REGULATORS WITH A THREE PHASE VOLTAGE SOURCE FOR APPLICATION IN MINERAL WATER ELECTROLYSIS)

Aldy Kurnia Ramadhan¹, Kharisma Bani Adam, S.T., M.T., Ph. D.

², Ekki Kurniawan, S.T., M.T.³.

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹aldykurniaramadhan@student.telkomuniversity.ac.id, ²kharismaadam@telkomuniversity.ac.id

³ekkekurniawan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Air merupakan kebutuhan makhluk hidup dimana 2/3 dari tubuh kita mengandung *liquid*. Penggunaan air yang memiliki nilai pH basa sedang banyak diproduksi baru kemudian dikonsumsi secara pribadi maupun diperjual-belikan. Penulis bertujuan untuk membuat alat penghasil air alkali atau air dengan nilai pH basa dengan memanfaatkan salah satu bidang teknik elektro.

Elektrolisis merupakan metode pendukung yang akan digunakan. Elektrolisis adalah penguraian suatu elektrolit menjadi ion pada elektroda dengan adanya arus listrik. Konduksi listrik yang melewati elektrolit akan menghasilkan perubahan kimia. Molekul air (H₂O) dapat terurai menjadi hidrogen (H₂) dan Oksigen (O₂) melalui proses elektrolisis dengan pemanfaatan arus listrik. Proses elektrolisis dapat menghasilkan pemisahan ion. Kemudian zat yang terkandung dalam air terbagi menjadi dua. Air yang mengandung zat basa dan asam.

Dalam pembuatan alat ini penulis memanfaatkan sumber tegangan tiga fasa sebagai catu daya, *rectifier* dimanfaatkan untuk menyearahkan tegangan AC menjadi DC. Tegangan DC yang telah disearahkan akan diturunkan menggunakan Buck regulator. Dc-dc converter sendiri memiliki dua tipe yaitu DC Chopper tipe buck (penurun tegangan) dan DC Chopper tipe Boost (penaik tegangan). DC chopper tipe buck adalah yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini karena berfungsi sebagai penurun tegangan. Proses elektrolisis ini akan membutuhkan waktu (30, 60, 90, dan 120 menit) dan tegangan (berkisar 100-200 volt) yang bervariasi. Untuk melakukan proses elektrolisis diperlukan elektroda. Elektroda inert jenis aluminium merupakan pilihan karena elektroda tipe ini sukar bereaksi.

Selain itu, Pemisahan kandungan zat air yang dilakukan dapat kita lihat tingkat keberhasilannya melalui LCD yang akan menampilkan PH (potensial Hidrogen) dari air tersebut. PH dapat dikatakan asam ketika memiliki nilai <7, sedangkan nilai PH yang >7 memiliki kandungan basa. Untuk air yang biasa dikonsumsi memiliki pH di sekitar 6.5 -7. Selain itu, pada perancangan tugas akhir ini menggunakan arduino sebagai mikrokontroler. Pemilihan arduino sebagai mikrokontroler dikarenakan sifatnya yang open source, sudah terdapat *bootloader* mempermudah untuk melakukan upload file dari komputer.

Penggunaan buck regulator diharapkan mampu menunjang kebutuhan tegangan listrik yang diperlukan selama proses elektrolisis berjalan. Alat ini dibuat dengan komponen yg ekonomis agar mampu dibuat secara massal dan digunakan oleh masyarakat luas.

Kata Kunci : Elektrolisis, *chopper*, pH, *Inert*.

Abstract

Water is a necessity for living things where 2/3 of our bodies contain liquid. The use of water that has a moderate alkaline pH value is produced and then personally consumed or traded. The author aims to make a tool for producing alkaline water or water with an alkaline pH value by utilizing one of the fields of electrical engineering.

Electrolysis is a supporting method that will be used. Electrolysis is the breakdown of an electrolyte into ions at the electrode in the presence of an electric current. The electrical conduction that passes through the electrolyte will produce a chemical change. Water molecules (H₂O) can decompose into hydrogen (H₂) and oxygen (O₂) through an electrolysis process using electric currents. The electrolysis process can produce ion separation. Then the substances contained in water are divided into two. Water containing alkaline and acidic substances.

In making this tool the authors use a three-phase voltage source as a power supply, the rectifier is used to rectify the AC voltage to DC voltage. The DC voltage that has been rectified will be lowered using the Buck regulator. The DC-DC converter itself has two types, namely the buck type DC Chopper (voltage lowering) and the Boost type DC Chopper (voltage booster). Buck type DC chopper is used in this final project because it functions as a voltage lowering. This electrolysis process will take time (30, 60, 90, and 120 minutes) and varying voltages (range 100-200 volts). To carry out the electrolysis process, an electrode is needed. Aluminum type inert electrode is an option because this type of electrode is difficult to react.

In addition, we can see the success rate of water separation through an LCD which will display the PH (potential Hydrogen) of the water. PH can be said to be acidic when it has a value <7, while a PH value > 7

has a base content. For water that is commonly consumed, it has a pH of around 6.5 -7. In addition, the design of this final project uses Arduino as a microcontroller. Arduino as a microcontroller is chosen because of its open source nature, there is already a bootloader that makes it easier to upload files from a computer.

The use of buck regulators is expected to be able to support the required voltage requirements during the electrolysis process. This tool is made with economical components so that it can be mass-produced and used by the wider community.

Keywords: Electrolysis, Chopper, pH, Inert.

1. Pendahuluan

Elektrolisis air adalah suatu metode penguraian senyawa yang terdapat pada air (H_2O) menjadi oksigen (O_2) dan gas hidrogen (H_2). Dengan memanfaatkan tegangan listrik yang melalui air tersebut. Pada katode, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H_2 dan ion hidroksida (OH^-). Sementara itu pada anode, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O_2), melepaskan 4 ion H^+ serta mengalirkan elektron ke katode. Proses elektrolisis air ini menghasilkan air yang memiliki nilai pH asam dan basa.

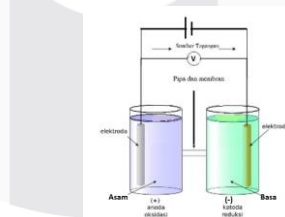
Nilai pH yang dihasilkan dari proses elektrolisis ditunjang oleh energi listrik. Menggaris bawahi kebutuhan elektrolisis adalah sumber listrik yg sabil, air, elektroda dan wadah elektrolisis penulis menyimpulkan akan menggunakan sumber listrik tiga fasa guna mempercepat proses elektrolisis. Berdasarkan penelitian sebelumnya diperlukan waktu 6 jam dengan tegangan 227,86 V arus 28,89 mA dan daya 6,586 watt untuk menghasilkan air alkali dengan pH 9,12 dan jumlah air sebanyak 3 liter [8]. pada penelitian lainnya hanya memerlukan waktu 3 jam dengan tegangan 298,57 dengan arus 0.027714 ampere untuk menghasilkan air alkali dengan pH 8,8 dan jumlah air sebanyak 6 liter [7]. Dari dua penelitian diatas dirasa perlu menggunakan tegangan dan arus yang cukup stabil guna mempercepat proses elektrolisis. Oleh sebab itu penulis memilih menggunakan sumber tiga fasa pada penelitian tugas akhir ini. dengan memanfaatkan metode elektrolisis dan bantuan dari rangkaian buck regulator untuk mengatur besar tegangan yang ingin kita gunakan selama proses elektrolisis ini.

Karena pada penelitian ini tegangan yang digunakan merupakan tegangan searah. Namun, dengan nilai tegangan sekitar 200-350 VDC. Tegangan yang dihasilkan dari penyearahan sistem tiga fasa senilai 538 VDC. Karena tegangan yang dihasilkan masih terlampaui besar penulis memutuskan untuk menggunakan DC-DC Converter tipe buck. Buck regulator adalah salah satu dari tipe DC Chopper. Rangkaian elektronika tipe ini mampu mengubah tegangan DC pada nilai tertentu menjadi lebih rendah atau sama dengan tegangan masukannya. Buck regulator menggunakan komponen *switching* untuk mengatur *duty cycle*. Komponen *switching* tersebut yaitu thyristor, IGBT, atau MOSFET.

2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1. Elektrolisis

Secara teori elektrolisis merupakan peristiwa penguraian senyawa air (H_2O) menjadi oksigen (O_2) dan hidrogen (H_2) dengan menggunakan tegangan listrik yang melalui air tersebut. Pada katode, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H_2 dan ion hidroksida (OH^-). Sementara itu pada anode, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O_2), melepaskan 4 ion H^+ serta mengalirkan elektron ke katode.



Gambar II-1 Elektrolisis Air [11]

Arus tersebut dapat dikendalikan melalui Power Supply untuk mempertahankan besarnya output, juga temperatur dan alirannya. Membran pada proses elektrolisis diperlukan untuk melakukan pemisahan Hal ini sesuai dengan hukum Faraday.

Hukum Elektrolisis Faraday 1 dan 2 :

- Jumlah zat yang dihasilkan di elektroda sebanding dengan jumlah muatan listrik yang melalui sel.
- Massa zat yang dihasilkan pada elektroda berbanding lurus dengan massa ekuivalen zat.
- Bila sejumlah tertentu arus listrik melalui sel, jumlah mol zat yang berubah di elektroda adalah konstan tidak bergantung jenis zat. Misalnya, kuantitas listrik yang diperlukan untuk mengendapkan 1 mol logam monovalen adalah 96500 C (Coulomb) tidak bergantung pada jenis logamnya.

Berdasarkan hukum Faraday 1 dan 2 dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$w = \frac{e X i X t}{96500} \quad \text{atau} \quad w = \frac{e X C}{96500} \quad \text{atau} \quad w = \frac{e X F}{96500}$$

Keterangan:

w = berat zat endapan (gram) e = berat ekuivalen zat

F = jumlah mol elektron dalam elektrolisis.

t = waktu (sekon)

1 faraday = 1 mol elektron = 96500 Coulomb

K = tetapan elektrolisis = 1/96500.

Reaksi Elektrolisis :

Untuk elektrolit yang bersifat asam atau netral berlaku persamaan 1,2 dan 3

Katoda $2 H^+_{(aq)} + 2 e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2 OH^- (E^0 = 0.00 V vs.) (1)$

Anoda $H_2O_{(l)} \rightarrow \frac{1}{2} O_{2(aq)} + H_2^+ + 2 e^- (E^0 = 1,23 V vs.) (2)$

Overall $H_2O \rightarrow H_2 + \frac{1}{2} O_2 (E_0 = -1,23 V vs.) (3)$

Pada larutan elektrolit basa (alkaline) reaksi elektrokimia dapat dilihat pada persamaan 4 dan 5 sebagai berikut:

Katoda $2 H_2O + 2 e^- \rightarrow H_2 + 2 OH^- (E^0 = -0,83 V vs.) (4)$

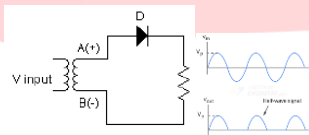
Anoda $2 OH^- \rightarrow \frac{1}{2} O_2 + H_2O + 2 e^- (E^0 = -0,83 V vs.) (5)$

2.2. Rectifier (Penyearah Gelombang)

Rectifier atau penyearah gelombang adalah suatu bagian dari rangkaian catu daya atau power supply yang memiliki fungsi sebagai pengubah sinyal AC (*Alternating Current*) menjadi sinyal DC (*Direct Current*). Jenis-jenis *Rectifier* (Penyearah Gelombang). Menurut fungsi dari *rectifier* maka dapat diklasifikasikan bahwa *rectifier* dibagi menjadi dua jenis yaitu *half wave rectifier* (penyearah setengah gelombang) dan *full wave rectifier* (penyearah gelombang penuh).

2.2.1 Half Wave Rectifier (penyearah setengah gelombang)

Penyearah setengah gelombang ini merupakan rangkaian penyearah paling sederhana, karena hanya menggunakan 1 buah dioda untuk menghambat sinyal negatif dan meloloskan sinyal positif dari gelombang masukan AC catu daya.

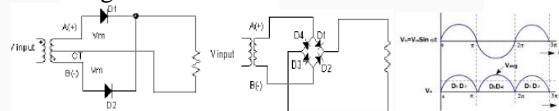


Gambar II-2 Penyearah Setengah Gelombang dan sinyal output penyearah setengah gelombang.

Arus AC pada dasarnya memiliki 2 gelombang yaitu sisi negatif dan sisi positif yang bolak balik. Sisi Positif gelombang dari arus AC yang masuk ke Dioda akan menyebabkan Dioda menjadi bias maju (Forward Bias) sehingga melewatkannya, sedangkan sisi Negatif gelombang arus AC yang masuk akan menjadikan Dioda dalam posisi Reverse Bias (Bias Terbalik) sehingga menghambat sinyal negatif tersebut.

2.2.2 Full Wave Rectifier (penyearah gelombang penuh).

Rangkaian penyearah gelombang penuh memiliki 2 jenis yaitu penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda dan penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda.



Gambar II-3 Gelombang Penyearah Penuh 2 Dioda, Gelombang Penyearah Penuh

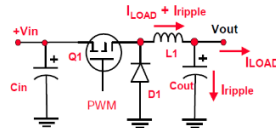
Untuk penjelasan gelombang penyearah penuh dengan 2 dioda sebagai berikut, Di saat Output Transformer CT pada Terminal Pertama memberikan sinyal Positif pada D1, maka Terminal kedua pada Transformer CT akan memberikan sinyal Negatif (-) yang berbeda fasa 180° dengan Terminal Pertama. D1 yang mendapatkan sinyal Positif (+) akan berada dalam kondisi Forward Bias (Bias Maju) dan melewatkan sisi sinyal Positif (+) tersebut sedangkan D2 yang mendapatkan sinyal Negatif (-) akan berada dalam kondisi Reverse Bias (Bias Terbalik) sehingga menghambat sisi sinyal Negatifnya.

Sebaliknya, pada saat gelombang AC pada Terminal Pertama berubah menjadi sinyal Negatif maka D1 akan berada dalam kondisi Reverse Bias dan menghambatnya. Terminal Kedua yang berbeda fasa 180° akan berubah menjadi sinyal Positif sehingga D2 berubah menjadi kondisi Forward Bias yang melewatkan sisi sinyal Positif tersebut.

2.3 Buck Regulator

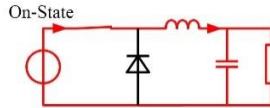
Pengubah daya dari DC ke DC (*DC to DC converter*) tipe *switching* atau dikenal dengan sebutan *DC Chopper* dimanfaatkan sebagai penyediaan tegangan DC yang bervariasi nilai keluarannya bergantung pada kebutuhan beban. Daya masukan pada proses *DC to DC converter* berasal dari sumber daya DC seperti panel surya, turbin angin, *dc power supply* dll. Nilai tegangan pada keluaran bergantung pada proses *switch* yaitu dengan adanya kondisi waktu *on* dan waktu *off*.

Buck Converter adalah rangkaian yang menghasilkan nilai tegangan keluaran lebih rendah daripada nilai tegangan masukan. Rangkaian *buck converter* terdiri atas induktor, kapasitor dan saklar berupa MOSFET.



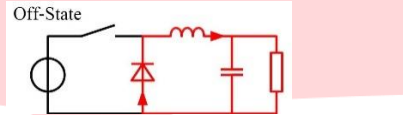
Gambar II-4 Rangkaian Buck Converter. [8]

Prinsip kerja dari rangkaian *buck converter* terbagi atas dua kondisi yaitu kondisi saklar *on* dan kondisi saklar *off*. Ketika pada kondisi saklar *on*, arus mengalir dari sumber menuju induktor sehingga terjadi proses penyimpanan arus pada induktor. Pada waktu yang sama kapasitor akan menyimpan energi dalam bentuk tegangan, peristiwa ini yang menyebabkan DC *chopper* tipe *buck* memiliki nilai tegangan keluaran lebih rendah daripada tegangan sumber.



Gambar II-5 Rangkaian Buck Converter Kondisi Saklar On. [8]

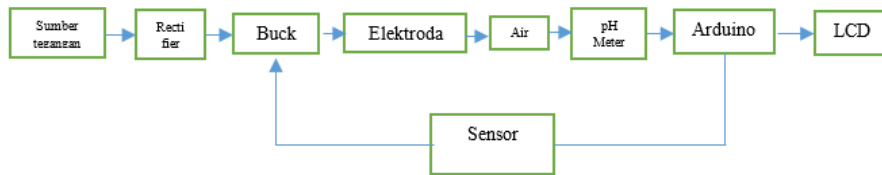
Kondisi kedua adalah ketika kondisi saklar *off* seperti pada gambar 2.14 dan tidak ada sumber tegangan maka arus yang disimpan pada induktor dikeluarkan menuju ke beban. Pada proses ini, induktor melakukan pengosongan energi yang tersimpan ke seluruh rangkaian. Jika kondisi saklar *off* lagi sebelum induktor habis sepenuhnya, tegangan pada beban akan selalu lebih besar dari nol. [8]



Gambar II-6 Rangkaian Buck Converter Kondisi Saklar Off [8]

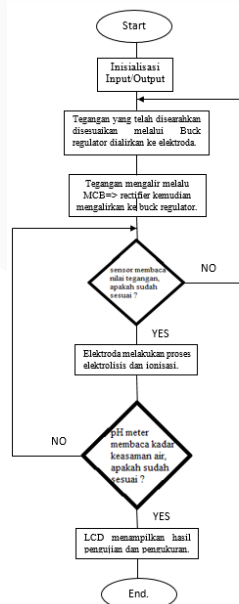
3. Pembahasan

3.1. Diagram Blok



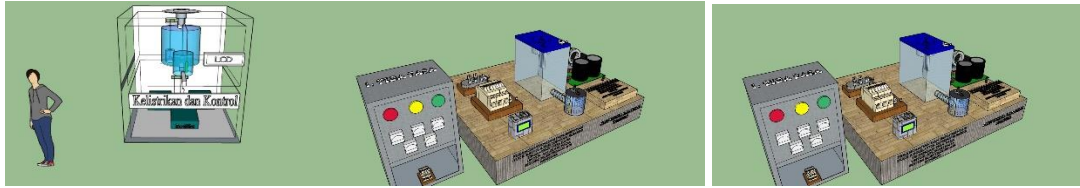
Gambar 3.1 Diagram Blok

3.2 Diagram Alir



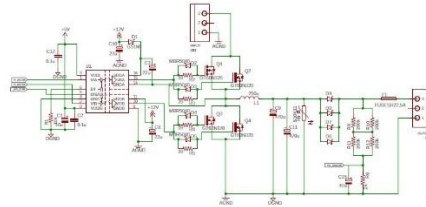
Gambar 3.2. Diagram Alir Perangkat Lunak

3.3 Perancangan Perangkat Keras



Gambar 3.3 Perangkat keras.

3.4 Disain Rangkaian Buck Regulator



Gambar III-7 Skematik Hasil Perancangan Buck Regulator.

Berdasarkan data yang telah dipaparkan pada sub bab fungsi dan fitur *synchronous buck converter* di atas, maka dapat ditentukan nilai *duty cycle (D)*, *inductor continuous current mode (L)* dan *output capacitor (Cout)* yang dibutuhkan untuk merancang *synchronous buck converter*. Perhitungan tersebut adalah sebagai berikut:

$$Duty\ cycle\ (D) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{106}{535} = 20 \tag{III-1}$$

$$L = \frac{V_{out}(V_{in}-V_{out})}{f \times \Delta I \times V_{in}} \tag{III-2}$$

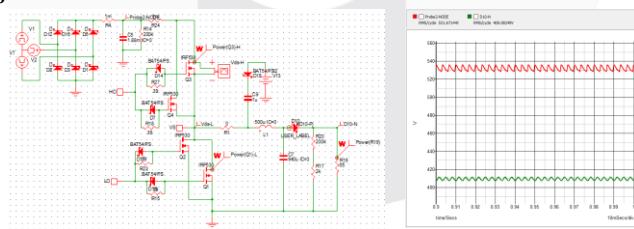
Dengan nilai $V_{out} = 106V$, $V_{in} = 535V$, $f = 25,8\text{ kHz}$, $\Delta I = 13,2\text{ A}$, maka didapat nilai induktansi adalah sebesar $250\mu H$.

$$C_{out} = \frac{1-D}{16 \times L \times f^2} \tag{III-3}$$

Sehingga didapat nilai dari kapasitor *output* adalah sebesar 184 uF mF, tetapi pada perancangan ini digunakan kapasitor dengan kapasitansi sebesar 470 uF .

Dari perhitungan di atas didapat nilai perancangan awal untuk nilai komponen *synchronous buck converter* pada perangkat kontroler. Nilai induktor sebesar $250\text{ uH}/20A$ dan kapasitor output sebesar $470\text{ uF}/450\text{ Volt}$.

4. Pengujian dan Analisis



Gambar 4.1 Pengujian *Buck Regulator* dengan *set Duty cycle 80%*

Hasil percobaan telah dikumpulkan pada tabel dibawah ini dengan nilai larutan basa, netral, dan asam.

Percobaan Sensor pH Larutan Basa pH 7,5-14 (Detergen Pakaian)					
No	Percobaan	SENO 0161	Bekerja	pH meter	Keterangan
1	Percobaan 1	10,30	Baik	10	-
2	Percobaan 2	10,50	Baik	10,2	-
3	Percobaan 3	10,11	Baik	10	-
4	Percobaan 4	10,21	Baik	10,1	-
5	Percobaan 5	10,43	Baik	10,1	-
6	Percobaan 6	10,20	Baik	10,1	-
7	Percobaan 7	10,01	Baik	10,2	-

8	Percobaan 8	10,05	Baik	10,1	-
9	Percobaan 9	10,12	Baik	10,2	-
10	Percobaan 10	10,11	Baik	10,3	-
Rata-rata		10,204	Baik	10,58	

Tabel IV-1 Percobaan Sensor pH Larutan Basa

Pada tabel IV-1 dilakukan 10 kali percobaan pada larutan yang memiliki pH netral berjalan dengan baik dan tingkat keberhasilan **96,4%**.

Percobaan Sensor pH Larutan Asam pH 1-6,5 (Air Cuka)					
No	Percobaan	SENO 0161	Bekerja	pH meter	Keterangan
1	Percobaan 1	1,538	Baik	1,6	-
2	Percobaan 2	1,528	Baik	1,5	-
3	Percobaan 3	1,498	Baik	1,5	-
4	Percobaan 4	1,508	Baik	1,5	-
5	Percobaan 5	1,518	Baik	1,6	-
6	Percobaan 6	1,498	Baik	1,5	-
7	Percobaan 7	1,548	Baik	1,6	-
8	Percobaan 8	1,538	Baik	1,5	-
9	Percobaan 9	1,538	Baik	1,5	-
10	Percobaan 10	1,518	Baik	1,5	-
Rata-rata		1,523	Baik	1,53	

Tabel IV-2 Percobaan Sensor pH Larutan Asam.

Pada tabel IV-2 dilakukan 10 kali percobaan pada larutan yang memiliki pH netral berjalan dengan baik dan tingkat keberhasilan **99,5%**.

Percobaan Sensor pH Larutan Netral pH 6,5-7,5 (Air Kolam)					
No	Percobaan	SENO 0161	Bekerja	pH meter	Keterangan
1	Percobaan 1	6,256	Baik	6,4	-
2	Percobaan 2	6,476	Baik	6,4	-
3	Percobaan 3	6,396	Baik	6,3	-
4	Percobaan 4	6,346	Baik	6,5	-
5	Percobaan 5	6,386	Baik	6,4	-
6	Percobaan 6	6,396	Baik	6,4	-
7	Percobaan 7	6,466	Baik	6,5	-
8	Percobaan 8	6,516	Baik	6,5	-
9	Percobaan 9	6,426	Baik	6,5	-
10	Percobaan 10	6,436	Baik	6,5	-
Rata-rata		6,4094	Baik	6,44	

Hasil percobaan *rectifier* pada sumber tegangan tiga fasa telah dikumpulkan pada tabel dibawah ini dengan 5 kali percobaan.

Percobaan Rectifier dengan Sumber Tiga Fasa					
No	Percobaan	Vin	Bekerja	Vout	Keterangan
1	Percobaan 1	380 VAC	Baik	538 VDC	-
2	Percobaan 2	380 VAC	Baik	542 VDC	-
3	Percobaan 3	380 VAC	Baik	546 VDC	-
4	Percobaan 4	380 VAC	Baik	540 VDC	-
5	Percobaan 5	380 VAC	Baik	542 VDC	-

Tabel IV-3 Percobaan Rectifier pada Sumber Tiga Fasa

Pada tabel IV-5 percobaan *rectifier* pada sumber tiga fasa berjalan dengan baik dengan keberhasilan 100% dari lima kali percobaan dengan rata rata Vin 380 VAC dan Vout 541,6 VDC.

Percobaan Rectifier dengan Sumber Satu Fasa					
No	Percobaan	Vin	Bekerja	Vout	Keterangan
1	Percobaan 1	220 VAC	Baik	211 VDC	-
2	Percobaan 2	220 VAC	Baik	210 VDC	-
3	Percobaan 3	220 VAC	Baik	213 VDC	-

4	Percobaan 4	220 VAC	Baik	208,6 VDC	-
5	Percobaan 5	220 VAC	Baik	210,4 VDC	-

Tabel IV-4 Percobaan Rectifier dengan Sumber Satu Fasa

Pada tabel IV-6 percobaan *rectifier* pada sumber satu fasa berjalan dengan baik dengan keberhasilan 100% dari lima kali percobaan dengan rata-rata V_{in} 220 VAC dan V_{out} 210,6 VDC.

Percobaan Buck Regulator tanpa beban							
No	Percobaan	V_{in}	Duty cycle	Bekerja	Iout	Vout	Keterangan
1	Percobaan 1	61 V	10 %	Baik	0	6,05 V	-
2	Percobaan 2	60 V	25 %	Baik	0	15 V	-
3	Percobaan 3	63 V	50 %	Baik	0	31,4 V	-
4	Percobaan 4	60 V	60 %	Baik	0	36 V	-
5	Percobaan 5	60 V	75 %	Baik	0	46 V	-

Tabel IV-5 Percobaan Buck Regulator Tanpa Beban,

Pada tabel IV. 7 didapatkan tegangan keluaran yang sangat baik dari lima kali percobaan keberhasilan 100% dengan rata-rata V_{in} 60,8 Volt.

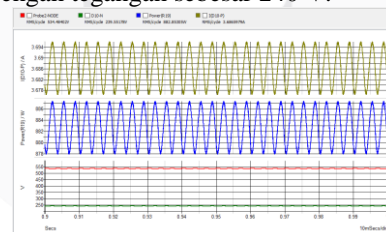
Percobaan Buck Regulator dengan beban (Power Resistor 2,2 Ω)							
No	Percobaan	V_{in}	Duty cycle	Bekerja	Iout	Vout	Keterangan
1	Percobaan 1	10 V	10 %	Baik	2,645 A	1,931 V	-
2	Percobaan 2	20 V	25 %	Baik	3,894 A	5,587 V	-
3	Percobaan 3	30 V	50 %	Baik	4,972 A	14 V	-
4	Percobaan 4	45 V	60 %	Baik	6,132 A	13,61 V	Terjadi <i>Voltage drop</i> karena melebihi batas maksimum pada <i>Input (DC Power Supply)</i>
5	Percobaan 5	60 V	75 %	Baik	6,748 A	7,581 V	Terjadi <i>Voltage drop</i> karena melebihi batas maksimum pada <i>Input(DC Power Supply)</i>

Tabel IV-6 Percobaan Buck Regulator dengan Beban.

Pada tabel IV-8 percobaan *buck regulator* dengan beban mengalami *voltage drop* ketika tegangan input menyentuh 30 atau lebih besar. *Voltage drop* disebabkan dc *power supply* memiliki ketahanan 180 watt. Sedangkan tegangan yang diberikan sebesar 60 V dan arus mencapai 5-6,7 A, sehingga menyebabkan dc *power supply* hanya memberi input sebesar 10-15 volt dengan arus sebesar 6,748 A.

Setelah simulasi secara subsistem berjalan dengan baik kemudian dilakukan simulasi secara keseluruhan guna mengetahui keluaran yang dihasilkan oleh skematik rangkaian. Sehingga didapatkan hasil simulasi sebagai berikut

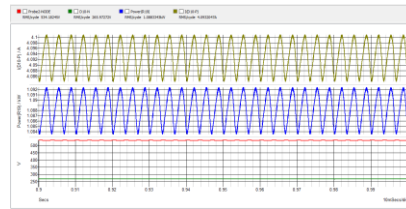
- Simulasi keseluruhan sistem dengan tegangan sebesar 240 V.



Gambar IV-31 Hasil Simulasi Skematik Rangkaian Buck Converter secara keseluruhan dengan tegangan 240 V.

Didapatkan hasil yang baik pada simulasi diatas. Simulasi diatas diset dengan *dutycycle* 45%, tegangan *input* 535 V dan tegangan *output* sebesar 240 V. Arus keluaran yg dihasil pada beban sebesar 3,68 A dan daya yang digunakan sebesar 882 W. Hasil yang didapatkan cukup baik dengan *power losses* sebesar 851 mW dibagian *high* dan 981 mW dibagian *low*.

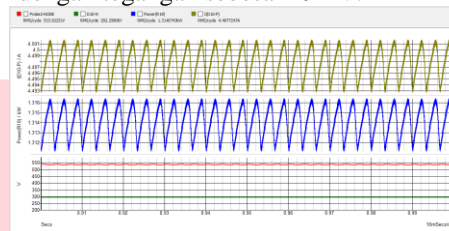
- Simulasi keseluruhan siste m dengan tegangan sebesar 266 V.



Gambar IV-32 Hasil Simulasi Skematik Rangkaian Buck Converter secara keseluruhan dengan tegangan 266 V.

Didapatkan hasil yang baik pada simulasi diatas. Simulasi diatas diset dengan *dutycycle* 50%, tegangan *input* 535 V dan tegangan *output* sebesar 266 V. Arus keluaran yg dihasil pada beban sebesar 4,09 A dan daya yang digunakan sebesar 1.08 kW. Hasil yang didapatkan cukup baik dengan *power losses* sebesar 977 mW dibagian *high* dan 1,139 W dibagian *low*.

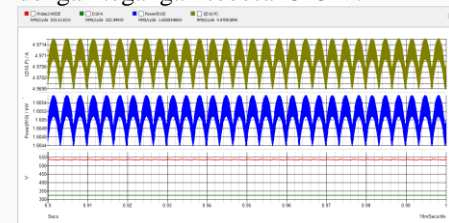
- Simulasi keseluruhan sistem dengan tegangan sebesar 292 V.



Gambar IV-33 Hasil Simulasi Skematik Rangkaian Buck Converter secara keseluruhan dengan tegangan 292 V.

Didapatkan hasil yang baik pada simulasi diatas. Simulasi diatas diset dengan *dutycycle* 55%, tegangan *input* 535 V dan tegangan *output* sebesar 292 V. Arus keluaran yg dihasil pada beban sebesar 4,49 A dan daya yg digunakan sebesar 1.31 kW. Hasil yang didapatkan cukup baik dengan *power losses* sebesar 1,058 W dibagian *high* dan 1,136 W dibagian *low*.

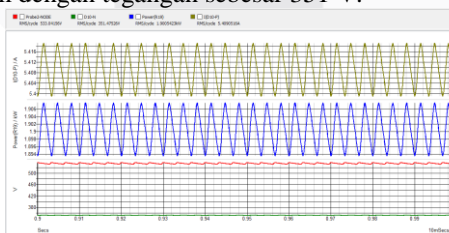
- Simulasi keseluruhan sistem dengan tegangan sebesar 323 V.



Gambar IV-31 Hasil Simulasi Skematik Rangkaian Buck Converter secara keseluruhan dengan tegangan 323 V.

Didapatkan hasil yang baik pada simulasi diatas. Simulasi diatas diset dengan *dutycycle* 63%, tegangan *input* 535 V dan tegangan *output* sebesar 323 V. Arus keluaran yg dihasil pada beban sebesar 4,97 A dan daya yang digunakan sebesar 1.60 kW. Hasil yang didapatkan cukup baik dengan *power losses* sebesar 1,17 W dibagian *high* dan 1,11 W dibagian *low*.

- Simulasi keseluruhan sistem dengan tegangan sebesar 351 V.



Gambar IV-32 Hasil Simulasi Skematik Rangkaian Buck Converter secara keseluruhan dengan tegangan 351 V.

Didapatkan hasil yang baik pada simulasi diatas. Simulasi diatas diset dengan *dutycycle* 69%, tegangan *input* 535 V dan tegangan *output* sebesar 351 V. Arus keluaran yg dihasil pada beban sebesar 5,41 A dan daya yg digunakan sebesar 1.90 kW. Hasil yang didapatkan cukup baik dengan *power losses* sebesar 1,32 W dibagian *high* dan 1,11 W dibagian *low*.

Dari simulasi diatas didapatkan variasi tegangan sesuai kebutuhan untuk perancangan dan pengujian sistem. Arus yang digunakan bervariasi mulai dari 3,68 A hingga 5,41 A dengan beban resistif. Daya yang digunakan pada percobaan dengan tegangan tertinggi yang akan digunakan sebesar 1,90 kW dan *power losses* sebesar pada *igt high* dan *low* 1,32 W dan 1,11 W.

Setelah mendapati nilai-nilai diatas dan diketahui semakin besar tegangan dan arus akan mempercepat proses elektrolisis. Maka dari data simulasi diatas akan dilakukan perancangan *buck converter* dan pengujian pada elektrolisis. Kebutuhan elektrolisis yang akan digunakan untuk pengujian tugas akhir ini yaitu tegangan sebesar 250 hingga 350 V, dan arus yang digunakan di 6 A.

- **Pengujian Dengan Sumber Satu Fasa 220 VAC**

Perancangan sistem *buck regulator* untuk sumber tegangan dilakukan hingga ke tahap rancang bangun dan pengujian. Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan tegangan 220VAC sumber PLN kemudian disearahkan melalui *rectifier* dengan mendapatkan hasil 210 VDC, yang dialirkan ke *buck regulator*. Maka secara program besar tegangan keluaran yang dihasilkan sebesar 60 VDC. Pembatasan ini dilakukan dengan pengaturan besar *duty cycle* gelombang PWM pada *buck converter*.

NO	Waktu	Tegangan	Arus	pH awal	pH akhir
1	15 menit	60 V	39,2 ma	6,584	6,806
2	30 menit	60 V	38,8 ma	7,092	8,43
3	45 menit	60 V	36,2 ma	6,886	9,21
4	60 menit	60 V	35,8 ma	6,996	9,632
5	90 menit	60 V	35,2	7,082	10,196

Pada tabel pengukuran elektrolisis air dilakukan 5 kali percobaan dan didapatkan perubahan nilai pH disetiap pengukuran dengan perbedaan masing-masing diwaktu sample nya saja karena tegangan *input* yang diberikan sama besarnya. Nilai pH mengalami perubahan yang signifikan ketika semakin lama waktu pengujian untuk tegangan 60 volt.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang sudah dilakukan pada perancangan dan implementasi *buck regulator* dengan sumber tegangan tiga fasa untu aplikasi pada elektrolisis air mineral didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Masing-masing fitur pendukung dari sistem mampu beroperasi dengan baik sesuai perancangan.
2. Besar nilai pH bergantung dari besarnya tegangan dan lamanya waktu pengujian seperti yang ditunjukkan pada tabel IV-9 hingga IV-13.
3. Besar tegangan dan arus keluaran kontroler dapat diatur dengan pengaturan besar tegangan pada kontroler dengan cara men-*set duty cycle* yang diaplikasikan.
4. Kontroler hasil perancangan tidak berfungsi ketika diujikan pada sumber tegangan tiga fasa 380VAC.
5. Kontroler mampu beroperasi dengan baik sesuai perancangan ketika diaplikasikan ke satu fasa 220VAC.

6. Saran

Untuk perancangan dan pengembangan penelitian selanjutnya, pembuatan sistem disarankan untuk:

1. Perancangan sistem elektronika harus diperhatikan *step-by-step*, agar tidak terjadi error pada saat percobaan. Lakukan perhitungan dan simulasi secara bertahap agar bisa diketahui *miss and error*. Segera lakukan perancangan *Hardawre*, agar bisa melakukan *trial and error*, dan mengetahui kinerja dari sistem yang telah di buat.
2. Lakukan percobaan pada *hardware* mulai dari subkomponen hingga subsistem secara berulang-ulang, lakukan analisa, percobaan untuk mengetahui efisiensi dan kinerja pada *hardware*.
3. Ledakan yang terjadi pada MCB disebabkan kualitas IGBT GT60N321 yang tidak asli atau rating dari bahan dan tahanan IGBT harus diperhatikan spesifikasinya.
4. Pelajari penelitian yg beririsan degan penelitian sejenis, agar sistem yg dibuat dapat di-*improve* dan perancangan pada penelitian bisa menjadi lebih efektif dan efisien.

References:

- [1] Rashid, M.H., " Power Electronics : Circuits, Devices, and Applications, Fourth Edition", Pearson, 2014. Edinburgh Gate, Harlow.
- [2] Kaveh Mazloomi, Nasri B. Sulaiman, Hossein Moayedi 2012. An Investigation Into The Electrical Impedance Of Water Electrolysis Cells – With A View Saving Energy; Int. J. Electrochem.Sci

- [3] Otto Sebastian, Tulus Burhanuddin Sitorus 2013. Analisa Efisiensi Elektrolisis Air dari *Hydrofill* pada Sel Bahan Bakar; Universitas Sumatera Utara.
- [4] Jefri Lianda, Eko Cahyo, Putra Hakiki, Rodiah 2015. Desain Elektrolisa Air Sebagai Bahan Bakar Kompor Gas; Politeknik Negeri Bengkalis.
- [5] Ruslan Abdul Hamid , Purwono, Wiharyanto Oktiawan 2017. Penggunaan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Karbon Dengan Variasi Tegangan Listrik Dan Waktu Elektrolisis Dalam Penurunan Konsentrasi TSS Dan COD Pada Pengolahan Air Limbah Domestik, Universitas Diponegoro.
- [6] Synchronous Buck Converter Design Using TPS56xx Controllers in SLVP10x EVMs User's Guide. 1998, Texas Instruments Incorporated.
- [7] Yustina Wahyuningsih , Nahwa Arkhaesi , Galuh Hardaningsih 2016. Pengaruh Pemberian Air Alkali Terhadap Kualitas Hidup Anak Asma. Universitas Diponegoro.
- [8] Daniel W. Hart 2011, Power Electronics International Edition 2011. McGraw-Hill Companies, Inc.
- [9] Lazuardi Maruf 2019. Perancangan pelipat tegangan untuk sistem catu daya pada elektrolisis air dengan sumber energi surya. Universitas Telkom.
- [10] Aidatul Fauziah 2019. Sistem catu daya penghasil air alkali dengan modul solar cell. Universitas Telkom.
- [11] <https://www.pinterpandai.com/elektrokimia-sel-volta-elektrolisis-soal-jawaban/>
- [12] Datasheet of SI8233. Silicon Labs, www.alldatasheet.com
- [13] Datasheet of GT60N321. Silicon Labs, www.alldatasheet.com