

## Perancangan dan Pembuatan *Trainer* Penyearah Terkendali 3 Fasa

Usman<sup>1\*</sup>, Fatmawati Azis<sup>2</sup>, Ardy Wirana<sup>3</sup>, Rahmiani Habibuddin<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Teknik Listrik, Politeknik Bosowa, Makassar

\*usman@politeknikbosowa.ac.id

### Abstract

*Trainer is very important in education process, especially at level of vocational education like as polytechnic. Presence is needed to improve skills of students and lecturer on the teaching and learning process in lab activities. Aim the research is make a practical trainer controlled rectifier 3-phase, which the rectifier parameters approach the theoretically calculated value. The method used in this research is experimental method which the study of controlled rectifier theory is designed, manufactured and tested. The test results show voltage value and output power average error are 14.45% on Half Wave Converter and 11.12% in Semi Converter.*

*Keywords: trainer, controlled rectifier 3-phase, half-wave converter, semi converter.*

### Abstrak

Trainer praktikum sangat penting dalam proses pendidikan, terlebih pada tingkatan pendidikan vokasi seperti politeknik. Keberadaannya sangat dibutuhkan untuk meningkatkan skill peserta didik serta memudahkan tenaga pengajar dalam melakukan proses belajar mengajar khususnya untuk kegiatan praktikum. Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah menghasilkan sebuah triner praktikum penyearah 3 fasa terkendali, dimana parameter-parameter penyearahannya mendekati nilai yang dihitung secara teori. Metode yang digunakan adalah dengan metode experimental dimana dari kajian teori penyearah terkendali ini dirancang, dibuat dan diuji. Hasil pengujian menunjukkan nilai tegangan arus dan daya keluaran menunjukkan presentasi kesalahan rata-rata sebesar 14.45% pada Konverter Setengah Gelombang dan 11.12% pada Semi Konverter.

*Kata kunci: trainer praktikum, penyearah 3 fasa terkendali, konverter setengah gelombang, semi konverter.*

### 1. PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan sebuah sarana yang efektif dalam mendukung perkembangan serta peningkatan sumber daya manusia menuju ke arah yang lebih positif. Kemajuan suatu bangsa bergantung kepada sumber daya manusia yang berkualitas, dimana hal itu sangat ditentukan dengan adanya pendidikan. *Trainer* praktikum merupakan instrumen penting dalam proses pembelajaran, khususnya untuk pendidikan vokasi. Mengingat pendidikan vokasi ini menitikberatkan pembelajaran pada kegiatan praktikum dengan pembagian 70% praktik dan 30% teori. Kondisi ini membuat trainer praktikum sangat dibutuhkan dalam proses pembelajaran untuk menunjang pemahaman mahasiswa akan materi praktikum yang akan di pelajari. Selain itu diharapkan pula agar dengan penggunaan media *trainer* dapat meningkatkan kualitas suatu proses pembelajaran [1,2].

Politeknik Bosowa sebagai perguruan tinggi yang menyelenggarakan program pendidikan vokasi. Berdasarkan fakta diatas keberadaan *Trainer* praktikum/media pembelajaran sangat dibutuhkan keberadaannya untuk menunjang pemahaman untuk mata kuliah. Khusus mata Mata Kuliah Elektronika Daya yang merupakan mata kuliah bidang kelilmuan dan keterampilan. *Trainer* untuk praktikum ini pada dasarnya sudah ada tapi belum mencukupi lingkup materi yang disajikan. *Trainer* yang tersedia sampai saat ini hanya mencakup penyearah 1 fasa baik itu penyearah terkendali maupun tidak terkendali. Sementara penyearah 3 fasa belum tersedia di Laboratorium Power Electronic.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan penyearah terkendali ini, seperti Agung Cahya [3] menghasilkan *trainer* dengan sumber 1 fasa yang dihubungkan pada

rangkaian penyearah yang diatur melalui rangkaian TCA 785 dengan keluaran 50 - 210  $V_{ac}$  kemudian masuk ke rangkaian penyearah dengan keluaran maksimal 310  $V_{dc}$ . Mochamad Abdillah dkk [4] dari hasil pengujian diperoleh data hasil pengujian bahwa harmonisa ke 5 semula 19,41% turun menjadi 7,98% dan harmonisa ke 7 semula 0,78% menjadi 0,08% sehingga THD berkurang sebesar 7,5%.

Kemudian tegangan *output* dari AC to DC Full Converter tiga fasa tak terkontrol mampu untuk menyuplai motor dc sebesar 220 volt DC. Ahmad Antares Adam [5] pengujian dengan beban konstan, tegangan keluaran terbesar diperoleh pada sudut picu  $\alpha = 50^\circ$  dan tegangan keluaran terkecil adalah dengan sudut pemicuan  $\alpha = 115^\circ$ . Penelitian oleh [6] hasilnya tegangan kerja *output* penyearah terkontrol dapat divariasikan mulai dari tegangan 50V hingga 220V, Rentang pengaturan tegangan penyearah 3 fasa jembatan penuh semi terkontrol dan penyearah 1 fasa jembatan penuh yaitu sebesar  $180^\circ$ , sedangkan pada penyearah 3 fasa setengah jembatan rentang pengaturan tegangan hingga  $150^\circ$ , sedangkan penyearah 3 fasa terkontrol penuh rentang pengaturan tegangan sebesar  $120^\circ$ . Rangkaian *trigger* seperti yang dilakukan oleh [7] menghasilkan rangkaian *trigger* untuk rangkaian penyearah terkontrol satu fasa gelombang penuh, dan rangkaian pengontrol tegangan AC satu fasa sudut penyalannya dapat diatur dari  $0^\circ - 180^\circ$ . Sinyal *trigger* rangkaian penyearah terkontrol tiga fasa gelombang penuh sudut penyalannya dapat diatur dari  $0^\circ - 60^\circ$ .

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah menghasilkan media/trainer praktikum penyearah 3 fasa terkontrol untuk mahasiswa Program D3 mahasiswa Teknik Listrik, Politeknik Bosowa dengan parameter-parameter penyearah yang mendekati perhitungannya secara teori.

## 2. LANDASAN TEORI

### A. Penyearah 3 Fasa Terkendali

Penyearah gelombang (*rectifier*) adalah bagian dari *power supply*/catu daya yang

berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan AC (*Alternating Current*) menjadi tegangan DC (*Direct Current*) [8]. Penyearah terkontrol (*controlled rectifier*) atau sering juga disebut dengan konverter merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah tegangan sumber masukan arus bolak-balik dalam bentuk sinusoidal menjadi tegangan luaran dalam bentuk tegangan searah yang dapat diatur/dikendalikan. Untuk dapat menghasilkan tegangan keluaran yang terkontrol salah satunya adalah dengan menggunakan thyristor. Tegangan keluaran penyearah dengan menggunakan *thyristor* dapat dikendalikan bergantung pada sudut penyalan *thyristor*.

### B. Konverter Setengah Gelombang

Topologi konverter setengah gelombang tiga fasa ditunjukkan pada Gambar 1. Ketika thyristor  $T_1$  dinyalakan pada  $\omega t - \pi/6 + \alpha$ , tegangan fasa  $V_{an}$  akan muncul i pada beban hingga thyristor  $T_2$  dinyalakan pada  $\omega t = 5\pi/6 + \alpha$ . Ketika thyristor  $T_2$  dinyalakan. Thyristor  $T_1$  terbias balik, karena tegangan sumber, ( $V_{ab} = V_{an} - V_{bn}$ ) negatif sehingga  $T_1$  padam. Tegangan fasa  $V_{bn}$  akan muncul di beban I hingga  $T_3$  dinyalakan pada  $\omega t = 3\pi/2 + \alpha$ . Ketika thyristor  $T_3$  dinyalakan,  $T_2$  padam dan  $V_{cn}$  akan muncul pada beban hingga  $T_1$  dinyalakan kembali pada awal siklus berikutnya [8,9].

Tegangan keluaran ( $V_{dc}$  dan  $V_{rms}$ ) pada jenis konverter ini dengan beban R dihitung dengan persamaan [10,11] :

Untuk  $0 \leq \alpha \leq 30$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3} V_m}{2\pi} \cos \alpha, \quad (1)$$

$$V_{rms} = \sqrt{3} V_m \left( \frac{1}{6} + \frac{\sqrt{3}}{8\pi} \cos 2\alpha \right) \quad (2)$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} \quad (3)$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} \quad (4)$$

Untuk  $30 \leq \alpha \leq 150$

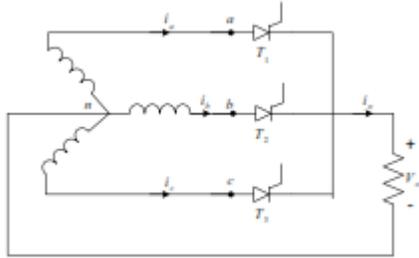
$$V_{dc} = \frac{3V_m}{2\pi} \left[ 1 + \cos \left( \frac{\pi}{6} + \alpha \right) \right] \quad (5)$$

$$V_{rms} = \sqrt{3} V_m \left[ \frac{5}{24} - \frac{\alpha}{4\pi} + \frac{1}{8\pi} \sin\left(\frac{\pi}{3} + 2\alpha\right) \right]^{1/2} \quad (6)$$

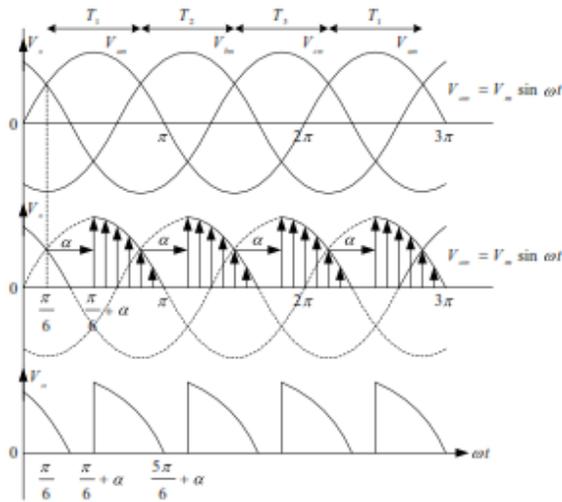
Untuk menghitung daya keluaran digunakan persamaan berikut :

$$P_{rms} = V_{rms} \times I_{rms} \quad (7)$$

$$P_{dc} = V_{dc} \times I_{dc} \quad (8)$$



(a)



(b)

Gambar 1. (a) Rangkaian Konverter Setengah Gelombang, (b) Gelombang Keluaran

### C. Semikonverter

Rangkaian penyearah ini terdiri atas tiga buah thyristor dan tiga buah diode seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Sudut penyalanya ( $\alpha$ ) dapat diatur pada interval  $0^\circ$  sampai  $180^\circ$  [5]. Faktor daya konverter ini akan menurun dengan naiknya sudut penyalan, akan tetapi akan lebih baik dari pada konverter setengah gelombang 3 fasa dan Frekuensi tegangan keluaran adalah 3 kali frekuensi awal [7]. Selama periode  $\pi/6 < \omega t < 7\pi/6$ , thyristor  $T_1$  terbias maju. Jika  $T_1$  dinyalakan pada  $\omega t (\pi/6 + \alpha)$ ,  $T_1$  dan  $D_1$  akan konduksi dan tegangan saluran  $V_{ac}$  akan muncul pada beban. Pada  $\omega t = 7\pi/6$ ,  $V_a$

akan mulai negatif dan dioda freewheeling  $D_m$  konduksi, sehingga arus beban kontinu mengalir melalui  $D_m$  dan  $T_1$  dan  $D_1$  menjadi off. Bila tidak dipasangkan dioda freewheeling  $D_m$ ,  $T_1$  akan terus konduksi hingga thyristor  $T_2$  dinyalakan pada  $\omega t = 5\pi/6 + \alpha$  dan aksi dioda freewheeling akan digantikan melalui  $T_1$  dan  $D_2$ . Bila  $\alpha < \pi/3$ , masing-masing thyristor konduksi pada  $2\pi/3$  dan dioda freewheeling  $D_m$  tidak konduksi [5,6,7,8].

Tegangan keluaran ( $V_{dc}$  dan  $V_{rms}$ ) pada jenis konverter ini dengan beban R dihitung dengan persamaan [6,10,8,9,11] :

Untuk  $0 \leq \alpha \leq 30$

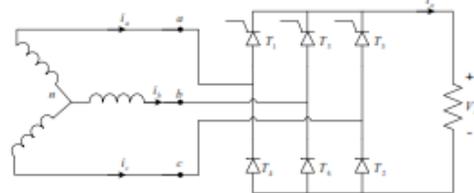
$$V_{dc} = \frac{\sqrt{3} V_m}{2\pi} (1 + \cos \alpha) \quad (9)$$

$$V_{rms} = V_m \left[ 1 + \frac{\sqrt{3} V_m}{2\pi} \cos 2\alpha \right]^{1/2} \quad (10)$$

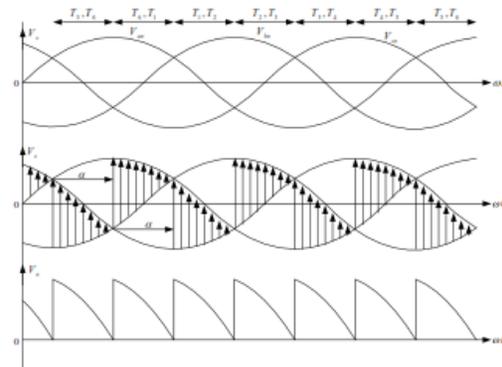
Untuk  $30 \leq \alpha \leq 150$

$$V_{dc} = \frac{\sqrt{3} V_m}{2\pi} \left[ 1 + \cos\left(\alpha + \frac{\pi}{3}\right) \right] \quad (11)$$

$$V_{rms} = \sqrt{3} V_m \left[ \frac{3}{4\pi} \left( \frac{2\pi}{3} + \sqrt{3} \cos^2 \alpha \right) \right]^{1/2} \quad (12)$$



(a)

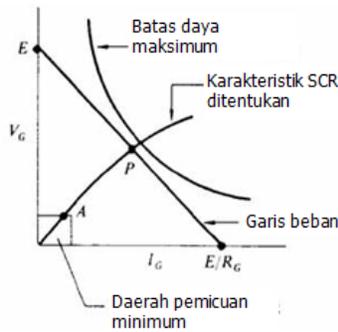


(b)

Gambar 2. (a) Rangkaian semikonverter, (b) Gelombang keluaran[6]

**D. Rangkaian Trigger**

Rangkaian *trigger* merupakan rangkaian yang berfungsi menghasilkan sinyal input gate untuk mengaktifkan SCR. Untuk menentukan rangkaian pemacu yang tepat perlu memperhatikan karakteristik  $V_g - I_g$  dari SCR seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Besaran yang perlu dipertimbangkan adalah tegangan rating, arus rating, dan daya maksimum dari SCR, kemudian ditentukan titik kerja yang diharapkan. Gambar 8 ditunjukkan titik kerja pemucuan minimum SCR pada titik A dan titik kerja pemucuan yang ditentukan pada titik P[12].

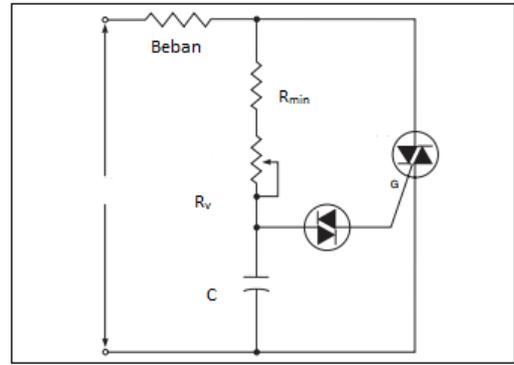


Gambar 3. Karakteristik  $V_g - I_g$  SCR[12].

Rangkaian pemacu ditinjau dari proses pembentukan tegangan pemacu yang dihasilkan dapat dilakukan melalui beberapa proses, antara lain: proses sifat komponen pasif (resistor, kapasitor), proses elektromagnetis (dengan trafo pulsa), proses modulasi lebar pulsa, dan proses optokopler. Rangkaian pemacu berikut merupakan beberapa contoh rangkaian pemacu yang umum digunakan. Gambar 4 merupakan salah satu contoh rangkaian pemacu SCR dengan resistor. Sudut pemucuan ditentukan dengan cara mengatur  $R_v$ .

Dioda D berfungsi sebagai penyearahan agar diperoleh tegangan pada gate berpolaritas positif  $V_g$  berfungsi pembatas arus gate, dan  $R_b$  berfungsi stabilisator tegangan gate agar tidak melebihi  $V_g$  (maks). Nilai  $R_{min}$  dapat ditentukan dengan pendekatan sebagai berikut:

$$V_{min} \geq \frac{E_{max}}{I_{g(max)}} \tag{13}$$



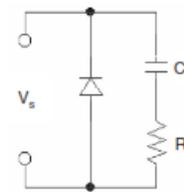
Gambar 4. Rangkaian Pemacu Resistor[12].

**Rangkaian Snubber**

Rangkaian snubber penting untuk dioda digunakan dalam sirkuit pensaklaran. Hal ini dapat menghemat dioda dari lonjakan tegangan lebih, yang mungkin timbul selama proses pemulihan terbalik. Sebuah rangkaian snubber yang sangat umum untuk dioda daya terdiri dari kapasitor dan resistor dihubungkan secara paralel dengan dioda seperti ditunjukkan pada Gambar 10 [10].

Saat pemulihan balik arus menurun, kapasitor akan mencoba untuk menahan tegangan di atasnya, yang kira-kira, adalah tegangan dioda. Resistor di sisi lain akan membantu untuk menghilangkan beberapa energi yang tersimpan dalam induktor, dengan arus  $I_{RR}$ .  $R_s$  dan  $C_s$  pada dioda dapat dihitung sebagai berikut :

$$\frac{dv}{dt} = \frac{0.632V_s}{R_s C_s} \tag{14}$$



Gambar 5. Rangkaian snubber [10].

Dimana  $V_s$  tegangan input dioda, Biasanya nilai  $dv/ dt$  dioda dapat ditemukan pada *data-sheet* dioda tersebut. Jika nilai  $\frac{dv}{dt}$  dan  $R_s$  telah diketahui, kita dapat memilih nilai kapasitor snubber  $R_s$  dan  $C_s$  dapat dihitung saat pemulihan balik diode dengan :

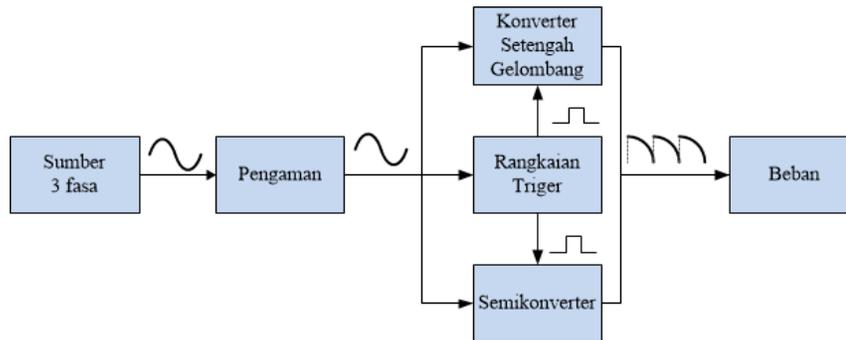
$$R_s = \frac{V_s}{I_{RR}} \tag{15}$$

### 3. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen. Metode eksperimen dilakukan dengan cara merancang, membuat dan menguji alat (pengukuran) yang dilakukan di Laboratorium Power Electronic.

### Blok Diagram

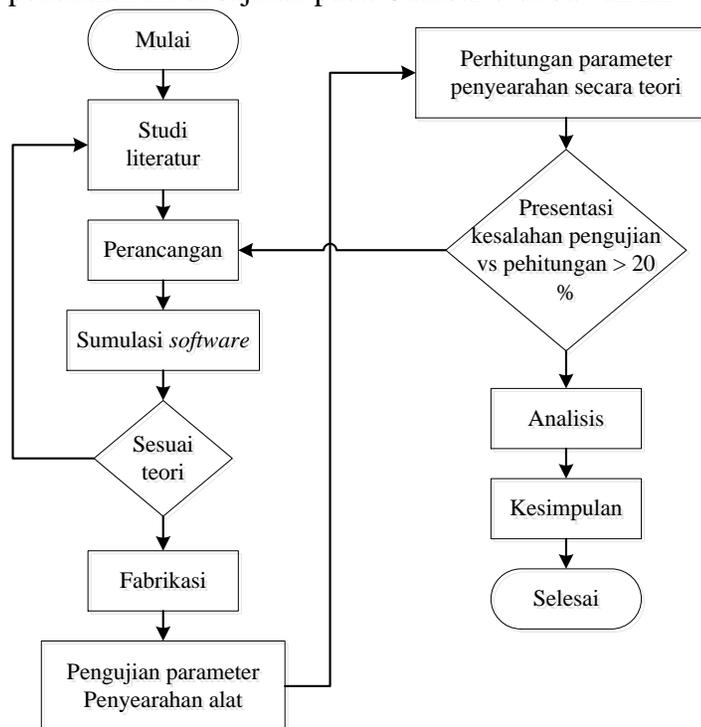
Gambar berikut menunjukkan blok diagram dari trainer yang akan di buat. Secara umum ada tiga blok utama yaitu blok rangkaian *trigger*, konverter setengah gelombang 3 fasa dan semi konverter 3 fasa.



Gambar 6. Blok Diagram trainer.

### Diagram alir

Diagram alir dari penelitian ini di sajikan pada Gambar 7 di bawah ini.



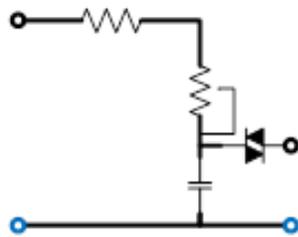
Gambar 7. Diagram alir penelitian

### Desain Skematik Rangkaian

Trainer ini terdiri dari 3 modul utama yaitu rangkaian konverter setengah gelombang 3 fasa, rangkaian semikonverter 3 fasa dan rangkain *trigger*.

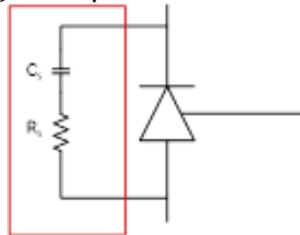
Rangkaian *trigger* direncanakan dengan tegangan input  $50 V_{AC}$ , dengan demikian  $R_{min}$

dihitung dengan persamaan (13), didapatkan nilai  $3.3 k\Omega$ . Nilai kapasitor ditentukan sebesar  $0.1 \mu F$  100 V, dengan demikian rangkaiannya sebagai berikut.



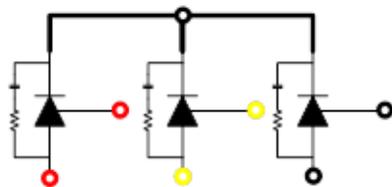
Gambar 8. Skematik Rangkaian Trigger

Rangkaian *snubber* pada dasarnya adalah sebagai rangkaian pengaman dari komponen semikonduktor yang digunakan dalam penyerah yaitu dioda maupun SCR lonjakan tegangan lebih, yang mungkin timbul selama proses pemulihan terbalik. Berdasarkan persamaan (14) dan (17) didapatkan nilai  $R_S = 220 \Omega$  dan  $C_S = 0.1 \mu F$ .



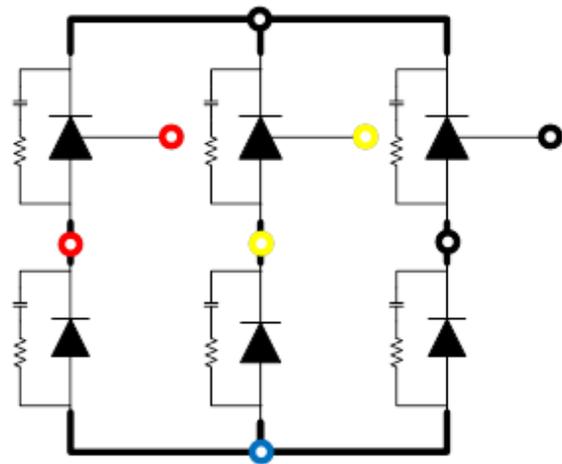
Gambar 9. Rancangan rangkaian *snubber*

Konverter Setengah Gelombang 3 Fasa ini menggunakan 3 buah dioda dan 3 buah SCR seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.a. Dioda yang digunakan adalah jenis tipe 6A 10 NB dan SCR tipe tipe S6008L. Rancangannya ditunjukkan pada gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10. Skematik Konverter Setengah Gelombang 3 Fasa

Konverter Setengah Gelombang 3 Fasa ini menggunakan 3 buah dioda dan 3 buah SCR seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.a. Dioda yang digunakan adalah jenis tipe 6A 10 NB dan SCR tipe tipe S6008L. Rancangannya ditunjukkan pada gambar dibawah ini.

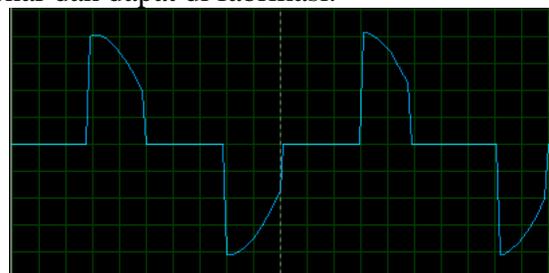


Gambar 11. Skematik Semikonverter 3 Fasa.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Hasil Simulasi

Hasil simulasi digunakan untuk memferifikasi hasil perancangan. Ferifikasi ini bertujuan untuk menguji hasil perancangan sesuai dengan karakteristik komponen atau divais yang digunakan. Sehingga dapat meminimalisasi kesalahan dalam perancangan dan fabrikasi. Gambar di bawah ini menunjukkan hasil simulasi dari perancangan rangkaian *trigger*. Rangkaian *trigger* ini pada dasarnya melihat karakteristik Diac. Berdasarkan gambar gambar di bawah ini hasil perancangan (gambar a) mempunyai karakterik yang sama dengan karakteristik sama dengan Diac (gambar b). Dengan demikian perancangan sudah dapat benar dan dapat di fabrikasi.



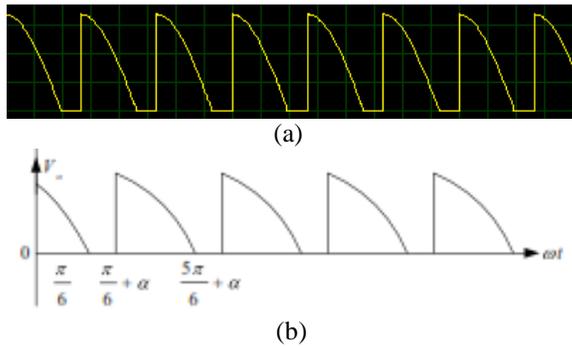
(a)



(b)

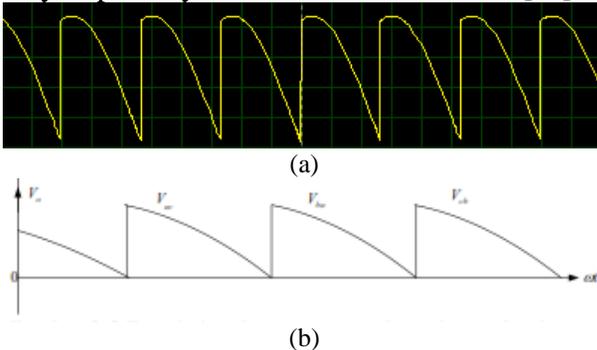
Gambar 12. (a) Hasil simulasi keluaran Diac. (b) karakteristik tegangan Diac [13]

Hasil simulasi konverter setengah gelombang di sajikan pada Gambar 13 di bawah ini. Dapat dilihat bahwa sinyalkeluaran dari konverter ini mendekati sinyal *output* berdasarkan referensi [10] dan [11], dengan demikian hasil perancangan sudah baik dan bisa di fabrikasi.



Gambar 13. (a) Hasil simulasi sinyal keluaran konverter setengah gelombang 3 fasa. (b) Sinyal *output* konverter setengah gelombang [10,11]

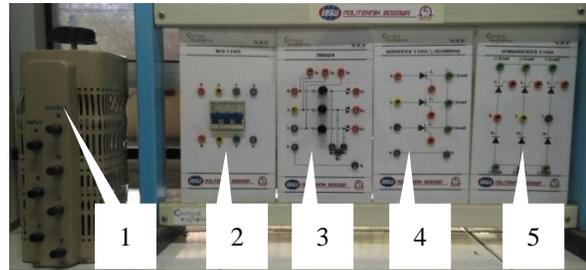
Gambar 14 berikut menunjukkan hasil simulasi (Gambar 14.a) dan sinyal *output* berdasar referensi [10] semi konverter. Sama halnya dengan konverter setengah gelombang di atas, sinyal keluaran dari semi konverter ini sudah meyerupai sinyal keluaran dari referensi [10].



Gambar 14. (a) Hasil simulasi sinyal keluaran konverter setengah gelombang 3 fasa. (b) Sinyal *output* semi konverter [10,11]

**Hasil Perancangan**

Hasil fabrikasi dari perancangan disajikan pada Gambar 15. Sebagaimana pada perancangan sebelumnya *trainer* ini terdiri dari modul rangkaian *trigger*, modul rangkaian pengaman, modul rangkaian konverter setengah gelombang dan modul rangkaian semikonverter. Tambahan dari hasil fabrikasi adalah dudukan modul-modul tersebut, supaya trainer lebih mudah digunakan.



Gambar 15. Hasil fabrikasi *trainer* penyerah kontrol 3 fasa.

Keterangan gambar

1. Regulator 3 fasa
2. Modul pengaman (MCB 3 fasa)
3. Modul trigger
4. Modul konverter setengah gelombang
5. Modul semi konverter

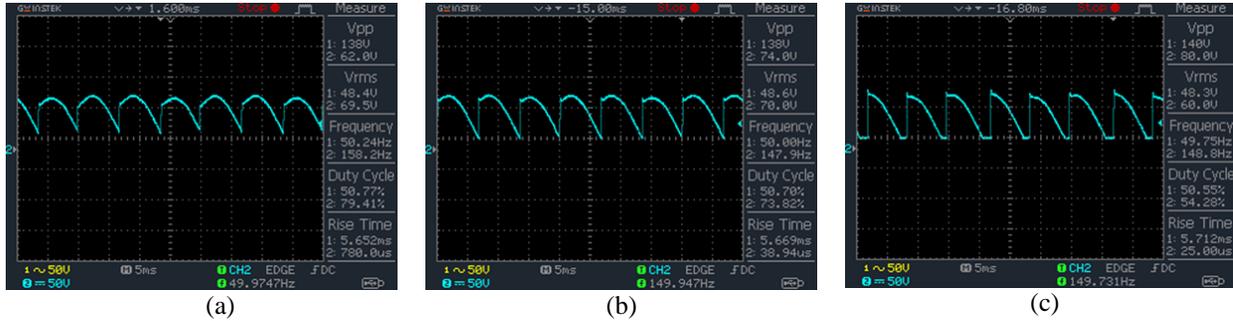
**Hasil Pengujian**

Pengujian konverter setengah gelombang 3 fasa dilakukan dengan tegangan input 50 V<sub>ac</sub> dengan sudut penyalan SCR yaitu 45°, 60°, dan 90°, menggunakan beban resistif 200 Ω. Sedangkan semikonverter setengah gelombang 3 fasavariabel sudut penyalan *thyristor* yaitu 45°, 60°, dan 120°, dan beban resistif 300 Ω. Hasilnya disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

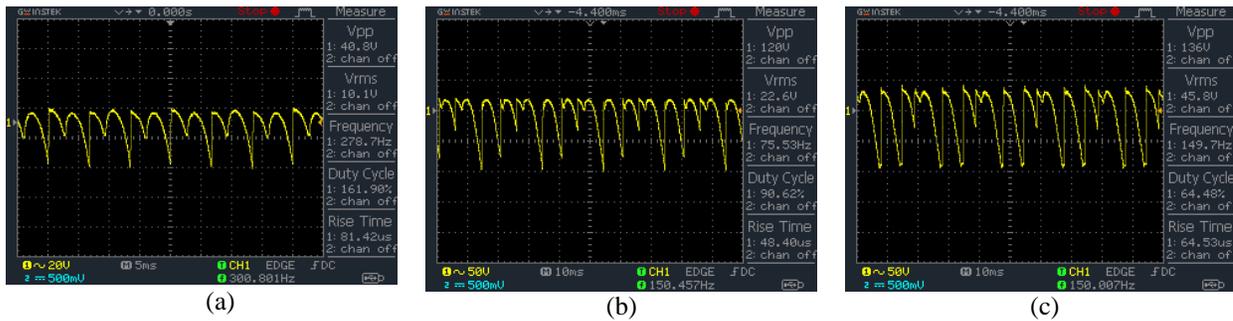
Tabel 1. Hasil Pengukuran Konverter Setengah Geloang 3 Fasa dan Semi Konverter 3 Fasa

$\alpha$ (°)	Tegangan Beban		Arus Beban		Daya
	$V_{rms}$ (V)	$V_{dc}$ (V)	$I_{rms}$ (A)	$I_{dc}$ (A)	P (Watt)
Konverter setengah gelombang					
45	54.5	52.1	0.264	0.2725	16.1
60	52.5	49	0.255	0.255	15
90	46.2	39	0.242	0.204	11.6
Semi konverter					
45	110	110	0,38	0,37	24,5
60	100	97,5	0,34	0,33	14
120	90	62,5	0,315	0,29	11

Gambar 17 menunjukkan sinyal keluaran konverter setengah gelombang dan Gambar 18 adalah sinyal keluaran semi konverter, berdasarkan hasil pengamatan menggunakan osiloskop. Bentuk gelombang tegangan keluaran pada kedua jenis konverter ini sudah mendekati sinyal keluaran seperti referensi di atas akan tetapi pada semi konverter masih terdapat sedikit cacat dari bentuk gelombangnya.



Gambar 16.Sinyal keluaran Konverter Setengah Gelombang 3 Fasa dengan  $\alpha$  (a)  $45^\circ$  (b)  $60^\circ$  dan (c)  $90^\circ$



Gambar 17.Semi Konverter 3 Fasa dengan  $\alpha$  (a)  $45^\circ$  (b)  $60^\circ$  dan (c)  $90^\circ$

**Analisis dan pembahasan**

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu dengan membandingkan hasil yang diperoleh dari hasil pengujian dengan perhitungan secara teori berdasarkan persamaan (2 – 15). Disamping itu akan dilihat bagaimana pengaruh sudut penyalaan ( $\alpha$ ) terhadap parameter penyearah. Tabel 3 menyajikan hasil perhitungan dari parameter-parameter penyearahan konverter setengah gelombang 3 fasa dengan menggunakan persamaan (1) – (8).

Tabel 2. Perhitungan Berdasarkan Teori

$\alpha$ ( $^\circ$ )	Tegangan Beban		Arus Beban		Daya	
	$V_{rms}$ (V)	$V_{dc}$ (V)	$I_{rms}$ (A)	$I_{dc}$ (A)	$P_{rms}$ (W)	$P_{dc}$ (W)
Konverter setengah gelombang						
45	46.63	57.42	0.233	0.287	10.8	16.47
60	46.63	50.38	0.213	0.251	10.86	12.69
90	45.15	33.46	0.205	0.181	6.15	11.08
Semikonverter						
45	104.32	99.45	0.34	0.33	35.46	32.81
60	95.10	87.75	0.317	0.29	27.81	27.76
120	94.84	87.7	0.316	0.292	29.96	25.60

Untuk menguji tingkat keberhasilan. Tabel 3 menyajikan presentasi perbedaan dari parameter-parameter yang diukur dalam penyearah

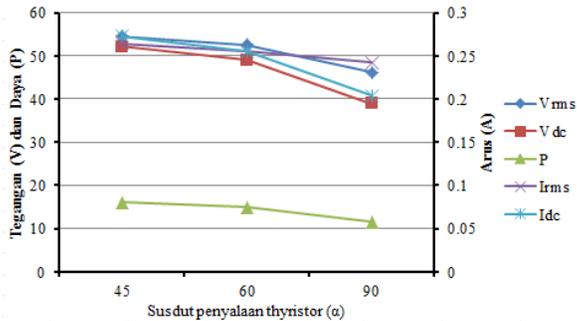
ini. Berdasarkan tabel tersebut perbedaan yang terbesar dari hasil pengukuran dan perhitungan secara teori adalah  $V_{rms}$  sebesar 19.72 %. Sedangkan untuk semikonverter perbedaan yang terbesar dari hasil pengukuran dan perhitungan secara teori adalah  $V_{dc}$  mencapai 13.79%.

Tabel 3. Presentasi kesalahan pengukuran alat yang dibuat.

Parameter	$\alpha$ ( $^\circ$ )		PK (%)			
	$\alpha$ ( $^\circ$ )	PK (%)	$\alpha$ ( $^\circ$ )	PK (%)		
Konverter setengah gelombang						
$V_{rms}$ (V)		16.88	12.59	2.33		
$I_{rms}$ (V)		13.30	19.72	18.05		
$V_{dc}$ (V)	45	9.27	60	2.74	90	16.56
$I_{dc}$ (V)		5.05	1.59	12.71		
$P_{dc}$ (W)		2.25	18.20	4.69		
Semikonverter						
$V_{rms}$ (V)		5.45	5.15	5.1		
$I_{rms}$ (V)	45	11.77	60	7.26	120	0.32
$P_{rms}$ (W)		10.61	11.11	7.68		
$V_{dc}$ (V)		12.12	13.79	0.69		

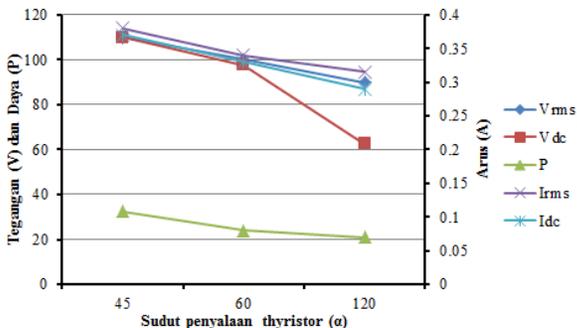
Gambar 18 menunjukkan pengaruh sudut penyalaan thyristor ( $\alpha$ ) terhadap parameter penyearah yang berupa tegangan, arus dan daya. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar sudut penyalaan maka

parameter-parameter penyearahan akan semakin besar pula. Hal ini membuktikan bahwa parameter penyearah sangat bergantung pada besar sudut penyalan thyristornya, hasil ini sudah sesuai dengan persamaan-persamaan yang telah disebutkan di atas.



Gambar 18. Pengaruh sudut penyalan thyristor ( $\alpha$ ) terhadap tegangan, arus dan daya keluaran konverter setengah gelombang 3 fasa.

Gambar 19 dibawah ini menunjukkan pengaruh sudut penyalan thyristor ( $\alpha$ ) terhadap parameter penyearah yang berupa tegangan, arus dan daya. Sama halnya dengan konverter setegah gelombang keluaran dari semi konverter ini juga sangat dipengaruhi oleh sudut penyalan thyristor. Hasil ini sudah sesuai dengan persamaan-persamaan yang telah disebutkan di atas.

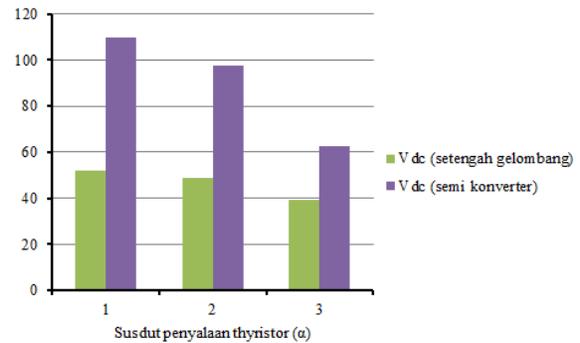


Gambar 19. Pengaruh sudut penyalan thyristor ( $\alpha$ ) terhadap tegangan, arus dan daya keluaran semi konverter 3 fasa.

Gambar 18 dan 19 menunjukkan bahwa semakin besar sudut penyalan thyristor ( $\alpha$ ) semakin kecil nilai dari tegangan dan arus keluaran. Misalnya pada semi konverter dengan sudut  $45^\circ$  didapatkan tegangan rata-rata sebesar 110 V sedangkan pada  $120^\circ$  tegangannya turun menjadi 62.5 V. Secara teori pada dasarnya konverter setengah gelombang 3 fasa dapat beroperasi sampai pada sudut penyalan thyris-

tor ( $\alpha$ ) dari  $0^\circ - 150^\circ$  [12]. Akan tetapi hasil pengujian di atas didapat maskimal sampai  $90^\circ$ . Sedangkan semi konverter 3 fasa operasi maksimalnya yaitu sampai  $120^\circ$  [12], hasil pengujian *trainer* yang dapat mencapai operasi maksimal.

Gambar 20 di bawah ini menunjukkan perbandingan tegangan dan arus keluaran kedua jenis konverter ini. Perbandingan ini untuk melihat besar tegangan keluaran yang dihasilkan oleh kedua jenis konverter. Grafik berikut mempunyai tegangan input yang sama yaitu sebesar  $50 V_{ac}$ . Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa tegangan keluaran semi konverter 2 kali lebih besar dari tegangan keluaran konverter setengah gelombang, hal ini sejalan dengan penelitian oleh [6].



Gambar 20. Tegangan keluaran dari konverter setengah gelombang dan semi konverter.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan di atas, maka kesimpulan yang didapatkan adalah sudut penyalan ( $\alpha$ ) dari rangkaian *trigger* yang diperoleh adalah  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  dan  $90^\circ$  untuk konverter setengah gelombang dan  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  dan  $120^\circ$  untuk semi konverter. Alat yang dibuat sudah memiliki kinerja yang cukup bagus dengan presentasi kesalahan rata-rata sebesar 10.39% pada konverter setengah gelombang dan 8.24% pada semi konverter. Presentasi kesalahan terendah pada konverter setengah gelombang adalah 1.59% yang terjadi pada  $I_{dc}$  dengan sudut penyalan ( $\alpha$ )  $45^\circ$  sedangkan yang tertinggi terjadi pada  $P_{dc}$  dengan sudut penyalan ( $\alpha$ )  $90^\circ$  sebesar 19.72%. Untuk semi konverter Presentasi kesalahan terendah adalah 0.68% yang terjadi pada  $I_{dc}$  dengan sudut pen-

yalaan ( $\alpha$ )  $120^\circ$  sedangkan yang tertinggi terjadi pada  $P_{rms}$  dengan sudut penyalan ( $\alpha$ )  $120^\circ$  sebesar 17.97%. Tegangan keluaran semikonverter mempunyai 2 kali lebih besar dari pada tegangan konverter setengah gelombang.

## 6. SARAN

Untuk memperbaiki rangkaian triger sehingga kinerja sudut penyalan dapat bekerja secara maksimal dapat dibuat dengan menggunakan sinyal PWM dari mikrokontrol. Berdasarkan penemuan di atas berkurangnya kinerja dari konverter ini lebih besar disebabkan oleh penyalan thyristor yang belum maksimal

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prabhandita Aditya, "Pengembangan Dan Implementasi Media Pembelajaran Trainer Kit Sensor Ultrasonik Pada Mata Diklat Praktik Sensor Dan Transduser Di SMKN 2 Depok Sleman," Yogyakarta, Doctoral dissertation 2012.
- [2] David Richo Kristanto and Aris Ansori, "Pengembangan Media Pembelajaran Praktikum Kelistrikan Body Otomotif Untuk Meningkatkan Kualitas Pembelajaran Mahasiswa D3 Teknik Mesin UNESA," Jurnal Pendidikan Teknik Mesin, vol. 01, no. 03, pp. 40-49, 2013.
- [3] Cahya Agung, "Rancang Bangun Inverter 3 Fasa untuk Pengaturan Kecepatan Motor Induksi," Elektronika, Politeknik Negeri Surabaya, Surabaya, 2012.
- [4] Mochammad Abdillah, Endro Wahyono, and Hendik Eko, "Rancang Bangun Rangkaian AC to DC Full Converter Tiga Fasa dengan Harmonisa Rendah," Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, 2101.
- [5] Antares Ahmad Adam, "Rangkaian Penyearah Setengah Terkendali Tiga Fasa untuk Pengendalian Karakteristik Motor Arus Searah Shunt," Teknik Elektro, Universitas Tadulako, Gorontalo, 2011.
- [6] Pandu Sandi Pratama and Agung Warsito, "Perancangan Modul Pemicuan Thyristor Untuk Berbagai Aplikasi Penyearah Terkontrol Dengan Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA8535," Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2008.
- [7] Tarmizi, "Desain Sistem Kontrol Sudut Penyalan Thyristor Komutasi Jaringan Berbasis Mikrokontroler PIC 16F877," Jurnal Rekayasa ElektriKA, vol. 9, no. 1, pp. 16-23, April 2010.
- [8] Donal Siagian and Riswan Dinzi, "Analisis Penyearah Tiga Fasa Terkontrol Penuh Dengan Simulasi MATLAB," Singuda Ensikom, vol. 7, no. 2, pp. 68-74, Mei 2014.
- [9] Sunomo, "Desain dan Implementasi kendali Fasa Thyristor Untuk Sistem Tiga Fasa Berbasis Penguat Operasi," Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2011.
- [10] Muhammad H Rashid, Power Electronic Circuit, Device, and Application, 3rd ed. Burlington: Elsevier Inc, 2011.
- [11] M D Singh and K B Khanchandani, *Power Electronics*, 2nd ed. New Dehli: Tata McGraw-Hill, 2007.
- [12] Istanto W. Djatmiko, *Bahan Ajar Elektronika Daya*. Yogyakarta, Indonesia, 2010.
- [13] Tony R. Kuphaldt. (2012, Desember) [Online]. [http://www.faqs.org/docs/electric/Semi/SEMI\\_7.html](http://www.faqs.org/docs/electric/Semi/SEMI_7.html)