JURNAL TEKNOLOGI TERPADU Vol. 5 No. 1 April 2017 ISSN 2338 - 6649

Received: March 2017	Accepted: March 2017	Published: April 2017

Perancangan dan Pembuatan *Trainer* Penyearah Terkendali 3 Fasa

Usman [1*], Fatmawati Azis [2], Ardy Wirana [3], Rahmiani Habibuddin[4]
[1,2,3,4] *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, terlabih pada tingkatan pendidikan vokasi seperti politeknik. Keberadaannya sangat dibutuhkan untuk meningkatkan skill peserta didik serta memudahkan tenaga pengajar dalam melakukan proses belajar mengajar khusunya untuk kegiatan praktikum. Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah menghasilkan sebuah triner praktikum penyearah 3 fasa terkendali, dimana parameter-parameter penyearahnnya 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 menunjukan nilai tegangan arus dan daya keluaran menujukan 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 kegiatn 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 t*rainer* 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}. Mochammad 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 α = 50º dan tegangan keluaran terkecil adalah dengan sudut pemicuan α = 115º. Penelitian oleh [6] hasilnya tegangan kerja *output* penyearah terkontrol dapat divariasi 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˚, sedangkan pada penyearah 3 fasa setengah jembatan rentang pengaturan tegangan hingga 150˚, sedangkan penyearah 3 fasa terkontrol penuh rentang pengaturan tegangan sebesar 120˚. Rangkaian *trigger* seperti yang di lakukan oleh [7] mengahasilkan rangkaian *trigger* untuk rangkaian penyearah terkendali satu fasa gelombang penuh, dan rangkaian pengontrol tegangan AC satu fasa sudut penyalaannya dapat diatur dari 0º – 180º. Sinyal *trigger* rangkaian penyearah terkendali tiga fasa gelombang penuh sudut penyalaannya dapat diatur dari 0º – 60º.

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah menghasilkan media/*trainer* praktikum penyerah 3 fasa terkendali untuk mahasiswa Program D3 mahasiswa Teknik Listrik, Politeknik Bosowa dengan parameter-parameter penyerah 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 terkendali (*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 penyalaan *thyristor*.

B. Konverter Setengah Gelombang

Topologi konverter setengah gelombang tiga fasa ditunjukan pada Gambar 1. Ketika thyristor T_1 dinyalakan pada ωt - π/6 + α, tegangan fasa V_{an}akan muncul i pada beban hingga thyristor T_2 dinyalakan pada ωt = 5π/6 + α. 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 ωt = 3π/2 + α. 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 $30 \leq \alpha \leq 150$

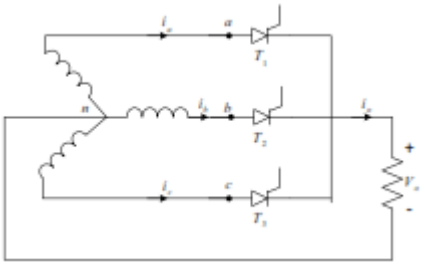
$$V_{dc} = \frac{3V_m}{2\pi}\left[1 + \cos\left(\frac{\pi}{6} + \alpha\right)\right] \quad (5)$$

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

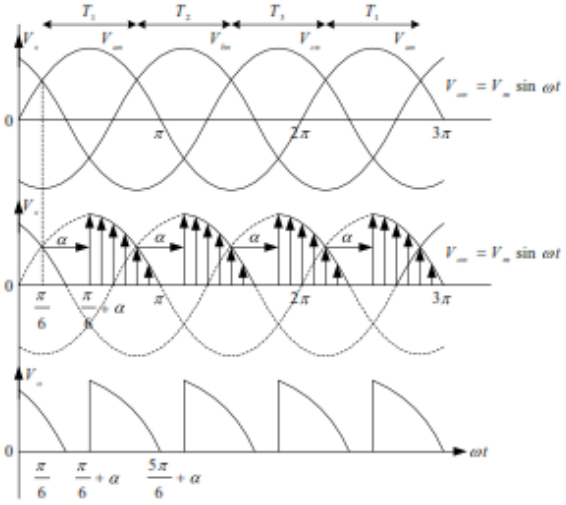
Untuk menghitung daya keluaran digunakan persamaan berikut :

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

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



(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 ditunjukan pada gambar 2.Sudut penyalaannya (α) dapat diatur pada interval 0º sampai 180º [5]. Faktor daya konverter ini akan menurun dengan naiknya sudut penyalaan, akan tetapi akan lebih baik dari pada konverter setengah gelombang 3 fasa dan Frekuensi tegangan keluaran adalah 3 kali frekuensi awal [7]. Selama periode π/6 < ωt < 7π/6, thyristor T_1 terbias maju. Jika T_1 dinyalakan pada ωt (π/6+α), T_1 dan D_1akan konduksi dan tegangan saluran V_{ac} akan muncul pada beban. Pada ωt = 7π/6, V_{a-c}akan mulai negatif dan dioda freewheeling D_m konduks, sehingga arus beban kontinyu mengalir melalui D_m dan T_1 dan D_1 menjadi *off*. Bila tidak dipasangkan dioda freewheeling D_m, T_1akan terus konduksi hingga thyristor T_2 dinyalakan pada ωt = 5π/6+α dan aksi dioda freewheeling akan digantikan melalui T_1 dan D_2. Bila α < π/3, masing-masing thyristor konduksi pada 2π/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 $0 \le \alpha \le 30$

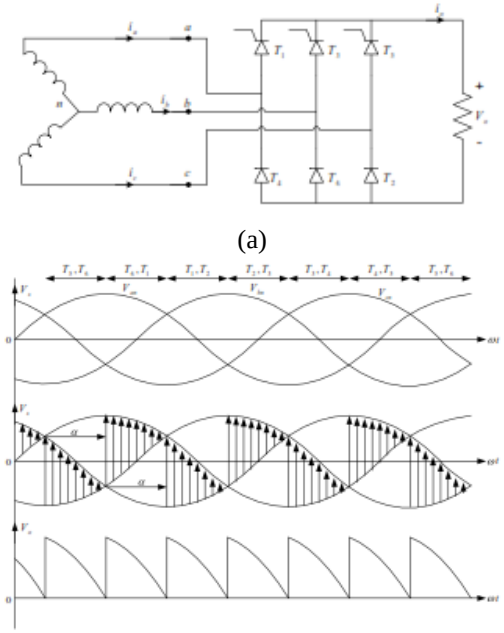
$$V_{dc} = \frac{\sqrt{3}\,V_m}{2\pi}(1 + \cos\alpha) \quad (9)$$

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

Untuk $30 \le \alpha \le 150$

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

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



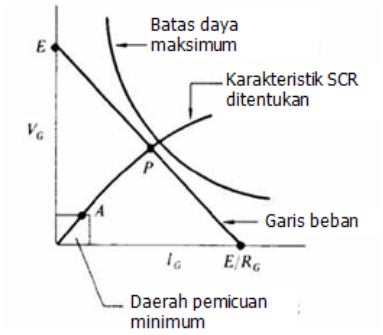
(a)

(b)

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

D. Rangkaian *Trigger*

Rangkaian *trigger* merupakan rangkain yang berfungsi menghasilkan sinyal input gate untuk mengaktifkan SCR. Untuk menentukan rangkaian pemicu 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 pemicuan minimum SCR pada titik A dan titik.kerja pemicuan yang ditentukan pada titik P[12].

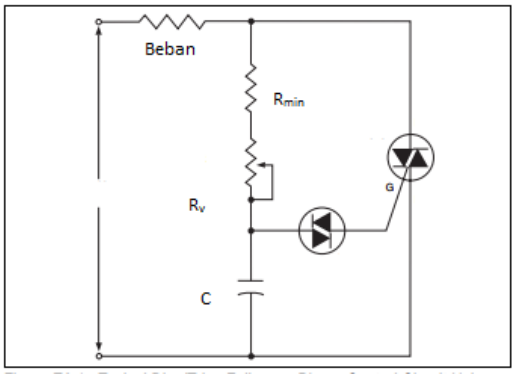


Gambar 3.Karakteristik $V_g - I_g$ SCR[12].

Rangkaian pemicu ditinjau dari proses pembentukan tegangan pemicu 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 pemicu berikut merupakan beberapa contoh rangkaian pemicu yang umum digunakan.Gambar 4 merupakan salah satu contoh rangkaian pemicu SCR dengan resistor. Sudut pemicuan 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:

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



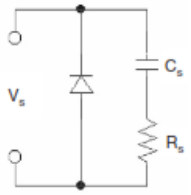
Gambar 4.Rangkaian Pemicu Resistor[12].

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 ditunjukan 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 :

$$\frac{dv}{dt} = \frac{0.632V_s}{R_s C_s} \qquad (14)$$



Gambar 5.Rangkaian *snubber* [10].

Dimana V_s tegangan input dioda, Biasanya nilai dv/ dt dioda dapat ditemukan pada *datasheet* 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 :

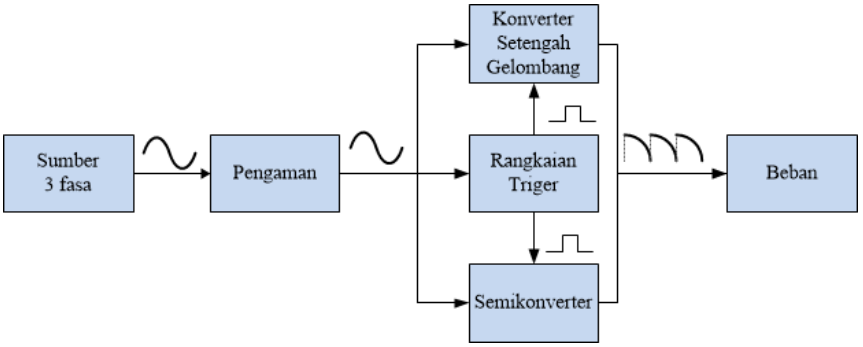
$$R_S = \frac{V_s}{I_{RR}} \qquad (15)$$

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

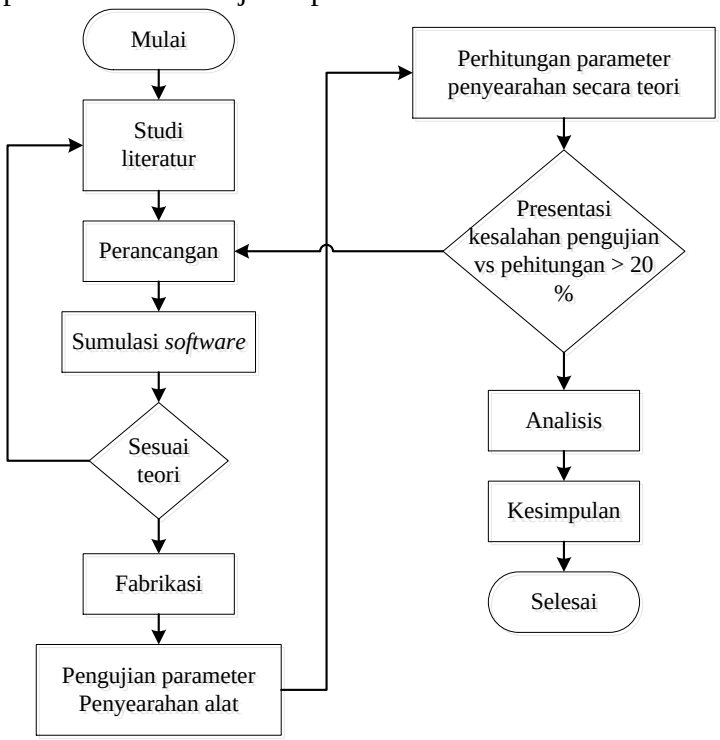
Gambar berikut menunjukan blok diagram dari trainer yang akan di buat. Secara umum ada tiga blok utama yaitu blok rangkaian *trigger*, konverter setengah gelombang 3 fasa dan semi konverter 3 fasa.



Gambar 6.Blok Diagram trainer.

Diagram alir

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

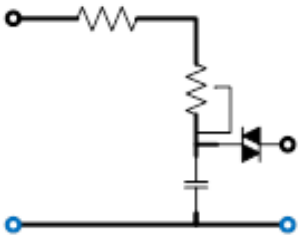


Gambar 7. Diagram alir penelitian

Desain Skematik Rangkaian

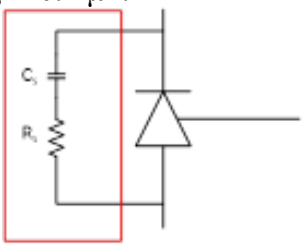
Trainer ini terdiri dari 3 modul utama yaitu rangkaian konverter setengah gelombang 3 fasa, rangkaian semikonverter 3 fasa dan rangakain *trigger*.

Rangkaian *trigger* direncanakan dengan tegangan input 50 V_{AC}, dengan demikian R_{min} dihitung dengan persamaan (13), didapatkan nilai 3.3 kΩ. Nilai kapasitor ditentukan sebesar 0.1 μF 100 V, dengan demikian rangkaiannya sebagai berikut.



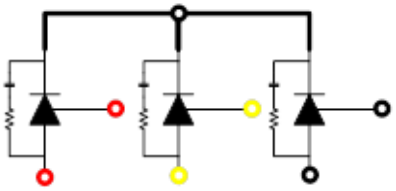
Gambar 8. Skematik Rangkaian *Trigger*

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 Ω dan C_S = 0.1 μF.



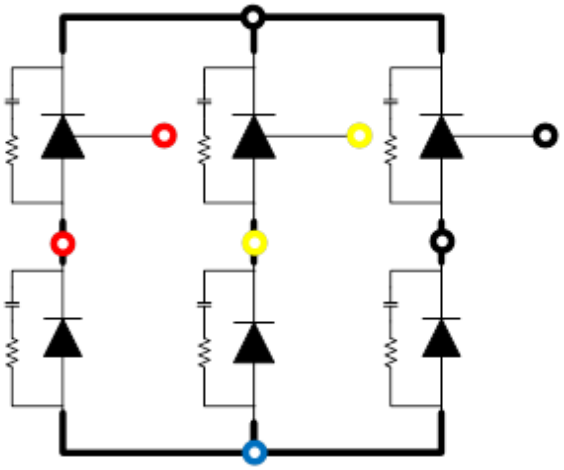
Gambar 9. Rancangan rangkaian *snubber*

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

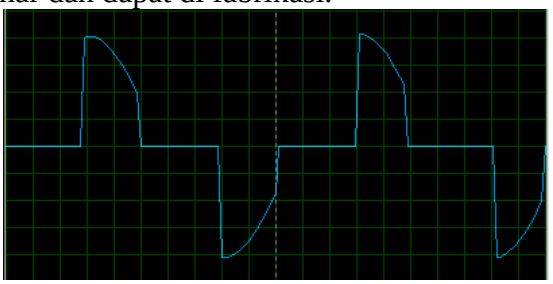


Gambar 11.Skematik Semikonverter 3 Fasa.

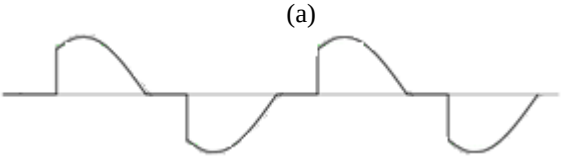
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

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 perencagan dan fabrikasi.Gambar di bawah ini menunjukan hasil simulasi dari perancangan rangkaian *trigger*. Rangkaian *trigger* ini pada dasarnya melihat karakteristik Diac. Beradasarkan 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.



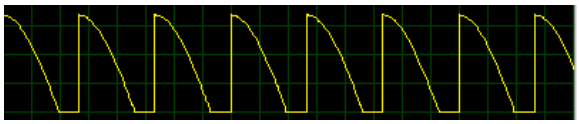
(a)



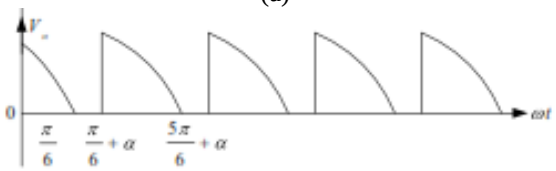
(b)

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

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



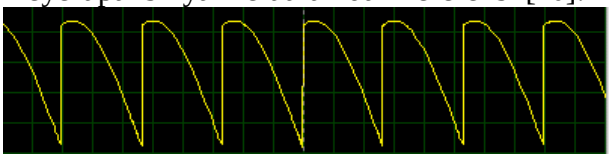
(a)



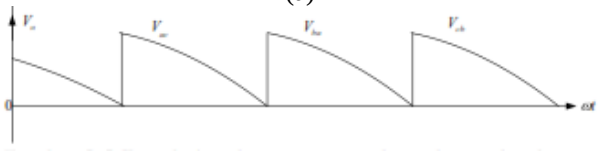
(b)

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

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



(a)

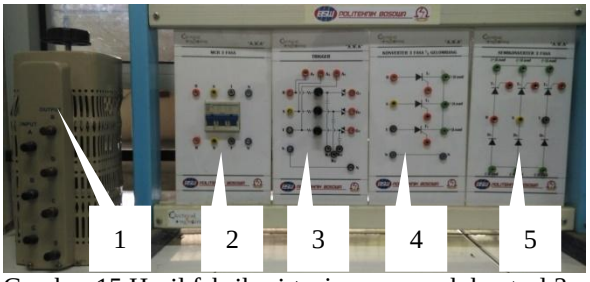


(b)

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

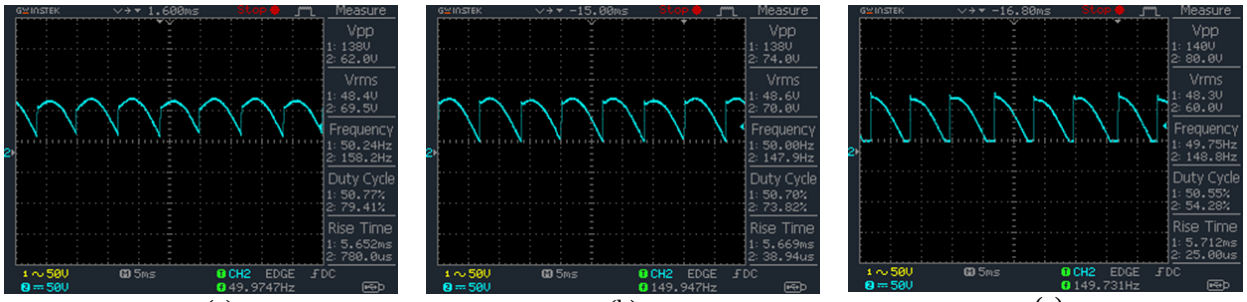
Hasil Pengujian

Pengujian konverter setengah gelombang 3 fasa dilakukan dengan tegangan input 50 V_{ac} dengan sudut penyalaan SCR yaitu 45°,60°, dan 90°, menggunakan beban resistif 200 Ω. Sedangkan semikonverter setengah gelombang 3 fasavariabel sudut penyalaan *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

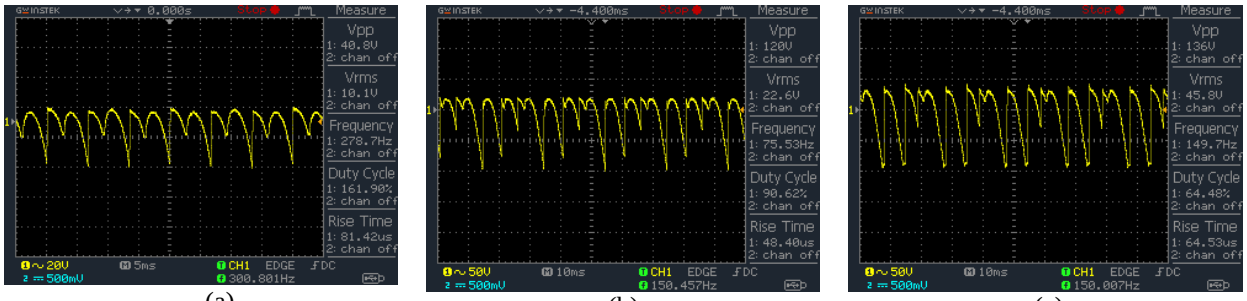
α (°)	**Tegangan Beban**		**Arus Beban**		**Daya**
	V_{rms} (V)	**V_{dc} (V)**	**I_{rms}(A)**	**I_{dc} (A)**	**P (Watt)**
Konverter setengah gelombang					
45	54.5	52.1	0.264	0.2725	16.1
60	52.5	49	0.255	0.255	15
90	46.2	39	0.242	0.204	11.6
Semi konverter					
45	110	110	0,38	0,37	24,5
60	100	97,5	0,34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

Gambar 17 menunjukan 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 tetapai pada semi konveter masih terdapata sedikit cacat dari bentuk gelombangnya.



(a) (b) (c)

Gambar 16.Sinyal keluaran Konverter Setengah Gelombang 3 Fasa dengan α (a) 45º (b) 60º dan (c) 90º



(a) (b) (c)

Gambar 17.Semi Konverter 3 Fasa dengan α (a) 45º (b) 60º dan (c) 90º

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 (α) 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

α (°)	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

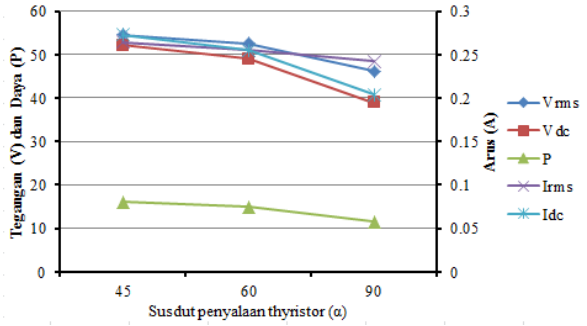
Untuk menguji tingkat keberhasilan.Tabel 3 meyajikan presentasi perbedaan dari parameter-parameter yang diukur dalam penyaarah ini.Berdasarkan tabel tersebut perbedaan yang terbesar dari hasil pengukuran dan perhitungan secara teori adalah V_{rms}sebesar 19.72 %. Sedangkan untuk semikonverter perbedaan yang terbesar dari hasil pengukuran dan perhitungan secara teori adalah V_{dc}mencapai 13.79%.

Tabel 3. Presentasi kesalahan pengukuran alat yang dibuat.

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

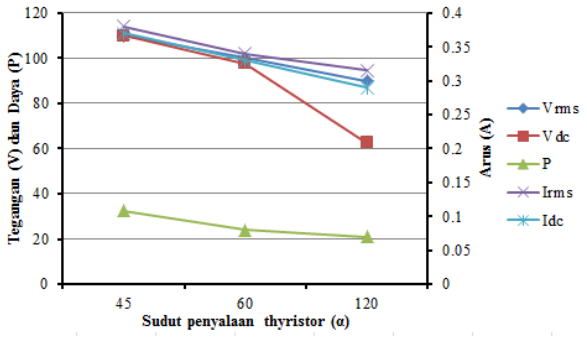
Gambar 18 menunjukan pengaruh sudut penyalaan thyristor (α) terhdap parameter penyearah yang berupa tegangan, arus dan daya. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar sedut penyalaan maka

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



Gambar 18. Pengaruh sudut penyalaan thyristor (α) terhdap tegangan, arus dan daya keluaran konverter setengah gelombang 3 fasa.

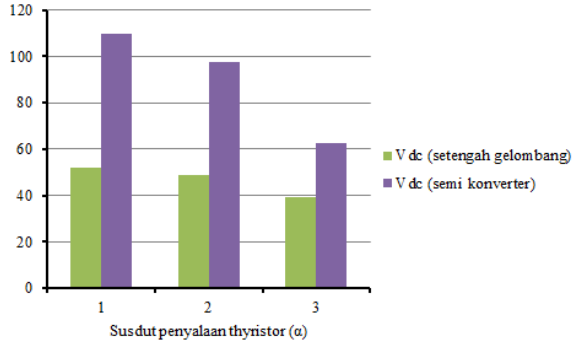
Gambar 19 dibawah ini menunjukan pengaruh sudut penyalaan thyristor (α) terhdapa parameter penyearah yang berupa tegangan, arus dan daya.Sama halnya dengan konverter setegah gelombang keluaran dari semi konverter ini juga sangat dipengaruhi oleh sudut penyalaan thyristor.Hasil ini sudah sesuai dengan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



Gambar 19. Pengaruh sudut penyalaan thyristor (α) terhdap tegangan, arus dan daya keluaran semi konverter 3 fasa.

Gambar 18 dan 19 menunjukan bahwa semakin besar sudut penyalaan thyristor (α) semakin kecil nilai dari tegangan dan arus keluaran. Misalnya pada semi konverter dengan sudut 45º didapatkan tegangan rata-rata sebesar 110 V sedangkan pada 120º tegangannya turun menjadi 62.5 V. Secara teori pada dasarnya konverter setengah gelombang 3 fasa dapat beroperasi sampai pada sudut penyalaan thyristor (α) dari 0º - 150º [12]. Akan tetapi hasil pengujian di atas didapat maskimal sampai 90º. Sedangkan semi konveter 3 fasa operasi maksimalnya yaitu sampai 120º [12], hasil pengujian *trainer* yang dapat mencapai operasi maksimal.

Gambar 20 di bawah ini menunjukan perbandingan tegangan dan arus keluaran kedua jenis konveter 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 stengah 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 pembahahasan di atas, maka kesimpulan yang didapatkan adalah sudut penyalaan (α) dari rangkaian *trigger* yang diperoleh adalah 45º, 60º dan 90º untuk konverter setengah gelombang 45º, 60º dan 120º 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 penyalaan (α) 45º sedangkan yang tertinggi terjadi pada P_{dc} dengan sudut penyalaan (α) 90º sebesar 19.72%. Untuk semi konverter Presentasi kesalahan terendah adalah 0.68% yang terjadi pada I_{dc} dengan sudut pen-

yalaan (α) 120º sedangkan yang tertinggi terjadi pada P_{rms} dengan sudut penyalaan (α) 120º 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 penyalaan 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 penyalaan 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 MotorArus 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 Mikrokontroller ATMEGA8535," Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2008.

[7] Tarmizi, "Desain Sistem Kontrol Sudut Penyalaan 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 Aplication, 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