

Rancang Bangun Modul Praktikum Penyearah Satu Fasa Terkendali

Marhatang¹, Remigius Tandioga², Muhammad Ruswandi Djalal³, Andi Muh. Ilham⁴, Rifa Dwia Ayanis⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang

Email Penulis: ¹marhatang@poliupg.ac.id, ²remigius.tandioga@poliupg.ac.id, ³wandi@poliupg.ac.id, ⁴ilhamtke@gmail.com, ⁵rifadwi@gmail.com

Article Info

Article history:

Received January 12th, 2022

Revised January 20th, 2022

Accepted February 26th, 2022

Keyword:

Modul
Penyearah
Satu-Fasa
Setengah Gelombang
Terkendali

ABSTRACT

The Industrial Electronics Practicum is an advanced learning process complementing theoretical knowledge and is mandatory for every student in the Energy Conversion Engineering (TKE) Study Program at Ujung Pandang State Polytechnic (PNUP). Nevertheless, its implementation is often suboptimal due to the lack of practicum modules available in the TKE Laboratory. To address this issue, this research aims to design and create a practicum module for a controlled single-phase rectifier, filling the gap in the TKE Laboratory's offerings. The design carried out in this research begins with thyristor selection, control circuit design, mechanical design, and power circuit design. After the design is carried out, it continues with manufacturing and assembly, tool testing, and data analysis. In the practical module testing, this controlled single-phase rectifier uses half waves, with a resistive load (R). The test results of the module that has been created show that this practical module can operate well and produce an output waveform that can be said to be in accordance with theory.

Copyright © 2022 Jurnal JEETech.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Marhatang,
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang,
Jl. Perintis Kemerdekaan KM.10, Makassar,
Email: marhatang@poliupg.ac.id

Abstrak—Praktikum Elektronika Industri menjadi pembelajaran lanjutan dari proses pembelajaran teori yang wajib dilaksanakan oleh setiap mahasiswa pada Program Studi Teknik Konversi Energi (TKE), Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP). Namun pelaksanaannya seringkali belum maksimal karena kurangnya modul praktikum yang tersedia di Laboratorium TKE. Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menyediakan modul praktikum sebagai media pembelajaran tambahan pada Laboratorium TKE. Proses pengerjaan terdiri dari perancangan dan pembuatan modul praktikum penyearah satu fasa terkontrol. Perancangan dimulai dengan pemilihan thyristor yang digunakan, perancangan rangkaian kontrol, perancangan mekanik, dan perancangan rangkaian daya. Kemudian dilanjutkan dengan perakitan, pengujian, dan analisis data. Pada pengujian di sini modul praktikum penyearah satu fasa terkendali menggunakan setengah gelombang, dengan beban resistif (R). Hasil pengujian didapatkan kinerja modul dapat beroperasi dengan baik dan menghasilkan bentuk gelombang keluaran yang dapat dikatakan sesuai dengan teori.

I. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan teknologi, bidang elektronika pada era ini semakin dibutuhkan sehingga perkembangannya semakin pesat [1]. Elektronika daya

merupakan bidang ilmu yang berkaitan dengan pengendalian dan pengaturan daya listrik yang dilakukan secara elektronik [2, 3]. Sejalan dengan Program Studi Teknik Konversi Energi (TKE), Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP), bidang elektronika daya dijadikan salah satu bidang yang ditekuni dalam mata kuliah Elektronika Industri. Untuk memaksimalkan pembelajaran teori maka kegiatan praktikum dijadikan sebagai bentuk pembuktian teori yang telah dipelajari.

Praktikum Elektronika Industri adalah salah satu mata kuliah wajib dan juga merupakan pembelajaran lanjutan dari mata kuliah teori. Namun pelaksanaannya seringkali belum maksimal karena kurangnya modul praktikum yang tersedia di Laboratorium TKE PNUP.

Terdapat lima subbidang yang dapat dilaksanakan dalam praktikum Elektronika Industri, yaitu konversi ac-dc, konversi dc-ac, konversi dc-dc, konversi ac-ac, dan aplikasi elektronika daya [4, 5]. Percobaan konversi *ac-dc* terkendali satu fasa belum dapat dilaksanakan secara optimal di Laboratorium TKE PNUP. Hal ini disebabkan belum ada modul praktikum yang memadai sesuai standar untuk job konversi *ac-dc* terkendali satu fasa. Beberapa pengembangan modul

praktikum elektronika daya telah dilakukan, seperti [4] membahas pengembangan modul praktikum elektronika daya pada Politeknik Bosowa. Pada [6] membahas tentang modul praktikum penyearah pada Program Studi Teknik Elektronika ATI Dewantara Palopo. Pada [7] membahas pembuatan modul penyearah 3 fasa untuk praktikum pada Politeknik Negeri Balikpapan. Serta penelitian [8] yang membahas penerapan modul praktikum penyearah pada Universitas Balikpapan.

Dalam penelitian rancang bangun ini, penulis akan membuat modul praktikum di Laboratorium TKE PNUP dengan judul “Rancang Bangun Modul Praktikum Penyearah Satu Fasa Terkendali”. Pembuatan modul praktikum ini untuk mengoptimalkan pelaksanaan pembelajaran praktikum Elektronika Industri dan dapat memadai sarana yang membantu mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang khususnya Program Studi Teknik Konversi Energi.

II. Metode Penelitian

A. Tahap Perancangan

Rancang bangun modul penyearah satu fasa terkendali ini akan digunakan untuk praktikum elektronika daya di Laboratorium TKE PNUP. Alat penyearah mendapat input dari sumber tegangan bolak-balik (ac) tiga fasa yang akan disearahkan menjadi tegangan searah (dc) dengan menggunakan dua buah thyristor untuk pengujian center-tap dan satu buah thyristor untuk pengujian setengah gelombang. Adapun thyristor dikontrol oleh rangkaian trigger sehingga besar kecilnya keluaran dari penyearah tergantung pada penyalan sudut pada rangkaian trigger.

1. Perancangan Rangkaian Kontrol

Pada perancangan rangkaian kontrol ini menggunakan *thyristor*.

2. Perancangan Mekanik

Pada perancangan mekanik dalam hal ini adalah perancangan kotak (box) dari alat yang digambar atau didesain menggunakan *Software SolidWorks*.

3. Perancangan Rangkaian Daya

Pada perancangan rangkaian daya modul penyearah satu fasa terkendali dilakukan menggunakan *Software Microsoft Visio*.

B. Tahap Pembuatan dan Perakitan

Tahap pembuatan dan perakitan dilakukan ketika tahap perancangan telah selesai. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan dan perakitan, yaitu :

1. Menyiapkan semua alat dan bahan yang digunakan.
2. Membuat rangkaian kontrol di papan PCB.
3. Membuat rangkaian daya.
4. Merangkai semua rangkaian sesuai dengan rancangan

C. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan setelah rancang bangun selesai dan dilanjutkan dengan pengambilan data yang akan dilakukan

di Laboratorium Teknik Konversi Energi. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

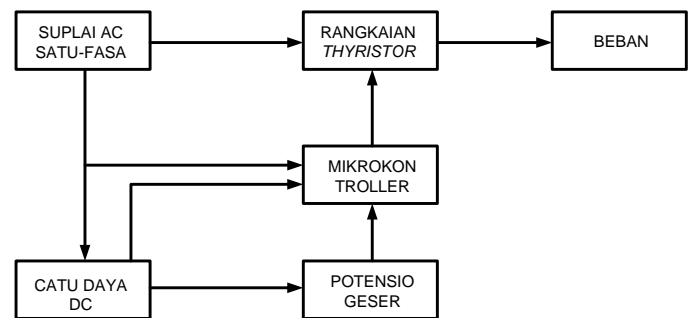
1. Menempatkan alat di Laboratorium Teknik Konversi Energi.
2. Merangkai sumber tegangan dan alat ukur.
3. Mengkalibrasi semua alat ukur.
4. Mengaktifkan suplai listrik dari sumber tegangan jala-jala satu fasa yang akan dikonversi.
5. Mengukur sudut penyalan pada rangkaian kontrol.
6. Mengukur parameter-parameter.
7. Pengujian selesai.

D. Teknik Analisis Data

Dalam proses pengolahan data penulis menganalisa beberapa parameter-parameter. Parameter-parameter tersebut seperti V_{dc} , V_{rms} , I_{dc} , I_{rms} , $I_{s(av)} = I_T$ dan $I_s = I_{T(rms)}$.

E. Perancangan Rangkaian Kontrol

Diagram blok rangkaian kontrol pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok rangkaian kontrol penyearah satu fasa terkendali

F. Perancangan Mekanik

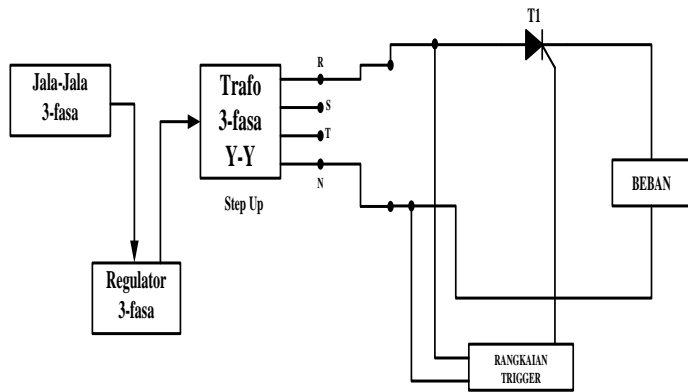
Hasil perancangan mekanik dalam bentuk modul dapat dilihat pada Gambar 2.



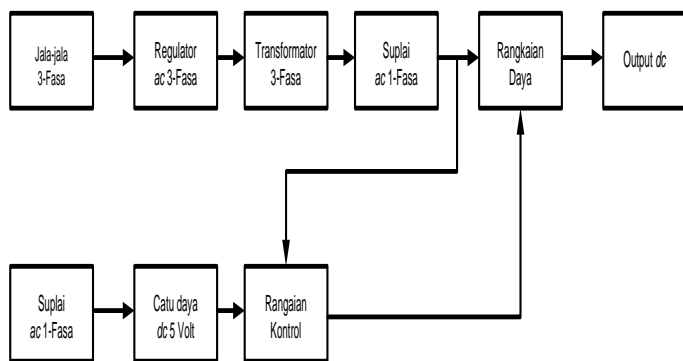
Gambar 2. Hasil perancangan bodi modul praktikum penyearah satu fasa terkendali

G. Perancangan Rangkaian Daya

Gambar 3 memperlihatkan diagram blok dari rangkaian daya. Sedangkan gambar 4 menunjukkan diagram blok rangkaian daya penyearah satu fasa terkendali.



Gambar 3. Rangkaian daya penyearah satu fasa terkendali setengah gelombang



Gambar 4. Diagram blok rangkaian daya penyearah satu fasa terkendali

Penyearah *center-tap* satu fasa terkendali dan penyearah setengah gelombang satu fasa terkendali merupakan rangkaian yang mengkonversikan tegangan bolak-balik (*ac*) satu fasa menjadi tegangan searah (*dc*) yang outputnya bisa diatur. Sistem konverter satu fasa *center-tap* ini hanya membutuhkan suplai daya *ac* satu fasa tiga kawat dengan titik netral (*n*), sedangkan sistem konverter setengah gelombang satu fasa hanya membutuhkan suplai daya *ac* satu fasa dua kawat dengan titik netral (*n*). Rangkaian konverter satu fasa *center-tap* terkendali terdiri dari dua buah *thyristor* dan rangkaian

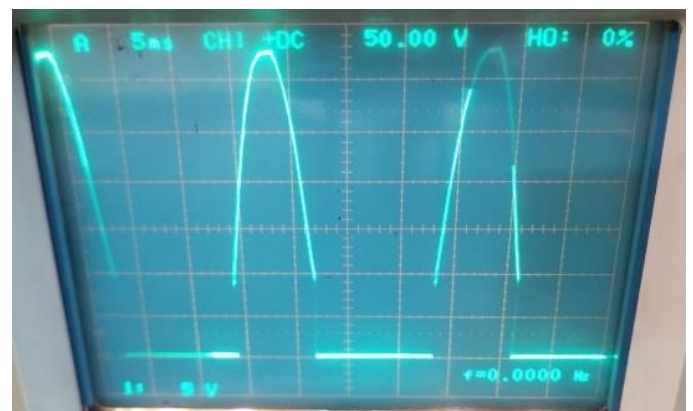
konverter satu fasa setengah gelombang terkendali terdiri dari satu buah *thyristor*. *Thyristor* tersebut dikendalikan dengan menggunakan rangkaian trigger untuk mendapatkan tegangan output yang bisa diatur

III. Hasil dan Pembahasan

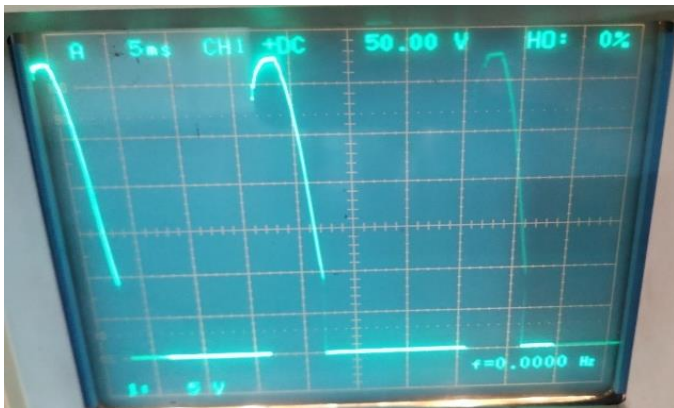
Dalam pengujian ini penyearah satu fasa terkendali setengah gelombang akan diuji dengan memakai beban resistif dengan nilai 10 kΩ. Data hasil pengukuran alat ukur dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan bentuk-bentuk gelombang tegangan beban pada berbagai nilai α (sudut penyalan) diperlihatkan pada Gambar 5 sampai Gambar 9. Secara aktual alat kontrol dapat menghasilkan nilai α pada 0° dan 180°, namun bentuk-bentuk gelombang yang muncul tidak stabil sehingga hanya bentuk gelombang dalam jangkauan 0° < α < 180° yang diamati.

Tabel 1. Hasil pengujian penyearah satu fasa terkendali setengah gelombang berbeban R = 10 kΩ

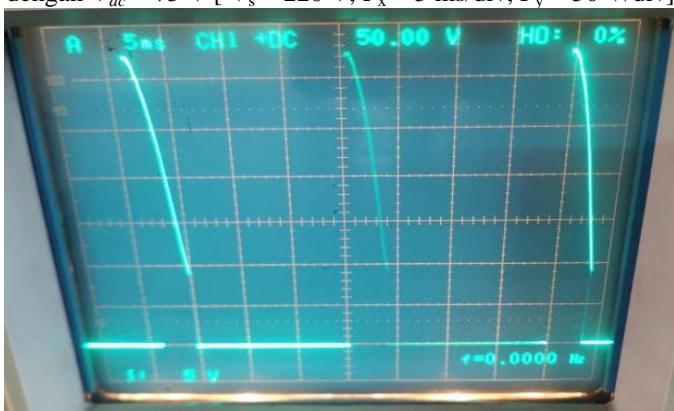
No	V _s (V)	V _{dc} (V)	V _{rms} (V)	I _{dc} (A)	I _{rms} (A)	I _{s(av)} = I _T (A)	I _s = I _{T(rms)} (A)
1	220	93	222	0,01	0,02	0,01	0,02
2	220	75	171	0,01	0,02	0,01	0,01
3	220	42	93	0,008	0,01	0,008	0,01
4	220	9	18	0,001	0,01	0,001	0,01
5	220	1,5	3	0,001	0,01	0,001	0,01



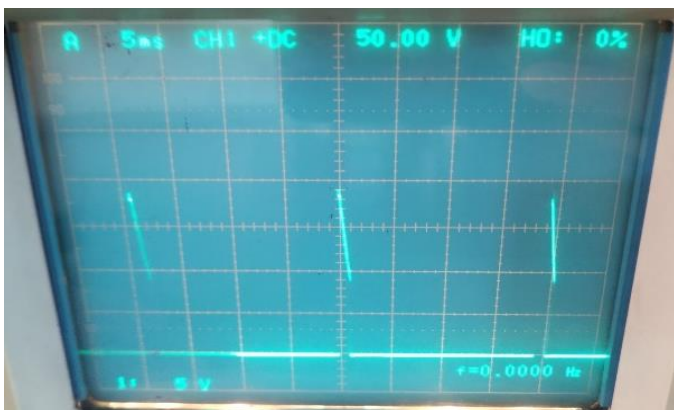
Gambar 5. Bentuk gelombang tegangan beban dari penyearah satu fasa terkendali setengah gelombang berbeban R = 10 kΩ dengan V_{dc} = 93 V [V_s = 220 V, F_x = 5 ms/div, F_y = 50 V/div]



Gambar 6. Bentuk gelombang tegangan beban dari penyearah satu fasa terkendali setengah gelombang berbeban $R = 10 \text{ k}\Omega$ dengan $V_{dc} = 75 \text{ V}$ [$V_s = 220 \text{ V}$, $F_x = 5 \text{ ms/div}$, $F_y = 50 \text{ V/div}$]



Gambar 7. Bentuk gelombang tegangan beban dari penyearah terkendali satu fasa setengah gelombang berbeban $R = 10 \text{ k}\Omega$ dengan $V_{dc} = 42 \text{ V}$ [$V_s = 220 \text{ V}$, $F_x = 5 \text{ ms/div}$, $F_y = 50 \text{ V/div}$]



Gambar 8. Bentuk gelombang tegangan beban dari penyearah satu fasa terkendali setengah gelombang berbeban $R = 10 \text{ k}\Omega$ dengan $V_{dc} = 9 \text{ V}$ [$V_s = 220 \text{ V}$, $F_x = 5 \text{ ms/div}$, $F_y = 50 \text{ V/div}$]



Gambar 9. Bentuk gelombang tegangan beban dari penyearah satu fasa terkendali setengah gelombang berbeban $R = 10 \text{ k}\Omega$ dengan $V_{dc} = 1,5 \text{ V}$ [$V_s = 220 \text{ V}$, $F_x = 5 \text{ ms/div}$, $F_y = 50 \text{ V/div}$]

Perhitungan sudut penyalan thyristor (α) berdasarkan harga rata-rata tegangan beban (V_{dc}) berbeban $R = 10 \text{ k}\Omega$

Dari data No. 1 Tabel 1:

$$V_s = 220 \text{ V}$$

$$V_{dc} = 93 \text{ V}$$

Berdasarkan Gambar 5 maka diperkirakan bahwa $0^\circ < \alpha < 180^\circ$ sehingga berlaku persamaan :

$$V_{dc} = \frac{V_s \sqrt{2} (1 + \cos \alpha)}{2\pi}$$

Dan didapatkan :

$$\begin{aligned} \alpha &= \cos^{-1} \left(\frac{V_{dc} 2\pi}{V_s \sqrt{2}} - 1 \right) \\ &= \cos^{-1} \left(\frac{93 \cdot 2\pi}{220\sqrt{2}} - 1 \right) \\ &= 28,6^\circ \end{aligned}$$

Dari data No. 2 Tabel 1:

$$V_s = 220 \text{ V}$$

$$V_{dc} = 75 \text{ V}$$

Berdasarkan Gambar 6 maka diperkirakan bahwa $0^\circ < \alpha < 180^\circ$ sehingga berlaku persamaan :

$$V_{dc} = \frac{V_s \sqrt{2} (1 + \cos \alpha)}{2\pi}$$

Dan didapatkan :

$$\begin{aligned} \alpha &= \cos^{-1} \left(\frac{V_{dc} 2\pi}{V_s \sqrt{2}} - 1 \right) \\ &= \cos^{-1} \left(\frac{75 \cdot 2\pi}{220\sqrt{2}} - 1 \right) \\ &= 59^\circ \end{aligned}$$

Dari data No. 3 Tabel 1:

$$V_s = 220 \text{ V}$$

$$V_{dc} = 42 \text{ V}$$

Berdasarkan Gambar 7 maka diperkirakan bahwa $0^\circ < \alpha < 180^\circ$ sehingga berlaku persamaan :

$$V_{dc} = \frac{V_s \sqrt{2} (1 + \cos \alpha)}{2\pi}$$

Dan didapatkan :

$$\begin{aligned} \alpha &= \cos^{-1}\left(\frac{V_{dc} 2\pi}{V_s \sqrt{2}} - 1\right) \\ &= \cos^{-1}\left(\frac{42 \cdot 2\pi}{220\sqrt{2}} - 1\right) \\ &= 98,7^\circ \end{aligned}$$

Dari data No. 4 Tabel 1:

$$V_s = 220 \text{ V}$$

$$V_{dc} = 9 \text{ V}$$

Berdasarkan Gambar 8 maka diperkirakan bahwa $0^\circ < \alpha < 180^\circ$ sehingga berlaku persamaan :

$$V_{dc} = \frac{V_s \sqrt{2} (1 + \cos \alpha)}{2\pi}$$

Dan didapatkan :

$$\begin{aligned} \alpha &= \cos^{-1}\left(\frac{V_{dc} 2\pi}{V_s \sqrt{2}} - 1\right) \\ &= \cos^{-1}\left(\frac{9 \cdot 2\pi}{220\sqrt{2}} - 1\right) \\ &= 144,9^\circ \end{aligned}$$

Dari data No. 5 Tabel 1:

$$V_s = 220 \text{ V}$$

$$V_{dc} = 1,5 \text{ V}$$

Berdasarkan Gambar 9 maka diperkirakan bahwa $0^\circ < \alpha < 180^\circ$ sehingga berlaku persamaan :

$$V_{dc} = \frac{V_s \sqrt{2} (1 + \cos \alpha)}{2\pi}$$

Dan didapatkan :

$$\begin{aligned} \alpha &= \cos^{-1}\left(\frac{V_{dc} 2\pi}{V_s \sqrt{2}} - 1\right) \\ &= \cos^{-1}\left(\frac{1,5 \cdot 2\pi}{220\sqrt{2}} - 1\right) \\ &= 165,9^\circ \end{aligned}$$

Hasil perhitungan sudut penyalan thyristor berdasarkan V_{dc} ditunjukkan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil perhitungan sudut penyalan *thyristor* (α) pada penyearah satu fasa terkendali setengah gelombang untuk bebaban R = 10 k Ω , $V_s = 220 \text{ V}$, berdasarkan nilai V_{dc}

No	V_{dc} (V)	α ($^\circ$)
1	93	28,6
2	75	59
3	42	98,7
4	9	144,9
5	1,5	165,9

Perhitungan sudut penyalan *thyristor* (α) berdasarkan gambar bentuk gelombang bebaban R = 10 k Ω

Dari Gambar 5

Berdasarkan Gambar 5 maka dapat dihitung sudut penyalan *thyristor* (α)

$$x = 2,2 \text{ div}$$

$$y = 3,6 \text{ div}$$

maka:

$$\alpha = \frac{x}{y} \times 180^\circ$$

$$\begin{aligned} &= \frac{2,2 \text{ div}}{3,6 \text{ div}} \times 180^\circ \\ &= 110^\circ \end{aligned}$$

Dari Gambar 6

Berdasarkan Gambar 6 maka dapat dihitung sudut penyalan *thyristor* (α)

$$x = 2,6 \text{ div}$$

$$y = 3,6 \text{ div}$$

maka:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{x}{y} \times 180^\circ \\ &= \frac{2,6 \text{ div}}{3,6 \text{ div}} \times 180^\circ \\ &= 130^\circ \end{aligned}$$

Dari Gambar 7

Berdasarkan Gambar 7 maka dapat dihitung sudut penyalan *thyristor* (α)

$$x = 2,7 \text{ div}$$

$$y = 3,4 \text{ div}$$

maka:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{x}{y} \times 180^\circ \\ &= \frac{2,7 \text{ div}}{3,4 \text{ div}} \times 180^\circ \\ &= 110^\circ \end{aligned}$$

Dari Gambar 8

Berdasarkan Gambar 8 maka dapat dihitung sudut penyalan *thyristor* (α)

$$x = 3,4 \text{ div}$$

$$y = 3,6 \text{ div}$$

maka:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{x}{y} \times 180^\circ \\ &= \frac{3,4 \text{ div}}{3,6 \text{ div}} \times 180^\circ \\ &= 170^\circ \end{aligned}$$

Dari Gambar 9

Berdasarkan Gambar 9 maka dapat dihitung sudut penyalan *thyristor* (α):

$$x = 3,6 \text{ div}$$

$$y = 3,7 \text{ div}$$

maka:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{x}{y} \times 180^\circ \\ &= \frac{3,6 \text{ div}}{3,7 \text{ div}} \times 180^\circ \\ &= 175,14^\circ \end{aligned}$$

Hasil perhitungan sudut penyalan thyristor berdasarkan tegangan keluaran ditunjukkan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil perhitungan sudut penyalan *thyristor* (α) pada penyearah satu fasa terkendali setengah gelombang untuk beban $R = 10 \text{ k}\Omega$ berdasarkan bentuk gelombang tegangan keluaran

No	V_{dc} (V)	Nomor Gambar	α ($^{\circ}$)
1	93	5	110
2	36	6	130
3	21	7	142,94
4	3	8	170
5	1,5	9	175,14

Arduino," *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 6, no. 1, pp. 184-193, 2021.

IV. Kesimpulan

Dari hasil rancang bangun dan pembahasan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa:

1. Dalam upaya menyediakan sarana modul praktikum di Laboratorium Teknik Konversi Energi, maka telah dirancang dan dibuat modul praktikum penyearah satu fasa terkendali.
2. Pengoptimalan praktikum penyearah satu fasa terkendali dilakukan dengan pembuatan modul praktikum yang memadai sesuai standar untuk job penyearah satu fasa terkendali. Adapun hasil pengujian didapatkan modul praktikum dapat beroperasi dengan optimal dan menghasilkan bentuk gelombang output yang hampir sesuai dengan teori.

V. Daftar Pustaka

- [1] M. Danuri, "Perkembangan dan transformasi teknologi digital," *Jurnal Ilmiah Infokam*, vol. 15, no. 2, 2019.
- [2] A. T. Nugraha and R. P. Eviningsih, *Konsep Dasar Elektronika Daya*. Deepublish, 2022.
- [3] D. Istardi, *Pengealan Elektronika Daya-Penyearah AC-DC*. Penerbit Andi, 2018.
- [4] H. Hermawan, A. M. Saiful, N. R. Wibowo, and Y. Elviralita, "Rancang Bangun Modul Praktikum Elektronika Daya," *Mechatronics Journal in Professional and Entrepreneur (MAPLE)*, vol. 1, no. 2, pp. 49-54, 2019.
- [5] I. W. Lastera, "Rancang Bangun Freewheeling DC Terkontrol Untuk Menunjang Praktikum Elektronika Daya," *Jurnal Temapela*, vol. 5, no. 1, pp. 29-37, 2022.
- [6] N. K. Wardani, R. M. Arpin, and M. A. Hidayat, "Rancang Bangun Modul Dioda and Rectifier," *Dewantara Journal of Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 1-4, 2022.
- [7] U. Usman, F. Azis, A. Wirana, and R. Habibuddin, "Perancangan dan Pembuatan Trainer Penyearah Terkendali 3 Fasa," *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, vol. 5, no. 1, pp. 26-35, 2017.
- [8] F. Rahmad, S. Pradana, and A. H. Kurniawan, "Rancang Bangun Sistem Alat Praktikum SCR di Laboratorium Elektronika Daya dengan Pengendali