

Rancang Bangun Modul Praktikum Elektronika Daya

Hermawan¹, Andi Muhammad Saiful Islam², Nanang Roni Wibowo³, Yoan Elviralita⁴,

^{1,2,3,4}Politeknik Bosowa

Abstract— Power electronics change electrical power from one form to another by controlling or changing the shape of the current or current using an electronic device, with the aim of efficiency and power savings. In deciding by controlling the shape of the gap, there are a number of circuits or components that are used for example SCR, TRIAC, also diode Making power electronics practicum module to facilitate students in doing power electronics practicum, because it avoids the use of using a project board so that it is safer and minimizes damage to components during assembly. It is written in Indonesian which contains the main issues, research objectives, methods/findings and research results. The method that we do in designing the power electronics lab module uses the experimental method. The results obtained in this study are when pin 2 Arduino reads the interrupt zero crossing signal, it will be converted into a PWM signal form that is used to trigger the SCR or triac to be active. To set when / how long the SCR or triac is active that is by adjusting the width of the PWM signal's high pulse, the wider the pulse height is, the longer the SCR or triac is triggered to activate. Because the sine signal frequency used is 50Hz, the period is 0.2 seconds for a full wave of 380 degrees. So to change the sine wave shape is done by adjusting the PWM signal's high time susceptibility.

Abstrak— Elektronika daya adalah mengubah daya listrik dari satu bentuk ke bentuk lainnya dengan mengendalikan atau memodifikasi bentuk tegangan atau arusnya menggunakan piranti elektronik, dengan tujuan untuk efisiensi dan penghematan daya. Dalam kaitannya dengan mengendalikan bentuk tegangan, ada beberapa rangkaian atau komponen yang digunakan contohnya SCR, triac, maupun dioda. Pembuatan modul praktikum elektronika daya ini bertujuan untuk mempermudah mahasiswa dalam melakukan praktikum elektronika daya, karena menghindari pemakaian dengan menggunakan projectboard sehingga lebih safety dan meminimalisir adanya kerusakan pada komponen saat perangkaian. Adapun metode yang kami lakukan dalam merancang modul praktikum elektronika daya menggunakan metode eksperimen. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah saat pin 2 arduino membaca sinyal interrupt zero crossing, maka akan diubah kedalam bentuk sinyal PWM yang digunakan untuk memicu SCR atau triac untuk aktif. Untuk mengatur kapan/lama SCR atau triac aktif yaitu dengan mengatur lebar pulsa high sinyal PWMnya, semakin lebar pulsa high-nya maka akan semakin lama SCR atau triac dipicu untuk aktif. Karena frekuensi sinyal sinus yang digunakan 50Hz, maka periode-nya 0,2 detik untuk satu gelombang penuh 380 derajat. Sehingga untuk mengubah bentuk gelombang sinus-nya dilakukan dengan mengatur rentang waktu high sinyal PWM-nya.

Kata Kunci— Elektronika Daya, SCR, TRIAC

I. PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan proses pembelajaran yang baik dan efektif membutuhkan sebuah peralatan atau media yang mampu mengkonkritkan materi yang secara garis besar bersifat abstrak, terutama dalam proses pembelajaran praktikum, pembelajaran praktikum merupakan proses pembelajaran yang berfungsi mengkonkritkan teori-teori yang bersifat abstrak. Oleh karena itu, maka ketersediaan media pembelajaran praktikum yang baik dan memadai sangat

mempengaruhi pelaksanaan proses pembelajaran tersebut.

Kehadiran media pembelajaran dalam proses pembelajaran praktikum sangat dibutuhkan karena media merupakan salah satu unsur vital yang dapat mempengaruhi pelaksanaan proses pembelajaran praktikum, proses pembelajaran praktikum pada pelaksanaannya sering tidak optimal diakibatkan dari media pembelajaran yang tidak tersedia, tidak sesuai dengan materi pembelajaran, serta media pembelajaran yang tidak praktis dalam penggunaannya sehingga efisiensi dalam kegiatan praktikum tidak begitu optimal. Terutama untuk proses pembelajaran yang memiliki karakteristik materi yang bersifat abstrak yang membutuhkan alat bantu untuk mengkonkritkannya sehingga membuat mahasiswa mengerti dan mengalami proses pembelajaran dengan baik. Praktikum Elektronika Daya merupakan salah satu proses pembelajaran yang harus diikuti oleh setiap mahasiswa Teknik Mekatronika, Politeknik Bosowa.

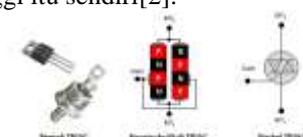
Proses pembelajaran ini merupakan proses pembelajaran lanjutan dari pembelajaran teori Elektronika Daya. Materi yang terkandung didalam proses pembelajaran ini banyak yang bersifat abstrak dan sulit dikongkritkan jika hanya menggunakan media papan tulis atau presentasi lainnya. Proses pembelajaran ini membutuhkan proses praktikum untuk pengujian dan pembuktian teori yang abstrak. Untuk mewujudkan proses pembelajaran yang baik pada praktikum ini maka dibutuhkan sebuah peralatan yang dapat dijadikan sebagai media praktikum mahasiswa yang praktis serta mampu mengakomodasi materi pembelajaran maupun praktikum Elektronika Daya[1].

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Teori Dasar

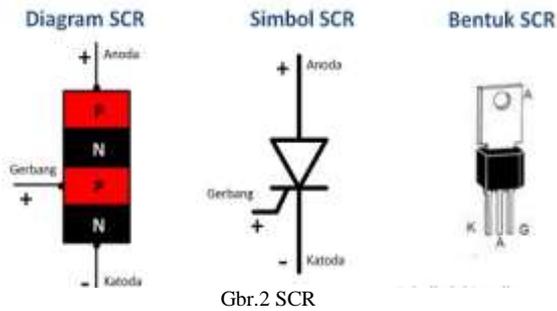
1. TRIAC (Triode for Altering Current)

TRIAC merupakan komponen untuk arus bolak – balik (AC). TRIAC sering juga disebut dengan *Bi-directional Trioda Thyristor*. TRIAC merupakan komponen yang sangat cocok untuk digunakan sebagai AC Switching (Saklar AC) karena dapat mengendalikan aliran arus listrik pada dua arah siklus gelombang bolak-balik AC. Kemampuan inilah yang menjadi kelebihan dari TRIAC jika dibandingkan dengan SCR. Namun TRIAC pada umumnya tidak digunakan pada rangkaian switching yang melibatkan daya yang sangat tinggi. Salah satu alasannya adalah karena karakteristik Switching TRIAC yang non-simetris dan juga gangguan elektromagnetik yang diciptakan oleh listrik yang berdaya tinggi itu sendiri[2].



Gbr.1 TRIAC

2. *SCR (Silicon Controlled Rectifier)*
Silicon Controlled Rectifier atau sering disingkat dengan *SCR* adalah Dioda yang memiliki fungsi sebagai pengendali. Berbeda dengan Dioda pada umumnya yang hanya mempunyai 2 kaki terminal, *SCR* adalah dioda yang memiliki 3 kaki Terminal. Kaki Terminal ke-3 pada *SCR* tersebut dinamai dengan Terminal “*Gate*” atau “Gerbang” yang berfungsi sebagai pengendali (Control), sedangkan kaki lainnya sama seperti Dioda pada umumnya yaitu Terminal “Anoda” dan Terminal “Katoda”. *Silicon Controlled Rectifier (SCR)* merupakan salah satu dari anggota kelompok komponen *Thyristor*[3].



Gbr.2 SCR

3. **Arduino**
 Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (*datasheet*). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output *PWM* dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi *USB*, *jack power*, *ICSP header*, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *Board Arduino Uno* ke komputer dengan menggunakan kabel *USB* atau listrik dengan AC yang-ke *adaptor-DC* atau baterai untuk menjalankannya.



Gbr.3 Arduino

4. **Trafo CT**
 Dalam pemasangan panel metering dan alat ukur listrik, kita sering mendengar istilah *current transformer* atau yang biasa disingkat dengan istilah *CT*. *Current Transformer / CT* adalah alat listrik perubah arus, yang dapat mengubah besaran arus dari besar menjadi kecil dan sebaliknya sesuai dengan kebutuhan. *Current Transformer CT* berfungsi untuk mengubah besaran

arus pada system menjadi lebih kecil agar dapat dibaca oleh panel metering atau alat ukur yang terhubung[4].



Gbr.4 Trafo CT

5. *Thyristor*
Thyristor adalah komponen aktif elektronika yang dapat digunakan seperti halnya pintu yaitu untuk menahan arus AC atau melewatkan arus AC menggunakan sumber input yang kecil. Penggunaan *thyristor* pada rangkaian elektronika pada umumnya digunakan sebagai saklar (*switch*). *Thyristor* merupakan komponen semikonduktor yang dibuat dari jenis *silicon* Pada umumnya sebuah *thyristor* terdiri dari empat lapis dengan tiga buah terminal. Empat lapis tersebut terdiri dari lapisan semikonduktor tipe P dan lapisan semikonduktor tipe N. Sedangkan tiga terminalnya berupa terminal anoda (A), terminal katoda (K), dan terminal gate (G). Berikut skema dasar dari *thyristor*.

6. **Dioda Daya**
 Dioda semikonduktor daya, dikenal sebagai *Power Diode* (Dioda Daya), memiliki jauh lebih besar daerah *PN junction* dibandingkan dengan sinyal dioda yang lebih kecil, sehingga kemampuan arus maju tinggi hingga beberapa ratus amp (KA) dan memblokir tegangan balik sampai untuk beberapa ribu volt (KV). Karena kekuatan dioda memiliki *PN junction* besar, tidak cocok untuk aplikasi frekuensi tinggi di atas 1MHz, tapi khusus dan frekuensi tinggi, dioda arus tinggi yang tersedia. Untuk aplikasi penyearah frekuensi tinggi Dioda Schottky umumnya digunakan karena waktu pemulihan mereka singkat terbalik dan *drop* tegangan rendah dalam kondisi bias maju mereka. Dioda daya banyak digunakan dalam aplikasi seperti pengisian baterai dan catu daya DC serta AC *rectifier* dan inverter.[5]



Gbr.5 Dioda Daya

7. *Pulse Width Modulation (PWM)*
Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam periode, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa contoh aplikasi *PWM* adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang

masuk ke beban, regulator tegangan, *audio effect* dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya.

8. *Zero Crossing*

Zero crossing detector merupakan rangkaian elektronis yang berfungsi untuk mendeteksi persilangan nol yang ada pada tegangan jala-jala. Rangkaian *Zero Crossing Detector* pada gambar dibawah akan memberikan output berupa pulsa sempit pada saat terjadi persilangan nol pada tegangan AC yang di deteksi. Rangkaian pembentuk dari *zero crossing detector* berupa komparator, *differensiator* dan *schmitt trigger*. Rangkaian *Zero Crossing Detector* ini diaplikasikan pada pemberian bias tegangan gate *TRIAC*. Rangkaian *Zero Crossing Detector* ini sering digunakan pada penerang pengontrolan *heater* AC atau beban AC yang dikendalikan menggunakan *TRIAC*. [6].

III. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Tabel 1 Bahan

NO	Nama Bahan	Satuan
1	Duradus Box 30x22x12cm	1 unit
2	Trafo CT 1 Ampere	2 unit
3	Dioda Daya	5 unit
4	SCR	4 buah
5	TRIAC	4 buah
6	PCB Polos	30x10cm
7	Kabel	8 meter
8	Isolasi Bakar	2 meter
9	Banan Socket	66 unit
10	Fuse Holder	1 buah
11	Sekrup	12 buah

Tabel 2 Alat

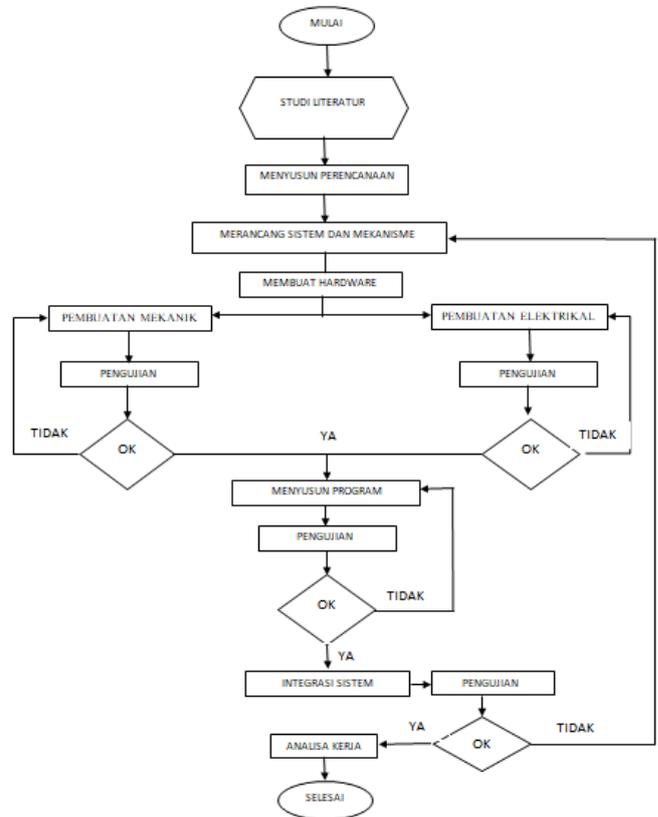
NO	Nama Alat
1	Solder
2	Laptop
3	Bor listrik
4	Gerinda
5	Obeng
6	Tang potong
7	Spidol
8	Penggaris
9	Tang Kombinasi
10	Atraktor Timah
11	Multi Meter

Perangkat lunak yang digunakan:

- *CorelDraw*:Membuat layout gambar pada duradus box
- *Microsoft Office*:Digunakan dalam penyusunan laporan penelitian

- *Arduino IDE*: Digunakan untuk proses program mikrokontroler
- *PSIM*: Digunakan untuk simulasi rangkaian elektronika sebelum diterapkan.
- *DipTrace*: Digunakan untuk pembuatan layout PCB.

B. Diagram Alir Penelitian



Gbr.7 Diagram alir penelitian

Diagram alir penelitian dimulai dari menentukan judul dan dan kemudian studi literatur atau kajian pustaka. Setelah melakukan kajian pustaka dilakukan perancangan yaitu perancangan mekanik dan perancangan ekelektronik. Setelah melakukan perancangan mekanik dan perancangan elektronik dilakukan pembuatan mekanik dan elektronik. Seetelah itu, penggabungan pembuatan mekanik dan elektronik. apabila berhasil dilanjutkan dengan pemrograman alat kemudian dilanjutkan dengan pengambilan data dan apabila tidak berhasil maka dilakukan ulang perancangan mekanik atau perancangan elektronik. Dari pengambilan data dilanjutkan dengan pengujian alat dan didapatkan hasil pengujian, apabila tidak berhasil maka dilakukan *troubleshoot* dipembuatan alat.

C. Prosedur Pengambilan Data

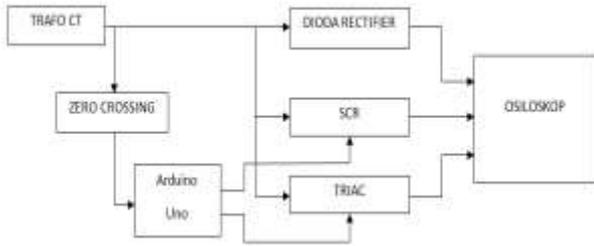
Adapun pengambilan data pada beberapa percobaan yang dilakukan :

Penyearah setengah gelombang tak-terkendali menggunakan dioda daya. Penyearah gelombang penuh tak-terkendali dengan dioda daya. Penyearah setengah gelombang terkendali dengan *SCR*. Penyearah gelombang penuh terkendali dengan *SCR*. Pengendalian gelombang sinus dengan *triac*.

D. Diagram Blok

Diagram blok merupakan salah satu bagian terpenting dalam perancangan dan pembuatan proyek awal

ini, karena dari diagram blok dapat diketahui prinsip kerja keseluruhan.



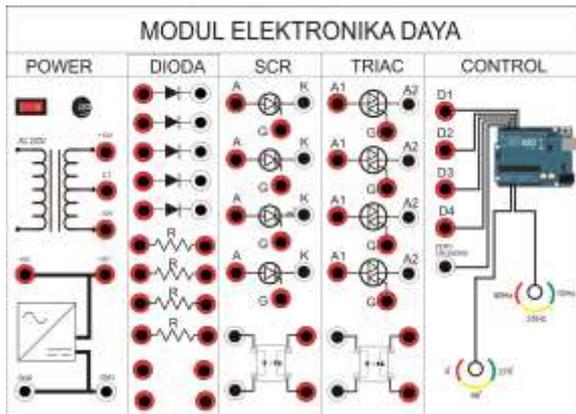
Gbr.6 Diagram Kerja

sinyal *interrupt rising* dari rangkaian *zero crossing*. Trafo ct juga sebagai input untuk komponen elektronika seperti dioda, SCR, dan *triac*. Pada komponen dioda, input dari trafo langsung diolah menjadi bentuk gelombang tak-terkendali kemudian outputnya akan ditampilkan ke osiloskop. Berbeda dengan komponen SCR dan *triac*, dimana pengendalian bentuk gelombangnya dapat diatur dengan tenggangan pemicu dari *arduino*, yang kemudian outputnya ditampilkan pada osiloskop.

IV. PEMBAHASAN

A. Rancangan Hasil Karya

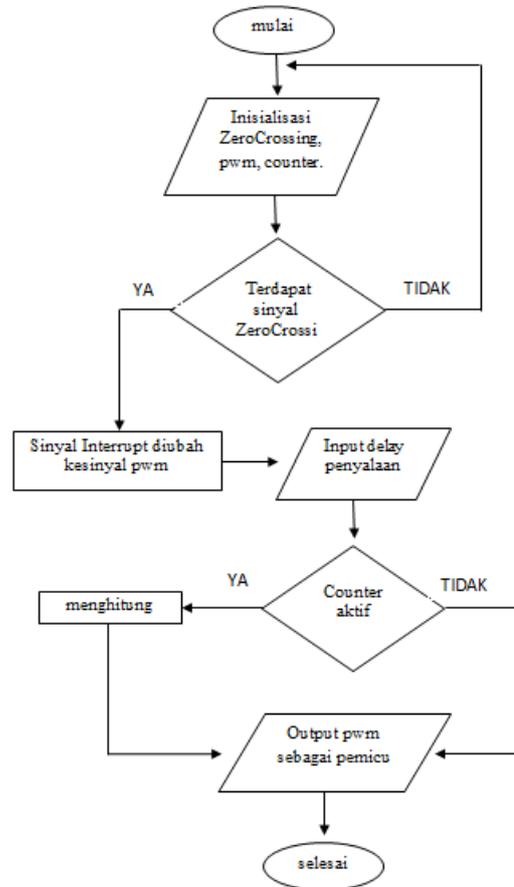
1. Rancangan Alat Keseluruhan



Gbr.8 Perancangan keseluruhan

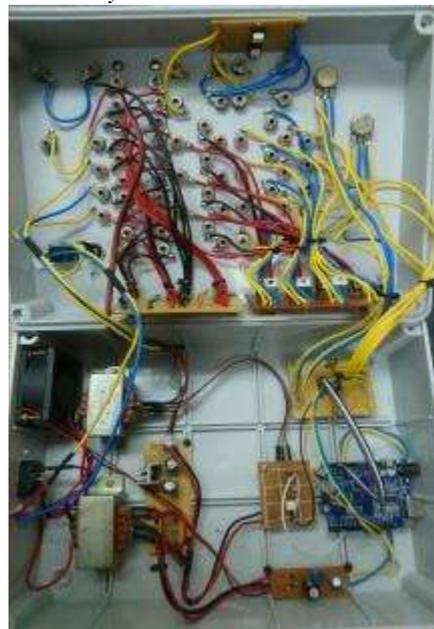
Pada rancangan alat keseluruhan terdapat bagian-bagian penting pada alat. yaitu bagian power, dimana pada bagian ini terdapat saklar *on/off*, *holder fuse*, trafo ct 12vac, dan adapter 5vdc. Kemudian terdapat bagian Dioda daya yang digunakan untuk rangkaian penyearah gelombang tak-terkendali, dan dibawahnya tersapat resistor yang digunakan sebagai resistor beban. Juga terdapat bagian SCR dan triac yang digunakan untuk penyearah gelombang terkendali. Dibagian bawah terdapat komponen *optotriac* yang digunakan untuk membantu pemicuan pada komponen *triac*. Dan terakhir terdapat bagian kontrol yang menggunakan *Arduino* sebagai pemicu atau pengontrolan untuk komponen SCR dan *triac*.

2. Perancangan Alur Program alat

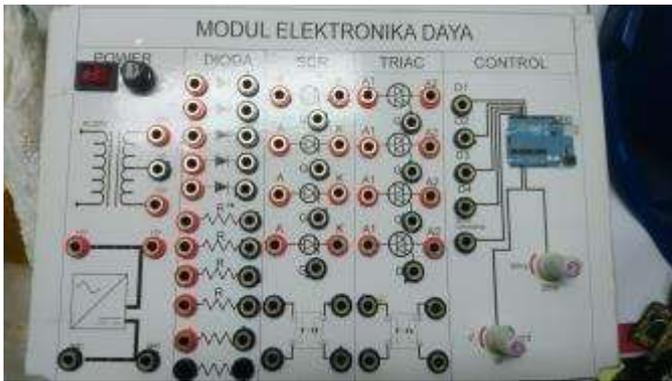


Gbr.9 Flowchart program alat

3. Hasil karya



Gbr.10 Tampilan dalam alat



Gbr.11 Tampilan depan alat

4. Hasil pengujian

b) Penyearah setengah gelombang tak terkendali



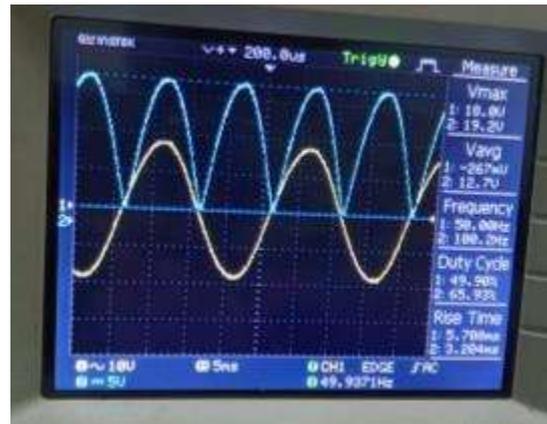
Gbr.12 hasil pengujian penyearah setengah gelombang

Tabel 2 data pengujian 1

Tegangan	V sumber	V out
Vavg	-386mV	7,58V
Vmax	18V	19,6V
rms	12,7V	8,9V
Frekuensi	50Hz	50Hz

Pada percobaan penyearah setengah gelombang dengan menggunakan dioda daya bentuk gelombang sinus murni akan disearahkan bentuk gelombangnya yaitu dengan melewati gelombang positifnya dan memblok gelombang negatifnya. Berdasarkan kondisi tersebut dapat dirumuskan bahwa besarnya tegangan *output* adalah V_{max} dikalikan dengan konstanta 0,7071 untuk mendapatkan nilai rms tegangan AC, $V_{rms} = 18 \times 0,7071 = 12,7V$. Berbeda dengan V_{out} yang telah disearahkan ke tegan DC yaitu dengan mengkalikan V_{avg} dengan konstanta 1,11 sehingga $V_{rms} = 7,58 \times 1,11 = 8,9V$.

c) Penyearah gelombang penuh tak terkendali



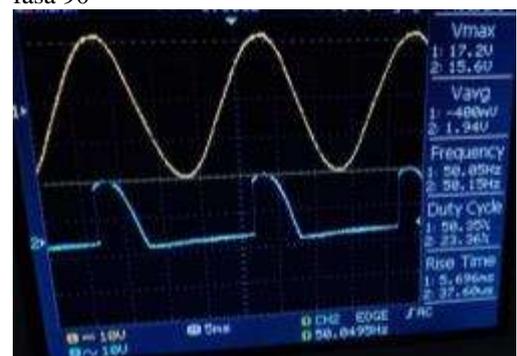
Gbr.13 hasil pengujian penyearah gelombang

Tabel 3 data pengujian 2

Tegangan	V sumber	V out
Vavg	-267mV	12,7V
Vmax	18,8V	19,2V
rms	12,7V	12,7V
Frekuensi	50Hz	100Hz

Pada percobaan penyearah gelombang penuh dengan menggunakan dioda daya bentuk gelombang sinus murni akan disearahkan bentuk gelombangnya yaitu dengan melewati gelombang positifnya dan membalik gelombang negatifnya menjadi gelombang positif. Berdasarkan kondisi tersebut dapat dirumuskan bahwa besarnya tegangan *output* adalah V_{max} dikalikan dengan konstanta 0,7071 untuk mendapatkan nilai rms tegangan AC, $V_{rms} = 18,8 \times 0,7071 = 12,7V$. Berbeda dengan V_{out} yang telah disearahkan ke tegan DC yaitu dengan mengkalikan V_{avg} dengan konstanta 1,11 sehingga $V_{rms} = 12,7 \times 1,11 = 14V$.

d) Penyearah setengah gelombang terkendali sudut fasa 90^0



Gbr.14 hasil pengujian penyearah setengah gelombang terkendali

Tabel 4 data pengujian 3

ww	V sumber	V out
Vavg	-400mV	1,94V
Vmax	17,2V	15,6V
rms	12,7V	6V
Frekuensi	50Hz	50Hz

Pada percobaan penyearah setengah gelombang terkendali dengan menggunakan *SCR*, bentuk gelombang sinus akan disearahkan bentuk gelombangnya, namun dapat dikendalikan kapan atau disudut fasa berapa gelombang dilewatkan atau di *cut-off*. Sehingga kita dapat memvariasikan bentuk gelombang dari daya penuh hingga daya rendah dengan memotong bentuk gelombangnya. jika diperhatikan pada tabel tengan rata-rata V_{avg} -nya kecil yaitu 1,92V sehingga V_{rms} nya juga kecil yaitu sekitar 6V ini disebabkan karena bentuk gelombangnya dipotong.

e) Penyearah gelombang penuh terkendali sudut fasa 90° dan 270°



Gbr.15 hasil pengujian penyearah gelombang penuh terkendali

Tabel 5 data pengujian 4

Tegangan	V sumber	V out
Vavg	-974mV	1,24V
Vmax	17,2V	12,8V
rms	12,7V	8,5V
Frekuensi	50Hz	100Hz

Pada percobaan penyearah gelombang penuh terkendali dengan menggunakan *SCR*, bentuk gelombang sinus akan disearahkan bentuk gelombangnya dengan membalik gelombang negatif menjadi gelombang positif, namun dapat dikendalikan kapan atau disudut fasa berapa gelombang dilewatkan atau di *cut-off*. Sehingga kita dapat memvariasikan bentuk gelombang dari daya penuh hingga daya rendah dengan memotong bentuk gelombangnya. jika diperhatikan data dalam tabel diatas tegangan rata-ratanya kecil yaitu sekitar 1,24V ini dikarenakan bentuk gelombang yang terpotong.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

- Modul praktikum ini menggunakan prinsip elektronika daya berupa pengendalian bentuk tegangan, sehingga komponen dan rangkaian elektronika yang digunakan hanya berkaitan dengan pengendalian bentuk tegangan sinus.
- Pengendalian bentuk tegangan yang digunakan yaitu dengan penyearahan bentuk gelombang sinus, baik penearahan setengah gelombang maupun penyearahan gelombang penuh. Penyearahan bentuk gelombang tak terkendali

menggunakan dioda daya sedangkan penyearahan gelombang terkendali menggunakan *SCR* dan *triac*.

- Untuk penyearah setengah gelombang menggunakan dioda daya untuk penyearahan gelombang AC sehingga saat gelombang positif akan dilewatkan atau dibias *forward* seutuhnya. Berbeda dengan peyearah terkendali dimana bias *forward* nya dapat diatur kapan gelobangnya diteruskan di sudut fasa 0-90 derajat.
- Untuk penyearah gelombang terkendali, menggunakan *Arduino* sebagai pengendali pemucuan pada *SCR* dan *triac*, pemucuan dilakukan dengan mengatur timing pulsa *PWM* untuk mengatur di sudut sinus berapa *SCR* atau *triac* dipicu. Untuk dapat mengetahui timing pemucuan yang tepat digunakan sinyal *zero-crossing*.
- Pada saat percobaan penyearah gelombang terkendali terjadi masalah saat melakukan pemucuan pada *SCR* dan *triac* yaitu adanya gelombang yang ter *cut-off* atau ada juga gelombang yang terlewat tanpa perpotongan. Hal ini terjadi karena sudut atau timing sinyal *PWM* yang terlalu pas atau bahkan lewat dari sudut 180 derajat. Sehingga yang dilakukan yaitu dengan memundurkan timing atau sudut fasanya di 170 derajat.

B. Saran

- Bagi mahasiswa yang melakukan praktikum disarankan untuk melakukan simulasi rangkaian pada software seperti PSIM, karna dikhawatirkan terjadi kerusakan pada komponen akibat kekeliruan pada saat merangkai pada modul.
- Diharapkan kepada mahasiswa dapat melakukan pengembangan terhadap modul ini, karna kami sadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan pada modul praktikum yang kami buat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. H. Delismar, Rayandra Ashyar, "Peningkatan Kreativitas dan Keterampilan Proses Sains Siswa melalui Penerapan Model Group Investigation Increasing," *Edusains*, vol. 1, no. 2, pp. 25–32, 2013.
- [2] D. Kho, "Pengertian TRIAC dan Aplikasinya - Teknik Elektronika." [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-triac-dan-aplikasi-triac-thyristor/>. [Accessed: 12-Feb-2020].
- [3] D. Kho, "Pengertian SCR (Silicon Controlled Rectifier) dan Prinsip Kerja SCR." [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-scr-silicon-controlled-rectifier-prinsip-kerja-scr/>. [Accessed: 12-Feb-2020].
- [4] Unknown, "Pengertian CT ~ Pengertian CT / Current Tranformer." [Online]. Available: <http://pengertiancurrenttranformer.blogspot.com/2014/10/pengertian-ct.html>. [Accessed: 12-Feb-2020].
- [5] Budis, "Prinsip Kerja Dioda Daya dan Rectifier | INFO-ELEKTRO." [Online]. Available: <http://www.info-elektro.com/2014/06/prinsip-kerja-dioda-daya-dan-rectifier.html>. [Accessed: 12-Feb-2020].
- [6] elektronika-dasar, "Zero Crossing - detektor." [Online]. Available: <https://elektronika-dasar.web.id/zero-crossing-detektor/> [Accessed: 20-Feb-2020].