Simulasi Pengendali Sudut Fasa Pada Rangkaian Penyearah Terkendali Dengan Arduino Berbasis Proteus

Ahmad Yusuf[1], Toto Tohir[2*], Yosep Santosa[3*]

[1,2,3]*Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*
[1]*E-mail : ahmad.yusuf.tlis19@polban.ac.id*
[2*]*E-mail : toto.tohir@polban.ac.id*
[3*]*E-mail : yost_dtl@yahoo.com*

ABSTRAK

Perkembangan teknologi pada bidang elektronika daya telah banyak digunakan di berbagai bidang terutama komponen Silicon Controlled Rectifier. Pengendalian sudut penyulutan pada SCR masih banyak menggunakan potensiometer padahal cara tersebut sangatlah berbahaya karena sangat membebani potensiometer. Maka dari itu dibutuhkan alat untuk mengtrigger gate dan pengendali sudut pada SCR sebagai sistem penyearah terkendali. Salah satunya bisa menggunakan Arduino untuk mengontrol trigger SCR dan sudut. Metode yang dapat digunakan untuk memastikan rangkaian bekerja adalah metode simulasi software. Salah satunya dengan Proteus. Pada software Proteus kita bisa merancang sistem untuk membuat alat pengendali sudut pada SCR yaitu membuat sistem penyearah terkendali dan dapat mencoba program arduino yang telah dibuat. Simulasi menggunakan Proteus mempermudah dalam perancangan sistem di lapangan. Untuk mencari parameter SCR dan optocoupler penulis melakukan kajian literatur. Setelah didapatkan maka dilakukan simulasi dengan Proteus dan memasukan program arduino pada Proteus. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa semakin besar sudut penyalaan maka tegangan output DC semakin berkurang dan pada beban resistif maka nilainya akan lebih besar daripada dengan beban resistif-induktif contohnya saat sudut penyalaan 90^0 maka akan bernilai 4,25 volt. Sedangkan pada beban resistif-induktif bernilai 4,23 volt.

Kata Kunci
Arduino, Proteus, SCR, Penyearah Terkendali, Simulasi

1. PENDAHULUAN

Saat ini penggunaan elektronika daya semakin meluas dan merupakan bagian yang sangat penting pada berbagai bidang. Oleh karena itu pengembangan elektronika daya perlu terus dilakukan agar mendapatkan hasil yang akurat disertai dengan perkembangan teknologi [1]. Salah satu komponen yang digunakan dalam elektronika daya adalah Silicon Controlled Rectifier (SCR) prinsip kerjanya mirip seperti diode namun dengan besar tegangan keluarannya dapat diatur. Tegangan keluaran yang dapat diatur sesuai keinginan menjadikan SCR banyak digunakan khususnya di industri [2].

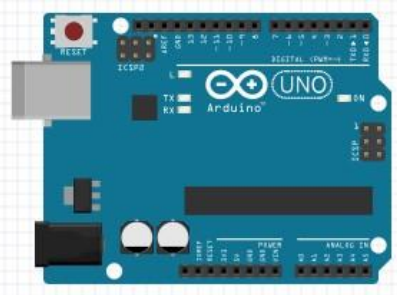
Saat ini banyak sekali pengendalian sudut fasa untuk *Gate* pada SCR masih menggunakan sebuah potensiometer yang bisa menyebabkan terjadinya kerusakan pada rangkaian dikarenakan potensiometer terlalu banyak menampung tegangan jatuh. Sehingga memerlukan alternatif lain yang lebih aman dan lebih efisien Makalah ini membahas simulasi pengendali sudut fasa untuk SCR dengan menggunakan mikrokontroler Simulasi dilakukan dengan software Proteus 7. Sudut penyalaan diatur dengan menggunakan potensiometer disertai arduino. Simulasi ini akan mengetahui pengaruh arduino yang berperan sebagai trigger *Gate* dalam mengontrol sudut penyalaan SCR. Simulasi ini dilakukan agar saat pembuatan perangkat keras pengendali sudut fasa untuk SCR tidak terjadi kesalahan terutama dalam pebuatan rangkaian. Simulasi ini juga bisa langsung mencoba program arduino yang akan digunakan sehingga saat di perangkat lunak program tersebut sudah siap dipakai dibandingkan dengan software PSIM yang tidak bisa untuk memasukan program arduino yang telah dibuat. Contohnya pada penilitan [2] yang menggunakan software PSIM untuk

simulasi sehingga untuk percobaan program arduino harus dilakukan dengan hardware sedangkan pada penelitian ini menggunakan software proteus sehingga lebih mudah dalam melakukan pengujian program arduino. Sedangkan pada penilitan [3] menggunakan software Proteus akan tetapi pengendalian sudut fasa dengan potensiometer yang bisa menyebabkan pembebanan lebih pada potensiometer tersebut.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Arduino

Arduino dapat dihubungkan ke perangkat seperti komputer. Arduino menggunakan bahasa pemrograman C yang telah disederhanakan dengan fitur-fitur dalam *Library* sehingga cukup membantu dalam pembuatan program. Arduino memiliki 2 bagian utama, yaitu *Hardware* dan *Software*. [3].



Gambar 1. Arduino Board

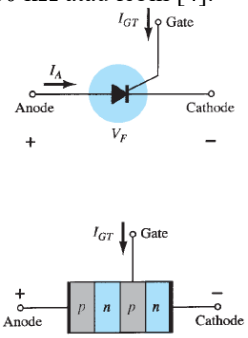
2.2 Arduino IDE

Arduino IDE adalah sebuah *Software* yang di gunakan untuk menulis program, mengcompile, dan mengunggah ke papan arduino. Arduino Development Environment terdiri dari editor teks, toolbar, dengan tombol-tombol untuk fungsi umum, dan sederet menu [3]. Dibawah ini adalah tampilan dari software arduino IDE.

Gambar 2. Tampilan Arduino IDE

2.3 SCR

SCR adalah penyearah yang terbuat dari bahan silikon dengan 3 terminal untuk tujuan kontrol. Silikon dipilih karena suhunya yang tinggi dan kemampuan daya. Operasi dasar SCR berbeda dari operasi dasar dioda semikonduktor dua lapis di terminal ketiga, yang disebut gerbang, menentukan kapan penyearah beralih dari rangkaian terbuka ke keadaan hubung singkat. Di daerah konduksi, resistansi dinamis SCR biasanya 0,01 Ω hingga 0,1 Ω . Resistansi kebalikannya adalah biasanya 100 kΩ atau lebih [4].



Gambar 3. Simbol SCR dan Konstruksi SCR *[4]*

Gambar 1 menjelaskan simbol SCR dan Konstruksi SCR, jika konduksi maju adalah untuk ditetapkan, Anoda harus positif terhadap Katoda. Sebuah pulsa dengan magnitudo yang cukup juga harus diterapkan ke gerbang untuk membangun arus gerbang *turn-on*, diwakili secara simbolis oleh I_{GT} . Pemeriksaan yang lebih rinci tentang operasi dasar SCR paling baik dilakukan dengan pemisahan struktur pnpn empat lapis. Gambar 1 bagian konstruksi SCR, dibagi menjadi dua struktur transistor tiga lapis.

2.4 Optocoupler

Optocoupler adalah perangkat yang menggunakan jalur transmisi optik pendek untuk mentransfer sinyal antara elemen sirkuit, biasanya pemancar dan penerima, sementara membuat mereka terisolasi secara elektrik [5]. Pada prinsipnya, optocoupler dengan kombinasi LED dan phototransistor, prinsip kerja optocoupler, dapat dilihat rangkaian internal komponen Optocoupler [6].

Gambar 4. Simbol Optocoupler

Gambar 4 cahaya infra merah pada IR LED dihasilkan oleh arus listrik yang mengalir melalui IR LED. Jumlah arus listrik yang mengalir pada IR LED tersebut dapat mempengaruhi intensitas cahaya. Switch ON pada phototransistor terjadi apabila cahaya infra merah yang dipancarkan tersebut dideteksi oleh phototransistor. Prinsip kerja Phototransistor hampir sama dengan transistor bipolar biasa, yang membedakan adalah terminal Basis (*Base*) phototransistor merupakan penerima yang peka terhadap cahaya. Jika antara photodiode dan LED terhalang maka photodiode tersebut akan off sehingga output dari kolektor akan berlogika high [6].

2.5 Penyearah

Rectifier adalah alat yang digunakan untuk mengubah tipe tegangan yang awal mulanya sumber arus bolak-balik (AC) menjadi sinyal sumber arus searah (DC). Gelombang AC yang berbentuk gelombang sinus dan gelombang DC yang berbentuk gelombang *steady state* hanya dapat dilihat dengan alat ukur CRO. Rangkaian rectifier banyak menggunakan transformator step down yang digunakan untuk menurunkan tegangan sesuai dengan perbandingan transformasi transformator yang digunakan [7].

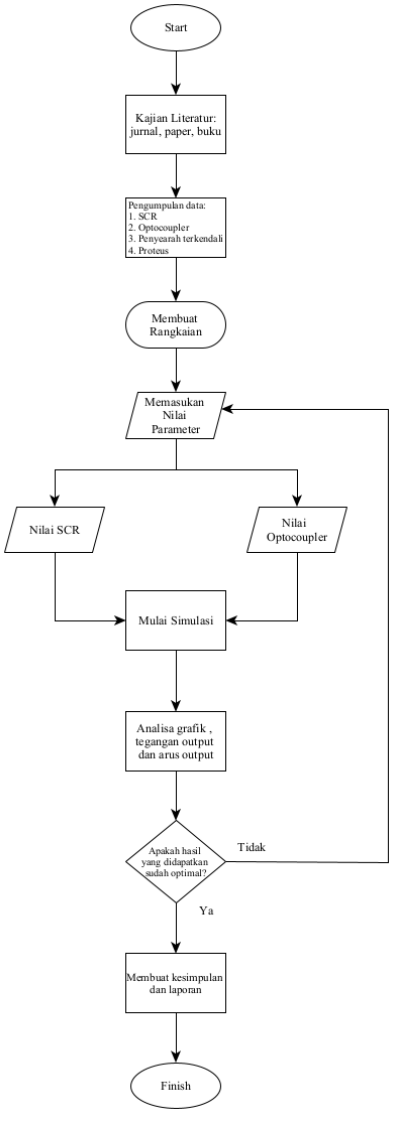
2.6 Proteus

Proteus adalah sebuah software untuk mendesain PCB yang juga dilengkapi dengan simulasi pspice pada level skematik sebelum rangkaian skematik diupgrade ke PCB. Proteus merupakan software yang dibuat oleh Labcenter Electronics, yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi VSM,dan PCB. Pada saat ini proteus menyediakan hampir 800 variasi mikrokontroler yang langsung dapat digunakan untuk simulasi. Beberapa fitur proteus, yaitu: Simulasi VSM, membuat desain PCB, visual desainer [8].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu perancangan simulasi, yang mana tahapannya terdiri dari perancangan diagram alir penelitian dan diagram blok sistem.

3.1 Diagram Alir Penelitian

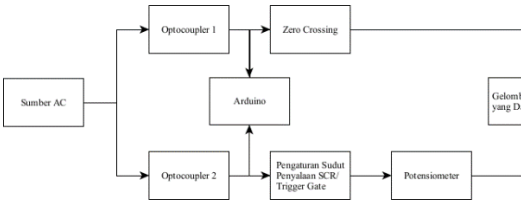


Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Gambar 5 merupakan diagram alir penelitian dengan melakukan kajian literatur terlebih

dahulu untuk memperdalam pemahaman terkait dengan penelitian tentang penyearah terkendali yang berasal dari sumber referensi berupa jurnal, paper dan buku. Kemudian mengumpulkan data parameter dari komponen SCR dan optocoupler. Kemudian membuat rangkaian penyearah terkendali. Setelah itu memulai simulasi dengan Proteus 7. Saat telah selesai simulasi maka dilakukan analisa grafik, tegangan output dan arus output dengan osciloscope. Hasil arus output dan tegangan output juga bisa didapatkan dengan memasang ampermeter dan voltmeter pada rangkaian pada beban resistif dan resistif-induktif. Setelah melakukan penelitian, dibuatlah laporan hasil penelitian. Penelitian ini dibuat sebagai suatu kemudahan untuk merancang suatu sistem penyearah terkendali dengan mikrokontroler agar dapat meminimalisir kesalahan pada saat perancangan yang akan dilakukan di lapangan, sehingga menggunakan software Proteus.

3.2 Diagram Blok Sistem



Gambar 6. Diagram Blok Sistem

Gambar 6 menjelaskan tentang cara kerja sistem, mula-mula sumber AC masuk dan menuju ke optocoupler 1 dan 2, optocoupler tersebut berfungsi untuk memisahkan antara rangkaian daya dan rangkaian kontrol (arduino). Pada optocoupler 1 berfungsi untuk mendeteksi zero crossing dari tegangan AC dan optocoupler 2 berfungsi untuk trigger *Gate* pada SCR. Arduino tersebut berfungsi sebagai kontrol untuk mengatur sudut penyalaan dengan bantuan potensiometer.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Parameter SCR

BT151-650R

SCR, 12 A, 15mA, 650 V, SOT78

Rev. 05 — 27 February 2009 Product data sheet

Table 1. Quick reference

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
V_{DRM}	repetitive peak off-state voltage		-	-	650	V
$I_{T(AV)}$	average on-state current	half sine wave; $T_{mb} \leq 109$ °C; see Figure 3	-	-	7.5	A
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	half sine wave; $T_{mb} \leq 109$ °C; see Figure 1; see Figure 2	-	-	12	A
Static characteristics						
I_{GT}	gate trigger current	$V_D = 12$ V; $T_j = 25$ °C; $I_T = 100$ mA; see Figure 8	-	2	15	mA

Gambar 7. Data Parameter SCR *[9]*

Gambar 7 merupakan data yang perlu diinputkan pada komponen SCR di proteus agar bisa sesuai dengan parameter datasheet.

4.2 Parameter Optocoupler

SHARP PC817X Series

PC817X Series

*4-channel package type is also available. (model No. **PC847X Series**)

DIP 4pin General Purpose Photocoupler

■ **Description**

PC817X Series contains an IRED optically coupled to a phototransistor.

It is packaged in a 4pin DIP, available in wide-lead spacing option and SMT gullwing lead-form option.

Input-output isolation voltage(rms) is 5.0kV.

Collector-emitter voltage is 80V(*) and CTR is 50% to 600% at input current of 5mA.

■ **Features**

1. 4pin DIP package
2. Double transfer mold package (Ideal for Flow Soldering)
3. High collector-emitter voltage (V_{CEO}:80V(*))
4. Current transfer ratio (CTR : MIN. 50% at I_F=5 mA, V_{CE}=5V)
5. Several CTR ranks available
6. High isolation voltage between input and output ($V_{iso(rms)}$: 5.0 kV)

(*) Up to Date code "P7" (July 2002) V_{CEO} : 35V. From the production Date code "J5" (May 1997) to "P7" (July 2002), however the products were screened by BV_{CEO}≥70V.

■ **Agency approvals/Compliance**

1. Recognized by UL1577 (Double protection isolation), file No. E64380 (as model No. **PC817**)
2. Package resin : UL flammability grade (94V-0)

■ **Applications**

1. I/O isolation for MCUs (Micro Controller Units)
2. Noise suppression in switching circuits
3. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

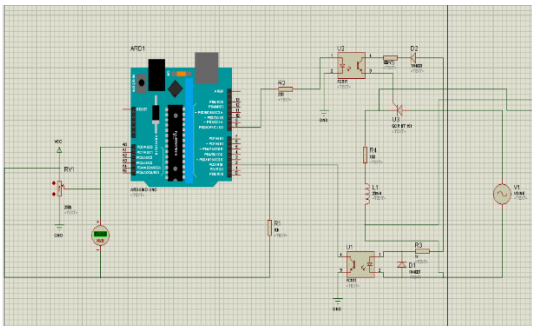
Gambar 8. Data Parameter Optocoupler *[10]*

Gambar 8 merupakan data yang perlu diinputkan pada komponen Optocoupler di proteus agar bisa sesuai dengan parameter datasheet.

4.3 Perancangan Rangkaian Penyearah Terkendali dengan Mikrokontroler

Penyearah satu fasa terkendali dengan mikrokontroler memanfaatkan sumber AC yang kemudian sumber AC tersebut dapat dipotong siklus negatifnya sehingga menjadi setengah gelombang. Untuk mikrokontroler berfungsi sebagai sistem kontrol sudut fasa dengan dibantu potensiometer dan diberikan program pada mikrokontroler tersebut.

Berikut adalah rangkaian penyearah terkendali dengan mikrokontroler.



Gambar 9. Rangkaian Penyearah Terkendali Setengah Gelombang

4.4 Data Hasil Pengukuran

Setelah penulis mebuat rangkaian dengan software Proteus, penulis membuat 2 variasi beban untuk mengetahui nilai tegangan output pada beban resistif dan beban resistif-induktif. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel berikut.

1. Beban Resistif (100 Ω)

Tabel 1. Hasil Pengukuran dengan Beban Resistif

Sudut Penyalaan	0	30	45	60	90	120	150
Tegangan Sumber(volt AC)	12	12	12	12	12	12	
Tegangan keluaran(Volt DC)	5,99	5,91	5,71	5,38	4,25	2,65	

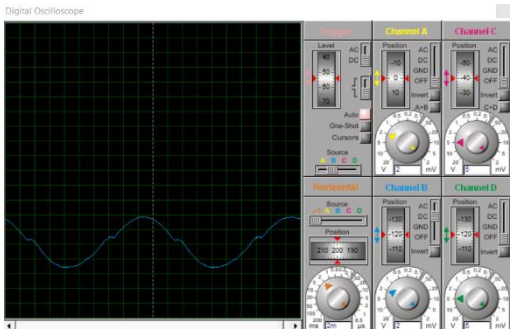
2. Beban Resistif dan Induktif (100 Ω dan 20 mh)

Tabel 2. Hasil Pengukuran dengan Beban Resistif-Induktif

Sudut Penyalaan	0	30	45	60	90	120	150
Tegangan Sumber(volt AC)	12	12	12	12	12	12	12
Tegangan keluaran(Volt DC)	6	5,89	5,7	5,38	4,23	2,6	1,01

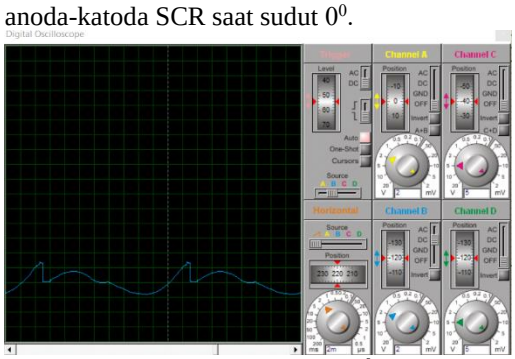
4.5 Hasil Simulasi Bentuk Gelombang

Berikut adalah hasil dari bentuk gelombang tegangan anoda-katoda yang membuktikan bahwa rangkaian tersebut bisa digunakan untuk mengatur sudut penyalaan SCR.



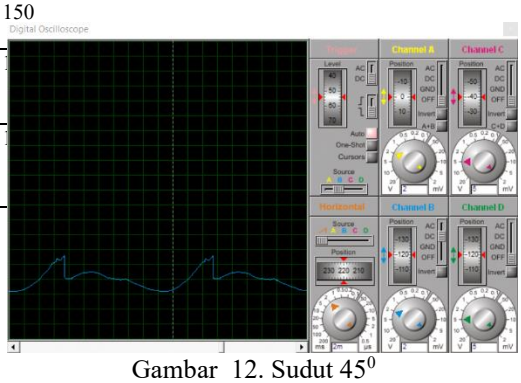
Gambar 10. Sudut 0^0

Gambar 10. Menunjukkan kondisi tegangan anoda-katoda SCR saat sudut 0^0.



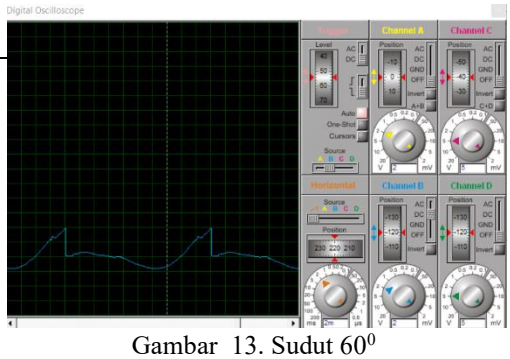
Gambar 11. Sudut 30^0

Gambar 11. Menunjukkan kondisi tegangan anoda-katoda SCR saat sudut 30^0.



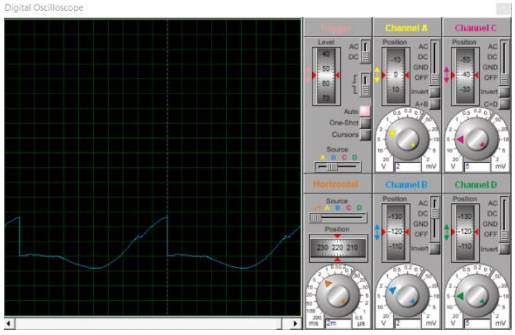
Gambar 12. Sudut 45^0

Gambar 12. Menunjukkan kondisi tegangan anoda-katoda SCR saat sudut 45^0.



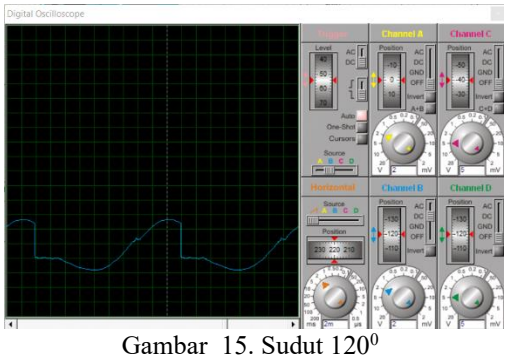
Gambar 13. Sudut 60^0

Gambar 13. Menunjukkan kondisi tegangan anoda-katoda SCR saat sudut 60^0.



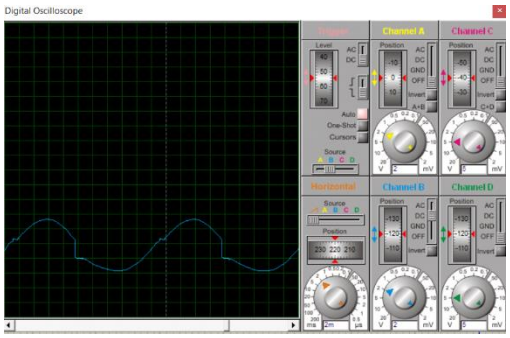
Gambar 14. Sudut 90^0

Gambar 14. Menunjukkan kondisi tegangan anoda-katoda SCR saat sudut 90^0.



Gambar 15. Sudut 120^0

Gambar 15. Menunjukkan kondisi tegangan anoda-katoda SCR saat sudut 120^0.



Gambar 16. Sudut 150^0

Gambar 16. Menunjukkan kondisi tegangan anoda-katoda SCR saat sudut 150^0.

4.6 Pembahasan

Dari hasil simulasi bentuk gelombang tegangan anoda-katoda menunjukan bahwa rangkaian ini dapat digunakan untuk mengatur sudut penyalaan SCR. Begitu pula untuk tegangan DC yang dihasilkan dapat diatur dengan rangkaian ini karena sudut penyalaan yang diatur.

Apabila dilihat dari hasil pengukuran diketahui bahwa pengaruh sudut penyalaan (α) berbanding terbalik dengan terbalik dengan tegangan DC yang dihasilkan. Pada kondisi beban resistif tegangan yang dihasilkan lebih besar dibandingkan pada kondisi beban resistif-induktif dikarenakan pada kondisi beban resistif-induktif tegangan akan mengalami siklus tegangan negatif ssesaat sehingga mengurangi nilai tegangan output DC meskipun perbedaan tersebut hanya sedikit. Sehingga dapat disimpulkan semakin besar sudut penyalaan (α) maka semakin kecil tegangan yang dihasilkan. Kemudian dengan tegangan output DC yang dihasilkan pada beban resistif dan beban resistif-induktif akan mengalami perbedaan yaitu pada beban resistif-induktif akan memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan beban resistif.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dari hasil simulasi rangkaian penyearah terkendali, maka dapat ditarik kesimpulan rangkaian penyearah terkendali dengan mikrokontroler dapat digunakan untuk merubah sudut penyalaan SCR sehingga dapat mengatur tegangan output DC. Dibandingkan dengan pengaturan sudut penyulutan dengan potensiometer yang sangat berbahaya karena potensiometer diberikan pembebanan yang sangat tinggi. Perangkat lunak yang digunakan sebagai simulasi adalah Proteus 7 dikarenakan pada Proteus 7 dapat memasukan program arduino dan mencobanya dibandingkan dengan software lainnya seperti PSIM. Hasil pengukuran pada beban resistif dengan sudut penyalaan 90^0 menggunakan sumber AC 12 volt bernilai 4,25 volt. Kemudian pada beban resistif-induktif dengan sudut penyalaan 90^0 menggunakan sumber AC 12 volt bernilai 4,23 volt. Penelitian ini dapat mengatur sudut penyulutan dari 0^0 sampai 150^0, untuk kedepannya bisa merubah program arduino tersebut dengan menggunakan bitrate 20000 yang menandakan 20 ms sehingga untuk pengaturan sudut bisa sampai 180^0

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung atas dukungan pendanaan Tugas Akhir melalui Skema Penelitian Peningkatan Kapasitas Laboratorium, sesuai nomor kontrak No.B/74.8/PL1.R7/PG.00.03/2021

DAFTAR PUSTAKA

[1] G. . S. A. Putra, A. Nabila dan A. B. Pulungan, "Power Supply Variabel Berbasis Arduino," *Jurnal Teknik Elektro Indonesia,* vol. 1, no. 2, pp. 139-143, 2020.

[2] F. Rahmad, S. Pradana dan A. H. Kurniawan, "Rancang Bangun Sistem Alat Praktikum SCR di Laboratorium Elektronika Daya dengan Pengendali Arduino," *Jurnal Teknik Elektro UNIBA,* vol. 6, no. 1, pp. 184-193, 2021.

[3] N. Khairani, "Desain Sistem Pengurasan Dan Pengisian Air Kolam Pembenihan Ikan Secara Otomatis Menggunakan Arduino Dengan Sensor Kekeruhan Air," *Jurnal Khatulistiwa Informatika,* vol. 6, no. 1, pp. 58-63, 2018.

[4] R. L. Boysted dan L. Nashelsky, Electronic Devices and Circuit Theory, New Jersey: Pearson Education, 2011.

[5] O. Aluf, Advance Elements of Optoisolation Circuits, Cham: Springer Nature, 2017.

[6] H. Wirawan dan A. Subari, "RANCANG BANGUN DAN MONITORING PENYEARAH DAN ATS (AUTO TRANSFER SWITCH) PADA SISTEM MONITORING SUMBER DC GARDU INDUK BERBASIS ARDUINO MEGA 2560," *GEMA TEKNOLOGI,* vol. 19, no. 2, pp. 23-28, 2017.

[7] Tim Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Penyearah (Rectifier), Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2003.

[8] R. Nuraini, "DESAIN ROBOT PEMBERI PAKAN AYAM TERNAK OTOMATISBERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16 MENGGUNAKAN SIMULATOR SOFTWARE PROTEUS 8," *Jurnal PETIR,* vol. 11, no. 1, pp. 31-37, 2018.

[9] Admin, "Components101," 12 Februari 2020. [Online]. Available: https://components101.com/thyristors/bt151-scr-datasheet-pinout-equivalents. [Diakses 24 April 2022].

[10] Admin, "Components101," 27 Mei 2018. [Online]. Available: https://components101.com/ics/pc817-ic-pinout-equivalent-datasheet. [Diakses 24 April 2022].

[11] U. F. Azis, A. Wirana dan R. Habibuddin, "Perancangan dan Pembuatan Trainer Penyearah Terkendali 3 Fasa," *jJurnal Teknologi Terpadu,* vol. 5, no. 1, pp. 26-35, 2017.