

IMPLEMENTASI IC TCA 785 DENGAN TRANSFORMATOR PENGGESER FASE PADA PENYEARAH TIGA FASE JEMBATAN TERKONTROL PENUH

Muhamad Rizky Fajar^{*)}, Trias Andromeda, and Mochammad Facta

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: rizkyrisnandi1@gmail.com

Abstrak

Dewasa ini sumber arus searah banyak digunakan pada industri untuk catu daya motor arus searah. Namun, sumber tegangan yang tersedia pada industri pada umumnya adalah sumber tegangan tiga fase sehingga dibutuhkan suatu konverter untuk mengkonversi tegangan arus bolak – balik menjadi tegangan arus searah. Penyearah tiga fase terkontrol penuh merupakan konverter AC ke DC yang banyak digunakan karena tegangan keluaran yang dihasilkan dapat dikendalikan sesuai yang diinginkan. Tegangan fase ke fase memiliki perbedaan sudut fase mendahului 30° dari tegangan fase ke netral sehingga dibutuhkan suatu mekanisme khusus untuk sinkronisasi tegangan dalam pembentukan sinyal pengontrolan. Pada Penelitian ini akan dirancang suatu penyearah 3 fase jembatan terkontrol penuh untuk menyearahkan arus bolak – balik 3 fase menjadi arus searah. Penyearah 3 fase terkontrol penuh akan dibuat dengan menggunakan IC TCA 785. Mekanisme untuk sinkronisasi tegangan akan direalisasikan dengan menggunakan transformator penggeser fase dengan hubung Yz1. Berdasarkan hasil pengujian, tegangan masukan arus bolak-balik sebesar 380 volt dapat disearahkan menjadi 540 volt arus searah. Tegangan keluaran dapat dikendalikan dengan mengatur nilai sudut picu yang diberikan pada silikon controlled rectifier (SCR) dengan rentang sudut pemucian sebesar 15° - 120° .

Kata kunci : daya arus searah, penyearah tiga fase terkontrol penuh, IC TCA 785, pergeseran fase

Abstract

Today, direct current electrical energy is commonly used at industry as power supply for a direct current motor. However, the available power supply is alternating current so it is required a converter to convert the alternating current into direct current power. Three phase controlled rectifier is commonly used to convert alternating current into direct current because the output voltage could be controlled as it is desired. If the synchronizer of controller in converter takes the signal from line to netral voltage, than it is necessary to set up a mechanism in order that the rectified voltage is synchronized with control signal. In this research, it will designed a three phase bridge fully controlled rectifier to convert alternating current into direct current. A full controlled rectifier will be implemented using Intergrated Circuit IC TCA 785. The mechanism to synchronize the voltage is implemented using phase shifter transformator with Yz1 connection. Based on the experimental results, the 380 Volt input voltage in alternating current is sucessfully rectified into to 540 volt of direct current. The output voltage can be controlled by determining the value of the trigger angle of silikon controlled rectifier used the trigger angle can vary from 15° – 120° .

Keywords : direct current power, full controlled three phase rectifier, IC TCA 785, phase shifter

1. Pendahuluan

Konverter elektronika daya dapat melakukan konversi dari AC ke DC, DC ke DC, DC ke AC, dan AC ke AC pada nilai arus dan tegangan yang besar. Konverter ini banyak digunakan pada sistem transmisi tenaga listrik dan peralatan industri. *Rectifier, choppers, inverters*, regulator tegangan bolak – balik merupakan bagian dari konverter

elektronika daya[1]. *Rectifier* merupakan peralatan yang mengkonversi tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan arus searah (DC). Berdasarkan suplai tegangan masukannya penyearah terbagi atas penyearah satu fase dan penyearah tiga fase. Penyearah satu fase digunakan untuk mensuplai beban dengan rating dibawah 20kW untuk rating daya diatas 20kW digunakan penyearah 3 fase [2]. Dari segi pengendaliannya, penyearah terbagi menjadi penyearah terkontrol dan tak terkontrol.

Penyearah terkontrol menggunakan *silicon controlled rectifier* (SCR) sebagai komponen penyearah, sehingga tegangan keluaran arus searah penyearah ini dapat diatur. Penggunaan penyearah terkontrol banyak terdapat pada industri. Penyearah ini biasanya digunakan sebagai catu daya motor arus searah, sistem traksi, *elektrochemical*, dan lain sebagainya [2].

Penelitian yang membahas aplikasi penyearah terkontrol sudah pernah dilakukan [3]–[7]. Desain penyearah terkontrol pada penelitian sebelumnya tidak menggunakan transformator penggeser sudut fase untuk tegangan sinkronisasinya. Penelitian sebelumnya lebih fokus membahas aplikasi pada penyearah terkontrol sebagai driver motor.

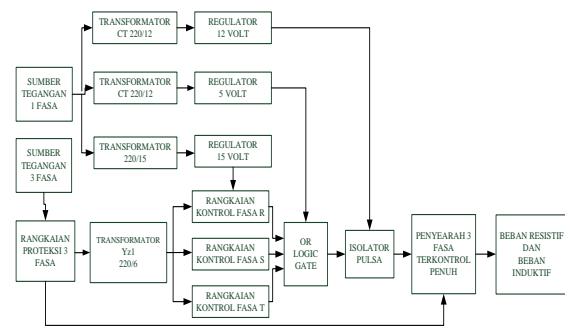
Permasalahan pada penyearah terkontrol 3 fase adalah tegangan yang dikonversikan merupakan tegangan fase ke fase dimana pada tegangan fase ke fase terdapat perbedaan sudut 30° terhadap tegangan fase ke netral sehingga diperlukan suatu mekanisme agar penyulutan yang diberikan pada rangkaian penyearah 3 fase terkontrol selaras dengan tegangan fase ke fase yang hendak disearahkan. Hal ini, dapat diatasi dengan menggunakan transformator dengan konfigurasi khusus untuk menggeser sudut fase pada suplai tegangan sinkronisasi rangkaian kontrol.

Dalam Penelitian ini, dibuat implementasi TCA 785 dengan transformator penggeser fase pada penyearah 3 fase jembatan terkontrol penuh. Penyulutan untuk penyearah 3 fase dihasilkan oleh IC TCA 785. Tegangan sinkronisasi pada rangkaian kontrol diberikan pergeseran sudut fase terlambat (*lagging*) sebesar 30° dari tegangan fase ke netral yang berasal dari sumber. Mekanisme pergeseran sudut fase ini dibuat dengan menggunakan transformator hubung bintang – zigzag angka angka jam 1 (Yz1)[8]. Pergeseran sudut fase pada tegangan sinkronisasi menyebabkan penyulutan yang diberikan tepat pada titik pemicuan untuk menyearahkan tegangan arus bolak – balik fase ke fase. Sudut penyulutan (α) dapat diatur dengan mengatur resistor variabel pada IC TCA 785 dalam rentang $15^\circ - 120^\circ$. Pengaturan sudut penyulutan menyebabkan tegangan keluaran penyearah terkontrol dapat dikendalikan mulai dari tegangan minimum hingga tegangan maksimum.

2. Metode

2.1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pada penyearah terkontrol tiga fase terdiri dari lima tahapan utama, yaitu perancangan sumber tegangan arus searah 15 volt, perancangan transformator hubung *Y-z-1*, rangkaian kontrol, rangkaian isolator pulsa, dan rangkaian daya.

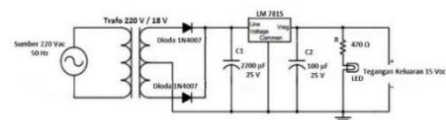


Gambar 1. Blok diagram perancangan

Setelah diagram alir perancangan sudah sesuai, tahap selanjutnya adalah pembuatan perangkat keras. Dalam perancangan rangkaian penyearah 3 fase ini, rangkaiannya terbagi menjadi 5 bagian, yaitu perancangan sumber arus searah 15 volt, perancangan transformator hubung *Y-z-1*, perancangan rangkaian kontrol dengan IC TCA 785 sebanyak 3 buah, perancangan isolator pulsa sebanyak 6 buah dan perancangan rangkaian daya.

2.2. Rangkaian Penyearah 15 Volt DC

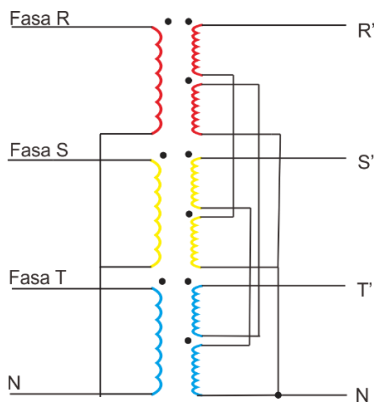
Suplai tegangan masukan 15 volt arus searah pada pin 16 IC TCA 785 didapat dengan menggunakan penyearah gelombang penuh dengan transformator centre tap untuk mengubah arus bolak-balik ke arus searah. Penyearah ini menggunakan regulator LM 7815 yang sumber arus bolak-balik 1 fasenya dihubungkan dengan transformator *center tap* dengan rasio 220 V : 15 V. Gambar 2 Menunjukkan rangkaian penyearah output 15 volt arus searah.



Gambar 2. Penyearah gelombang penuh satu fase dengan centre tap

2.3. Transformator Hubung *Y-z-1*

Sinkronisasi tegangan yang diberikan pada rangkaian kontrol diberikan pergeseran sudut fase terlambat (*lagging*) 30° terhadap tegangan fase ke netral. Pergeseran fase dilakukan dengan menggunakan transformator dengan hubung bintang – zigzag jam1 (Yz1) [6]. Gambar 3. menunjukkan transformator hubung Yz1.

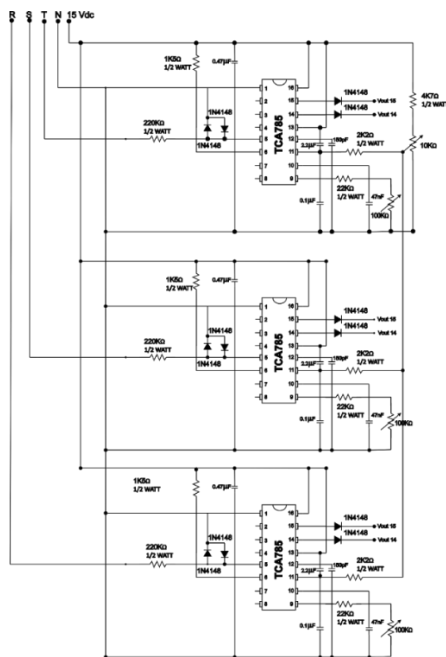


Gambar 3. Konfigurasi transformator hubung Yz1

Dari Gambar 3. Dapat dilihat pada sisi primer transformator diberikan hubung bintang dan pada sisi sekunder transformator diberikan belitan zigzag.

2.4. Rangkaian Kontrol Pengendali fase IC TCA 785

Rangkaian penyearah terdiri dari 3 buah rangkaian IC TCA 785 yang menjadi satu kesatuan. Gambar 4. merupakan gambar rangkaian kontrol pengendali 3 fase IC TCA 785 secara keseluruhan.

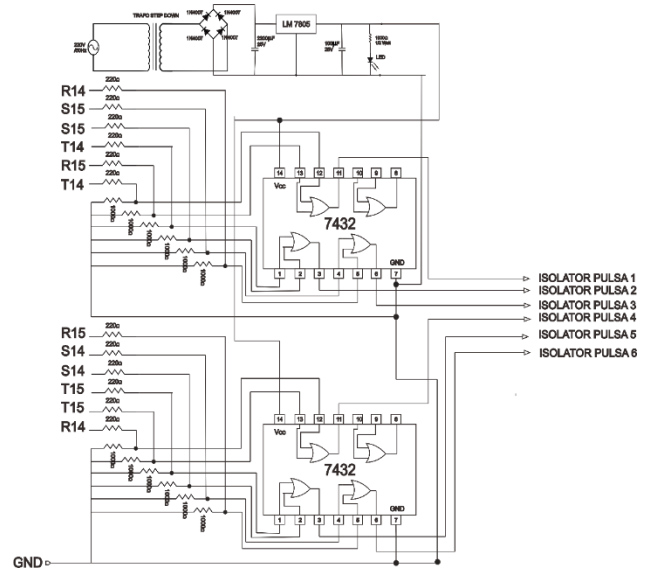


Gambar 4. Gambar rangkaian kontrol pengendalian 3 fase menggunakan IC TCA 785

Dari Gambar 4 diketahui bahwa terdapat 2 nilai tegangan masukan, yaitu tegangan arus searah 15 volt sebagai suplai IC TCA 785 dan tegangan arus bolak-balik sebagai masukan tegangan sinkronisasi. Tegangan kontrol ketiga IC terhubung paralel sehingga besar sudut pemicuan yang dihasilkan ketiga IC adalah sama [7].

2.5. Rangkaian Gerbang Logika OR

Rangkaian Gerbang logika OR yang digunakan dalam rangkaian ini adalah IC TTL 74LS32. IC TTL 74LS32 berfungsi untuk menggabungkan dua buah sinyal dari rangkaian kontrol menjadi satu untuk penyulutan SCR.

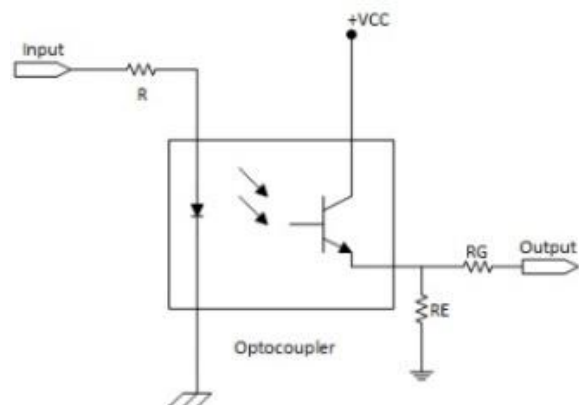


Gambar 5. Rangkaian optocoupler 4N35

Setelah mendapat masukan berupa 2 buah gelombang keluaran IC TCA 785, IC TTL 74LS32 akan menggabungkannya kemudian meneruskan gelombang pemicuan tersebut ke isolator pulsa.

2.6. Rangkaian Isolator Pulsa

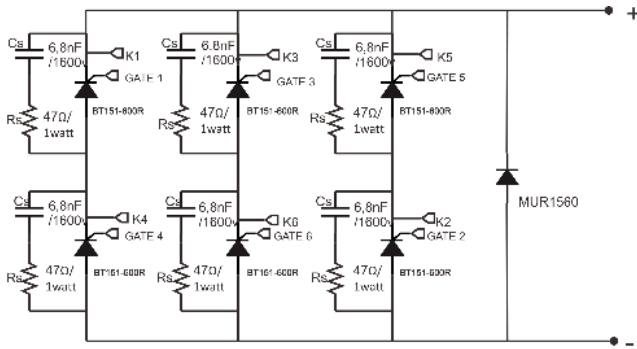
Rangkaian isolator pulsa yang digunakan dalam rangkaian ini adalah *Optocoupler* tipe 4N35. *Optocoupler* 4N35 berfungsi sebagai isolator atau pengaman rangkaian kontrol apabila terjadi gangguan pada rangkaian daya.



Gambar 6. Rangkaian optocoupler 4N35

Setelah mendapat masukan berupa gelombang keluaran IC TTL 74LS32, *optocoupler* langsung meneruskan gelombang pemicuan tersebut ke rangkaian daya.

2.7. Rangkaian Daya



Gambar 7. Rangkaian daya penyearah 3 fase gelombang penuh setengah terkontrol

Dari Gambar 7. dapat dilihat bahwa sumber rangkaian daya tersebut langsung bersumber dari sumber 3 fase 380 volt dengan frekuensi 50 Hz yang setiap fasenya akan disambungkan langsung di tiap-tiap konektor antara *thyristor* dan dioda. Dalam rangkaian ini juga ditambahkan *dioda freewheeling* dan rangkaian *snubber* yang berfungsi untuk memproteksi rangkaian daya jika terjadi gangguan pada beban. Thyristor yang digunakan adalah BT-151-600R dan dioda yang digunakan adalah dioda MUR 1560.

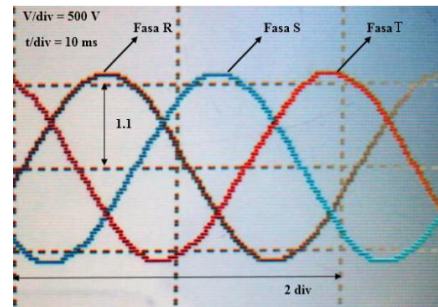
3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Sumber Tegangan

Dalam penelitian ini, digunakan sumber 3 fase yang digunakan untuk *zero crossing detector* pada tiap rangkaian kontrol dan juga catu daya rangkaian daya. Sebelum digunakan untuk *zero crossing detector* sumber tegangan 3 fase diberikan pergeseran fase dengan menggunakan transformator *Yz1* Selain itu terdapat 3 sumber tegangan 15 volt arus searah sebagai catu daya 3 buah rangkaian kontrol IC TCA 785, 2 buah rangkaian gerbang logika OR, 6 sumber tegangan 15 volt arus searah untuk catu daya 6 buah *optocoupler* 4N35. Selain menggunakan transformator. Berikut hasil pengujian gelombang masukan 3 fase dan gelombang 15 volt arus searah.

3.1.1. Pengujian Sumber Tegangan 3 Fase

Pengujian sumber 3 fase dilakukan dengan cara mengambil gelombang keluaran dari sumber 3 fase. Dari gelombang keluaran yang dihasilkan, maka akan didapat nilai tegangan perfase dan keseimbangan antar fasenya.



Gambar 8. Gelombang masukan 3 fase (fase R – fase S)

Dari hasil pengujian gelombang sumber 3 fase, sudah terdapat perbedaan fase pada tiap fasenya, baik pada pengujian fase R-fase S dan juga pengujian fase S-fase T. Untuk mengetahui nilai tegangannya adalah :

$$V_p = 1,16 \text{ div} \times 500 \text{ v/div} = 581 \text{ volt}$$

Maka tegangan rata-ratanya adalah

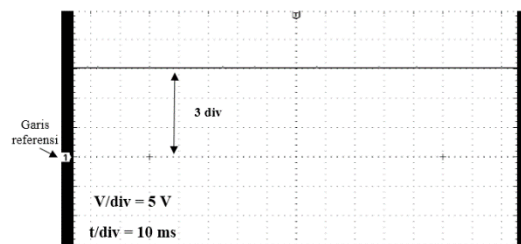
$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

$$V_{rms} = \frac{581}{\sqrt{2}} = 411 \text{ volt}$$

Dari ketiga bentuk gelombang keluaran, tinggi gelombangnya sama. Sehingga nilai tegangan tiap gelombang sama yaitu sebesar 411 volt. Sehingga, nilai input tegangan tiap fasenya sudah seimbang.

3.1.2. Pengujian Sumber Tegangan 15 Volt DC

Sumber tegangan 15 volt arus searah digunakan untuk menyuplai rangkaian kontrol IC TCA 785. Tegangan ini dihasilkan dari transformator 220v /12v. Tegangan 12 volt arus bolak-balik dari transformator akan disearahkan dengan rangkaian regulator yang menggunakan LM7815, sehingga nilai tegangannya nanti dapat bernilai stabil pada 15 volt arus searah.



Gambar 9. Gelombang masukan 3 fase (fase R – fase S)

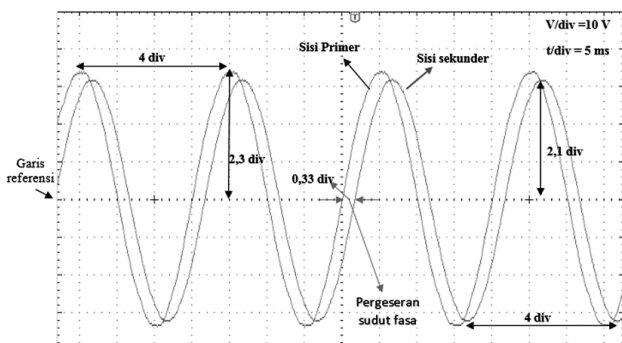
Dari hasil gelombang keluaran, posisi gelombang berada pada kolom ke-3. Sehingga untuk mengetahui nilai tegangannya adalah:

$$V_{DC} = 3 \text{ div} \times 5 \text{ V/div} = 15 \text{ Volt}$$

Nilai tegangan keluaran arus searah bernilai tepat 15 volt searah. Hasil ini sudah bagus karena sudah sesuai dengan nominal yang diinginkan. Dari Gambar 14 dapat dilihat bahwa gambar gelombang tidak statis 15 volt searah, namun ada sedikit sekali *ripple*. Hal ini masih dapat ditoleransi, karena LM7815 memiliki nilai toleransi $\pm 5\%$.

3.2. Pengujian Transformator Penggeser Fase

Pada Penelitian ini, tegangan sinkronisasi untuk rangkaian kontrol diberikan pergeseran sudut fase terlambat (*lagging*) 30° dengan menggunakan transformator penggeser fase dengan hubung Yz1. Sisi primer transformator akan dihubung bintang sedangkan sisi sekunder trafo akan dihubung zigzag.

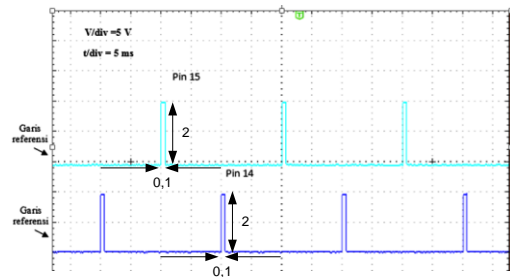


Gambar 1. Gelombang keluaran transformator penggeser fase pada sisi primer dan sekunder

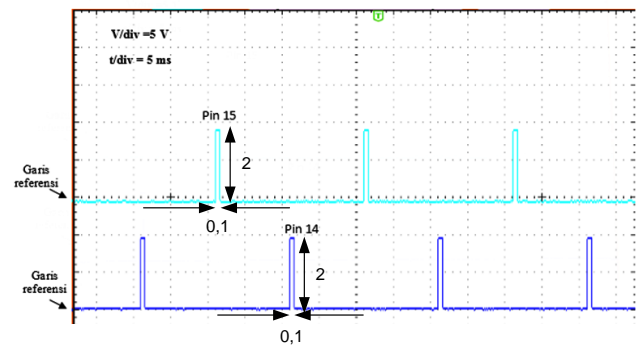
Hasil gelombang keluaran transformator penggeser fase pada sisi primer dan sekunder terlihat mengalami pergeseran sudut fase. Transformator *Y-z-1* didesain agar sisi sekunder pada transformator mengalami pergeseran sudut fase terlambat (*lagging*) 30° terhadap tegangan pada sisi primer. Keluaran dari transformator *Y-z-1* ini selanjutnya akan digunakan sebagai sinkronisasi tegangan pada rangkaian kontrol.

3.3. Pengujian Rangkaian Kontrol IC TCA 785

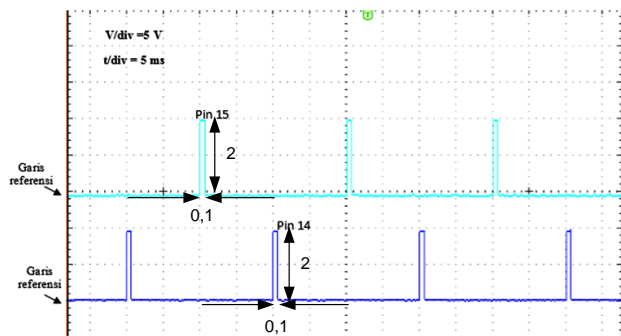
Pada penelitian ini, sinyal picuan *thyristor* dihasilkan dari IC TCA 785. Terdapat 2 sinyal keluaran pada TCA 785, yaitu pada pin 14 dan pin 15. Pin 14 merupakan sinyal pemecuan untuk sudut 181° sampai 360° . Sedangkan pin 15 menghasilkan sinyal pemecuan untuk sudut 0° sampai dengan 180° . Pembentukan sinyal keluaran IC TCA 785, terdapat beberapa elemen penting, yaitu tegangan sinkron, tegangan *ramp* (gigi gergaji) dan tegangan kontrol. Perpotongan dari ketiga elemen tersebut yang akan membentuk sinyal pemecuan yang dapat diatur dengan merubah nilai variabel resistor. Rangkaian kontrol 3 fase yang menggunakan 3 IC, sinyal pemecuan tiap fasenya berbeda sebesar 120° , dimana hal ini sesuai dengan pembentukan sinyal pemecuan dari *zero crossing detector*. Gambar 16, 17, dan 18 merupakan gambar sinyal pemecuan dari rangkaian kontrol.



Gambar 11. Gelombang pemecuan pin 14 dan 15 pada rangkaian kontrol fase R



Gambar 12. Gelombang pemecuan pin 14 dan 15 pada rangkaian kontrol fase S

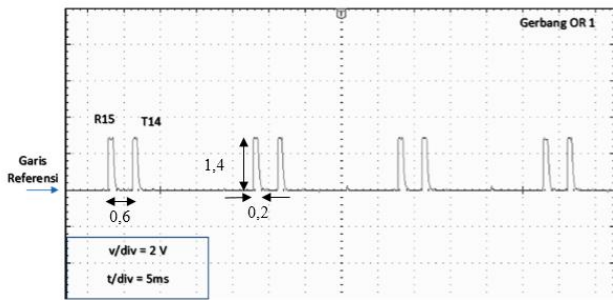


Gambar 13. Gelombang pemecuan pin 14 dan 15 pada rangkaian kontrol fase T

Gelombang keluaran dari rangkaian kontrol memiliki perbedaan 120° antar fasenya dan memiliki perbedaan 180° pada keluaran pin 14 dan 15.

3.4. Pengujian Rangkaian Gerbang Logika OR

Gerbang logika OR digunakan untuk menggabungkan dua pemecuan yang dihasilkan rangkaian kontrol IC TCA 785 menjadi 1 gelombang keluaran. Hal ini dikarenakan pada penyearah terkontrol 3 fase setiap SCR harus diberikan penyulutan sebanyak 2 kali setiap siklusnya. Gambar 19. Menunjukkan gelombang keluaran rangkaian gerbang logika or untuk penyulutan SCR1

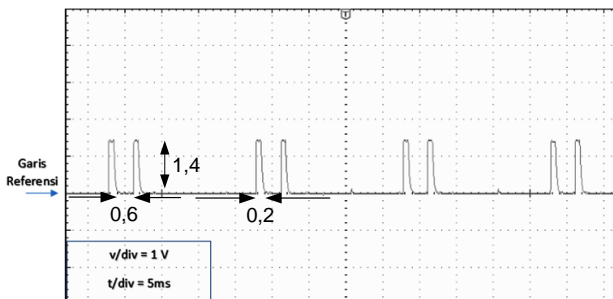


Gambar 14. Gelombang keluaran rangkaian gerbang logika OR penyulutan SCR 1

Keluaran dari rangkaian gerbang logika OR selanjutnya akan diteruskan menuju isolator pulsa untuk diatur nilai tegangannya agar sesuai dengan kriteria penyulutan pada SCR BT-151 600R

3.5. Pengujian Rangkaian Isolator Pulsa

Sinyal masukan isolator pulsa 4N35 didapat dari keluaran rangkaian gerbang logika OR yang dihubungkan pada pin 1. Pada rangkaian penyearah tiga fase terkontrol penuh ini dibutuhkan 6 buah isolator pulsa dimana masing-masing isolator pulsa mendapat masukan dari rangkaian gerbang logika OR IC TTL 74LS32. Gambar 14 menunjukkan gelombang keluaran isolator pulsa untuk penyulutan SCR 1



Gambar 15. Gelombang keluaran isolator pulsa untuk penyulutan SCR 1

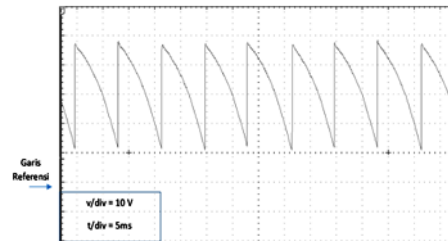
Sinyal keluaran *optocoupler* 4N35 langsung disambungkan dengan rangkaian daya, tepatnya dihubungkan dengan *gate thyristor*. Tiap *thyristor* akan dipicu oleh satu *optocoupler* sesuai dengan urutan pemicuannya.

3.6. Pengujian Penyearah 3 Fase Terkontrol Penuh

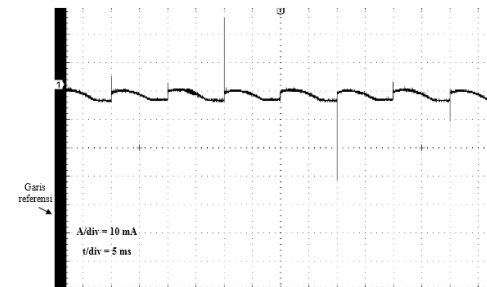
3.6.1. Pengujian Penyearah 3 Fase Terkontrol Penuh Dengan Beban Resistif

Pengujian ini dilakukan pada tegangan dan arus keluaran penyearah 3 fase terkontrol sudut picu (α) $15^\circ - 120^\circ$. *Oscilloscope* digunakan untuk mengamati bentuk gelombang keluaran dari tegangan maupun arus pada rangkaian penyearah terkontrol sedangkan nilai tegangan

searah dan arus searah akan diamati dengan menggunakan Multimeter PC5000, dimana tiap multimeter mengamati satu parameter. Gambar 16. akan menampilkan gelombang keluaran tegangan dan Gambar 17. akan menampilkan gelombang keluaran arus saat sudut picu 35° saat beban berupa 3 buah lampu 200 watt yang dihubungkan secara seri. Pada pengukuran tegangan, probe pengukur tegangan osiloskop menggunakan probe dengan rasio 10:1 dan rasio 100mA/div.



Gambar 16. Gelombang keluaran tegangan saat sudut picu pada 30° beban 200 watt



Gambar 17. Gelombang keluaran arus saat sudut picu pada 30° beban 200 watt

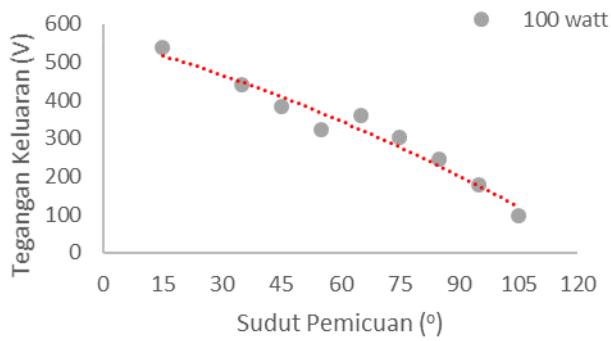
Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian terhadap beban lampu 100 watt dan 200 watt.

Tabel 1. Pengujian tegangan keluaran terhadap beban lampu 100 watt

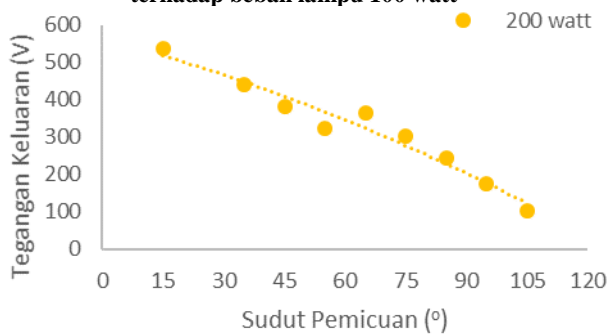
α ($^\circ$)	V_{in} L-L (V_{AC})	V_{out} (V_{DC})	$I_{out DC}$ (A)
105	409,5	96,5	0,11
95	409,8	176,7	0,18
85	409,8	245,6	0,22
75	408,6	304,4	0,26
65	409,8	359,3	0,29
55	409,8	323,2	0,28
45	408,6	382,5	0,31
35	407,6	440,7	0,34
15	408,1	537,4	0,37

Tabel 2. Pengujian tegangan keluaran terhadap beban lampu 200 watt

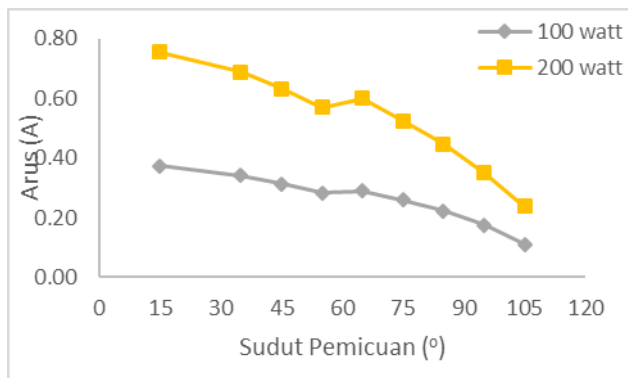
α ($^\circ$)	V_{in} L-L (V_{AC})	V_{out} (V_{DC})	$I_{out DC}$ (A)
105	408,6	103,0	0,238
95	408,2	175,2	0,35
85	407,2	244,6	0,447
75	407,9	302,9	0,524
65	408,2	363,3	0,6
55	408,2	324,6	0,569
45	407,0	383,1	0,632
35	407,9	440,8	0,689
15	408,2	536,6	0,756



Gambar 18. Hubungan sudut picu terhadap tegangan keluaran penyearah 3 fase terkontrol penuh terhadap beban lampu 100 watt



Gambar 19. Hubungan sudut picu terhadap tegangan keluaran penyearah 3 fase terkontrol penuh terhadap beban lampu 200 watt



Gambar 20. Hubungan sudut picu terhadap arus keluaran penyearah 3 fase terkontrol penuh terhadap beban lampu 100 dan 200 watt

Gambar 18 dan Gambar 19 menunjukkan terlihat bahwa semakin besar α maka besar tegangan keluaran semakin kecil. Hal ini membuktikan bahwa hal tersebut sudah sesuai dengan teori dimana semakin besar sudut picu maka tegangannya akan semakin kecil. Sedangkan Gambar 20 menunjukkan hal yang sama dimana semakin besar sudut picu maka arusnya akan semakin kecil.

3.7 Perbandingan daya Masuk dan Daya Keluar Pada Rangkaian Daya

Nilai perbandingan ini didapat dengan membandingkan daya masukan rangkaian daya dengan daya keluaran rangkaian daya pada beban R dan beban $R-L$. Perbandingan beban R dan beban $R-L$ dilakukan terhadap penggunaan beban lampu 40 watt, 60 watt, 100 watt dan 200 watt Persamaannya adalah sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (2)$$

dimana

P_{in} = Daya masukan arus bolak – balik (watt)

P_{out} = Daya keluaran arus searah (watt)

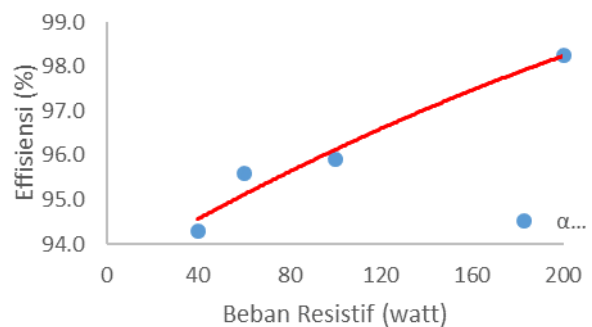
η = Perbandingan daya masukan dengan daya keluaran rangkaian penyearah (%)

Hasil perhitungan perbandingannya pada rangkaian penyearah 3 fase terkontrol penuh dengan beban Resistif pada semua nilai variasi sudut picu ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Effisiensi penyearah 3 fase terkontrol penuh terhadap beban R-L

Sudut picu (°)	η (%) 40 w	η (%) 60 w	η (%) 100 w	η (%) 200 w
105	22,6	22,6	22,6	22,6
95	40,0	40,0	40,0	40,0
85	58,0	58,0	58,0	58,0
75	67,9	67,9	67,9	67,9
65	71,7	71,7	71,7	71,7
55	72,1	72,1	72,1	72,1
45	84,5	84,5	84,5	84,5
35	93,9	93,9	93,9	93,9
15	94,3	94,3	94,3	94,3

Tabel 3 menunjukkan nilai perbandingan daya keluaran terhadap daya masukan pada penggunaan beban Resistif. Hasil pengujian menunjukkan sudut picu berbanding terbalik terhadap perbandingan yang dihasilkan. Semakin sudut picu maka nilai perbandingan daya keluaran terhadap daya masukan semakin besar dan semakin kecil sudut picu diikuti dengan naiknya nilai perbandingan antara daya masuk dan daya keluar.



Gambar 21. Hubungan beban dan effisiensi pada beban Resistif saat $\alpha=15^\circ$

Hasil pengujian menunjukkan nilai perbandingan pada penggunaan beban 200 watt paling baik bernilai 98,3% dengan beban R dan 97,1% dengan beban R-L. Nilai tersebut menunjukkan bahwa penyearah 3 fase setengah terkontrol memiliki tingkat perbandingan daya masukan dan daya keluaran yang sangat baik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, pengukuran dan analisa menunjukkan bahwa penyearah 3 fase terkontrol penuh sudah berjalan baik. Saat diberi tegangan masukan 411 volt arus bolak-balik penyearah ini menghasilkan gelombang keluaran bervariasi dengan nilai minimal 4 volt arus searah dan maksimal sebesar 540 volt arus searah. Penyearah terkontrol bekerja dengan baik pada saat diberikan sudut picu (α) $15^\circ - 55^\circ$ akan tetapi pada saat diberikan sudut picu (α) $65^\circ - 105^\circ$, terjadi kesalahan pemicuan pada rangkaian penyearah yang disebabkan adanya sinyal gangguan pada rangkaian kontrol dikarenakan rangkaian isolasi pulsa gagal mengisolasi rangkaian kontrol dengan rangkaian daya. Nilai perbandingan daya yang masuk dengan daya yang keluar dari penyearah ini sangat baik, yaitu mencapai angka 98%. Untuk pengembangan Penelitian ini lebih lanjut, maka dapat diberikan saran-saran bahwa penelitian ini dapat menambahkan kapasitor tapis untuk mengurangi ripple tegangan. Selain itu juga dapat mengganti IC TCA 785 dengan mikrokontroler atau mikroprosesor.

Referensi

- [1]. R. Paul, G. Rathod, M. Bareja, and P. Maru, "Performance Comparison of Single & 3- ϕ Controlled and Uncontrolled Rectifier Using," *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 2107–2111, 2014.
- [2]. M. D. Singh, *Power Electronics*, 2nd ed. New Delhi, India: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 2006.
- [3]. R. Krishnan, B. Ilango, R. Subramanian, and S. Sadasivam, "Firing Circuit for Three-Phase Thyristor Bridge Rectifier," *IEEE Trans. Ind. Electron. Control Instrum.*, vol. 1, no. 1, pp. 45–49, 1978.
- [4]. S. Vivekanandan, G. Saravanan, P. Kamalakannan, and S. Krishnaprabhu, "Performance Parameters Analysis of Three phase Full Controlled Converter using PSIM Simulation," *Int. J. Eng. Res. Gen. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 273–278, 2015.
- [5]. M. Enany, "Effects of Three Phase AC / DC Converter Drive on the Torque-Speed Characteristic of DC Motor," *Int. J. Comput. Appl. (0975 - 8887)*, vol. 58, no. 6, pp. 22–26, 2012.
- [6]. S. Donal and D. Riswan, "ANALISIS PENYEARAH TIGA FASA TERKONTROL PENUH DENGAN SIMULASI MATLAB," *SINGUDA ENSIKOM*, vol. 7, no. 2, pp. 68–74, 2014.
- [7]. M. R. S. Brito *et al.*, "Didactic platform for teaching of three-phase rectifier circuits in power electronics," *Int. J. Electr. Engineering Educ.*, vol. 51, no. 4, 2014.
- [8]. A. Kadir, *Transformator*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), 210AD.