

KENDALI FASA THYRISTOR SEBAGAI SISTEM PENYEARAH TIGA FASA DENGAN PENYINKRON DISKRIT UNTUK PRAKTIKUM ELEKTRONIKA DAYA

OLEH

S U N O M O,
ARIADIE CHANDRA NUGRAHA

Praktikum Eletronika Daya untuk sistem tiga fasa di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT-UNY sampai saat ini menggunakan modul praktikum buatan i VEDC Malang berbasis IC TCA 785 yang masih menggunakan tegangan searah. Melalui penelitian ini dibuat modul yang lebih murah dan lebih praktis tanpa menggunakan tegangan searah.

Modul kendali fasa hasil penelitian dengan metode eksperimen ini digunakan untuk melakukan kendali fasa sesuai dengan topik praktikum; Untai setengah gelombang, Semikonverter, *AC Regulator Unidirectional* dan *AC Regulator Bidirectional*.

Dari temuan penelitian disimpulkan bahwa modul kendali fasa thyristor yang dibuat dalam penelitian mampu melakukan kendali fasa gelombang tegangan tiga fasa dengan sudut picu 0° - 150° pada sistem penyearahan setengah gelombang, rentang pengaturannya lebih lebar daripada TCA 785, mampu melakukan kendali fasa gelombang tegangan tiga fasa dengan sudut picu 0° - 60° pada untai semikonverter, rentang pengaturannya kurang lebar dibandingkan TCA 785 yang dapat mencapai 135° , mampu melakukan kendali fasa gelombang tegangan dengan sudut picu 0° - 180° pada pengatur tegangan bolak balik satu arah tiga fasa, juga 0° - 180° pada pengatur tegangan bolak balik dua arah tiga fasa. Untuk kedua topik praktikum terakhir ini, pengaturannya bisa lebih lebar daripada modul TCA 785. Karena kemampuan modul hasil rancangan ini diperoleh melalui pengaturan tambahan khusus yang berhasil hanya untuk satu dari tiga modul yang dimodifikasi, maka untuk dapat digunakan sebagai modul praktikum masih perlu dilakukan perbaikan desain.

Kata kunci: Kendali fasa, thyristor (SCR), sistem tiga fasa, praktikum elektronika daya.

A. PENDAHULUAN

Sampai saat ini, praktikum Eletronika Daya di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT-UNY menggunakan modul praktikum dari VEDC Malang tahun 2000. Karena modul kendali tiga fasa yang dimiliki hanya dua modul saja, jelas

jumlahnya sangat kurang. Penambahan tidak dimungkinkan karena selain harganya yang sangat mahal, kopling induktif membuatnya tidak praktis untuk diperbaiki jika suatu saat terjadi kerusakan (kopling induktif dengan lilitan tembaga bisa sampai pecah). Berdasar pertimbangan tersebut, penelitian ini diajukan, untuk memperoleh modul praktikum dengan kinerja yang sama, lebih murah dan lebih praktis untuk dioperasikan daripada sistem pemacu/ kendali fasa thyristor untuk penyearah tiga fasa produksi VEDC Malang. Modul yang dirancang penuh oleh peneliti ini didesain memiliki cara operasi yang lebih sederhana, karena tidak menggunakan catu daya tegangan searah seperti modul buatan VEDC Malang maupun trafo catu, tetapi langsung dihubungkan ke sumber jaringan listrik di bagian masukannya dan ke thyristornya (SCR). Kopling optik antara sistem pengendali fasa dengan thyristornya diterapkan untuk mencegah kerusakan modul akibat salah hubung ke anode katode dan gerbang (*gate*) thyristornya. Sistem kendali fasa dengan IC TCA menggunakan kopling induktif, yang akan mengalami kerusakan jika ada salah hubungan di thyristornya, dan ini beberapa kali terjadi selama pelaksanaan praktikum. Peristiwa yang parah dalam kerusakan modul adalah, selain IC TCA terbakar, kopling induktifnya secara fisik sampai pecah inti trafonya. Perbaikan yang dilakukan oleh teknisi tidak bisa segera selesai karena harus menggulung ulang semua lilitannya yang sekitar dua meter panjangnya dengan empat kawat yang masing-masing berdiameter 0,1 milimeter pada inti trafo bentuk cincin yang baru. Hal ini dikomentari oleh teknisi yang bersangkutan sebagai pekerjaan yang ribet dan membosankan.

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan serta mempertimbangkan topik praktikum elektronika daya (Istanto W.J, 2009), yakni: PKE -04 Sub.4: Untai

setengah gelombang dan Sub.5: Semikonverter, PKE-05 Sub.4: *AC Regulator Unidirectional* dan Sub.5: *AC Regulator Bidirectional*, maka masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

Seberapa jauh rentang pengaturan sudut picu modul yang dirancang dan dibuat dalam penelitian ini mampu mengendalikan thyristor dalam sistem tiga fasa yang tersusun dalam untai:

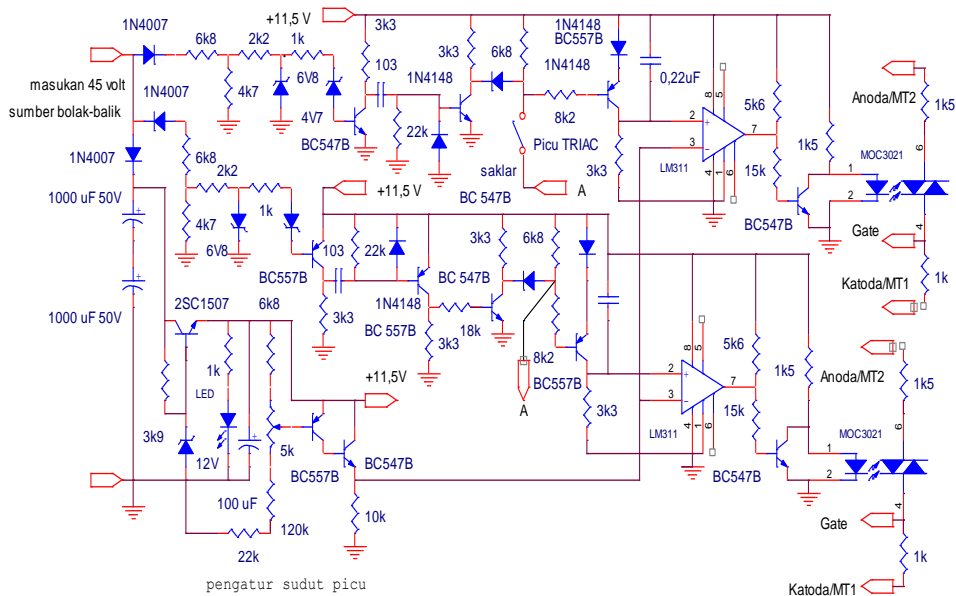
- a. Penyearahan setengah gelombang,
- b. Konverter setengah (*semiconverter*),
- c. Pengatur tegangan bolak-balik satu arah (*unidirectional ac regulator*),
- d. Pengatur tegangan bolak-balik dua arah (*bidirectional ac regulator*)

Perlu diketahui bahwa berdasar-persamaan-persamaan matematika yang dikemukakan oleh Singh (2007), Moorthy (2005) maupun Lander (1993) untuk keempat untai tersebut di atas, pemicuan pada sudut yang sama antara modul eksperimen dan modul TCA, tidak menimbulkan perbedaan pada nilai daya beban.

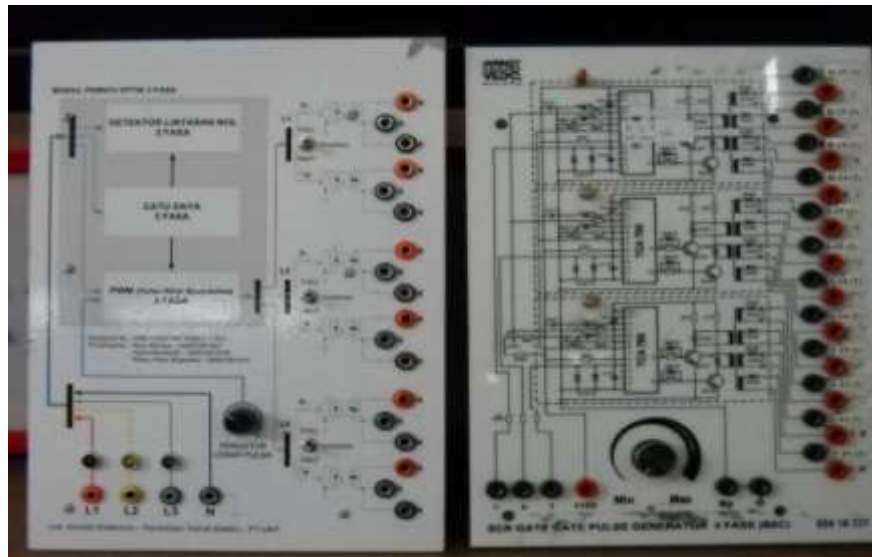
A. Metode Penelitian:

Metode penelitian adalah eksperimen laboratorium. melalui pembuatan unit eksperimen yang disebut modul eksperimen, Bahan penelitian berupa tiga unit modul pemacu elektronis bertransistor dengan komparator IC LM 311. Untai eksperimen dapat dilihat pada Gambar 1, untuk fasa R. Fasa S dan T prinsipnya sama dengan fasa R, hanya saja tanpa pengatur tegangan picu, karena tegangan picu hanya satu, yang diberlakukan untuk ketiga fasa. Untuk mengantisipasi kemungkinan hilang salah satu fasa maka catu daya searah yang diturunkan dari masing-masing fasa dijadikan satu dengan isolasi diode. Bentuk fisik tampak depan dapat dilihat pada foto Gambar 2. Dalam Gambar 2

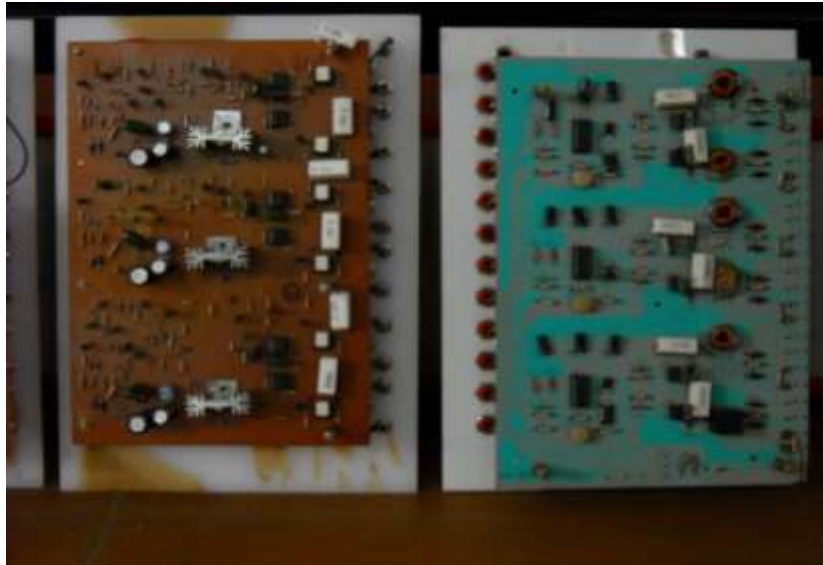
modul yang dibuat dalam penelitian disandingkan dengan modul TCA (gambar kanan) sehingga pembaca memiliki gambaran bentuk fisiknya. Gambar 3 adalah foto tampak belakang.



Gambar 1. Untai yang didesain dan diteliti (Fasa R), untuk fasa S dan T sama hanya tidak memiliki pengatur sudut picu



Gambar 2. Modul hasil desain penelitian tampak depan (kiri) Dan modul TCA 785 (kanan) sebagai perbandingan.

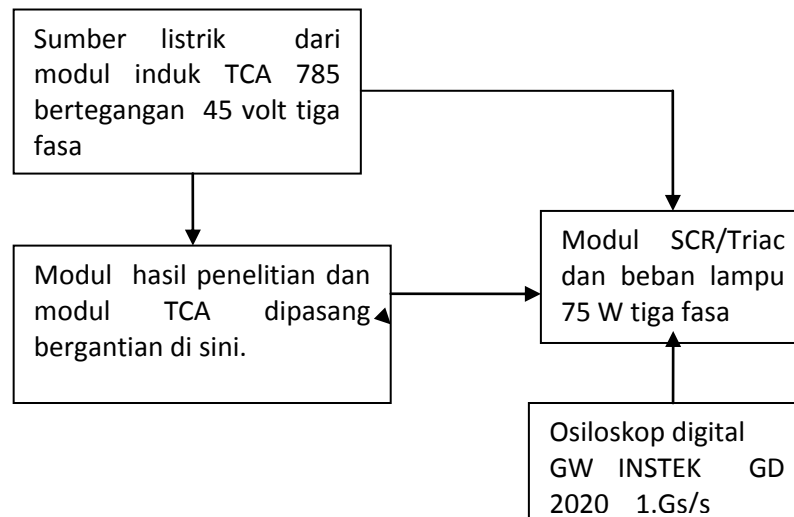


Gambar 3. Modul hasil desain penelitian tampak belakang (kiri) dan modul TCA 785 (kanan) sebagai perbandingan.



Gambar 4. Tegangan sumber uji dengan modul induk TCA 785 duplikasi dari modul induk buatan VEDC Malang

Diagram blok pengamatannya diilustrasikan melalui Gambar 5. Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan gambaran visual pengambilan datanya.



Gambar 5. Diagram blok pengamatan

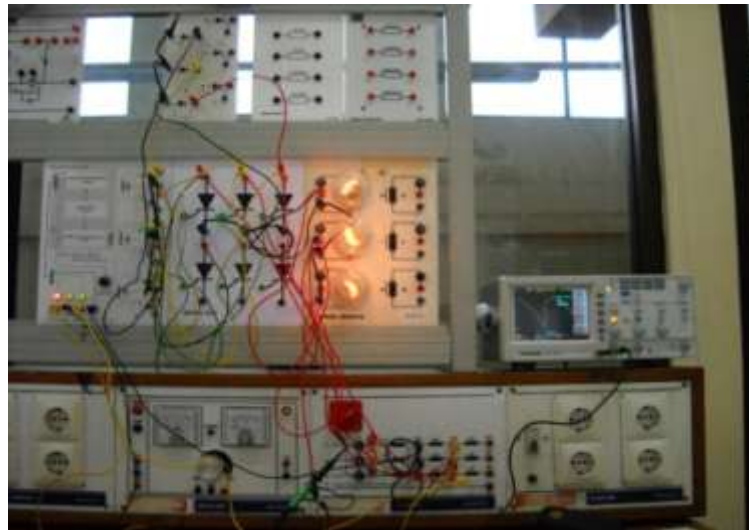
Gambar 6 adalah pengambilan data dengan unit pemacu yang dibuat dalam penelitian dan Gambar 7 pengambilan data dengan unit pemacu TCA 785.

C. Lokasi Penelitian

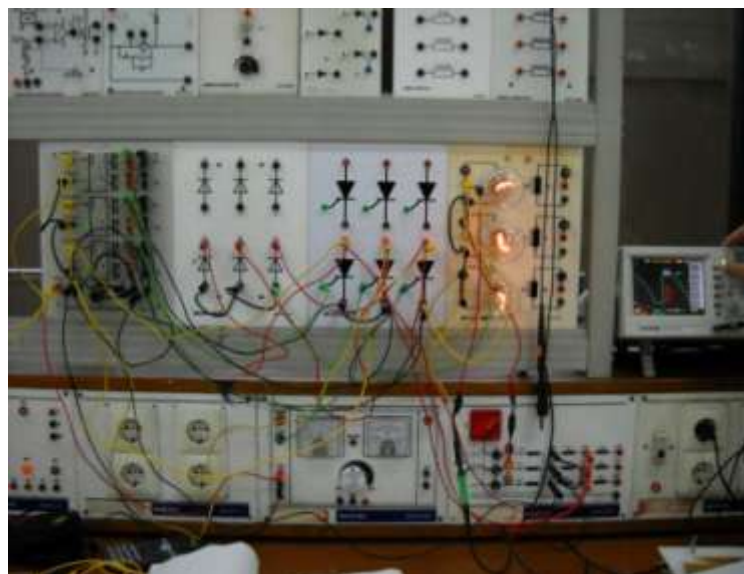
Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika Daya Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

D. Teknik Analisis data

Analisis data dilakukan secara deskriptif. Bentuk gelombang hasil pengaturan sudut fasa pemucuan SCR/Triac hasil kinerja modul pemacu. tanpa tegangan eksternal dengan kinerja modul dan TCA 785 diperbandingkan secara visual.



Gambar 6. Gambar visual pengambilan data dengan unit pemacu hasil rancangan penelitian



Gambar 7. Gambar visual pengambilan data dengan unit pemacu TCA 785

Analisis data dihitung dengan cara mengidentifikasi periode pulsa gelombang, yang untuk satu periode pulsa adalah 120° untuk penyearah tiga fasa setengah gelombang, pengatur tiga fasa mode *unidirectional ac regulator* maupun

bidirectional ac regulator, dan 60° untuk *semiconverter*. Satu periode gelombang ini ditinjau nilai divisinya pada layar osiloskop. Selanjutnya lebar pemicuan dihitung nilai divisinya dari titik persilangan antar fasa sehingga pengaturan sudut fasa dihitung dengan:

$$\frac{\text{nilai divisi lebar pemotongan gelombang}}{\text{nilai divisi satu periode gelombang}} \times 120^\circ \dots\dots\dots (1)$$

Untuk penyearah tiga fasa setengah gelombang, pengatur tiga fasa mode *unidirectional ac regulator* maupun *bidirectional ac regulator*, dan;

$$\frac{\text{nilai divisi lebar pemotongan gelombang}}{\text{nilai divisi satu periode gelombang}} \times 60^\circ \dots\dots\dots (2)$$

untuk semikonverter.

E. Hasil Penelitian

Hasil penelitian tidak dapat diperoleh dengan baik berdasar untai pada Gambar 10 atau foto modul Gambar 12. Untuk itu peneliti melakukan modifikasi dengan pengaturan individual pada resistor pengisi kapasitor pembangkit gigi gergaji, dengan cara memecah nilai resistor 3k3 dengan memecahnya menjadi dua berupa 5 kilo ohm potensiometer dan deretan resistor 4k7 sehingga bentuk fisik modul tampak depan (kiri) dan tampak belakang (kanan) menjadi seperti terlihat pada foto Gambar 8.



Gambar 8. Foto modifikasi pada unit sistem pemacu tiga fasa yang dibuat dalam penelitian.

Dengan modifikasi ini, sistem diatur dulu secara individual sampai pengaturan sudut picu dengan potensio pengatur dapat menghasikan gelombang dengan pengaturan yang simetrik untuk ketiga fasanya. Setelah modifikasi dilakukan, maka dapat dihasilkan data pengaturan sudut fasa untuk sistem tiga fasa yang dibuat dalam penelitian ini (modul kelompok eksperimen), yang dibandingkan hasil pengaturan sudut fasa yang dilakukan oleh modul TCA 785 (modul kelompok kontrol) seperti dinyatakan dalam Tabel 1:

F. Pembahasan

Dari hasil penelitian diperoleh fakta bahwa penggunaan sistem kendali fasa thyristor dengan sistem penyinkron diskrit yang dibuat dalam penelitian ini jika diaplikasikan dalam untai penyearah tiga fasa setengah gelombang memiliki rentang pengaturan sudut picu yang lebih lebar daripada sistem TCA 785 buatan

VEDC Malang. Sistem kendali fasa yang dibuat dalam penelitian ini mampu melakukan pengaturan sampai 90° jika dihitung dari titik singgung tegangan antar fasanya, atau 120° jika dihitung dari titik nol tegangan fasanya, sedangkan untuk modul TCA hanya mampu mencapai 73° jika dihitung dari titik singgung tegangan antar fasanya, atau 103° jika dihitung dari titik nol tegangan fasanya.

Tabel 1. Komparasi hasil pengaturan rentang sudut picu pada modul eksperimen dan modul TCA 785

No	Jenis pengatur daya 3 fasa	Rentang pengaturan		Perbandingan Rentang pemicuan
		Modul hasil penelitian (A)	Modul TCA 785 (B)	
1	Penyearah setengah gelombang	$0^\circ - 150^\circ$	$0^\circ - 73^\circ$	A>B
2	Semikonverter	$0^\circ - 60^\circ$	$0^\circ - 85,7^\circ$	A<B
3	three phase unidirectional ac regulator	$0^\circ - 180^\circ$	$0^\circ - 135^\circ$	A>B
4	three phase bidirectional ac regulator	$0^\circ - 180^\circ$	$0^\circ - 126^\circ$	A>B

Untuk kendali fasa pada untai semikonverter tiga fasa, rentang pengaturan sudut picu TCA 785 buatan VEDC Malang lebih lebar daripada sistem kendali fasa yang dibuat dalam penelitian ini. TCA 785 buatan VEDC Malang mampu melakukan kendali fasa sampai pada $85,7^\circ$ jika dihitung dari titik singgung tegangan antar fasanya, atau $115,7^\circ$ jika dihitung dari titik nol tegangan fasanya, sedangkan modul penelitian hanya mampu melakukan pengaturan kendali fasa sampai 60° jika dihitung dari titik singgung tegangan antar fasanya, atau 90° jika dihitung dari titik nol tegangan fasanya.

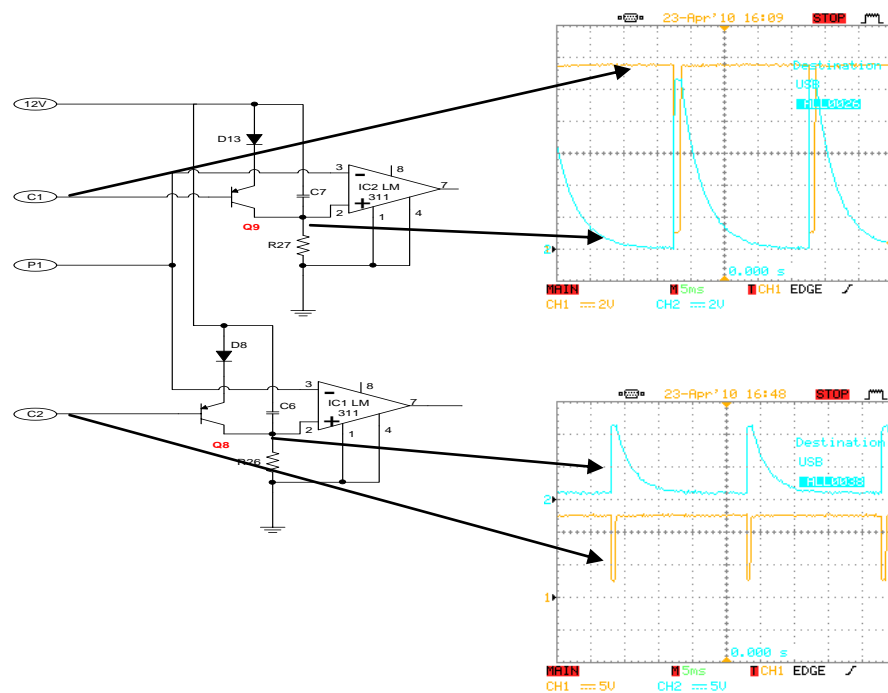
Untuk kendali fasa pada untai regulator bolak-balik satu arah tiga fasa (*three phase unidirectional ac regulator*), rentang pengaturan sudut picu sistem kendali fasa yang dibuat dalam penelitian ini lebih lebar daripada TCA 785 buatan VEDC Malang. TCA 785 buatan VEDC Malang hanya mampu melakukan kendali fasa sampai pada 135° dihitung dari titik nol tegangan fasanya, sedangkan modul yang dibuat dalam penelitian ini mampu melakukan pengaturan kendali fasa sampai 180° dihitung dari titik nol tegangan fasanya.

Untuk kendali fasa pada untai regulator bolak-balik dua arah tiga fasa (*three phase bidirectional ac regulator*), rentang pengaturan sudut picu sistem kendali fasa yang dibuat dalam penelitian ini lebih lebar daripada TCA 785 buatan VEDC Malang. TCA 785 buatan VEDC Malang hanya mampu melakukan kendali fasa sampai pada 126° dihitung dari titik nol tegangan fasanya, sedangkan modul yang dibuat dalam penelitian ini mampu melakukan pengaturan kendali fasa sampai 180° dihitung dari titik nol tegangan fasanya.

Perbedaan kinerja dari kedua sistem kendali fasa thyristor tentunya tidak dapat dilepaskan dari caranya energi picu thyristor diperoleh, kelinearan tegangan gigi gergaji dan rentang tegangan searah pengatur sudut picunya. Hanya saja kelemahan pada desain yang dihasilkan melalui penelitian ini terletak pada kerumitan pengaturan awalnya (*adjustment*) pada resistansi pengisi kapasitor pembangkit gigi gergaji. Bahwa keunggulan sistem pemacu yang didesain ini diperoleh dari hanya satu dari tiga pemacu yang dibuatkan sistem pengaturan awalnya, itu pun, dari hasil pengaturan yang memerlukan waktu lama. Dengan demikian, untuk menjadikannya sebagai sistem yang dapat dipergunakan sebagai modul praktikum yang mampu mengatur sudut penyalan atau pemicuan thyristor/SCR secara seimbang pada ketiga fasanya sehingga

bentuk pemotongan gelombang menjadi serasi, desain masih harus diperbaiki antara lain dengan melinearkan bentuk tegangan pengisian pada kapasitor pembentuk tegangan gigi gergajinya serta peningkatan kinerja pengaturan tegangan kendali sudut picu yang digunakan sebagai pengatur lebar sudut pemecuan. Dalam praktik, hasil pengaturan melalui potensiometer tidak efisien karena potensio sudah diputar hampir setengah perjalanan, hasil pegaturannya belum tampak pada perubahan sudut picu.

Tegangan pengisian kapasitor sebagai pembentuk tegangan gigi gergaji yang dihasilkan pada ujung pertemuan kapasitor dan resistor seperti tampak pada Gambar 9.



Gambar 9. Bentuk tegangan gigi gergaji kapasitor untuk komparator penghasil waktu penyalan sudut picu

yang tidak linear menyulitkan kelinearan pengaturan tiga fasa, ditambah lagi dengan ketidaklinearan putaran potensiometer pengatur tegangan komparator

terhadap kelinearan perubahan sudut picu merupakan kelemahan utama dari desain ini, yang hal ini tidak tampak jika sistem pemacu ini digunakan untuk mengatur sudut fasa pengaturan sistem satu fasa (Sunomo, 2009). Oleh sebab itu perbaikan harus dilakukan pada kedua masalah ini. Untuk melinearkan bentuk tegangan gigi gergaji, digunakan sumber pengisian dengan arus konstan, sedangkan untuk mengefektifkan kinerja sistem pengaturan tegangan referensi dapat dilakukan melalui rekonfigurasi pada resistor yang terhubung deret dengan potensiometer.

G. Kesimpulan

Dari temuan penelitian dapat dikemukakan kesimpulan bahwa modul sistem kendali fasa thyristor dalam konfigurasi sistem penyearah tiga fasa dengan penyinkron diskrit untuk praktikum elektronika daya ini mampu

1. melakukan kendali fasa gelombang tegangan tiga fasa dengan sudut picu 0° - 150° pada sistem penyearahan setengah gelombang, lebih lebar daripada hasil pengaturan dengan modul TCA 785.
2. melakukan kendali fasa gelombang tegangan tiga fasa dengan sudut picu 0° - 60° pada untai semikonverter dari yang seharusnya bisa maksimum 90° , kalah lebar dibandingkan dengan hasil pengaturan modul TCA 785
3. melakukan kendali fasa gelombang tegangan dengan sudut picu 0° - 180° pada pengatur tegangan bolak balik satu arah tiga fasa, lebih lebar daripada hasil pengaturan dengan modul TCA 785.
4. melakukan kendali fasa gelombang tegangan dengan sudut picu 0° - 180° pada pengatur tegangan bolak balik dua arah tiga fasa, lebih lebar daripada hasil pengaturan dengan modul TCA 785.

H. Saran

Karena hanya satu modul dari ketiga modul yang diberi pengaturan tambahan awal (*fine tuning*) untuk menyamakan pengaturan pada ketiga fasanya dapat bekerja baik, perlu dibuat pelinearan bentuk tegangan gigi gergaji dan sistem pengaturan tegangan searah pengatur sudut picu yang masuk ke komparator. Untuk melinearkan bentuk tegangan gigi gergaji, digunakan sumber pengisian dengan arus konstan, sedangkan untuk mengefektifkan kinerja sistem pengaturan tegangan referensi yang masuk ke komparator dapat dilakukan melalui rekonfigurasi pada resistor yang terhubung deret dengan potensiometer.

DAFTAR PUSTAKA

Istanto Wahyu Djatmiko, 2006, Praktik Kendali Elektronis DEL 230,
Program Studi Teknik Elektro UNY

Lander, W Cyril, 1993, Power Electronics, third edition, McGraw-Hill
International, Singapore

Moorthi, V.R, 2005, *Power Electronics*, Oxford University Press, New Delhi

Singh MD, Khanchandani, Power Electronics, 2007 Tata McGraw-Hill
Publishing Company, New Delhi

Sunomo, 2009, Kendali fasa thyristor dan Triac tanpa tegangan eksternal
untuk praktikum elektronika daya, Penelitian IPTEK Lemlit UNY

VEDC Malang, 2000, "Sistem kendali Daya 3 Fasa Gelombang Penuh" (Modul).

