Elektriese: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro
Volume 11, Number 02, Oktober 2021
p-EISSN: 2086-6933

Penyearah Setengah Gelombang Tiga Phasa Tak Terkontrol Menggunakan Motor Induksi Tiga Phasa

Author:
Anggara Trisna Nugraha[1], Muhammad Indrastata I.A[2], Salsabila Ika Yuniza[3], Novsyafantri[4]

Afiliation:
D4-Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.[1,2]
D4-Teknik Otomasi, Politeknik Pekapalan Negeri Surabaya.[3,4]

Corresponding email
anggaranugraha@ppns.ac.id

This is an Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Abstrak:
Penyearah setengah gelombang 3 fasa tanpa kendali merupakan rangkaian penyearah yang mengubah AC menjadi DC yang dipasang dengan trafo star delta sebagai penurun tegangan dari sumber AC dan dioda sebagai penyearah. Rangkaian ini memiliki keluaran hanya bagian positif dalam satu panjang gelombang dari masukan sebagai gelombang sinus dimana terdapat bagian negatif dan bagian positif dalam satu panjang gelombang. Namun, induksi memiliki sifat menyimpan arus. Dengan demikian, tegangan melintasi beban menjadi 0 dan arus yang mengalir masih ada. Hal ini terjadi karena ada arus yang tersimpan di induktor kemudian dilepaskan ke beban setelah tegangan beban habis. Analisis rangkaian penyearah setengah gelombang tiga phasa tak terkontrol ada tiga tahapan yaitu analisis fungsi komponen, simulasi kerja rangkaian, dan analisis hasil percobaan. Ketiga tahap ini dilakukan secara bertahap dan berurutan sesuai urutannya tersebut. Berdasarkan hasil penghitungan, pengukuran, dan presentase mistakess dari rangkaian penyearah setengah gelombang tiga phasa tak terkontrol menggunakan motor tiga phasa memiliki nilai yang berbeda dengan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan dengan hasil tersebut dapat diketahui bahwa rangkaian penyearah tiga fasa setengah gelombang tak terkendali dengan motor induksi tiga fasa memiliki ketidak sesuaian antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran, sehingga rangkaian tidak memenuhi standar pembelajaran elektronika daya dan penggerak listrik. Penyearah setengah gelombang tiga fasa yang tidak terkontrol dengan motor induksi tiga fasa dipasang pada saat keluaran rangkaian telah lulus uji dan simulasi rangkaian, rangkaian ini terdiri dari rangkaian penyearah tiga fasa dan rangkaian motor induksi tiga fasa.

Kata kunci: Arus Tiga Fasa; Motor; Penyearah; Tegangan

Pendahuluan

Rangkaian penyearah setengah gelombang tiga fasa ini menggunakan dioda sebagai komponen penyearah tak terkendali. Rangkaian ini memiliki keluaran hanya bagian positif dalam satu panjang gelombang dari masukan sebagai gelombang sinus dimana terdapat bagian negatif dan bagian positif dalam satu panjang gelombang. Namun, induksi memiliki sifat menyimpan arus. Dengan demikian, tegangan melintasi beban menjadi 0 dan arus yang mengalir masih ada. Hal ini terjadi karena ada arus yang tersimpan di induktor kemudian dilepaskan ke beban setelah tegangan beban habis.

Elektronika daya merupakan cabang ilmu yang mempelajari penerapan elektronika yang berkaitan dengan peralatan listrik berdaya tinggi [1]. Banyak jenis aplikasi di dunia industri yang menggunakan energi listrik dalam jumlah besar, seperti pemanas, motor, pendingin, udara tekan, konveyor, dan alat-alat listrik besar lainnya. Tata letak alat dalam dunia industri tidak efisien dengan tenaga kerja biasa (manusia) dan menimbulkan kerugian bagi pelaku usaha, sehingga diperlukan mekanisme yang lebih baik dan efisien. Salah satunya menggunakan perangkat elektronik. Untuk dapat mengendalikan berbagai jenis perangkat, diperlukan pengontrol yang dapat beroperasi pada arus dan tegangan yang besar. Dengan menggunakan elektronika daya di dunia industri dapat memberikan solusi untuk

melakukan pekerjaan yang efektif yaitu melakukan pengaturan perangkatperangkat elektronika yang bekerja pada arus dan tegangan yang besar.

Elektronika daya terus berkembang hingga saat ini dalam hal rangkaian dan pengaplikasinya, banyak bidang kelistrikan industri yang telah menerapkan penggunaan elektronika daya [2]. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi juga telah memberikan kontribusi terhadap perkembangan elektronika daya. Dengan berkembangnya pengetahuan dari elektronika daya, elektronika daya menjadi mata kuliah khusus yang harus diikuti oleh semua mahasiswa di bidang kelistrikan dan otomasi, yang tujuannya adalah untuk memahami Pengetahuan dasar elektronika daya. Pada mata kuliah elektronika daya, mahasiswa harus memahami konsep teoritis, praktis, dan terapan dari elektronika daya.

Dalam mata pelajaran elektronika daya, ada dokumen dasar yang harus dipelajari yaitu gelombang setengah tiga fasa dan gelombang penuh tanpa kendali. Penyearah tak terkendali tiga fasa atau penyearah tak terkendali tiga fasa adalah rangkaian yang digunakan untuk mengubah arus bolak- balik tiga fasa (bolak-balik) menjadi arus searah tak terkendali (DC) [2]. Sedangkan setengah gelombang didefinisikan sebagai sinyal yang dihasilkan oleh rangkaian berupa setengah gelombang setelah melewati penyearah. Rangkaian penyearah tiga fase setengah gelombang yang dapat dikontrol menggunakan 3 dioda sebagai sakelar daya, dengan masing-masing dioda digerakkan untuk periode 120° [3].

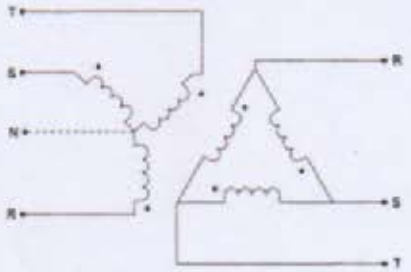
Salah satu kelebihan yang dimiliki oleh system penyearah tiga fasa jika dibandingkan dengan system penyearah satu fasa adalah system penyearah 3 fasa mempunyai daya keluaran yang lebih besar. Sehingga untuk aplikasi penyearah dengan daya diatas 15 KW biasanya digunakan system penyearah tiga fasa. Penyearah 3 fasa adalah pengubah tegangan bolak balik ke tegangan searah yang menggunakan sumber 3 fasa. Berdasarkan semi konduktor yang digunakan dan variasi tegangan keluarannya, penyearah 3 fasa dapat diklasifikasikan menjadi:

a. Penyearah tak terkendali.
b. Penyearah terkendali.

Rangkaian penyearah setengah gelombang tiga fasa tak terkendali yang telah diterapkan akan ditambahkan pada motor ac tiga fasa sebagai (output). Motor AC tiga fasa adalah mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik menggunakan mekanisme kerja berdasarkan induksi medan magnet dari stator ke rotor, dimana arus rotor diperoleh dari arus induksi yang dihasilkan oleh rotor.jumlah relatif. antara medan putar yang dihasilkan oleh arus stator dan putaran rotor.]. Motor AC banyak digunakan di industri dan rumah tangga. Motor yang umum digunakan adalah motor AC satu fasa dan tiga fasa. Motor AC tiga fasa banyak digunakan dalam dunia industri karena dapat beroperasi dengan kapasitas yang besar. Dengan dipasangnya motor ac tiga fasa sebagai keluaran dari rangkaian penyearah tiga fasa setengah gelombang yang tidak terkendali maka akan terlihat pengaruh rangkaian penyearah dalam memberikan masukan berupa arus dan tegangan ke motor tiga fasa. .alternating saat ini.

Berdasarkan teori dan latar belakang yang dijelaskan, permasalahannya adalah menghubungkan rangkaian penyearah tiga fasa setengah gelombang yang tidak terkendali ke motor ac tiga fasa. Dari permasalahan tersebut dapat digeneralisasikan bahwa untuk menyelesaikan permasalahan tersebut perlu dibuat rangkaian penyearah setengah gelombang tiga fasa tak terkendali dengan motor ac tiga fasa sebagai keluaran berdasarkan prinsip masing-masing [5]. Oleh karena itu, rangkaian terpadu dapat disimulasikan untuk mengetahui pengaruh rangkaian penyearah tiga fasa setengah gelombang yang tidak terkendali terhadap keluaran yaitu motor ac tiga fasa yang menerima arus masukan dari rangkaian penyearah untuk diubah menjadi energi mekanik.

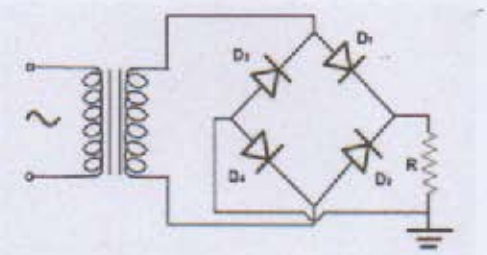
sebuah transformator dilengkapi dengan koneksi delta atau delta, yang digunakan untuk mengurangi tegangan dari rheostat (sumber AC) ke dioda bintang. Trafo terdiri dari dua buah lilitan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder yaitu induktor. Jika kumparan primer dihubungkan ke daya AC, fluks AC akan muncul di inti multilayer, karena kumparan membentuk jaringan tertutup yang melaluinya arus primer mengalir [11]. Akibat adanya fluks pada kumparan primer maka terjadi induksi (induktansi) dan juga terjadi pada kumparan sekunder akibat pengaruh induksi atau induksi timbal balik pada kumparan primer tersebut sehingga menyebabkan timbulnya fluks pada kumparan tersebut. jika rangkaian sekunder dibebani, maka energi listrik dapat ditransfer sepenuhnya.



Gambar 3. Skema Rangkaian *Star-Delta* pada Transformator

Dioda

Diode semikonduktor banyak digunakan pada pengimplementasian sistem elektronika sebagai penyearah atau pengubah daya listrik. Rangkaian dioda yang dipasangkan pada sistem elektronika biasanya ketika penyerasian daya merupakan rangkaian penyearah setengah gelombang satu phasa dan tiga phasa. Secara umum, diode berfungsi untuk mengubah sinyal AC ke DC [8].



Gambar 4. Rangkaian Penyearah dengan Dioda

Pada umumnya penyearah beroperasi menggunakan jembatan dioda (bridge) atau biasa disebut rangkaian switching atau linier. Yang membedakan konverter ini dari yang lain adalah penempatan transformator step-down setelah daya AC untuk mengurangi tegangan yang meningkat dengan massa konverter. Sedangkan pada konverter daya ACDC, tegangan AC 220V disinkronkan oleh jembatan dioda secara bersamaan, meskipun tanpa trafo step-down, volume sistem akan lebih kecil. Selain itu, pada tahap filter, konverter linier lebih unggul karena tegangan operasinya yang rendah, sehingga memerlukan impedansi yang lebih rendah. Keluaran dari tahap ini berupa tegangan DC, tetapi masih terdapat riak. Pada tahap terakhir yaitu regulasi, pada tahap ini perbedaan antara konverter pensaklaran dan konverter linier tampak cukup besar. Pada konverter linier, cara penyetelannya cukup sederhana, hanya diperlukan beberapa komponen saja, yaitu kapasitor input, IC regulator, dan kapasitor output [9]. Dengan menggunakan ketiga komponen tersebut dapat dibuat konverter daya AC/DC yang baik, dengan riak yang relatif rendah dan efisiensi maksimum 50%.

Elektriese: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro
Volume 11, Number 02, Oktober 2021
p-EISSN: 2086-6933

Metode Penelitian

Analisis rangkaian penyearah setengah gelombang tiga phasa tak terkontrol ada tiga tahapan yaitu analisis fungsi komponen, simulasi kerja rangkaian, dan analisis hasil percobaan. Ketiga tahap ini dilakukan secara bertahap dan berurutan sesuai urutannya tersebut.

Analisis Fungsi Komponen

Analisis fungsional komponen ini dilakukan dengan mengamati fungsi masing-masing komponen secara keseluruhan dari rangkaian penyearah setengah gelombang tiga fasa tanpa kendali dengan motor ac tiga fasa. Rangkaian ini membutuhkan empat komponen utama yaitu sumber AC tiga fasa, transformator tiga fasa, dioda, dan motor induksi tiga fasa. Daftar komponen dan fungsinya dalam rangkaian adalah sebagai berikut:

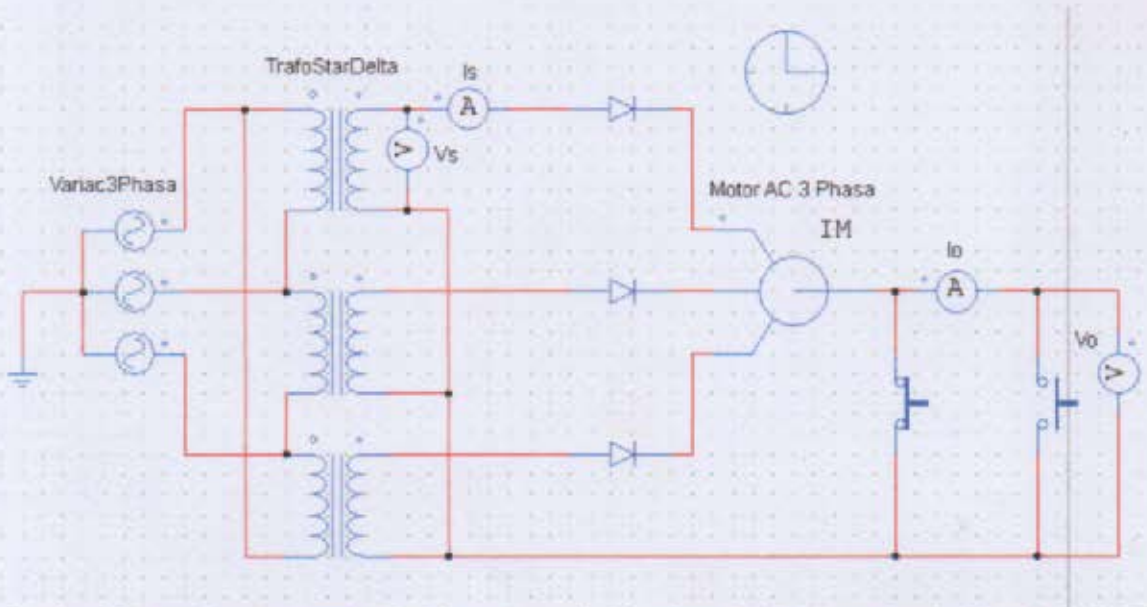
Tabel 1. List Komponen dan Fungsi

Komponen	Unit	Fungsi
Transformator *Star-Delta*	3	Menurunkan tegangan dari sumber AC sebelum masuk ke diode.
Diode	3	Penyearah arus ac ke dc
Variac 3 Phasa	3	Sumber arus dan tegangan AC.
Motor Induksi 3 Phasa	1	Sebagai keluaran arus dan tegangan dari rangkaian penyearah tiga phasa setengah gelombang, berfungsi juga untuk mengonversi energi listrik menjadi energi mekanik.
Voltmeter	2	Mengukur tegangan pada rangkaian.
Ammeter	2	Mengukur arus pada rangkaian.
Osiloskop	1	Menampilkan bentuk sinyal gelombang *input* dan *output* dari rangkaian

Simulasi Kerja Rangkaian

Ini merupakan percobaan pada rangkaian yang sudah ada dengan membuat rangkaian penyearah setengah gelombang tiga fasa yang tidak terkontrol yang terpasang pada motor AC tiga fasa sebagai output menggunakan software PSIM pada komputer. Rangkaian ini dipilih karena sederhana dan dapat mewakili rangkaian penyearah tiga fasa umum yang tidak dapat dikendalikan. Hasil percobaan ini akan dibandingkan dengan hasil perhitungan teoritis untuk perbandingan dan acuan dalam pengambilan keputusan kelayakan rangkaian setengah gelombang tiga fasa tanpa kendali dengan motor induksi tiga fasa pada bagian atas. Rangkaian percobaan yang mensimulasikan kerja rangkaian penyearah tiga fasa setengah gelombang yang tidak terkendali dengan motor induksi tiga fasa seperti output ditunjukkan pada gambar di bawah.

Elektriese: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro
Volume 11, Number 02, Oktober 2021
p-EISSN: 2086-6933



Gambar 5. Rangkaian Penyearah Tiga Phasa Setengah Gelombang Tak Terkontrol pada Motor Induksi 3 Phasa

Analisis Hasil Percobaan

Analisis hasil percobaan menjadi rangkaian penyearah tak tiga phasa setengah gelombang tak terkontrol menggunakan motor AC tiga phasa ini, analisis hasil percobaan dari hasil perhitungan dengan hasil simulasi yang telah dilakukan, kemudian akan dibandingkan dengan hasil perhitungan secara teoritis. Keputusan tentang kelangsungan hidup sirkuit dibuat berdasarkan hasil analisis. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis komparatif hasil. Nilai eksperimen harus sama dengan nilai teoritis yang dihitung dengan error ± 5%. Jika hasil pengukuran sama dengan hasil perhitungan teoritis (dengan error ± 5%), maka rangkaian penyearah setengah gelombang tiga fasa tak terkendali dengan motor ac tiga fasa standar merupakan rangkaian yang dapat digunakan sebagai mendukung. kursus elektronika daya dan motor listrik. Perhitungan teoritis yang digunakan untuk membandingkan hasil eksperimen adalah sebagai berikut.

$$\text{Vo(dc)} = \frac{3\sqrt{3}\,Vs,max(L-N)}{2\pi} = 0{,}8274 \times Vs,max(L-N)$$

$$\text{Vo(dc)} = 1{,}17 \times Vs(rms)(L-N)$$

Karena rangkaian ditambahkan motor induksi 3 phasa, maka

$$\text{Vo(dc)} = \text{Vo(dc)} + \text{Vmotor}\,;\ \text{motor} = \frac{Daya\ Semu\ (s)}{Arus\ Motro\ (I)}$$

Arus DC output

$$\text{Io (dc)} = \frac{Vdc}{R}$$

Karena rangkaian ditambahkan motor induksi 3 phasa, maka

$$\text{Io} = \text{Io (dc)} + \text{Imotor}\,;\ \text{Imotor} = \frac{Daya\ Semu\ (s)}{Tegangan\ Motor(V)}$$

Tegangan rms output

Elektriese: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro
Volume 11, Number 02, Oktober 2021
p-EISSN: 2086-6933

$$Vo\ (\text{rms}) = Vs, max(L-N)\sqrt{\frac{3}{2\pi}\left(\frac{\pi}{3}-\frac{1}{2}\ sin\ \frac{2\pi}{3}\right)}$$

$$Vo\ (\text{rms}) = 0{,}841\ Vs(max)(L-N) = 1{,}187\ Vs(rms)(L-N)$$

Karena rangkaian ditambahkan motor induksi 3 phasa, maka

$$Vo = Vo(rms) + V(rms)motor\ ;$$

$$V(rms)motor = \frac{\text{Emax}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{2} \times \text{N} \times \text{f} \times \text{Ømax} \times \frac{Ns}{Nph} = 4{,}44\ \text{N} \times \text{f} \times \text{Ømax} \times \frac{Ns}{Nph}$$

Arus rms output

$$\text{Io (rms)} = \frac{Vo(rms)}{R}$$

Karena rangkaian ditambahkan motor induksi 3 phasa, maka

$$Io = Io(rms) + I(rms)motor; I(rms)motor$$

Keterangan:

Erms = tegangan induksi (volt)

N = jumlah lilitan per kumparan f = frekuensi (Hz)

Ømax = fluks magnet (Wb)

Ns = jumlah kumparan

Nph = jumlah phasa

Hasil

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kelayakan penyearah setengah gelombang tiga fasa tanpa kendali dengan motor induksi tiga fasa. Rangkaian ini diimplementasikan sesuai dengan teori yang ada. Motor induksi tiga fasa pada rangkaian ini digunakan sebagai instalasi atau dipasang setelah rangkaian penyearah tiga fasa setengah gelombang tidak terkendali. Arus keluaran dan tegangan rangkaian penyearah setengah gelombang tiga fasa pada masukan motor induksi tiga fasa. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada analisis arus keluaran dan tegangan motor induksi.

Simulasi Rangkaian

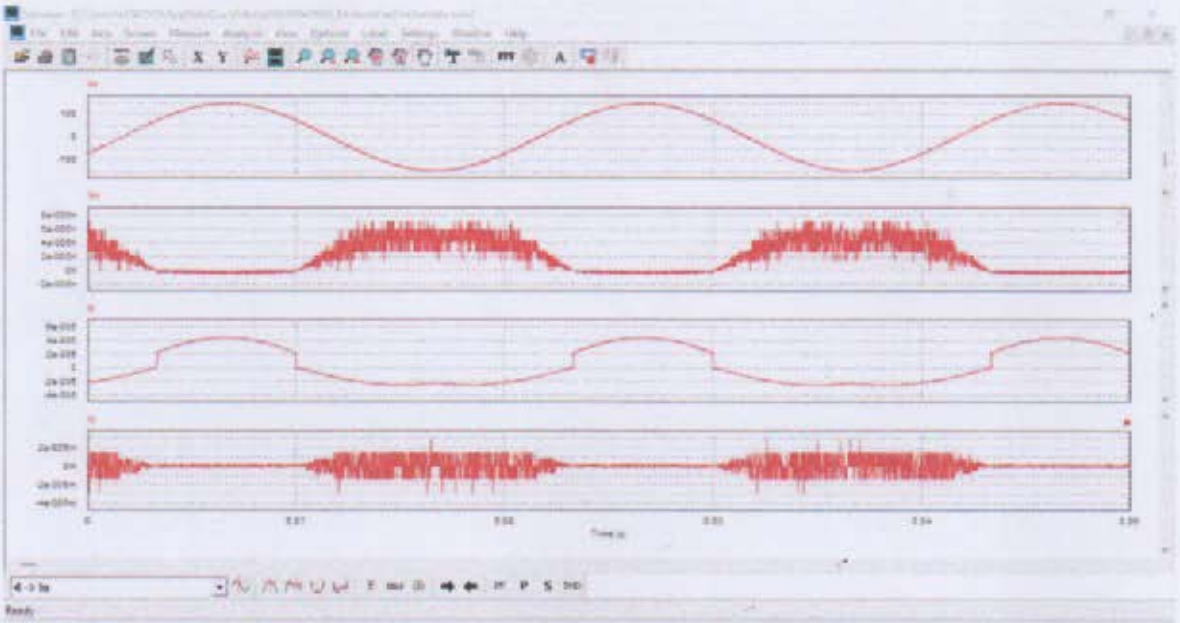
Rangkaian yang akan disimulasikan pada simulasi kerja ini adalah penyearah setengah gelombang tiga fasa yang tidak terkontrol dengan motor induksi tiga fasa. Penyearah setengah gelombang tiga fase yang tidak terkontrol adalah jenis penyearah di mana sumber AC tiga fase diubah menjadi DC menggunakan penyearah dengan dioda yang digabungkan dalam segitiga. Selanjutnya motor induksi tiga fasa dari rangkaian ini dipasang seperti terpasang, yang akan menerima arus dan tegangan keluaran dari rangkaian penyearah setengah gelombang tiga fasa yang tidak terkontrol.

Rangkaian ini disuplai dengan arus bolak-balik oleh rheostat tiga fase 12 volt. Sumber ini diperoleh setelah melewati transformator hubung bintang, arus mencapai dioda hubung delta untuk disearahkan/diubah menjadi arus searah. Sehingga keluaran dari rangkaian penyearah tak terkontrol tiga phasa setengah gelombang ini berupa listrik DC. Selanjutnya listrik masuk ke motor induksi 3 phasa untuk diubah menjadi energi mekanik. Simulasi kerja rangkain ini hanya memperhatikan pengukuran arus, tegangan, dan gelombang sinyal. Hasil pengukuran simulasi kerja rangkaian

disajikan pada Gambar 6 dan Tabel 2.

Tabel 2. List Komponen dan Fungsi

Parameter	Nilai
V_{DC}	2,5 V
V_{RMS}	2,7 V
I_{DC}	9,5 A
I_{RMS}	1,66 A



Gambar 6. Hasil Gelombang Simulasi Rangkaian Penyearah tiga phasa setengah gelombang tak terkontrol menggunakan motor induksi 3 phasa

Pembahasan

Perhitungan teoritis ini akan digunakan untuk membandingkan nilai dengan hasil pengukuran rangkaian. Nilai yang akan digunakan sebagai pembanding adalah nilai arus d.c., arus RMS, tegangan d.c. dan tegangan RMS. Sirkuit akan dinyatakan layak jika nilai pengukuran yang dihitung berada dalam toleransi ±5%. Hasil perhitungan teoritis penyearah setengah gelombang tiga fasa tanpa kendali dengan motor induksi tiga fasa adalah sebagai berikut.

Tegangan dc

$$Vo(dc) = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} \times Vs \qquad Vmotor = \frac{S}{1} = \frac{24,8}{9,6} = 2,49\ V$$

$$Vo(dc) = \frac{3\sqrt{3}}{2.3,14} \times 30$$

$$Vo(dc) = 24,8\ V$$

Jadi tegangan dc total adalah

V(dc) total = 24,8 + 2,59 = 27,39 V

Tegangan rms

$Vo\ (\text{rms}) = Vs\sqrt{\frac{3}{2\pi}\left(\frac{\pi}{3} - \frac{1}{2}\ sin\ \frac{2\pi}{3}\right)}$

$Vo\ (\text{rms}) = 30\sqrt{\frac{3}{2\pi}\left(\frac{\pi}{3} - \frac{1}{2}\ sin\ \frac{2\pi}{3}\right)}$

$Vo\ (\text{rms}) = 4{,}15$ V

$Vo\ (\text{rms})\ \text{motor} = \frac{Emax}{1{,}414} = \frac{1{,}94}{1{,}4} = 1{,}385$ V

Jadi tegangan rms total adalah

V(rms) total = 4,15 + 1,385 = 5,535 V

Arus dc

$I(dc) = \frac{27{,}2}{100} = 0{,}272$ A

Arus rms

$I(\text{rms}) = \frac{5{,}52}{100} = 0{,}0552$ A

Analisis

Tabel 3. Hasil Pengukuran dan Presentase error

Input	Parameter	Nilai		Error (%)
		Perhitungan	Pengukuran	
30 V	Vo(dc)	27,2 V	2,6 V	90,4%
	Vo(rms)	5,52 V	2,7 V	49,6%
	Io(dc)	0,272 A	9,5 A	97,1%
	Io(rms)	0,0552 A	1,66 A	28,8%

Berdasarkan hasil penghitungan, pengukuran, dan presentase error dari rangkaian penyearah setengah gelombang tiga phasa tak terkontrol menggunakan motor 3 phasa memiliki nilai yang berbeda dengan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan. Nilai error yang didapat dari Vo(dc) yaitu 90.4%, kemudian Vo(rms) 49.6%, Io(dc) 97.1%, dan Io(rms) 28.8% Dengan hasil tersebut dapat diketahui bahwa rangkaian penyearah tiga fasa setengah gelombang tak terkendali dengan motor induksi tiga fasa memiliki ketidak sesuaian antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran, sehingga rangkaian tidak memenuhi standar pembelajaran elektronika daya dan penggerak listrik.

Kesimpulan

Setelah melakukan percobaan ini dapat disimulkan bahwa penyearah setengan gelombang tiga phasa tak terkontrol menggunakan motor induksi 3 phasa tidak memiliki kesuaian antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran setelah dilakukan pengujian dan simulasi. Penyearah setengah gelombang tiga fasa yang tidak terkontrol dengan motor induksi tiga fasa dipasang pada saat keluaran rangkaian telah lulus uji dan simulasi rangkaian, rangkaian ini terdiri dari rangkaian penyearah tiga fasa dan rangkaian motor induksi tiga fasa.

Saran rangkaian ini adalah menentukan beban setelah keluaran arus dari motor induksi untuk mengukur arus keluaran dan tegangan setelah melewati beban dan menentukan rumus yang sesuai untuk rangkaian penyearah setengah gelombamh tiga phasa tak terontrol menggunakan motor induksi 3 fasa

Referensi

[1] M. Ali, "Modul Kuliah Elektronika Daya 'Pengantar Elektronika Daya,'" in *Modul KuliahElektronika Daya*, Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas NegeriYogyakarta, 2011, pp. 1–8. [Online]. Available: http://staffnew.uny.ac.id/upload/132256208/pendidikan/Materi+Elektronika+

Daya.pdf

[2] S. I. Doni Tri Putra Yanto, Erita Astrid, Rahmat Hidayat, "Analisis Uji Kelayakan Trainer Kit Elektronika Daya: 3 Phase Half-Wave and Full-Wave Uncontrolled Rectifier," *Semin. FORTEI*, pp.121–125, 2019, [Online]. Available: http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/article/view/106215/102380

[3] M. H. Anjab, B. Suprianto, U. T. Kartini, and S. I. Haryudo, "Rancang Bangun Modul Forward Reverse Motor 3 Fasa Beserta Pengereman Dinamik Menggunakan PLC Zelio SR B121FU," *J. Tek.Elektro*, vol. 11, no. Vol. 11 No. 1 (2022): Januari 2022, 2022.

[4] R. D. Jadmiko, "Penyearah Tiga Fasa Tidak Terkendali Setengah Gelombang," in Penyearah TigaFasa, academia.edu, 2020. [Online]. Available: https://www.academia.edu/19362109/Penyearah_3_fasa_setengah_gelombang_tidak_terkendali

[5] Syafrudin & Angga Pratama, "Analisa Kandungan Harmonisa Pada Motor AC 3 Phasa 0,12 kWTerkendali Inverter 3 Phasa," J. Isu Teknol., vol. 13, no. 1, pp. 31–37, 2018,[Online]. Available: http://www.ejournal.sttmandalabdg.ac.id/index.php/JIT/article/view/91

[6] S. L. Putri, "Pengembangan Job Sheet Praktikum Elektronika Daya," MSI Trans. Educ., vol. 02, no.03, pp. 105–114, 2021, [Online]. Available: http://msirp.org/journal/index.php/mted/article/view/58/42

[7] H. Nazif, "SIMULASI PENYEARAH TIGA FASA DENGAN MINIMUM TOTAL HARMONIC DISTORTION DENGAN METODE KONTROL ARUS RAMP COMPARISON CURRENT CONTROL PADA SISTEM TENAGA LISTRIK TIGA FASA," Ekasakti J. Penelit. Pengabdi., vol.1, no. Vol. 1 No. 2 (2021, 2021.

[8] Zakariz, Naufal Praska, Anggara Trisna Nugraha, and Khongdet Phasinam. "The Effect of Inlet Notch Variations in Pico-hydro Power Plants with Experimental Methods to Obtain Optimal Turbine Speed." Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics 4.1 (2022): 35-41.

[9] W. Julianto, B. Fatkhurrozi, and I. Nawawi, "Studi Pengendali PI pada Vienna Rectifier 3 Fasa untukFast Charging Stations (FCHARs) Kendaraan Listrik," J. Electr. Eng. Comput. Inf. Technol., vol. 2, no. Vol 2 No 2 (2021), 2021.

[10] U. Wiharja and S. W. Groho, "Analisis Efisiensi Daya Motor Induksi 3 Fasa dengan MenggunakanSoft Starter pada Reciprocating Compresor," J. Elektro, vol. 10, no. Vol 10 No. 1 Januari 2022, pp.

[11] I. K. D. A. Putra, W. A. Wijaya, and I. G. N. Janardana, "SIMULASI SISTEM PROTEKSI MOTORINDUKSI 3 FASA TERHADAP SUPLAI TEGANGAN TIDAK SEIMBANG DENGAN METODASIMULINK," J. Spektrum, vol. 8, no. Vol. 8 No. 3 September 2021, pp. 57–66, 2021.

[12] Realdo, Adam Meredita, Anggara Trisna Nugraha, and Shubhrojit Misra. "Design and Development of Electricity Use Management System of Surabaya State Shipping Polytechnic Based on Decision Tree Algorithm." Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics 3.4 (2021): 179-184.

[13] T. Ardianto, A. Azis, and P. Perawati, "Evaluasi koordinasi koordinasi sistem proteksi transformator30mva di pt.pln(persero) gardu induk keramasan," J. Surya Energy, vol. 5, no. Vol. 5 No. 2 2021, 2021.

[14] R. Irwanto, "Analisa Harmonisa Pada Transformator 3 Fasa," J. Persegi Bulat, vol. 1, no. Vol. 1 No.1 (2022): Jurnal Persegi Bulat, 2022.

[15] E. Gunawan, "DESAIN KONTROLLER PI OPTIMAL MENGGUNAKAN PARTICLE SWARMOPTIMIZATION (PSO) PADA PENYEARAH TIGA FASA TERKONTROL GELOMBANG PENUH," Universitas Muhammadiyah Malang, 2021. [Online]. Available: https://eprints.umm.ac.id/71695/

[16] Ruddianto, Ruddianto, et al. "The Experiment Practical Design of Marine Auxiliary Engine Monitoring and Control System." Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics 3.4 (2021): 148-155.

[17] Imam Setyawan & Bambang Suprianto, "Rancang Bangun Prototype Solar Cell Buck Boost Converter Menggunakan Kontrol Fuzzy Di Implementasikan Pada Aerator Tambak Udang," J. Tek. Elektro, vol. 8, no. 3, pp. 627–635, 2019.

[18] M. A. Mukti et al., "Kontrol Kecepatan Motor BLDC Menggunakan Cuk Konverter," J. Tek. Elektro dan Komputasi, vol. 2, no. 2, pp. 141–150, 2020, doi: 10.32528/elkom.v2i2.3386.