

Analisa Penggunaan Thyristor pada Penyearah Terkontrol Setengah Gelombang terhadap Kecepatan Putar Motor DC

Author:

Muhammad Rizki
Mubarrok¹
Salsabila Ika Yuniza²
Moh. Ghafirul Pratama
Aprilian Sugianto³
Anggara Trisna
Nugraha⁴

Afiliation:

Politeknik Perkapalan
Negeri Surabaya^{1,2,3,4}

Corresponding email

[anggaranugraha@ppns.
ac.id](mailto:anggaranugraha@ppns.ac.id)

Histori Naskah:

Submit: 2026-10-14
Accepted: 2026-10-20
Published: 2026-10-20



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

Abstrak:

Pengaturan kecepatan motor DC dapat dilakukan dengan mengubah nilai tegangan jangkar (V_t) yang masuk ke motor. Motor DC hanya dapat bekerja dengan bantuan rangkaian penyearah yang mengubah sinyal AC menjadi DC. Penyearah setengah gelombang terkontrol merupakan bentuk penyearah paling sederhana karena membutuhkan sedikit komponen, dengan tegangan keluaran yang dapat diatur melalui perubahan sudut penyalan thyristor. Oleh sebab itu, rangkaian ini dapat dimanfaatkan untuk mengatur kecepatan putar motor DC, baik pada saat starting maupun running. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh sudut penyalan thyristor pada penyearah setengah gelombang terkontrol terhadap kecepatan putar motor DC penguat seri. Metode yang digunakan adalah simulasi menggunakan perangkat lunak PSIM. Sudut penyalan thyristor divariasikan pada 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 90° , 120° , dan 150° , dengan pembebanan torsi sebesar 0 Nm, 0,5 Nm, dan 1 Nm. Dari simulasi diperoleh nilai tegangan jangkar (V_a), arus jangkar (I_a), dan putaran motor (N). Hasil menunjukkan bahwa semakin besar sudut penyalan thyristor, semakin kecil tegangan jangkar sehingga putaran motor semakin menurun; kecepatan putar motor berbanding terbalik dengan sudut penyalan. Pembebanan torsi yang semakin besar juga menyebabkan putaran motor semakin kecil. Selain itu, penggunaan penyearah gelombang penuh menghasilkan putaran yang lebih tinggi pada tegangan sumber dan sudut penyalan yang sama, karena tegangan keluarannya lebih besar dibandingkan penyearah setengah gelombang. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa besar sudut penyalan thyristor berpengaruh terhadap kecepatan putar motor DC penguat seri, sehingga penyearah terkontrol dapat digunakan sebagai pengatur kecepatan motor.

Kata kunci: Motor DC; Pengendali Kecepatan; Penyearah Setengah Gelombang; PSIM; Thyristor

Pendahuluan

Motor arus searah (*Direct Current/DC*) banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem otomasi industri, konveyor, dan peralatan penggerak karena kecepatan putarnya relatif mudah dikendalikan. Salah satu metode pengaturan kecepatan motor DC adalah melalui pengaturan tegangan terminal, khususnya tegangan jangkar. Pada kondisi fluks medan dan beban yang relatif konstan, perubahan tegangan terminal dapat memengaruhi kecepatan putar motor. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengendalian yang mampu mengatur tegangan masukan sesuai dengan kebutuhan operasional motor. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah penerapan elektronika daya melalui rangkaian penyearah terkontrol (Nugraha et al., 2023).

Rangkaian penyearah (*rectifier*) berfungsi mengubah tegangan arus bolak-balik (*Alternating Current/AC*) menjadi tegangan arus searah (DC). Berdasarkan sistem pengendaliannya, penyearah dibedakan menjadi

penyearah tidak terkontrol yang menggunakan dioda dan penyearah terkontrol yang menggunakan komponen seperti *Silicon Controlled Rectifier* (SCR) atau thyristor. Pada rangkaian penyearah setengah gelombang terkontrol satu fasa, tegangan keluaran dapat diatur melalui perubahan sudut penyalaan (*firing angle*) thyristor. Semakin besar sudut penyalaan, semakin kecil tegangan rata-rata keluaran yang dihasilkan pada kondisi sumber dan beban yang sama. Perubahan tegangan tersebut selanjutnya memengaruhi kecepatan putar motor DC (Fambudi & Sobhita, 2024).

Pengaturan sudut penyalaan thyristor menjadi salah satu alternatif pengendalian kecepatan motor DC karena rangkaiannya relatif sederhana dan memungkinkan pengaturan tegangan keluaran tanpa mengubah sumber tegangan AC. Meskipun demikian, karakteristik penyearah setengah gelombang, termasuk riak tegangan dan arus keluaran, dapat memengaruhi respons serta kestabilan putaran motor. Penelitian terdahulu telah membahas pengendalian kecepatan motor DC menggunakan penyearah terkontrol dan metode simulasi (Nugraha et al., 2023; Sinuraya et al., 2025). Namun, analisis yang secara khusus mengkaji pengaruh variasi sudut penyalaan terhadap tegangan keluaran dan kecepatan putar motor DC pada rangkaian penyearah setengah gelombang masih relevan untuk dilakukan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi sudut penyalaan thyristor pada rangkaian penyearah setengah gelombang satu fasa terhadap tegangan keluaran dan kecepatan putar motor DC. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak PSIM dengan mengamati perubahan tegangan keluaran dan respons kecepatan motor pada beberapa variasi sudut penyalaan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjelaskan hubungan antara sudut penyalaan thyristor dan kecepatan putar motor DC serta menjadi referensi dalam penerapan sistem pengendalian motor berbasis elektronika daya.

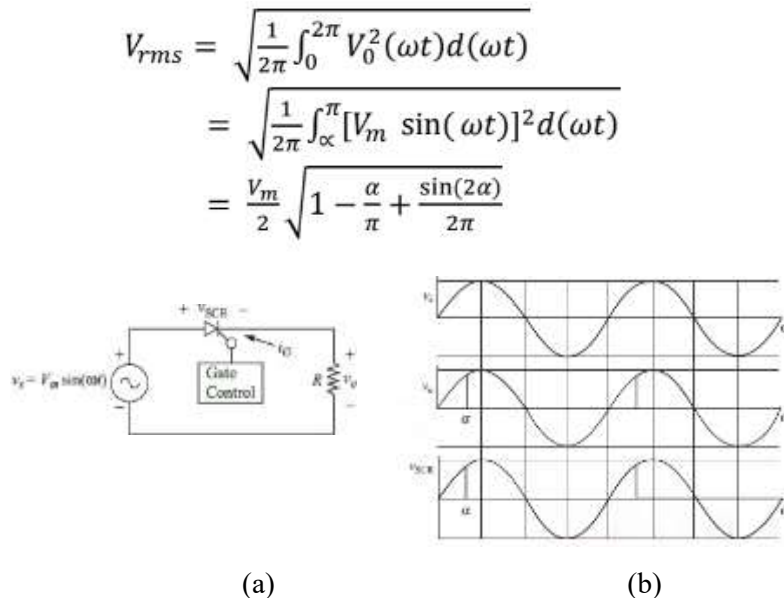
Studi Literatur

Penyearah Terkontrol Satu Fasa Setengah Gelombang

Rangkaian penyearah terkontrol merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi mengubah tegangan arus bolak-balik (*Alternating Current/AC*) menjadi tegangan arus searah (*Direct Current/DC*) dengan nilai keluaran yang dapat diatur. Pengaturan tegangan keluaran dilakukan melalui pengendalian sudut penyalaan (*firing angle*) komponen semikonduktor, seperti *Silicon Controlled Rectifier* (SCR) atau thyristor. Menurut Alias et al, (2024) penyearah terkontrol memanfaatkan SCR untuk mengatur interval konduksi sehingga tegangan keluaran dapat disesuaikan dengan kebutuhan beban.

Penyearah setengah gelombang terkontrol satu fasa merupakan salah satu konfigurasi penyearah yang sederhana karena menggunakan satu thyristor sebagai komponen penyearah utama. Ketika thyristor menerima pulsa pemicu pada sudut penyalaan tertentu, komponen tersebut mulai menghantarkan arus sehingga sebagian gelombang tegangan sumber diteruskan ke beban. Perubahan sudut penyalaan memengaruhi nilai rata-rata tegangan keluaran yang dihasilkan. Nugraha et al, (2023) menunjukkan bahwa variasi sudut penyalaan thyristor pada rangkaian penyearah setengah gelombang dapat digunakan untuk mengatur tegangan jangkar dan memengaruhi kecepatan putar motor DC melalui simulasi PSIM.

Tegangan rms arus searah (V_{dc}) atau tegangan keluaran (V_o) rangkaian diperoleh dari persamaan berikut:



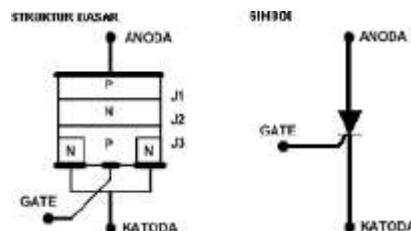
Gambar 1. (a) Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang Terkontrol

(b) Bentuk Gelombang Keluaran Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang Terkontrol

Thyristor

Thyristor atau *Silicon Controlled Rectifier* (SCR) merupakan komponen semikonduktor yang berfungsi sebagai sakelar elektronik terkendali. SCR memiliki tiga terminal utama, yaitu anoda, katoda, dan gerbang (*gate*). Komponen ini mulai menghantarkan arus ketika berada dalam kondisi bias maju dan menerima pulsa pemicu yang memadai pada terminal gerbang. Setelah aktif, SCR tetap berada dalam kondisi konduksi meskipun pulsa pemicu dihentikan, selama arus anoda masih memenuhi persyaratan untuk mempertahankan konduksi. Sebaliknya, SCR akan kembali ke kondisi tidak menghantarkan ketika arus anoda turun di bawah arus penahanan (*holding current*) (All About Circuits, n.d.).

Proses pemberian pulsa pemicu pada terminal gerbang disebut penyulutan (*triggering*), sedangkan proses penghentian konduksi disebut komutasi (*commutation*). Dalam rangkaian penyearah terkontrol, sudut penyalaan menentukan waktu mulai konduksi thyristor pada setiap siklus sumber AC. Perubahan sudut tersebut memengaruhi durasi konduksi dan tegangan rata-rata yang diteruskan ke beban. Dengan demikian, thyristor berperan penting dalam pengaturan tegangan masukan motor DC. Penerapan thyristor pada penyearah setengah gelombang juga memungkinkan analisis hubungan antara sudut penyalaan dan kecepatan putar motor melalui simulasi rangkaian elektronika daya (Nugraha et al., 2023).



Gambar 2. Struktur Dasar dan Simbol Thyristor

Motor DC

Motor DC merupakan perangkat elektromekanis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanis berupa putaran. Prinsip kerjanya didasarkan pada interaksi elektromagnetik antara arus listrik pada kumparan jangkar dan medan magnet. Kecepatan putar motor DC dapat dikendalikan melalui pengaturan tegangan jangkar, arus medan, atau resistansi rangkaian jangkar. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah pengaturan tegangan jangkar melalui rangkaian penyearah terkontrol. Nugraha et al. (2023) menunjukkan bahwa perubahan sudut penyalan thyristor memengaruhi tegangan jangkar dan kecepatan putar motor DC yang dianalisis menggunakan PSIM. Putaran motor DC dapat diatur dengan beberapa cara. Perhitungan untuk menentukan kecepatan putar dari motor adalah sebagai berikut:

$$E_b = C \cdot N \cdot \Phi$$

Dimana : E_b : gaya gerak listrik lawan (V)
 C : konstanta
 N : kecepatan putaran jangkar (RPS)
 Φ : fluks magnet (Wb)

$$E_b = V_t - I_a \cdot R_a$$

Dimana : V_t : tegangan terminal (V)
 I_a : arus jangkar (A)
 R_a : tahanan jangkar (Ω)

Dari persamaan tersebut jika digabungkan maka akan menjadi:

$$N = \frac{V_t - I_a \cdot R_a}{C \Phi}$$

Dari persamaan tersebut diperoleh bahwa kecepatan putar jangkar dapat diatur dengan mengubah nilai tegangan atau arus lilitan medan, memberikan resistor seri terhadap tahanan jangkar, dan mengubah tegangan terminal lilitan jangkar. Sedangkan torsi yang dihasilkan dari motor digunakan persamaan berikut:

$$T = \frac{E_b \cdot I_a}{2\pi \cdot N}$$

Pada saat motor DC melakukan starting, arus starting dapat mencapai 20 hingga 30 kali lebih besar dibanding arus nominal saat pembebanan penuh. Dari persamaan diatas dapat dibuktikan sebagai berikut:

$$V_t = E_b + I_a \cdot R_a$$

$$I_a = \frac{V_t - E_b}{R_a}$$

Pada saat starting $E_b = 0$ sehingga:

$$I_a = \frac{V_t}{R_a} = I_{st}$$

Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan adalah dengan melakukan simulasi menggunakan software PSIM untuk mengetahui pengaruh dari sudut penyalan thyristor pada rangkaian penyearah setengah gelombang terhadap kecepatan putar dari motor DC. Seperti yang diketahui bahwa kecepatan putar motor DC dapat diatur dengan mengubah besar kecil tegangan jangkar (V_t) pada suatu motor DC. Besar tegangan output dari sebuah rangkaian penyearah juga dapat diubah-ubah dengan cara mengubah nilai sudut penyalan pada

thyristornya. Akibatnya jika sebuah motor DC diberi rangkaian penyearah maka kita dapat mengatur kecepatan putar dari motor tersebut melalui perubahan pada sudut penyalan thyristor. Sehingga metode yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mengubah-ubah besar sudut penyalan pada thyristor untuk mengetahui pengaruhnya pada kecepatan motor DC. Penjelasan lebih lengkap terkait metode penelitian adalah sebagai berikut.

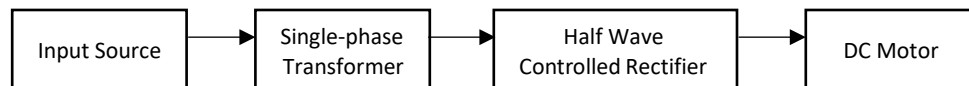
Data Teknis Motor DC

Tabel 1. merupakan data teknis motor DC yang akan kita gunakan acuan dalam penelitian kali ini.

Deskripsi	Parameter	Nilai
Hambatan Jangkar	R_a	0.5 ohm
Induktansi Jangkar	L_a	0.01 H
<i>Filed resistance</i>	R_f	20 ohm
<i>Field inductance</i>	L_f	0.02 H
Momen inersia	I	0.4
Rating Tegangan Terminal	V_t	185 V
Rating Arus Terminal	I_a	13.5 A
Rating Kecepatan Putar	n	1500 Rpm
<i>Field Current Rate</i>	I_f	0.8 A

Rancangan Model Simulasi

Sistem akan dimodelkan dan disimulasikan dengan menggunakan *software* PSIM. Secara garis besar sistem dapat dijelaskan pada Gambar 3.



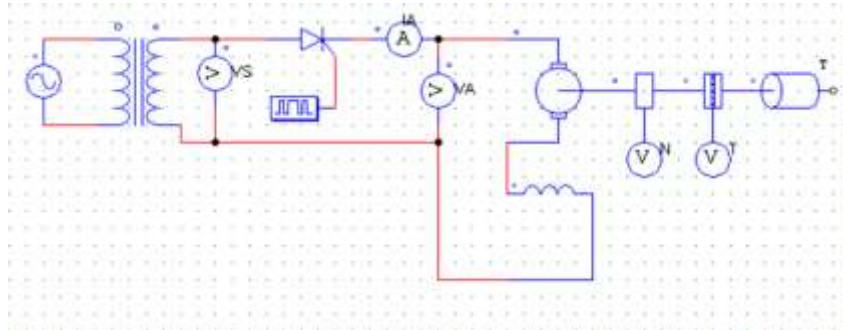
Gambar 3. Blok Diagram Sistem

Penjelasan blok diagram sistem dari Gambar 3 adalah sebagai berikut:

1. *Input source* sebagai sumber daya yang merupakan sumber tegangan satu fasa (220V, 50Hz).
2. Transformator digunakan untuk menurunkan tegangan dari 220V menuju 100V dari input source ke rangkaian penyearah.
3. *t* Rectifier merupakan penyearah setengah gelombang dengan thyristor untuk mengubah sinyal AC menjadi DC.
4. Motor DC merupakan mesin listik yang menjadi obyek penelitian.

Rancangan Rangkaian Simulasi

Gambar 4 merupakan rancangan rangkaian simulasi yang akan digunakan saat simulasi pada software PSIM.



Gambar 4. Rangkaian Simulasi Sistem

Hasil

Setelah dilakukan pengukuran menggunakan software PSIM, maka didapatkan hasil berupa nilai tegangan jangkar (V_a), arus jangkar (I_a) dan putaran motor DC penguat sendiri seri (N). Kemudian motor DC diberi beban torsi sebesar 0 Nm, 0.5 Nm, dan 1 Nm. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Pengukuran dengan Torsi = 0 Nm

Sudut Penyalaan Thyristor ($^{\circ}$)	Torsi (Nm)	Tegangan Jangkar (V_a) (Volt)	Arus Jangkar (I_a) (Ampere)	Putaran (Rpm)
0	0	71.10	2.93	29.07
15	0	70.96	2.91	28.77
30	0	70.08	2.85	27.56
45	0	67.82	2.73	25.19
60	0	63.87	2.53	21.63
90	0	50.56	1.90	12.23
120	0	32.15	1.07	3.86
150	0	13.01	0.31	0.32

Tabel 3. Hasil Pengukuran dengan Torsi = 0.5 Nm

Sudut Penyalaan Thyristor ($^{\circ}$)	Torsi (Nm)	Tegangan Jangkar (V_a)(Volt)	Arus Jangkar (I_a) (Ampere)	Putaran (Rpm)
0	0	71.10	2.94	28.14
15	0	70.96	2.92	27.84
30	0	70.08	2.86	26.63
45	0	67.83	2.73	24.24
60	0	63.87	2.53	20.66
90	0	50.57	1.90	11.21
120	0	32.15	1.07	2.80
150	0	13.01	0.31	0

Tabel 4. Hasil Pengukuran dengan Torsi = 1 Nm

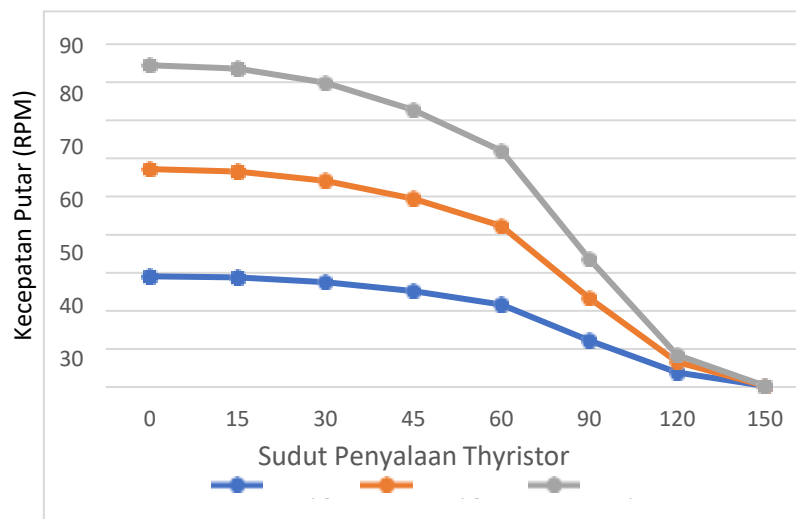
Sudut Penyalaan Thyristor ($^{\circ}$)	Torsi (Nm)	Tegangan Jangkar (V_a) (Volt)	Arus Jangkar (I_a) (Ampere)	Putaran (Rpm)
---	---------------	--------------------------------------	------------------------------------	------------------

0	0	71.10	2.94	27.22
15	0	70.96	2.93	26.91
30	0	70.09	2.87	25.69
45	0	67.82	2.74	23.29
60	0	63.87	2.54	19.67
90	0	50.57	1.91	10.20
120	0	32.16	1.07	1.73
150	0	13.01	0.31	0

Dari ketiga tabel hasil pengukuran, Tabel 2, 3 dan 4. Terlihat bahwa besar kecepatan putar motor berbanding terbalik dengan besar sudut penyalan thyristor. Dari tabel pengukuran terlihat bahwa semakin besar sudut penyalan thyristor maka putaran motor akan menjadi semakin kecil. Semakin besar beban torsi pada motor juga mengakibatkan semakin kecil putaran dari motor tersebut. Kondisi tersebut dapat dilihat pada grafik 5.

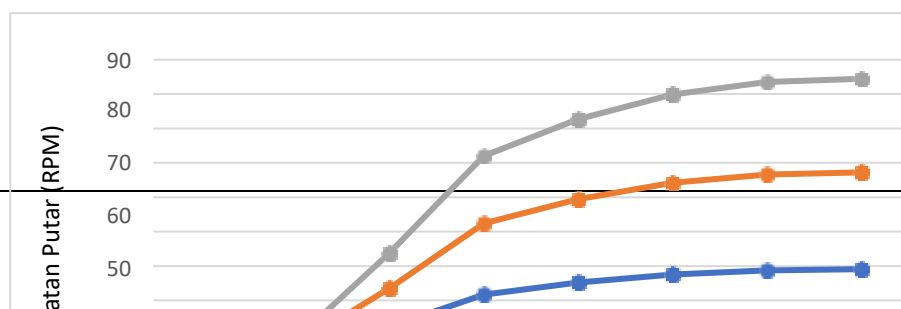
Pembahasan

Dari data pada tabel didapatkan hasil grafik perbandingan antara beberapa variabel sebagai berikut:

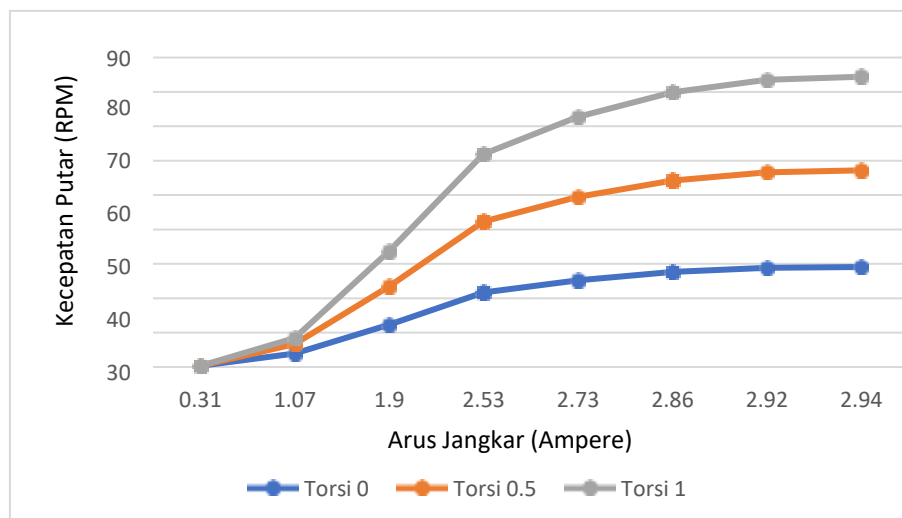


Gambar 5. Grafik Fungsi Sudut Penyalan Terhadap Kecepatan Putaran Motor DC Penguat Sendiri Seri

Berdasarkan hasil pada tabel pengukuran, besar tegangan dan arus jangkar pada motor berbanding lurus dengan kecepatan putar motor. Semakin besar nilai tegangan dan arus jangkar maka putaran motor juga akan semakin besar. Kondisi tersebut dapat dengan jelas dilihat pada grafik 6 dan 7.



Gambar 6. Grafik Fungsi Tegangan Jangkar Terhadap Kecepatan Putaran Motor DC Penguat Sendiri Seri



Gambar 7. Grafik Fungsi Arus Jangkar Terhadap Kecepatan Putaran Motor DC Penguat Sendiri Seri

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan dan simulasi menggunakan perangkat lunak PSIM, dapat disimpulkan bahwa sudut penyalan thyristor berpengaruh terhadap kecepatan putar motor DC yang disuplai melalui rangkaian penyearah terkontrol setengah gelombang satu fasa. Semakin besar sudut penyalan thyristor, semakin kecil tegangan rata-rata keluaran penyearah sehingga tegangan yang diberikan pada lilitan jangkar motor menurun dan kecepatan putar motor cenderung berkurang. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengaturan sudut penyalan thyristor dapat digunakan sebagai salah satu metode pengendalian kecepatan motor DC. Selain itu, penyearah setengah gelombang memiliki keterbatasan dalam menghasilkan tegangan keluaran dibandingkan dengan penyearah gelombang penuh pada kondisi sumber dan sudut penyalan yang sebanding. Oleh karena itu, penggunaan penyearah gelombang penuh berpotensi menghasilkan tegangan keluaran rata-rata yang lebih tinggi dan memungkinkan motor DC beroperasi pada kecepatan yang lebih besar. Namun, besarnya kecepatan aktual tetap dipengaruhi oleh karakteristik motor, kondisi pembebanan, dan konfigurasi rangkaian yang digunakan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk membandingkan kinerja penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh terkontrol dengan memvariasikan sudut penyalan thyristor pada kondisi sumber tegangan dan beban yang sama.

Referensi

- Alattar, M., Alfaoury, A., Zahran, B., & Masoud, K. (2024). DC motor speed control using fuzzy logic. *International Review of Automatic Control*, 17(6), 234. <https://doi.org/10.15866/ireaco.v17i6.25424>
- Fambudi, J. S., & Sobhita, R. A. (2024). Design and analysis of a thyristor-based controlled rectifier circuit for stabilization of speed and rotation in DC motors. *Journal of Marine Electrical and Electronic Technology*, 2(2), 1–7. <https://inergyc.ppns.ac.id/journal/index.php/jomeet/article/view/256>
- Febrianto, R., & Nugraha, A. T. (2021). Perancangan battery charger menggunakan energi penggerak mikro hidro berbasis Arduino Uno. *Seminar MASTER PPNS*, 6(1).
- Hart, D. W. (2011). *Power electronics*. McGraw-Hill.
- Hadiansyah, A. D. S. (2019). Studi penggunaan semikonverter AC-DC untuk mengatur kecepatan motor DC. *SainETIn*, 3(2), 33–41.
- Istardi, D. (2017). *Pengenalan elektronika daya: Penyearah AC-DC*. Andi.
- Kumbhar, A. S., & Patle, T. T. (2025). Design and implementation speed control system of DC motor using thyristor in MATLAB Simulink. *American International Journal of Frontier Research*, 6(6). <https://doi.org/10.63363/aijfr.2025.v06i06.2174>
- Nugraha, A. T., & Priyambodo, D. (2021). Design of a monitoring system for hydroganics based on Arduino Uno R3 to realize Sustainable Development Goals number 2 Zero Hunger. *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 3(1), 50–56.
- Nugraha, A. T., Wahyudi, L. A., Agna, D. I. Y., & Novsyafantri, N. (2023). Simulasi pengaturan kecepatan motor DC seri dengan menggunakan penyearah terkendali. *Elektriase: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, 13(1), 9–20. <https://doi.org/10.47709/elektriase.v13i01.2348>
- Priyambodo, D., & Nugraha, A. T. (2021). Design and build a photovoltaic and vertical Savonius turbine power plant as an alternative power supply to help save energy in skyscrapers. *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 3(1), 57–63.
- Putra, M. D. H., & Nugraha, A. T. (2021). Rancang bangun battery charger dengan sistem constant voltage berbasis kontrol PI. *Seminar MASTER PPNS*, 6(1).
- Ramadhan, M. F., Shiddiq, M. J., & Nugraha, A. T. (2021). Perencanaan pembangkit listrik energi surya untuk kebutuhan listrik Jembatan Suramadu guna mewujudkan tujuan pembangunan berkelanjutan. *Seminar MASTER PPNS*, 6(1).
- Ravi, A. M., Widodo, H. A., & Nugraha, A. T. (2021). Pengaruh penggunaan metode kontrol PI pada kontrol eksitasi generator sinkron. *Seminar MASTER PPNS*, 6(1).
- Realdo, A. M., Widiarti, Y., & Nugraha, A. T. (2021). Rancang bangun sistem management penggunaan daya listrik Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. *Seminar MASTER PPNS*, 6(1).
- Safitri, L. N., Jami'in, M. A., & Nugraha, A. T. (2021). Prototipe (power take-off) generator dengan mengatur kecepatan motor 3 phase untuk memenuhi kebutuhan listrik di kapal. *Seminar MASTER PPNS*, 6(1).

- Shiddiq, M. J., Ramadhan, M. F., & Nugraha, A. T. (2021). Perencanaan pembangkit listrik energi bayu kincir Savonius guna mewujudkan pemanfaatan renewable energy pada Jembatan Suramadu. *Seminar MASTER PPNS*, 6(1).
- Sinuraya, K. E., Sinaga, D. J., Wahyudi, D., & Simarmata, J. P. (2025). Analisis pengendalian kecepatan motor DC menggunakan penyearah terkendali berbasis simulasi MATLAB/Simulink. *Journal Sains Student Research*, 3(6). <https://doi.org/10.61722/jssr.v3i6.6903>
- Trisna Nugraha, R. P. E. A. (2020). *Konsep dasar elektronika daya*. Deepublish.
- Tasya Aprilyani, I. I. E. S. (2020). Desain dan komparasi kontrol kecepatan motor DC. *Ecotipe*, 7(2), 127–134.
- Tiwana, M. Z. A., Adiarto, & Nugraha, A. T. (2021). Perancangan sistem monitoring dan alarm berbasis logic panel dan komunikasi Modbus. *Seminar MASTER PPNS*, 6(1).
- Wildi, T. (2011). Direct-current motors. In *Electrical machines, drives, and power systems* (5th ed., pp. 96–103). Prentice Hall.
- Zaibah, S., & Nugraha, A. T. (2021). Pembangkit energi listrik pico hydro terapung menggunakan underwater turbine untuk mendukung pemenuhan rasio elektrifikasi dan energi listrik di daerah 3T. *Seminar MASTER PPNS*, 6(1).
- Zakariz, N. P., Poetro, J. E., & Nugraha, A. T. (2021). Pengaruh variasi inlet notch terhadap kecepatan dan daya yang dapat terbangkitkan dari generator pada pembangkit listrik tenaga pikohidro. *Seminar MASTER PPNS*, 6(1).