

Analisis Kinerja Kontrol Arus *Ramp Comparison Current Control Inverter* Untuk Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa

Hazlif Nazif[✉]

¹ Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ekasakti, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 19-03-2023

Direvisi : 03-04-2023

Diterima : 08-04-2023

Kata Kunci:

Inverter Tiga Fasa, Motor Induksi Tiga Fasa, *Ramp Comparison Current Control*, THD, Harmonik.

Keywords :

Three Phase Inverter, Three Phase Induction Motor, Ramp Comparison Current Control, THD, Harmonics

Corresponding Author :

Hazlif Nazif

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ekasakti, Indonesia

Jl. Veteran Dalam No.26B Padang

Email: hazlif_n@yahoo.co.id

ABSTRAK

Dalam dunia industri, rumah tangga dan transportasi, motor induksi 3 fasa sering digunakan semakin meningkat karena konstruksinya bagus, harga relatif murah, dan perawatan yang tidak sulit. Namun arus harmonisa yang dihasilkan dengan menggunakan PWM pada motor induksi tiga phase. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan melihat nilai kecepatan putaran dan nilai THD yang dihasilkan dengan frekuensi referensi sehingga didapatkan kualitas THD yang paling baik untuk motor induksi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat kontrol arus *ramp comparison current control* untuk dapat memperbaiki kualitas THD pada motor induksi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa untuk frekuensi 30Hz, nilai putaran 800 rpm dan THDi (arus) 29.29% per fasa R yang dihasilkan. Sedangkan, Untuk frekuensi referensi 60 Hz, nilai THD arus 5.40% per fasa R dan kecepatan putaran 1200 rpm yang dihasilkan. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar frekuensi referensi, THDi arus semakin rendah. Sementara itu, diketahui bahwa frekuensi referensinya semakin tinggi, maka kecepatan putaran semakin meningkat.

ABSTRACT

In the world of industry, households, and transportation, 3-phase induction motors are increasingly being used because of their good construction, relatively cheap prices, and easy maintenance. However, the harmonic currents are generated by using PWM on a three-phase induction motor. The purpose of this study was to find out and see the value of rotational speed and THD value generated with a reference frequency so as to obtain the best THD quality for induction motors. The method used in this study is a ramp comparison current control tool to be able to improve the quality of THD on induction motors. The simulation results show that for a frequency of 30Hz, a rotational value of 800 rpm and a THDi (current) of 29.29% per phase R are generated. Meanwhile, for a reference frequency of 60 Hz, a current THD value of 5.40% per phase R and a rotational speed of 1200 rpm are generated. It can be concluded that the greater the reference frequency, the lower the current THDi. Meanwhile, it is known that the higher the reference frequency, the rotational speed increases..

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, rumah tangga dan transportasi, motor induksi 3 fasa sering dipergunakan semakin meningkat karena konstruksinya yang bagus, harga relatif tidak mahal, dan perawatan yang tidak sulit. Namun arus harmonisa dihasilkan dengan menggunakan PWM pada motor induksi tiga phase. Oleh karena itu, dapat diatasi adalah metode kontrol arus *ramp comparison current control* untuk converter daya (inverter) 3 fasa pada *induction motor* 3 fasa. Hal ini diharapkan dapat mengurangi nilai THDi besar.

Motor induksi adalah energi listrik dikonversi menjadi energi mekanik dengan dialiri oleh daya AC mempunyai gelombang sinusoidal murni. Jika arus 3 fasa yang disambungkan dari kumparan dari stator maka induksi medan magnet terjadi sehingga menciptakan energi mekanik (Jairo D Sibarani dkk,2018).

Inverter merupakan alat ini mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC sesuai kebutuhan motor listrik 3 fasa yang bertegangan AC dengan frekuensi tegangan tertentu. Kapasitas daya listrik yang besar diperlukan oleh motornya. Melalui Sebuah inverter dialiri dari daya DC, dimana keluaran tegangan AC dan arus keluaran AC memiliki gelombang sinusoidal dengan cara bervariasi frekuensi dan amplitudo (Agus Cahya dkk,2018).

PI(*Proportional-Integral*) adalah kontrol *P* dapat dipakai untuk menerima dengan cepat terhadap sinyal respon keluaran dari suatu sistem untuk menjangkau *set point* yang diinginkan. Sedangkan, kontrol *I* dapat dipakai untuk menurunkan *error* sampai kecil saat keadaan *steady state* dari keluaran suatu sistem yang dikendalikan(Teguh Try Arvyanto,2020).

Komparator adalah tegangan input dibandingkan dengan tegangan referensi yang diberi kemudian menghasilkan output tertentu sesuai dengan kondisi perbandingan tersebut(Noptin Harpawi,2021).

Alat kontrol arus yang mengatur dan mengendalikan inverter. Sinyal gelombang sinusoidal keluaran dari rangkaian sinusoidal ditambahkan dengan sinyal gelombang segitiga (*triangular wave*) dari rangkaian gelombang segitiga untuk menciptakan sinyal referensi segitiga. Sinyal output dari rangkaian gelombang segitiga *reference* dapat menuruti pola sinusoidal. Kemudian Sinyal ini dikomparasikan dengan sinyal arus *actual* dari inverter. Hal ini yang disebut adalah kontrol arus *ramp comparison current control*, dapat diperlihatkan pada Gambar 4 (Hazlif Nazif,2015).

Penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti. Kecepatan putaran motor induksi diatur dengan *variable speed drive* namun gelombang arus dan tegangan yang tidak sinusoidal yang dihasilkan. Hasil pengujiannya dengan beban motor 750 W menunjukkan bahwa pada fase-netral, nilai THDi arus 94,35% dan 101,03% (Mohammad Amir dkk,2017).

Penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti. Pada motor induksi 3 fasa, Teknik kontrol tegangan dan frekuensi(Volt/Hertz) yang digunakan. Tujuannya bertugas menjaga fluks dan nilai torsi maksimum agar tetap stabil. Metode modulasi ruang vektor dimasukkan ke dalam mikrokontroler agar pulsa PWM inverter telah dibuat sesuai dengan urutan pensaklaran inverter 3 fasa sumber tegangan(VSI). Hasil pengujiannya menunjukkan bahwa nilai tegangan output dari inverter semakin kecil, maka harmonisa yang dimunculkan pada motor induksi semakin tinggi. Hal ini berarti motor tidak dapat bekerja secara optimal (Dwi Sasmita Aji Pambudi dkk,2016).

Penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti. Kecepatan putaran motor induksi dapat diatur dengan menggunakan metode Algoritma *Backpropagation Neural Network*, sesuai dengan kebutuhan. Hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa dengan control backpropagation neural network, pada setiap 0.3 detik, torsi tidak akan dipengaruhi meskipun kecepatan motor induksi tiga fasa berubah. Selain itu, mempunyai kinerja yang baik dikarenakan kecepatan motor induksi dapat diatur sesuai dengan kebutuhan (Muhammad Ruswandi Djalal dkk,2017).

Penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti. Metode SVPWM (Space vector pulse width modulation) dengan hysteresis digabungkan menjadi metode *hysteresis space vector pulse width*

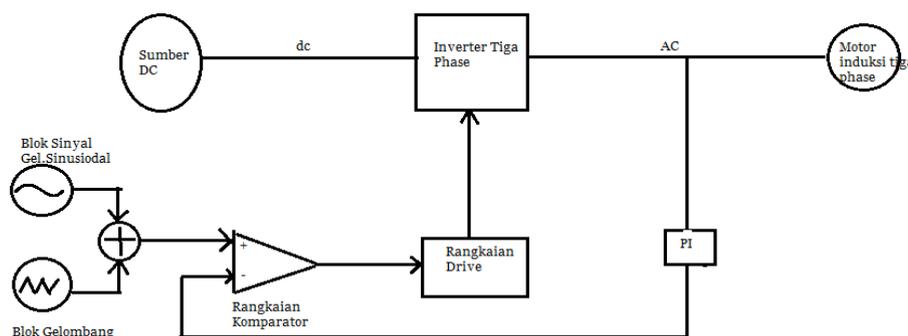
modulation (HSVPWM) diterapkan untuk mengatur kecepatan putaran motor induksi. Hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa dengan metode *indirect vector control* berhasil diterapkan yaitu dapat mengikuti set point sebesar 600 rpm dengan rise time 0.527 detik, *steady state* 0.723 detik dengan overshoot sebesar 0.8%. Ripple arus keluaran pada inverter menggunakan metode HSVPWM dapat berkurang 65%. Efisiensi motor induksi menggunakan metode HSVPWM yang semula 91% dapat ditingkatkan menjadi 94% atau kenaikan 3% (Hendi Purnata dkk,2017).

Dalam penelitian ini, peneliti mencoba membuat kontrol arus tersebut untuk converter daya (inverter) 3 fasa pada *induction motor* untuk dapat mengurangi THD arus yang tinggi. Model dan Simulasi ini dirancang, dimodelkan dan disimulasikan menggunakan software PSIM.

Tujuan dari penelitian ini untuk melakukan analisa dengan menggunakan PSIM sehingga didapatkan kualitas THD yang paling baik untuk motor induksi dan dapat meminimalkan THD yang tinggi dan dapat membentuk gelombang sinusoidal sesuai dengan kebutuhan motor induksi.

METODE PENELITIAN

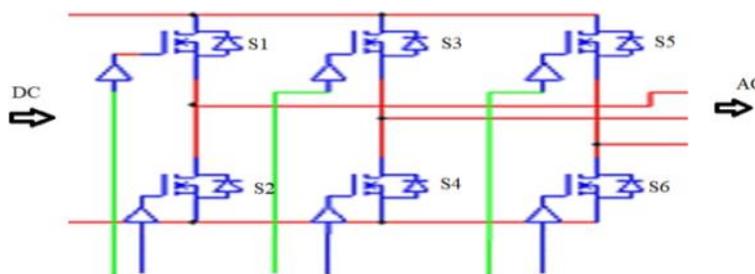
Pertama penelitian ini melakukan studi literatur mengenai metode inverter kontrol arus *ramp* pada motor induksi dan kemudian model inverter kontrol arus *ramp* pada motor induksi dirancang menggunakan software PSIM melalui beberapa tahapan yaitu, parameter sistem yang ditentukan, pemodelan simulasi yang dirancang, pengujian pemodelan dengan frekuensi referensi divariasikan, dan hasil simulasi dibandingkan. Parameter sistem meliputi yaitu; sumber DC, kontrol arus *ramp comparison current control*, PI, inverter 3 phase, dan motor induksi, dapat diperlihatkan (gambar 1).



Gambar 1. Diagram Blok Rangkaian Sistem

A. Model Inverter 3 Fasa

Tujuan Inverter 3 fasa untuk alat mengubah daya DC menjadi daya AC untuk motor induksi 3 fasa. Model inverter 3 fasa yang telah dibangun (Gambar 2). Dimana, alat modulator PWM mengatur S1 sampai S6 saklar daya dengan PWM kontrol arus *ramp*. Switching daya dapat memakai komponen elektronik. Jika ketika switching atas (SW1, SW3 dan SW5) aktif (ON), maka switching bawah (SW2, SW4 dan SW6) tidak aktif (OFF), maka akan menciptakan 8 pola switching.



Gambar 2. Pemodelan Rangkaian Inverter 3 phase

B. Model Motor Induksi 3 Phase

Energi listrik diubah menjadi energi mekanik yang disebut motor induksi. Dalam software PSIM, model *induction motor* 3 fasa yang telah ada.



Gambar 3. Pemodelan *Induction Motor* 3 Fasa

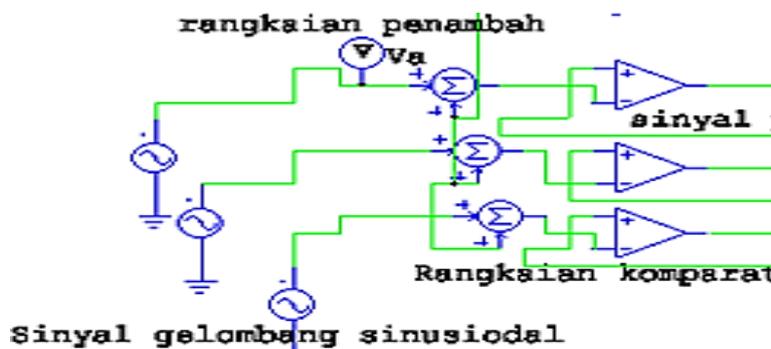
Parameter-parameter *induction motor* 3 fasa akan digunakan dalam penelitian ini, dapat diperlihatkan pada Gambar 3.

Squirrel-cage Ind. Machine		
Parameters Other Info Color		
Squirrel-cage induction machine		
Name	Value	Display
Name	IM4	<input type="checkbox"/>
Rs (stator)	0.294	<input type="checkbox"/> ▾
Ls (stator)	0.00139	<input type="checkbox"/> ▾
Rr (rotor)	0.156	<input type="checkbox"/> ▾
Lr (rotor)	0.00074	<input type="checkbox"/> ▾
Lm (magnetizing)	0.041	<input type="checkbox"/> ▾
No. of Poles P	6	<input type="checkbox"/> ▾
Moment of Inertia	0.4	<input type="checkbox"/> ▾
Torque Flag	0	<input checked="" type="checkbox"/> ▾
Master/Slave Flag	1	<input type="checkbox"/> ▾

Gambar 3. Parameter Simulasi Motor induksi 3 Fasa

C. Pemodelan Kontrol Arus Ramp Comparison Current Control

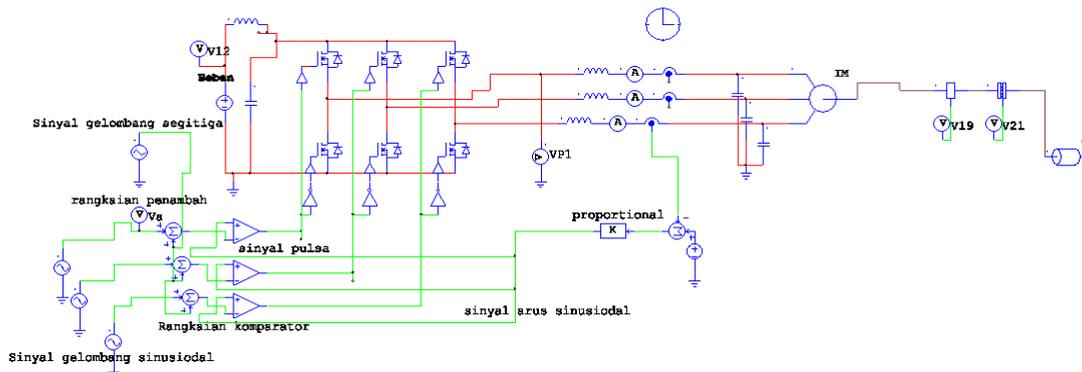
Pemodelan rangkaian kontrol ini yang telah dibangun, dapat diperlihatkan pada gambar 4. Dengan menambahkan sinyal gelombang sinusoidal dari blok gelombang sinus dengan sinyal gelombang segitiga dari rangkaian segitiga sampai membentuk sinyal sinus-segitiga referensi. Setelah itu, membandingkan sinyal gelombang sinus-segitiga referensi dengan sinyal arus *actual* dari inverter sehingga menciptakan sinyal arus *error*, kemudian sinyal *error* diinputkan ke dalam rangkaian pembangkit pulsa untuk membuat pulsa-pulsa. Keluaran dari rangkaian ini adalah sinyal gate untuk rangkaian drive yang mengendalikannya pada inverter 3 phase.



Gambar 4. Pemodelan Kontrol Arus Ramp Comparison Current Control

D. Pemodelan Inverter terhubung dengan Induction Motor 3 Fasa dengan menggunakan Kontrol Arus Ramp Comparison Control Current

Pemodelan rangkaian ini secara lengkap, yang telah dibangun, dapat dilihat pada gambar 5.



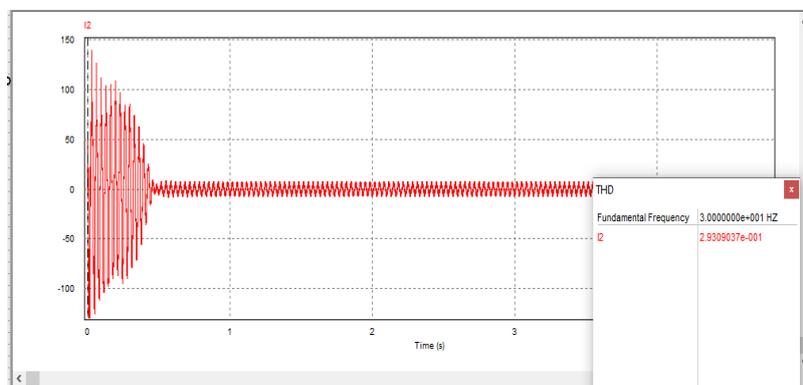
Gambar 5. Pemodelan Simulasi Lengkap

HASIL DAN PEMBAHASAN

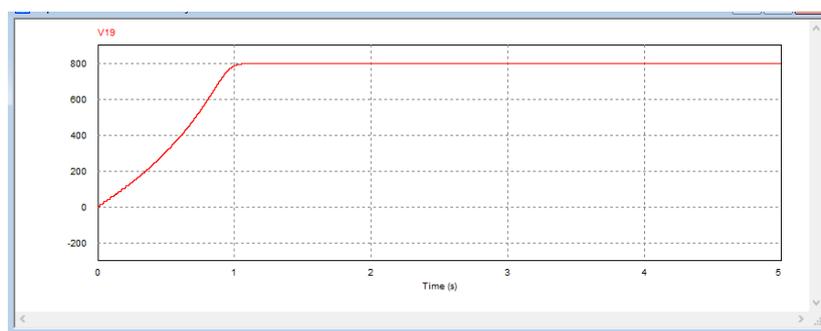
Pengujian terhadap simulasi ini akan dilakukan, yaitu motor induksi 3 fasa dengan frekuensi referensi divariasikan dari 30 sampai dengan 50 Hz. Pengujian ini bertujuan untuk melihat dan mengetahui nilai THDi per fasa R dan nilai kecepatan putaran yang dihasilkan pada motor induksi. Hasil pengujian simulasi ini diharapkan dapat menurunkan nilai THDi tinggi yang dihasilkan dari motor induksi 3 fasa.

Frekuensi Referensi 30Hz

Pengujian simulasi ini dengan nilai frekuensi reference 30Hz diberi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai putaran 800 rpm dan THDi (arus) 29.29% per fasa yang dihasilkan, dapat diperlihatkan pada Gambar 6 dan 7.



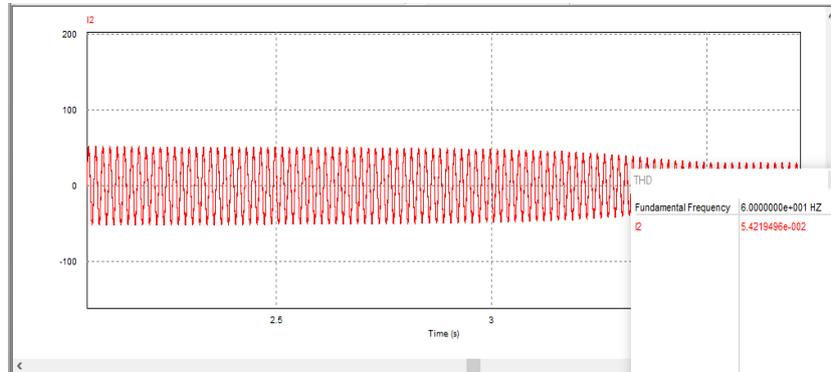
Gambar 6. Nilai THDi (arus) 29.29% per fasa R



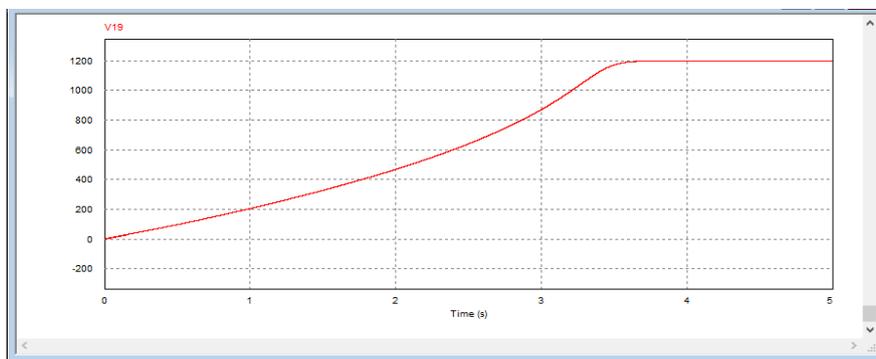
Gambar 7. Nilai kecepatan putaran 600 rpm

Frekuensi Referensi 60Hz

Pengujian simulasi ini yang telah dilakukan dengan nilai frekuensi referensi 60 Hz. Hasil pengujian simulasi ini dapat diperoleh bahwa THD arus 5.40% per fasa R dan kecepatan putaran 1200 rpm yang dihasilkan, dapat diperlihatkan pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Nilai THD arus 5.40% per fasa R



Gambar 9. Nilai putaran 1200 rpm

Tabel 1. Hasil Pengujian Nilai THDi(arus)

Frekuensi reference	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Putaran(Rpm)
30Hz	29.29%	29.29%	29.29%	600
40Hz	21.3%	21.3%	21.3%	800
50Hz	8.58%	8.61%	8.60%	1000
60Hz	5.40%	5.40%	5.39%	1200

Dari hasil simulasi berdasarkan tabel 1, terlihat bahwa frekuensi referensi semakin naik, THDi (arus) semakin rendah. Sementara itu, diperlihatkan bahwa semakin naik frekuensi referensinya, maka kecepatan putaran semakin cepat.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian simulasinya yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulannya bahwa semakin besar nilai frekuensi reference, maka THDi arus semakin rendah. Demikian pula, semakin tinggi frekuensi referensinya, kecepatan putaran semakin cepat. Model simulasi ini, berhasil dibangun dengan program PSIM sesuai dengan teorinya.

REFERENSI

- Hazlif Nazif, Muh. Imran Hamid. (2015).Pemodelan dan Simulasi PV-Inverter Terintegrasi Ke Grid dengan Kontrol Arus Ramp Comparison Current Control. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*,4(2)
- Mohammad Amir,Ade Irman Firdaus.(2017). Studi Analisis Pengaruh Harmonisa Akibat Penggunaan Variable Speed Drive Pada Motor Induksi Tiga Fasa. *Sinusoida*. Vol. XIX No.2
- Dwi Sasmita Aji Pambudi, M. Sarwoko, Ekki Kurniawan.(2016), Kontrol Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Tegangan dan Frekuensi dengan Modulasi Vektor Ruang. *TEKTRIKA*, Vol. 1, No.1
- Jairo D Sibarani, Glanny M Ch. Mangindaan, Abdul Haris J.Ontowirjo,(2018), Study Pengaruh Torsi Terhadap Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan MatLab. [http://repo.unsrat.ac.id/2768/1/Jurnal Jairo %281%29.pdf](http://repo.unsrat.ac.id/2768/1/Jurnal_Jairo_%281%29.pdf)
- Agus Cahya, Dedid Cahya, Agus Indra, Rusminto,(2018), Rancang Bangun Inverter 3 Fasa Untuk Pengaturan Kecepatan Motor Induksi. <https://docplayer.info/41419887-Rancang-bangun-inverter-3-fasa-untuk-pengaturan-kecepatan-motor-induksi.html>
- Eddy Nurraharjo.(2013).Rangkaian Pembangkit Gelombang dengan menggunakan IC XR-2206. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, Vol. 18, No.1, 24-29.
- Teguh Tri Arvianto, Endro Wahjono, Irianto Irianto (2020).Perancangan boost converter menggunakan kontrol proporsional integral (PI) sebagai suplai tegangan input inverter satu fasa untuk sistem uninterruptible power supply.*TEKNIKA: Jurnal Sains dan Teknologi*, Vol. 16 No.02,136–146.
- Muhammad H. Rashid. *Power Electronics Handbook*
- PSIM User Manual. <https://powersimtech.com/wp-content/uploads/2021/01/PSIM-User-Manual.pdf>
- Robert W. Erickson. *Fundamentals of Power Electronics Second Edition*
- Muhammad ruswanad djalal, koko hutoro, andi imran,(2017).Kontrol Kecepatan Motor Induksi menggunakan Algoritma Backpropagation Neural Network. *Jurnal ELKOMIKA*,Vol. 5,No. 2, hal.138-148.
- Hendi Purnata, Anindya Dwi Risdhayanti, Shabrina Adani Putri, Achmad Komarudin.(2017). Penerapan Metode Hysteresis Space Vector Pulse Width Modulation Pada Inverter Tiga Fasa Untuk Pengaturan Kecepatan dan Efisiensi Motor Induksi. *Jurnal INOVTEK Polbeng*, Vol. 07, No. 2.