

ANALISIS KINERJA DAN HARMONIK DENGAN KONTROL ARUS HYSTERESIS PADA MOTOR INDUKSI 3 FASA

Hazlif Nazif^{1*}, Rosnita Rauf²

^{1,2}Program Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Perencanaan., Universitas Ekasakti Padang, Jl.Veteran Dalam No.26B Padang, 25114

*Corresponding Author

E-mail Address: hazlif_n@yahoo.co.id

ABSTRAK

Dalam dunia industri, rumah tangga dan transportasi, motor induksi 3 fasa yang paling banyak digunakan karena konstruksinya sederhana, harga relatif murah, perawatan yang tidak sulit dan mudah didapat di pasaran. Namun, pada motor induksi tiga phase, inverter 3 fasa dengan menggunakan teknik switching PWM sehingga menghasilkan kualitas THD lebih buruk. Tujuan penelitian ini adalah analisis yang dilakukan dengan program PSIM untuk mendapatkan kualitas THD lebih baik untuk motor induksi 3 fasa. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kontrol arus *hysteresis* untuk inverter 3 fasa pada motor induksi 3 fasa untuk dapat menurunkan THD arus yang tinggi yang dihasilkan inverter 3 fasa pada motor induksi 3 fasa. Model dirancang, dimodelkan, disimulasikan dan dianalisis menggunakan software PSIM. Hasil pengujian simulasi THD menunjukkan bahwa nilai THD arus diperoleh adalah nilai THD arus 30.01% per fasa R, 30.02% per fasa S, 30.01% per fasa T. Hal ini belum memenuhi standar IEEE 519-1992. Hasil pengujian motor induksi 3 fasa menunjukkan bahwa nilai putaran kecepatan 1000 rpm dan nilai torsi 10 Nm yang dihasilkan.

Kata Kunci : THD, Inverter 3 fasa, Kontrol Arus Hysteresis, motor induksi 3 fasa, PSIM

ABSTRACT

In the industrial, household, and transportation sectors, 3-phase induction motors are the most widely used due to their simple construction, relatively low cost, ease of maintenance, and widespread availability in the market. However, in three-phase induction motors, 3-phase inverters use PWM switching techniques so that they produce worse THD quality. The purpose of this study is to carry out an analysis with the PSIM program to obtain better THD quality for 3-phase induction motors. The method used in this study is hysteresis current control for 3-phase inverters on 3-phase induction motors to reduce the high current THD produced by 3-phase inverters on 3-phase induction motors. The model is designed, modeled, simulated, and analyzed using PSIM software. The results of the THD simulation test show that the current THD value obtained is a current THD value of 30.01% per R phase, 30.02% per S phase, 30.01% per T phase. This does not meet the IEEE 519-1992 standard. The test results of the 3-phase induction motor show that the rotation speed is 1000 rpm and the torque is 10 Nm.

Keywords: THD, 3-phase inverter, Hysteresis Current Control, 3-phase induction motor, PSIM

PENDAHULUAN

Motor induksi 3 fasa yang paling banyak digunakan dalam dunia industri, rumah tangga dan transportasi karena konstruksinya yang sederhana, harganya relatif tidak mahal, perawatannya yang sederhana dan mudah didapat di pasaran. Namun, pengaturan motor induksi 3 fasa menggunakan teknik PWM dapat menimbulkan arus harmonik yang tinggi. Arus harmonik dapat menyebabkan menurunkan performa yang bagus menjadi tidak bagus, memperpendek usianya dan motor induksi bekerja tidak stabil karena proses pensaklaran MOSFET cepat dari teknik PWM. Oleh karena itu, dapat diatasi adalah metode teknik kontrol arus *hysteresis* digunakan untuk inverter 3 fasa yang dijadikan sebagai pengontrol untuk mengatur kecepatan putaran motor induksi 3 fasa dan juga menurunkan THD arus yang tinggi pada motor induksi 3 fasa. Hasil pengujian simulasi ini diharapkan dapat memenuhi standar IEEE 519-1992.

Kontrol arus *hysteresis* adalah sinyal arus *actual(I_{act})* yang diukur, kemudian dikurangi dengan nilai arus referensi (*I_{ref}*) yang diberikan untuk dapat membuat nilai *error*. Setelah sinyal nilai *error (k)* diperoleh, kemudian dibandingkan dengan batas *hysteresis* atas dan batas *hysteresis* bawah untuk membuat sinyal kontrol bagi driver yang mengendalikan saklar-saklar (Ferry Adity Sandjojo dkk,2018).

Harmonik arus dan tegangan dihasilkan oleh motor induksi, karena ini termasuk beban non linier. Bentuk gelombang arus yang frekuensinya kelipatan dari frekuensi fundamentalnya yang beroperasi pada frekuensi 50/60 Hz disebut harmonik. Bentuk gelombang yang terdistorsi dapat diurai menjadi sejumlah frekuensi dasar dan frekuensi harmonik yang berasal dari beban non linier (Mustamam dkk,2019). Beban-beban non linear dapat menciptakan distorsi arus dan tegangan. Total harmonik distortion(THD) yang digunakan untuk menghitung nilai efektif dari komponen harmonik (Asnil dkk,2018).

Motor induksi 3 fasa adalah energi listrik dikonversi menjadi energi mekanik dengan dialiri oleh sumber AC yang bergelombang

sinusoidal murni. Jika arus 3 fasa yang disambungkan dari kumparan dari stator maka menghasilkan induksi medan magnet sehingga motor induksi berputar (Jairo D Sibarani dkk,2018).

Inverter 3 fasa untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC sesuai kebutuhan motor listrik 3 fasa yang bertegangan AC dengan frekuensi tegangan tertentu. Melalui Sebuah inverter 3 fasa dialiri dari sumber 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 digunakan untuk menerima dengan cepat terhadap sinyal respon keluaran dari suatu sistem untuk menjangkau set point yang diinginkan. Sedangkan, kontrol I dapat digunakan untuk menurunkan error sampai kecil saat keadaan steady state dari keluaran suatu sistem yang dikendalikan(Teguh Try Arvyanto dkk,2020).

Komparator adalah tegangan input dibandingkan dengan tegangan referensi yang diberi kemudian dimasukkan ke dalam rangkaian untuk menciptakan output tertentu sesuai dengan kondisi perbandingan tersebut (Noptin Harpawi dkk,2021).

Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan oleh peneliti. Pengoperasian motor induksi 3 fasa yang dilakukan sehingga dapat menimbulkan distorsi harmonisa. Untuk meredam harmonisa adalah diperlukan filter aktif. Hasil Analisa simulasi menggunakan matlab menunjukkan dengan filter aktif, dapat menurunkan kandungan harmonisa pada jaringan dibandingkan jaringan tanpa menggunakan filter aktif. Penurunan yang terjadi pada THD arus yaitu sebesar 11,88% pada fasa R, 11,87% pada fasa S dan 11,88% pada fasa T dengan beban 3 motor (I Nyoman Duarsana dkk,2021).

Penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti. Variable Speed Drive (VSD) mengatur kecepatan putaran dari motor induksi, sehingga dapat menimbulkan bentuk gelombang arus dan tegangan yang tidak sinusoidal. Hasil pengujiannya dengan beban motor induksi 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. Teknik kontrol tegangan dan frekuensi (Volt/Hertz) yang mengendalikan motor induksi 3 fasa untuk menjaga fluks dan nilai torsi maksimum agar motor induksi tetap stabil. Metode modulasi ruang vektor dimasukkan ke dalam mikrokontroler untuk membuat pulsa PWM untuk inverter 3 fasa sesuai dengan urutan pensaklaran inverter 3 fasa sumber tegangan(VSI). Hasil pengujiannya menunjukkan bahwa nilai tegangan output dari inverter semakin kecil, maka harmonisa semakin tinggi yang dihasilkan oleh motor induksi. Hal ini berarti motor tidak dapat bekerja secara optimal (Dwi Sasmita Aji Pambudi dkk,2016).

Penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti. Algoritma *Backpropagation Neural Network* yang mengendalikan Kecepatan putaran motor induks. Hasil simulasi dapat menunjukkan bahwa pada setiap 0.3 detik, torsi tidak akan dipengaruhi meskipun kecepatan motor induksi tiga fasa berubah. Selain itu, kinerjanya yang baik dikarenakan kecepatan motor induksi dapat dikendalikan sesuai dengan kebutuhan (Muhammad Ruswandi Djalal dkk,2017).

Penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti. Teknik switching *hysteresis space vector pulse width modulation* (HSVPWM). yang mengatur kecepatan putaran motor induks. Hasil simulasi dapat diperoleh 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).

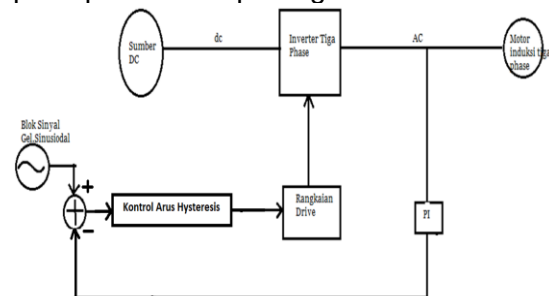
Dalam penelitian ini, peneliti mencoba membuat kontrol arus hysteresis untuk konverter daya (inverter) 3 fasa yang akan diaplikasikan pada motor induksi 3 fasa agar dapat mengatur kecepatan putaran motor induksi 3 fasa dan juga dapat menurunkan THD arus yang tinggi yang dihasilkan oleh

inverter 3 fasa pada motor induksi 3 fasa. Model dirancang, dimodelkan dan disimulasikan menggunakan software PSIM.

Tujuan dari penelitian ini untuk melakukan analisis dengan menggunakan PSIM sehingga didapatkan performanya yang lebih baik untuk motor induksi 3 fasa. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memenuhi standar IEEE 519-1992.

METODE PENELITIAN

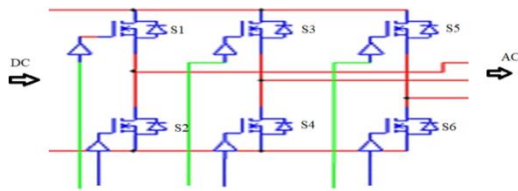
Penelitian ini, pertama melakukan studi literatur mengenai distorsi arus, motor induksi 3 fasa, kontrol arus hysteresis, inverter tiga fasa. Selanjutnya, peneliti menggunakan software PSIM untuk mengetahui THD yang dihasilkan dari inverter 3 fasa yang menggunakan kontrol arus hysteresis, dan juga mengetahui kecepatan putaran dan torsi yang dihasilkan dari motor induksi 3 fasa. Beberapa tahapan-tahapan yaitu, parameter sistem yang ditentukan, pemodelan yang dirancang, pengujian simulasi dan hasil simulasi dianalisis. Parameter sistem meliputi yaitu, sumber DC, kontrol arus hysteresis, PI, inverter 3 phase, dan motor induksi 3 fasa, dapat diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Rangkaian Sistem

a. Model Inverter 3 Fasa

Inverter 3 fasa berfungsi untuk mengubah tegangan DC dari sumber baterai atau PLTS menjadi tegangan AC sesuai dengan kebutuhan motor induksi yang bertegangan AC. Inverter ini digunakan untuk mengatur motor induksi 3 fasa dengan tegangan dan frekuensi diatur sesuai kebutuhan. Model inverter 3 fasa, telah dibuat sesuai dengan teori. Dimana, saklar S1 sampai S6 saklar diatur dengan teknik switching. Jika ketika saklar atas (SW1, SW3 dan SW5) aktif (ON), maka saklar bawah (SW2, SW4 dan SW6) tidak aktif (OFF), maka akan membentuk 8 pola saklar, dapat diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Model Rangkaian Inverter 3 fasa

b. Model Motor Induksi 3 Fasa

Prinsip kerja motor induksi 3 fasa adalah pada bagian diam (stator), medan magnet putar yang dihasilkan saat disuplai arus 3 fasa kemudian pada bagian bergerak (rotor), berputar saat induksi elektromagnetik diaktifkan. Dalam software PSIM, model 3-phase induction motor yang telah tersedia.



Gambar 3. Model Motor Induksi 3 fasa

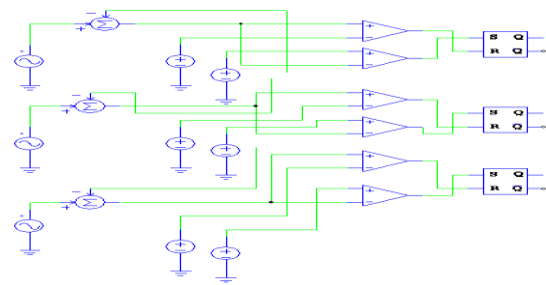
Nilai parameter dari motor induksi 3 fasa digunakan untuk melakukan penelitian ini, yaitu resistansi/reaktansi stator R_1, X_1 , rotor R_2, X_2 , dan magnetisasi R_m, X_m serta data nameplate tegangan, arus, daya, HP, rpm, faktor daya, efisiensi, dan frekuensi, dapat diperlihatkan pada Gambar 3.

Squirrel-cage Ind. Machine		
Parameters Other Info Color		
Squirrel-cage induction machine		
Name	IM4	Display
R_s (stator)	0.294	
L_s (stator)	0.00139	
R_r (rotor)	0.156	
L_r (rotor)	0.00074	
L_m (magnetizing)	0.041	
No. of Poles P	6	
Moment of Inertia	0.4	
Torque Flag	0	
Master/Slave Flag	1	

Gambar 3. Parameter dari simulasi Motor Induksi 3

c. Model Kontrol Arus Hysteresis

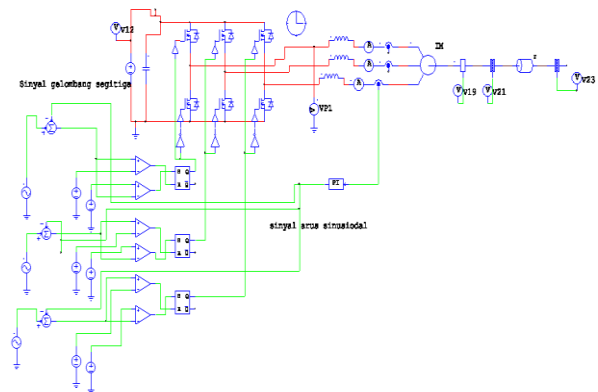
Sinyal *error* didapatkan dari hasil pengurangan sinyal arus *actual* (i_{act}) yang diukur oleh sensor arus dan sinyal arus *reference* (i_{ref}) yang diberikan. Setelah nilai *error*(k) didapatkan, batas *hysteresis* atas dan batas *hysteresis* bawah akan dibandingkan untuk membuat sinyal control digunakan untuk memicu gate dari MOSFET (Ferry Adity Sandjojo dkk,2018).



Gambar 5. Pemodelan Kontrol Arus Hysteresis

d. Pemodelan Inverter 3 Fasa Menggunakan Kontrol Arus Hysteresis Pada Motor Induksi 3 Fasa

Pemodelan rangkaian simulasi ini secara lengkap dapat diperlihatkan pada gambar 6.



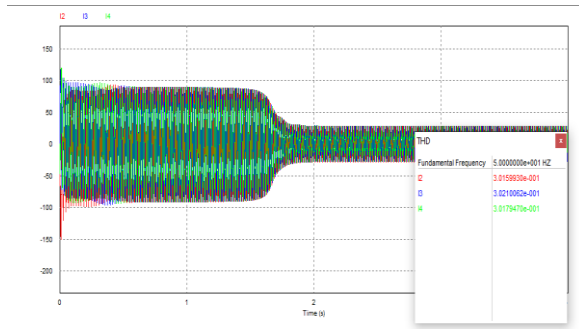
Gambar 6. Pemodelan Simulasi Lengkap

HASIL DAN PEMBAHASAN

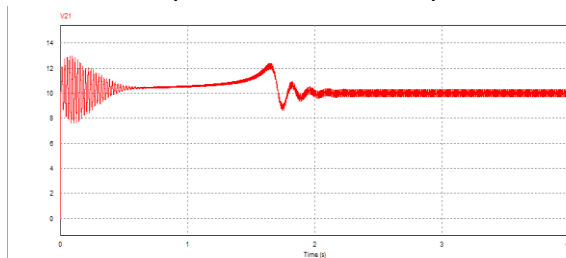
Tahapan ini menampilkan data-data dari hasil simulasi inverter 3 fasa dengan menggunakan teknik switching kontrol arus *hysteresis* pada motor induksi 3 fasa. Data yang ditampilkan meliputi grafik sinyal (bentuk gelombang) THD arus, kecepatan putaran dan torsi yang dihasilkan. Dari hasil pengujiannya diharapkan dapat mengurangi nilai THD yang tinggi, sesuai dengan IEEE 519-1992.

Pengamatan hasil bentuk gelombang keluaran dari inverter 3 fasa, kecepatan putaran dan nilai torsi yang dihasilkan dari motor induksi 3 fasa dengan menggunakan kontrol arus *hysteresis* untuk mendapatkan nilai THD, grafik gelombang sinusioda, kecepatan putaran dan nilai torsi, maka akan dilakukan dengan menggunakan software PSIM. Hasil pengujian simulasi ini yang telah dilakukan, diperoleh bahwa pada simulasi ini menghasilkan nilai THD arus 30.01% per fasa R, 30.02% per fasa S, 30.01% per fasa

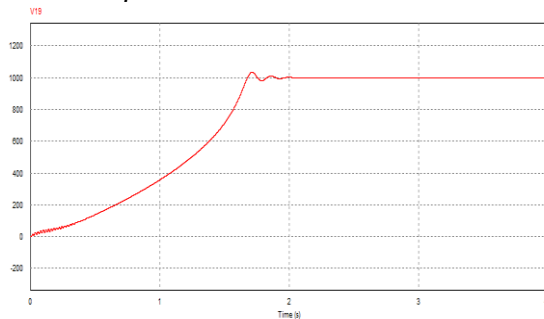
T, dapat berbentuk gelombang sinusoidal pada fasa R,S,T Sedangkan, nilai kecepatan putaran 1000 rpm dan nilai torsi 10 Nm, dapat dilihat pada gambar 7 dan 10.



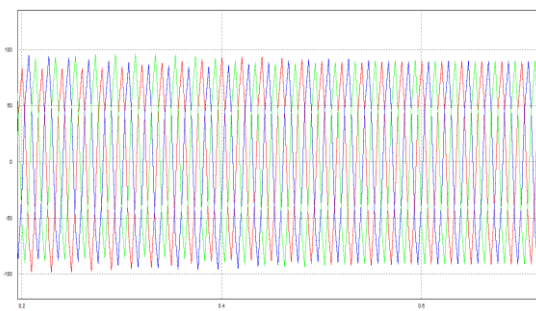
Gambar 7. Nilai THD arus 30.01% per fasa R, 30.02% per fasa S, 30.01% per fasa T



Gambar 8. Dengan frekuensi 50Hz , diperoleh nilai torsi 10 Nm



Gambar 9. Nilai kecepatan putaran diperoleh 1000 rpm



Gambar 10. Hasil diperoleh bahwa dapat berbentuk gelombang sinusoidal dari inverter 3 fasa kontrol arus hysteresis pada motor induksi 3 fasa

Berdasar hasil pengujian simulasi, dapat dilihat pada gambar 7, terlihat bahwa performa kontrol arus *hysteresis* inverter 3 fasa yang belum baik karena nilai THD arus 30.01% per fasa R, 30.02% per fasa S, 0.01% per fasa T. Hal ini belum dapat memenuhi standar IEEE 519-1992.

PENUTUP

Dari hasil penelitian diatas, dapat disimpulkan bahwa model simulasi ini berhasil dibangun dengan menggunakan program PSIM sesuai dengan teori. Bahwa performa kontrol arus *hysteresis* inverter 3 fasa yang belum baik karena nilai THD arus 30.01% per fasa R, 30.02% per fasa S, 30.01% per fasa T ini belum dapat memenuhi standar IEEE 519-1992.

REFERENSI

Ferry Adity Sandjojo, Iwan Setiawan, Trias Andromeda(2018). Implementasi Kontrol Arus Pada Inverter Satu Fasa Menggunakan DSPIC30F4011 Dengan Metode Kontrol *Hysteresis*. Transient, Vol.7, No.1

Mustamam, Marwan Affandi, Azmi Rizki Lubis(2019). Analisis dan Reduksi Harmonisa Arus Pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan Menggunakan Singletuned Passive Filter. Semnastek UISU

Asnil, Krismadinata, Irma Husnaini(2018). Desain dan Analisis Inverter Tiga Fasa Menggunakan Metode SPWM.Seminar Nasional Teknik Elektro 2018. Batu Malang

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

- 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>
- 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
- Noptin Harpawi, M Susantok, Yuli Triyani(2021). Penerapan Voltage Level Detector (VLD) With Hysteresis Untuk Kontrol Level Air. *Jurnal ELEMENTER* Vol 7, No. 2, November 2021
- I Nyoman Duarsana, I Wayan Rinas, I Wayan Arta Wijaya(2021). Analisa Unjuk Kerja Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Pengaruh Harmonisa (THD) Dengan Penambahan Filter Aktif Menggunakan Matlab. *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 8, No. 1
- 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
- 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.