

PERILAKU PENGEMUDIAN MOTOR INDUKSI 3 FASA DALAM SISTEM KONVEYOR TERKENDALI

Arie Wibawanto¹⁾, Mochammad Facta dan Tejo Sukmadi

Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Kota Semarang, Indonesia
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

* E-mail : ariewibawanto@yahoo.co.id

Abstrak

Penggunaan VSD (*Variable Speed Drive*) pada pengontrolan kecepatan putar motor induksi tiga fasa dapat menghemat 30% hingga 50% dari daya total yang dikonsumsi. VFD dapat melakukan pengontrolan pada motor mulai dari motor dinyalakan sampai dengan motor dimatikan merupakan kelebihan yang tidak dimiliki metode starting motor lainnya. Sehingga pengguna dapat mengatur motor melalui VSD mulai dari mengatur putaran motor, melakukan pengaturan percepatan dan pengereman pada motor, pengaturan putaran balik motor, dan lain-lain. Namun pada pengontrolan motor menggunakan metode VSD menghasilkan harmonisa yang cukup besar. Karena VSD menggunakan rangkaian rectifier, DC link, dan inverter. Dimana rangkaian tersebut menggunakan sistem pensaklaran frekuensi tinggi. Dan salah satu penyebab timbulnya harmonisa karena adanya sistem pensaklaran. Dalam penelitian tugas akhir ini akan diamati nilai harmonisa yang dihasilkan Altivar 28HU18M2U dan Altivar 12H07M2 yang digunakan dalam pengontrolan motor induksi 3 fasa, sehingga dapat di pelajari nilai harmonisa yang dihasilkan pada VSD khususnya Altivar 2828HU18M2U dan 12H07M2.

Kata kunci: VSD, Altivar 28HU18M2U, Altivar 12H07M2

Abstract

Using VSD (*Variable Speed Drive*) in controlling the rotational speed of a three-phase induction motor can save 30% to 50% of the total power consumed. VFD can control the motor starting from the motor turned on until the motor is turned off, which is an advantage that other starting motor methods do not have. So the user can adjust the motor through VSD starting from adjusting the motor rotation, making acceleration and braking settings on the motor, setting the motor rotation, and others. However, motor control using the VSD method produces a large amount of harmonics. Because VSD uses a rectifier circuit, DC link, and inverter. Where the circuit uses a high frequency switching system. And one of the causes of the emergence of harmonics is because of the switching system. In this final project research will be observed the harmonics produced by Altivar 28HU18M2U and Altivar 12H07M2 which are used in controlling 3 phase induction motors, so that the harmonics values produced on VSD especially Altivar 2828HU18M2U and 12H07M2 are used.

Keywords: VSD, Altivar 28HU18M2U, Altivar 12H07M2

1. Pendahuluan

Penggunaan motor induksi 3 fasa banyak digunakan pada dunia industri sekarang ini. Mulai dari motor induksi 3 fasa berkapasitas kecil sampai dengan yang berkapasitas besar. Motor induksi 3 fasa pada industri menggunakan metode starting motor antara lain DOL (*Direct On Line*), hubung wye-delta, soft starting, dan VSD (*Variable Speed Drive*) [1].

Pengontrolan motor dengan menggunakan VSD paling banyak digunakan dalam dunia industri. VSD dibagi menjadi beberapa kategori yaitu mechanical, hydraulic, dan electrical [2]. Electrical itu sendiri dibagi lagi menjadi

beberapa model antara lain: variable voltage DC converter dengan motor DC, variable voltage dan frequency converter dengan motor AC, electromagnetic coupling atau 'Eddy Current' coupling, dan Cycloconverter dengan motor AC [4]. Namun pada tugas akhir yang dibahas penulis adalah pada metode variable voltage dan frequency converter atau sering di sebut dengan VFD [5].

VFD dapat melakukan pengontrolan pada motor mulai dari motor dinyalakan sampai dengan motor dimatikan merupakan kelebihan yang tidak dimiliki metode starting motor lainnya. Sehingga pengguna dapat mengatur motor melalui VSD mulai dari mengatur putaran motor,

melakukan pengaturan percepatan dan pengereman pada motor, pengaturan putaran balik motor, dan lain-lain.

Namun pada pengontrolan motor menggunakan metode VSD menghasilkan harmonisa yang cukup besar. Karena VSD menggunakan rangkaian rectifier, DC link, dan inverter [3]. Dimana rangkain tersebut menggunakan sistem pensaklaran frekuensi tinggi. Dan salah satu penyebab timbulnya harmonisa karena adanya sistem pensaklaran.

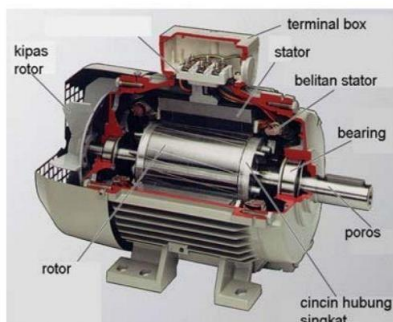
Dalam penelitian tugas akhir ini akan diamati nilai harmonisa yang dihasilkan Altivar 28HU18M2U dan Altivar 12H07M2 yang digunakan dalam pengontrolan motor induksi 3 fasa, sehingga dapat di pelajari nilai harmonisa yang dihasilkan pada VSD khususnya Altivar 2828HU18M2U dan 12H07M2.

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah Pengontrolan motor induksi 3 fasa berbeban dengan menggunakan modul VSD tipe Altivar 28HU18M2u dan 12H07M2 dan melakukan pengujian harmonisa yang dihasilkan modul VSD dengan standar harmonisa mengacu pada IEEE 519-1992.

2. Dasar Teori

2.1. Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling banyak digunakan karena kesederhanaanya, konstruksinya yang kuat dan karakteristik kerja yang baik. Konstruksi motor induksi secara detail terdiri atas dua bagian, yaitu bagian stator dan bagian rotor. Stator adalah bagian motor yang diam terdiri dari badan motor, inti stator, belitan stator, *bearing* dan *terminal box*. Bagian rotor merupakan bagian yang berputar, terdiri atas rotor sangkar dan poros rotor [2]. Konstruksi motor induksi tidak terdapat bagian yang bersentuhan antara rotor dan stator, karena dalam motor induksi tidak memiliki komutator dan sikat arang. Bagian rotor dan stator motor induksi dipisahkan oleh celah udara yang sempit (*air gap*) dengan jarak antara 0,4-4 mm. Konstruksi motor induksi fasa dapat dilihat pada Gambar 1 [2].



Gambar 1. Motor Induksi 3 Fasa

2.1.1 Stator Motor Induksi 3 Fasa

Inti stator motor induksi terbuat dari lapisan-lapisan laminasi pelat baja yang dipabrikasi. Belitan motor dibuat terpisah 120° listrik. Belitan fasa dapat tersambung secara delta (Δ) atau bintang (Y) [3]. Dalam mesin induksi belitan jangkar (*armature winding*) dibentuk dengan menghubungkan-hubungkan dengan konduktor-konduktor dalam suatu alur (*slot*) yang tersebar dalam sekeliling stator dalam motor. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat konstruksi stator motor induksi pada Gambar 2 [3].



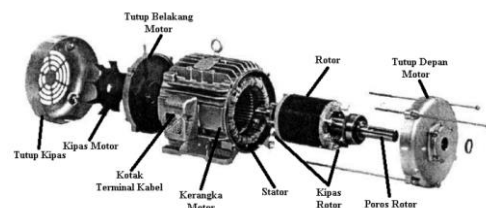
Gambar 2. Stator Motor Induksi 3 Fasa

2.1.2 Rotor Motor Induksi 3 Fasa

Rotor dari motor induksi 3 fasa dibagi menjadi 2 macam yaitu:

1. Rotor sangkar tupai / squirrel cage rotor

Inti rotor motor induksi tipe sangkar tupai terdiri dari lapisan-lapisan konduktor yang dipasangkan sejajar dengan poros dan mengelilingi permukaan inti. Konduktor tidak terisolasi dari inti karena arus rotor secara alamiah akan mengalir menuju tahanan yang paling kecil yaitu konduktor rotor. Pada setiap ujung rotor semua konduktor rotor dihubung singkat dengan cincin ujung sehingga konduktor rotor dan cincin-cincin serupa dengan sangkar tupai yang berputar sehingga dinamakan motor induksi rotor sangkar tupai. Pada Gambar 3 dapat dilihat bagian-bagian motor induksi dengan rotor bertipe sangkar tupai [4].

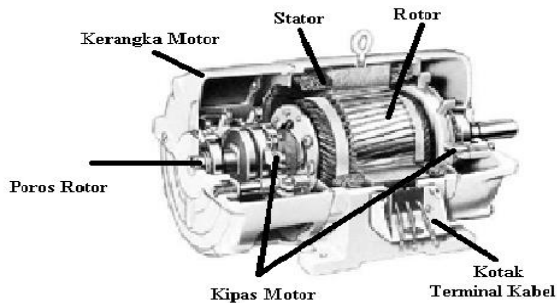


Gambar 3. Rotor Sangkar Tupai

2. Rotor belitan / wound rotor

Motor induksi rotor belitan adalah motor yang memiliki rotor terbuat dari lilitan. Lilitan rotor tersebar secara

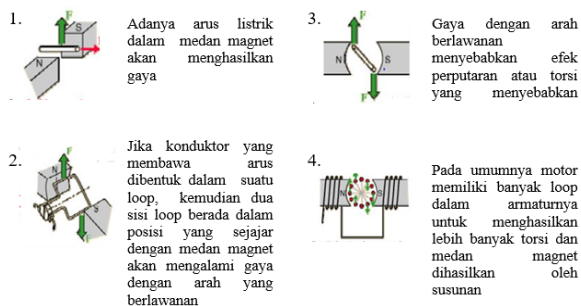
seragam pada slot-slot dan secara umum dihubung bintang (Y). Ketiga terminal tersebut dihubungkan dengan slip ring kemudian dihubungkan dengan sikat yang diam (stationary brushes). Untuk menjalankan motor induksi tipe wound rotor secara normal maka stationary brushes dihubung singkat. Motor induksi rotor lilitan jarang digunakan karena harga yang mahal dan biaya pemeliharaan lebih besar. Pada Gambar 4 dapat dilihat bagian-bagian dari motor induksi rotor belitan [4].



Gambar 4. Rotor Belitan

2.1.3. Prinsip Kerja Motor Induksi

Prinsip kerja motor induksi 3 fasa berdasarkan pada hukum Faraday (tegangan induksi akan ditimbulkan oleh perubahan medan magnet pada suatu lilitan) dan hukum Lenz (Apabila ggl/gaya gerak listrik induksi dihubungkan dengan suatu rangkaian tertutup dengan hambatan tertentu, maka mengalirlah arus listrik [4]. Arus ini dinamakan dengan arus induksi). Apabila suatu konduktor yang memiliki satuan panjang dan dihubung singkat kemudian diberikan medan magnet akan membuat konduktor timbul arus yang membuat motor berputar. Proses berputarnya sebuah konduktor diantara medan magnet yang menghasilkan arus dan gaya dijelaskan pada Gambar 5 [5].



Gambar 5. Prinsip Kerja Motor Induksi

Motor induksi bekerja bergantung pada medan magnetik yang ditimbulkan dalam celah udara motor akibat arus stator. Lilitan stator 3 fasa dililitkan dengan lilitan fasa berjarak 120° listrik, jika lilitan diberi energi dari satu tiga fasa maka akan timbul fluksi pada masing-masing fasa

[6]. Ketiga fluksi tersebut bergabung membentuk fluksi yang bergerak mengelilingi permukaan stator pada kecepatan konstan yang disebut medan magnetik putar. Medan putar yang terjadi akan menyebabkan rotor berputar dengan arah yang sama dengan fluks putar. Prinsip dasar dapat dijelaskan sebagai berikut [6]:

1. Tegangan induksi akan timbul pada setiap konduktor diakibatkan oleh medan magnet yang memotong konduktor (hukum Faraday).
2. Karena konduktor dihubungkan menjadi satu, membuat tegangan induksi menghasilkan arus yang mengalir dari konduktor ke konduktor lain.
3. Karena terjadi arus diantara medan magnet maka akan timbul gaya.
4. Gaya akan selalu menarik konduktor untuk bergerak sepanjang medan magnetik.

2.2. Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa

Dibandingkan dengan DC drive, metode pengontrolan kecepatan pada AC drive menjadi metode yang lebih low cost untuk berbagai macam aplikasi. Hal ini juga secara teknik menjadi solusi yang lebih dipilih dalam lingkungan industri dimana keandalan dan pemeliharaan yang lebih sederhana terkait dengan motor induksi sangkar tupai menjadi hal yang dianggap penting [7].

Dalam prakteknya, actual speed dari batang rotor lebih lambat dibandingkan dengan synchronous speed dari medan putar stator, hal tersebut menyebabkan adanya slip antara medan putar stator dan rotor. Actual speed dari rotor dinyatakan dalam Persamaan (2.3) sebagai berikut [7]:

$$n = (n_s - slip)$$

Dimana :

n = kecepatan rotor (rpm)

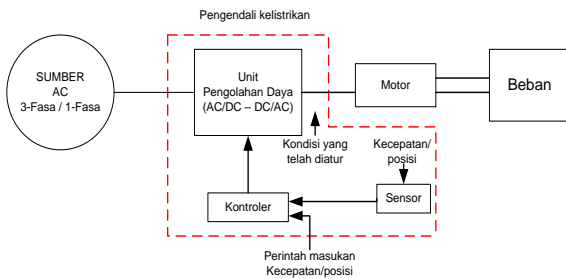
n_s = kecepatan sinkron (rpm)

Slip antara medan putar sinkron dan rotor bergantung pada sejumlah faktor yaitu, tegangan stator, arus rotor dan beban. Akibatnya, kecepatan dari motor induksi dapat disesuaikan dengan mengontrol slip dari rotor terhadap medan stator.

2.3 Variabel Speed Drive

Variable speed drive merupakan kontrol elektronik daya yang mengubah masukan AC route mean square (rms) dan frekuensi yang tetap dengan keluaran yang dapat diubah-ubah. Biasanya digunakan untuk mengontrol motor induksi arus bolak-balik. sehingga dapat disebut VFD (Variable Frequency Drive) [8].

Berbeda dengan motor yang tak terkontrol, dengan menggunakan VSD, kita dapat mengatur kecepatan, arah putaran, pengereman dinamis, dan lain-lain. Dengan menggunakan VSD dapat menghemat energi pemakaian daya sekitar 55% dari konsumsi energi. Karena arus starting dapat dikurangi dengan pengaturan kecepatan motor yang dapat diatur dari saat motor diam sampai dengan motor berputar dengan kecepatan yang diinginkan. Berikut adalah blok diagram dari VSD.



Gambar 6. Blok Diagram *Variable Speed Drive*

2.3.1. Prinsip Kerja *Variable Speed Drive*

Pengontrolan didalam VSD menggunakan prinsip yang ada didalam rangkaian elektronika daya. Beberapa rangkaian yang digunakan pada VSD antara lain adalah [9]:

- Rectifier

Rectifier adalah rangkain pengubah tegangan input AC 3 fasa / 1 fasa menjadi DC dengan nilai tegangan yang antara input AC dan output DC. Konfigurasi rangkaian yang digunakan ini biasa disebut dengan diode bridge atau jembatan penyearah. Dimana arus masukan serta karakteristik keluaran DC.

- DC Link

DC link merupakan rangkian yang terletak diantara rectifier dan inverter berupa kapasitor yang dipasang secara paralel. Kapasitor digunakan untuk mengurangi ripple/riak yang dihasilkan dari keluaran rangkaian rectifier dan memberikan energi bila diperlukan ke rangkaian inverter.

- Inverter

Inverter adalah rangkaian pengubah dari tegangan DC menjadi AC 1 fasa atau 3 fasa. Karakteristik keluaran AC bergantung pada topologi yang digunakan. biasanya topologi yang digunakan ada PWM (pulse width modulation). Komponen yang digunakan untuk pengaturan PWM biasanya adalah IGBT. Dengan adanya pensaklaran yang ada pada inverter. Gelombang keluaran VSD tidak sepenuhnya murni sinusoidal. Karena adanya harmonisa yang dihasilkan dari pensaklaran yang ada dirangkaian inverter.

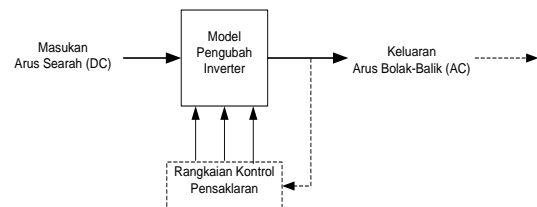
2.3.2. Karakter Rectifier

Rangkaian rectifier terdiri dari dioda yang disusun secara seri dan paralel untuk mendapatkan bentuk gelombang DC penuh. Dioda yang tersusun secara seri tidak dapat bekerja secara bersamaan. Rectifier terdiri dari beberapa bentuk rangkaian sesuai dengan jumlah fasa inputan dan bentuk gelombang keluaran [9].

2.3.3 Inverter

Inverter merupakan rangkaian pengubah tegangan DC menjadi AC. Inverter terdiri dari 2 tipe, yaitu:

1. Inverter sumber arus (*Current Source Inverter*)
 - Masukan DC sebagai sumber arus DC
 - Fungsi keluaran sebagai sumber arus AC
 - Digunakan pada pengontrolan motor AC dengan daya tinggi
2. Inverter sumber tegangan (*Voltage Source Inverters*)
 - Inverter yang paling banyak digunakan
 - Masukan DC sebagai sumber tegangan DC
 - Fungsi keluaran sebagai sumber tegangan AC



Gambar 7. Blok Diagram Inverter

2.4. Altivar 28HU18M2U

Altivar 28HU18M2U merupakan tipe VSD yang dikembangkan oleh Schneider untuk mengatur motor induksi 3 fasa dengan input 1 fasa. Altivar 28HU18M2U mampu mengontrol motor dengan daya 0,75 KW/1HP dan batas arus nominal Altivar dan motor sebesar 8,6A dan 4,8A. Fungsi yang dapat digunakan pada Altivar antara lain: forward/reverse putaran motor, DC injection breaking, jog, ramp Switching, preset speed, speed refrence, dan lain-lain. Altivar 28HU18M2U menggunakan pengaturan frekuensi untuk mengatur kecepatan motor induksi. Berikut adalah wiring diagram dari Altivar 28HU18M2U.



Gambar 8. Altivar 28HU18M2U

2.5. Altivar 12H07M2

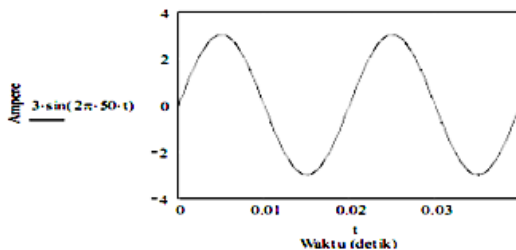
Salah satu inverter yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah Altivar ATV12H075M2, produk Schneider. Altivar ATV12H075M2 digunakan untuk motor 1 HP / 0,75 kW pada tegangan 200-240 V dan frekuensi 50/60 Hz. Frekuensi output yang dihasilkan 0,5-400 Hz. Altivar ini dapat dilihat pada Gambar 9 [10].



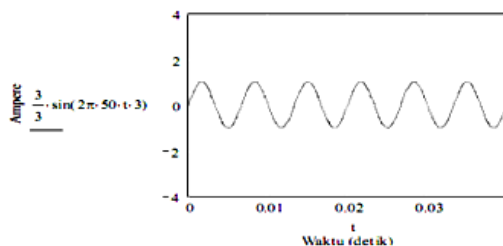
Gambar 9. Altivar 12H07M2

2.6. Harmonisa

Harmonisa merupakan suatu komponen yang memiliki bentuk gelombang arus maupun tegangan yang berbeda dari bentuk gelombang fundamentalnya. Dimana biasanya gelombang fundamental berbentuk sinus murni [11].



Gambar 10. Bentuk Gelombang Arus Dasar yang Dihasilkan Generator



Gambar 11. Bentuk Gelombang Harmonisa Orde Ke-3

2.6.1. Orde Harmonisa

Gelombang sinus apabila digabungkan dengan gelombang harmonisa, akan menghasilkan gelombang yang

terdistorsi. Frekuensi harmonisa adalah suatu frekuensi yang menyebabkan cacat gelombang amplitudo dalam suatu sistem tenaga listrik. Untuk bilangan bulat pengali frekuensi dasar disebut angka urutan harmonisa. Misal, frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz maka harmonisa kedua adalah gelombang dengan frekuensi 100 Hz, harmonisa ketiga adalah gelombang dengan frekuensi 150 Hz, dan seterusnya sehingga dapat dituliskan dengan persamaan [12]:

$$F_h = n \times F_f$$

F_h = frekuensi harmonisa (Hz)

n = bilangan bulat positif / urutan harmonisa

F_f = frekuensi fundamental (Hz)

Gelombang dengan frekuensi dasar tidak dianggap sebagai harmonisa, yang dianggap sebagai harmonisa adalah orde ke-2 sampai ke-n.

2.6.2. Total Distorsi Harmonisa

Total Distorsi Harmonisa atau Totalp Harmonic Distortion (THD) didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara nilai komponen harmonisa dengan nilai komponen fundamental. THD menyatakan besarnya distorsi atau deviasi suatu gelombang yang mengandung komponen harmonisa, jika dibandingkan dengan gelombang sinus murni. THD dinyatakan dalam persen, semakin kecil nilai THD maka gelombang tersebut semakin mendekati bentuk gelombang sinus murni. THD tegangan dan arus dengan persamaan sebagai berikut [12].

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} V_h^2}}{V_1}$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} I_h^2}}{I_1}$$

Dimana : V_1 = Tegangan frekuensi dasar (V)

I_1 = Arus frekuensi dasar (A)

V_h = Tegangan harmonisa ke-h (V)

I_h = Arus harmonisa ke-h (A)

h = Bilangan integer 2,3,4,5, dst

2.6.3. Pengaruh Harmonisa

Akibat yang ditimbulkan dari harmonisa bisa bermacam-macam, tergantung dari jenis harmonisa, sumber harmonisa, dan karakteristik dari jaringan tersebut. Pengaruh harmonisa untuk peralatan sistem tenaga listrik biasanya peralatan akan cepat rusak karena panas yang ditimbulkan dari harmonisa. Rusaknya isolasi dari peralatan listrik juga sering terjadi akibat gangguan ini. Kerusakan yang terjadi karena peralatan yang sensitif terhadap masukan-masukan frekuensi yang tinggi [12].

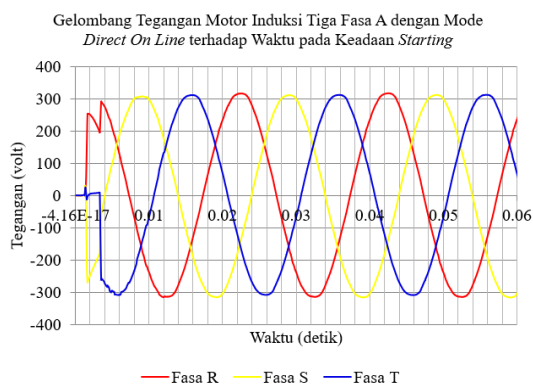
Pada keadaan normal, arus beban setiap fase dari beban linier yang seimbang, pada frekuensi dasarnya akan saling mengurangi sehingga arus netral akan menjadi nol. Namun pada beban non linier satu fase, akan menimbulkan harmonisa kelipatan tiga ganjil, yang kita sebut harmonisa triplen. Harmonisa triplen mengakibatkan sisi netral terdapat arus [12].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa A dengan Direct On Line pada Keadaan Starting

3.1.1. Gelombang Tegangan dan Arus 3 Fasa Grafik Gelombang Tegangan Terhadap Waktu

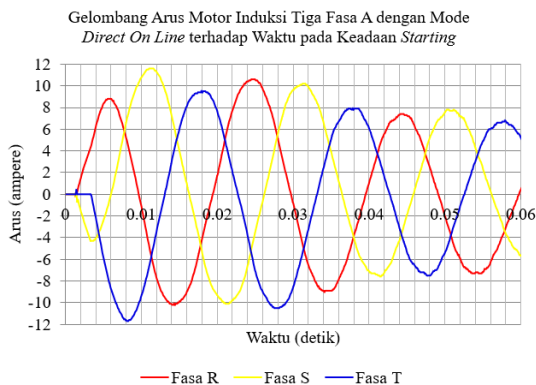
Pada Gambar 12 dapat diketahui Grafik Gelombang Tegangan Motor Induksi Tiga Fasa A dengan Mode Direct On Line terhadap Waktu pada Keadaan Starting.



Gambar 12. Grafik Gelombang Tegangan Terhadap Waktu pada Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa A dengan Direct On Line pada Keadaan Starting

Grafik Gelombang Arus Terhadap Waktu

Pada Gambar 13 dapat diketahui Grafik Gelombang Tegangan Motor Induksi Tiga Fasa A dengan Mode Direct On Line terhadap Waktu pada Keadaan Starting.

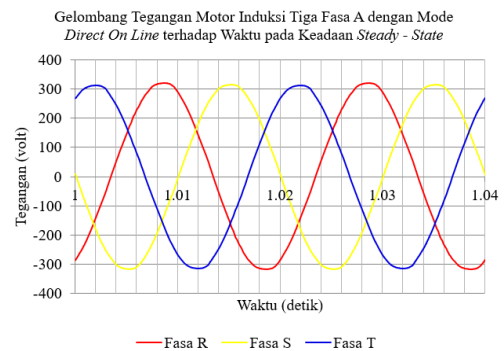


Gambar 13. Grafik Gelombang Arus Terhadap Waktu pada Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa A dengan Direct On Line pada Keadaan Starting

3.2. Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa A dengan Direct On Line pada Keadaan Steady-State

3.2.1. Gelombang Tegangan dan Arus 3 Fasa Grafik Gelombang Tegangan terhadap Waktu

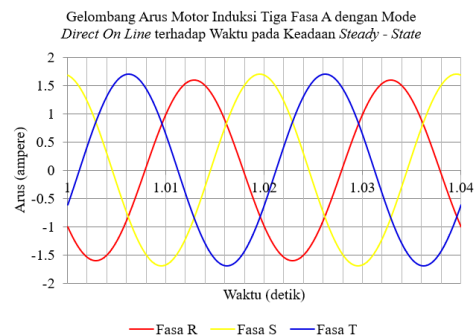
Pada Gambar 14 dapat diketahui Grafik Gelombang Tegangan Motor Induksi Tiga Fasa A dengan Mode Direct On Line terhadap Waktu pada Keadaan Steady – State.



Gambar 14. Grafik Gelombang Tegangan terhadap Waktu Gelombang Tegangan dan Arus 3 Fasa

Grafik Gelombang Arus terhadap Waktu

Pada Gambar 15 dapat diketahui Grafik Gelombang Tegangan Motor Induksi Tiga Fasa A dengan Mode Direct On Line terhadap Waktu pada Keadaan Steady – State.

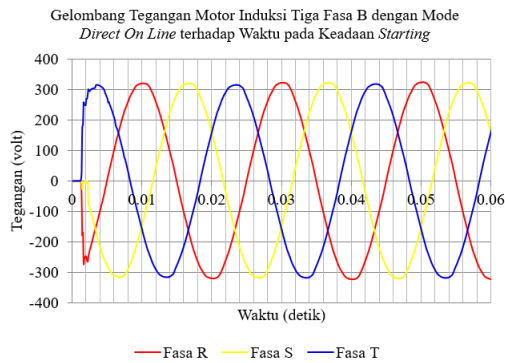


Gambar 15. Grafik Gelombang Arus terhadap Waktu pada Gelombang Tegangan dan Arus 3 Fasa

3.3. Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa B dengan Direct On Line pada Keadaan Starting

3.3.1. Gelombang Tegangan dan Arus 3 Fasa Grafik Gelombang Tegangan terhadap Waktu

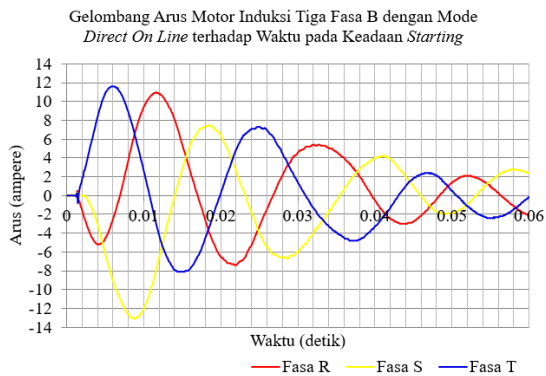
Pada Gambar 16 dapat diketahui Gelombang Tegangan Motor Induksi Tiga Fasa B dengan Mode Direct On Line terhadap Waktu pada Keadaan Starting.



Gambar 16. Gelombang Tegangan dan Arus 3 Fasa pada Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa B dengan Direct On Line pada Keadaan Starting

Grafik Gelombang Arus terhadap Waktu

Pada Gambar 17 dapat diketahui Gelombang Tegangan Motor Induksi Tiga Fasa B dengan Mode Direct On Line terhadap Waktu pada Keadaan Starting.

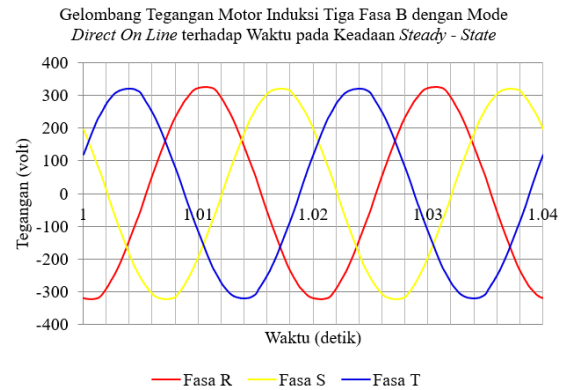


Gambar 17. Grafik Gelombang Arus terhadap Waktu pada Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa B dengan Direct On Line pada Keadaan Starting

3.4. Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa B dengan Direct On Line pada Keadaan Steady-State

3.4.1. Gelombang Tegangan dan Arus 3 Fasa Grafik Gelombang Tegangan terhadap Waktu

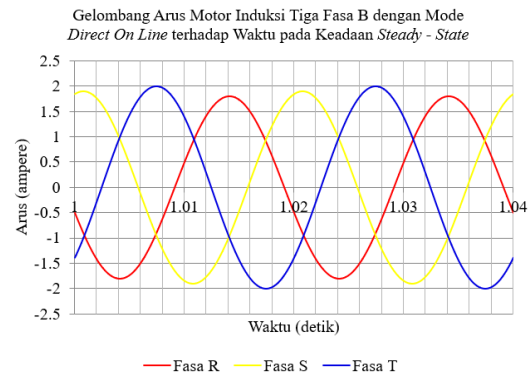
Pada Gambar 18 dapat diketahui Grafik Gelombang Tegangan Motor Induksi Tiga Fasa A dengan Mode Direct On Line terhadap Waktu pada Keadaan Steady - State.



Gambar 18. Grafik Gelombang Tegangan terhadap Waktu pada Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa B dengan Direct On Line pada Keadaan Steady-State

Grafik Gelombang Arus terhadap Waktu

Pada Gambar 19 dapat diketahui Grafik Gelombang Tegangan Motor Induksi Tiga Fasa A dengan Mode Direct On Line terhadap Waktu pada Keadaan Steady - State.

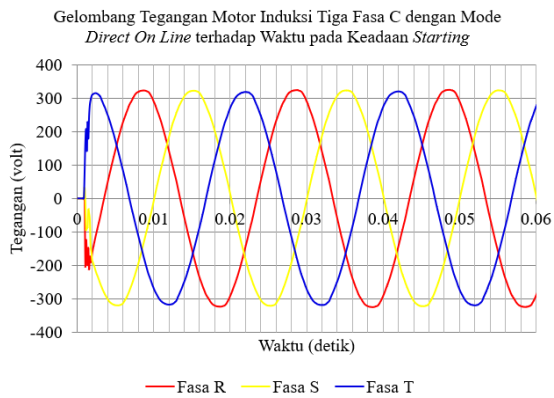


Gambar 19. Grafik Gelombang Arus terhadap Waktu pada Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa B dengan Direct On Line pada Keadaan Steady-State

3.5. Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa C dengan Direct On Line pada Keadaan Starting

3.5.1. Gelombang Tegangan dan Arus 3 Fasa Grafik Gelombang Tegangan terhadap Waktu

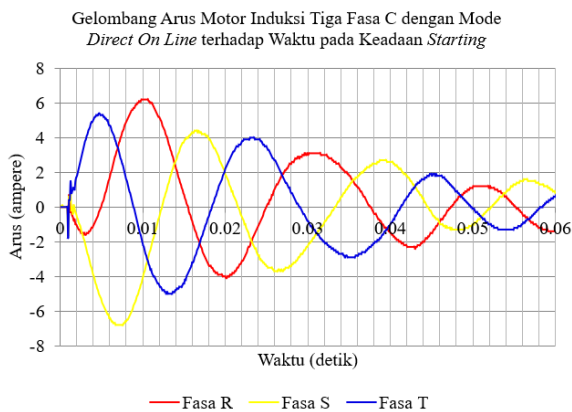
Pada Gambar 20 dapat diketahui Gelombang Tegangan Motor Induksi Tiga Fasa B dengan Mode Direct On Line terhadap Waktu pada Keadaan Starting.



Gambar 20. Grafik Gelombang Tegangan terhadap Waktu pada Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa B dengan Direct On Line pada Keadaan Starting

Grafik Gelombang Arus terhadap Waktu

Pada Gambar 21 dapat diketahui Gelombang Tegangan Motor Induksi Tiga Fasa B dengan Mode Direct On Line terhadap Waktu pada Keadaan Starting.

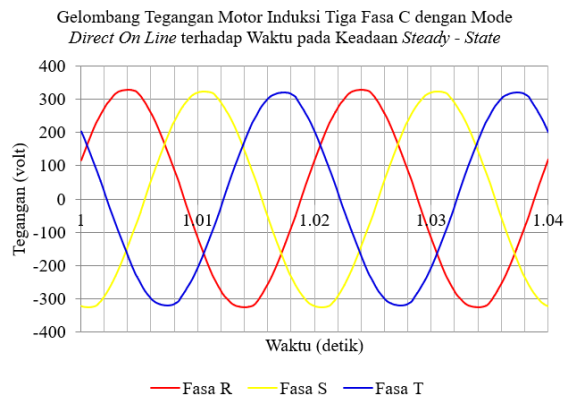


Gambar 21. Grafik Gelombang Arus terhadap Waktu pada Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa B dengan Direct On Line pada Keadaan Starting

3.6. Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa C dengan Direct On Line pada Keadaan Steady-State

3.6.1. Gelombang Tegangan dan Arus 3 Fasa Grafik Gelombang Tegangan terhadap Waktu

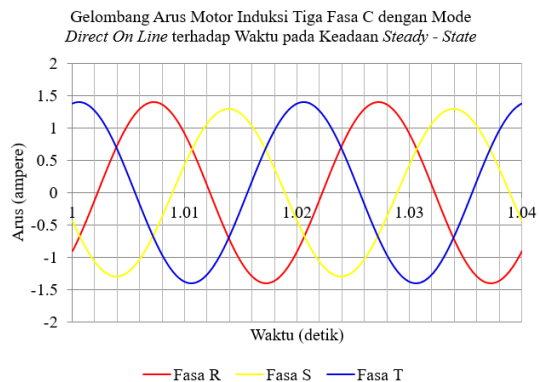
Pada Gambar 22 dapat diketahui Grafik Gelombang Tegangan Motor Induksi Tiga Fasa A dengan Mode Direct On Line terhadap Waktu pada Keadaan Steady – State.



Gambar 22. Grafik Gelombang Tegangan terhadap Waktu pada Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa C dengan Direct On Line pada Keadaan Steady-State

Grafik Gelombang Arus terhadap Waktu

Pada Gambar 23 dapat diketahui Grafik Gelombang Tegangan Motor Induksi Tiga Fasa A dengan Mode Direct On Line terhadap Waktu pada Keadaan Steady – State.



Gambar 23. Grafik Gelombang Arus terhadap Waktu pada Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa C dengan Direct On Line pada Keadaan Steady-State

4. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, implementasi, pengujian dan analisis yang telah dilakukan maka dapat dibuat kesimpulan sebagai sistem yang menggunakan Altivar 28HU18M2U dan Altivar 12H075M2 memberikan hasil untuk Total Harmonic Distortion (THD) tegangan dan arus.

Referensi

- [1]. F. Nugroho W, M. Facta, dan T. Sukmadi, "Perancangan Modul dan Perbandingan Metode Starting dan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa," *Transient*, vol. 4, no. 1, pp. 58–68, 2015.
- [2]. Bruce, Frank M., Square D Company, Graefe, Richard J., Lutz, Arthur, Panlener, Michael D. "Reduced-Voltage Starting of Squirrel Cage Induction Motors" *IEEE Transactions on Industry Applications*, Volum e: IA-20, Januari, 1984.
- [3]. Yuan Youxin, Wuhan, Xia Zezhong, Wang Yalan, Yuan Peigang, "A Soft Starter of Three Phase Asynchronous Motor", *IEEE Power Electronics Specialists Conference*, June, 2007.
- [4]. R. Fakhrizal, "Aplikasi Programmable Logic Controller (PLC) Pada Pengasutan dan Proteksi Bintang (Y) - Segitiga (Δ) Motor Induksi Tiga Fasa," Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2007.
- [5]. M. Anantha B P, A. Warsito, dan M. Facta, "Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa," *Transmisi*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2006.
- [6]. D. Haq, M. A. Faiz. "Soft Starting dan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Micromaster 440 Pada Aplikasi Penggerak Blade Mesin Ekstraksi Biji Kapuk", *Transient*, Vol. 4, No. 1, Maret 2015.
- [7]. A. S. Romadhon dan J. R. Baihaqi, "Prototipe Alat Pemilah Jeruk Nipis Menggunakan Sensor Warna TCS)," *Jurnal Ilmiah Mikrotek Vol.1*, No. 4 2015.
- [8]. A.P Yuandha , "Prototype Belt Konveyor Untuk Plant Pengisian Sirup dan Sari Buah Otomatis Berbasis PLC Omron CPMIA," *Transient*, vol. 3, no. 4, Desember 2014.
- [9]. R. Singh, U. S, D. Vijaykumar, dan D. P. Kothari, "Dynamic Braking of Induction Motor - Analysis of Conventional Methods and an Efficient Multistage Braking Model," *Int. Conf. Energy Effic. Technol. Sustain. ICEETS 2013*, hal. 197–206, 2013.
- [10]. Bose, Bimal, *Power Electronics and Motor Drives Advances and Trends*, Academic Press, Tennessee, 2006.
- [11]. Dwi Riyadi, *Soft Starting Pada Motor Induksi 3 Fasa*, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
- [12]. Lister, *Rangkaian dan Mesin Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta,