

Analisis perbandingan arus starting motor induksi 3 fasa

Linda Sartika¹, Abdul Muis Prasetia², Muhammad Allriz Akbar³

e-mail: ¹lindasartika75@gmail.com, ²prasetia.electric@gmail.com, ³mohammadallriz17@gmail.com

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Borneo Tarakan, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 28 Oktober 2024

Direvisi 27 April 2025

Diterbitkan 28 Oktober 2025

Kata kunci:

Direct on line

Motor induksi 3 fasa

Tahanan dalam

Variable speed drive

Wye delta

ABSTRAK

Motor induksi tiga fasa merupakan motor yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dan banyak digunakan pada industri kecil maupun besar sebagai penggerak. Dalam pengoperasiannya, motor induksi tiga fasa memiliki tantangan berupa lonjakan arus yang tinggi saat *starting*, yang dapat menyebabkan penurunan tegangan pada sistem distribusi dan mengganggu peralatan lain yang terhubung. Penelitian ini bertujuan menganalisis perbandingan arus *starting* motor induksi tiga fasa menggunakan empat metode berbeda: DOL, *Wye Delta*, VSD, dan tahanan dalam. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental dengan pengujian langsung pada motor induksi tiga fasa rotor belitan. Parameter yang diukur meliputi arus, tegangan, dan faktor daya saat *starting* dan saat motor beroperasi normal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keempat metode menghasilkan karakteristik arus *starting* yang berbeda: DOL sebesar 1,5 A, *Wye Delta* 0,9 hingga 1,9 A, VSD 1,2 A, dan tahanan dalam sebesar 2 A. Metode *Wye Delta* terbukti paling efektif dalam mengendalikan lonjakan arus saat *starting* karena menggunakan dua konfigurasi yang memungkinkan pengurangan arus secara bertahap. Penelitian ini memberikan rekomendasi pemilihan metode *starting* yang sesuai untuk aplikasi industri dengan mempertimbangkan kebutuhan pengendalian arus awal.

ABSTRACT

Keywords:

3 phase induction motor

Direct on line

Internal resistance

Variable speed drive

Wye delta

*Three-phase induction motors convert electrical energy into mechanical energy and are widely used as prime movers in both small and large industrial applications. During operation, three-phase induction motors face challenges related to high current surges during starting, which can cause voltage drops in distribution systems and disrupt connected equipment. This research aims to analyze and compare the starting current of three-phase induction motors using four different methods: DOL, *Wye Delta*, VSD, and internal resistance. The research methodology was conducted experimentally with direct testing on a wound rotor three-phase induction motor. Parameters measured included current, voltage, and power factor during starting and normal operation. The results show that the four methods produce different starting current characteristics: DOL at 1.5 A, *Wye Delta* at 0.9 to 1.9 A, VSD at 1.2 A, and internal resistance at 2 A. The *Wye Delta* method proved most effective in controlling current surges during starting because it uses two configurations that allow for gradual current reduction. This research provides recommendations for selecting appropriate starting methods for industrial applications by considering initial current control requirements.*

Penulis Korespondensi:

Linda Sartika,

Jurusan Teknik Elektro,

Universitas Borneo Tarakan,

Jl. Amal Lama, Kel. Pantai Amal, Kota Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia.

Email: lindasartika75@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Motor induksi terbagi menjadi dua jenis yaitu motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Prinsip kerja kedua motor ini serupa, yaitu melalui induksi, dimana medan putar pada belitan utama stator memotong batang-batang rotor dan menyebabkan induksi pada rotor. Komponen utama dari motor induksi meliputi bagian yang tidak bergerak (stator), bagian yang bergerak atau berputar (rotor) [1]-[5].

Motor induksi umumnya hanya memerlukan satu sumber daya untuk mengalirkan listrik ke belitan stator, sedangkan belitan rotor tidak terhubung langsung ke sumber tenaga listrik [6]. Sebagai gantinya, belitan rotor diaktifkan melalui induksi yang disebabkan oleh perubahan medan magnet akibat arus pada belitan stator [7], [8]. Motor induksi tiga fasa menjadi pilihan utama di sektor industri karena kemampuannya menghasilkan torsi yang tinggi secara konstan dan efisiensi kerja yang baik. Meskipun memiliki banyak keunggulan, pengoperasian motor induksi tiga fasa menghadapi tantangan signifikan pada saat proses starting. Pada saat dinyalakan, motor dapat menarik arus awal yang sangat tinggi, yakni sekitar 5 hingga 7 kali lipat dari arus nominal [9], [10]. Lonjakan arus ini dapat menyebabkan penurunan tegangan pada sistem distribusi, mengganggu peralatan lain yang terhubung pada jaringan yang sama, menimbulkan tekanan mekanis pada komponen motor, serta mempercepat keausan peralatan secara keseluruhan. Kondisi ini menjadi lebih kritis pada motor berkapasitas besar, karena lonjakan arus dapat melampaui batas kemampuan sistem distribusi listrik yang tersedia.

Terdapat berbagai metode untuk memulai dan mengoperasikan motor induksi, antara lain starting Direct on Line (DOL), starting Wye Delta, starting Variable Speed Drive (VSD), dan starting tahanan dalam [9]-[12]. Starting Direct on Line (DOL), adalah metode starting motor induksi 3 fasa yang digunakan untuk motor dengan kapasitas kecil [13], [15]. Metode ini bekerja dengan menghubungkan motor induksi 3 fasa langsung melalui kontaktor. Saat motor induksi 3 fasa dinyalakan, arus yang ditarik bisa melebihi arus nominal. Dalam rangkaian DOL, motor induksi dihubungkan ke sumber tegangan 3 fasa melalui kontaktor, yang berfungsi untuk memutus dan menyambungkan arus listrik yang mengalir ke motor. Rangkaian ini hanya memerlukan satu kontaktor, sehingga saat motor akan dinyalakan, prosesnya menjadi sederhana.

Starting Wye Delta dapat diterapkan pada motor induksi 3 fasa dengan kapasitas besar. Metode ini bertujuan untuk menghindari lonjakan arus saat memulai motor. Proses starting ini terdiri dari dua konfigurasi pertama motor dihubungkan dalam konfigurasi Wye saat memulai dan kedua motor dihubungkan dalam konfigurasi Delta setelah motor mulai berjalan [9], [16]. Variable speed drive atau VSD adalah perangkat yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor induksi 3 fasa dengan mengontrol frekuensi daya listrik yang disuplai ke motor. Perangkat ini mencakup rectifier, inverter, dan microcontroller.

Metode yang menggunakan tahanan dalam secara otomatis diterapkan untuk mengurangi arus starting pada motor induksi, khususnya rotor belitan, guna mencegah lonjakan arus yang berlebihan saat motor dinyalakan. Prinsip kerjanya adalah dengan mengatur tahanan pada belitan rotor, pertama motor diberikan tahanan maksimum untuk meminimalkan arus yang mengalir, sekaligus meningkatkan faktor kerja motor induksi 3 fasa. Kemudian, tahanan dikurangi secara bertahap hingga mencapai arus nominal, sehingga motor dapat beroperasi pada rpm normalnya [17], [18].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan karakteristik arus starting motor induksi tiga fasa dengan menggunakan keempat metode tersebut. Pengujian dilakukan secara eksperimental dengan parameter dan kondisi uji yang seragam agar diperoleh data yang dapat dibandingkan secara objektif. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah yang kuat dalam memilih metode starting yang paling sesuai dengan kebutuhan industri, terutama dalam hal efisiensi energi, keandalan sistem, dan perlindungan terhadap peralatan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan arus starting pada motor induksi tiga fasa menggunakan empat metode berbeda, yaitu DOL, Wye Delta, VSD, dan tahanan dalam. Setiap metode memiliki karakteristik serta aplikasi yang berbeda dalam dunia industri. Metode DOL dikenal sebagai metode paling sederhana dan umum digunakan, namun menghasilkan lonjakan arus awal yang sangat tinggi. Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, metode Wye Delta, VSD, dan tahanan dalam dikembangkan untuk mengurangi lonjakan arus yang terjadi saat motor mulai beroperasi. Dengan membandingkan keempat metode tersebut secara langsung dalam satu rangkaian pengujian, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang menyeluruh mengenai seberapa baik masing-masing metode dalam mengendalikan arus starting dan menjaga stabilitas parameter kelistrikan motor.

Penelitian ini diawali dengan studi literatur untuk memahami prinsip kerja serta kelebihan dan keterbatasan dari setiap metode starting yang digunakan. Pengujian dilakukan menggunakan motor induksi tiga fasa rotor belitan dengan spesifikasi tegangan nominal 220/380 V, daya 0.5 HP (0.37 kW), frekuensi 50 Hz, dan kecepatan nominal 1400 rpm. Motor tersebut memiliki enam terminal (U1, V1, W1, U2, V2, W2), yang memungkinkan pengoperasian dalam konfigurasi Wye maupun Delta.

Peralatan ukur utama yang digunakan meliputi Digital Power Meter Lutron DW-6090 dengan tingkat akurasi $\pm 1.0\%$ untuk pengukuran tegangan dan arus, serta multimeter analog Sanwa YX-360TRF yang berfungsi sebagai alat ukur pembanding. Pada metode VSD, digunakan inverter dengan kapasitas 0.5 HP yang mampu mengatur frekuensi keluaran dari 0 hingga 400 Hz. Sementara itu, metode tahanan dalam menggunakan resistor variabel dengan rentang tahanan 0–5 Ω dan daya maksimum 100 W yang dihubungkan secara seri ke belitan rotor. Pada metode DOL dan Wye Delta, digunakan kontaktor magnetik berkapasitas 9A untuk mengatur aliran daya menuju motor.

Seluruh rangkaian pengujian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Listrik, Universitas Borneo Tarakan. Pada metode DOL, motor dihubungkan langsung ke sumber tegangan tiga fasa dalam konfigurasi Delta dengan menggunakan satu kontaktor. Pengukuran arus, tegangan, dan faktor daya dilakukan pada saat motor dinyalakan dan setelah mencapai kecepatan nominal. Setiap pengujian diulang sebanyak empat kali untuk meningkatkan reliabilitas data. Metode Wye-Delta dijalankan dengan tiga kontaktor, di mana motor pertama kali dijalankan dalam konfigurasi Wye, kemudian setelah beroperasi selama 1 hingga 2 menit, konfigurasi diubah menjadi Delta, dan pengukuran dilakukan pada kedua kondisi, yaitu saat starting dan saat motor berjalan normal. Untuk metode VSD, inverter dihubungkan antara sumber daya dan motor. Frekuensi diatur pada beberapa nilai, yaitu 20 Hz, 30 Hz, 35 Hz, 40 Hz, dan 50 Hz, dan pengukuran dilakukan setelah motor mencapai kondisi tunak. Pada metode tahanan dalam, resistor variabel dihubungkan ke rotor dan diatur dari nilai tertinggi (3.4Ω), kemudian dikurangi bertahap menjadi 2.3Ω , 1.5Ω , 1Ω , dan terakhir 0.1Ω . Setiap perubahan nilai tahanan diikuti dengan pengukuran parameter kelistrikan.

Fokus utama dalam analisis adalah arus starting, tegangan, faktor daya, dan daya pada berbagai kondisi operasi. Hasil dari setiap metode dianalisis dan dibandingkan untuk menilai kemampuan masing-masing dalam menurunkan lonjakan arus awal serta mempertahankan kestabilan sistem selama proses starting hingga motor mencapai kecepatan nominal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini menggunakan motor induksi 3 fasa rotor belitan dengan perbandingan empat metode yaitu *Direct on Line* (DOL), *Wye Delta*, *Variable Speed Drive* (VSD) dan terakhir dengan metode tahanan dalam.

3.1 Direct on line

Metode dengan *starting* DOL adalah pada saat motor dijalankan dengan penuh atau dengan tegangan sumber yang besar yang dialirkan pada motor. *Starting* ini biasa disebut juga hubung langsung melalui suplai 3 fasa dan menarik arus beban penuh motor. *Starting* ini digunakan dalam keadaan ketika arus motor yang tinggi tidak menyebabkan penurunan tegangan yang berlebihan pada rangkaian.

Pada Tabel 1 peneliti melakukan pengukuran dengan metode DOL ini dimana dihasilkan arus sebesar 1,5 A. Pada metode ini tidak diberi beban jika pada saat dijalankan diberi beban arus bisa lebih tinggi karena motor memerlukan torsi awal yang tinggi untuk bisa melawan inersianya. Dari pengukuran tersebut dilakukan perhitungan mencari nilai daya aktif (P) pada motor dengan mengalikan nilai tegangan (V) dengan nilai arus *starting*nya (A) dan $\sqrt{3}$ sehingga didapatkan hasil seperti pada Persamaan (1), setelah nilai daya didapatkan selanjutnya peneliti melakukan perhitungan pada arus *starting* dengan membagi nilai daya (P) dengan tegangan (V) dan juga faktor dayanya ($\cos\varphi$) maka dihasilkan nilai arus *starting*nya seperti pada Persamaan (2).

Tabel 1. Pengukuran DOL

Tegangan (V)	Arus (A)	Cos (φ)
231,7	1,508	0,17

$$P = V \times I \times \cos\varphi \times \sqrt{3} \quad (1)$$

$$P = 231,7 \times 1,5 \times 0,17 \times \sqrt{3}$$

$$P = 102,34 \text{ Watt}$$

$$I_s = \frac{P}{V \times \cos\varphi \times \sqrt{3}} \quad (2)$$

$$I_s = \frac{102,34}{231,7 \times 0,17 \times \sqrt{3}}$$

$$I_s = 1,5 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan nilai arus sama dengan pengukuran 1,5 A sementara nilai daya aktif dari hasil Persamaan (1) dengan mengalikan hasil pengukuran tegangan (V), arus (A) dan faktor daya ($\cos\varphi$) maka dihasilkan nilai daya aktif pada perhitungan diatas. Sementara pada Tabel 2 dimana adalah kondisi motor saat

sudah berputar pada rpm normal dengan nilai arus dan juga tegangan stabil sebesar 1,4 A tegangan sebesar 231 V.

Tabel 2. Pengukuran *running* DOL

Tegangan (V)	Arus (A)
231,7	1,4
231,8	1,4
231,7	1,4
231,6	1,4

3.2 Wye Delta

Pengujian kedua dengan metode *starting Wye Delta*. Saat pengujian motor induksi 3 fasa menggunakan dua konfigurasi untuk konfigurasi *Wye* digunakan pada saat motor *starting* dan untuk konfigurasi *Delta* pada saat *running* nya. Motor induksi 3 fasa ini memiliki enam kabel dan tiga kabel untuk masukan tiga lainnya untuk keluarannya. Untuk masukannya biasa diberi nama U1, V1, W1 dan keluarannya diberi nama U2, V2, W2.

Peneliti melakukan dua konfigurasi pertama motor terhubung *Wye* setelahnya konfigurasi diubah menjadi *Delta* setelah itu peneliti melakukan pengukuran dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 3. Setelah melakukan pengukuran peneliti melanjutkan dengan menghitung nilai daya aktif (P) dan juga nilai arus *startingnya* (A) dengan melakukan persamaan yang sama seperti pada Persamaan (1) dan (2) sehingga didapatkan nilai perhitungannya. Setelah nilai arus didapatkan maka peneliti melakukan pengukuran tahanan (Ω) pada stator pada konfigurasi *Wye* sebesar 28Ω , dari nilai tahanan tersebut maka peneliti melakukan perhitungan untuk menghitung nilai tahanan pada konfigurasi *Delta* dengan menggunakan persamaan (3).

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 \times R_2 \times R_3}$$

$$R = \frac{28 \times 28}{28 + 28 + 28}$$

$$R = 9,33 \Omega$$
(3)

Tabel 3. Pengukuran *Wye Delta*

Konfigurasi	Tegangan (V)	Arus (A)	Cos (ϕ)
<i>Wye</i>	185,5	0,94	0,59
<i>Delta</i>	192,1	1,98	0,35

Tabel 4 Pengukuran *running* *Wye Delta*

Tegangan (V)	Arus (A)
232,2	1,4
233,4	0,4
233,4	0,4

Setelah itu motor berputar selama 1 sampai 2 menit pada kecepatan normalnya didapatkan hasil pengukuran seperti pada Tabel 4 dimana kondisi *running* dengan dua konfigurasi pada saat konfigurasi *Wye* arus yang dihasilkan 0,4 A dan pada saat kondisi *Delta* 1,4 A sementara nilai tegangan stabil.

3.3 Variable Speed drive

Variable speed drive atau VSD ini digunakan untuk mengatur frekuensi dan juga tegangan dengan alat yang dinamakan *inverter*. Dengan begitu kecepatan motor dapat diatur dengan merubah frekuensinya. Dimulai dari frekuensi terkecil sampai frekuensi nominalnya hingga motor akan mengalami putaran yang lebih halus dan stabil.

Tabel 5. Pengukuran VSD

Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	Cos (ϕ)
20	129,4	1,24	0,2
30	149,4	1,25	0,184
35	169,7	1,28	0,188
40	188,2	1,29	0,168

Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	Cos (ϕ)
50	224,3	1,3	0,152

Dari pengukuran Tabel 5 peneliti menggunakan frekuensi yang berbeda dari 20 hingga 50 Hz atau pada frekuensi nominalnya setelah itu dilakukan perhitungan. Peneliti menggunakan persamaan rumus untuk menghitung nilai tegangan maksimalnya (V_m) nilai tegangan puncak (V_{rms}) adalah nilai tegangan yang dimasukkan pada rangkaian sebesar 220 Vac, setelah itu dikalikan dengan konstanta ($\sqrt{2}$). Untuk menghitung nilai tegangan bolak-balik (AC) menjadi searah (DC) digunakan persamaan (4) dan (5).

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} V_m &= V_{rms} \times \sqrt{2} \\ V_m &= 220 \text{ Vac} \times \sqrt{2} \\ V_m &= 311,13 \text{ Vdc} \end{aligned} \quad (5)$$

Setelah itu peneliti menggunakan persamaan (6) untuk menghasilkan nilai periode (T) nilai tersebut didapatkan dari hasil pembagi nilai 1 dengan frekuensi (F) nilai 1 dihasilkan dari persamaan (7) maka didapat nilai 1(n). Untuk mendapatkan nilai tersebut dengan cara mengalikan nilai frekuensi (F) dengan nilai periode (T).

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{F} \\ T &= \frac{1}{50} = 0,02 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} n &= F \times T \\ n &= 50 \times \frac{1}{50} = 1 \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} V_{rms} - LN &= \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{2Vdc}{n\Pi \times \sqrt{2}} \times \cos \frac{n\Pi}{6} \\ V_{rms} - LN &= \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{2Vdc}{1 \times 3,14 \times \sqrt{2}} \times \cos \frac{1x3,14}{6} \\ V_{rms} - LN &= 0,45Vdc \times 311,13 = 140 \text{ V} \end{aligned} \quad (8)$$

Pada metode VSD ini peneliti juga menghitung nilai tegangan puncak *Line to Netral* (V_{rms-LN}) untuk mendapatkan nilai tersebut digunakan Persamaan (8) dengan mengalikan nilai tegangan maksimalnya (V_m) maka dihasilkan nilai (V_{rms-LN}) sebesar 140 V. Peneliti melanjutkan perhitungan dengan mencari nilai tegangan puncak *Line to Line* (V_{rms-LL}) untuk mendapat nilai ini dilakukan perhitungan pada persamaan (9).

$$\begin{aligned} V_{rms} - LL &= V_{rms} - LN \times \sqrt{3} \\ V_{rms} - LL &= 140 \times \sqrt{3} = 242,49 \text{ Vac} \end{aligned} \quad (9)$$

Metode VSD ini dimana kita dapat mengatur tegangan maupun frekuensi pada motor induksi 3 fasa. Pada percobaan pertama dengan frekuensi 20Hz arus berkisar 1,24 A sampai pada frekuensi ke 50Hz arus mengalami kenaikan sebesar 1,3 A karena hanya tegangan yang terbagi pada rangkaian sehingga arus yang dihasilkan pada metode ini cukup stabil.

3.4 Tahapan dalam

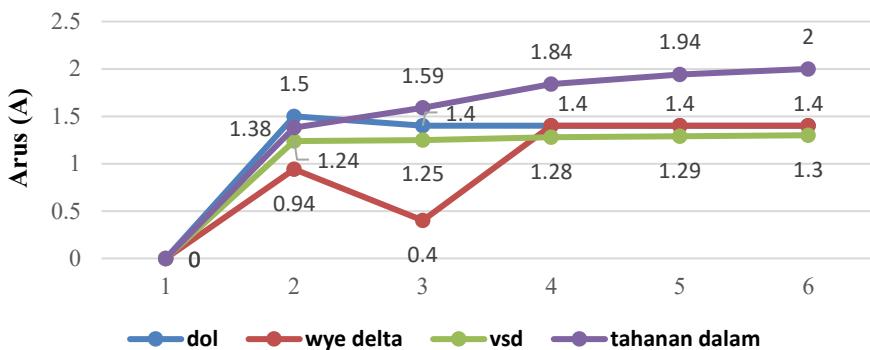
Metode dengan menggunakan tahanan dalam secara otomatis digunakan untuk memperkecil arus *starting* dari motor induksi khususnya rotor belitan agar tidak terjadi lonjakan arus yang berlebihan pada saat motor dijalankan. Prinsip kerjanya adalah dengan mengatur tahanan pada stator dimana pertama motor diberi tahanan maksimum sehingga arus yang mengalir pada motor kecil sekaligus memperbaiki faktor kerja motor

induksi 3 fasa. Selanjutnya tahanan diturunkan bertahap dan arus yang dihasilkan mencapai arus nominal dan motor berputar pada rpm normal.

Tabel 6. Pengukuran Tahanan dalam

Tahanan (Ω)	Tegangan (V)	Arus (A)	Cos (ϕ)
3,4	222,6	1,38	0,271
2,3	220,7	1,59	0,62
1,5	219,2	1,84	0,72
1	218,7	1,94	0,748
0,1	218,2	2	0,764

Pada Tabel 6 peneliti melakukan penambahan tahanan dalam (Ω) dalam rangkaian paralel untuk menurunkan tahanan total rangkaian, yang menyebabkan peningkatan arus dari sumber jika tegangan tetap konstan. Namun, arus spesifik melalui tahanan tambahan akan bergantung pada tahanan individu dari tahanan tersebut. Pengurangan tahanan akan mengurangi resistansi total rangkaian, sehingga arus yang mengalir melalui rangkaian meningkat jika tegangan tetap konstan, tahanan (Ω) digunakan agar motor dapat bekerja atau berputar dengan menurunkan tahanan hingga pada posisi minimum maka motor akan berputar pada rpm normal. Pada percobaan pertama arus yang dihasilkan dengan tahanan dalam sebesar $3,4 \Omega$ didapatkan hasil $1,38 \text{ A}$ setelah itu tahanan mulai diperkecil sampai pada percobaan terakhir dimana tahanan diberi $0,1 \Omega$ dan arus *starting* yang didapatkan mencapai arus nominal pada motor sebesar 2 A . Karena prinsip kerja dari metode tahanan dalam ini dimana motor diberikan tahanan maksimumnya sebesar $3,4 \Omega$, sehingga arus yang dihasilkan kecil dan pada saat tahanan dikecilkan atau dilepaskan maka arus yang dihasilkan akan besar atau mencapai arus nominal pada motor induksi 3 fasa.



Gambar 1. Hasil Pengukuran Starting DOL, Wye Delta, VSD, dan tahanan dalam

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan peneliti dengan menggunakan empat metode maka dihasilkan grafik seperti pada Gambar 1 pada metode DOL arus *starting* sebesar $1,5 \text{ A}$, metode *Wye Delta* menggunakan dua konfigurasi *starting* dengan konfigurasi *Wye* didapatkan hasil $0,94 \text{ A}$ pada saat konfigurasi diubah menjadi *Delta* arus meningkat menjadi $1,98 \text{ A}$, saat menggunakan metode VSD arus sebesar $1,24 \text{ A}$, saat menggunakan metode terakhir yaitu tahanan dalam arus didapatkan sebesar $1,38 \text{ A}$. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada saat *running* arus mulai mengalami kenaikan namun berbeda pada metode *Wye Delta* dimana arus mengalami penurunan secara berkala itu karna pada metode *Wye Delta* ini menggunakan dua konfigurasi pada rangkaianya sehingga dapat mengurangi lonjakan arus pada motor induksi 3 fasa.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa keempat metode starting motor induksi tiga fasa memiliki karakteristik performa yang berbeda dalam merespons lonjakan arus awal. Setiap metode menunjukkan keunggulan dan keterbatasan tertentu yang relevan dengan kondisi aplikasi di lapangan.

Metode DOL yang merupakan metode paling sederhana menghasilkan arus *starting* sebesar $1,5 \text{ A}$. Nilai ini relatif tinggi karena motor langsung dihubungkan ke sumber tegangan tiga fasa tanpa adanya mekanisme pembatas arus awal. Oleh karena itu, metode ini hanya direkomendasikan untuk motor berkapasitas kecil dan pada sistem yang tidak sensitif terhadap lonjakan arus. Pada metode *Wye Delta* arus *starting* saat konfigurasi awal *Wye* tercatat sebesar $0,94 \text{ A}$, dan meningkat menjadi $1,98 \text{ A}$ setelah konfigurasi diubah ke *Delta*. Penurunan arus saat *starting* terjadi karena pada konfigurasi *Wye*, tegangan yang diterapkan ke masing-

masing belitan stator lebih rendah, sehingga arus yang ditarik juga lebih kecil. Metode ini terbukti efektif dalam mengurangi lonjakan arus awal dan cocok diterapkan pada sistem yang memerlukan transisi kecepatan dengan beban sedang. Metode VSD menunjukkan performa arus *starting* yang cukup stabil, berkisar antara 1,2 hingga 1,3 A. Pengaturan frekuensi secara bertahap memungkinkan motor berakselerasi dengan halus hingga mencapai kecepatan nominal. Meskipun metode ini menawarkan kendali yang presisi dan stabilitas tinggi, biaya implementasinya relatif lebih tinggi, sehingga lebih sesuai untuk motor-motor induksi berkapasitas besar atau aplikasi yang membutuhkan pengaturan kecepatan dinamis. Sementara itu, metode tahanan dalam menghasilkan arus *starting* sebesar 1,38 A pada tahanan maksimum ($3,4 \Omega$), dan meningkat menjadi 2 A saat tahanan diturunkan ke $0,1 \Omega$. Metode ini mampu menurunkan arus *starting*, namun seiring penurunan nilai tahanan, arus meningkat dan berpotensi menimbulkan pemanasan berlebih jika digunakan dalam durasi yang lama tanpa pendinginan atau pengaturan lebih lanjut.

Dari keempat metode yang diuji, metode Wye Delta menunjukkan performa paling optimal dalam mengendalikan arus *starting* pada motor induksi tiga fasa. Metode ini menawarkan keseimbangan antara efektivitas dan kemudahan penerapannya, sehingga menjadikannya pilihan yang tepat untuk aplikasi industri yang memerlukan *starting* motor secara berkala dengan perlindungan terhadap lonjakan arus.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Prasetia and H. Santoso, "Implementation of Scalar Control Method for 3 Phase Induction Motor Speed Control," *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocational Education)*, vol. 3, no. 1, pp. 63–69, 2018, doi: 10.21831/elinvo.v3i1.19460.
- [2] D. Novianto, E. Zondra, and H. Yuvendius, "Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Phasa Sebagai Penggerak Vacuum Di PT. Pindo Deli Perawang," *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, vol. 6, no. 2, pp. 73–80, 2022.
- [3] N. O. Sinaga, S. Sunarto, and S. Sudrajat, "Rancang Bangun Direct Online Pembalik Putaran Motor Induksi Putaran Rendah Gearbox," in Proc. Industrial Research Workshop and National Seminar, vol. 15, no. 1, pp. 198–203, Aug. 2024.
- [4] M. A. Sheikh, S. T. Bakhsh, M. Irfan, et al., "A Review to Diagnose Faults Related to Three-Phase Industrial Induction Motors," *J. Fail. Anal. Prev.*, vol. 22, pp. 1546–1557, 2022, doi: 10.1007/s11668-022-01445-2.
- [5] R. Silaen and J. L. Hutabarat, "Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Putaran dan Daya Masuk Motor Induksi Tiga Fasa," *J. ELPOTecs*, vol. 4, no. 1, pp. 1–15, 2021.
- [6] Z. P. Analisis Perbandingan and Z. Pelawi, "Analisis Perbandingan Arus Motor Induksi Rotor Sangkar Dua Kutub Dengan Empat Kutub," *J. Electr. Technol.*, vol. 6, no. 3, pp. 127–135, 2021.
- [7] H. Putranto, M. N. H. Taopik, and S. T. Sujito, *Modul Mesin-Mesin Listrik*. MNC Publishing, 2025.
- [8] R. A. R. Ufun, I. D. P. Karyatanti, and B. Y. Dewantara, "Detection of Stator Winding Short Circuit Faults Through Magnetic Fields in Induction Motors," *JEEE-U*, vol. 5, no. 1, pp. 89–102, 2021.
- [9] F. Umam, S. T. Hairil Budiarto, A. Dafid, and A. Md, *Motor Listrik*. MNC Publishing, 2021.
- [10] N. Sukarma, I. K. Ta, and I. M. Sajayasa, "Comparison of Three Phase Induction Motor Start Using DOL, Star Delta and VSD Altivar61," in *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 1450, no. 1, p. 012045, Feb. 2020, IOP Publishing.
- [11] Y. Siregar, Y. R. O. Siahaan, N. N. B. Mohamed, D. C. Riawan, and M. Yuhendri, "Design of Starting a Three Phase Induction Motor Using Direct On-Line, Variable Frequency Drive, Soft Starting, and Auto Transformer Methods," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 37, no. 2, pp. 700–714, 2025.
- [12] E. B. Emmanuel, O. O. Olusanya, C. B. Fiemobebefa, and G. N. Obiora, "Investigation of the Effect of Star-Delta Starting on AC Induction Motors Efficiency and Power Factor," in *2024 IEEE 5th Int. Conf. Electro-Computing Technologies for Humanity (NIGERCON)*, pp. 1–5, Nov. 2024.
- [13] R. Harahap and K. T. Damayanti, "Analysis of Comparison Between Direct Starting Method (Direct on Line) with Variable Speed Drive (VSD) in Three-Phase Induction Motors," in Proc. Int. Conf. Sci. Technol. UISU, pp. 35–39, Aug. 2024.
- [14] M. A. Satria, S. Safaruddin, and A. D. Andre, "Analisa Sistem Starting DOL (Direct on Line) Pada Motor Listrik PT. Semen Baturaja," *J. Multidisipliner BHARASUMBA*, vol. 1, no. 4, pp. 395–402, 2022.
- [15] M. Arifin and U. Umar, "Analisis Perbandingan Arus Starting Motor Induksi 3 Fasa Rangkaian Star Delta dengan Variable Frequency Drive," *Prosiding Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri*, pp. 189–195, 2021.
- [16] Dani and D. Ervianto, "Studi Perbandingan Arus Start Motor Induksi Sistem Pengasutan DOL dan Star Delta Menggunakan Automation Studio," *J. Indones. Sos. Teknol.*, vol. 4, no. 4, 2023.
- [17] V. N. Meshcheryakov, A. A. Muravyev, A. I. Boikov, and V. V. Pikalov, "The Soft Starting System for an Induction Motor with an Induction Resistance in the Wound Rotor Circuit," in *2019 Int. Multi-Conf. Ind. Eng. Modern Technol. (FarEastCon)*, pp. 1–5, Oct. 2019.
- [18] S. Riyanto and Supriadi, "Analisa Starting Motor Induksi Tiga Fasa 5 HP Menggunakan Metode Hubung Langsung/DOL (Direct On Line) di PDAM Kampung Bugis Tarakan," *Semin. Nas. Ind. Teknol.*, vol. 38, no. 1, pp. 311–318, 2020.