

# ANALISIS PERBANDINGAN ARUS *STARTING* MOTOR INDUKSI 3 FASA RANGKAIAN *STAR DELTA* DENGAN *VARIABLE FREQUENCY DRIVE*

Muhammad Arifin<sup>1</sup>, Umar<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

## Abstrak

*Motor induksi 3 fasa merupakan komponen penggerak yang paling banyak dipergunakan pada dunia industri. Permasalahan yang ada pada motor induksi ialah pada saat start motor, arus starting motor dapat mencapai lima kali sampai tujuh kali dari arus nominalnya. Fenomena melonjaknya arus awal ketika start motor induksi bisa mengakibatkan terjadinya drop tegangan pada pasokan tegangan. penyebab adanya arus starting tinggi pada motor karena motor listrik membutuhkan torsi awal yang besar agar dapat melawan inersianya dan inersia bebannya dari keadaan diam. Tujuan dari penelitian ini diantaranya untuk mengetahui nilai arus starting pada motor induksi 3 fasa ketika menggunakan metode DOL (Direct On Line) rangkaian star delta, variable frequency drive, mengetahui rangkaian yang lebih aman untuk digunakan pada motor induksi agar dampak arus starting nya tidak buruk. Metode penelitian yang akan digunakan dimulai dengan studi literatur, perancangan rangkaian pada motor induksi 3 fasa dengan kapasitas 0,09 kW/0,12 HP, pengambilan data, membandingkan dan menganalisa data yang di peroleh. Hasil dari penelitian ini menunjukkan jika metode DOL memiliki arus starting yang tinggi mencapai 3,16 A, sedangkan metode star delta memiliki arus starting yang lebih halus dari DOL yaitu 1,84 A, dan untuk metode VFD memiliki arus starting yang sangat rendah yaitu maksimal 1,47 A, dari ketiga metode yang telah diteliti maka metode VFD disarankan untuk digunakan namun dengan harga dan perawatan yang mahal.*

**Kata kunci:** *arus starting; motor induksi 3 fasa; direct on line; star delta; variable frequency drive*

## Pendahuluan

Motor induksi tiga fasa adalah alat penggerak yang paling banyak dipergunakan dalam global industri. Hal ini dikarenakan motor induksi memiliki konstruksi yang sederhana, kokoh, harganya cukup murah, dan perawatannya yang praktis, sehingga motor induksi mulai menggeser penggunaan motor DC pada industri. Permasalahan yang pasti pada motor induksi adalah pada saat *start* motor, arus *starting* motor dapat mencapai 5 kali hingga 7 kali dari arus nominalnya. Fenomena melonjaknya arus awal saat *start* motor induksi tersebut dapat mengakibatkan terjadinya drop tegangan pada pasokan tegangan. Pada pengaplikasian motor induksi dengan daya diatas 30 KW dapat menyebabkan penurunan tegangan sistem dan menghambat kerja sistem alat-alat lain yang terhubung pada satu saluran.

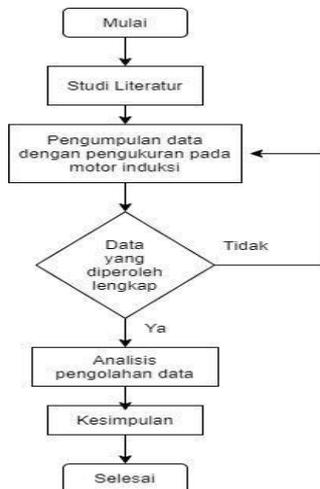
Permasalahan pada motor induksi ialah saat *starting*, motor induksi ini menarik arus yang relatif tinggi (1). Penyebab arus *starting* yang besar ini ialah nilai total impedansi yang kecil dan *Locked Rotor Current* nya (LRC%) yang besar. Metode *starting* motor induksi yang sering dipergunakan ialah DOL (*Direct On Line*). Selain itu, sebab adanya arus *starting* tinggi pada motor karena motor listrik membutuhkan torsi awal yang besar supaya dapat melawan inersianya dan inersia bebannya dari keadaan diam (2). Saat *start* reaktansi rotor tinggi karena slip motor sama dengan satu. Nilai  $R_r/s$  meningkat seiring dengan penurunan slip (3). Ketika *start* motor induksi, reaktansi rotor lebih besar daripada resistansi rotor dan karena rasio  $X_r/R_r$  yang besar, motor membutuhkan arus induktif yang besar.

Ketika motor induksi terhubung ke jaringan sistem yang besar, maka motor induksi tersebut akan menarik arus *start* yang sangat besar dari jaringan sehingga jumlah total arus yang mengalir akan mengakibatkan terjadinya drop tegangan yang bertambah pada jaringan sistem utama (4). Selain itu, dapat menyebabkan gangguan penurunan nilai tegangan pada bus disekitar motor yang dilakukan *start* (5). Masalah motor induksi adalah di awal, di mana motor induksi menarik arus *start* yang cukup besar (6), selain itu arus *starting* yang tinggi bisa dikurangi dengan mempergunakan beberapa metode *starting*, diantaranya metode tahanan depan, metode  $Y-\Delta$ , metode *autotransformer* dan metode *softstarter* (7). Metode *soft starter* yang bisa mengurangi arus *starting* motor secara bertahap yang tidak menimbulkan *thermal stress* pada lilitan motor dan mengurangi kerusakan di peralatan mekanik (8). Arus *start* yang tinggi dapat menyebabkan drop tegangan pada saluran sehingga mengganggu alat lain yang dihubungkan pada satu saluran yang sama (9), kualitas daya semakin meningkat karena fakta bahwa peralatan dalam sistem tenaga jauh lebih sensitif terhadap masalah

kualitas daya dari peralatan seperti motor induksi (10). Dampak dari arus *starting* motor induksi tersebut harus di minimalisir dengan cara melakukan pemilihan metode *starting* motor yang lebih halus, pada penelitian ini akan membandingkan 3 metode *starting* pada motor dengan mengukur arus *starting* masing-masing metode, untuk pengukuran arus menggunakan alat *Clampmeter*. Hasil pengukuran akan di analisa dan menampilkan grafik perbandingan antar 3 metode *starting* motor yang digunakan.

**Metode**

Metode dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Pengerjaan Penelitian

**Alat dan Bahan**

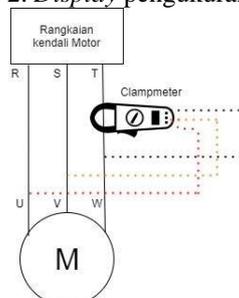
Alat yang dipergunakan dalam menunjang pengambilan data pada motor induksi yaitu *Clampmeter*, kabel *jumper* untuk menunjang alat ukur dalam mengambil data pada motor induksi.

**Metode Pengukuran**

Metode pengukuran ini menggunakan alat *clampmeter* untuk mengukur arus *starting* motor yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Display pengukuran *Clampmeter*



Gambar 3. Metode pengukuran arus *starting*

Pengukuran arus *starting* motor induksi dilakukan seperti gambar 2, rangkaian kendali motor menggunakan rangkaian *star delta*, *variable frequency drive* (VFD), dan ditambahkan rangkaian *Direct On Line* (DOL).

**Pengolahan Data**

Data yang diperoleh dari pengukuran yang dilakukan secara langsung pada motor induksi 3 fasa, kemudian dikelompokkan sesuai dengan rangkaian masing-masing, dan dilanjutkan dengan menampilkan grafik perbandingan antar rangkaian *starting* motor yang digunakan.

**Hasil dan Pembahasan**

Spesifikasi motor dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Spesifikasi Motor Induksi 3 fasa

<b>Daya</b>	0,09 kW/ 0,12 HP
	B3/Foot Mounting
<b>Rpm</b>	4 Pole / 1500 Rpm
<b>Tegangan</b>	220/380 V
<b>Arus</b>	0,16 A
<b>Cosφ</b>	0,85

**Perhitungan Arus Nominal**

$$P = 0,09 \text{ kW} = 90 \text{ W}$$

$$I = \frac{P}{V \times \sqrt{3} \times \cos \phi}$$

$$= \frac{90}{380 \times \sqrt{3} \times 0,85}$$

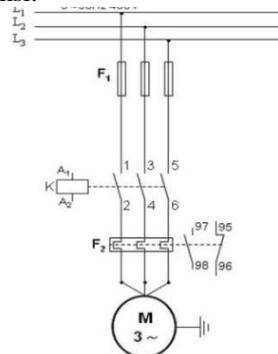
$$= 0,16 \text{ A}$$

(1)

**Hasil Pengukuran**

**Metode *direct on line* (DOL)**

Metode ini menggunakan satu kontaktor untuk menghubungkan dan memutus tegangan, dan satu *push button* sebagai saklar *On* dan *Off* motor induksi.



Gambar 4. Rangkaian DOL

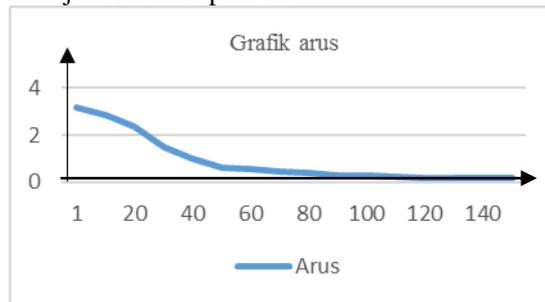
Penelitian ini menambah rangkaian DOL untuk melihat juga perbedaan ketika *starting* motor, rangkaian DOL seperti gambar 4 , rangkaian ini paling sederhana karena langsung menghubungkan motor dengan kontaktor.

Tabel 2. Hasil pengukuran arus *starting* rangkaian DOL

Detik (S)	Arus (A)			RPM
	R	S	T	
1	3,17	3,16	3,17	1442
10	2,82	2,83	2,82	1446
20	2,34	2,33	2,34	1443
30	1,48	1,46	1,48	1445
40	0,98	0,97	0,98	1447
50	0,64	0,63	0,64	1448
60	0,57	0,56	0,57	1447
70	0,46	0,45	0,46	1447
80	0,39	0,38	0,39	1446
90	0,31	0,30	0,31	1447

100	0,27	0,26	0,27	1447
110	0,24	0,23	0,24	1447
120	0,18	0,17	0,18	1446
130	0,17	0,16	0,17	1447
140	0,18	0,17	0,18	1447
150	0,16	0,17	0,16	1446

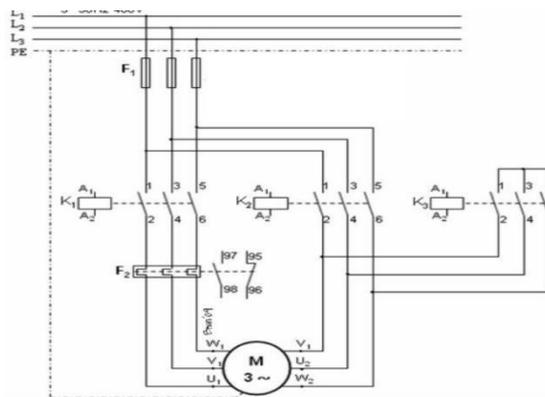
Tabel 2 menunjukkan nilai arus pada tiap fasa R,S,T dengan rangkaian DOL, pada rangkian DOL ini tidak dilakukan penghalusan *starting* motor. Nilai arus pada rangkaian ini mencapai 3,17 A tiap fasanya, ini menunjukkan jika arus *starting* motor melebihi dari arus nominal motor yaitu 0,16 A. Hal tersebut jika dibiarkan dapat merusak peralatan lain dan membuat motor tersebut menjadi berumur pendek.



Gambar 5. Grafik arus *starting* DOL

Pertama kali motor dinyalakan, arus pada motor melonjak mencapai 3,17 A tiap fasa seperti pada gambar 5, ketika motor menyala secara berkala atau setiap detik arus motor mengalami penurunan sedikit demi sedikit dan kembali normal (arus nominal) pada detik ke 150.

**Metode *star – delta* otomatis**



Gambar 6. Rangkaian *Star Delta*

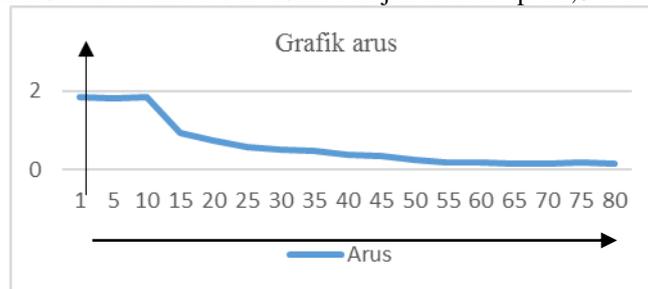
Rangkaian *star delta* digunakan untuk mengurangi arus *starting* pada motor 3 fasa, saat pertama kali dinyalakan sumber tegangan akan terhubung secara *star* terlebih dahulu karena tegangan melewati dua lilitan rangkaian *star*, sehingga lonjakan arus dapat dikurangi, setelah motor berputar selama 10 detik, rangkaian akan berpindah secara *delta* dan motor dapat beroperasi dengan normal seperti pada gambar 6.

Tabel 3. Hasil Pengukuran arus *staring Star-Delta* Otomatis

Detik(S)	Arus (A)			RPM
	R	S	T	
1	1,84	1,83	1,84	1442
5	1,82	1,83	1,82	1446
10	1,83	1,84	1,83	1443
15	0,93	0,92	0,93	1445
20	0,75	0,74	0,75	1447
25	0,58	0,56	0,58	1448
30	0,53	0,54	0,53	1447
35	0,48	0,47	0,48	1447
40	0,39	0,37	0,39	1446
45	0,34	0,33	0,34	1447

50	0,26	0,25	0,26	1447
55	0,20	0,21	0,20	1447
60	0,18	0,17	0,18	1447
65	0,17	0,16	0,17	1447
70	0,17	0,17	0,17	1447
75	0,18	0,18	0,18	1447
80	0,16	0,16	0,17	1447

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran arus tiap fasa R,S,T dengan rangkaian *star delta* otomatis. Ketika 10 detik awal rangkaian akan terhubung dengan sambungan *star*, setelah itu akan berpindah dan terhubung *delta*. Pada rangkaian *star delta* otomatis ini arus lonjakan motor dapat diturunkan dibandingkan dengan rangkaian DOL, pada rangkaian *star delta* ini arus maksimal lonjakan mencapai 1,84 A.

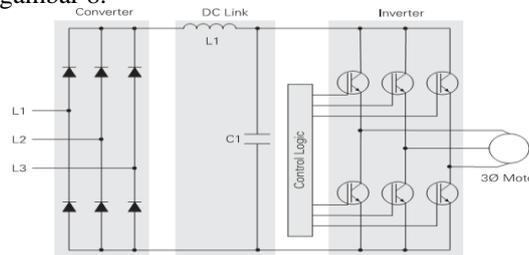


Gambar 7. Grafik arus *starting star delta* otomatis

Gambar 7 menunjukkan grafik arus *starting* rangkaian *star delta* otomatis, saat 10 detik awal motor 3 fasa akan terhubung dengan rangkaian *star*, setelah 10 detik motor akan terhubung dengan rangkaian *delta*, arus kemudian menjadi turun kembali ke arus nominal pada detik ke 80 motor berputar dengan normal. Hasil tersebut membuktikan jika rangkaian *star delta* dapat menurunkan lonjakan arus dibandingkan dengan rangkaian DOL.

**Metode VFD (*variable frequency drive*)**

Metode ini menggunakan komponen VFD, dimana VFD bekerja dengan mengatur *input* frekuensi yang masuk pada motor Induksi seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian VFD

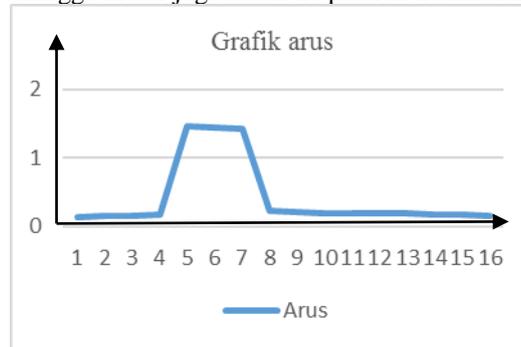
Rangkaian ini VFD menggunakan *konverter*, dan *inverter*. *Konverter* akan mengubah tegangan AC 3 fasa menjadi tegangan DC, dan tegangan DC akan dihaluskan oleh induktor dan kapasitor. *Inverter* mengubah tegangan DC kembalimenjadi AC 3 fasa untuk menghidupkan dan mengatur kecepatan motor induksi.

Tabel 3. Data pengukuran arus *starting* VFD

Detik (S)	Arus (A)			RPM
	R	S	T	
1	0,14	0,13	0,14	144
2	0,15	0,14	0,15	286
3	0,15	0,14	0,15	443
4	0,17	0,18	0,17	580
5	1,47	1,46	1,47	763
6	1,45	1,46	1,45	895
7	1,42	1,43	1,42	1040
8	0,22	0,21	0,22	1483
9	0,21	0,22	0,21	1484
10	0,19	0,20	0,19	1485
11	0,19	0,18	0,19	1484
12	0,20	0,20	0,20	1485
13	0,19	0,18	0,19	1484
14	0,18	0,19	0,18	1485

15	0,18	0,19	0,18	1485
16	0,16	0,17	0,16	1485

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran arus tiap fasa R,S,T dengan metode VFD. hasil pengukuran arus *starting* menunjukkan jika lonjakan arus sangat halus atau arus berbanding lurus dengan kecepatan motor, dibanding dengan dua metode sebelumnya yaitu DOL dan *star delta*. Ini dikarenakan pada metode VFD saat pertama kali motor beroperasi frekuensi yang di gunakan mulai dari frekuensi rendah dan akan di naikan pelan-pelan dan didetik ke 8 frekuensi sudah mencapai 50 Hz sehingga motor juga sudah ke putaran nominal motor



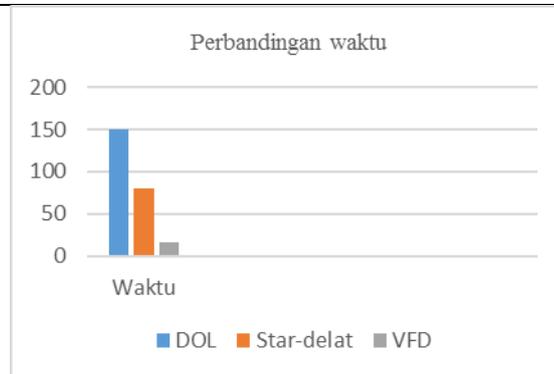
Gambar 9. Grafik arus *starting* VFD

Gambar 9 menunjukkan grafik arus *starting* dari metode VFD, grafik arus menunjukkan ketika detik 4 s.d 8 mengalami peningkatan, hal ini menunjukkan jika lonjakan arus ketika menggunakan metode ini lebih halus. Hasil tersebut berbeda dengan 2 metode sebelumnya yaitu metode DOL dan *star delta*, dari kedua metode tersebut masih mengalami lonjakan arus yang tinggi.

Lonjakan arus atau *starting* motor yang tinggi pada motor dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen lain, dan membuat umur dari motor itu sendiri menjadi pendek, dari penggunaan 3 metode diatas, dapat dikatakan jika metode VFD direkomendasikan untuk mengurangi lonjakan arus atau arus *starting* pada motor induksi supaya menjaga umur motor menjadi lebih panjang dan mengamankan komponen lain dalam instalasi listrik.

Tabel. 4 Perbandingan waktu mencapai arus nominal

	DOL (S)	Star-Delta (S)	VFD (S)
Waktu mencapai arus nominal	150	80	16



Gambar 10. Perbandingan waktu pada tiga metode

Table 4 dan Gambar 10 menunjukkan perbandingan waktu dari 3 metode yang digunakan, metode DOL membutuhkan waktu 150 detik untuk mencapai arus nominal motor yaitu 0,16 A, metode *star-delta* membutuhkan waktu 80 detik untuk mencapai arus nominal, dan metode VFD membutuhkan waktu 16 detik untuk mencapai arus nominal, dari tiga metode tersebut, metode VFD dapat disimpulkan juga mampu lebih cepat mencapai arus nominal dibanding dengandua metode yang lain.

**Kesimpulan**

Hasil dari pembahasan mengenai arus *starting* pada motor induksi diatas, makabisa disimpulkan:

1. Arus *starting* saat menggunakan metode DOL (*Direct On Line*) bisa mencapai 5-9 kali arus nominal motor, *starting* dengan menggunakan metode ini sebaiknya tidak digunakan, karena dapat membuat motor cepat rusak, dampak ini akan sangat terasa pada motor induksi dengan kapasitas diatas 30 Kw
2. Arus *starting* menggunakan metode *star delta* berhasil menurunkan lonjakan arus dari metode DOL yang sebelumnya mencapai 1,84 A berhasil turun menjadi 0,16 A, metode ini bisa untuk diterapkan karena harganya yang relatif murah dan perawatan yang relatif mudah.
3. Arus *starting* menggunakan metode VFD (*Variable Frequency Drive*) arus lonjakannya sangat kecil

dimulai dari 0,13 A sampai 1,47 A, metode ini bisa digunakan pada motor induksi namun harga dan perawatannya cukup mahal.

#### Daftar Pustaka

1. Ghufran, A., Nrartha, I. M. A., & Nababan S. Analisis Soft Starting Menggunakan Anti Paralel Scr Untuk Motor. 2020;
2. Grover, S., & Mankar MM. Minimization of Starting Torque and Inrush Current of Induction Motor by Different Starting Methods using MATLABSIMULINK. *Int J Trend Sci Res Dev.* 2019;3(3):646–651.
3. Deraz, S. A., & Azazi HZ. Current limiting soft starter for three phase induction motor drive system using PWM AC chopper. *IET Power Electron.* 2017;10(11):1298–1306.
4. Cao, Z., Shi, J., & Fan B. Induction motor pre-excitation starting based on vector control with flux linkage deviation decoupling. 2021;728–743. Available from: <https://doi.org/10.21595/jve.2020.21635>
5. Xie, Y., Pi, C., & Li Z. Study on design and vibration reduction optimization of high starting torque induction motor. *Energies [Internet].* 2019;12(7). Available from: <https://doi.org/10.3390/en12071263>
6. Juliana, Nanda ASS. Analisa Starting Motor Induksi 3 Fasa Motor Fc-Pm-21 A Dan Motor Cooling Tower 2210 Jcm/Jdm Di PT. Pertamina Refinery Unit III Plaju-Sungai Gerong Palembang. 2018;
7. Winarto, Febrian Nugroho, E. D<sup>o</sup>. Perancangan Modul Dan Perbandingan Metode Starting Dan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa. *Transient J Ilm Tek Elektro.* 2015;4(1):58–68.
8. Falah F. Analisa Perbandingan Starting Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Metode Pengasutan Dol (Direct Online) Dengan Metode Pengasutan Soft Starter Pada Motor Belt Conveyor.
9. Imamudin TN. Implementasi Metode Soft Starting Pada Motor Induksi 3 Fasa.
10. Pullawar, Pallavi V. and VGN. Characterization of Voltage Sag Due to Faults and Induction Motor Starting. *Int Conf Energy, Commun Data Anal Soft Comput.* 2017;