

# Analisis Arus Starting Motor Induksi 3 Fasa Berkapasitas 3,7 kW

Jonathan Karla, Syahrrial

Institut Teknologi Nasional Bandung

Email : :jonathangultom96@itenas.ac.id

Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

## ABSTRAK

*Secara umum, motor induksi 3 fasa bekerja apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan stator dan memanfaatkan perbedaan fasa sumber untuk menimbulkan gaya putar dengan kecepatan. Pada percobaan starting menggunakan rangkaian delta, untuk mengetahui arus starting pada motor, dimana arus starting pada percobaan bernilai 2,26 dengan arus nominal 3 A pada rangkaian delta yang menunjukkan bahwa arus starting yang dibutuhkan motor pada percobaan bernilai lebih lebih besar dari arus nominal, arus starting pada hubungan delta besar dikarenakan rangkaian ini duhubungkan ke jala-jala fasa- fasa, sedangkan arus hubungan binatang kecil karena menggunakan fasa- netral. Kondisi arus starting yang besar akan menyebabkan dip tegangan yang akan mengganggu kinerja dari peralatan-peralatan listrik. untuk motor induksi 3 Fasa dengan daya 5 Hp, besarnya drop tegangan yang terjadi adalah 35,15 V. Nilai tegangan yang mencapai nilai 344,85 V, atau berkisar 13% dari tegangan normal, menyebabkan kedip tegangan terjadi.*

**Kata kunci:** motor induksi 3 fasa, kedip tegangan, metode starting, tegangan jatuh

## ABSTRACT

*In general, a 3-phase induction motor works when a 3-phase voltage source is attached to the stator coil and takes advantage of the phase difference of the source to generate a rotating force with speed. In the starting experiment using a delta circuit, to determine the starting current of the motor, where the starting current in the experiment is 2.26 with a nominal current of 3 A in the delta circuit which indicates that the starting current required by the motor in the experiment is greater than the nominal current, the current required by the motor in the experiment is greater than the nominal current. starting on a large delta connection because this circuit is connected to the phase-phase grid, while the animal connection current is small because it uses phase-neutral. The condition of a large starting current will cause a voltage dip which will interfere with the performance of electrical equipment. for a 3-phase induction motor with a power of 5 HP, the magnitude of the voltage drop that occurs is 35.15 V. The voltage value that reaches a value of 344.85 V, or around 13% of the normal voltage, causes a voltage flicker to occur.*

**Keywords:** three-phase induction motor, voltage sag, starting method, voltage drop

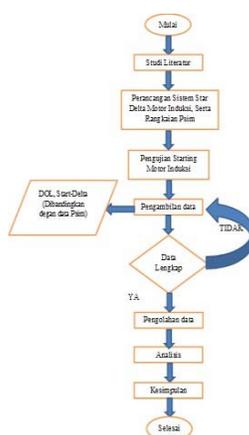
## 1. PENDAHULUAN

Salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan kedip tegangan (voltage sags). Gangguan ini merupakan gangguan transien pada sistem tenaga listrik, yaitu kenaikan atau penurunan tegangan sesaat (selama beberapa detik) pada jaringan system (**Tawarno, 2018**). Kedip Tegangan tidak dapat dihindari dengan pasti, sehingga perlu dilakukan antisipasi apabila terjadi kedip tegangan pada sisi sumber agar tidak mengakibatkan terganggunya tegangan pada sisi beban (**Dwipayana, Rinas, & Suartika, 2016**). Suatu Sistem tenaga listrik dikatakan memiliki tingkat keandalan yang tinggi apabila sistem tersebut mampu menyediakan pasokan energi listrik yang dibutuhkan oleh konsumen secara kontinyu dan dengan kualitas daya yang baik dari segi fluktuasi tegangan maupun frekuensinya (**Tawarno, 2018**)

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Metodologi Perencanaan

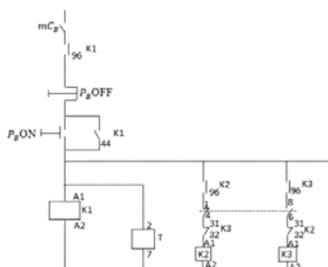
Dalam proses penyusunan laporan penelitian mengenai "Analisis Kedip Tegangan Akibat Pengasutan Motor Induksi". Penulis melakukan studi literatur, perancangan sistem *star delta* motor induksi, pengujian starting motor induksi, pengambilan data, dan hasil pembahasannya dan kesimpulan serta langkah-langkah sistematis yang disusun dalam suatu metodologi penelitian. Adapun metodologi penelitian penyusunan laporan penelitian ini dijelaskan pada diagram air sebagai berikut :



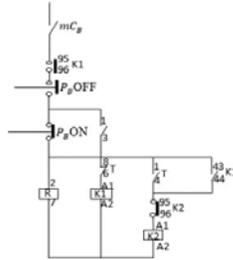
Gambar 1. Flow Chart Metodologi Penelitian

### 2.2 Perancangan Sistem Starting Motor Induksi

Gambar 2 menunjukkan rangkaian DOL tersebut merupakan hasil dari *wiring* diagram yang diaplikasikan ke MS.Word yang nantinya digunakan pada percobaan di laboratorium.



Gambar 2. Rangkaian Kontrol DOL

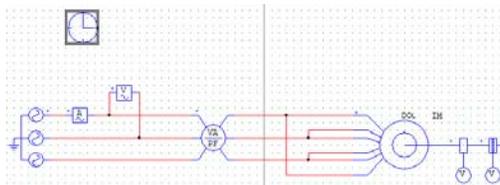


**Gambar 3. Rangkaian Kontrol Star Delta**

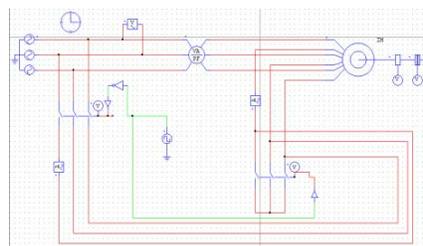
Gambar 3 menunjukkan rangkaian ini sebagai finalisasi wiring diagram rangkaian *Star- Delta*.

### 2.3 Perancangan Sistem Rangkaian Psim

Gambar 4 dan Gambar 5 dibawah ini menunjukkan rangkain DOL yang disimulasikan pada Psim dan rangkaian *Star Delta* yang disimulasikan pada Psim.



**Gambar 4. Rangkaian DOL Pada Psim**



**Gambar 5. Rangkaian *Star Delta* Pada Psim**

## 3. HASIL DAN ANALISIS

### 3.1 Data Pengukuran Tegangan Jatuh Pada Motor Induksi

Dari tabel 1 didapatkan dari data Motor Induksi 3 Fasa yang berada di Laboratium Praktikum Teknik Tegangan Tinggi berdasarkan modul praktikum desain sistem 3, Teknik Elektro Itenas

**Tabel 1. Data Motor Induksi 3 Fasa**

Besaran	Nilai
Tegangan	230/380 V
Daya (HP)	5 HP
Daya (kW)	3,7 k W
Kutub	4
Putaran	1440 rpm

$$S_{start} = HP \times Code Letter Factor$$

(1)

$$I_{nominal} = \frac{3,7kW}{(\sqrt{3} \times 380)} = 5,62 A \tag{2}$$

$$V_{drop} = \frac{3,7 kW}{\sqrt{3} \times 60,77 A} = 35,15 V$$

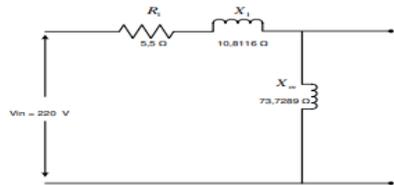
$$V_{sistem} = 380 - 35,15 = 344,85 V$$

**Tabel 2. Data Perhitungan Tegangan Jatuh**

S <sub>start</sub>	I <sub>start</sub>	I <sub>nominal</sub>	V <sub>dro[</sub>	V <sub>sistem</sub>
40 kVA	60,77 A	5,62 A	35,15 V	344,85 V

Berdasarkan **Tabel 2** nilai tegangan yang mencapai nilai 344,85 V, atau berkisar 13% dari tegangan normal, menyebabkan keding tegangan terjadi.

**3.2 Pengambilan Data Starting Motor Dengan Menggunakan Metode Pengasutan**  
 Dari **Tabel 3** data hasil percobaan DOL mendapatkan nilai tegangan input sebesar 220 Volt, tegangan stator sebesar 220 volt serta arus 3,2 Ampere, sebagaimana ditunjukkan oleh **Gambar 6**.



**Gambar 6. Rangkaian Thevenin Untuk Percobaan Pengasutan DOL (Simbolon, 2014)**

**Tabel 3. Data Hasil Percobaan Direct On Line (DOL)**

V <sub>in</sub> (Volt)	V <sub>stator</sub> (Volt)	I (Ampere)
220	220	3,2

- Tegangan Thevenin

$$|V_{th}| = \frac{V_{in}}{\sqrt{3}} \left( \frac{X_m}{\sqrt{R_1^2 + j(X_1 + X_m)^2}} \right) \tag{3}$$

- Tahanan Ekuivalen

$$Z_{th} = R_e + jX_e = \frac{jX_m(R_1 + jX_1)}{R_1 + j(X_1 + X_m)} \tag{4}$$

Untuk arus (I<sub>start</sub>) :

$$|I_{start}| = \frac{V_{th}}{\sqrt{R_e + R_2 + j(X_e + X_2)^2}} \tag{5}$$

$$V_s = \left( \frac{Z_{ektot} \times V_{th}}{(R_m + R_2) + j(X_m + X_2)} \right) \tag{6}$$

$$\cos \theta \text{ motor} = 0,814$$

$$\sin \theta \text{ motor} = 0,58$$

$$R_m = R_e \times \cos \theta_m$$

$$X_m = X_e \sin \theta_m$$

**Hasil Analisa Percobaan Pengasutan Direct On Line**

$$\%V_{sag} = \left( \frac{V_{sag}}{V_{in}} \times 100 \% \right) - 100\% \tag{7}$$

$$E_{\Delta} = V_{in} \times \frac{R_2' + jX_2'}{(R_1 + jX_1) + (R_2' + jX_2')} \tag{8}$$

$$|I_{normal}| = \frac{E_{\Delta} - V_{th}}{\sqrt{(R_e + R_2)^2 + (X_e + X_2)^2}} \tag{9}$$

**Tabel 4. Data Hasil Perhitungan Percobaan Direct On Line (DOL)**

$V_{th}$	$Z_{th}$	$R_e$	$X_e$	$I_{start}$
110 Volt	-4,165559-j9,69994	-4,165559 $\Omega$	-j9,69994	16,879 A

Dari Tabel 4 dapat disimpulkan jika nilai  $I_{start}$  adalah 16,879 A.

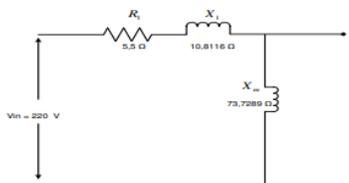
**Tabel 5. Data Hasil Perhitungan Percobaan Direct On Line (DOL)**

$\cos \theta$ motor = <b>0,814</b>	$\sin \theta$ motor = <b>0,58</b>	$V_s$	% $V_{sag}$	$E_{\Delta}$	$I_{normal}$
$R_m$	$X_m$				
-3,39	-5,26 $\Omega$	118,45 Volt	46,159 %	128,0635 $\angle 6,30^\circ$	2,678 A

Dari Tabel 5 dapat disimpulkan jika starting motor induksi sekitar 2,678 x 5  $I_{nom}$  motor induksi.

**Hasil Kedip Tegangan Dengan Metode Pengasutan *Star-Delta***

Dari **Tabel 6** data hasil percobaan Pengasutan *Star Delta* mendapatkan nilai tegangan 110 Volt, 1,16 Ampere untuk *Start* dan, 200 Volt serta 2,26 Ampere untuk *Delta*, sebagaimana ditunjukkan oleh **Gambar 7**.



**Tabel 6. Data Hasil Percobaan *Star-Delta***

	Volt	Ampere
Start	110	1,16
Delta	200	2,26

**Gambar 7. Rangkaian Thevenin Untuk Percobaan Pengasutan *Star-Delta* (Simbolon, 2014)**

**Tabel 7. Data Hasil Percobaan *Star-Delta***

$V_{th}$	$Z_{th}$	$R_e$	$X_e$	$I_{start}$
55,269 Volt	-4,165559-j9,69994	-4,165559 $\Omega$	-j9,69994	8,44 A

Dari Tabel 7 dapat disimpulkan jika nilai  $I_{start}$  adalah 8,44 A.

**Tabel 8. Data Hasil Perhitungan Percobaan *Star-Delta***

$\cos \theta$ motor = <b>0,814</b>	$\sin \theta$ motor = <b>0,58</b>	$V_s$	% $V_{sag}$	$E_Y$	$I_{normal}$
$R_m$	$X_m$				
-3,39	-5,26 $\Omega$	59,233 Volt	70,38 %	6,63 + j7,03	1,28 A

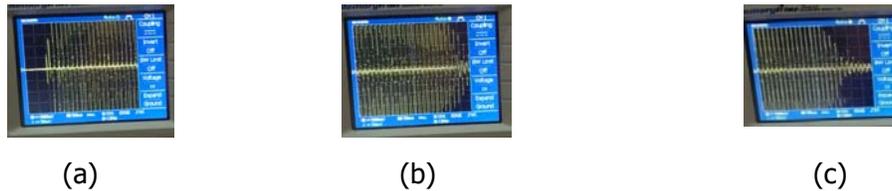
Dari Tabel 8 dapat disimpulkan jika starting motor induksi sekitar 1,28 x 5  $I_{nom}$  motor induksi.

**Hasil Pengujian Arus Starting Motor Induksi**

Dari **Tabel 9** didapatkan dari percobaan *Starting* Motor Induksi di laboratorium yang dimana dari hasil pengujian pada hubungan *delta* ( $\Delta$ ) didapatkan arus *starting* 2,26 A, arus nominal 3 A, fasa netral 110 V, dan fasa-fasa 200 V. Sementara pengujian pada hubungan *star* (Y) – *delta* ( $\Delta$ ) didapatkan arus *starting* 1,16 A, arus nominal 1,5 A, fasa netral 110 V, dan fasa-fasa 200V.

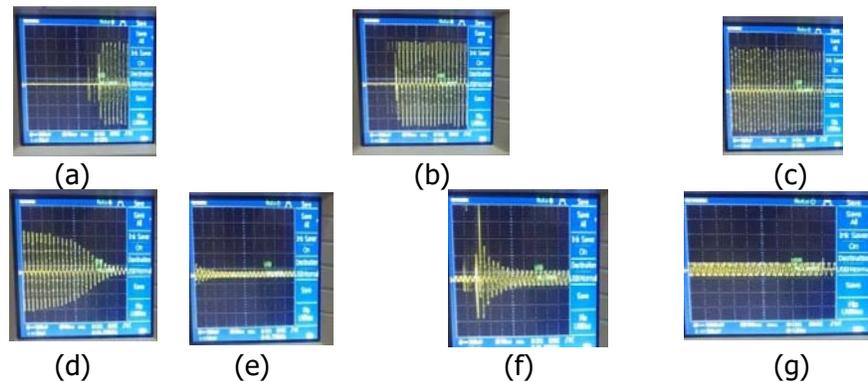
**Tabel 9. Data Pengukuran Starting Motor Induksi**

	<b>Arus Starting (A)</b>	<b>Arus Nominal (A)</b>	<b>Fasa Netral (V)</b>	<b>Fasa-fasa (v)</b>
Hubungan delta ( $\Delta$ )	2,26	<b>3</b>	110	200
Hubungan star (Y)	1,16	1,5	110	200



**Gambar 8. Sinyal DOL pada Oscilloscope**

Dari **Gambar 8** poin a poin (a) dan (b) ditunjukkan bahwa sinyal Dol pada *oscilloscope*, saat *starting* sinyal besar dan beberapa saat akan mengecil hal ini di lihat dari **Gambar 9**.



**Gambar 9. Sinyal Star Delta pada Oscilloscope**

Dari **Gambar 9** ditunjukkan bahwa sinyal pada *oscilloscope* berubah ketika *start* ke *delta* sinyal semakin kecil di tunjukan pada **Gambar 8** bagian (d) , itu menunjukkan bahwa dengan menggunakan *star delta starter* lonjakan arus listrik yang terlalu tinggi bisa dihindarkan.

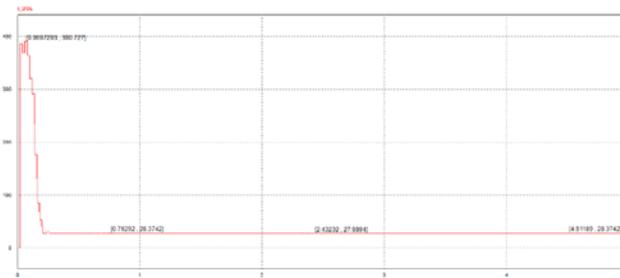
### 3.3 Simulasi Menggunakan Software Psim

Dari **Tabel 10** didapatkan data motor induksi di Psim yang kita tentukan sendiri yang dimana tegangan 380 V, frekuensi 50 Hz, resistansi stator 064 ohm, induktansi stator 2,934 mH, resistansi rotor 0,332 ohm, induktansi rotor 1,231 mH, 4 kutub serta putaran kecepatan 1440 rpm.

**Tabel 10 Data Motor Psim**

<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>
Tegangan	380 V
Frekuensi	50 Hz
Resistansi Stator	0,64 ohm
Induktansi Stator	2,934 mH
Resistansi Rotor	0,332 ohm
Induktansi Rotor	1,231 mH
Kutub	4
Putaran	1440 rpm

**Data DOL pada *Software* Psim**



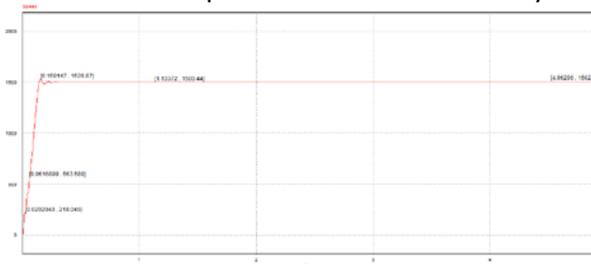
**Gambar 10. Kurva Arus**

Dari **Gambar 10** dapat dilihat bahwa pada saat motor dijalankan (*starting*) nilai arus mencapai 400 A pada waktu 0,1 detik, pengasutan nilai arus hingga kondisi kondisi mantap (*steady state*) dengan beban 0% sebesar 28,37 A pada waktu 1 detik. Peralihan transien pada perubahan beban membutuhkan waktu selama 0,25 detik. Ketika beban 30% pada waktu 1,25 detik nilai arus sebesar 27,89 A, selanjutnya beban dinaikan 30% pada waktu 2,43 detik nilai arus sebesar 27,98 A dan pada beban 90% pada waktu 4,5 detik nilai arus sebesar 28,37 A.



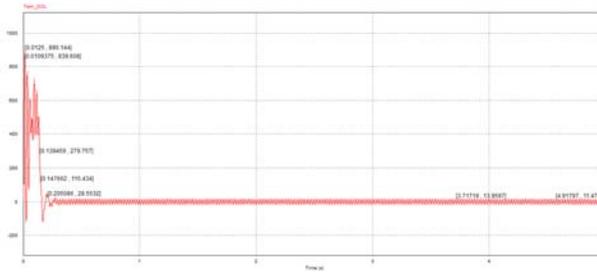
**Gambar 11. Kurva Cos Ø**

Dari **Gambar 11** saat motor dijalankan (*starting*) nilai cos phi mencapai 0,7 Pf pada waktu 0,01 detik, pengasutan nilai daya hingga kondisi mantap (*steady state*) dengan beban 0% sebesar -0.003 Pf pada waktu 0,2 detik. Ketika beban 30% pada waktu 0,28 detik nilai daya sebesar 0,10 Pf dan pada beban 90% pada waktu 5 detik nilai daya sebesar 0,02 Pf.



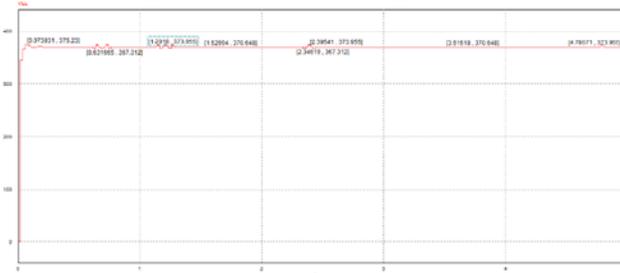
**Gambar 12. Kurva kecepatan**

Dari **Gambar 12** saat motor dijalankan (*starting*) kecepatan putaran motor berubah dari nol mendekati nilai sinkronnya. Kecepatan putar bergerak dari 0 menuju 1528 rpm kondisi mantap (*steady state*) pada waktu 0 sampai 0,159 detik dengan beban 0 %. Saat beban di naikan 30% dengan peralihan transien selama 0.974 detik kecepatan akan menurun sampai 1500 rpm. Dan akan tetap stabil hingga detik ke 5 tetap 1500 rpm.



**Gambar 13. Kurva Torka**

Dari **Gambar 13** saat motor dijalankan (*starting*) torka elektromagnetik mencapai 890,144 N.m pada waktu 0,0125 detik, pengasutan torka elektromagnetik untuk mencapai kondisi mantap (*steady state*) membutuhkan waktu 0,18detik dengan beban 0% dengan torka sebesar 28.55 N.m di 0.20 detik. Dan kemudian akan turun lagi pada detik ke 3,7 dengan torka 13,95 N.m dan akan stabil pada detik ke 5 dengan torka sebesar 11,47 N.m.

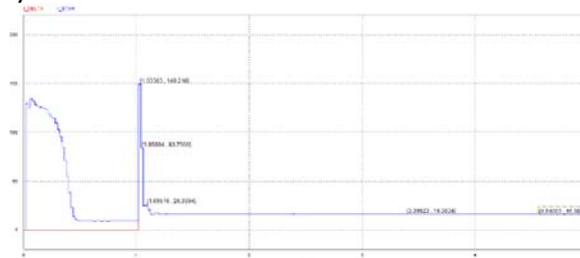


**Gambar 14. Kurva Tegangan**

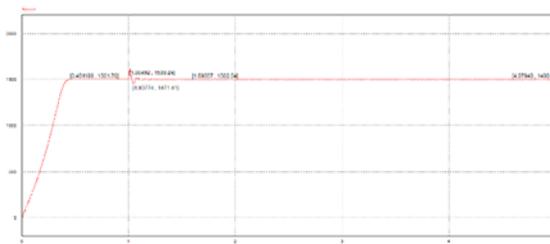
Dari **Gambar 14** saat motor dijalankan (*starting*) tegangan mencapai 375,23 V pada waktu 0,0738 detik, dan akan berubah menjadi 367,31 V pada waktu 0,6316 detik dan akan naik lagih pada detik 1,201 menjadi 375,95 V. kemudian akan stabil lagi di 370,64 V pada detik 1,529, hal ini terjadi berulang-ulang hingga detik ke 5 baru stabil di angka 370,64V.

#### Data Star Delta Pada Software Psim

Dari **Gambar 15** dapat dilihat bahwa pada saat motor dijalankan (*starting*) nilai arus *start-delta* mencapai 149,21 A pada waktu 1,03 detik, pengasutan nilai arus hingga kondisi kondisi mantap (*steady state*) dengan beban 0% sebesar 26,03 A pada waktu 1,09 detik. Peralihan transien pada perubahan beban membutuhkan waktu selama 0,06 detik. Untuk mencapai arus stabil hanya dibutuhkan waktu beberapa detik, yang dapat dilihat arus stabil di 16,3 A hingga detik ke-5 dan seterusnya.



**Gambar 15. Kurva Arus Star Delta**



**Gambar 16. Kurva Kecepatan**

Dari **Gambar 16** saat motor dijalankan (*starting*) kecepatan putaran motor berubah dari nol mendekati nilai sinkronnya. Kecepatan putar bergerak dari 0 menuju 1501rpm kondisi mantap (*steady state*) pada waktu 0 sampai 0,45 detik. Dan Ketika detik 1 kecepatan naik lagi menjadi 1539,24 rpm, tetapi Ketika detik ke 1,037 kecepatan berkurang menjadi 1471 rpm, dan pada detik ke 2 sampai 5 dan seterusnya kecepatan kembali stabil di 1500 rpm.



**Gambar 17. Kurva Cos Ø**

Dari **Gambar 17** saat motor dijalankan (*starting*) nilai cosh phi mencapai 0,8 Pf pada waktu 0,36 detik, pengasutan nilai daya hingga kondisi mantap (*steady state*) dengan beban 0% sebesar 0,02 Pf pada waktu 0,77 detik. Pada waktu 1 detik nilai daya sebesar 1 Pf, selanjutnya pada waktu 1,14 detik nilai daya sebesar 0,69 Pf dan pada waktu 2 hingga 5 detik nilai daya sebesar 0,5 Pf.



**Gambar 18. Kurva Tegangan**

Dari **Gambar 18** saat motor dijalankan (*starting*) tegangan mencapai 375,23 V pada waktu 0.06 detik, dan akan berubah menjadi 370,67 V pada waktu 0,299 detik dan pada detik 0,75 menjadi 367,31 V. kemudian akan naik lagi di 370,64 V pada detik 1.39, hal ini terjadi berulang-ulang hingga detik ke 5 baru stabil di angka 370,64V.



**Gambar 19. Kurva Torka**

Dari **Gambar 19** saat motor dijalankan (*starting*) torka elektromagnetik mencapai 219,32 N.m pada waktu 0,33 detik, pengasutan torka elektromagnetik untuk mencapai kondisi mantap (*steady state*) membutuhkan waktu 0,12detik dengan beban 0% dengan torka sebesar 2,21

N.m. Ketika beban di naikan transien peralihan selama 0,6 detik, sehingga pada waktu 1 detik torka sebesar 679,54 N.m, pada waktu 1,66 detik torka sebesar 30,20 N.m dan saat detik ke5 sebesar 20,49 N.m.

**Tabel 11 Data Pengukuran Psim**

	<b>Arus (A)</b>	<b>Tegangan (V)</b>	<b>CosØ</b>	<b>Torka (N.m)</b>	<b>Kecepatan (rpm)</b>
DOL	28,3	370	0,026	11,47	1500
Starting Delta	16,3	370	0,5	20,49	1500

Dari **Tabel 11** untuk mendapatkan data-data tersebut dilakukan dengan cara simulasi Psim, Sehingga mendapatkan hasil-hasil tersebut, yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan daya pada Psim.

**Tabel 11 Data Percobaan Starting Motor Induksi di Psim**

	<b>I ( Ampere)</b>	<b>V (volt)</b>	<b>PF (Cos Ø )</b>	<b>P (watt)</b>
DOL	28,3	370	0,026 lagg	4,7 K
Starting Delta	16,3	370	0,524 lagg	5,4 K

Dari **Tabel 12**, untuk mendapatkan daya di Dol dan *Starting Delta* digunakan Rumus Perhitungan Daya Pada Psim yang Dimana  $P_{3\phi} = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_L \times \text{Cos } \phi = 4,7 \text{ K}$  untuk DOL dan  $P_{3\phi} = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_L \times \text{Cos } \phi = 5,4 \text{ K}$  untuk *Starting Delta*.

#### 4. KESIMPULAN

Metode *starting* yang tepat adalah dengan menggunakan metode pengasutan *star delta* yang mendapatkan  $V_{sag}$  29,62%. , karena  $V_{sag}$  didapatkan dari pengasutan DOL sebesar 53,84% lebih besar dari pengasutan *Star Delta*. Metode pengasutan *Star Delta* merupakan metode yang terbaik untuk meminimalisir kedip tegangan yang terjadi.

Sebab akibat terjadinya kedip tegangan adalah mengakibatkan rusaknya peralatan-peralatan yang sensitive seperti komputer ataupun motor lain yang sedang bekerja, dapat dilihat, Karena tegangan yang jatuh dari starting motor induksi sebesar 35,15 V, dan tegangan sistem sebesar 344,85 V atau berkisar 13%, sehingga menyebabkan kedip tegangan.

Kedip tegangan dapat diminimalisir dengan menambah kapasitas suplai daya dari pembangkit dan mengurangi arus pengasutan dengan cara menggunakan metode pengasutan, dan metode pengasutan yang tepat adalah pengasutan *Star Delta*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Dwipayana, I. M., Rinas, I. W., & Suartika, I. M. (2016). Analisis Kedip Tegangan Akibat Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang Abang di Karangasem. *Jurnal SPEKTRUM*, Vol. 3, No. 2 Desember 2016.
- Simbolon, S. (2014). *Analisis Kedip Tegangan (Voltage Sag) Akibat Pengasutan Motor Induksi Menggunakan Program Matlab*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Tawarno, & Musyhar, G. (2018). Mereduksi Kedip Tegangan Akibat Pengasutan Motor Induks. *Jurnal Cahaya Bagaskara*, VOL.3 NO.1 Januari 2018.