

ANALISA *STARTING* MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM DI PT MADUBARU YOGYAKARTA

Nur Cahyo Edy Wibowo¹, Wiwik Handajadi², Syafriyudin³

¹Mahasiswa, ²Pembimbing 1, dan ³Pembimbing 2

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Jl. Kalisahak 28 Komplek Balapan Tromol Pos 45 Yogyakarta 55222

Telp. (0274)563029 E-mail : nurcahyoedy@gmail.com

INTISARI

Suatu sistem tenaga listrik dikatakan memiliki tingkat keandalan yang tinggi apabila sistem tersebut mampu menyediakan pasokan energi listrik yang dibutuhkan oleh konsumen secara kontinyu/terus-menerus. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik adalah *starting* motor induksi. *Starting* motor induksi 3 fasa dengan kapasitas 100 HP akan menarik arus yang cukup besar. Arus *starting* yang besar ini dapat mengakibatkan penurunan tegangan sesaat pada saluran sehingga akan mengganggu peralatan lain yang dihubungkan pada saluran yang sama. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan simulasi untuk mengetahui metode *starting* motor induksi yang sesuai.

Dari hasil simulasi program ETAP dan program PSIM, *starting* motor dengan metode DOL, terjadi lonjakan arus sebesar 580% dari FLA (*Full Load Ampere*), dengan arus sebesar 777.2 A. Dengan metode Y-D lonjakan sebesar 200% FLA arus sebesar 268 A. Metode *soft starter* elektronik dengan mengatur sudut picu Thyristor didapatkan arus *starting* sebesar 8 A. Dari hasil simulasi didapatkan metode *starting* motor yang memiliki arus *starting* lebih kecil, yaitu dengan menggunakan metode *soft starting* elektronik diharapkan mampu mengendalikan tegangan dan arus yang masuk kedalam motor secara bertahap sesuai dengan pengaturan yang diinginkan. Dengan demikian masalah *starting* motor induksi tiga fasa dapat segera diatasi.

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan teknologi dalam sistem tenaga listrik, ukuran tingkat kualitas dan keamanan suatu sistem tenaga listrik menjadi faktor tuntutan yang utama. Suatu sistem tenaga listrik dikatakan memiliki tingkat kualitas yang tinggi apabila sistem tersebut mampu menyediakan pasokan energi listrik yang dibutuhkan oleh konsumen secara kontinyu/terus-menerus dan dengan kualitas daya yang baik dari segi regulasi tegangan maupun regulasi frekuensinya.

Kedua faktor tersebut juga berlaku pada sektor industri yang sangat membutuhkan ketersediaan tenaga listrik dengan tingkat keandalan tinggi. Tersedianya penyaluran energi listrik yang kontinyu pada suatu kawasan industri akan menghindarkan perusahaan tersebut dari kerugian atau *loss of production* yang secara finansial akan sangat merugikan perusahaan.

Dalam suatu proses produksi di industri, banyak digunakan motor induksi yang berkapasitas besar dalam

menunjang aktivitas tersebut. Motor induksi biasanya digunakan untuk memutar kompresor atau fan. Namun, terdapat masalah pada motor induksi yaitu pada saat *starting* dengan tegangan penuh.

Arus *starting* yang ditarik oleh motor dapat mencapai 5-7 kali arus nominalnya. Besarnya arus ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan tegangan sesaat yang besar. Penurunan tegangan pada sistem ini akan dapat menyebabkan gangguan pada peralatan lain, terutama peralatan-peralatan yang peka terhadap fluktuasi tegangan. pemilihan metode *starting* motor induksi menjadi penting dalam sebuah instalasi jaringan listrik.

Batasan Masalah

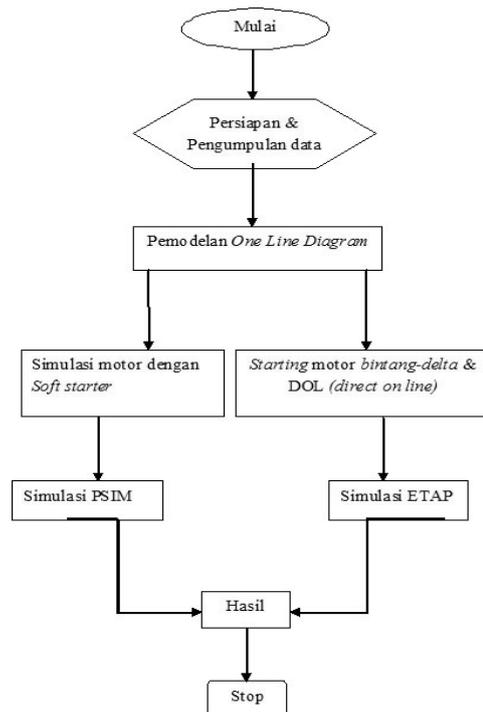
Berdasarkan hal tersebut masalah dibatasi pada :

1. Hanya membahas *starting* motor induksi 3 fasa rotor sangkar,
2. Hanya membahas *starting* DOL, Y/D dan *Soft starting* elektronik
3. Motor induksi 3 fasa yang digunakan pada simulasi dengan kapasitas 100 HP

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan hasil simulasi *starting* motor induksi 3 fasa hubungan *Star-Delta* dan DOL menggunakan program ETAP kemudian simulasi *starting* motor induksi 3 fasa secara elektronik/*soft starting* dalam program PSIM untuk diketahui metode *starting* mana yang memberikan arus *start* yang paling kecil hasil dan lebih efisien.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, penulis melakukan metode simulasi seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Motor yang dipergunakan adalah motor induksi 3 fasa. Merupakan motor jenis rotor sangkar. Berikut data spesifikasi motor tersebut:

Merek	: TATUNG CO
Isolasi	: F
Daya	: 100 HP
Kutub	: 2
Tegangan	: 380 V
Arus	: 134 A
Cos ϕ	: 0.8
Frekuensi	: 50 Hz
Putaran	: 2935 RPM
Tipe Rotor	:Rotor sangkar tupai
Nema Design	: E
Eff	: 91 %

TINJAUAN PUSTAKA

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling luas digunakan khususnya di kalangan industri. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar stator (Zuhul 1991).

Konstruksi motor induksi 3 fasa terdiri dari dua bagian, yaitu: bagian stator

dan bagian rotor. Stator adalah bagian motor yang diam terdiri: badan motor, inti stator, belitan stator, *bearing*, dan terminal hubung. Bagian rotor adalah bagian motor yang berputar, terdiri atas rotor sangkar, dan poros rotor. Konstruksi motor induksi tidak ada bagian rotor yang bersentuhan dengan bagian stator, karena dalam motor induksi tidak ada komutator dan sikat arang.

Kecepatan motor induksi dipengaruhi oleh banyaknya kutub pada statornya dan frekuensi sumber tegangan yang dirumuskan dalam persamaan (2.1)

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p} \dots \dots \dots (2.1)$$

Pada kenyataannya putaran rotor tidak sama dengan kecepatan sinkronnya. Perbedaan kecepatan sinkron dengan kecepatan rotornya disebut Slip (s). Slip dinyatakan dalam persamaan (2.2)

$$Slip (s) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% \dots \dots (2.2)$$

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan besarnya daya yang diperlukan untuk *start* motor :

$$S_{start} = S_{rated} \times Letter Code Factor \dots \dots (2.3)$$

Starting Motor Induksi

Saat motor induksi di *start* secara langsung, arus awal motor besarnya antara 500% s/d 700% dari arus nominal. Ini akan menyebabkan rugi tegangan yang besar pada pasokan tegangan listrik. Untuk motor daya kecil sampai 5 kW, arus *starting* tidak berpengaruh besar terhadap rugi tegangan. Pada motor dengan daya diatas 30 kW sampai dengan 100 kW akan menyebabkan rugi tegangan yang besar dan menurunkan kualitas listrik dan pengaruhnya pada penerangan yang berkedip (*flicker*). (Aditya Bakti: 2010)

Starting motor induksi adalah cara menjalankan pertama kali motor, tujuannya agar arus *starting* kecil dan rugi tegangan masih dalam batas toleransi. Ada

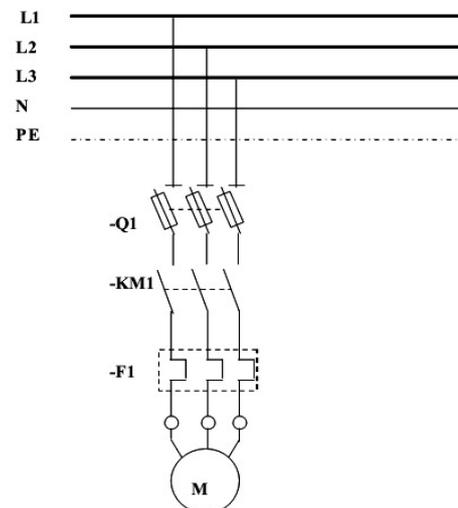
beberapa cara teknik pengasutan, di antaranya:

1. DOL (*Direct On Line*)
2. Y/D (*Start-Delta*)
3. *Soft starting* elektronik

Jenis Starting Motor Induksi

1. *Starting Direct On Line* (DOL)

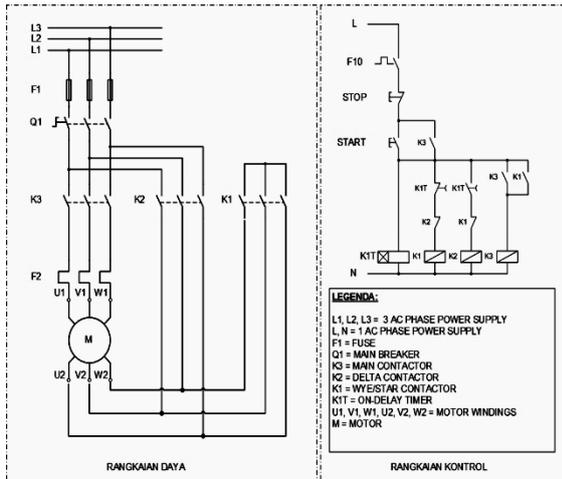
Direct On Line starter merupakan *starting* langsung. motor yang akan dijalankan langsung di *swicth On* ke sumber tegangan jala-jala sesuai dengan besar tegangan nominal motor. Artinya tidak perlu mengatur atau menurunkan tegangan pada saat *starting*. Besar arus *starting* berkisar antara 5-7 kali arus nominal.



Gambar 2. DOL starter

2. *Star-Delta Starter*

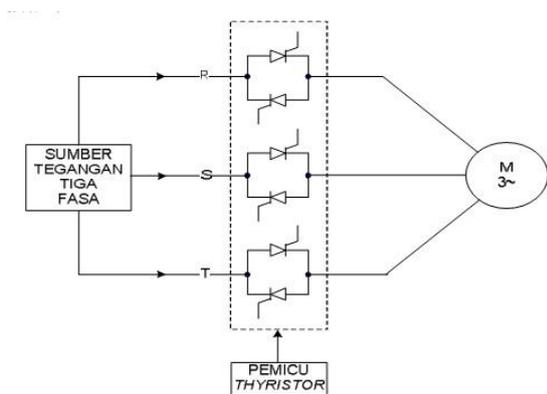
Jenis *starter* ini mengurangi lonjakan arus dan torsi pada saat *start*. Tersusun atas 3 buah *contactor* yaitu *Main Contactor*, *Star Contactor* dan *Delta Contactor*, *Timer* untuk pengalihan dari *Star* ke *Delta* serta sebuah *overload* relay. Pada saat *start*, *starter* terhubung secara *Star*. Gulungan stator hanya menerima tegangan sekitar 0,578 (seper akar tiga) dari tegangan *line*. . Jadi arus dan torsi yang dihasilkan akan lebih kecil dari pada *DOL Starter* (Schneider, 2006).



Gambar 3 Star-Delta starter

3. Pengasutan Soft Starting

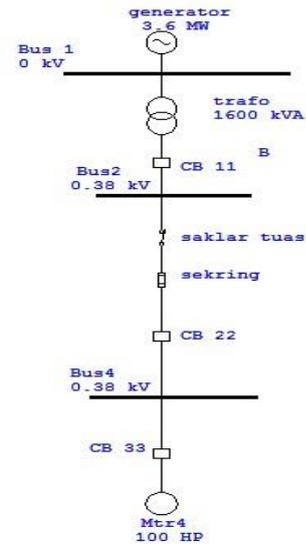
Soft starting adalah suatu cara penurunan tegangan *starting* dari motor induksi. *Soft starting* terdiri dari komponen *thyristor* untuk mengontrol arus yang masuk ke motor, sehingga tegangan akan masuk secara bertahap dan akhirnya sampai tegangan penuh. *Soft starting* bertujuan untuk mendapatkan arus *start* yang terkendali, sehalus mungkin serta terproteksi dan mencapai kecepatan nominal yang konstan sehingga mendapatkan arus *starting* rendah, Pengasutan *soft starting* menggunakan komponen *solid-state*, yaitu enam buah *Thyristor* yang terhubung anti paralel. (Rashid, 1999)



Gambar 4. *soft starting* 3 fasa

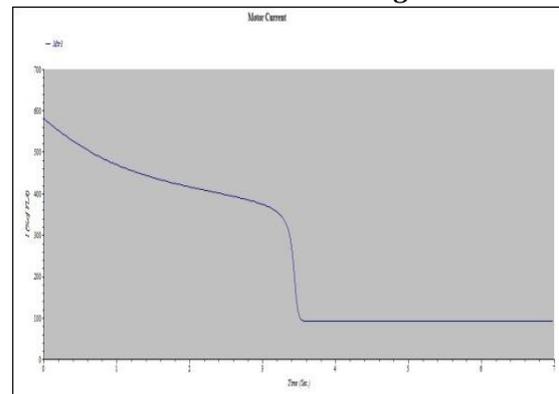
Hasil Simulasi ETAP

Simulasi *starting* motor dengan program ETAP pada skripsi ini adalah menggunakan simulasi mode analisa dinamis, hal ini dikarenakan mode analisa dinamis lebih menyeluruh dibandingkan dengan analisa *static*, sehingga setiap detail dari proses *starting* dapat dilihat dengan mudah, Gambar 4.1 menunjukkan Single Line Diagram pada ETAP



Gambar 4.1 Single Line Diagram pada ETAP Power Station

4.1.2 Simulasi DOL starting



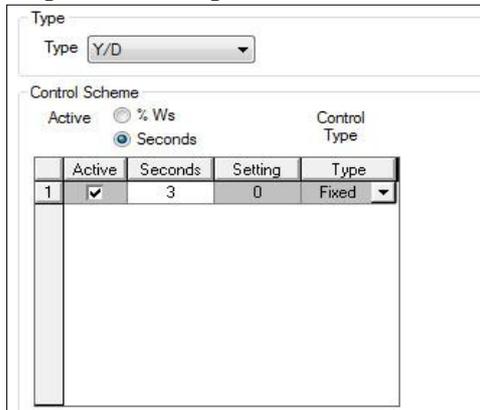
Gambar 4.2 Grafik arus DOL starting

Pada grafik *motor current*, pada saat *starting* arus akan melonjak tajam seperti yang telah dibahas sebelumnya, lonjakan tersebut mencapai 580 % dari arus nominal. Terlihat grafik mulai stabil setelah detik ke 4. Hal ini membuktikan teori bahwa pada saat *starting* DOL arusnya sangat tinggi mencapai 5 sampai 7 kali arus nominal dan berpotensi merusak

peralatan sehingga *mode starting* motor sangatlah mutlak untuk diperhatikan.

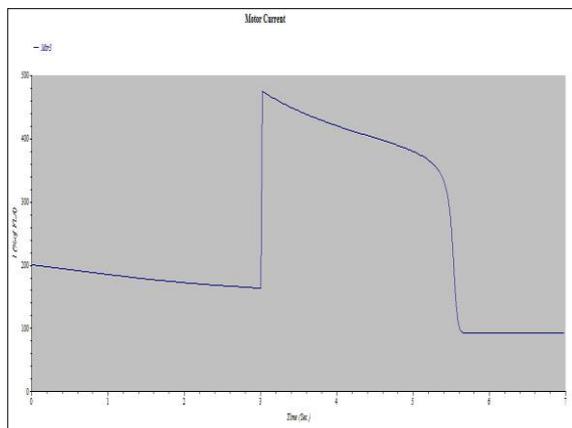
Simulasi Y/D Starting

Pada simulasi *motor starting* Y/D ditetapkan waktu perpindahan antara hubungan *Star* ke *Delta* dengan waktu 3 detik seperti terlihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.3 Waktu perpindahan antara Y/D

Pada Gambar 4.4 diperlihatkan grafik *motor current* Y/D starting dengan waktu simulasi 7 detik.

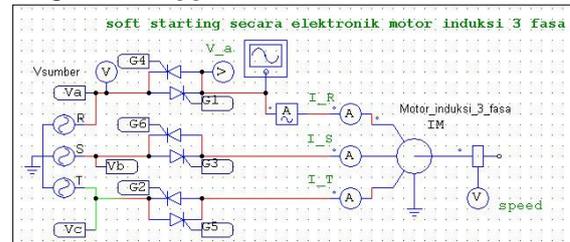


Gambar 4.4 Grafik arus Y/D starting

Pada grafik *motor current*, pada saat *starting* arus saat terhubung Y (*Star*) mencapai 200% dari arus nominal. Terlihat grafik mulai naik pada detik ke 3 mencapai 480% saat terhubung D (delta) dan perlahan turun mendekati detik ke 6, kemudian stabil setelah detik ke 6 karena motor sudah mencapai arus nominalnya.

Hasil Simulasi dengan PSIM

Metode *soft starting* menggunakan komponen *solid-state*, yaitu beberapa pasang thyristor yang terhubung anti-paralel. Tegangan input akan dipotong gelombang sinusoidalnya oleh enam buah thyristor yang dikendalikan oleh rangkaian *trigger*



Gambar 4.5 Rangkaian *soft starting* pada Program PSIM

Dari hasil simulasi *soft starting* dapat dibuat seperti Tabel 2.5

Tabel 2.5 Sudut Picu Thyristor dan Hasil Arus Starting

Waktu (Detik)	Sudut Picu Thyristor	Arus Starting (Ampere)
0	130°	8
1	120°	20
2	100°	79
3	90°	112
4	75°	156
5	60°	182
6	45°	136
7	0°	24

Pengaruh Sudut Picu terhadap Harmonik Arus

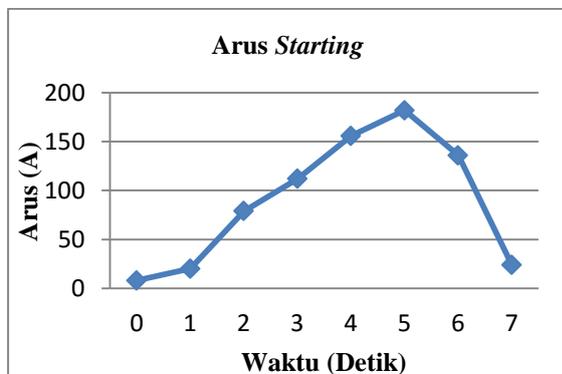
Penggunaan *soft starting* elektronik menggunakan Thyristor menimbulkan harmonik arus. Tabel 2.6 menunjukkan harmoni arus yang terjadi pada simulasi *soft starting*.

Tabel 2.6 Sudut picu terhadap harmonik arus

Sudut picu	Banyaknya harmonik arus yang terjadi
130°	5
120°	3
100°	1
90°	1
75°	1
60°	1
45°	1
0°	1

Harmonik arus yang paling banyak terjadi pada sudut picu 130°. Sedangkan pada sudut picu 0° harmonik arus yang terjadi hanya satu kali

Dari Tabel 2.5 maka dapat diperoleh seperti pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Grafik Arus *Soft starting*

Dengan menggunakan metode *soft starting* ini dapat diketahui bahwa nilai

arus keluaran (Gambar 4.6) dapat diatur dengan mengatur sudut picu thyristor. sehingga apabila tegangan berubah maka arus juga ikut berubah.

PEMBAHASAN

Dari Gambar 4.5 Grafik *motor current DOL starting* dan Gambar 4.10 Grafik *motor current Y/D starting* hanya menunjukkan presentase kenaikan arus sehingga untuk mengetahui arusnya maka harus dihitung sesuai dengan presentase *starting* selama 7 detik kedalam Tabel 2.7 dan Tabel 2.8

Tabel 2.7 Perhitungan arus DOL :

Perhitungan	Waktu (detik)
$I_{DOL} = \frac{580\%}{100\%} \times 134$ $= 777,2 \text{ Ampere}$	pada simulasi detik ke 0
$I_{DOL} = \frac{480\%}{100\%} \times 134$ $= 643,2 \text{ Ampere}$	pada simulasi detik ke 1
$I_{DOL} = \frac{420\%}{100\%} \times 134$ $= 562,8 \text{ Ampere}$	pada simulasi detik ke 2
$I_{DOL} = \frac{380\%}{100\%} \times 134$ $= 509,2 \text{ Ampere}$	pada simulasi detik ke 3
$I_{DOL} = \frac{100\%}{100\%} \times 134$ $= 134 \text{ Ampere}$	pada simulasi detik ke 4 s/d detik 7

Tabel 2.8 Perhitungan arus Y/D :

Perhitungan	Waktu (detik)
$I_{Y/D} = \frac{200\%}{100\%} \times 134$ $= 268 \text{ Ampere}$	pada simulasi detik ke 0
$I_{Y/D} = \frac{180\%}{100\%} \times 134$ $= 241,2 \text{ Ampere}$	pada simulasi detik ke 1
$I_{Y/D} = \frac{150\%}{100\%} \times 134$ $= 201 \text{ Ampere}$	pada simulasi detik ke 2
$I_{Y/D} = \frac{135\%}{100\%} \times 134$ $= 180,9 \text{ Ampere}$	pada simulasi detik ke 3
$I_{Y/D} = \frac{480\%}{100\%} \times 134$ $= 643,2 \text{ Ampere}$	pada simulasi detik ke 4
$I_{Y/D} = \frac{370\%}{100\%} \times 134$ $= 495,8 \text{ Ampere}$	pada simulasi detik ke 5
$I_{Y/D} = \frac{80\%}{100\%} \times 134$ $= 107,2 \text{ Ampere}$	pada simulasi detik ke 6 s/d detik ke 7

Untuk menghasilkan torsi *start* yang cukup, motor induksi membutuhkan arus *starting* yang cukup besar yang mencapai 5 hingga 7 kali arus nominal. Berikut adalah perhitungan arus *start* pada motor induksi 3 fasa 100 HP, Motor Design F, Nema Code E

Besar arus *start* motor dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.3)

$$S_{start} = S_{rated} \times \text{Letter Code Factor}$$

$$S_{start} = 100 \text{ HP} \times 5.00 = 500 \text{ kVA}$$

$$I_{start} = \frac{S_{start}}{\sqrt{3}V_{nominal}} = \frac{500 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot (0.38)}$$

$$= 760,57 \text{ A}$$

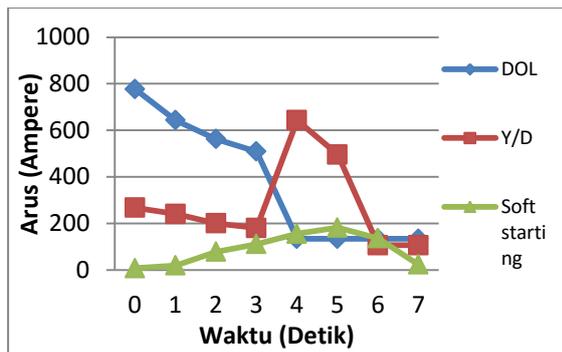
Dari perhitungan didapatkan arus *start* motor sebesar 760,57 A, sedangkan pada simulasi *starting* DOL didapatkan arus sebesar 777,2 A. Selisih antara perhitungan manual dan hasil simulasi sebesar 16.63 A.

Dari hasil perhitungan arus DOL dan Y/D maka dapat dibuat tabel seperti pada Tabel 2.9

Tabel 2.9 Grafik antara DOL, Y/D, dan *Soft starting*

Waktu (Detik)	Arus (Ampere)		
	DOL	Y/D	<i>Soft starting</i>
0	777.2	268	0.3
1	643.2	241,2	10
2	562.8	201	24
3	509,2	180.9	100
4	134	643,2	144
5	134	495.8	206
6	134	107,2	260
7	134	107,2	278

Berdasarkan Tabel 2.6 maka didapatkan Grafik antara metode *starting* DOL, Y/D dan *Soft starting* pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Grafik arus *starting* antara DOL, Y/D dan *Soft starting*

Simulasi dilakukan dengan metode Y/D, DOL dengan program ETAP dan *Soft starting* dengan program PSIM. Hal ini dilakukan sebagai perbandingan metode mana yang memberikan arus *starting* yang lebih kecil dan efisien.

Pada simulasi yang telah dilakukan dengan metode *starting* DOL didapatkan arus sebesar 580 % (Gambar 4.2) dan data perhitungan sebesar 777,2 A (Tabel 2.9).

Pada simulasi *starting* Y/D diberikan waktu perpindahan dari Y(*star*) ke D (*delta*) selama 3 detik (Gambar 4.3), saat terhubung Y arus melonjak sebesar 200% (Gambar 4.4) dan data perhitungan sebesar 268 A. Kemudian turun perlahan sampai saat perpindahan ke hubungan D, terlihat arus melonjak sebesar 480 % (data perhitungan 643,2 A) pada detik ke 4 kemudian turun hingga 80 % (data perhitungan 107,2 A) sampai detik ke 7.

Dengan menggunakan metode simulasi *soft starting* ini dapat diketahui bahwa nilai arus keluaran dapat diatur dengan mengatur sudut picunya. Perubahan arus sebanding dengan perubahan tegangan. Sehingga dengan memberikan tegangan secara bertahap maka arus *starting* yang terjadi tidak langsung melonjak sebesar 5-6 kali arus nominal seperti pada rangkaian DOL. Pada pengujian dengan menggunakan *soft starting* pada sudut picu 130° motor induksi sudah mulai berputar perlahan dengan arus pada 8 A (Tabel 2.5), perlahan-lahan diberikan sudut pemucuan dengan sudut picu yang semakin kecil dengan maksud memberikan tegangan

yang semakin maksimal. Apabila telah mencapai tegangan maksimal yaitu 380 V yaitu pada sudut picu 0°, maka arus yang mengalir berkisar 24 A (Tabel 2.5).

Pada Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa penggunaan metode *soft starting* ini bermanfaat untuk mengurangi besarnya arus *starting*. Dari hasil simulasi diketahui bahwa besarnya arus *starting* yang paling kecil adalah pada penggunaan dengan metode *soft starting*. Hal ini membuktikan bahwa pengendalian motor induksi dengan menggunakan metode ini dapat dipertimbangkan sebagai metode *starting* motor induksi yang lebih baik untuk digunakan dalam industri karena arus *starting* yang dihasilkan dapat dikendalikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan simulasi *starting* motor induksi tiga fasa yang telah dilakukan maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan, yaitu :

- Pemilihan mode *starting* sangatlah penting, hal ini untuk mencegah kerusakan motor dikarenakan lonjakan arus *starting* yang begitu besar dan mengakibatkan penurunan tegangan sesaat (*voltage dip*) pada jaringan instalasi listrik.
- Pada simulasi DOL(*direct on line*) memberikan nilai arus *start* yang paling tinggi, didapatkan lonjakan arus *starting* sebesar 580 % (Gambar 4.2) dari arus nominal *name plate* motor 134 A dan data perhitungan grafik simulasi arus *starting* DOL sebesar 777,2 A. lonjakan arus *starting* pada metode DOL mencapai 5,8 kali arus nominal motor.
- Pada simulasi *starting* Y/D diberikan waktu perpindahan dari Y(*star*) ke D (*delta*) selama 3 detik (Gambar 4.3), saat terhubung Y didapatkan lonjakan arus *starting* sebesar 200% (Gambar 4.4) dari arus nominal *name plate* motor 134 A dan data perhitungan

- grafik simulasi arus *starting* Y/D didapatkan arus sebesar 268 A.
- d. Pada simulasi dengan menggunakan metode *soft starting* pada sudut picu 130° motor induksi sudah mulai berputar perlahan dengan arus sebesar 8 A (Tabel 2.5), perlahan diberikan sudut pemicuan dengan sudut picu yang semakin kecil. Apabila telah mencapai tegangan maksimal yaitu 380 V yaitu pada sudut picu 0° , maka arus yang mengalir berkisar 24 A.
 - e. Dengan menggunakan metode simulasi *soft starting* ini dapat diketahui bahwa nilai arus keluaran dapat diatur dengan mengatur sudut picunya. Perubahan arus sebanding dengan perubahan tegangan. Sehingga dengan memberikan tegangan secara bertahap maka arus *starting* yang terjadi tidak langsung melonjak sebesar 5-6 kali arus nominal seperti pada metode DOL.
 - f. Dari hasil perbandingan simulasi dengan metode *starting* lain, *starting* motor induksi tiga fasa dengan menggunakan metode *soft starting* thyristor anti paralel dalam simulasi menghasilkan arus *starting* yang lebih kecil bila dibandingkan dengan menggunakan metode Y/D dan DOL (Gambar 4.31) metode *soft starting* menghasilkan arus lebih rendah.

Saran

Dalam melakukan penelitian ini, penulis memiliki beberapa saran yang diharapkan dapat digunakan untuk mencapai kesempurnaan pada bahasan-bahasan berikutnya. Beberapa saran yang dapat penulis berikan selama penelitian ini adalah :

- a. Sebelum melakukan simulasi di ETAP, data-data *name plate* peralatan yang diperlukan harus lengkap. Dengan lengkapnya data-data yang diperlukan maka data nilai-nilai pada peralatan dapat disesuaikan di ETAP.

- b. Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan melakukan simulasi pada jenis motor lain, atau tetap dengan motor induksi 3 fasa tetapi yang berkapasitas lebih besar
- c. Dalam metode *soft starting* thyristor menghasilkan harmonisa arus, sehingga penelitian ini dapat dikembangkan lagi untuk kajian pengaruh harmonisa arus.

Demikian kesimpulan serta saran yang dapat penulis sampaikan semoga berkenan dan dapat menjadi masukan yang bermanfaat bagi pihak PT. Madu Baru Yogyakarta serta mahasiswa yang akan melakukan penelitian tentang analisis *starting* motor induksi 3 fasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Fitzgerald A.E., Charles kingsley Jr. Stephen D Umans, 1992, "*Mesin-Mesin Listrik*", Jakarta: Erlangga.
- John Wigington , Adam . 2010. "*A Comparison of Induction Motor Starting Methods Being Powered by a Diesel-Generator Set*". Lincoln: University of Nebraska.
- Kadir Abdul , 2000. "*Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*" , Jakarta: UI.
- Kustija, Jaja, 2012. "*Modul Mekatronika*". Jurnal Elektronika Industri
- Malvino, 1984. "*Prinsip - Prinsip Elektronika*", Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Mujtahid, 2011. "*Analisis Motor Induksi 3 Fasa dengan Metode Konstruksi dan Prinsip Kerja*". Jurnal Teknik Elektro Polines.
- Odinanto, Tjahja. 2009. "*Reduksi Harmonisa Pada Pengoperasian Motor Sinkron Menggunakan Konverter PWM Dengan Interfase*

- Induktor*". Jurnal Teknik Elektro. ITATS.
- Pawawoi, Andi. (2009). "*Analisis Kedip Tegangan (Voltage Sags) Akibat Starting Motor Induksi Dengan Berbagai Metode Starting Studi Kasus Di PT. Abaisiat Raya*". Jurnal Teknik Elektro UNAND, Vol. 1, No. 32 Thn. XVI November 2009 ISSN: 0854-8471.
- Prasetyo, Eko. 2009. "*Analisis Pengaruh Jatuh Tegangan Jala-jala Terhadap Unjuk Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Tupai*". Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Prayoga, Dimaz. 2012. "*Pemilihan Metode Starting Motor Induksi 101-Jam 5000 KW di PT. Pupuk Kalimantan Timur*", Jurnal Penelitian Teknik Elektro UGM, Vol. 5 No. 4.
- Priahutama, Aditya Bakti. 2010. "*Perancangan Modul Soft Starting Motor Induksi 3 Fasa*", Jurnal UNDIP, Vol. 1
- Probo Prasetyo, (2012). "*Analisis Perbandingan Sistem Pengasutan Motor Induksi 3 phasa Sebagai Penggerak Pompa Pada Perusahaan Air Minum (PDAM) Wendit Malang*". Jurnal Elektro ITN, Vol. 3 No. 1, April 2012 ISSN: 2086-8944.
- Rashid Muhammad H, 1999. "*Elektronika Daya*". Jakarta: PT Prenhalindo.
- Rijono Yon, 1997. "*Dasar Tenaga Listrik*". Yogyakarta: Andi Offset.
- Riyadi, Dwi, 2001. "*Soft Starting Pada Motor Induksi 3 Fasa*". Semarang: Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- Sidabutar, Budi. 2010. "*Analisa Hubungan singkat dan motor starting dengan menggunakan ETAP 4.0*". Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara Medan.
- Zuhal, 1990. "*Dasar Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*". Jakarta: Gramedia.
- 100, Wibowo, Analisa Starting Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Program Di Pt Madubaru Yogyakarta