



Padang, 14 November 2012

## ANALISA PENGARUH KAPASITOR TERHADAP ARUS START MOTOR INDUKSI 3-FASA

Zuriman Anthony

\*) Teknik Elektro Institut Teknologi Padang (ITP)  
Email: [antoslah@gmail.com](mailto:antoslah@gmail.com) dan [zurimananthony@yahoo.com](mailto:zurimananthony@yahoo.com)  
Hp: 085669006218

### Abstract

*This research is proposed to analyze the effect of capacitor circuit in parallel with three-phase induction motor. We hope this research can explain how to choose a good strategy to start the motor. The motor used in this research is three-phase induction motor by rated 1500 W, 380 V/Y, 3.6 A, 4 poles, 50 Hz and 1400 rpm. Matlab's program also used to analyze the motor to get the perfect result. The results of this research showed that the maximum of inrush current is 22.68A at time 0.032 second, especially effected by the internal resistance ( $R_1$  and  $R_2'$ ) of the motor. This result shows only 0.89% different from calculating in Matlab's program. It has high accuracy with the result of the lab to analyze the motor. This result also shows that the capacitor could increase inrush current to the motor depending of capacitance of the capacitor. Starting current of the motor shows the transient characteristic of current of the motor that effected by the parameter of the motor ( $L$  and  $R$ ) and time response ( $t$ ) of rotor rotation. A good solution to start the motor is by decreasing starting voltage to the terminal of the motor.*

**Key words:** inrush current, motor's parameter, capacitance of capacitor

### 1. PENDAHULUAN

Motor induksi 3-fasa merupakan motor listrik 3-fasa yang bekerja berdasarkan induksi medan elektromagnetik dari kumparan stator ke rotornya. Oleh karena itu, biasanya motor ini mempunyai faktor daya yang rendah dengan arus start yang besar. Kapasitor biasanya digunakan untuk memperbaiki faktor daya motor, sehingga motor dapat bekerja dengan faktor daya yang lebih tinggi dan dengan arus saluran yang lebih rendah pada sistem tenaga. Oleh karena kapasitor ini dapat memperkecil arus pada saluran sistem tenaga, maka perlu juga diteliti tentang pengaruh kapasitor ini terhadap arus start motor dan bagaimana strategi yang baik dalam menstart motor agar motor dapat beroperasi dengan arus start yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk melihat dan menganalisa pengaruh penggunaan terhadap arus start motor induksi 3-fasa. Dari hasil ini akan diharapkan muncul suatu solusi yang baik dalam menstart motor induksi 3-fasa.

### 2. LANDASAN TEORI

Motor induksi 3-fasa bekerja berdasarkan induksi medan magnet yang berputar dari kumparan stator ke rotornya. Kecepatan putaran medan magnet ini dipengaruhi oleh beberapa hal sebagai berikut.

$$N_s = 120 \cdot f / p \quad (1)$$



Padang, 14 November 2012

yang mana :

$f$  = frekuensi sumber AC (Hz)

$p$  = jumlah kutub yang terbentuk pada motor

$N_s$  = kecepatan putaran medan magnet stator (putaran/menit, rpm)

Putaran medan magnet ini diikuti oleh putaran rotor motor induksi. Makin berat beban motor, maka makin turun kecepatan rotor sehingga terjadi slip ( $s$ ), yang besarnya:

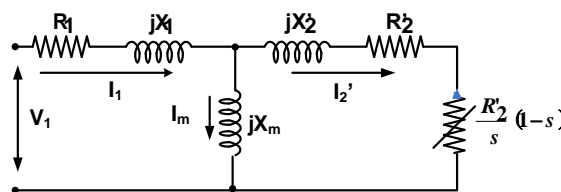
$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \tag{2}$$

yang mana :

$s$  = slip

$N_r$  = kecepatan putaran rotor pada motor

Motor induksi 3-fasa ini dapat dianalisa berdasarkan rangkaian ekivalen motor tanpa harus mengoperasikan motor. Bentuk rangkaian ekivaelen motor ini perfasa diperlihatkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian ekivalen motor induksi 3-fasa perfasa

yang mana:

$V_1$  = Tegangan sumber perfasa pada kumparan stator

$R_1$  = Resistansi kumparan stator

$X_1$  = Reaktansi Induktif kumparan stator

$R_2'$  = Resistansi kumparan rotor dilihat dari sisi stator

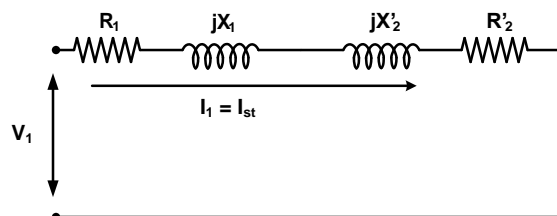
$X_2'$  = Reaktansi Induktir rotor dilihat dari sisi stator

$X_m$  = Reaktansi magnet pada Motor

$I_1$  = Arus kumparan stator

$I_2'$  = Arus pada kumparan rotor dilihat dari sisi stator

Saat motor distart, maka rangkaian pendekatan ekivalen bisa disederhanakan menjadi seperti gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian ekivalen motor induksi 3-fasa perfasa saat start

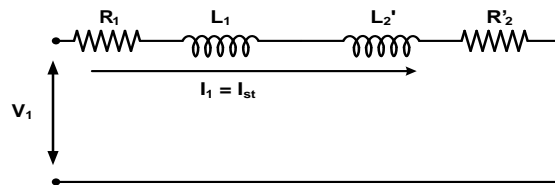
yang mana:

$I_{st}$  = arus motor saat start

Karena arus start ini merupakan arus masuk awal saat saklar motor dihidupkan, maka analisa rangkain motor dianalisa dengan menggunakan prinsip arus sesaat (transien). Oleh karena itu analisa rangkaian ekivalen motor menjadi seperti Gambar 3.



Padang, 14 November 2012



Gambar 3. Rangkaian ekivalen motor induksi 3-fasa perfasa saat start dengan analisa transien

Dengan mengacu ke gambar 3 dapat dibuatkan dari persamaan Laplace sebagai berikut.

$$\frac{V_s}{s} = I_{st}(s).(R + sL) \tag{3}$$

$$I_{st}(s) = \frac{V_s}{s(R + sL)} = \frac{V_s}{sL(R/L + s)} \tag{4}$$

$$I_{st}(t) = \frac{V_s}{R} (1 - e^{-\frac{R.t}{L}}) \tag{5}$$

yang mana:  $R = R_1 + R_2'$   
 $L = L_1 + L_2'$

### 3. METODE PENELITIAN

Motor induksi yang yang menjadi objek penelitian adalah motor induksi 3-fasa, 1500 W, 380 V/Y, 3,6 A, 4 kutup, 50 Hz and 1400 rpm. Penelitian awalnya dilakukan di laboratorium, kemudian untuk memudahkan analisa, maka dilanjutkan penelitian dengan menggunakan bantuan program Matlab. Bagan alir penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 4. Alat ukur utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah FLUKE 434 POWER QUALITY ANALYZER yang berguna untuk mengukur daya, arus dan faktor daya. Peralatan pendukung lainnya adalah tachometer, digital multimeter, rangkaian alat kendali motor dan peralatan pendukung lainnya.

Khusus untuk alat ukur FLUKE 434 POWER QUALITY ANALYZER, maka alat ini diset dengan faktor perkalian 1000 pada arus dan faktor perkalian 1 pada tegangan agar alat lebih sensitif untuk mengukur arus yang kecil. Oleh karena itu, maka 10 kA yang terukur berarti adalah 10 A untuk yang sebenarnya. Begitu juga akibatnya terhadap daya yang terukur secara otomatis menjadi 1000 kali lipat.

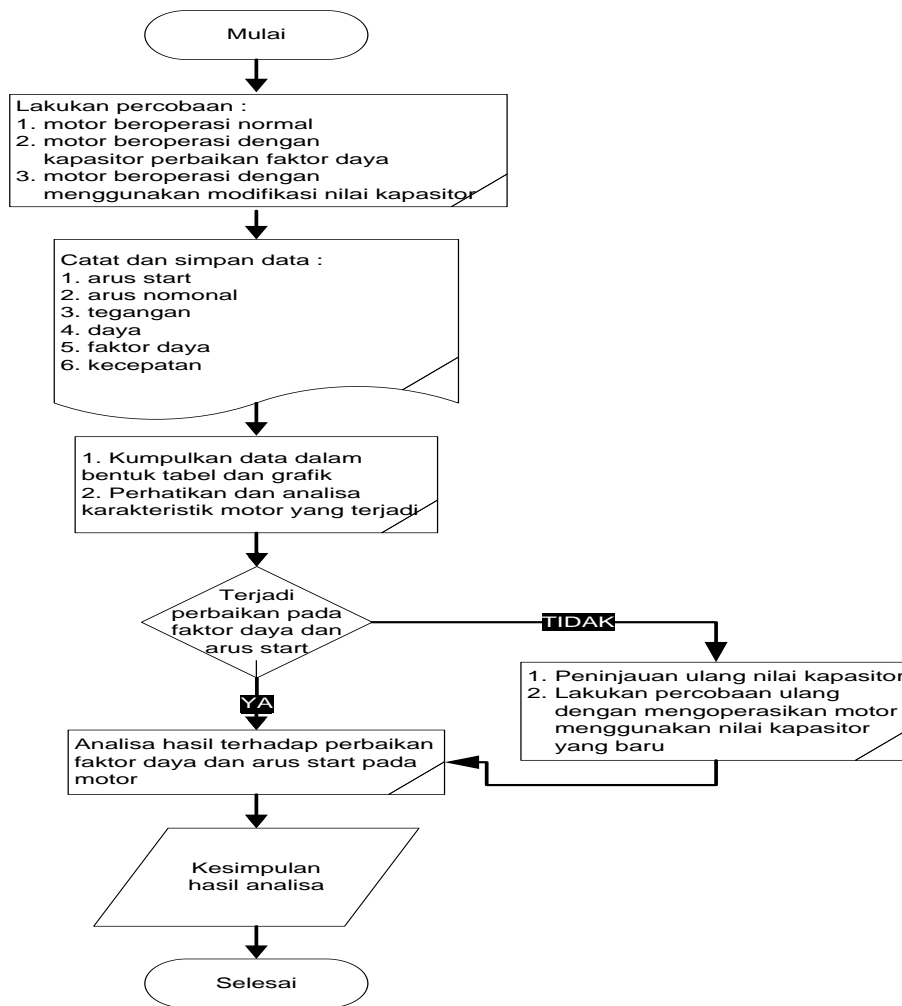
### 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan di laboratorium, maka diperoleh hasil parameter motor sebagai berikut.

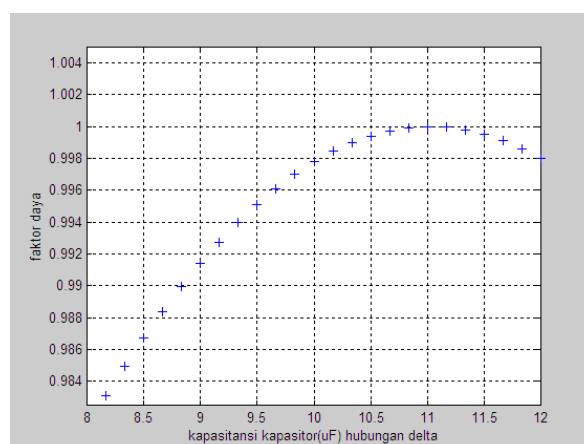
- $R_1 = 4,75 \text{ ohm}$
- $R_2' = 4,5319 \text{ ohm}$
- $X_1 = X_2' = 6,6898 \text{ ohm}$
- $L_1 = L_2' = 0,021294 \text{ H}$
- $X_m = 110,5649 \text{ ohm}, L_m = 0,35193$



Padang, 14 November 2012



Gambar 4. Bagan alir penelitian



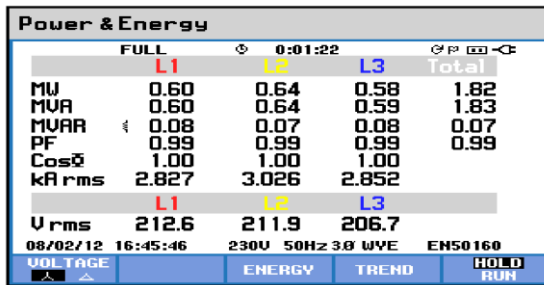
Gambar 5. Hubungan perubahan nilai kapasitansi kapasitor terhadap faktor daya motor



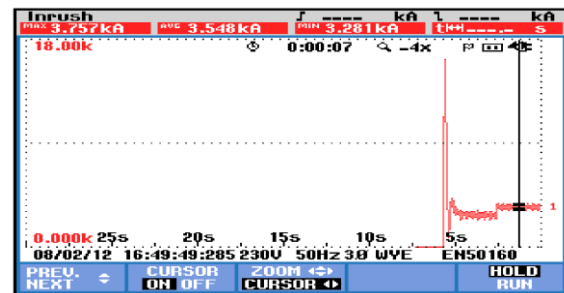
Padang, 14 November 2012

Untuk menentukan nilai kapasitansi kapasitor agar factor daya mendekati 1, maka dilakukan dengan program Matlab sehingga diperoleh hasil seperti Gambar 5.

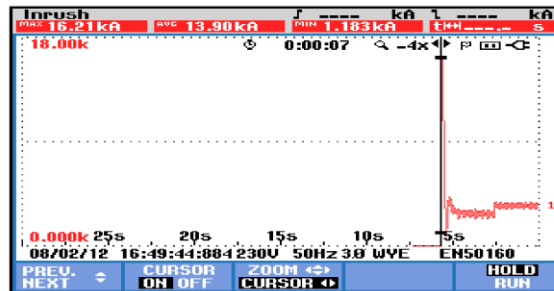
Dari hasil gambar 5 diperoleh nilai optimum kapasitor sebesar 11 uF. Tetapi karena susah mendapatkan kapasitor 11 uF, maka dipilih kapasitor 10 uF. Hasil pengujian motor pada beban penuh dengan kapasitor 10 uF ini diperlihatkan pada gambar 6 sampai dengan gambar 8 (oleh alat FLUKE 434).



Gambar 6. Arus, daya dan faktor daya motor



Gambar 7. Arus yang melewati kumparan motor



Gambar 8. Arus start motor saat menggunakan kapasitor 10 uF

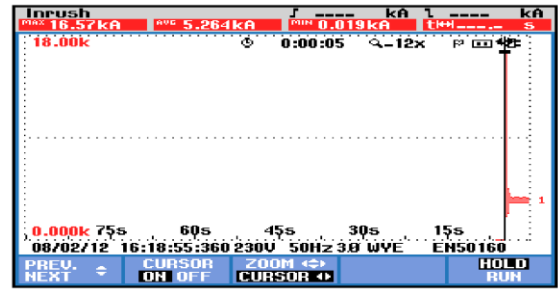
Untuk menganalisa kondisi motor saat start maka perlu membandingkan hasil pengujian motor dengan kapasitor 10 uF dengan hasil pengujian motor dengan menggunakan nilai kapasitor yang lain seperti 60 uF dan dengan tanpa menggunakan kapasitor. Hasil pengujian ini diperlihatkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Padang, 14 November 2012

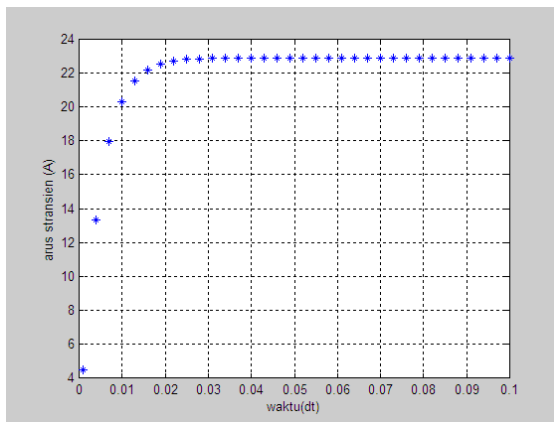


Gambar 9. Arus start motor saat menggunakan kapasitor 60 uF

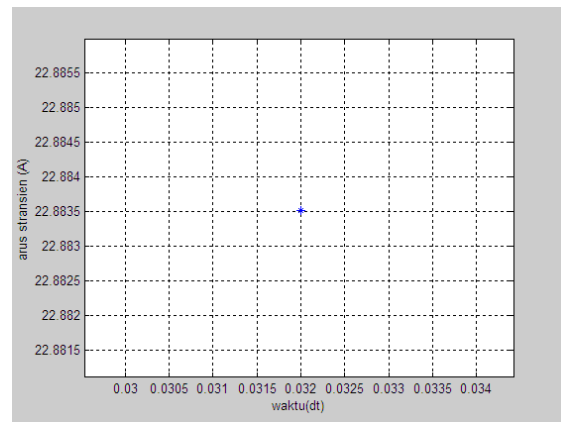


Gambar 10. Arus start motor saat beban penuh tanpa menggunakan kapasitor

Dari hasil gambar 8, 9 dan 10 terlihat bahwa terdapat perbedaan arus start dengan waktu yang berbeda, dimana arus start dengan menggunakan kapasitor 60 uF terlihat 22,68 A pada saat waktu 0,032 detik, sedangkan waktu arus start tanpa kapasitor dan dengan menggunakan kapasitor 10 uF tidak terdeteksi karena terlalu kecil. Oleh karena itu, dengan bantuan program Matlab, yang mengacu ke persamaan (3), (4) dan (5), untuk motor yang distar tanpa kapasitor, maka diperoleh hasil analisa seperti Gambar 11 dan gambar 12.



Gambar 11. Hubungan arus transien start (transien) motor induksi terhadap waktu

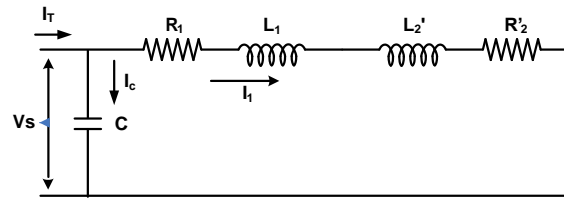


Gambar 12. Gambar 11 diperbesar pada waktu  $t = 0,32$  detik

Dari gambar 12 terlihat bahwa besarnya arus start adalah 22,8835 A. Kemudian jika dianalisa saat motor menggunakan kapasitor 60 uF, maka rangkaian motor mengacu ke gambar 13.



Padang, 14 November 2012



Gambar 13. Rangkaian ekivalen motor saat distart menggunakan kapasitor

Dengan mengacu ke gambar 13 dapat dibuatkan dari persamaan Laplace sebagai berikut.

$$\frac{V_s}{s} = I_1(s) \frac{1}{s.C} \tag{6}$$

$$I_1(s) = \frac{V_s \cdot s \cdot C}{s} = V_s \cdot C \tag{7}$$

$$I_C(t) = V_s \cdot C \cdot t \tag{8}$$

Jika mengacu ke persamaan (8) dengan memasukan data  $t = 0,032$  detik,  $C = 60 \mu\text{F}$  dan  $V_s = 212,6 \text{ V}$  (hasil pengukuran saat start), maka diperoleh hasil  $I_C = 0,000408192 = 0,00041 \text{ A}$ , sehingga diperoleh arus total,  $I_T = 22,8835 + 0,00041 = 22,88371 \text{ A}$ . Jika dibandingkan hasil ini dengan hasil pengukuran arus  $22,68 \text{ A}$  saat percobaan, maka diperoleh faktor kesalahan perhitungan sebesar:

$$\% \text{ - kesalahan} = \frac{22,88371 - 22,68}{22,88371} \times 100\% = 0,89\%$$

Dari hasil ini terlihat bahwa hasil pengukuran dengan hasil perhitungan mempunyai tingkat keakuratan yang tinggi.

Dengan memperhatikan hasil penelitian ini terlihat bahwa kapasitor yang dipasang paralel dengan motor induksi 3-fasa tidak dapat memperkecil arus start motor, tetapi malahan memperbesar arus start motor yang tergantung dari nilai kapasitansi kapasitor yang digunakan. Arus start motor induksi 3-fasa ternyata merupakan gejala arus transien yang terjadi saat menstart motor yang besarnya sangat dipengaruhi oleh nilai 'tahanan dan induktansi dalam ( $R$  dan  $L$ )' kumparan motor serta waktu respon ( $t$ ) kecepatan pergerakan rotor. Besarnya arus start maksimum motor induksi 3-fasa sangat ditentukan oleh besarnya tahanan dalam ( $R_1$  dan  $R_2$ ) kumparan motor yaitu sebesar  $I_m = V_s/R$ . Dari persamaan ini terlihat bahwa salah satu solusi yang baik untuk memperkecil arus start motor induksi 3-fasa adalah dengan memperkecil tegangan yang masuk ke terminal motor, sehingga arus transiennya juga menjadi kecil. Tegangan ini kemudian dinaikan secara bertahap sampai mencapai tegangan nominal motor agar motor dapat beroperasi dengan baik.

### 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut.

1. Kapasitor dapat memperbesar arus start motor induksi 3-fasa yang tergantung dari nilai kapasitansi kapasitor.



Padang, 14 November 2012

---

2. Arus start motor induksi 3-fasa merupakan gejala transien arus yang sangat dipengaruhi oleh parameter motor (R dan L) dan waktu respon (t) kecepatan pergerakan rotor.
3. Salah satu cara yang baik untuk menstart motor induksi 3-fasa adalah dengan memperkecil tegangan awal start dan kemudian menaikannya secara bertahap hingga mencapai tegangan nominal motor.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anthony Zuriman, Tumiran dan Berahim Hamzah, 2003, “ Kinerja pengoperasian motor induksi 3-fase pada sistem tenaga 1-fase dengan menggunakan kapasitor”, TEKNO SAINS, Seri B, Jilid 16, Nomor 1, terakreditasi No. 22/ DIKTI/ kep/ 2002/ tanggal 8 mei 2002, UGM, Yogyakarta, hal. 1-12.
- Anthony Zuriman, 2008, “Perancangan kapasitor jalan untuk mengoperasikan motor induksi 3-fase pada sistem tenaga 1-fase”, JURNAL TEKNIK ELEKTRO, Volume 8, Nomor 1, Maret 2008, ISSN: 1411-870X, Universitas Kristen Pentra Surabaya, Indonesia, hal. 46-51.
- Attaianesi, C., Tomasso, G., damiano, A., Marongiu, I. and Perfetto, A., 1999, “ A Novel Approach to Speed and Parameters Estimation in Induction Motor Drives “, IEEE Trans. on Energy Conversion, 14 (4), pp. 939-945.
- Cadirci, I., Ermis, M., Nalcaci, E., Ertan, B. and Rahman, M., 1999, “ A Solid State Direct On Line Starter for Medium voltage Induction Motors with Minimized Current and Torque Pulsations “, IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 14 (3), pp. 402-412.
- Krause, P.C., 1986, “ Analysis of Electric Machinery “, McGraw-Hill Book Company, USA, pp.164-181, 415-447.
- Kumar R Srecrema, R Ramamujam and Jenkins L Khincha H.P, 1998, “Induction motor modelling and interfacing technique for fast transient stability simulation”, IEEE Trans. Catalogue No. 98EX137, pp. 548-550.
- Sen P.C., 1989, “ Principles of Electric Machines and Power Electronics ”, John Wiley & Son, Singapore.