

# ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN BESARAN KAPASITOR TERHADAP ARUS *START* MOTOR INDUKSI SATU PHASA

Atmam<sup>1</sup>, Zulfahri<sup>2</sup>, Usaha Situmeang<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning  
Jl. Yos Sudarso km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email: atmam@unilak.ac.id, zulfahri@unilak.ac.id, usahasitumeang@unilak.ac.id

## ABSTRAK

Penggunaan motor induksi jika dilihat dari sumber tegangannya, salah satunya adalah jenis motor induksi satu phasa. Motor induksi satu phasa dengan jenis motor kapasitor permanen atau disebut juga dengan motor kapasitor *running* banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga sebagai penggerak pada pompa air, kipas angin dan lain sebagainya. Motor induksi satu phasa tidak dapat *start* sendiri untuk *start* awal. Untuk itu motor induksi satu phasa dilengkapi dengan sebuah kumparan bantu yang terhubung seri dengan kapasitor yang besaran kapasitornya sesuai untuk *starting* motor induksi satu phasa. Apabila kapasitor yang digunakan, besaran kapasitornya tidak sesuai atau kapasitor mengalami kerusakan maka akan mengakibatkan arus *start* tinggi dan motor akan mengalami gangguan bahkan kerusakan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk menganalisa perubahan besaran kapasitor terhadap arus *start* motor induksi satu phasa kondisi tanpa beban atau beban nol. Dari penelitian ini diperoleh arus *start* motor induksi satu phasa dengan kapasitor 8  $\mu\text{F}$  sebesar 3,83 Amper, kapasitor 20  $\mu\text{F}$  sebesar 3,71 Amper dan kapasitor 100  $\mu\text{F}$  sebesar 6,06 Amper. Arus nominal dari motor induksi satu phasa, untuk kapasitor 8  $\mu\text{F}$  adalah 1,06 Amper, kapasitor 20  $\mu\text{F}$ , arus nominalnya sebesar 1,98 Amper dan kapasitor 100  $\mu\text{F}$ , arus nominal sebesar 5,6 Amper, maka perubahan besaran kapasitor akan mengakibatkan arus nominal semakin besar, sehingga besaran kapasitor yang tepat adalah sebesar kapasitor 8  $\mu\text{F}$  untuk motor induksi satu phasa.

**Kata Kunci:** Motor induksi satu phasa, arus *start*

## ABSTRACT

*The use of an induction motor when viewed from the voltage source, one of which is a type of single phase induction motor. Single phase induction motors with permanent capacitor motor type or also called running capacitor motor widely used for domestic purposes as a driver at the water pump, fan and others. Single-phase induction motor cannot start itself to start early. For the single-phase induction motor is equipped with an auxiliary coils connected in series with the capacitor that magnitude capacitors suitable for single phase induction motor starting. If a capacitor is used, the amount of capacitors are not suitable or capacitor damage it will cause a high starting current and the motor will be impaired even damage. Therefore, it is necessary to study to analyze changes in the amount of the current capacitor start single-phase induction motor no-load or zero load. From this research, the starting current of single-phase induction motor with capacitor 8  $\mu\text{F}$  at 3.83 Amper, 20  $\mu\text{F}$  capacitors of 3.71 amperes and 100  $\mu\text{F}$  capacitor at 6.06 Amper. Nominal current of the single phase induction motor, for the capacitor 8  $\mu\text{F}$  is 1.06 Amper, capacitor 20  $\mu\text{F}$  current nominal value of 1.98 amperes and a capacitor 100  $\mu\text{F}$ , the current amount was 5.6 Ampere, then the changes in the amount of capacitors will lead to nominal current of the larger, so the amount of capacitors exact amounts to 8  $\mu\text{F}$  capacitor for single phase induction motor.*

**Keywords:** *single-phase induction motor, the starting current*

## 1. PENDAHULUAN

Motor induksi banyak digunakan di industri dan rumah tangga karena motor induksi tersebut mempunyai konstruksi sederhana, mudah dioperasikan, relatif lebih murah dalam perawatannya. Penggunaan motor induksi jika dilihat dari sumber

tegangannya, salah satunya adalah jenis motor induksi satu phasa. Motor induksi satu phasa biasanya tersedia dengan daya dibawah 1 HP. Motor induksi satu phasa dengan jenis motor kapasitor permanen atau disebut juga dengan motor kapasitor *running* banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga sebagai penggerak pada pompa air, kipas angin dan

lain sebagainya. Motor induksi jenis motor kapasitor permanen ini mempunyai kumparan bantu yang dihubungkan secara seri dengan sebuah kapasitor. Kapasitor ini selalu berada dalam rangkaian motor, baik pada waktu *start* maupun jalan. Oleh karena kapasitor yang digunakan tersebut selalu dipakai baik pada waktu *start* maupun pada waktu jalan maka harus digunakan kapasitor yang berjenis kondensator minyak atau kondensator kertas minyak.

Fungsi dari pemakaian kapasitor pada motor induksi satu fasa ini adalah untuk *start* awal karena motor induksi satu fasa tidak dapat *start* sendiri. Untuk itu diperlukan kapasitor yang sesuai besarnya untuk *starting* motor induksi satu fasa. Apabila kapasitor yang digunakan, besaran kapasitornya tidak sesuai atau kapasitor mengalami kerusakan maka akan mengakibatkan arus *start* tinggi dan motor akan mengalami gangguan bahkan kerusakan. Dalam pengoperasian motor induksi satu fasa jenis kapasitor permanen, umumnya untuk motor induksi berdaya kecil cara *starting* yang biasa dipakai adalah *starting* secara langsung atau biasa disebut dengan *Direct On Line (DOL) starting*. Dengan menggunakan *starting* ini akan mengakibatkan arus *starting* pada motor akan tinggi.

Untuk melihat arus *start* motor induksi satu fasa ini terhadap perubahan besaran kapasitor maka diperlukan penelitian. Pada penelitian ini, untuk menentukan arus *start* dari motor induksi satu fasa adalah dalam keadaan tanpa beban atau beban nol.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

### 1. Metode pengumpulan data

Metode yang digunakan pada proses pengumpulan data dari objek yang diteliti yaitu motor induksi satu fasa 125 Watt, 220 Volt, 50 Hz, 2800 rpm, dengan melakukan percobaan dan pengukuran untuk mendapatkan data-data pada percobaan tanpa beban dan percobaan *locked-rotor*, pengukuran arus *start* motor induksi satu fasa motor kapasitor permanen dengan merubah besaran kapasitor dan pengukuran kecepatan putar motor induksi satu fasa.

### 2. Metode Pengolahan data

Dari data yang diperoleh dari percobaan dan pengukuran tanpa beban dan *locked-rotor* serta perubahan nilai kapasitor dari motor induksi satu fasa maka akan diperoleh parameter motor induksi satu fasa seperti : tahanan kumparan utama, tahanan kumparan bantu, arus *start* motor induksi satu fasa.

### 3. Analisis data

Dari data yang telah diolah maka selanjutnya dilakukan analisa data untuk menghitung besaran kapasitor untuk motor induksi satu fasa dan

menganalisa arus *start* motor induksi satu fasa akibat perubahan besaran kapasitor.

### Motor Induksi

Motor induksi adalah adalah motor listrik bolak-balik (AC) yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan stator terdapat selisih putaran yang disebut *slip*. Pada umumnya motor induksi dikenal ada dua macam berdasarkan jumlah fasa yang digunakan, yaitu: motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Sesuai dengan namanya motor induksi satu fasa dirancang untuk beroperasi menggunakan suplai tegangan satu fasa dan motor induksi tiga fasa dengan suplai tegangan tiga fasa. Motor induksi sering digunakan sebagai penggerak pada peralatan dengan kecepatan yang relatif konstan. Hal ini disebabkan karena motor induksi satu fasa memiliki beberapa kelebihan yaitu konstruksi yang cukup sederhana, kecepatan putar yang hampir konstan terhadap perubahan beban [1].

Selanjutnya motor induksi adalah motor listrik bolak-balik (AC) yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan stator terdapat selisih putaran yang disebut *slip*. Salah satu jenis motor induksi satu fasa adalah jenis permanent *split capacitor* yang terdapat sedikit perbedaan pada rangkaian ekivalen karena kumparan bantu tidak hanya digunakan saat *start* tetapi juga digunakan saat berputar [2,3,4].

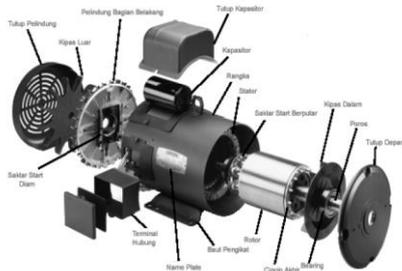
Pemasangan kapasitor secara seri dengan kumparan bantu, maka beda fasa antara arus kumparan utama dan kumparan bantu akan menjadi besar (maksimum  $90^\circ$ ). Akibat beda fasa ( $\theta$ ) yang besar ini, maka medan magnet putar yang dihasilkan oleh kumparan stator akan menjadi besar dengan sendirinya gaya putar rotor akan menjadi besar pula. Beda fasa ( $\theta$ ) yang semakin besar, maka medan magnet putar yang dihasilkan oleh kumparan stator akan menjadi besar dan dengan sendirinya gaya putar rotor akan menjadi besar pula [5].

Pada saat *start* motor induksi satu fasa yang terhubung langsung dengan tegangan listrik atau menggunakan cara *start* langsung, arus *start*nya 5 sampai 7 kali arus nominal. Terlihat bahwa motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* memiliki performansi (unjuk kerja) yang lebih baik daripada motor induksi satu fasa *split-phase* karena memiliki arus *start* yang kecil, waktu *start* yang lebih cepat, torsi *start* lebih besar, torsi *running* yang lebih kecil serta nilai faktor daya dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan induksi satu fasa *split-phase* [6].

### Konstruksi Motor Induksi Satu Fasa

Konstruksi motor induksi satu fasa hampir sama dengan konstruksi motor induksi tiga fasa, yaitu terdiri dari dua bagian utama yaitu *stator* dan

rotor. Keduanya merupakan rangkaian magnetik yang berbentuk silinder dan simetris. Di antara rotor dan stator ini terdapat celah udara yang sempit. Konstruksi dari motor induksi satu fasa seperti pada gambar 1 [7].



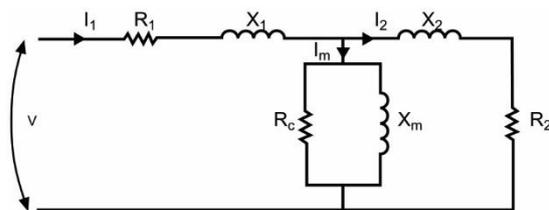
Gambar 1. Konstruksi umum motor induksi satu fasa

**Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Satu Fasa**

Konsep medan putar ganda pada motor induksi satu fasa menjelaskan bahwa fluks yang dihasilkan ekuivalen dengan dua buah fluks yang mempunyai besar yang sama dan berputar dalam arah yang berlawanan pada kecepatan sinkron. Masing-masing fluks ini akan mengimbaskan komponen arus rotor dan menghasilkan gerak motor induksi seperti pada motor induksi fasa banyak. Hal yang sederhana dan penting bahwa motor induksi ini hanya beroperasi pada kumparan utama [7].

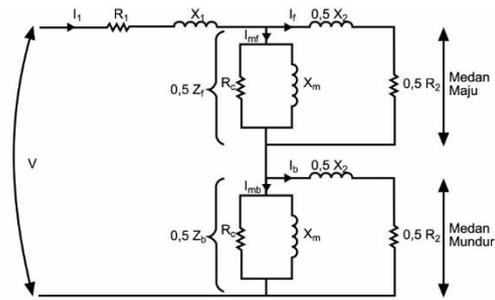
**Motor Induksi Satu Fasa Pada Keadaan Diam**

Pada saat keadaan diam, jika rangkaian stator dihubungkan dengan tegangan satu fasa, maka motor induksi dapat dinyatakan sebagai transformator dengan kumparan sekunder terhubung singkat. Rangkaian motor induksi satu fasa tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 [8,9].



Gambar 2. Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Satu Fasa

Dengan menggunakan konsep medan putar fluks yang dihasilkan kumparan stator dapat dipecah menjadi dua bagian yaitu : medan putar maju dan medan putar mundur. Kedua medan putar ini akan mengimbaskan ggl (gaya gerak listrik) pada kumparan rotor sehingga tahanan dan reaktansi pada kumparan rotor diekuivalenkan masing-masing adalah setengah dari nilai tahanan dan reaktansi kumparan rotor sesungguhnya, yaitu  $R_2/2$  dan  $X_2/2$  seperti yang terlihat pada Gambar 3 [8,9].



Gambar 3. Motor Induksi Satu Fasa Dalam Keadaan Diam

**Motor Induksi Satu Fasa Pada Saat Beroperasi**

Pada saat kecepatan motor induksi mulai bertambah, pada kumparan utama arah medan maju menggunakan slip s, arus rotor yang diimbaskan medan maju mempunyai frekuensi s.f, dimana f adalah frekuensi stator. Arus rotor ini akan menghasilkan fluks yang bergerak maju pada kecepatan slip. Fluks ini akan membangkitkan ggl dengan arah maju pada kumparan utama stator. Pengaruh pada rotor jika dilihat dari sisi stator dapat dinyatakan sebagai suatu impedansi sebesar  $0,5 R_2/s + j 0,5 X_2$  paralel dengan  $X_m$  dan  $R_c$ . Seperti yang terlihat pada Gambar 4 dengan menggunakan simbol f [8].

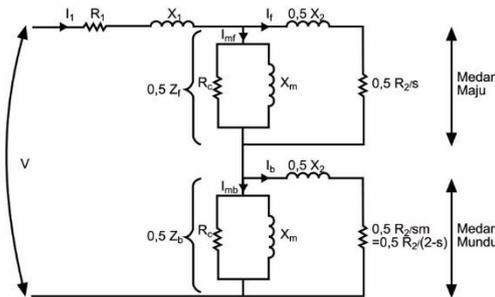
Pada arah medan putar mundur, rotor tetap bergerak dengan slip s berpatokan pada medan maju dan besarnya kecepatan putar medan maju adalah :

$$n = 1 - s \tag{1}$$

Kecepatan relatif dari rotor dengan berpatokan pada medan mundur adalah  $1+n$ , atau besarnya slip terhadap medan mundur adalah :

$$1 + n = 2 - s \tag{2}$$

Selanjutnya medan mundur mengimbaskan arus rotor dengan frekuensi  $(2-s)f$ . Arus rotor ini akan menghasilkan fluks yang bergerak mundur. Fluks ini akan mengimbaskan ggl pada medan mundur kumparan stator. Pengaruh tersebut dapat diperlihatkan pada Gambar 4 [8,9].



Gambar 4. Motor Induksi Satu Fasa Dalam Keadaan Beroperasi

Dengan menggunakan rangkaian ekuivalen di atas, kita dapat menghitung arus stator, arus rotor, daya masukan, dan faktor daya untuk sembarang harga *slip* apabila tegangan yang diberikan dan impedansi motor diketahui. Dari rangkaian pada gambar 4, dapat ditulis persamaan :

Impedansi magnetis :

$$Z_m = \frac{R_c \times jX_m}{R_c + jX_m} \quad (3)$$

Impedansi forward :

$$Z_f = R_f + jX_f = \frac{(R_2/s \times jX_2) \times 0,5Z_m}{(R_2/s \times jX_2) + 0,5Z_m} \quad (4)$$

Impedansi backward:

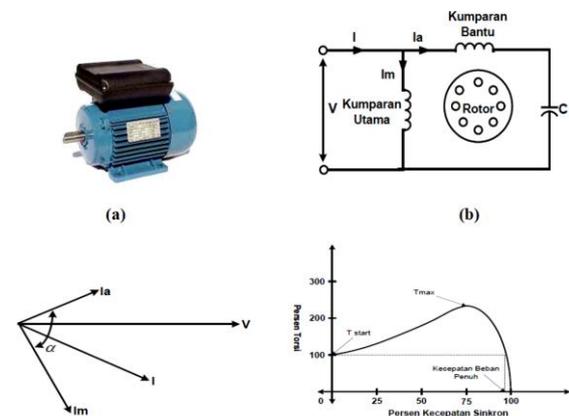
$$Z_b = R_b + jX_b = \frac{(R_2/(2-s) + jX_2) \times 0,5Z_m}{(R_2/(2-s) + jX_2) + 0,5Z_m} \quad (5)$$

Arus motor induksi ditulis dengan persamaan :

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1 + jX_1 + 0,5Z_f + 0,5Z_b} \quad (6)$$

### Motor induksi satu fasa kapasitor permanen

Konstruksi dari motor kapasitor permanen ditunjukkan pada Gambar 5a. Rangkaian ekuivalen motor ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5b dimana kapasitor dihubungkan seri dengan kumparan bantu dan tidak dilepas setelah pengasutan dilakukan dan tetap tinggal pada rangkaian. Hal ini menyederhanakan konstruksi dan mengurangi biaya serta memperbaiki ketahanan motor karena saklar sentrifugal tidak digunakan. Faktor daya, denyutan momen putar, dan efisiensi akan lebih baik karena motor berputar seperti motor dua fasa. Sudut fasa antar kumparan ditunjukkan pada Gambar 5c. Jenis kapasitor yang digunakan adalah kapasitor kertas. Karakteristik momen putar-kecepatan motor ini ditunjukkan pada Gambar 5d.



Gambar 5. Motor kapasitor permanen

### Kapasitor pada motor induksi satu fasa

Kapasitor adalah komponen yang berfungsi menyimpan dan memberikan energi yang terbatas sesuai dengan kapasitasnya. Pada dasarnya kapasitor terdiri atas dua keping sejajar yang dipisahkan oleh medium dielektrik. Kapasitor pada sistem daya listrik menimbulkan daya reaktif untuk memperbaiki tegangan dan faktor daya, karenanya memasang atau menghubungkan kapasitor secara seri terhadap kumparan bantu (*starting*) motor induksi satu fasa jenis motor kapasitor adalah untuk memperoleh beda phase antara arus lilitan/kumparan utama (*running*) dan arus lilitan/kumparan bantu (*starting*) yang lebih besar, sehingga dihasilkan cukup torsi untuk menggerakkan rotor sangkar pada saat *starting*.

Bila sebuah kapasitor dialiri arus bolak-balik (AC), maka pada kapasitor tersebut akan timbul reaktansi kapasitif ( $X_c$ ). Besarnya nilai reaktansi kapasitif tergantung dari besarnya nilai kapasitansi sebuah kapasitor yang ditulis dalam simbol Farad (F) dan frekuensi (Hz) arus bolak-balik. Reaktansi kapasitif dapat ditulis dengan persamaan [10] :

$$X_c = \frac{1}{\omega_c} = \frac{1}{2 \times f \times C} \quad (7)$$

Keterangan :

$X_c$  = Reaktansi kapasitif (ohm)

$f$  = Frekuensi (Hz)

$C$  = Nilai kapasitansi kapasitor (Farad)

$\omega = 2\pi f$

Untuk menentukan besarnya nilai kapasitas kapasitor dapat ditulis dengan menggunakan persamaan [11] :

$$C = \frac{I \times 10^6}{2 \times \pi \times f \times V} \quad (8)$$

Keterangan :

$C$  = Kapasitas kapasitor (mikro Farad)

$I$  = Arus (Amper)

$V$  = Tegangan (Volt)

$\pi = 3,14$

$f$  = Frekuensi (Herzt)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data motor induksi satu fasa dari data *name plate* yang diteliti adalah sebagai berikut :

Daya Motor	=	125 Watt
Frekuensi	=	50 Hz
Jumlah Kutub	=	2
Putaran	=	2800 rpm
Tegangan	=	220 Volt
Arus Nominal	=	1,3 Amper

Dari hasil pengukuran motor induksi satu fasa diperoleh data sebagai berikut :

Tahanan Utama ( $R_{main}$ ) = 21,8 Ohm  
 Tahanan bantu ( $R_{aux}$ ) = 41,6 Ohm

Selanjutnya hasil pengukuran rangkaian percobaan tanpa beban (*No-load test*) sebagai berikut :

Tegangan ( $V_{nL}$ ) = 220 Volt  
 Arus ( $I_{nL}$ ) = 0,74 Amper  
 Daya ( $P_{nL}$ ) = 135 Watt  
 Kecepatan = 3000 rpm

Dari hasil pengukuran *blocked-rotor* diperoleh data sebagai berikut :

Tegangan (V) = 220 Volt  
 Arus (I) = 3,75 Amper  
 Daya (P) = 0,67 kW = 670 Watt

#### Data hasil pengukuran

Hasil pengukuran arus *start* dan beberapa besaran kapasitor untuk setiap pengukuran pada motor induksi satu fasa seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran  $I_{start}$ ,  $I_n$ , P, S, Cos  $\phi$  dan rpm dari perubahan besaran kapasitor untuk motor induksi satu fasa

Besaran Kapasitor ( $\mu F$ )	Tegangan Input ( $V_{in}$ ) (Volt)	Arus <i>Start</i> ( $I_{start}$ ) (Amp)	Arus Nominal ( $I_n$ ) (Amp)	Daya Aktif (P) (Watt)	Daya Semu (S) (VA)	Faktor Daya (Cos $\phi$ )	Kecepatan putar rotor ( $n_r$ ) (rpm)
1,5	220	3,75	1,43	147	317	0,47	2968
2	220	3,75	1,41	146	310	0,47	2963
8	220	3,86	1,06	170	210	0,72	3002
10	220	3,72	1,07	220	240	0,9	2997
14	220	3,63	1,38	300	320	0,98	2999
16	220	3,62	1,65	360	370	0,98	2985
20	220	3,71	1,98	430	440	0,98	2960
40	220	4,41	4,3	747	87	0,79	2877
50	220	5,43	4,55	721	41	0,72	2831
100	220	6,06	5,30	752	72	0,61	2619

### Pembahasan

#### 1. Rangkaian ekivalent dan parameter motor induksi satu fasa

Hasil pengukuran dari penelitian tanpa beban dan *blocked-rotor* digunakan untuk melakukan perhitungan-perhitungan untuk mendapatkan rangkaian ekivalen dari motor induksi satu fasa yang terdiri dari :

Menghitung parameter dari *blocked-rotor test* :  
 Impedansi dari data *blocked-rotor test* :

$$Z_{br} = \frac{V_{br}}{I_{br}} = \frac{220}{3,75} = 58,67 \Omega$$

Tahanan dari *blocked-rotor test* :

$$R_{br} = \frac{P_{br}}{I_{br}^2} = \frac{670}{(3,75)^2} = 47,64 \Omega$$

Tahanan rotor dari *blocked-rotor test*:

$$\begin{aligned} r_2 &= R_{br} - R_{utama} \\ &= 47,64 - 21,8 \\ &= 25,84 \Omega \end{aligned}$$

Reaktansi dari *blocked-rotor test* :

$$\begin{aligned} X_{br} &= \sqrt{Z_{br}^2 - R_{br}^2} \\ &= \sqrt{(58,67)^2 - (47,64)^2} \\ &= 34,24 \Omega \end{aligned}$$

Reaktansi stator dan rotor motor induksi satu fasa :

$$X_1 = X_2 = 0,5 \times 34,24 = 17,12 \Omega$$

Menghitung parameter dari data tanpa beban (*No-load test*) :

Impedansi dari percobaan tanpa beban :

$$Z_{nL} = \frac{V_{nL}}{I_{nL}} = \frac{220}{0,74} = 297,30 \Omega$$

Tahanan dari percobaan tanpa beban :

$$R_{nL} = \frac{P_{nL}}{I_{nL}^2} = \frac{135}{(0,74)^2} = 246,53 \Omega$$

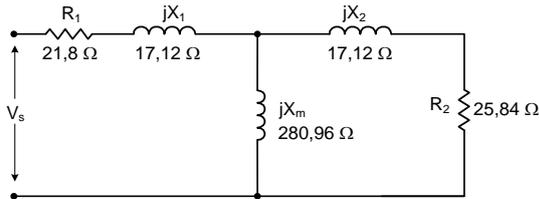
Reaktansi dari percobaan tanpa beban :

$$\begin{aligned} X_{nL} &= \sqrt{Z_{nL}^2 - R_{nL}^2} \\ &= \sqrt{(297,30)^2 - (246,53)^2} \\ &= 166,16 \Omega \end{aligned}$$

Reaktansi magnetis dari percobaan tanpa beban :

$$\begin{aligned} X_m &= (2 \times X_{nL}) - (1,5 \times X_{br}) \\ &= (2 \times 166,16) - (1,5 \times 34,24) \\ &= 280,96 \Omega \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan data dari percobaan *blocked-rotor* dan percobaan beban nol (*no-load test*) maka rangkaian ekuivalen dari motor induksi satu fasa seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian ekuivalen motor induksi satu fasa sebelum *rewinding*

Menghitung *slip* dari motor induksi satu fasa :

$$\begin{aligned} s &= \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \\ &= \frac{3000 - 2900}{3000} \times 100\% \\ &= 0,033 \\ &= 33\% \end{aligned}$$

Kecepatan medan stator motor induksi satu fasa :

$$\begin{aligned} n_s &= \frac{120 \times F}{P} \\ &= \frac{120 \times 50}{2} \\ &= 3000 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega_s &= n_s \times \frac{2\pi}{60} \\ &= 3000 \times \frac{2\pi}{60} \\ &= 314 \text{ rad / s} \end{aligned}$$

Kecepatan motor induksi satu fasa :

$$\begin{aligned} n_r &= (1 - s) \times n_s \\ &= (1 - 0,033) \times 3000 \\ &= 2901 \text{ rpm} \\ &\approx 2900 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega_r &= (1 - s) \times \omega_s \\ &= (1 - 0,033) \times 314 \\ &= 303,64 \text{ rad / s} \end{aligned}$$

Untuk harga *s* (*slip*) tertentu, impedansi dari motor maju (*forward*) adalah :

$$\begin{aligned} Z_F &= R_F + jX_F \\ &= \frac{(R_2 / s + jX_2) \times (jX_m)}{(R_2 / s + jX_2) + (jX_m)} \\ &= \frac{(25,84 / 0,033 + j17,12) \times (j280,96)}{(25,84 / 0,033 + j17,12) + (j280,96)} \\ &= \frac{(783,22 \angle 1,25^\circ) \times (280,96 \angle 90^\circ)}{837,85 \angle 20,84^\circ} \\ &= 262,64 \angle 70,41^\circ \\ &= 88,06 + j247,43 \Omega \end{aligned}$$

Impedansi rangkaian mundur (*Backward*) :

$$\begin{aligned} Z_B &= R_B + jX_B \\ &= \frac{[(R_2 / (2 - s) + jX_2)] \times (jX_m)}{[(R_2 / (2 - s) + jX_2)] + (jX_m)} \\ &= \frac{[(25,84 / (2 - 0,033) + j17,12)] \times (j280,96)}{[(25,84 / (2 - 0,033) + j17,12)] + (j280,96)} \\ &= \frac{(21,58 \angle 52,50^\circ) \times (280,96 \angle 90^\circ)}{298,37 \angle 87,50^\circ} \\ &= 20,32 \angle 55^\circ \\ &= 11,66 + j16,65 \Omega \end{aligned}$$

Arus stator motor induksi satu fasa :

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{V}{R_1 + jX_1 + 0,5Z_F + 0,5Z_B} \\ &= 1,33 \angle -64,30^\circ \text{ Amper} \end{aligned}$$

Power Faktor :

$$Pf = \cos(-64,30^\circ) = 0,43$$

Daya input motor induksi satu fasa :

$$\begin{aligned} P_{in} &= V \times I \times \cos\phi \\ &= 220 \times 1,33 \times 0,43 \\ &= 126 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Rugi daya gesekan forward :

$$\begin{aligned} P_{AG,F} &= I_1^2 \times (0,5 \times R_F) \\ &= 1,33^2 \times (0,5 \times 88,06) \\ &= 77,88 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Rugi daya gesekan backward :

$$\begin{aligned}
 P_{AG,B} &= I_1^2 \times (0,5 \times R_B) \\
 &= 1,33^2 \times (0,5 \times 11,66) \\
 &= 10,31 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Total rugi daya gesekan :

$$\begin{aligned}
 P_{AG} &= P_{AG,F} - P_{AG,B} \\
 &= 77,88 - 10,31 \\
 &= 67,57 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Daya konversi atau daya elektrik yang dikonversikan menjadi daya mekanis adalah :

$$\begin{aligned}
 P_{konv} &= (1 - s) \times P_{AG} \\
 &= (1 - 0,033) \times 67,57 \\
 &= 65,34 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Torka induksi :

$$\tau_{in} = \frac{P_{AG}}{\omega_s} = \frac{65,34}{314} = 0,2 \text{ N.m}$$

Karena rumitnya rangkaian ekivalen motor induksi satu fasa, dan juga karena motor tersebut umumnya di bawah 1 HP, maka dalam praktis rugi inti pada saat *start* sering diabaikan. Rugi gesekan dan angin bersama-sama dianggap sebagai rugi rotasi yang konstan sehingga daya output dari motor induksi :

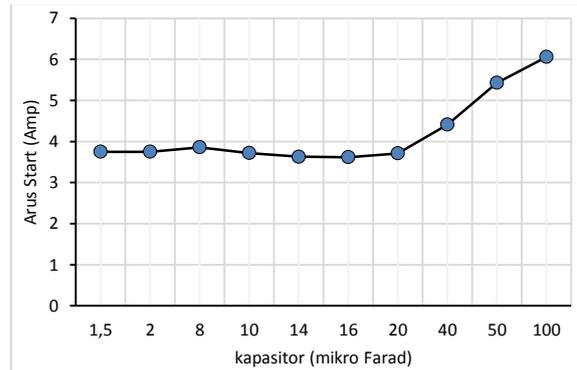
$$P_{out} = P_{konv} = 65,34 \text{ Watt}$$

Efisiensi motor induksi satu fasa:

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\
 &= \frac{65,34}{135,63} \times 100\% \\
 &= 0,50 \\
 &= 50\%
 \end{aligned}$$

### 1. Perubahan besaran kapasitor terhadap arus *start* motor induksi satu fasa

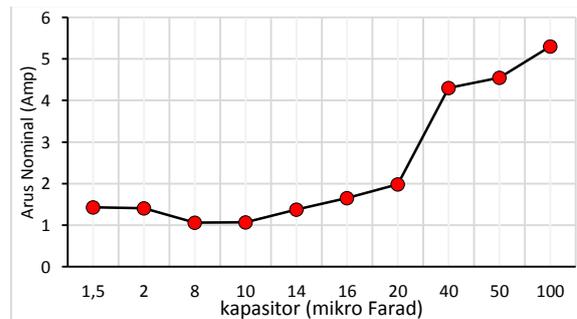
Dari hasil percobaan, perubahan beberapa besaran kapasitor terhadap arus *start* motor induksi satu fasa seperti pada tabel 1 diperoleh grafik seperti gambar 7.



Gambar 7. Grafik perubahan besaran kapasitor terhadap arus *start* motor induksi satu fasa

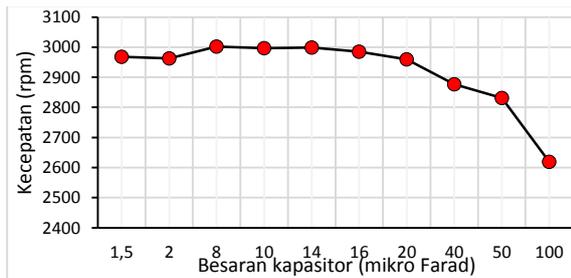
Nilai arus *start* motor induksi satu fasa dengan besaran kapasitor kondisi awal terpasang pada motor induksi satu fasa yaitu sebesar 8  $\mu$ F dengan arus *start*nya sebesar 3,83 Amper dan kecepatan rotor motor induksi satu fasa sebesar 3002 rpm. Apabila nilai kapasitor diperbesar menjadi 100  $\mu$ F maka diperoleh arus *start* sebesar 6,06 Amper dengan kecepatan rotor motor induksi satu fasa sebesar 2619 rpm.

Nilai arus nominal dari motor induksi satu fasa untuk besaran kapasitor sebesar 8  $\mu$ F adalah 1,06 Amper dan untuk besaran kapasitor 100  $\mu$ F, arus nominal sebesar 5,6 Amper dan bentuk grafik dari arus nominal motor induksi satu fasa terhadap perubahan besaran kapasitor seperti pada gambar 8.



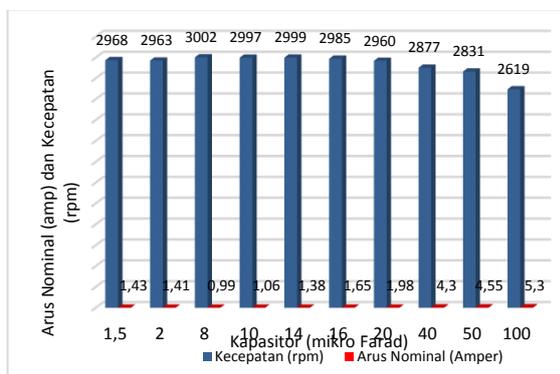
Gambar 8. Grafik perubahan besaran kapasitor terhadap arus nominal motor induksi satu fasa

Perubahan besaran kapasitor pada motor induksi ini, apabila besaran kapasitor diperbesar akan mengakibatkan arus nominal semakin besar dan kecepatan motor induksi satu fasa akan berkurang. Bentuk grafik kecepatan rotor motor induksi satu fasa dengan perubahan besaran kapasitor seperti gambar 9.



Gambar 9. Grafik perubahan besaran kapasitor terhadap kecepatan rotor motor induksi satu phasa

Bentuk grafik perbandingan arus nominal dan kecepatan rotor motor induksi satu phasa terhadap perubahan besaran kapasitor seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik perbandingan arus *start* dan kecepatan rotor motor induksi satu phasa untuk setiap perubahan besaran kapasitor

## 2. Perhitungan Besaran Kapasitor

Berdasarkan hasil perhitungan, bahwa arus pada kumparan stator dari motor induksi satu phasa adalah sebesar 1,33 Amper, sehingga untuk menentukan besaran kapasitor adalah :

$$C = \frac{1,33 \times 10^6}{2 \times 3,14 \times 50 \times 220} = 18,8 \mu F \approx 19 \mu F$$

Nilai kapasitor tersebut dibulatkan menjadi 20  $\mu F$ . Selanjutnya, berdasarkan hasil pengukuran pada tabel 1, terlihat bahwa untuk nilai kapasitor yang terpasang pada motor induksi satu phasa kondisi tanpa beban adalah 8  $\mu F$  diperoleh arus *start* 3,83 Amper dan dengan menggunakan kapasitor dengan besaran 20  $\mu F$  arus *start* sebesar 3,71 Amper. Bila dilihat dari arus *start*nya maka penggunaan besaran kapasitor yang nilainya arus *start*nya rendah adalah 20  $\mu F$  yaitu sebesar 3,71 Amper. Namun demikian, jika dilihat dari arus nominal (*saat running*) maka untuk penggunaan kapasitor dengan besaran 8  $\mu F$  arus nominalnya adalah 1,06 Amper, sedangkan untuk besaran kapasitor 20  $\mu F$ , arus nominalnya 1,98 Amper, sehingga dari arus nominal tersebut dipilih besaran untuk kapasitor 8  $\mu F$ . Secara umum, besaran kapasitor yang terpasang dan hasil perhitungan untuk motor induksi satu phasa memenuhi batasan yaitu 2  $\mu F$  sampai 20  $\mu F$ .

## 4. KESIMPULAN

1. Perubahan besaran kapasitor akan meningkatkan arus *start* motor induksi satu phasa yaitu untuk besaran kapasitor sebesar 8  $\mu F$  diperoleh arus *start*nya sebesar 3,83 Amper, kapasitor 20  $\mu F$  diperoleh arus *start*nya 3,71 Amper dan kapasitor 100  $\mu F$  diperoleh arus *start* sebesar 6,06 Amper.
2. Perubahan Arus nominal dari motor induksi satu phasa, untuk besaran kapasitor sebesar 8  $\mu F$  adalah 1,06 Amper, kapasitor 20  $\mu F$ , arus nominalnya sebesar 1,98 Amper serta kapasitor 100  $\mu F$ , arus nominal sebesar 5,6 Amper, sehingga perubahan besaran kapasitor pada motor induksi ini akan mengakibatkan arus nominal semakin besar. Dari arus nominal (*saat running*) pada motor induksi satu phasa, maka untuk penggunaan kapasitor tepat adalah kapasitor 8  $\mu F$ .

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atmam, 2012, *Penentuan Parameter Motor Induksi Tiga Phasa Tipe Sangkar*, Prosiding LPPM Unilak, LPPM Unilak.
- [2] Sumanto, 1989, *Motor Arus Bolak-Balik (Motor AC)*, Andi Offset.
- [3] Abdul Kadir, 1981, *Mesin Tak Serempak*, Penerbit Djambata.
- [4] Robby Fierdaus, 2013, *Pengaruh Bentuk Gelombang Sinus Termodifikasi (Modified Sine Wave) Terhadap Unjuk Kerja Motor Induksi Satu Phasa*, Jurnal Mahasiswa TEUB, Vol 1 No. 1.
- [5] Muhammad Andang Noviato, 2013, *Analisis Motor Induksi Satu Phasa dengan Metode Cycloconverter Berbasis Mikrokontroler AT89C51*, Jurnal Telkomnika, Vol. 5, No. 1,
- [6] Andry Nico Manik, 2013, *Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Motor Induksi Satu Phasa Split-Phase dan Motor Induksi Satu Phasa Kapasitor Start-Run dengan Menggunakan Matlab Simulink*, Jurnal Singuda Ensikom, Vol. 4 No. 2.
- [7] A.E. Fitzgerald, 2003, *Electric Machinery*, McGrawHill.
- [8] Stephen J. Champman, 2005, *Electric Machinery Fundamentals*, Mc Graw Hill.
- [9] Bhag S. Guru, 1988, *Electric Machinery and Transformers*, Harcourt Brace Javanovich Publisher.
- [10] Tony R. Kuphaldt, 2017, *Lessons In Electric Circuits*, diakses 4 Januari 2017, [https://www.ibiblio.org/kuphaldt/electricCircuits/AC/AC\\_5.html](https://www.ibiblio.org/kuphaldt/electricCircuits/AC/AC_5.html)
- [11] Lemau, 2011, *Single Phase Capacitor Sizing*, diakses 15 Mei 2016, <https://www.electric-neutron.com/electric-motor/single-phase-capacitor-sizing/>