

## SISTEM PENGENDALI ARUS START MOTOR INDUKSI PHASA TIGA DENGAN VARIASI BEBAN

Oleh :

Yusnita,<sup>1)</sup> Hendro Tjahjono<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Teknik Elektro UMSB - Bukittinggi

<sup>2)</sup> Teknik Elektro ISTN Jakarta

---

### Intisari

Penelitian ini dimaksudkan untuk memberikan suatu cara sederhana dalam mengendalikan arus start motor induksi 3-fasa. Penelitian ini dibantu oleh program komputer Matlab untuk menganalisa kinerja motor selama proses start dan operasi. Motor yang digunakan pada penelitian ini adalah motor induksi 3-fasa, 1500 W, 380 V, 4 kutup, 50 Hz and 1400 rpm. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa untuk mengendalikan arus start sebaiknya pada awal start motor diberi tegangan 26.32% dari tegangan nominalnya, kemudian dinaikan secara bertahap menjadi 69% and 100% dari tegangan nominalnya.

**Kata kunci :** arus start, torsi mekanik, tegangan awal start

### ABSTRACT

*This research is proposed to give a simple method in controlling inrush current of the three-phase induction motor. This research also use computer program of MATLAB to indicate the motor performance during starting and operating. The motor used in this research is three-phase induction motor by rated 1500 W, 380 V, 4 poles, 50 Hz and 1400 rpm. The results of this research showed that a good strategy to control inrush current by applying 26.32% of the nominal voltage for the first step starting, then increase to 69% and 100% for the second and the third step respectively.*

**Keywords:** inrush current, mechanic torque, starting voltage

---

### 1. Pendahuluan

Motor induksi 3-fasa bekerja berdasarkan medan elektromagnetik yang diinduksikan dari kumparan stator ke rotornya. Motor ini biasanya mempunyai arus start yang besar hingga mencapai beberapa kali lipat dari arus nominalnya. Oleh karena itu perlu dicari suatu cara untuk memperkecil arus start motor agar tidak mengganggu sistem yang berada di sekitarnya. Salah satu cara untuk melihat karakteristik motor saat start ini bisa dilakukan dengan menganalisa kondisi motor dengan beban yang bervariasi mulai dari kondisi beban rendah hingga kondisi beban maksimum yang membuat motor berhenti. Pada kondisi ini juga perlu dilakukan variasi tegangan start pada terminal motor agar diperoleh informasi yang akurat tentang pengaruh tegangan terminal ini terhadap arus start dan torsi start yang dihasilkan motor. Agar motor dapat dianalisa dengan tanpa merusak motor, maka motor dianalisa dengan bantuan program komputer Matlab.

#### 1.1. Rumusan masalah

Dari penjabaran pendahuluan dapat dirumuskan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana bentuk sistem pengendali arus start motor induksi 3-fasa agar diperoleh arus start yang kecil dalam mengoperasikan motor?
2. Berapakah besar tegangan start yang tepat agar motor dapat distart dengan baik dengan arus start yang rendah?

#### 1.2. Batasan masalah

Penelitian ini dibatasi dalam hal:

1. Motor yang dianalisa adalah motor induksi 3-fasa rotor sangkat, 380V, hubungan bintang, 1500 W, 1425 rpm, 4 kutup stator, 50 Hz.
2. Agar penelitian ini tidak merusak motor yang sedang diteliti, maka motor dianalisa dengan menggunakan program Matlab 5.3.
3. Untuk menvalidasi hasil penelitian, maka hasil program Matlab dicocokkan dengan hasil percobaan motor di labor

*Sistem Pengendali Arus Start Motor Induksi Phasa Tiga dengan Variasi Beban*

dengan mengoperasikan motor hanya sampai batas beban nominalnya

**1.3. Tujuan penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi dalam mengendalikan arus start motor induksi 3-fasa dengan cara memilih tegangan start yang tepat pada motor.

**2. Landasan Teori**

Motor induksi 3-fasa merupakan motor listrik yang bekerja berdasarkan perputaran medan elektromagnetik yang diinduksikan dari kumparan stator ke rotornya. Kecepatan putaran medan magnet ini dipengaruhi oleh frekuensi sumber yang masuk ke motor dengan mengacu ke persamaan (2.1) berikut.

$$N_s = 120 \cdot f / p \tag{2.1}$$

yang mana :

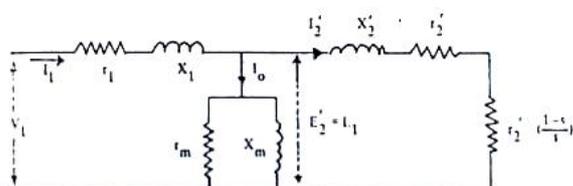
- f = frekuensi sumber AC (Hz)
- p = jumlah kutub yang terbentuk pada motor
- Ns = kecepatan putaran medan magnet stator (putaran/menit, rpm)

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

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \tag{2.2}$$

yang mana :

- s = slip
  - Nr = kecepatan putaran rotor pada motor
- Motor induksi 3-fasa dapat dianalisa berdasarkan rangkaian ekuivalen motor ini. Bentuk rangkaian ekuivalen ini perfasa diperlihatkan seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 2.1 Rangkaian ekuivalen motor induksi 3-fasa perfasa

yang mana:

- V1 = Tegangan sumber perfasa pada kumparan stator

- r1 = Resistansi kumparan stator
- x1 = Reaktansi Induktif kumparan stator
- r2' = Resistansi kumparan rotor dilihat dari sisi stator
- x2' = Reaktansi Induktif rotor dilihat dari sisi stator
- xm = Reaktansi magnet pada Motor
- rm = Resistansi magnet pada motor
- $\frac{r_2'}{s}(1-s)$  = Resistansi yang mewakili beban motor

- I1 = Arus kumparan stator
- I2' = Arus pada kumparan rotor dilihat dari sisi stator
- I0 = Arus Magnetisasi

Dari rangkaian ekuivalen motor gambar 2.1 dan dengan mengabaikan nilai rm (pendekatan untuk memudahkan analisa), kemudian dapat dibuatkan sebagai berikut.

$$Z_2' = \frac{r_2'}{s} + j \cdot x_2' \tag{2.3}$$

$$Z_1 = r_1 + j \cdot x_1 \tag{2.4}$$

$$Zp_2 = \frac{Z_2' \cdot j \cdot x_m}{Z_2' + j \cdot x_m} \tag{2.5}$$

$$Z_t = Z_1 + Zp_2 \tag{2.6}$$

Sehingga diperoleh yang masuk ke motor arus sebesar:

$$i_L = \frac{V_1}{Z_t} = I \angle \phi \tag{2.7}$$

Dari persamaan (2.7) terlihat bahwa arus sangat dipengaruhi oleh besarnya tegangan terminal motor induksi. Untuk selanjutnya dapat dihitung:

$$V_{AB} = V_1 - i_1 \cdot x \cdot Z_1 \tag{2.8}$$

$$i_2' = \frac{V_{AB}}{Z_2'} \tag{2.9}$$

$$P_{g(3\text{ fasa})} = 3x(i_2')^2 \cdot x \frac{r_2'}{s} \tag{2.10}$$

$$P_{in(3\text{ fasa})} = \sqrt{3} \cdot x \cdot V_{LL} \cdot x \cdot I_L \cdot \cos \phi \tag{2.11}$$

$$T_m = \frac{P_{g(3\text{ fasa})}}{\omega_s} \tag{2.12}$$

$$\omega_s = \frac{2 \cdot \pi \cdot N_s}{60} \tag{2.13}$$

yang mana:

*Sistem Pengendali Arus Start Motor Induksi Phasa Tiga dengan Variasi Beban*

$T_m$  = torsi mekanik yang dibangkitkan motor (Nm)

$\omega_s$  = kecepatan sinkron (rad/det)

$P_{g(3 \text{ fasa})}$  = daya melewati celah udara (W)

$P_{in(3 \text{ fasa})}$  = daya masukan motor induksi (W)

$I_L$  = arus masuk ke terminal motor (A)

$V_{LL}$  = tegangan antar fasa (V)

5	2,74	2,70	1,46
6	3,09	2,90	6,15
7	3,13	3,10	0,96
8	3,19	3,20	-0,31
9	3,31	3,40	-2,72
10	3,44	3,50	-1,74
11	3,68	3,70	-0,54

Perubahan tegangan sumber pada motor induksi 3-fasa akan mempengaruhi kinerja motor karena perubahan tegangan sumber ini akan mempengaruhi arus dan torsi pada motor sehingga akan merubah kecepatan motor. Perubahan kecepatan ini otomatis akan merubah slip pada motor. Hubungan perubahan slip terhadap perubahan tegangan ini diperlihatkan pada persamaan berikut.

$$s_2 = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^2 s_1 \quad (2.14)$$

Yang mana:

$s_2$  = slip saat terjadi perubahan tegangan

$s_1$  = slip saat kondisi beban penuh

$V_2$  = amplitudo tegangan saat terjadi perubahan tegangan (Volt)

$V_1$  = amplitudo tegangan nominal motor (Volt)

### 3. Metode Penelitian

Motor induksi yang menjadi objek penelitian adalah motor induksi 3-fasa, 1500 W, 380 V, hubungan Y, 3,6 A, 4 kutup, 50 Hz and 1400 rpm. Motor ini mempunyai data:  $R_1 = 4,7850 \text{ ohm}$ ,  $R'_2 = 4,2334 \text{ ohm}$ ,  $X_1 = X'_2 = 6,4316 \text{ ohm}$ ,  $X_m = 109,2456 \text{ ohm}$ . Untuk memudahkan analisa, motor ini kemudian dianalisa dengan menggunakan program Matlab.

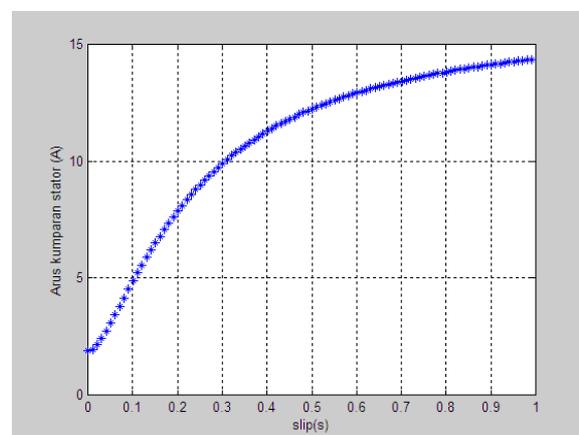
### 4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Sebelum motor dianalisa dengan menggunakan program Matlab, maka dilakukan validasi hasil pengukuran seperti tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data perbandingan hasil pengukuran arus motor induksi dengan hasil percobaan.

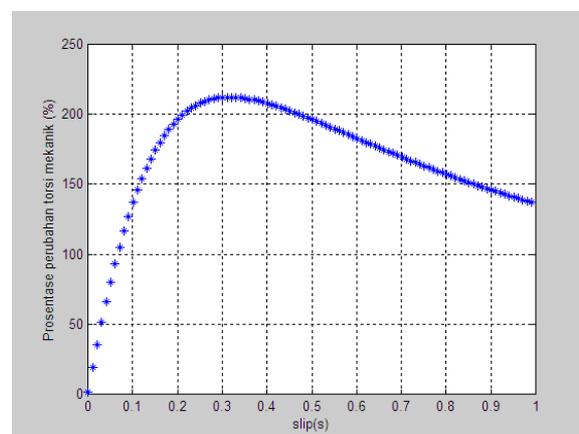
No.	$i_L$ (A) hitung	$i_L$ (A) ukur	% salah
1	1,94	1,90	2,06
2	2,01	2,00	0,50
3	2,32	2,20	5,17
4	2,52	2,40	4,76

Dari hasil percobaan dan pengukuran terlihat bahwa faktor kesalahan masih berada di bawah 10%, sehingga data parameter motor dapat digunakan untuk menganalisa kinerja motor. Dengan menggunakan program Matlab, maka diperoleh hasil seperti gambar 4.1 sampai dengan gambar 4.4.



Gambar 4.1 Pengaruh perubahan beban terhadap arus kumparan stator

Dari gambar 4.1 terlihat bahwa dengan semakin besarnya beban motor akan membuat arus motor semakin besar pula. Oleh karena itu terlihat di sini bahwa beban sangat mempengaruhi arus motor.

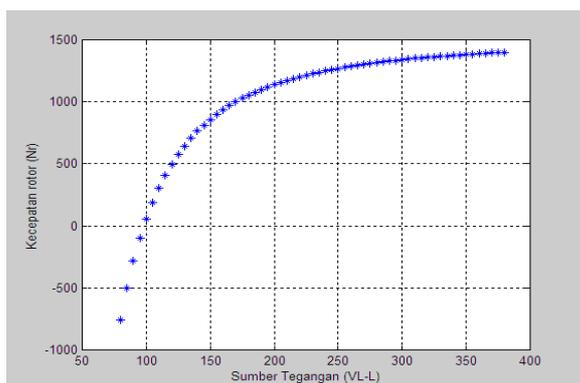


Gambar 4.2 Pengaruh perubahan beban terhadap torsi mekanik motor induksi

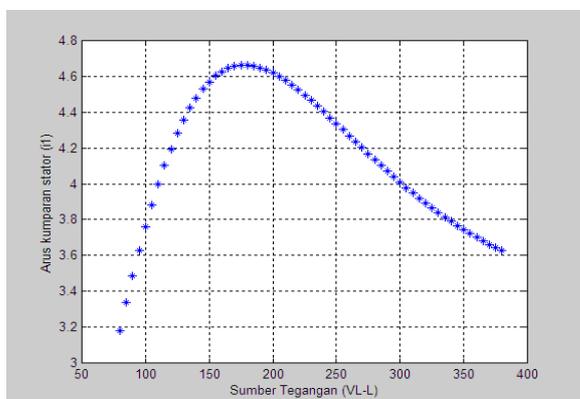
Dari gambar 4.2 juga terlihat bahwa torsi mekanik maksimum pada motor adalah sekitar 2,12 kali dari torsi mekanik saat beban penuh dan torsi start motor sekitar 136% dari torsi mekanik beban penuh. Dengan memperhatikan kondisi ini terlihat bahwa torsi start yang dihasilkan motor pada kondisi normal (tegangan sumber sebesar tegangan nominal) adalah sebesar 1,36 kali torsi mekanik motor saat beroperasi normal. Jika dilihat perbandingan tegangan terhadap torsi yang dihasilkan, maka diperoleh hasil:

$$V_s = \left(\sqrt{\frac{1}{2,12}}\right) \times V_n = 0,69 \times V_n \quad (4.1)$$

Jika divariasikan tegangan terminal motor induksi, maka diperoleh hasil karakteristik motor seperti gambar 4.3 dan gambar 4.4.



Gambar 4.3 Pengaruh perubahan tegangan terhadap kecepatan rotor motor induksi



Gambar 4.4 Pengaruh perubahan tegangan terhadap arus masukan motor induksi

Dari gambar 4.3 terlihat bahwa kecepatan motor di atas nol pada saat sumber tegangan 100 V yang bergerak pada kecepatan 56 rpm. Pada kondisi ini motor bergerak sangat lambat sekali. Bila ditinjau pengaruh perubahan sumber tegangan ini terhadap arus motor induksi, maka hasilnya diperlihatkan pada gambar 4.4. Dari gambar 4.4 ini terlihat bahwa arus pada tegangan 100 V sebesar 3,76 A. Kondisi ini memperlihatkan bahwa arus setelah motor bergerak dengan kecepatan 56 rpm masih melebihi arus nominalnya.

Jika kembali ke persamaan (4.1) terlihat bahwa tegangan awal start yang paling bagus untuk motor yang sedang diteliti adalah sebesar  $0,69 \times V_n = 0,69 \times 380 \text{ V} = 262,6 \text{ V}$ . Jika diinginkan motor bekerja lebih baik, maka sebaiknya motor distart dengan cara pemberian tegangan start secara bertahap yaitu pada tahap pertama motor diberi tegangan 100 V, kemudian tegangan motor dinaikkan menjadi 262,6 V dan selanjutnya baru diberi tegangan sumber sesuai dengan nominalnya sebesar 380 V. Kondisi ini dipilih karena bila tegangan start diperkecil lagi, motor tidak akan bisa bergerak.

## 5. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap motor yang diteliti, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Sebaiknya diberikan tegangan start secara bertahap dalam bentuk 3 tahap, mulai dari 26,32% dari  $V_n$ , kemudian dinaikkan menjadi 69% dari  $V_n$  (tahap ke dua) dan kemudian dinaikkan lagi menjadi 100% dari  $V_n$ .
2. Bila motor distart dengan kondisi beban yang berlebih, maka akan terjadi arus start yang lebih besar dengan respon kecepatan yang lambat dari rotor. Kondisi ini akan dapat memperpendek umur motor. Sedangkan bila motor distart pada beban yang lebih rendah dari beban nominalnya, maka arus start motor akan semakin kecil dengan respon kecepatan rotor yang cepat sehingga dapat memperpanjang umur motor.

**Daftar Pustaka**

1. Cowern, Ed, 2000, " Keep Up to Speed with Motor Terms ", *EC&M*, January, pp. 52-56.
2. Ghai, N. K., 1999 " IEC and NEMA Standards for Large Squarrel-cage Induction Motors-A comparison ", *IEEE Trans. on Energy Conversion*, 14 (3), pp. 545-552.
3. Kumar R. Srecrema, R Ramanujam and Jenkins L. HP Khincha, 1998," Induction motor modelling and interfacing technique for fast transient stability simulation, *IEEE Trans. on Energy Conversion*, (0-7803-4962-8/98), pp. 548 – 551.
4. Richardson, D. V. and Caisse, A. J. Jr., 1997, "*Rotating Electric Machinery and Transfomer Technology* ", Prentice-Hall, Inc., New Jersey.