

## ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN ARUS EKSITASI TERHADAP ARUS JANGKAR DAN FAKTOR DAYA MOTOR SINKRON TIGA FASA

**Elfizon**

### *Abstract*

*This paper aimed to analyze the effect of changing excitation current to the armature current ( $I_a$ ) and power factor ( $\cos \phi$ ) on 3-phase synchronous motor behavior.*

*This research was conducted in Electrical Energy Conversion Laboratory Department of Electrical Engineering FT-UNP with a limitation of the study as follows: Analysis of experiments based on the equipment available at the Electrical Energy Conversion Laboratory Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering, State University of Padang.*

*Results illustrate the excitation current changes affect the value of the armature current  $I_A$  synchronous motor when the load on variesikanp. Flow anchor has greater value when leading or lagging power factor. In Synchronous Motor with a load when the load increases and the excitation is given the same value, the armature current will be greater. Synchronous motor for different loads, it can be seen that when operating at the same power factor, excitation current at full load is greater than the excitation current at full load and half load of zero.*

**Keywords:** *synchronous motor, excitation current, armature current ( $I_a$ ), power factor ( $\cos \phi$ )*

### **PENDAHULUAN**

Motor sinkron tiga fasa adalah mesin listrik arus bolak-balik (AC) yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Sesuai dengan namanya, motor ini beroperasi pada sumber tegangan tiga fasa dimana kecepatan medan putar stator ( $N_s$ ) sinkron dengan kecepatan putaran pada rotornya ( $N_r$ ).

Ada dua sumber pembangkitan fluks pada motor sinkron tiga fasa yaitu sumber arus bolak-balik (AC) yang dihubungkan ke kumparan jangkar di stator dan sumber arus searah (DC) yang dihubungkan ke kumparan medan di rotornya sebagai medan penguat/eksitasi. Eksitasi ini dialirkan ke rotor melalui dua cara yaitu dengan sistem eksitasi tipe sikat (*brush-type excitation system*) dan sistem eksitasi tanpa sikat (*brushless excitation system*).

Tidak seperti halnya motor induksi yang selalu bekerja pada faktor daya lagging, motor sinkron dapat dioperasikan pada daerah faktor daya yang luas yaitu dari faktor daya lagging,

faktor daya unity dan faktor daya leading dengan pengaturan arus eksitasinya.

Ketika arus eksitasi pada rotor cukup untuk membangkitkan fluks yang diperlukan motor, maka stator tidak perlu memberikan arus magnetisasi atau daya reaktif dan motor bekerja pada faktor daya unity. Ketika arus eksitasi pada rotor kurang, stator akan menarik arus magnetisasi dari jala-jala sehingga motor bekerja pada faktor daya lagging. Sebaliknya bila arus eksitasi lebih, kelebihan fluks ini harus diimbangi dan stator akan menarik arus yang bersifat kapasitif dari jala-jala, sehingga motor bekerja pada faktor daya leading.

Motor sinkron dengan faktor daya leading ini dapat memperbaiki faktor daya pada suatu sistem. Berdasarkan penjelasan diatas, peneliti akan Menganalisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Arus Jangkar Dan Faktor Daya Motor Sinkron Tiga Fasa.

Motor sinkron tiga fasa adalah motor listrik arus bolak-balik (AC) yang putaran rotornya sinkron/serempak dengan kecepatan

medan putar statornya. Motor ini beroperasi pada sumber tegangan tiga fasa yang dihubungkan dengan kumparan jangkar di stator. Selain mendapat suplai tegangan tiga fasa, motor sinkron juga mendapat arus eksitasi/ arus medan dari sumber arus searah (DC) pada kumparan medan di rotornya.

Motor sinkron pada pengoperasiannya tidak dapat melakukan start awal (*self starting*). Oleh karena itu, motor sinkron tiga fasa membutuhkan penggerak mula (*prime mover*) untuk memutar rotor sampai pada kecepatan putar medan putar stator.

Perubahan beban pada motor sinkron tidak mempengaruhi kecepatan putar motor karena ketika motor bekerja, rotor akan selalu terikat atau terkopel secara magnetis dengan medan putar dan dipaksa untuk berputar dengan kecepatan sinkronnya sehingga motor sinkron biasanya digunakan pada sistem operasi yang membutuhkan kecepatan konstan dengan beban yang berubah-ubah.

Keuntungan lain dari motor sinkron adalah dapat digunakan untuk memperbaiki faktor daya sistem karena karakteristiknya pada saat eksitasi lebih. Stator akan menarik arus yang bersifat kapasitif dari jala-jala dan sehingga motor bekerja pada faktor daya leading

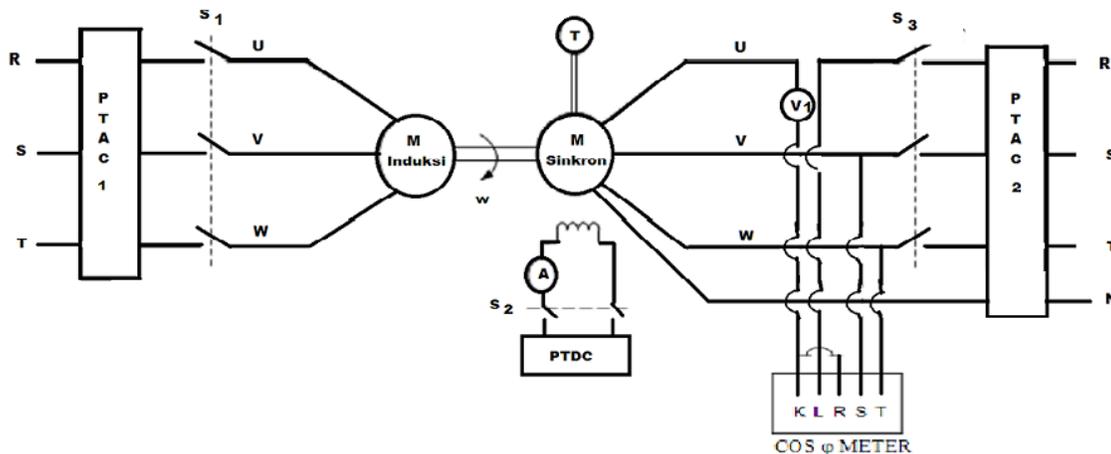
(leading). Hal ini akan dapat memperbaiki faktor daya pada sistem.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Listrik Jurusan Teknik Elektro FT-UNP dengan batasan penelitian sebagai berikut: Analisa percobaan berdasarkan peralatan yang tersedia pada Laboratorium Konversi Energi Listrik Jurusan Teknik Elektro FT-UNP, Tidak membahas mengenai pengaturan kecepatan motor sinkron dan Tidak membahas rugi-rugi motor sinkron tiga fasa

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengujian dan mengambil data di Labotatorium Konversi Energi Listrik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Adapun alur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- (1)Pengujian Beban Nol
- (2)Pengujian Hubung Singkat dan
- (3)Pengujian Berbeban Serta
- (4)Pengukuran tahanan jangkar. Pada pengujian diatas mesin Sinkron dioperasikan sebagai generator



Gambar 1. Rangkaian Pengujian Motor Sinkron

Penelitian ini dimulai dengan pengujian rangkaian pengujian beban nol motor sinkron sesuai prosedur percobaan. Pengolahan data pengujian dilakukan dengan matematis statistik menggunakan persamaan yang ada. Pada pengujian beban nol mesin sinkron sebagai generator dapat dilihat bahwa kenaikan tegangan terminal EA tidak linier terhadap kenaikan arus eksitasi IF karena adanya saturasi (kejenuhan) pada bagian besi magnetiknya.

Pada pengujian hubung singkat untuk setiap arus medan IF yang diberikan maka diperoleh arus hubung singkat IHS yang

condrung linier. Daya masuk (Pin) saat pengujian motor sinkron tiga fasa dengan beban nol dianggap sebagai rugi-rugi beban nol ditambah rugi-rugi gesek dan angin yaitu  $P_{nl} = P_{loss} = 450$  watt. Pada perhitungan tahanan jangkar RA akan diabaikan.

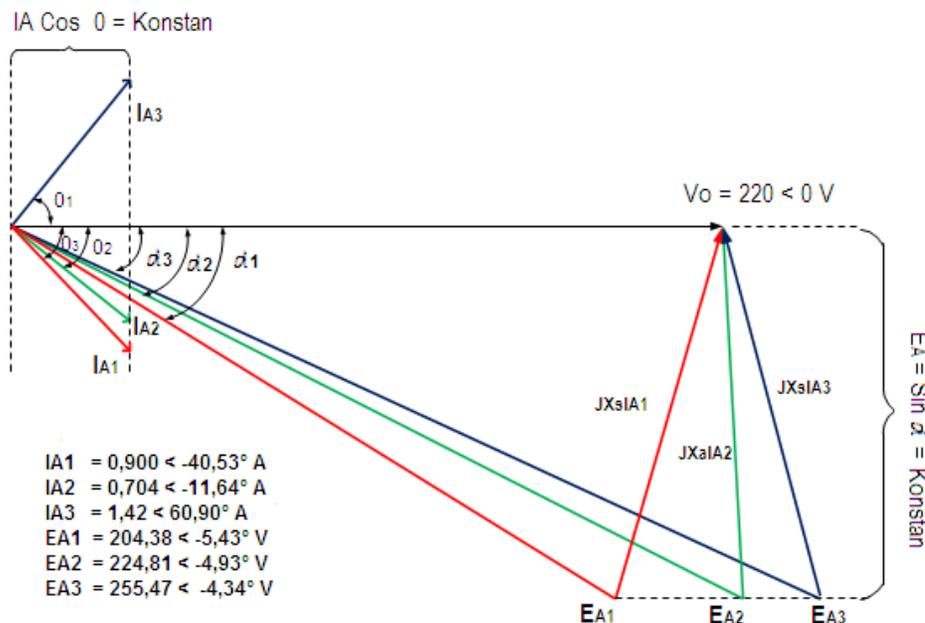
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh perubahan arus eksitasi terhadap arus jangkar dan faktor daya motor sinkron tiga fasa.

Tabel 1. Hasil Pengujian Motor Sinkron Beban Nol

IF (Ampere)	EA (Volt)	d	IA (Ampere)	Cos $\phi$
IF1 = 1,93	EA1 = 204,38	d1 = -5,43°	IA1 = 0,90	0,76 Lagging
IF2 = 2,12 (IF dinaikkan 10 %)	EA2 = 224,81	d2 = -4,93°	IA2 = 0,704	0,979 Leading
IF3 = 2,41 (IF dinaikkan 25 %)	EA3 = 255,47	d3 = -4,34°	IA3 = 1,42	0,486 Leading

Dari data perhitungan, maka dapat digambarkan fasor diagram pengaruh perubahan eksitasi terhadap arus jangkar dan faktor daya motor sinkron tiga fasa seperti gambar 2 berikut:

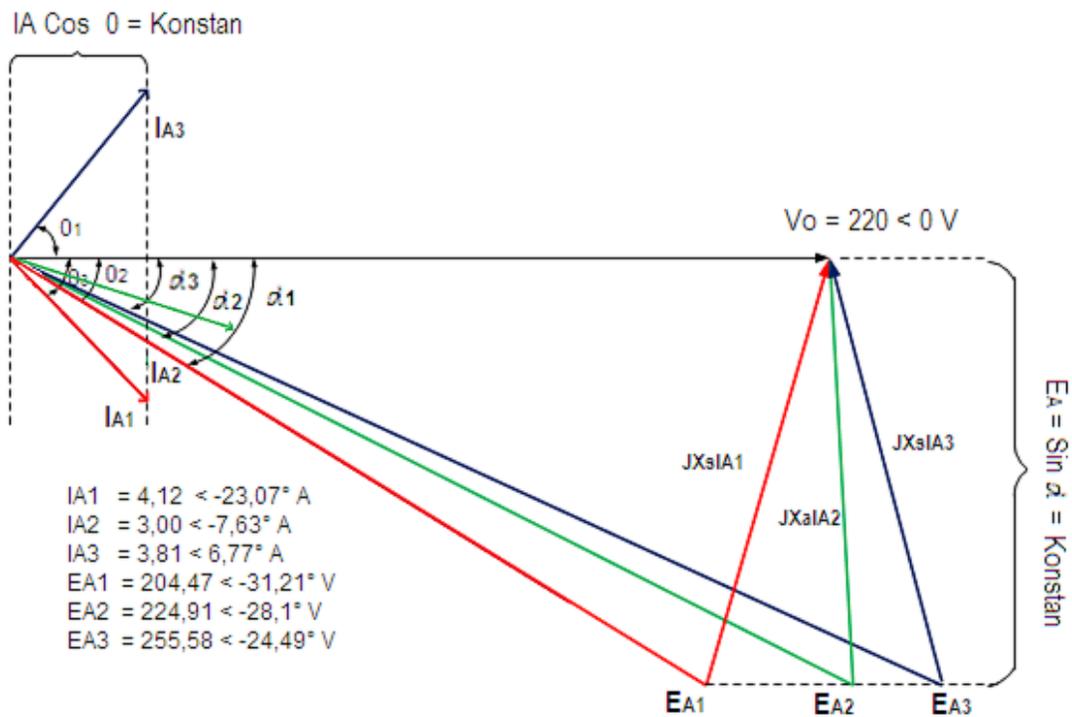


Gambar 2. Diagram Fasor Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Motor Sinkron Beban Nol

Tabel 2. Hasil Pengujian Motor Sinkron Setengah Beban Penuh

IF (Ampere)	EA (Volt)	d	IA (Ampere)	Cos $\phi$
IF1 = 2,08	EA1 = 204,47	d1 = -31,21°	IA1 = 4,12	0,92 Lagging
IF2 = 2,28 (IF dinaikkan 10%)	EA2 = 224,91	d2 = -28,10°	IA2 = 3,00	0,991 Lagging
IF3 = 2,6 (IF dinaikkan 25%)	EA3 = 255,58	d3 = -24,49°	IA3 = 3,81	0,993 Leading

Dari data perhitungan diatas, maka dapat digambarkan diagram fasor pengaruh perubahan eksitasi terhadap arus jangkar dan faktor daya motor sinkron tiga fasa pada daya konstan seperti ditunjukkan pada gambar 3 berikut ini:

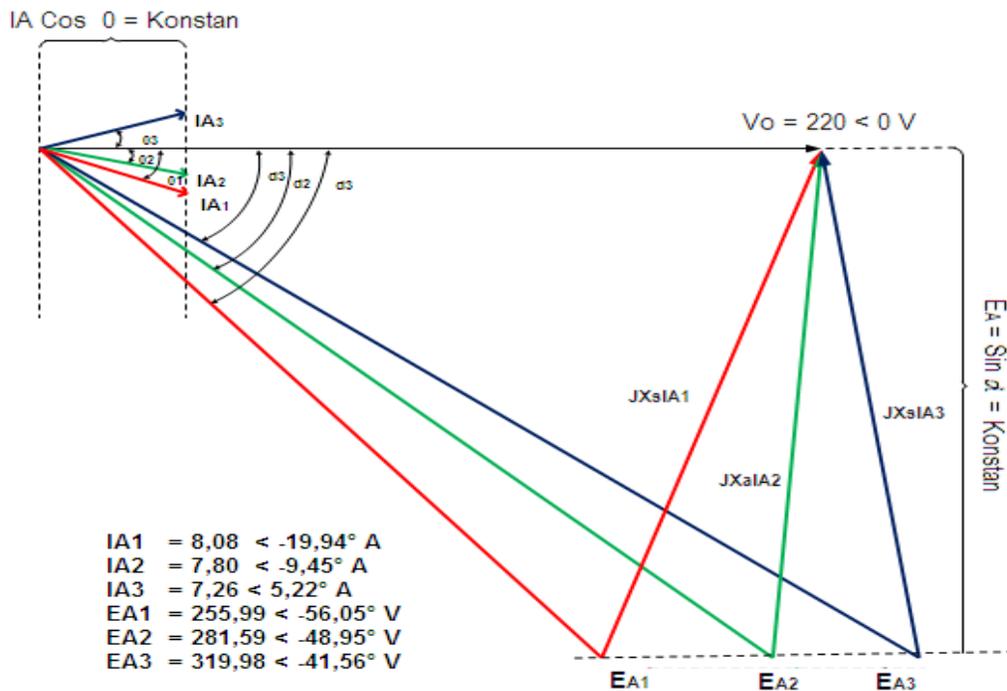


Gambar 3. Diagram Fasor Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Motor Sinkron Setengah Beban Penuh

Tabel 2. Hasil Pengujian Motor Sinkron Beban Penuh

IF (Ampere)	EA (Volt)	d	IA (Ampere)	Cos $\phi$
IF1 = 2,47	EA1 = 255,99	d1 = -56,05°	IA1 = 8,08	0,94 Lagging
IF2 = 2,52 (IF dinaikkan 10 %)	EA2 = 281,59	d2 = -48,95°	IA2 = 7,80	0,986 Lagging
IF3 = 2,86 IF dinaikkan 25 %)	EA3 = 319,98	d3 = -41,56°	IA3 = 7,62	0,995 Leading

Dari data perhitungan diatas, maka dapat digambarkan fasor diagram pengaruh perubahan eksitasi terhadap arus jangkar dan faktor daya motor sinkron tiga phasa pada daya konstan seperti ditunjukkan pada gambar 4 berikut:



Gambar 4. Diagram Fasor Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Motor Sinkron Beban Penuh

Dari data hasil pengujian, maka dapat digambarkan nilai arus jangkar IA untuk beban tertentu bervariasi terhadap perubahan arus eksitasi. Arus jangkar memiliki nilai lebih besar saat faktor daya lagging ataupun leading dan nilai minimum saat faktor daya unity.

Motor sinkron untuk beban yang berbeda, dapat dilihat bahwa ketika beban bertambah dan nilai eksitasi yang diberikan sama, maka arus jangkar akan semakin besar. Saat IF = 2,3 A diperoleh IA = 1,07 A pada beban nol; IA = 3,86 A pada setengah beban penuh; IA = 8,58 A pada beban penuh.

Jika beban pada poros dinaikkan, maka putaran rotor akan melambat (slow down) untuk sesaat, karena sudut kopel d akan semakin besar dan torsi induksi motor sinkron juga akan bertambah besar. Peningkatan kopel induksi ini akhirnya mempercepat putaran rotor dan motor kembali berputar pada kecepatan sinkronnya, tetapi dengan sudut kopel d yang lebih besar. Hal ini dapat diilustrasikan sebagai gandingan / kopling fleksibel yang memikul beban.

Apabila motor sinkron diberi eksitasi lebih, maka untuk mengkompensasi kelebihan fluks, dari jala-jala akan ditarik arus kapasitif. Karena itu motor sinkron (tanpa beban) yang diberi eksitasi lebih akan berfungsi sebagai kapasitor dan mempunyai kemampuan untuk memperbaiki faktor daya. Dari Kurva pashor motor sinkron untuk beban yang berbeda, dapat dilihat bahwa saat beroperasi pada faktor daya yang sama, arus eksitasi pada beban penuh lebih besar dari arus eksitasi pada setengah beban penuh dan beban nol. Saat motor beroperasi pada  $\cos \theta = 1$  diperoleh eksitasi IF = 2,08 A pada beban nol; IF = 2,48 A pada setengah beban penuh; IF = 2,95 A pada beban penuh.

Keuntungan terbesar motor sinkron adalah faktor dayanya dapat diatur dengan pengaturan arus eksitasi pada medan rotornya. Ketika arus eksitasi dinaikkan melebihi eksitasi normalnya (over-excitation), faktor daya, seperti terukur pada terminal motor menjadi leading karena motor sinkron dengan eksitasi lebih menghasilkan daya reaktif.

Dengan mengoperasikan motor sinkron pada faktor daya leading, faktor daya

sistem dapat ditingkatkan dan dapat memperbaiki jatuh tegangannya. Jika eksitasi kurang dari eksitasi normalnya (under-excitation), faktor daya motor menjadi lagging dan akan menarik daya reaktif dari sistem.

## PENUTUP

### Simpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perubahan arus eksitasi mempengaruhi nilai arus jangkar IA pada motor sinkron saat bebannya di variasikan. Arus jangkar memiliki nilai lebih besar saat faktor daya lagging ataupun leading. Pada Motor Sinkron dengan beban ketika beban bertambah dan nilai eksitasi yang diberikan sama, maka arus jangkar akan semakin besar. Motor sinkron untuk beban yang berbeda, dapat dilihat bahwa saat beroperasi pada faktor daya yang sama, arus eksitasi pada beban penuh lebih besar dari arus eksitasi pada setengah beban penuh dan beban nol.

### Saran

Penelitian yang telah dilakukan hanya membahas tentang pengaruh arus eksitasi dan factor daya terhadap motor sinkron sehingga masih dapat di lanjutkan serta dikembangkan untuk menganalisa pengaruh lainnya. Selain itu sebagai pengembangan keilmuan dalam khasanah menumbuhkembangkan wawasan ilmiah yang professional.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] Bimbira P. S., "*Electrical Machinery*", Khanna Publishers, New Delhi, 1975.
- [2] Chapman Stephen J., "*Electric Machinery Fundamentals*", 3rd Edition, Mc Graw – Hill Book Company, Singapore, 1999.
- [3] Guru Bhag S. & Hiziroglu R. Huseyin, "*Electric Machinery And Transformers*" Hartcourt Brace Jovanovich, 1988.

- [4] Lister Eugene C., “*Mesin dan Rangkaian Listrik*”, Edisi Keenam, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.
- [5] Murugesh K. Kumar, “*Induction and Synchronous Machines*”, Vikas Publishing House Ltd, New Delhi, 2000.
- [6] Thearaja B. L., “*A Teks-Book of Electrical Technology*”, Nurja Construction & Development, New Delhi, 1989.
- [7] Wildi Theodore, “*Electrical Machines, Drives And Power System*”, Prentice Hall International, Liverpool, 1983.
- [8] Wijaya Mochtar, “*Dasar-Dasar Mesin Listrik*”, Penerbit Djambatan, Jakarta, 2001.
- [9] Zuhail, “*Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*”, Edisi Ke-5, Gramedia, Jakarta, 1995.