

PENGUJIAN KEANDALAN MOTOR INDUKSI 3 FASA

Sriawan, Muhammad Khoiri (STTN)

ABSTRAK

PENGUJIAN KEANDALAN MOTOR INDUKSI 3 FASA. Keandalan motor induksi 3 fasa pada instalasi sistem tenaga adalah sangat penting agar pengoperasian sistem yang menggunakan motor-motor tersebut dapat berfungsi secara optimal dan aman. Tingkat keandalan motor dapat ditentukan dengan cara mengukur arus bocor dari lilitan ke kerangka motor kemudian ke tanah. Pengukuran dilakukan pada saat motor tidak beroperasi dan *supply* daya motor dalam kondisi dilepas. Arus bocor diukur dengan menerapkan tegangan tinggi dc secara bertahap pada tingkat tegangan 0 volt – 1500 volt. Setiap tingkat penerapan tegangan dilakukan pengukuran arus bocor menggunakan Micro Ampere Meter. Dari data-data arus bocor akan diperoleh kurva arus bocor sebagai fungsi tegangan tinggi dc yang diterapkan. Apabila diperoleh kenaikan kurva secara linier, maka motor dinyatakan masih andal, dan apabila kenaikan kurva secara radikal, motor harus diperiksa kembali. Dengan mengetahui tingkat keandalan motor, maka pengoperasian sistem yang terkait dengan motor-motor tersebut akan berfungsi secara optimal dan aman.

Kata kunci : keandalan, motor induksi

ABSTRACT

RELIABILITY TESTING OF 3 PHASE INDUCED MOTOR. *Motor reliability induce 3 phase at installation of energy system is importance so that system operation using the motor can function in an optimal and peaceful. Mount the determinable motor reliability by measuring leakage current from circumference to motor framework later, then to be ground. Measurement conducted at the time of motor do not operate and supply of motor energy is in a condition released. Measured leaky current by applying high voltage of dc step by step at storey tension 0 volt – 1500 volt. Every storey of tension applying conducted a leaky current measurement use the Micro of Metre Ampere. From leaky current data will be obtained a leaky current curve as high voltage function ac applied. If obtained a curve increase linearly, hence motor expressed steel reliable, and if curve increase radically, motor have to be reexamined. Given the storey of motor reliability, hence relevant system operation with the motor will function in an optimal and peaceful.*

Keywords : reliability, induced motor

PENDAHULUAN

Tingkat keandalan motor induksi 3 fasa pada instalasi sistem tenaga harus diketahui sejak motor akan dioperasikan, dan bahkan harus dilakukan pengukuran secara berkala. Hal ini perlu dilakukan oleh karena keandalan sistem terkait akan sangat ditentukan oleh beroperasinya motor. Keandalan sistem-sistem yang terkait dengan pengoperasian motor-motor tersebut akan berpengaruh pada produktivitas yang akan dicapai.

Tingkat keandalan motor yang dapat diketahui dengan cara melakukan pengukuran arus bocor pada lilitan motor menuju kerangka yang selanjutnya ke tanah, akan dapat meyakinkan suatu sistem terkait agar sistem tersebut dapat berfungsi secara optimal dan aman. Dengan berfungsinya sistem secara optimal dan aman, maka produktivitas yang baik akan dapat dicapai. Pengetesan tingkat keandalan

motor sebaiknya dilakukan sejak motor masih baru dan akan dipoperasikan, sewaktu motor selesai diperbaiki, dan dilakukan secara berkala.

Pada tulisan ini akan dibahas bagaimana cara menentukan tingkat keandalan motor-motor induksi 3 fasa pada instalasi tenaga.

DASAR TEORI

Masalah isolasi

1. Kualitas isolasi motor sangat dipengaruhi oleh perlakuan motor sewaktu pengvarnisan.
2. Kebocoran arus di dalam isolasi akibat kegagalan bahan isolasi dan atau kegagalan zat padat.
3. Bahan isolasi akan mengindikasikan seberapa jauh tingkat keandalan motor.

Kegagalan zat padat

Zat padat yang terdiri dari molekul-molekul, di dalam molekul terdapat atom-atom, dan di dalam atom terdapat elektron-elektron. Apabila pada zat padat diterapkan medan listrik E, maka zat padat tersebut akan mengalami tegangan listrik. Tegangan listrik adalah gaya yang bekerja pada suatu elektron yang mempunyai muatan sebesar 1 coulomb, sehingga :

$$\underline{F} = e \cdot \underline{E} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

\underline{F} = gaya yang bekerja pada elektron (N),

e = muatan elektron (C),

\underline{E} = kuat medan listrik ($\frac{N}{C}$).

Oleh karena e = 1 coulomb, maka :

$$\underline{F} = \underline{E} \dots\dots\dots(2)$$

Tekanan yang bekerja pada suatu zat padat sama dengan kuat medan listrik yang diterapkan

pada zat padat tersebut. Karena ada gaya yang bekerja pada elektron, maka timbul suatu kerja. Jika elektron bergerak sejauh dx, maka :

$$W = \int E dx \dots\dots\dots(3)$$

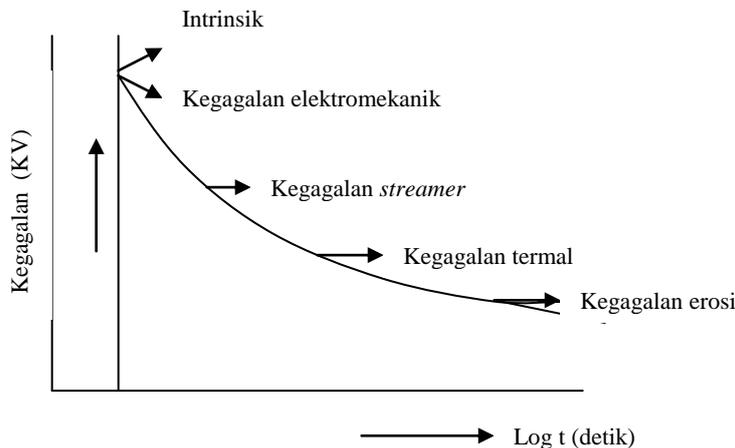
Usaha untuk memindahkan elektron dari A ke B sebesar :

$$\int_A^B E dx = -V_{AB} \dots\dots\dots(4)$$

Besar kuat medan atau tekanan listrik adalah :

$$E = - \frac{\partial V}{\partial x} \dots\dots\dots (5)$$

Jika kekuatan listrik lebih kecil dari pada tekanan listrik, akan terjadi kegagalan dalam zat padat tersebut. Kegagalan zat padat menurut waktu penerapan tegangan ditunjukkan pada Gambar 1⁽¹⁾.



Gambar 1. Kegagalan zat padat menurut waktu penerapan tegangan

Faktor-faktor yang mempengaruhi umur isolasi

1. Penuaan termal akibat dari efek-efek umur kumulatif.
2. Pemanasan berlebihan akibat beban lebih, suhu lingkungan tinggi, dan terbatasnya ventilasi.
3. Uap, minyak atau grease yang berlebihan.
4. Nyala api kimia.
5. Kontaminasi oleh bahan-bahan penghantar.
6. Tegangan berlebihan dari kejutan petir atau switching.
7. Kerusakan mekanik akibat dari hubung singkat atau arus inrush yang tinggi, vibrasi yang berlebihan karena kesalahan pada saat pelurusan atau pemasangan.

Pemeliharaan cegah

1. Pemeliharaan cegah yang efektif dapat memperkecil gangguan servis yang tidak diinginkan.
2. Uji inspeksi perawatan cegah yang seimbang didasarkan pada evaluasi sistem isolasi dengan

metode-metode uji yang efektif dan inspeksi visual, karena keandalan sistem listrik tergantung sebagian besar pada kondisi isolasi listrik.

Pengujian isolasi dengan tegangan tinggi dc Keuntungan-keuntungan penggunaan dc adalah :

1. Karena tegangannya adalah dc, maka dihasilkan arus pengisian yang kecil, sehingga peralatan menjadi lebih kecil.
2. Pengujian bersifat tidak merusak karena arus dimana peralatan dapat menghantarkan adalah kurang dari satu milliamper⁽²⁾. Tegangan diberikan secara bertahap, kegagalan dapat diramalkan sebelum terjadi dan pengujian dihentikan.
3. Pengujian dengan tegangan tinggi memantau tegangan yang diberikan dan arus kebocoran. Tahanan isolasi dapat dihitung dengan menggunakan Hukum Ohm.

Mengukur tahanan isolasi

1. Untuk peralatan yang vital pada operasi fasilitas atau instalasi, catatan tahanan isolasi harus disimpan.
2. Pembacaan tahanan isolasi diambil dengan megaohmmeter tegangan pada akhir 30 atau 60 detik⁽²⁾.
3. Tahanan isolasi dikoreksi ke suhu dasar untuk perbandingan.
4. Kecenderungan ke bawah di dalam pembacaan adalah peringatan kegagalan yang terjadi. Peralatan hendaknya diperiksa dengan seksama dan alasan tahanan isolasi yang rendah ditemukan.
5. Untuk mesin-mesin yang berputar, tahanan isolasi minimum yang direkomendasikan (R_m) dapat ditentukan dengan : $R_m = kV + 1$, dimana: R_m = tahanan isolasi minimum dalam $M\Omega$ pada suhu $40^\circ C$, dan kV = tegangan nominal mesin dalam kilovolt⁽²⁾. Suatu contoh sebuah motor induksi 380 volt *ac* sebaiknya mempunyai nilai tahanan isolasi minimum $1,38 M\Omega$ pada suhu $40^\circ C$, walaupun standar minimum $1 M\Omega$ per 1000 volt.
6. Satu metode tak merusak adalah mengukur tahanan pada tanah, dimana tahanan isolasi adalah ukuran arus kebocoran yang terjadi pada saat tegangan arus searah diberikan antara lilitan dan *frame* peralatan. Tegangan lebih *dc* harus cukup tinggi untuk menentukan lokasi kelemahan-kelemahan yang kemungkinan mengakibatkan kegagalan, tetapi hendaknya kurang dari nilai uji pabrik. Penuaan termal mengurangi kekuatan dielektrik dari isolasi. Tegangan uji pabrik yang ditetapkan adalah nilai *RMS*. Beda antara nilai puncak dan *RMS* harus dipertimbangkan. Nilai tegangan lebih *dc* yang dapat diberikan pada peralatan yang telah dioperasikan adalah :

$$dc \text{ Over Potential} = 0,6 \times \text{Uji Pabrik} \times 1,6$$

Faktor 0,6 menurunkan kualitas peralatan karena penuaan termal. Nilai 1,6 adalah rasio antara pengujian *ac* dan pengujian *dc*⁽²⁾. Setelah motor induksi 380 volt telah dililitkan kembali atau diperbaiki, dan ketahanan isolasi diketahui memuaskan, uji tegangan lebih *dc* dapat dilakukan. Nilai tersebut dihitung sebesar :

$$\text{Uji Pabrik} = (2 \times 380) + 1000 = 1760 \text{ volt.}$$

$$\text{Tegangan uji } dc = 0,6 \times 1760 \times 1,6 = 1690 \text{ volt.}$$

TATA KERJA

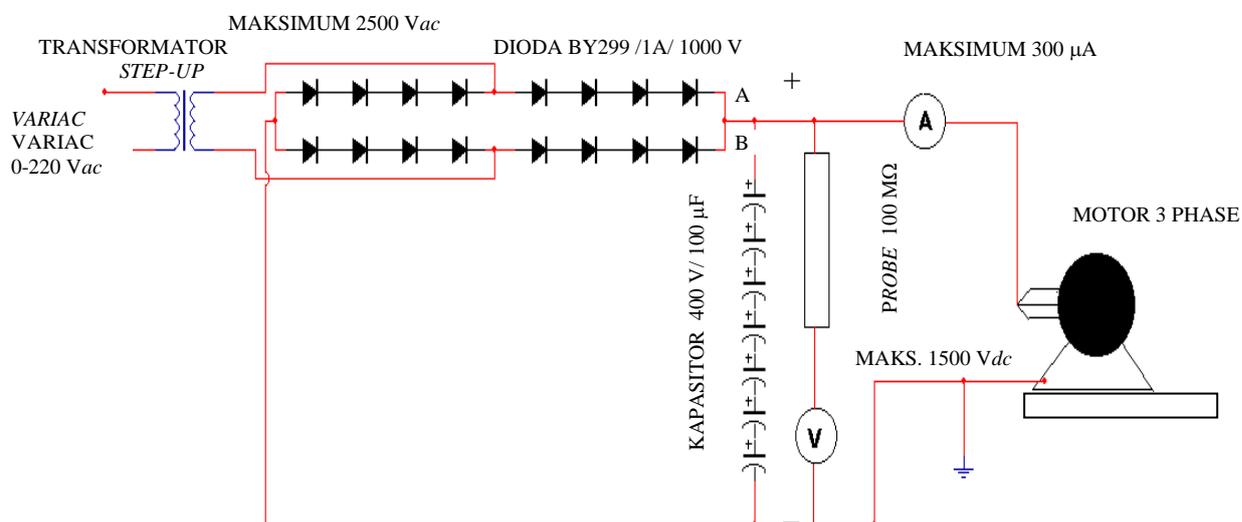
Sebagai langkah awal, cara menentukan tingkat keandalan motor-motor induksi 3 fasa, dibuat suatu rangkaian untuk pengetesan keandalan seperti terlihat pada Gambar 2.

Komponen-komponen yang diperlukan adalah :

1. Volt meter *dc*.
2. Mikro-ampere meter.
3. *Probe*.
4. Kabel-kabel.
5. Lampu indikator.

Kriteria pengujian alat

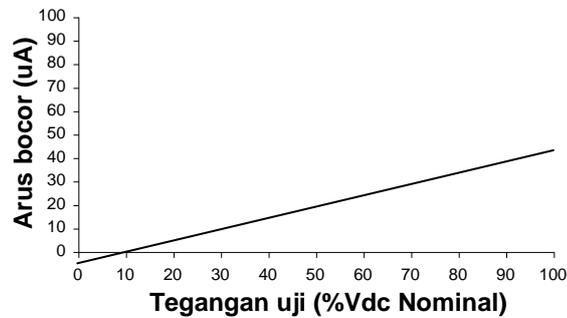
1. Pengujian alat ini dimaksudkan untuk mengetahui keberhasilan rangkaian alat yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.
2. Saat menguji tegangan tinggi *dc*, tegangan awal yang diberikan sepertiga dari nilai tegangan yang direkomendasikan.
3. Arus kebocoran dibaca setelah komponen pengisian arus diplot pada ujung masing-masing langkah.



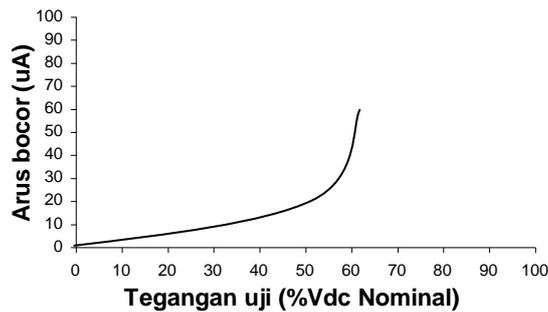
Gambar 2. Rangkaian catu daya alat test kebocoran arus lilitan motor

4. Lilitan pada kondisi yang baik, plot arus kebocoran terhadap tegangan yang diberikan dihasilkan suatu kurva mulus seperti mesin A, lihat Gambar 3a. Bila arus kebocoran memperlihatkan deviasi radikal seperti pada mesin B,

lihat Gambar 3b, maka ini dapat sebagai peringatan kemungkinan bocoran (didalan) bila tegangan ditingkatkan lebih lanjut⁽³⁾. Pengujian hendaknya dihentikan dan penyebabnya diselidiki.



Gambar 3a. Hasil uji Mesin A



Gambar 3b. Hasil uji Mesin B

Metode pengujian alat

Pengujian dilakukan dengan menyusun peralatan rangkaian catu daya alat uji seperti terlihat pada Gambar 2.

Cara menghubungkan mikro-ampere meter dan volt meter

Bila tegangan beban disebut IR , dan kerugian tegangan pada alat pengukur ampere adalah IR_a , maka tegangan yang diukur menjadi:

$$IR + IR_a = I(R + R_a)$$

Karena tahanan dalam pada alat pengukur sangat kecil jika dibandingkan dengan tahanan beban, maka tegangan pada alat pengukur diabaikan.

Prosedur pengujian alat⁽⁴⁾

1. Dibuat rangkaian seperti Gambar 1, kondisi *variatic* posisi 0 volt.
2. Pastikan bahwa catu daya motor 3 fasa telah dilepas.

3. Tiga ujung lilitan motor digabung jadi satu dan hubungkan ke alat uji.
4. Hubungkan kerangka motor ke alat dan ke tanah.
5. Pastikan bahwa semua peralatan telah siap, dan selama alat uji posisi ON tidak ada yang menyentuh peralatan dan motor.
6. ON-kan alat uji, amati meter tegangan dan arus.
7. Naikkan pelan-pelan *variatic* dan amati meter tegangan serta meter arus, hentikan setelah meter tegangan menunjuk 100 volt, catat tegangan dan arus.
8. Ulangi langkah nomor 7 agar diperoleh tegangan 200 V, 300 V, dan seterusnya hingga diperoleh tegangan maksimum dengan catatan penunjukan arus masih lebih kecil daripada 250 μ A. Apabila penunjukan meter arus telah mencapai 250 μ A, maka penaikan tegangan harus dihentikan.
9. Untuk mengakhiri pengujian alat harus memperhatikan langkah-langkah berikutnya.

10. Turunkan *variac* sampai minimum, OFF-kan alat uji, dan cabut catu daya ke *variac*.

PERHATIAN : Walaupun alat uji sudah dalam posisi OFF dan catu daya *variac* sudah dicabut, agar diperhatikan bahwa tegangan tinggi *dc* 1500 volt masih tersimpan pada rangkaian!

HASIL DAN PEMBAHASAN

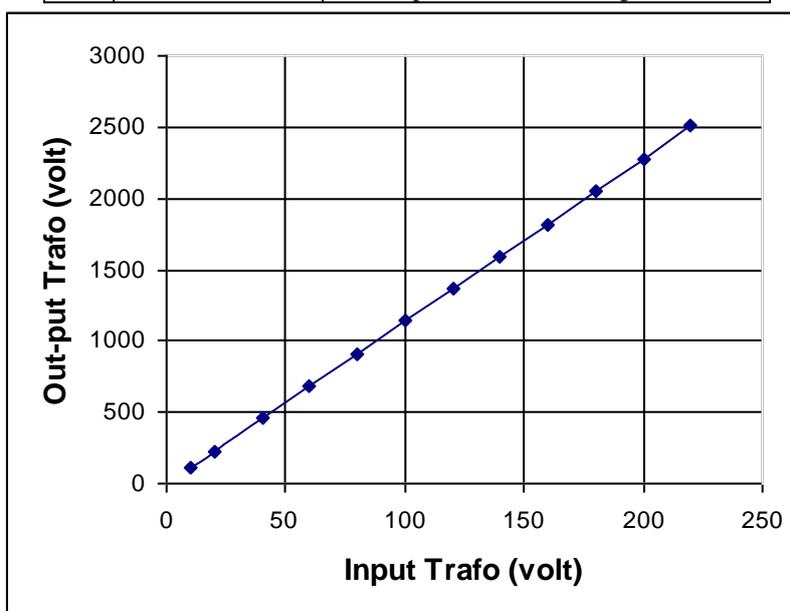
Dilakukan dua macam pengujian, yaitu pengujian transformator, dan pengujian rangkaian alat uji. Metode yang dilakukan adalah melihat tampilan volt-meter, tampilan mikro-ampere meter, dan mencatat besar tegangan yang diterapkan serta besar arus bocor dari lilitan ke tanah. Penekanan pada pengujian ini hanya memastikan alat yang telah dibuat mampu bekerja untuk menguji kebocoran arus lilitan motor pada instalasi tenaga.

Hasil pengujian transformator

Dengan melihat dan mencatat tampilan meter, maka diperoleh hasil pengujian seperti terlihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat dibuat kurva seperti terlihat pada Gambar 4. Untuk pengukuran tegangan *output* pada tegangan *input* 100 volt sampai dengan 220 volt, selain diukur dengan multimeter dilakukan juga dengan peramalan luar menggunakan program *Matlab* 6.5. Peramalan luar ini dilakukan untuk menghitung nilai tegangan keluaran dengan analisis regresi. Pada peramalan luar ini ditentukan bentuk *trend* linear, sehingga digunakan persamaan model, yaitu: $y = a + bx$, dimana *a* dan *b* adalah koefisien, *x* adalah variabel bebas, dan *y* adalah variabel tak bebas. Dari Gambar 4 diketahui bahwa transformator yang telah dibuat dapat berfungsi untuk menaikkan tegangan, yaitu dari tegangan 0-220 volt menjadi tegangan maksimum 2500 volt.

Tabel 1. Hasil Pengujian Transformator

No.	Tegangan <i>input</i> (volt)	Tegangan <i>out-put</i> (volt)
1.	10	115
2.	20	230
3.	40	455
4.	60	682
5.	80	910
6.	100	1136 (peramalan luar dengan Matlab)
7.	120	1363 (peramalan luar dengan Matlab)
8.	140	1590 (peramalan luar dengan Matlab)
9.	160	1817 (peramalan luar dengan Matlab)
10.	180	2044 (peramalan luar dengan Matlab)
11.	200	2271 (peramalan luar dengan Matlab)
12.	220	2498 (peramalan luar dengan Matlab)



Gambar 4. Kurva hasil pengujian transformator

Hasil pengujian rangkaian alat uji ⁽⁴⁾

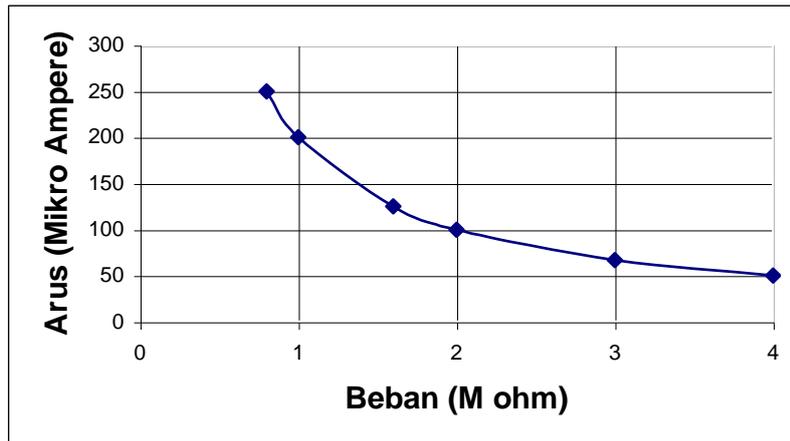
Pengujian rangkaian terdiri dari 3 langkah, yaitu:

1. Dilakukan kalibrasi mikro-ampere meter.
2. Pengujian rangkaian alat uji.
3. Uji kebocoran arus lilitan motor.

Pengujian rangkaian alat dibatasi hanya sampai pada keluaran tegangan arus searah sebesar 1500

volt. Hal ini dimaksudkan agar tegangan ini dapat digunakan sebagai pembatas maksimum pengujian motor induksi 3 fasa di Indonesia ⁽⁵⁾.

Hasil kalibrasi mikro-ampere meter seperti terlihat pada Gambar 5. Dari kurva tersebut dapat disimpulkan, bahwa semakin tinggi nilai tahanan terpasang, maka semakin rendah nilai arus bocor yang lewat beban.



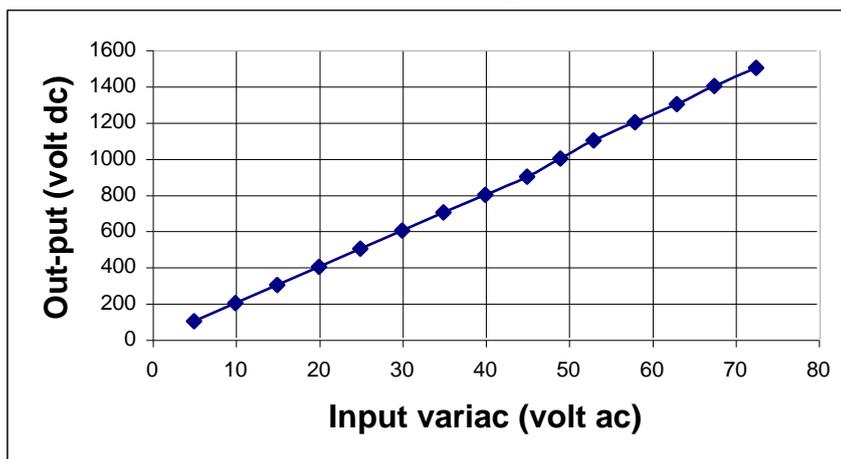
Gambar 5. Kurva hasil kalibrasi mikro-ampere meter

Hasil pengujian alat uji

Pengujian alat uji yang dilengkapi dengan dua macam volt meter ini, dimaksudkan agar dapat sebagai pembanding sehingga diperoleh hasil mendekati kebenaran. Dua macam volt meter tersebut adalah :

1. Volt meter sebagai acuan (yang dianggap benar) Merk: Sanwa, type/nomor seri: YX-360 TR/326609.
2. Volt meter yang dikalibrasi, Merk: Sanwa, type/nomor seri: YX – 360 TR_E/SG.

Dari pengujian alat diperoleh hasil seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva hasil pengujian alat uji kebocoran

Dari kurva pada Gambar 6 dapat disimpulkan, bahwa semakin besar penerapan tegangan *input variac* (Vac), terjadi kenaikan tegangan *output* secara linear. Hal ini sangat diharapkan agar apabila alat ini digunakan untuk

pengujian arus bocor akan diperoleh hasil yang baik.

Hasil uji kebocoran arus lilitan motor induksi 3 fasa

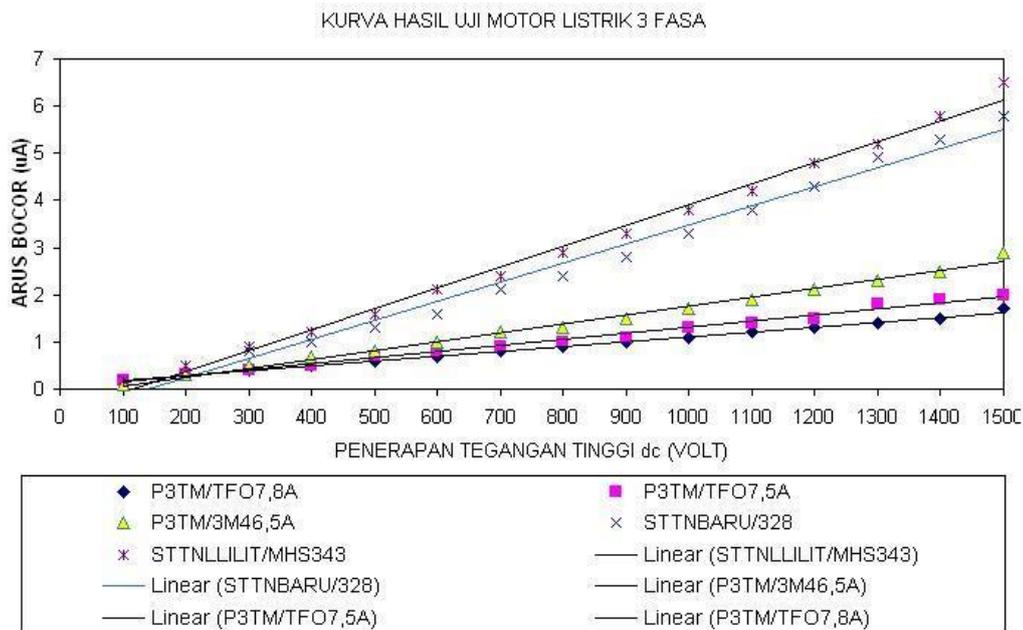
Selama penelitian telah dilakukan pengujian 5 buah motor induksi 3 fasa. Hasil uji kebocoran arus lilitan motor tersebut, terlihat pada Gambar 7.

Pengujian pertama, dilakukan terhadap motor baru yang berada pada Lab Praktikum Listrik STTN. Dari hasil pengujian diketahui bahwa arus bocor pada lilitan adalah kecil, yaitu maksimum 5,8 μA . Tahanan isolasi dari motor dapat dihitung dengan menggunakan cara berikut :

$$R_{\text{isolasi}} = \frac{V}{I} = \frac{1500}{5,8 \times 10^{-6}} = 259 \text{ M}\Omega$$

Kenaikan arus bocor sebagai fungsi penerapan tegangan uji terlihat linear (lihat Gambar 7), maka motor ini secara teori dinyatakan motor yang baik dan andal untuk dioperasikan sesuai persyaratan pada *name-plate*.

Kurva hasil pengujian kebocoran arus lilitan motor listrik 3 fasa kedua, ketiga, keempat, dan kelima ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil pengujian kebocoran arus lilitan motor listrik 3 fasa

KESIMPULAN

Setelah dilakukan pembuatan alat, pengujian alat uji kebocoran arus lilitan motor induksi 3 fasa, dan dilakukan pengukuran arus bocor lilitan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk menentukan tingkat keandalan motor, dapat dilakukan dengan membuat alat sederhana yang telah teruji.
2. Hasil pengujian motor induksi 3 fasa dengan alat yang dibuat, dapat digunakan untuk menentukan besar tahanan isolasi lilitan motor.
3. Dengan penerapan tegangan tinggi dc secara bertahap dan dilakukan pengukuran arus bocor lilitan motor, maka tingkat keandalan motor induksi 3 fasa dapat ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Munandar, A, A, TEKNIK TEGANGAN TINGGI SUPLEMEN, Ghalia, Indonesia, 1982.
2. MAINTENANCE TESTING, Westinghouse, 1982.

3. B.M. Tareev, MATERIALS FOR ELECTRICAL ENGINEERING, Higher School Publishing House Moscow.
4. Sriawan, Pembuatan Alat Uji Kebocoran Arus Lilitan Motor Pada Instalasi Tenaga, STTN, Yogyakarta 2005.
5. Soelaiman, MHD, Mabuchi Magarisawa, MESIN TAK SEREMPAK DALAM PRAKTEK, PT. Pradnya Paramita Jakarta, 1995.

DISKUSI

Penanya : R. Indrawanto

Pertanyaan :

Bagaimana kualitas motor pompa primer

Jawaban :

Kualitas pompa pendingin primer di RSG belum dilakukan pengukuran arus bocor, karena alat yang dibuat di berikan STTN untuk praktikum mahasiswa. Kami merencanakan membuat alat lagi untuk digunakan di PRSG agar bisa untuk pengujian motor-motor pompa primer dan sekunder dll.

