



Pengujian Standar Mutu Pada Perbaikan Motor Traksi 130 Kw PT. Pindad (Persero) Bandung

Rizal Amri, Ilham Akbar Darmawan*

Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang

**Email: ilham.ad@untirta.ac.id*

Abstrak

Proses rewinding adalah proses penggulangan kumparan pada stator dan rotor kembali, ketika kumparan yang terbakar tidak dapat dipakai kembali, maka akan dipotong sehingga perlu dibuat kembali dengan kawat yang baru. Dalam proses ini diperlukan ketelitian yang tinggi karena jika dalam menghitung dan memasang kumparan tidak sesuai dengan yang dibutuhkan maka motor akan berkerja abnormal dan harus dililit ulang kembali. Jenis-jenis rewinding ada 2 yaitu rewinding stator dan rewinding rotor Penelitian ini bertujuan 1). Mengetahui masalah kerusakan yang terjadi pada Motor Traksi 130 KW. 2). Mengetahui proses perbaikan pada masalah yang terjadi pada Motor Traksi 130 KW. 3). Mengetahui pengujian mutu atau kualitas pada Motor Traksi 130 KW. Metode penelitian yang digunakan yaitu wawancara dan observasi. Hasil yang diperoleh adalah hasil investigasi Motor Traksi 130 KW LRT (Palembang), kemudian dilakukan incoming test yang dilakukan oleh fungsi QA meliputi; pengukuran tahanan konduktor, pengukuran tahanan isolasi, dan pengujian tegangan tinggi DC 3.2 Kv hold 1 minute. pada proses perbaikan Motor Traksi 130 KW ini melalui beberapa tahapan atau scope pengerjaan diantaranya yaitu Penggantian winding stator (Rewinding), Proses VPI, Uji tegangan tinggi, Balancing ulang rotor, dan Running test atau final test. Untuk mengetahui pengujian mutunya sendiri secara keseluruhan dapat dilihat pada proses running test atau final test tersebut karena pada saat proses final test sendiri akan dilakukan kembali pengetesan pengukuran konduktor, pengukuran tahanan isolasi, dan pengujian tegangan tinggi. Pengetesan ini membandingkan hasil yang di dapat dari incoming dengan hasil yang sudah melalui tahap perbaikan atau rewinding dan menyamakan hasil yang sudah melalui tahap rewinding dengan standar atau perhitungan yang sudah di tentukan oleh engineering sejak awal.

Kata kunci: Investigasi, proses perbaikan, pengujian .

Abstract

The rewinding process is the process of winding the coil on the stator and rotor again, when the burned coil cannot be reused, it will be cut so that it needs to be made again with new wire. In this process high accuracy is needed because if calculating and installing the coil does not match what is needed then the motor will work abnormally and must be re-wrapped again. There are 2 types of rewinding, rewinding stator and rewinding rotor. This study aims 1). Investigate the problem of damage that occurs in the 130 KW Traction Motor. 2). Knowing the process of repairing the problems that occur in the 130 KW Traction Motor .. 3). Knowing quality testing or quality on a 130 KW Traction Motor. The research method used is interviews and observation. The results obtained are the results of a 130 KW LRT Traction Motor investigation (Palembang), then an incoming test conducted by the QA function includes; conductor resistance measurements, insulation resistance measurements, and DC high voltage testing 3.2 Kv hold 1 minute. in the 130 KW Traction Motor repair process through several stages or scope of work including the replacement of the winding stator (Rewinding), the VPI Process, high voltage test, rotor balancing, and running test or final test. To find out overall quality testing itself can be seen in the running test or final test process because during the final test process itself will be tested again conductor measurements, insulation resistance measurements, and high voltage testing. This test compares the results obtained from incoming with the results that have been through the stage of repair or rewinding and equate the results that have been through the rewinding stage with the standard or calculation that has been determined by engineering from the beginning.

Keywords: Investigation, repair process, testing.

PENDAHULUAN

PT. Pindad (Persero) merupakan industri pertahanan negara yang bukan hanya bergerak dalam industri militer tetapi juga bergerak pada bidang komersial diantaranya yaitu mesin-mesin listrik khususnya mesin listrik berputar seperti motor dan generator, proses pembuatan (produksi) maupun perbaikan (jasa). Maka dari itu, kesempatan yang sangat baik penukis dapat menggali ilmu pengetahuan khususnya di bidang mesin listrik berputar di PT. PINDAD (Persero). Pada bidang jasa PT. PINDAD juga menerima jasa untuk perbaikan mesin listrik seperti Motor Traksi 130 KW LRT (Palembang).

Motor Listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor mengangkat bahan dan lain-lain di industri dan juga pada peralatan listrik rumah tangga (seperti : mixer , bir listrik, kipas angin dan lain-lain). (Iskandar & Djuanda, 2017 : 44)

Motor listrik terdiri dari bermacam-macam jenis dan motor induksi merupakan salah satu macamnya, motor induksi merupakan motor listrik yang dapat digolongkan menurut fasenya yaitu motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Sedangkan menurut jenis rotornya, motor induksi dapat dibedakan menjadi motor induksi sangkar tupai dan motor induksi rotor lilit. Sebuah motor induksi mempunyai dua bagian yang penting yaitu stator dan rotor, serta di antara keduanya terdapat celah udara (air gap). Untuk memperbaiki efisiensi maka celah udara dibuat sempit tetapi tidak terlalu sempit, karena dapat menimbulkan kesulitan mekanis. (Sugiyantoro, Haryono, & Farqadain, 2012 : 44)

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul tegangan induksi dan karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor.

Pada bagian stator terdapat beberapa slot

yang merupakan tempat kawat (konduktor) dari tiga kumparan yang masing – masing berbeda fasa dan menerima arus dari tiap fasa tersebut yang disebut kumparan stator. Stator terdiri dari plat – plat besi yang disusun sama besar dengan rotor dan pada bagian dalam mempunyai banyak alur yang diberi kumparan kawat tembaga yang berisolasi. Jika kumparan stator mendapatkan suplai arus tiga fasa maka pada kumparan tersebut akan timbul flux magnet putar. Karena adanya flux magnet putar pada kumparan stator, mengakibatkan rotor berputar karena adanya induksi magnet dengan kecepatan putar rotor sinkron dengan kecepatan putar stator. (Zuhail, 1991 : 68)

Proses rewinding adalah proses penggulungan kumparan pada stator dan rotor kembali, ketika kumparan yang terbakar tidak dapat dipakai kembali, maka akan dipotong sehingga perlu dibuat kembali dengan kawat yang baru. Dalam proses ini diperlukan ketelitian yang tinggi karena jika dalam menghitung dan memasang kumparan tidak sesuai dengan yang dibutuhkan maka motor akan berkerja abnormal dan harus dililit ulang kembali.

KAJIAN PUSTAKA

Alur Rewinding Motor

Berikut alur rewinding motor yang digunakan pada motor traksi:

1. Impulse Test

Tujuan dilakukan impulse test khususnya pada stator coil adalah untuk meyakinkan bahwa kualitas isolasi antar turn dalam keadaan baik, selain itu dilakukan untuk meyakinkan bahwa coil satu dengan lainnya hampir serupa atau memiliki karakteristik yang relatif sama.

Metode impulse test untuk coil testing, test voltage, dan interpretasi dari hasil test berdasarkan pada standar berikut:

- 1) IEC 60034-15 (2009): Besarnya level tegangan pengujian impulse yang hendak diujikan pada coil stator untuk mesin berputar AC (AC rotating machines).
- 2) IEEE Std. 522 (2004): Langkah-langkah atau petunjuk (guide) untuk melakukan pengujian isolasi antar turn yang hendak diujikan pada coil stator untuk mesin berputar AC (AC rotating machines).

Impulse test dapat dilakukan sebelum dan sesudah coil berada pada stator, terminal sumber daya dihubungkan pada kedua terminal coil. Jika dalam kondisi sudah terpasang pada slot stator, ground kan badan stator.

Skema pengujian impulse test sebelum insert sebagai berikut:

Tegangan uji ditentukan beberapa persamaan berikut:

1. Berdasarkan IEC 60034-15 :

$$\text{Tegangan uji} = 0.5 * 0.65 * (4 + 5kV) \dots\dots\dots(15)$$

2. Berdasarkan IEEE Std.522 :

$$\text{Tegangan uji} = 0.7 * 3.5 * * \dots\dots\dots(16)$$

Boleh jadi dari kedua persamaan diatas menghasilkan hasil yang berbeda, maka kita pilih dengan bijak. Kita dapat memilih tegangan uji dengan hasil yang paling kecil dari kedua persamaan diatas, atau memilih tegangan uji dengan hasil yang paling besar, atau di dalam rentang hasil kedua persamaan diatas.

Acceptance criteria (kriteria diterima/kriteria lolos uji) dari impulse test baik berdasarkan IEC 60034-15 atau IEEE Std.522 adalah dengan kita mengamati kurva yang dihasilkan. Lolos atau tidak pengujian ini adalah dengan perbandingan dua hasil pengujian, yang harus ditekankan adalah bagaimana memilih coil pembanding yang digunakan sebagai referensi. Karena alasan inilah, impulse test dikenal juga sebagai dengan comparison test.

Waktu paruh pulsa (gelombang) respon dari pemberian impulse pada coil atau istilah sederhananya adalah bentuk gelombang yang dihasilkan pada resistansi dan reaktansi coil itu sendiri. Itu artinya secara praktiknya bergantung pada panjang dari coil dan jumlah turn coil tersebut.

Coil dengan kondisi isolasi antar turn yang kurang baik atau terjadi breakdown pada saat pengujian impulse berarti bahwa terdapat short circuit antar turn, hal ini menyebabkan resistansi dan induktansi kawat berkurang karena seolah ada dua rangkaian yang paralel terhadap sumber daya pengukuran. Jika demikian maka bentuk gelombang yang terbaca pada scope akan berubah, waktu paruh menjadi

lebih cepat dengan osilasi sinyal yang tinggi dan kasar. Sinyal impulse yang diberikan harus memiliki berada pada nilai 0.1 dan 0.2 μ s.

2. High Voltage Test

High Volt Test atau yang lebih dikenal dengan High Potensial Test (HiPot test) merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui atau menguji ketahanan isolasi terhadap potensial listrik. Terdapat dua jenis HiPot test, yaitu AC HiPot test dan DC HiPot test. Pada dasarnya kedua HiPot test ini sama saja, dalam arti bahwa jika dilakukan prosedur AC HiPot test kemudian lulus uji maka dapat dipastikan lulus uji DC HiPot test begitu pula sebaliknya, dengan catatan bahwa prosedur pengujian terutama bagian pemberian tegangan uji dilakukan dengan benar. AC HiPot test memiliki beberapa kelebihan diantaranya tegangan tersebar merata diseluruh bagian yang di test mulai dari coil hingga badan stator akibat pergantian polaritas (sinyal AC) sehingga tidak memberikan tekanan pada komponen resistif saja tapi juga membagi daya dengan komponen reaktif, dampaknya adalah kecil kemungkinan winding/coil mengalami partial breakdown (kerusakan di beberapa bagian winding/coil). Kelebihan lain adalah setelah winding diuji tidak penting lagi melakukan discharge karena daya umumnya tidak dapat tersimpan dalam bentuk AC sehingga relatif aman (walaupun lebih aman untuk tetap melakukan discharge device, hanya jika lupa atau terlewatkan tidak menjadi masalah).

DC HiPot test memiliki beberapa kelebihan diantaranya proses pengujian lebih efisien karena rugi-rugi yang terjadi pada winding/coil hanya rugi-rugi dielektrik saja akibat reaktansi pada keadaan DC=0. Kelebihan lainnya adalah mudah melakukan pengukuran arus bocor karena parameter arus real dapat diukur, sehingga arus bocor dapat dicari dari total besar daya yang hilang dikurangi dengan rugi-rugi dielektrik.

Tegangan uji HiPot test telah diatur dalam standar yaitu standar IEEE 432 dan IEEE 95. Pada IEEE 95 dikemukakan bahwa besarnya tegangan breakdown pada DC HiPot test 1.7 kali lebih tinggi dibandingkan dengan AC HiPot test sehingga secara otomatis tegangan

uji DC HiPot test harus 1.7 kali lebih besar dibandingkan tegangan uji AC HiPot test. Pada IEEE 432 dikemukakan bahwa untuk keperluan keamanan dari kenaikan tegangan (over voltage) yang biasanya dapat mencapai 125% maka dapat diberikan faktor keamanan sebesar 1.25 pada tegangan uji, sehingga faktor keamanan ini dapat dipenuhi maka akan didapatkan motor dengan kualitas maksimum.

Persamaan-persamaan Tegangan Uji coba HiPot test up adalah sebagai berikut:

- 1) AC HiPot test tanpa factor keselamatan
= $(2 *) + 1kV)$(17)
- 2) DC HiPot test tanpa factor keselamatan
= $[(2 *) + 1kV] * 1.7$(18)
- 3) AC HiPot test dengan factor keselamatan
= $[(2 *) + 1kV] * 1.25$(19)

3. Resistance Test

Besarnya resistansi yang biasa diukur dalam winding stator adalah resistansi coil dan resistansi isolasi. Berikut penjelasan keduanya.

1. Coil Resistance Test

Mengukur resistansi coil bertujuan untuk mengetahui seimbang atau tidaknya aliran arus pada ketiga fasanya, jika seimbang maka resistansi yang dihasilkan dari ketiga fasanya akan sama. Dengan besar arus yang sama pada ketiga fasanya maka besar MMF (magnetomotive force) yang dihasilkan ketiga fasanya pun akan sama, sehingga berdampak pada putaran motor (rotor) yang baik dan seimbang pada seluruh bagian stator tiga fasa tersebut.

Multimeter salah satu alat ukur yang dapat digunakan untuk Coil Resistance test, dengan catatan bahwa multimeter harus mampu membaca nilai resistansi dengan orde yang kecil.

Untuk mendapatkan nilai resistansi coil dalam mode Y connection three phase, pasang alat ukur pada terminal fasa satu ke fasa lain, sementara terminal satu fasa sisanya dibiarkan tidak terhubung apapun, contoh skema pengukuran digambarkan seperti berikut.

Berdasarkan skema diatas, kita tempatkan ohm meter (multimeter) pada terminal A-B maka akan kita dapatkan resistansi

coil fasa-fasa V-W, lakukan untuk U-V dan

U-W. Sehingga dengan sedikit substitusi kita akan dapatkan nilai resistansi coil masing-masing fasa.

Jika terdapat permasalahan pada hasil pengukuran, misalkan saja resistansi ketiga fasa sangat berbeda tidak seimbang maka coba untuk melakukan inspeksi, mungkin terjadi hal berikut:

Hubung singkat coil dengan core stator.

Hubung singkat coil fasa dengan fasa yang lain.

Hubung singkat coil fasa dengan fasa itu sendiri dalam satu group yang tidak sesuai dengan desain awal.

Dimensi coil tidak sama baik panjang, lebar, berat, atau bahan yang digunakan.

Sambungan coil per group pada proses connecting kurang baik.

2. Insulation Resistance Test

Mengukur resistansi isolasi yang dilakukan berdasarkan tegangan kerja motor, hasil yang didapat kemudian dibandingkan dengan standar yang ada akan menggambarkan kondisi coil.

Mengukur resistansi isolasi menggunakan alat khusus bernama Mega-Ohm Meter atau di industri biasa disebut 'megger', alat ini pada prinsipnya sama dengan Ohm-Meter biasa, namun lebih sensitif dalam membaca arus yang sangat kecil karena resistansi yang diukur memiliki orde yang besar berkisar (Mega) bahkan (Giga), sesuai dengan yang dijelaskan dalam hukum ohm bahwa resistansi berbanding terbalik dengan arus.

Jika tahanan isolasi yang terukur lebih rendah daripada standar maka kemungkinan besar terjadi kerusakan pada bagian isolasi utama, dapat diperiksa apakah:

1. Lapisan isolasi kawat seperti enamel atau daglas terbakar atau rusak.
2. Coil motor lembab/basah, kotor, atau berdebu.
3. Untuk pengukuran yang sudah terpasang dan saling terhubung (telah dilakukan connecting antar group) kurang baik terkoneksi.
4. Salah memberikan tegangan uji pada lapisan isolasi.

Pengukuran tahanan isolasi terdapat dalam standar IEEE 43-2000, berikut prosedur pen-

gukuran tersebut:

1. Buka semua koneksi terminal motor, sebisa mungkin lepas semua koneksi di terminal. Bersihkan sambungan terminal sikat perlahan untuk membersihkan terminal.
2. Lepas dan ground kan semua instrumen yang terpasang di motor (misal: winding thermostat, kapasitor, voltage transformer, dll) karena dapat dipengaruhi tegangan megger.
3. Pilih tegangan injeksi megger yang diberikan saat pengetesan berdasarkan tabel berikut:

Keterangan: Tegangan adalah tegangan fasa-fasa untuk motor 3 fasa, atau fasa-ground untuk motor 1 fasa.

Tabel 1. Tegangan Uji Insulation Resistance Test

<i>Winding Voltage</i>	<i>IR DC Voltage Applied</i>
<1000	500
1001 – 2500	500 – 1000
2501 – 5000	1000 – 2500
5001 – 12000	2500 – 5000
>12001	5000 – 10000

4. Lakukan pengukuran isolasi antar fasa-fasa, dan fasa-ground dengan lama pengukuran 1 menit. Dapat diambil terminal pengujian sebagai berikut:

Fasa#1-Fasa#2 =U1-V1	Fasa#1-Ground=U1-Ground
Fasa#1-Fasa#3=U1-W1	Fasa#2-Ground=V1-Ground
Fasa#2-Fasa#3=V1-W1	Fasa#3-Ground=W1-Ground
5. Hasil pengukuran isolasi minimum harus memenuhi nilai sebagai berikut:

Tabel 2. Standar Hasil Pengukuran *Insulation Test*

<i>Min Insulation Resistance at 1 Min</i>	<i>Winding Being Tested</i>
kV + 1 MegOhms	Most winding made before 1970
100 MegOhms	Form wound stators after 1970
5 MegOhms	Random wound stators under 1,000 Volts after 1970

4. Distributed Winding In AC Machine (Distribusi Lilitan pada Mesin AC)

Konstruksi dari stator winding pada mesin AC pada dasarnya sungguh rumit. Normalnya stator mesin AC terdiri dari beberapa coil dari setiap fasanya, terdistribusi di sepanjang slot yang berada di sekeliling permukaan dalam dari stator. Untuk mesin berukuran besar, pada setiap coil terdiri dari beberapa turn. Antar turn terisolasi satu sama lain dengan conductor insulation dan juga terisolasi dari bahan stator itu sendiri.

Selain mesin listrik dengan ukuran yang sangat kecil, stator coil umumnya dibentuk menjadi double-layer winding. Tujuannya adalah untuk semakin memperbesar nilai tegangan nominal yang dapat diterima coil tersebut. Pada bentuk double-layer ini sering didengar istilah full-pitch winding dan fractional-pitch winding atau sering disebut chorded winding. full-pitch winding artinya stator coil memiliki stretch diameter sama dengan pole-pitch nya. Pole-pitch sendiri merupakan jarak sudut angular (angular distance) antara dua buah pole yang berdekatan.

Pada distribusi full-pitch winding mesin dua fasa, terdapat empat coil setiap fasanya (a, b, dan c). Untuk setiap coil yang berfasa sama dan ditempatkan berdekatan biasa dinamakan phase belt atau phase group. Karakteristik full-pitch winding yaitu angular distance dari pole pitch sama dengan stretch diameter coil.

5. No Load Test

No Load Test dari sebuah motor induksi digunakan untuk mengukur rotational losses dari sebuah motor dan mendukung informasi mengenai arus magnetisasi. Rangkaian pengujian dari no load test digambarkan pada skema berikut. Digunakan dua buah wattmeter, sebuah voltmeter, dan tiga buah amperemeter terhubung pada sebuah motor induksi yang dibiarkan berputar bebas. Daya yang dikonsumsi oleh motor ini merupakan daya akibat gesekan dan rugi-rugi gesek angin (windage losses), intinya pada saat no load, daya yang dikonsumsi merupakan mechanical losses.

Dalam no load test ini bisa didapat beberapa informasi dengan beberapa perkiraan untuk kemudian dilakukan penyerderhanaan pada rangkaian ekuivalen, atau dengan beberapa hasil pengukuran.

Perkiraan dan penyederhanaan yang biasa dilakukan seperti ini. Slip motor induksi biasanya sangat kecil, maka dengan perkiraan kecilnya slip ini resistansi yang berhubungan dengan mechanical losses $(1-s)/s$ tadi jauh lebih besar dari pada dengan rotor copper losses dan jauh lebih besar dibandingkan dengan reaktansi rotor, sehingga rangkaian ekuivalen dapat disederhanakan.

Output resistansi (mechanical losses resistance) tadi parallel dengan reaktansi magnetisasi yaitu reaktansi yang digunakan untuk membuat medan magnet agar motor dapat berputar, dan core losses.

Pada motor dengan kondisi no load, daya input yang diukur harus sama dengan losses di motor. Rotor copper losses diperkirakan dapat diabaikan dengan asumsi diatas, dan dihasilkan rangkaian ekuivalensi baru hasil perkiraan tersebut. Jika dengan pengukuran didapat nilai resistansi coil dan stator, maka tentu bisa didapatkan nilai stator copper losses sebesar:

$$P_{SCL} = 3I_1^2 R_1$$

Sehingga dengan demikian daya input harus sama dengan:

$$P_{in} = P_{SCL} + P_{Core} + P_{F\&W} + P_{misc}$$

Dengan *mechanical losses* (rotational losses):

$$P_{ROT} = P_{Core} + P_{F\&W} + P_{misc}$$

Maka didapat nilai pastinya:

$$P_{ROT} = P_{in} - P_{SCL}$$

Adapun jika nilai daya input tidak didapat dari hasil pengukuran, dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_{in} \sqrt{3} X V_L X I_1$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Hasil Investigasi Motor Traksi LRT (Palembang)

- 1) Dilakukan incoming test oleh fungsi QA adapun test yang dilakukan:
 - Pengukuran tahanan konduktor
 - Pengukuran tahanan isolasi
 - Pengujian tegangan tinggi DC 3.2 kV hold 1 minute
- 2) Dilakukan pembongkaran motor (disassembly), setelah dilakukan pembongkaran ditemukan beberapa temuan beberapa temua diantaranya:
 - Ditemukan cacat isolasi dibagian winding stator sisi DE
 - Ditemukan massa balancing yang terlepas dari dudukan massa balancingnya. Dilihat dari bekas dudukan, masa balancing harusnya ada 3 buah.
 - Jadi jumlah seluruh masa balancing yang terlepas ada 3 buah, 1 buah terjatuh dibagian winding, 1 buah menempel pada shaft, 1 buah menempel dan terbakar pada bagian output, baud pengunci masa balancing yang terlepas tidak ditemukan..
 - Grease untuk pelumasan bearing sudah tercampur debu.
 - Terdapat cacat pada bagian kipas (fan) rotor.
 - Ditemukan bekas gesekan pada bagian roda gigi.
 - Setelah ENDSHILED bagian DE dibuka ditemukan 1 buah massa balancing menempel pada bagian output winding, dan ditemukan salah satu output wind-

ing terbakar.

- Setelah ENDSHILED bagian NDE dibuka dan dibersihkan ditemukan bahan isolasi berwarna hitam menutup bagian belokan end winding, dugaan awal seperti bekas diperbaiki, tetapi setelah isolasi hitamnya dibuka tidak terlihat cacat pada winding tersebut.
- Terdapat cacat didalam ENDSHILED bagian DE diakibatkan massa balancing yang lepas.

Pembahasan dan analisis

1. Over current terjadi akibat putaran yang tertahan oleh massa balancing yang terlepas dariudukannya di bagian rotor sehingga menghambat putaran rotor.

2. Massa balancing terlepas disebabkan oleh tidak adanya baud pengunci massa balancing.

Scope pengerjaan rewinding stator

- Penggantian winding stator (Rewinding)
- Proses VPI
- Uji tegangan tinggi
- Balancing ulang rotor
- Running test

2. Hasil Incoming Test Oleh Fungsi QA

Incoming Test merupakan salah satu rangkaian pengetesan yang dilakukan oleh divisi QA dimana ketika motor listrik yang dalam kondisi rusak akan melalui Incoming Test atau tes awal kedatangan motor listrik tersebut. Tes ini dilakukan diawal karena untuk mengetahui apa saja masalah yang terdapat pada motor listrik tersebut dan berikutnya memberikan tindakan perbaikan yang tepat dan melakukan pengujian kembali apakah motor tersebut sudah benar dan sesuai dengan kriteria yang ada.

Adapun hasil Incoming Test pada Motor Traksi 130 KW adalah sebagai berikut:

1. INSULATION RESISTANCE TEST

Acceptance Criteria	
•	Minimum insulation Resistance 100 MΩ (For most winding Built after 1970 IEEE 43-2000)

Tabel 4. Hasil Insulation Resistance Test

NO	ITEM	INSULATION RESISTANCE
1	Main Stator:	771 MΩAT 500VDC
	a. 1-BODY	
	b. 2-BODY	
	c. 3-BODY	

2. CONDUCTOR RESISTANCE TEST

Acceptance Criteria	
•	Conductor Resistance maximum 2% different between phases

Tabel 5. Hasil Conductor Resistance Test

NO	ITEM	CONDUCTOR RESISTANCE
1	Main Stator:	25.6 mΩ
	a. 1-2	
	b. 1-3	
	c. 2-3	25.9 mΩ

3. HIGH VOLTAGE DC TEST

High Voltage DC test : 3,2 kV DC

Time : 1 Minute

Arus : 0,1 mili Ampere

3. Penggantian winding stator (Rewinding)

Proses rewinding yaitu dilakukannya penggantian lilitan dan penggantian bantalan (bearing), prosesnya dimulai dari incoming test lanjut ke tahap pembongkaran dan penggantian belitan motor. Setelah proses rewinding dilanjutkan pada tahap pengujian akhir motor sebelum dikembalikan kepada konsumen untuk meyakinkan bahwa motor sudah layak beroperasi. Pengujian akhir ini adalah tahapan terakhir dari proses setelah motor induksi 3 fasa di rewinding. Dalam tahapan akhir ini, pengujian dilakukan untuk menentukan kemampuan motor tersebut apakah sudah sesuai dengan tujuan akan dilakukan apabila motor telah selesai dirakit dan dipasang seluruh komponennya. pada proses rewinding dilakukan oleh divisi produksi artinya diluar

dari fungsi QA.

4. Proses VPI

Proses VPI dilakukan dengan cara memasukkan stator ke dalam vessel, kemudian ditutup rapat dan dilakukan beberapa proses:

a. Vacuum

Udara didalam vessel termasuk didalamnya stator yang telah melewati proses pre-heating, di vacuum hingga mencapai tekanan 0.002 bar. Tujuannya adalah menghilangkan uap air dan meminimalisi void didalam lapisan impregnasi resin, sehingga dapat meningkatkan performansi isolasi.

b. Pressure

Setelah stator didalam vessel dalam kondisi vacuum, resin dimasukan kedalamnya sehingga merendam seluruh bagian stator (impregnation). Setelah proses impregnasi ini, didiamkan beberapa saat agar gelembung-gelembung udara naik ke permukaan dan tidak terjebak didalam sela-sela stator. Setelah didiamkan beberapa saat, seluruh isi vessel diberi tekanan (pressure) 4 bar selama 2 jam, tujuannya adalah agar resin menempel dan mengisi seluruh bagian isolasi stator secara merata.

c. Curing

Setelah diberikan pressure selama 2 jam, tekanan dibuat kembali normal kemudian resin diangkat dari bak vessel dan dikembalikan pada tabung penyimpanan. Stator dikeluarkan dari vessel dan dibiarkan dingin beberapa saat kemudian bagian badan stator luar dilap dari resin, kemudian didinginkan kembali hingga suhu ruangan.

Setelah dingin stator memasuki proses pengeringan menggunakan oven, proses pengeringan ini dilakukan selama 10 jam dengan suhu 130-135°C. Digunakan pula cairan untuk membantu pengeringan yang ikut dimasukan didalam oven dan dibiarkan menguap didalamnya, cairan tersebut dinamakan Desmorapid.

5. Uji Tegangan Tinggi

Untuk uji tegangan tinggi ini dari fungsi QA

sendiri mengetes dari hasil proses VPI dimana hasil yang didapat dari uji tegangan tinggi ini adalah sebagai berikut:

High Voltage DC test	: 3,57 kV DC
Time	: 1 Minute
Arus	: 0,1 mili Ampere

Dari hasil uji tegangan tinggi ini sudah terlihat perbedaan pada hasilnya dimana pada saat tes tegangan tinggi ketika saat Incoming terdapat hasil 3.2 kV dan pada uji tegangan tinggi setelah inserting mendapatkan nilai 3.57 kV. Hasil tersebut akan di uji coba lagi pada saat final test apakah hasil setelah inserting masih tetap dengan hasil yang sama atau hasil tersebut menurun.

Jika pada saat final test diketahui nilai tersebut menurun atau tidak sesuai dari standart yang sudah di tentukan maka di anggap gagal dan pihak QA akan mengembalikannya kembali pada pihak produksi agar dilakukan re-winding dan proses VPI kembali.

6. Balancing Ulang Rotor

Balancing merupakan prosedur perawatan untuk menghilangkan unbalance pada mesin dengan poros putar. Berdasarkan beban unbalance yang harus diatasi, metode balancing dapat meliputi static balancing dan dynamic balancing. Static balancing merupakan prosedur menambah atau mengurangi massa pada jarak radial tertentu untuk menyeimbangkan gaya unbalance. Sedangkan dynamic balancing merupakan prosedur menambah atau mengurangi massa pada jarak radial tertentu untuk menyeimbangkan momen unbalance.

Analisis getaran merupakan suatu metode yang penting yang dapat digunakan untuk mengurangi atau mengeliminasi permasalahan mesin yang berulang. Dari analisis getaran maka akan didapat hasil berupa respon getaran yang dapat menjadi acuan terhadap kerusakan dari suatu sistem, sehingga dapat dilakukan tindak pencegahan.

7. Running Test (Final Test)

Masuk pada test terakhir atau final test, disini akan dilakukan kembali pengetesan pengukuran konduktor, pengukuran tahanan iso-

lasi, dan pengujian tegangan tinggi. Pengetesan ini membandingkan hasil yang di dapat dari incoming dengan hasil yang sudah melalui tahap perbaikan atau rewinding dan menyamakan hasil yang sudah melalui tahap rewinding dengan standar yang sudah di tentukan.

Untuk hasil final test dapat dilihat pada tabel berikut dibawah ini:

- 1) Pengukuran Tahanan Konduktor
Sebelum:

Tabel 6. Nilai Tahanan Konduktor Sebelum Perbaikan

NO	ITEM	CONDUCTOR RESISTANCE
1	Main Stator:	25.6 mΩ
	a. U-V	
	b. U-W	25.6 mΩ
	c. V-W	25.9 mΩ

Sesudah:

Tabel 7. Nilai Tahanan Konduktor Sesudah Perbaikan

NO	ITEM	CONDUCTOR RESISTANCE
1	Main Stator:	29.2 mΩ
	a. U-V	
	b. U-W	29.6 mΩ
	c. V-W	29.5 mΩ

- 2) Pengukuran Tahanan Isolasi
Sebelum:

Tabel 8. Nilai Tahanan Isolasi Sebelum Perbaikan

NO	ITEM	INSULATION RESISTANCE
1	Main Stator:	771 MΩAT 500VDC
	a. U-BODY	
	b. V-BODY	
	c. W-BODY	

Sesudah:

Tabel 9. Nilai Tahanan Isolasi Sesudah Perbaikan

NO	ITEM	INSULATION RESISTANCE
1	Main Stator:	2980 MΩAT 500VDC
	a. U-BODY	
	b. V-BODY	
	c. W-BODY	

- 3) Pengujian Tegangan Tinggi

Sebelum:

High Voltage DC test : 3,2 kV DC

Time : 1 Minute

Arus : 0,1 mili Ampere

Sesudah:

High Voltage DC test : 3,57 kV DC

Time : 1 Minute

Arus : 0,1 mili Ampere

KESIMPULAN

Dari pembahasan yang sudah dijelaskan diatas dapat ditarik kesimpulan, sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui masalah kerusakan yang terjadi pada Motor Traksi 130 KW dengan melakukan beberapa Investigasi yang dilakukan oleh tim QA.
2. Proses rewinding atau perbaikan pa-

da motor traksi 130 KW diawali dengan investigasi pada saat motor tersebut datang hal ini di lakukan agar mengetahui kerusakan apa yang terjadi pada motor dan apa penyebab rusaknya motor sehingga motor tidak bias mengubah daya listrik menjadi mekanik dan tidak dapat lagi motor tersebut berfungsi.

3. Melakukan pengujian standar mutu pada motor yang sudah rampung dikerjakan dengan menguji atau melakukan serangkaian test dengan standarisasi yang ada pada IEEE 43 (2000)

DAFTAR PUSTAKA

- IEEE 43. (2000). *Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery*. United States Of America: The Institute of Electrical and Electronic Engineers Inc.
- IEEE 432. (1992). *Guide for Insulation Maintenance for Rotating Electric Machinery 5hp to less than 10,000 hp*. United States Of America: The Institute of Electrical and Electronic Engineers Inc.
- IEEE 522. (1992). *Guide for Testing Turn-to-Turn Insulation on Form-Wound Stator Coils for Alternating-Current Rotating Electric Machines*. United State Of America: The Institute of Electrical and Electronic Engineers Inc.
- Holzbauer, Z. (2013). *Analysis of electrical, thermal and mechanical characteristic of various mica papers in high voltage insulation systems*. Graz: Graz University of Technology
- Iskandar, S., & Djuanda. (2017). *Konversi Energi*. Yogyakarta: Deepublish CV BUdi Utama.
- Sugiyantoro, B., Haryono, T., & Farqadain, Y. (2012). Perancangan Dan Pengujian Motor Induksi Tiga Fase Multi-Kutub . *Jurnal JNTETI* Vol. 1, No. 1, 44.
- Zuhal. (1991). *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung: ITB.