

Pengetesan Tahanan Isolasi Pada Belitan Stator Motor Induksi 500 kW

Teddy Apriyadi, Syahrial

Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung Email :
Teddyapriyadi24@gmail.com

Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

ABSTRAK

Mesin Elektrik Adalah peralatan penting untuk menunjang kehidupan sehari-hari manusia baik di bidang industri maupun skala rumah, pengetesan tahanan isolasi pada belitan stator motor induksi ini sangat penting untuk menjaga keadaan dari Mesin Elektrik tersebut, PT Pindad (Persero) merupakan salah satu perusahaan yang menjual jasa untuk pembuatan motor dan juga perbaikan motor, pengetesan tahanan isolasi tersebut berfungsi untuk menguji keadaan dan keandalan tahanan isolasi pada stator apakah layak digunakan dalam jangka panjang atau tidak, oleh karena itu karya ilmiah ini bertujuan untuk mengetahui apakah tahanan isolasi berfungsi baik dengan tahapan pengujian yang ada. Data pengukuran 12kV test impulse, 11kV test tegangan tinggi DC, 13kV test tegangan tinggi AC ini didapat berdasarkan pengetesan motor induksi yang sedang dibuat dengan standard yang digunakan perusahaan, berdasarkan pengukuran perusahaan hasil yang didapat adalah beberapa pengukuran telah menggunakan standard IEEE dan IEC sebagai acuan utama sehingga dapat dijamin keandalan dari kekuatan isolasi pada belitan motor induksi keluaran PT Pindad tersebut.

Kata kunci: Isolasi Stator, Motor Induksi, Testing Isolator Stator

ABSTRACT

Electrical Machine is one of the most important thing to support our activity start from houseworking until the industrial sector, insulation test on induction motor stator winding was very important to do because its let us know how the condition of the insulation, is one of the company that selling services of repairing the Electrical Machine, the function of the test is to know how the condition if its ready to use on the long term or not, therefore, this paper aims to determine making the right test or not. The data of the testing 12kV Impulse test, 11kV High Potential DC test, 13kV High Potential AC test in this paper were obtained based on the standard the company do and based on that, the company was testing the insulation of the stator winding with the IEEE and IEC standard, that's guarantee of the product can live longer.

Keywords: *Insulation Stator, Induction Motor, Insulation Stator Test*

1. PENDAHULUAN

Mesin Elektrik adalah suatu peralatan penting dalam dunia ketenaga- listrikan alat-alat seperti Generator, Motor, Transformator adalah komponen-komponen penting untuk menunjang berbagai pekerjaan manusia sehingga pekerjaan tersebut menjadi lebih mudah. Di Industri Manufaktur, Pertambangan, Transportasi dan Industri lainnya. Motor listrik merupakan peralatan yang digunakan sebagai penggerak untuk operasi sistem di Industri.

Motor Listrik mempunyai prinsip kerja mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi Mekanik ini dalam penerapannya digunakan dalam berbagai hal, salah satunya sebagai Mesin Penggerak, dan lain lain. Salah satu motor listrik yang paling banyak digunakan sebagai penggerak adalah Motor Induksi 3 Fasa, karena konstruksinya lebih sederhana dan perputarannya relatif lebih konstan dengan perubahan beban dibandingkan dengan motor listrik jenis lain. (Hukman S, 2015)

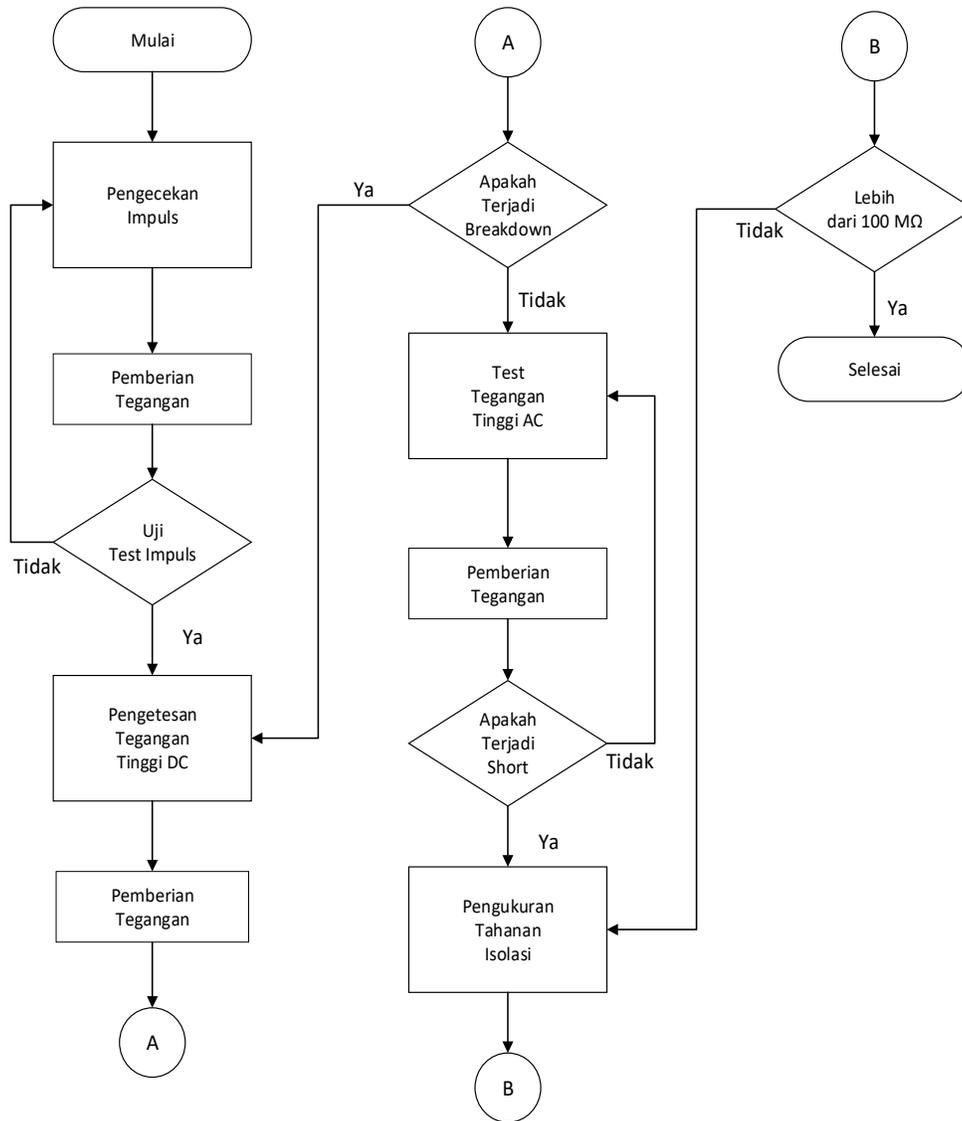
Motor Induksi 3 Fasa yang digunakan sebagai penggerak mesin yang dicatu oleh Sumber Listrik 3 Fasa dalam pemasangannya harus menempatkan beberapa peralatan proteksi untuk mengamankan motor dan rangkaian motor dari gangguan yang akan terjadi saat motor dioperasikan. Banyak motor listrik yang mengalami kerusakan dikarenakan dalam pengoperasian motor listrik tersebut seringkali mengalami kelebihan beban karena dipaksakan. Kerusakan pada motor listrik umumnya terjadi pada terbakarnya belitan stator yang berawal dari kegagalan isolasi. (Suhenlar, 2009)

Kegagalan isolasi tersebut pada umumnya terjadi karena kurang optimalnya kondisi tahanan isolasi pada belitan stator yang disebabkan oleh pengetesan yang dilakukan tidak sesuai dengan standar yang ada ataupun pada saat tahap akhir pengetesan hanya dilakukan *Visual Check* yang sifatnya tidak pasti.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini didapatkan data maximum impulse voltage, maximum dc voltage, maximum ac voltage, resistance test, dan data teknis peralatan yang didapatkan. Selanjutnya, dilakukan pengecekan data untuk menentukan apakah isolasi dari stator bekerja dengan sebagaimana mestinya menggunakan rumus dari IEEE dan IEC. Setelah analisis pada pengetesan impulse, pengetesan tegangan tinggi dc, pengetesan tegangan tinggi ac, dan juga pengetesan total resistansi di dapatkan maka dapat ditentukan apakah isolasi dari stator motor induksi 500Kw yang di test bekerja sebagai mana mestinya. Akhirnya, dapat diambil kesimpulan terkait kekuatan isolasi stator motor induksi.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3.1. Data Hasil Pengetesan Impulse dan Hi-Pot DC

Bagian ini akan ditampilkan data keluaran dari pengetesan impulse dan Hi-Pot DC dari isolasi motor induksi 500kW, sebagai berikut.

Type		Customer		
YKK 5003 - 8		PT. PJB UBJOM PLTU INDRAMAYU		
COIL	IMPULSE (10,0 kV)	HIGH VOLT (DC 11,0 kV)	DATE	REMARK
1	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	13-02-2014	
2	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	13-02-2014	
3	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	13-02-2014	
4	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	13-02-2014	
5	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	13-02-2014	
6	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	13-02-2014	
7	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	13-02-2014	
8	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	13-02-2014	
9	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	13-02-2014	
10	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	13-02-2014	
11	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	13-02-2014	
12	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	13-02-2014	
13	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	14-02-2014	
14	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	14-02-2014	
15	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	14-02-2014	
16	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	14-02-2014	
17	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	14-02-2014	
18	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	14-02-2014	
19	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	14-02-2014	
20	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	14-02-2014	
21	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	14-02-2014	
22	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	14-02-2014	
23	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	14-02-2014	
24	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	14-02-2014	
25	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	15-02-2014	
26	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	15-02-2014	
27	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	15-02-2014	
28	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	15-02-2014	
29	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	15-02-2014	
30	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	15-02-2014	
31	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	15-02-2014	
32	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	17-02-2014	
33	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	17-02-2014	
34	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	17-02-2014	
35	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	17-02-2014	
36	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	17-02-2014	
37	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	17-02-2014	
38	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	18-02-2014	
39	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	18-02-2014	
40	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	18-02-2014	
41	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	18-02-2014	
42	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	18-02-2014	
43	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	18-02-2014	
44	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	18-02-2014	
45	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	18-02-2014	
46	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	18-02-2014	
47	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	18-02-2014	
48	OK	OK (I bcr. = 0.20 mA)	18-02-2014	

Gambar 2. Pengetesan Impulse dan Hi-Pot DC

Berdasarkan hasil pada Gambar 2 menyatakan bahwa pengetesan isolasi stator motor induksi 500kW masih dalam kondisi baik. Hal ini dikarenakan tidak adanya loncatan api pada pengetesan impulse, dan juga arus bocor yang terbaca pada isolasi pada pengetesan Hi-Pot DC masih stabil.

Akan tetapi seperti yang sudah diterangkan di dasar teori bahwa perhitungan menggunakan standar IEC 60034-15 ataupun dengan menggunakan standar IEEE 552 akan didapatkan hasil yang berbeda, menurut penulis ini tergantung dari perusahaan untuk mengacu pada standar mana, dikarenakan pemilihan standar akan mempengaruhi ketahanan dari isolasi *coil* itu sendiri, jika perusahaan memakai standar yang nilainya lebih besar maka akan menghasilkan kondisi isolasi *coil* yang maksimum pula, dikarenakan apabila lapisan isolasi antar *turn* dapat menahan tegangan uji yang lebih tinggi sudah tentu akan dapat menahan tegangan yang lebih rendah pula, tetapi jika digunakan standar dengan nilai yang paling besar maka akan memperbesar resiko untuk terjadinya *Breakdown* pada saat pengujian, dan sebaliknya resiko untuk terjadinya *Breakdown* jika digunakan standar tegangan yang lebih kecil akan mengecil tetapi hasil *coil* belum tentu akan maksimal. (Hukman S, 2015)

3.2. Test Impulse awal

Dari keterangan yang didapat penulis di lapangan bahwa test impuls yang Dilakukan merupakan tes dengan memberikan tegangan sejumlah $N_{Turn} kV$, pada motor jenis ini terdapat sebanyak 10 turn setiap *coil* nya, sehingga pengujian impuls ini diberikan sebesar 10kV, standar tersebut didapat dari narasumber yang diwawancarai oleh penulis di lapangan dan penulis juga diberitahu bahwa standar ini merupakan standar *Siemens*. (IEEE 552, 1992)

Berdasarkan literatur yang ada, terdapat dua standar yang dapat digunakan untuk melakukan uji impuls ini, yaitu IEC 60034-15 dan IEEE 552. Berikut adalah perhitungannya:

Berdasarkan standar IEC 60034-15:

$$U_p = 0.5 \times 0.65 \times (4U_n + 5kV) \dots\dots\dots(1)$$

Untuk jenis motor ini $U_N = 6kV$ sehingga

$$U_p = 0.5 \times 0.65 \times ((4 \times 6) + 5kV)$$

$$U_p = 0.5 \times 0.65 \times 29kV$$

$$U_p = 9.425kV$$

Jika dibandingkan dengan apa yang dilakukan dilapangan maka nilai perhitungan sedikit lebih kecil, akan tetapi masih mendekati nilai yang diterapkan dilapangan. Sementara itu jika digunakan perhitungan IEEE 552:

$$U_p = 0.7 \times 3.5 \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times U_N \dots\dots\dots(2)$$

Dan untuk motor jenis ini maka akan didapatkan

$$U_p = 0.7 \times 3.5 \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times 10kV$$

$$U_p = 12.00kV$$

Dibandingkan dengan yang dipakai dilapangan hasil tersebut terlihat lebih besar, dan apabila dibandingkan dengan standar IEC 60034-15 maka nilainya sedikit lebih kecil.

3.3. Test Tegangan Tinggi DC awal

Cara untuk mengetahui bahwa *coil* memiliki ketahanan intrinsik terhadap tegangan elektrik yang baik adalah dengan cara melakukan pengujian tegangan tinggi DC. *Coil* yang memiliki isolasi yang baik akan mampu menahan tegangan sebesar tegangan pengukuran, akan tetapi dengan kondisi *coil* yang isolasi nya kurang baik tidak akan mampu menahan tegangan sebesar tegangan pengukuran yang mengakibatkan isolasi jenuh lalu terjadilah *Breakdown* (**IEEE 432, 2000**).

Standar pengujian yang dilakukan oleh perusahaan adalah tetap memberikan tegangan terhadap *coil* sebesar $(2U_N + 1)kV$, seperti pada pengtesan impuls jika *coil* mampu menahan kondisi tersebut berarti *coil* dalam kondisi yang prima dan sebaliknya jika terjadi *Breakdown* berarti *coil* dalam kondisi kurang baik. (**IEC 60034-15, 2009**).

Pada motor 500kW ini memiliki $U_N=6kV$ sehingga tes tegangan tinggi DC yang diberikan seharusnya $(2 \times 6kV + 1)$ atau sama dengan 13kV. Sedangkan dilapangan sendiri berdasarkan data yang penulis dapat dari para staff disana pada tes tegangan tinggi DC setelah inserting adalah 22kV.

Seperti yang sudah ditulis pada teori dasar bahwa pengtesan ini mengacu kepada standar IEEE 432 dan IEEE 95. Maka dari itu pemberian tegangan mengikuti persamaan berikut:

Pengtesan DC tanpa *safety factor* sebesar:

$$U_p = [(2 \times U_N) + 1kV] \times 1.7 \dots\dots\dots(3)$$

$$U_p = [(2 \times 6kV) + 1kV] \times 1.7$$

$$U_p = 22.1kV$$

Pengtesan DC dengan *safety factor* sebesar:

$$U_p = [(2 \times U_N) + 1kV] \times 1.7 \times 1.25 \dots\dots\dots(4)$$

$$U_p = [(2 \times 6kV) + 1kV] \times 1.7 \times 1.25$$

$$U_p = 27.625kV$$

3.4. Perbandingan Test Hi-Pot DC

Pada proses inserting ini tidak menutup kemungkinan bahwa kondisi isolasi *coil* tidak dalam kondisi yang baik karena diakibatkan oleh tekanan mekanik yang banyak didapatkan oleh *coil* yang akan merusak lapisan isolasi jika tidak dilakukan dengan hati-hati, untuk tetap mengetahui bahwa lapisan isolasi *coil* masih berfungsi sebagai mestinya maka proses pengujian tegangan tinggi DC kembali dilakukan. **(Suhenlar, 2009)**

Untuk standarisasi pengukuran yang dilakukan masih sama dengan apa yang dilakukan sebelum proses inserting yaitu dengan memberikan tegangan terhadap *coil* sebesar $(2U_N + 1)kV$, seperti pada pengetesan impuls jika *coil* mampu menahan kondisi tersebut berarti *coil* dalam kondisi yang prima dan sebaliknya jika terjadi *Breakdown* berarti *coil* dalam kondisi kurang baik. **(IEEE 43, 2000)**

Pada motor 500kW ini memiliki $U_N=6kV$ sehingga tes tegangan tinggi DC yang diberikan seharusnya $(2 \times 6kV + 1)$ atau sama dengan 13kV. Sedangkan dilapangan sendiri berdasarkan data yang penulis dapat dari para staff disana pada tes tegangan tinggi DC setelah inserting adalah 22kV.

Pemberian tegangan yang dilakukan dilapangan pun masih sama dengan apa yang dilakukan sebelum proses inserting yaitu:

Pengetesan DC tanpa *safety factor* sebesar:

$$U_p = [(2 \times U_N) + 1kV] \times 1.7$$

$$U_p = [(2 \times 6kV) + 1kV] \times 1.7$$

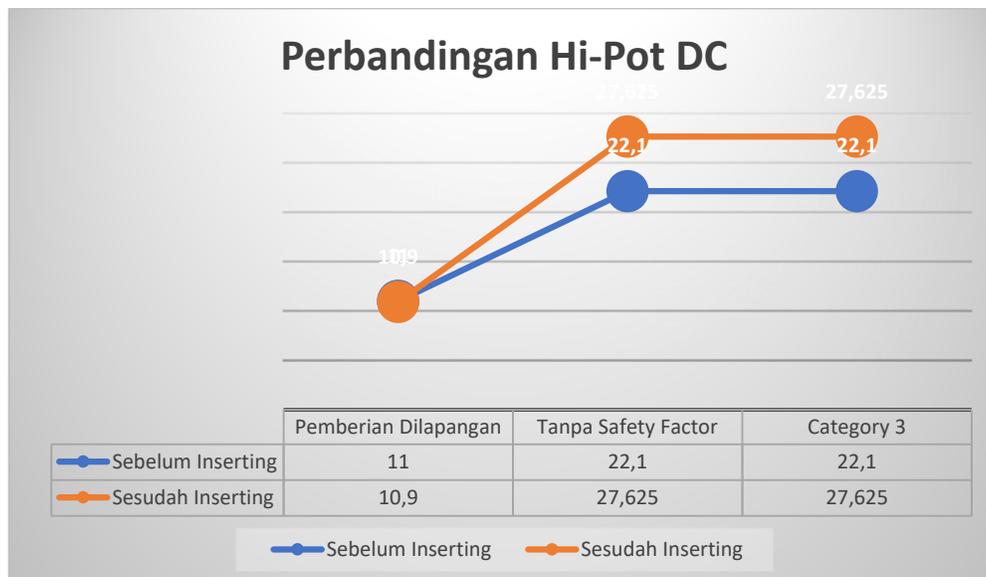
$$U_p = 22.1kV$$

Pengetesan DC dengan *safety factor* sebesar:

$$U_p = [(2 \times U_N) + 1kV] \times 1.7 \times 1.25$$

$$U_p = [(2 \times 6kV) + 1kV] \times 1.7 \times 1.25$$

$$U_p = 27.625kV$$



Gambar 3. Perbandingan Test Tegangan Tinggi DC

4. KESIMPULAN

- Cara pengukuran/pengujian adalah dengan beberapa tahap, yaitu test impuls, test tegangan tinggi dc, tegangan tinggi ac, dan pengukuran tahanan hal tersebut bertujuan agar setiap isolasi dapat bertahan dari berbagai gangguan elektrik seperti gangguan petir, lonjakan tegangan baik itu AC maupun DC
- Kelebihan dan kekurangan dari standard IEEE dan IEC dapat dilihat dari proses pengetesan test impuls karena perbedaan standard yang lumayan jauh yaitu 9.425kV untuk standard IEC dan 12kV untuk standard IEEE, kekurangan dari standard IEC adalah terlalu kecilnya tegangan akan mengakibatkan isolasi yang kurang prima sedangkan kekurangan dari standard IEEE adalah tegangan yang terlalu besar akan mengakibatkan lebih banyaknya isolasi yang akan terbuang karena terlalu sering terjadi breakdown pada isolasi tersebut.
- Test Tegangan impuls dilapangan adalah 10kV, apa yang dipraktikkan di lapangan dengan hasil dari standar yang ada hasilnya ada sedikit berbeda hal ini dikarenakan tergantung dari perusahaan untuk mengacu pada standar mana, pemilihan standar akan mempengaruhi ketahanan dari isolasi *coil* itu sendiri, jika pengetesan dilakukan dengan tegangan lebih besar maka akan menjamin life-time dari coil akan lebih lama.
- Test Hi-Pot DC dilapangan adalah 22kV jika dibandingkan dengan apa yang ada pada standard IEEE 432 dan IEEE 95 Hasil tersebut sudah memenuhi standard tetapi belum memenuhi safety factor yang diberikan oleh standard, hal ini dikarenakan perusahaan beranggapan bahwa jika nilai tegangan yang diberikan mencapai hingga nilai 28kV akan menyebabkan banyak isolasi yang rusak atau mengalami breakdown.
- Test Hi-Pot AC dilapangan adalah 13kV jika hasil tersebut dibandingkan dengan standard yang ada maka menunjukkan bahwa hasil tersebut telah memenuhi standar tetapi belum memenuhi safety factor, kembali lagi hal ini dikarenakan perusahaan berusaha untuk membuat hasil maksimal tetapi menghindari terjadinya gagal isolasi.
- Hasil pengukuran tahanan isolasi yang dilakukan dilapangan hasilnya memenuhi apa yang telah ditetapkan oleh standar yang ada dimana hasilnya akan menjamin bahwa isolasi akan baik dan life-time dari isolasi pun diperkirakan akan panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada pihak – pihak yang telah mendukung dalam menyelesaikan penelitian ini baik kepada pihak yang telah membantu dalam segi tempat, waktu, dan ilmu yang diberikan kepada penulis. Selanjutnya kepada keluarga yang telah memberi dukungan moril dan doa, serta pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan. Semoga jurnal ini dapat memberikan manfaat untuk penulis dan pembaca sehingga bisa dijadikan referensi yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Hukman, S., dkk. (2015). *Rewinding Motor Induksi 1600kW Divisi Mesin Industry dan Jasa*. Perpustakaan PT Pindad (Persero).
- Suhenlar, dkk. (2009). *Rewinding Motor Induksi 130kW*. Pindad Electrical Team
- IEEE 552. (1992). *Guide For Testing Turn-to-Turn Insulation on Form-Wound Stator Coils for Alternating-Current Rotating Electric Machines*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. United States of America.
- IEEE 432. (2000). *Guide for Insulation maintenance for Rotating Electric Machinery 5 hp to less than 10.000 hp*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. United States of America.
- IEEE 43. (2000). *Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. United States of America.

Apriyadi, Syahril

IEC 60034-15. (2009). *Impulse Voltage Withstand Levels of Form-Wound Stator Coils for Rotating AC Machines*. International Electrotechnical Commission. Perpustakaan PT Pindad, 2020