

Pengujian Standar Mutu pada Perbaikan Motor Induksi 525 kW di PT. Pindad (Persero)

AMIK TRI SUPRIANTO, SYAHRIAL

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

ABSTRAK

Motor induksi merupakan motor arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan dan bekerja berdasarkan adanya induksi medan magnet dari stator ke rotornya. Motor induksi memiliki berbagai keunggulan dibanding dengan motor listrik yang lain, di antaranya harga yang relatif murah, konstruksinya yang sederhana, kuat, dan karakteristik kerja yang baik. Pada motor induksi sering terjadi kerusakan yang menyebabkan penurunan performa dan menyebabkan kinerja motor induksi tidak baik, biasanya sering terjadi karena kerusakan pada lilitan stator. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pengujian pada proses rewinding agar kondisi dan kinerja motor induksi kembali seperti semula dan sesuai standar IEEE dan IEC. Spesifikasi dari motor induksi dengan daya 525 kW, tegangan 6000 V dan frekuensi 50 Hz. Proses rewinding meliputi proses pembentukan oval koil, isolasi awal, hotpress, pembentukan diamond koil, tes impuls awal, isolasi akhir, tes tegangan tinggi DC, inserting, test impuls, tes tegangan tinggi DC, connecting, resistansi tes, boring field test, impregnating, tes tegangan tinggi DC, assembling, dan final test. Data hasil pengujian 9 kV impuls, 13,1 kV tegangan tinggi DC, 13 kV tegangan tinggi AC, hasil pengujian pada insulation resistance 107 megaohm, hasil dari pengujian ini sudah memenuhi standar IEEE dan IEC serta kondisi baik dan dapat digunakan.

Kata kunci: motor induksi, pengujian, rewinding, isolasi, impuls, tegangan tinggi DC

ABSTRACT

Induction motors are the most widely used alternating current (AC) motors and work based on the induction of a magnetic field from the stator to the rotor. Induction motors have various advantages compared to other electric motors, including relatively low prices, simple construction, strength, and good working characteristics. In induction motors, damage often occurs which causes a decrease in performance and causes the performance of the induction motor to be poor, usually often due to damage to the stator winding. This study aims to determine the testing process in the rewinding process so that the condition and performance of the induction motor returns to its original state and according to IEEE and IEC standards. Specifications of the induction motor with 525 kW power, 6000 V voltage and 50 Hz frequency. The rewinding process includes oval coil forming, initial insulation, hotpress, diamond coil forming, initial impulse test, final insulation, DC high voltage test, inserting, impulse test, DC high voltage test, connecting, resistance test, boring field test, impregnating, DC high voltage test, assembling, and final test. The test data of 9 kV impulse test, 13.1 kV DC high voltage test, 13 kV AC high voltage test, test results on insulation resistance 107 megaohm, the results of these tests have met IEEE and IEC standards so that the electric motor is in good condition and can be used.

Keywords: induction motor, testing, rewinding, insulation, impulse, DC high voltage

1. PENDAHULUAN

Motor Listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *impeller pump*, *fan* atau *blower*, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dan lain-lain di industri, serta pada peralatan listrik rumah tangga (**Iskandar & Djuanda, 2017**). Motor induksi memiliki stator fisik yang sama dengan mesin sinkron, dengan konstruksi rotor yang berbeda (**Chapman, 2012**). Motor induksi merupakan motor arus bolak – balik (AC) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan magnet putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator (**Hubert, 1991**).

Kerusakan pada motor induksi tersebut umumnya dapat disebabkan oleh tiga faktor yaitu faktor lingkungan (*environmental*), *mechanical*, dan *electrical*. Khusus kerusakan dari segi *electrical* sebagian besar terletak pada lilitan (*winding*) (**Sulastri et al., 2022**). Dimana pada lilitan tersebut bila suatu motor yang kelebihan beban (*overload*) dan dioperasikan terus menerus akan menyebabkan lilitan tersebut terbakar, dengan kondisi demikian maka diharuskan mengganti lilitan yang baru (**Amalia et al., 2017**).

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).

Pada penelitian ini mencoba mengangkat permasalahan yang berkaitan dengan motor induksi. Beberapa penelitian terdahulu (**Amri & Darmawan, 2020**) membahas pengujian standar mutu namun pada motor traksi 130 kW. Pada penelitian ini menggunakan daya 525 kW, fungsi motor yang berbeda, dan menggunakan rumus yang ada pada standar agar pengujian berhasil sesuai dengan standar.

Adapun tujuan penelitian ini untuk mengetahui kinerja motor induksi setelah dilakukan *rewinding* dibandingkan dengan standar IEEE dan IEC sebagai acuan, agar terjamin keandalan dari kekuatan isolasi pada belitan motor induksi, sehingga motor listrik dalam kondisi baik dan dapat digunakan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

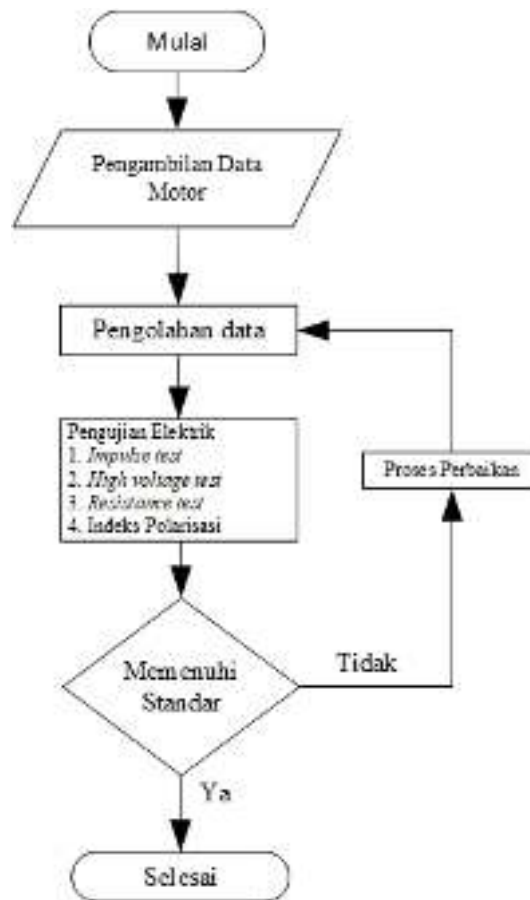
2.1 Langkah Penelitian

Pengujian standar mutu pada perbaikan motor induksi 525 kW ini pada pengerjaannya dilakukan dengan mendatangi langsung ke lokasi PT.Pindad (Persero). Adapun data yang harus dikumpulkan untuk menganalisis pengujian standar mutu pada perbaikan motor induksi 525 kW yaitu sebagai berikut :

1. Data pengujian setelah isolasi
2. Data pengujian setelah *inserting*
3. Data pengujian *insulation resistance test*
4. Data pengujian *static test*

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan bandingkan dengan rumus dan standar dari IEEE dan IEC. Jika sesuai dengan standar maka dapat diambil analisis dan kesimpulan terkait keandalan dan kekuatan isolasi pada belitan motor induksi. Berikut merupakan diagram alir

metodologi penelitian untuk mempermudah pemahaman yang dilakukan di dalam penelitian ini, dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Tes Impuls

Tes impuls dilakukan pada koil sebelum dan sesudah dipasang pada *slot* stator, tujuan dilakukan tes impuls pada stator koil adalah untuk meyakinkan bahwa kualitas isolasi antar *turn* dalam keadaan baik, selain itu dilakukan untuk meyakinkan bahwa koil satu dengan lainnya hampir serupa atau memiliki karakteristik yang relatif sama. Metode tes impuls untuk *coil testing, test voltage*, dan interpretasi dari hasil tes berdasarkan pada standar berikut :

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

Tegangan uji yang dilakukan sesuai dengan standar IEC 60034-15 ditentukan oleh (1)

$$U_P = 0.5 \times 0.65 \times (4U_N + 5kV). \quad (1)$$

Sedangkan standar dari IEEE Std.522, besarnya tegangan uji untuk impuls tes (2)

$$U_P = 0.7 \times 3.5 \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times U_N. \quad (2)$$

Keterangan :

U_P = Tegangan uji (kV)

U_N = Tegangan sistem (kV)

Standar yang digunakan oleh PT Pindad adalah standar Siemens hal ini dilakukan karena untuk teknologi dan pengembangan mesin listrik PT. Pindad banyak belajar dari Siemens sebagai acuanya.

2.3 High Voltage Test

High voltage test atau lebih dikenal dengan *High potential test (Hipot test)* merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui atau menguji ketahanan isolasi terhadap tegangan tinggi AC maupun DC. Pada dasarnya kedua *Hipot test* sama aja, dalam arti jika suatu coil sudah lulus uji *hipot test* DC maka coil juga sudah dipastikan lulus uji AC *hipot test*. Tes tegangan tinggi yang dilakukan pada pembuatan mesin listrik di PT. Pindad adalah DC *hipot test*.

Tegangan uji untuk *hipot test* sudah diatur dalam dua standar yang dikeluarkan oleh IEEE, yaitu IEEE Std. 432 dan IEEE Std.95. Pada IEEE 95 dijelaskan bahwa besarnya tegangan *breakdown* pada DC *hipot test* 1,7 kali lebih tinggi dibandingkan dengan AC *hipot test* (**IEEE Std 286 et al., 2000**). Sesuai standar IEEE 432 dijelaskan bahwa untuk keamanan dari kenaikan tegangan (*overvoltage*) yang biasanya dapat mencapai 125% dari tegangan normal maka diberikan factor keamanan (*safety factor*) sebesar 1,25 pada tegangan uji (**IEEE, 2000**). *Safety factor* menghasilkan kualitas mesin listrik yang lebih baik terhadap kenaikan tegangan secara tiba-tiba (*over voltage*). Secara matematis persamaan tegangan uji *hipot test* adalah sebagai berikut:

- AC *hipot test* tanpa *safety factor*:

$$U_P = (2 \times U_N) + 1kV. \quad (3)$$

- DC *hipot test* tanpa *safety factor* :

$$U_P = [(2 \times U_N) + 1kV] \times 1.7. \quad (4)$$

- AC *hipot test* dengan menggunakan *safety factor*:

$$U_P = [(2 \times U_N) + 1kV] \times 1.25. \quad (5)$$

- DC *hipot test* menggunakan *safety factor*:

$$U_P = [(2 \times U_N) + 1kV] \times 1.7 \times 1.25. \quad (6)$$

Keterangan :

U_P = Tegangan uji (kV)

U_N = Tegangan sistem (kV)

2.4 Resistance Test

Resistance test yang dilakukan pada motor listrik dalam proses *winding* ataupun *rewinding* adalah mengukur resistansi coil dan mengukur resistansi isolasi.

2.4.1 Coil Resistance Test

Mengukur resistansi coil bertujuan untuk mengetahui keseimbangan aliran arus pada ketiga fasa, agar seimbang maka resistansi pada ketiga fasa dibuat sama (**Amri & Darmawan, 2020**). Arus yang sama pada ketiga fasa maka besar MMF (*magnetomotive force*) yang dihasilkan ketiga fasanya akan sama sehingga berdampak pada putaran rotor yang baik dan seimbang pada seluruh bagian stator tiga fasa tersebut.



Gambar 2. Skema Pengukuran Resistansi Koil

Berdasarkan skema pada Gambar 2 jika menempatkan ohm meter pada terminal V-W maka akan diperoleh resistansi koil fasa V-W, dan untuk mendapatkan resistansi koil pada fasa U-V dan U-W dapat diperoleh dengan cara yang sama seperti pada fasa V-W. Jika terjadi gangguan yaitu resistansi ketiga fasa sangat berbeda dan tidak seimbang maka perlu dilakukan pemeriksaan, penyebab tidak seimbangnya resistansi koil diantaranya adalah :

- *Short circuit coil* dengan inti (*core*) stator
- *Short circuit coil* satu fasa dengan fasa yang lain
- Dimensi koil tidak sama
- Terjadi kerusakan pada sambungan koil per grup pada proses *connecting*.

2.4.2 Insulation Resistance Test

Mengukur resistansi isolasi menggunakan alat ukur mega-ohm meter yang biasa disebut dengan *megger* (**Megger, 2006**), (**Brown, 2015**). Tegangan uji yang digunakan dalam pengujian resistansi isolasi meggunakan megger tester harus sesuai dengan standar seperti pada Tabel 1.

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
>12000	5000 – 10000

Pengujian dilakukan selama satu menit dengan mengukur tahanan isolasi antar fasa dan fasa ke *ground* (**Megger, 2006**), (**Brown, 2015**). Pengujian dilakukan selama satu menit agar tidak terjadi kerusakan pada isolasi pada koil. Hasil pengukuran minimum yang dilakukan selama satu menit harus sesuai dengan nilai pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar Hasil Pengukuran *Insulation Test*

<i>Min Insulaion Resistance at 1 Min</i>	<i>Winding Being Tested</i>
kV + 1 MegOhms	<i>Most winding made before 1970</i>
100 MegOhms	<i>Form wound stator after 1970</i>
5 MegOhms	<i>Random wound stator under 1 kV after 1970</i>

2.4.3 Indeks Polarisasi

Indeks polarisasi adalah perbandingan antara arus bocor pada menit ke-10 dengan arus bocor pada menit ke-1 diuji pada suhu yang relatif konstan (**IEEE, 2000**), (**Megger, 2006**). Berikut adalah persamaan untuk menentukan nilai dari indeks polarisasi :

$$P.I. = \frac{IR_{(10)}}{IR_{(1)}} \quad (7)$$

Keterangan :

$P.I.$ = Indeks polarisasi

U_N = Nilai hambatan isolasi pada 10 menit

U_1 = Nilai hambatan isolasi pada 1 menit

Standar yang berlaku pada industri adalah standar IEEE-2000. Hasil pengujian indeks polarisasi berdasarkan IEEE 43-2000 ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Standar Hasil Pengujian PI

PI	Condition
<1	<i>Danger</i>
1 – 14	<i>Poor</i>
1.5 – 1.9	<i>Questionable</i>
2.0 – 2.9	<i>Fair</i>
3.0 – 4.0	<i>Good</i>
>4	<i>Excellent</i>

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan pengujian standar mutu pada perbaikan motor induksi 525 kW ini meliputi tes impuls, *high voltage test*, *resistance test*, dan indeks polarisasi.

3.1 Tes Impuls

Test impuls awal dilakukan setelah koil di isolasi awal yang bertujuan untuk mengetahui adanya *breakdown* antar *turn* pada koil. Besarnya tegangan impuls yang digunakan pada pengujian ini menggunakan standar Siemens yaitu N_{turn} kV. Jumlah *turn* pada stator motor induksi yang akan di- *rewinding* adalah sembilan *turn* jadi tegangan impuls yang digunakan adalah 9 kV. Data hasil pengujian yang diperoleh setelah proses isolasi awal ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Setelah Isolasi

No	Deskripsi	Jenis Test	Actual	Hasil	
				Baik	Tidak Baik
1	Setelah Isolasi	a. <i>Visual Test</i>	OK	✓	
2		b. <i>Impulse Test</i>	9.0 kV	✓	
3		c. <i>DC Hipot Test</i>	13.1 kV	✓	

Besarnya tegangan uji berdasarkan standar IEC 60034-15 dengan nilai $U_N = 6000 \text{ Volt}$ berdasarkan pada spesifikasi motor induksi diperoleh dengan menggunakan (1) yaitu :

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

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

$$U_p = 9.425 \text{ kV}$$

Sedangkan jika berdasarkan standar IEEE 522 tegangan uji yang seharusnya digunakan pada tes impuls awal menurut (2) yaitu :

$$U_P = 0.7 \times 3.5 \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times U_N$$

$$U_P = 0.7 \times 3.5 \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times 6 \text{ kV}$$

$$U_P = 12 \text{ kV}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa standar Siemens yang digunakan di PT. Pindad (Persero) sesuai dengan standar IEC 60034-15. Tegangan uji diambil dari nilai terkecil dari kedua standar tersebut karena untuk memperkecil resiko kerusakan (*breakdown*) pada koil. Namun memiliki kekurangan yaitu lebih rentan terhadap tegangan impuls yang nilainya lebih besar daripada tegangan uji.

3.2 High Voltage Test

Setelah koil dipasang isolasi akhir maka perlu dilakukan pengujian ketahanan terhadap tegangan tinggi DC (HVDC). Hal ini dilakukan untuk mengetahui kualitas isolasi terhadap tegangan tinggi yang akan terjadi pada bagian dalam koil. Isolasi yang baik akan mampu menahan tegangan tinggi DC jika tidak lolos maka koil tidak lolos uji isolasi dan tidak bisa dipakai (**IEEE Std 286 et al., 2000**). Standar pengujian dari pengujian tegangan tinggi DC ini adalah IEEE 432 dan IEEE 95.

Hasil pengujian tegangan tinggi DC di tunjukkan pada Tabel 4 yang merupakan hasil pengujian sesudah dilakukan isolasi pada koil. Tegangan uji pada tes tegangan DC adalah 13,1 kV dan hasil yang diperoleh menunjukkan isolasi koil dapat menahan tegangan tinggi DC. Setelah lulus uji tegangan DC maka koil bisa digunakan dan jika tidak lulus pengujian maka koil tidak akan dipakai karena bisa membahayakan saat mesin listrik dioperasikan.

Standar pengujian yang digunakan sama seperti tes sebelum *inserting coil* yaitu menggunakan standar IEC 60034-15 untuk tes impuls dan standar IEEE 432 dan IEEE 95 untuk tes tegangan tinggi DC. Data hasil yang diperoleh adalah sebagai ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Setelah *Inserting*

No	Deskripsi	Jenis Test	Actual	Hasil	
				Baik	Tidak Baik
1	Setelah <i>Inserting</i>	a. <i>Visual Test</i>	OK	✓	
2		b. <i>Impulse Test</i>	9.0 kV	✓	
3		c. <i>DC Hipot Test</i>	10.5 kV	✓	

3.3 Resistance Test

Terdapat dua pengujian dalam *resistace test* yaitu *conductor resistance test* dan *insulation resistance test*. Resistansi konduktor perlu diukur agar koil yang berupa konduktor dapat mengalirkan arus dengan seimbang. Untuk memastikan arus yang mengalir pada setiap fasa seimbang, maka resistansi setiap fasa harus dibuat sama sehingga putaran rotor akan seimbang pada setiap bagian stator tiga fasa tersebut.

Tes tahanan isolasi (*insulation resistance test*) dilakukan untuk menguji seberapa baik isolasi yang dipasang pada koil setelah proses *inserting*. Tes ini menggunakan sebuah alat megaohm meter (*megger*) (**Brown, 2015**). Nilai tegangan uji pada *megger* diatur sesuai dengan

standar prosedur pada IEEE43-2000 yaitu pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 motor induksi yang memiliki tegangan antara 5000 - 10000 Volt maka tegangan uji yang digunakan berkisar antara 2500 - 5000 Volt (**IEEE, 2000**). Tegangan uji yang digunakan di PT Pindad adalah sebesar 2555 Volt yang berarti tegangan ini sesuai dengan standar pengujian. Data hasil yang diperoleh pada *resistance test* ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian *Resistance Test*.

No	Deskripsi	Jenis Test	Actual	Hasil	
				Baik	Tidak Baik
1	Setelah <i>Connecting</i>	a. <i>Visual Test</i>	OK	✓	
2		b. <i>Conductor Resistance</i>	U – V 0.928 Ω U – W 0.928 Ω V – W 0.928 Ω	✓	
3		c. <i>Insulation Resistance</i>	107 M Ω	✓	

Berdasarkan Tabel 6 pengukuran resistansi konduktor diperoleh data hasil resistansi antar fasa seimbang yaitu bernilai 0,928 Ω, hal ini berarti stator dapat digunakan karena jika resistansi bernilai sama maka akan seimbang pada setiap bagian stator. Hasil pengukuran tahanan isolasi yang baik menurut standar IEEE 43-2000 pada Tabel 2 untuk belitan kawat stator di atas tahun 1970 selama satu menit adalah resistansi isolasi minimal harus sebesar 100 MΩ (**IEEE, 2000**). Berdasarkan pada data hasil pada Tabel 6 tahanan isolasi yang terukur sebesar 107 MΩ hal ini berarti hasil pengukuran memenuhi standar.

Tabel 7. Hasil Pengujian *Final Test*

Item		<i>Conductor Resistance</i>	<i>Ins. Resistance</i>	<i>Polarization Index (PI)</i>
<i>Main Stator</i>	U1 – U2	471.1 m Ω	U – Body : 13.4 G Ω	1': 6.18 G Ω 6': 20.3 G Ω
	V1 – V2	471.1 m Ω	V – Body : 13.0 G Ω	2': 10.4 G Ω 7': 22.7 G Ω
	W1 – W2	471.1 m Ω	W – Body : 13.4 G Ω	3': 13.8 G Ω 8': 24.7 G Ω
	U – V	0.996 Ω	5.19 G Ω	4': 16.6 G Ω 9': 26.6 G Ω
	U – W	0.996 Ω		5': 18.9 G Ω 10': 28.1 G Ω
	V – W	0.996 Ω		PI = 4.62

Berdasarkan data hasil *static test* pada *final test* motor induksi tiga fasa pada Tabel 7 resistansi konduktor seimbang sehingga dapat dinyatakan bahwa lulus uji karena jika resistansi seimbang maka arus yang mengalir akan sama dan menyebabkan MMF sama dan putaran rotor akan sama pada setiap bagian stator. Tahanan isolasi juga sudah sesuai dengan standar IEEE 43-2000 pada Tabel 2 untuk belitan kawat stator diatas tahun 1970 selama satu menit adalah resistansi isolasi minimal harus sebesar 100 MΩ (**IEEE, 2000**). Berdasarkan pada data hasil pada Tabel 7 tahanan isolasi yang terukur sebesar 5,19 GΩ dan antara fasa ke badan motor sebesar 13,4 GΩ hal ini berarti hasil pengukuran memenuhi standar IEEE 43-2000.

Indeks polarisasi (*polarization index*) merupakan perbandingan arus bocor pada saat pengukuran satu menit dengan arus bocor pada pengukuran sepuluh menit sesuai dengan Tabel 3 mengacu pada IEEE 43-2000 jika nilai dari indeks polarisasi adalah *excellent* (**IEEE, 2000**). Berdasarkan hasil *final test* setelah dilakukan *rewinding* dan dilakukan beberapa pengujian sesuai dengan standar.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengujian dapat disimpulkan bahwa standar Siemens yaitu N_{turn} kV yang digunakan di PT. Pindad (Persero) sesuai dengan Standar IEC 60034-15. Tegangan uji yang digunakan pada tes impuls adalah 9 kV karena untuk memperkecil resiko kerusakan (*breakdown*) pada *coil*. Namun memiliki kekurangan yaitu lebih rentan terhadap tegangan impuls yang nilainya lebih besar daripada tegangan uji. Tegangan uji pada tes HVDC adalah 13,1 kV dan hasil yang diperoleh menunjukkan isolasi koil dapat menahan tegangan tinggi DC. Hasil pengujian pada *insulation resistance* adalah 107 M Ω , sedangkan standar IEEE 43-2000 nilai tahanan isolasi minimal adalah 100 M Ω . Hasil pengujian dari *final test* menunjukkan nilai indeks polarisasi sebesar 4,62, mengacu pada IEEE 43-2000 nilai dari indeks polarisasi adalah *excellent*. Pengujian dinyatakan telah berhasil karena sudah memenuhi standar sehingga motor listrik dalam kondisi baik dan dapat digunakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada PT. Pindad (Persero) yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan kegiatan penelitian dan sudah banyak membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Amalia, N. T., Mulud, T. H., & Prasetyo, B. (2017). Perbaikan motor induksi 2380 kW di PT. Pindad (PERSERO). *Jurnal Teknik Energi*, 13(2), 54–60.
- Amri, R., & Darmawan, I. A. (2020). Pengujian Standar Mutu Pada Perbaikan Motor Traksi 130 Kw PT . Pindad (Persero) Bandung. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika*, 3(1), 415–424.
- Brown, P. (2015). Test and measurement. *Handbook for Sound Engineers, Fifth Edition*, 1603–1626. <https://doi.org/10.4324/9780080553740-12>
- Chapman, S. J. (2012). Electric Machinery Fundamentals. In *Book*.
- Hubert, C. I. (1991). *Electric Machines*. Prentice Hall.
- IEC. (2009). SANS 60034-15 : 2009 IEC 60034-15 : 2009 Rotating electrical machines Part 15 : Impulse voltage withstand levels of form-wound stator coils for rotating a . c . *Change*, 2009.
- IEEE. (2000). IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Electric Machinery IEEE Power and Energy Society. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc*, 43, 9–14.
- IEEE. (2004). *IEEE Guide for Testing Turn-to-Turn Insulation on Form-Wound Stator Coils for Alternating-Current Rotating Electric*. 1992.
- IEEE Std 286, Society, M., IEEE - Institute of Electrical and Eletronics Engineers, IEEE Power and Energy Society, Coordinating, S., & Rating, T. (2000). IEEE Recommended Practice

for Insulation Testing of AC Electric Machinery (2300 V and Above) With High Direct Voltage. *Conference Record of the 2012 IEEE International Symposium on Electrical Insulation (IseI)*, 2002(June), 27.

Iskandar, S., & Djuanda. (2017). *Konversi Energi*. Sleman: Deepublish.

Megger. (2006). " A Stitch in Time ..." The Complete Guide to Electrical Insulation Testing. *Megger*, 23–24. <https://www.instrumart.com/assets/Megger-insulationtester.pdf>

Sulastri, D., Studi, P., Vokasional, P., Elektro, T., Sultan, U., Tirtayasa, A., Darmawan, I. A., Studi, P., Vokasional, P., Elektro, T., Sultan, U., & Tirtayasa, A. (2022). *Pengujian elektrik motor induksi 3. 24*(1), 47–56.