

ANALISA EFISIENSI MOTOR INDUKSI 3 PHASA HASIL *REWINDING* DENGAN PEMODELAN *FINITE ELEMENT*

Joko Tri Susilo¹, Seflahir Dinata², Jan Setiawan³, Eko Santoso⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang
^{1,2,3,4}Jl. Raya Puspipitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten, 15310, Indonesia

¹ dosen02659@unpam.ac.id

² dosen01138@unpam.ac.id

³ dosen01647@unpam.ac.id

⁴ eksantoso88@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 14-06-2023
revisi : 25-06-2023
diterima : 28-06-2023
dipublish : 30-06-2023

ABSTRAK

Motor induksi tiga fasa digunakan pada industri karena memiliki daya relatif lebih besar, konstruksinya yang kuat, harganya yang murah dan efisien dalam perawatan. Namun, sering ditemukan motor induksi tiga fasa di beberapa tempat yang sudah tidak terpakai dikarenakan mengalami kerusakan pada lilitan atau *winding*. Kerusakan tersebut masih bisa diperbaiki dengan cara melilit ulang atau *rewinding*. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan mengetahui perubahan nilai efisiensi pada motor induksi 3 fasa sebelum dan setelah dililit ulang (*rewinding*) dengan menggunakan jenis dan diameter kawat yang berbeda, serta membandingkan hasil *rewinding* manual dengan hasil simulasi menggunakan *software finite element analysis*. Berdasarkan hasil pengujian motor induksi 3 fasa tanpa beban dengan variasi tegangan sebelum atau sesudah *rewinding* di dapatkan hasil efisiensi mencapai selisih $\pm 2\%$. Sedangkan dari hasil simulasi *software finite element analysis* dengan memvariasikan kawat konduktor berdiameter 0,75 mm dan 0,60 mm didapatkan analisis efisiensi kawat konduktor berdiameter 0,75 mm yang di peroleh pada kecepatan 1500 sekitar 20%, dan efisiensi kawat konduktor berdiameter 0,60 mm yang di peroleh pada kecepatan 1500 sekitar 18%.

Kata kunci: Lilit ulang; motor induksi; analisis finite element

ABSTRACT

Three-phase induction motors are used in industry because they have relatively greater power, strong construction, low cost and efficient maintenance. However, three-phase induction motors are often found in several places that are no longer used due to damage to the windings. This damage can still be repaired by rewinding or rewinding. The purpose of this study was to design and determine changes in efficiency values of 3-phase induction motors before and after rewinding using different wire types and diameters, as well as to compare the results of manual rewinding with simulation results using finite element analysis software. Based on the test results of a no-load 3-phase induction motor with voltage variations before or after rewinding, the efficiency results reach a difference of $\pm 2\%$. Meanwhile, from the simulation results of the finite element analysis software by varying the conductor wire diameter of 0.75 mm and 0.60 mm, the efficiency analysis of the conductor wire with a diameter of 0.75 mm obtained at a speed of 1500 is around 20%, and the efficiency of the conductor wire with a diameter of 0.60 mm gain at 1500 speed is about 18%.

Keywords: Rewinding; induction motor; finite element analysis

PENDAHULUAN.

Pada jaman modern seperti sekarang ini kehidupan manusia sudah sangat tergantung terhadap bantuan alat ataupun mesin dalam mendukung kegiatannya sehari-hari, baik dalam melakukan kegiatan rumah tangga maupun kegiatan industri. Salah satu alat listrik yang sangat membantu aktifitas manusia adalah motor induksi. Motor induksi 3 fasa banyak digunakan pada berbagai aplikasi mulai dari aplikasi rumah tangga hingga industri besar. Motor induksi merupakan salah satu perangkat yang sangat penting dalam proses produksi industri, karena ketika kinerja motor induksi menurun maka proses produksi atau proses kerja industri akan terganggu (Septianto, Widodo dan Sinaga, 2015).

Mesin-mesin listrik menempati peranan penting dalam sebuah proses produksi disuatu industri atau pabrik, karena dengan mesin-mesin listrik ini dapat memudahkan pelaksanaan produksi dan waktu yang digunakan dalam proses industri menjadi lebih singkat. Kerusakan pada mesin-mesin listrik umumnya

diakibatkan oleh tiga faktor, yaitu factor lingkungan (*environmental*), factor mekanikal dan factor elektrik. Khusus kerusakan pada segi elektrik sebagian besar terletak pada lilitan (*winding*) dimana pada *winding* tersebut bila suatu motor kelebihan beban (*overload*) dan dioperasikan secara terus menerus akan menyebabkan *winding* tersebut terbakar, dengan kondisi seperti ini diwajibkan mengganti *winding* yang baru (Amalia et al., 2017).

Penggulungan ulang pada motor yang terbakar sudah umum dilakukan oleh industri. Penggulungan motor yang dilakukan dengan hati-hati dapat menghasilkan motor dengan efisiensi yang sama dengan motor dalam kondisi awal. Penggulungan ulang dapat mempengaruhi beberapa faktor yang berdampak terhadap menurunnya efisiensi motor, seperti cara menggulungnya, bahan gulungan, kinerja pengisolasi, dan suhu operasi (Suparlan, 2011).

Pada tahun 2019, Purwito melakukan penelitian mengenai pengujian motor

induksi 3 fasa setelah di *rewinding*. Metode yang digunakan adalah pengujian berbeban dan berbeban dengan menggunakan alat ukur *Servo Machine Testing System*. Hasil yang didapatkan adalah efisiensi motor hampir sama setelah *direwinding*, tetapi bila dibandingkan dengan motor yang standard nilai efisiensi motor yang telah *direwinding* berdampak terhadap karakteristik motor tersebut, sehingga berpengaruh terhadap penurunan efisiensi (Purwito dan Noor, 2020).

Sebuah penelitian juga dilakukan pada tahun 2022 mengenai pengaruh motor *rewinding* terhadap kinerja beban nominal. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengujian tahanan isolasi, pengujian motor berbeban dan tanpa beban dengan menggunakan alat ukur *Servo Machine Testing System* dan pengujian pengereman. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah Efisiensi motor baru mencapai 75% pada daya input 591,4 watt atau sekitar 43% dari beban nominal, sedangkan efisiensi motor yang *direwinding* mencapai 65% pada daya input 528 watt atau sekitar 45% dari beban nominal (Nugraha dan Irwan, 2022).

Tujuan penelitian ini adalah untuk memahami tentang kinerja motor serta menganalisa faktor yang ditimbulkan terhadap distorsi harmonisa sebelum dan setelah digulung ulang (*rewinding*). Serta membandingkan hasil *rewinding* manual dengan hasil simulasi menggunakan software.

TEORI

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)

LabVIEW adalah produk dari *National Instruments* yang berupa *software* pengembangan program aplikasi dan *hardware input-output* untuk keperluan

akuisisi dan pengendalian. Perangkat lunak (*software*) ini dapat dijalankan pada sistem operasi 20 Linux, Unix, Mac OS X dan Windows. Berbeda dengan pemrograman berbasis teks dimana instruksi-instruksi menentukan eksekusi program pada sistem kendali, *LabVIEW* merupakan pemrograman aliran data dimana aliran data menentukan eksekusi dari program (Pongoh et al., 2021).

NI USB - 6009

Untuk memperoleh nilai-nilai besaran fisik yang diukur ke dalam komputer, maka diperlukan perangkat akuisisi data yang berfungsi sebagai *Analog to Digital Converter* (ADC) (Nurraharjo, 2011). *National Instruments* memiliki banyak jenis alat untuk melakukan akuisisi data. Salah satu perangkat dari *National Instruments* untuk akuisisi data adalah NI USB - 6009. NI USB – 6009 berkomunikasi dengan PC menggunakan koneksi USB (*Universal Serial Bus*).

Finite Element Method (FEM)

Finite Element Method (FEM) atau Metode Elemen Hingga ini telah menjadi bagian tak terpisahkan dari solusi numerik di dunia teknik rekayasa. FEM diaplikasikan secara luas mulai dari analisa *stress* (tegangan) dan *deformasi* (perubahan bentuk) pada bidang struktur bangunan, jembatan, penerbangan, dan otomotif, sampai pada analisa aliran fluida, perpindahan panas, medan magnet, dan masalah non-struktur lainnya. FEM merupakan salah satu metode pendekatan untuk menyelesaikan nilai batas yang tidak banyak membutuhkan memori (Pakpahan, Setyadi dan Basani, 2019).

Kemajuan yang sangat pesat di bidang komputer baik piranti lunak maupun *hardware* dalam dua dekade terakhir telah menyebabkan FEM diterapkan secara

masif pada level yang belum pernah dibayangkan sebelumnya. Dengan kecanggihan piranti lunak-keras komputer sekarang, masalah rekayasa yang rumit dapat dimodelkan dengan relatif mudah. Waktu yang diperlukan untuk memecahkan problem pun semakin singkat (Sumiyanto dan Abdunnaser, 2018). Sebagai ilustrasi, simulasi tabrakan mobil dua puluh tahun lalu memerlukan waktu berminggu-minggu dengan menggunakan super komputer. Tetapi pada hari ini simulasi serupa hanya memerlukan waktu belasan jam dengan menggunakan personal komputer.

Ansys Maxwell

ANSYS Maxwell adalah perangkat lunak yang secara khusus dirancang untuk mensimulasikan dan menganalisa medan elektromagnetik yang berfungsi untuk merancang dan menganalisis elektromagnetik dan elektromekanis perangkat 3D dan 2D (M. Alfin, 2023). Ansys Maxwell menggunakan FEM akurat, frekuensi-domain, medan elektromagnetik dan perubahan listrik terhadap waktu.

Manfaat utama dari Ansys Maxwell adalah proses simulasi secara otomatis. Ada beberapa langkah yang dapat ditempuh dalam membuat simulasi, salah satunya menggunakan *template* yang ada pada Ansys Maxwell. Jika merancang sendiri maka harus menentukan mesh, parameter, dan fungsi persamaan sendiri.

METODOLOGI

Menggulung Motor 3 Fasa

Melilit kumparan dengan menggunakan mal dapat dilakukan dengan mengukur panjang, lebar kumparan yang akan dililit dan mempersiapkan mal sesuai dengan ukuran kumparan-kumparan. Selanjutnya melakukan penggulangan kumparan-kumparan dengan jumlah lilitan

dan diameter kawat sesuai dengan yang aslinya dan sesuai dengan hasil perhitungan. Ilustrasi proses penggulangan kumparan diberikan pada Gambar 1. Setelah selesai melakukan penggulangan, ikat kumparan dengan menggunakan tali, kemudian lepaskan dari malnya untuk selanjutnya dimasukan ke dalam alur kumparan.



Gambar 1. Proses menggulung kumparan dengan alat mal.

Sebelum dimasukan kedalam alur kumparan, alur kumparan tersebut harus di bersihkan dari kotoran dengan menggunakan sikat kawat halus atau kertas pasir dan bersihkan kembali dengan cara mencuci alur stator dengan bensin atau *thinner*. Kemudian setelah bersih lapisi dengan prespan plastik yang berfungsi sebagai penyekat, prespan plastik juga berfungsi sebagai pelindung kumparan terhadap gesekan mekanik pada saat pemasangan kumparan pada stator motor. Langkah awal melapisi alur kumparan dengan menggunakan prespan dengan mengukur bahan-bahan untuk isolator alur-alur, ukur panjang alur dan dalam alur, sebelum kertas dipotong untuk panjang tambahan ± 1 cm dengan tujuan untuk dilipat pada kedua ujung stator, sehingga pada saat kawat di tekuk tidak mengenai inti stator. Untuk tahapan selanjutnya masukkan atau melapisi alur stator dengan isolasi prespan yang telah di persiapkan secara rapih dan dengan posisi yang benar. Ilustrasi kumparan berada di dalam stator diberikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses memasukan kumparan ke dalam alur stator.

Setelah itu lakukan penyambungan terhadap kelompok-kelompok kumparan untuk kumparan utama dan kumparan bantu sesuai dengan diagram bentangan yang berfungsi untuk menghubungkan antar kelompok belitan sehingga menjadi satu hubungan secara lengkap dan sesuai dengan tujuan atau spesifikasi motor induksi. Lakukanlah penguatan sambungan dengan cara menyolder, kemudian tutup lah setiap sambungan dengan selongsong isolasi kabel yang sudah dipersiapkan sebelum penyolderan.

Tahapan selanjutnya rapihkan kembali ujung-ujung kumparan dengan cara mengikat dengan tali rami, agar tidak terjadi pergerakan dan kontak mekanis antara stator dengan kumparan juga berfungsi untuk mempermudah pengaturan kepala belitan agar tidak terjadi mengganggu proses masuknya rotor ke dalam stator dan kemudian pasang atau sambungkan ujung-ujung ketiga kumparan pada kotak terminal.

Masukkan hasil gulungan ke dalam alur stator sesuai dengan langkah kumparan dan ditutup dengan prespan plastik. Setelah proses memasukan kumparan kedalam alur selesai tahapan selanjutnya adalah memastikan koneksi antar gulungan terhubung, dengan menggunakan bantuan alat *multitester*. Bagian-bagian yang harus di ukur adalah tahanan isolasi motor antara kumparan dengan *body*, mengukur nilai induktansi, mengukur tahanan gulungan antara U-V, V-W, dan W-U apakah semua dalam keadaan seimbang atau tidak. Setelah itu lakukan pengecekan putaran secara manual tanpa menghubungkannya dengan *power supply* apakah antara kumparan stator dan rotor terjadi gesekan atau tidak.

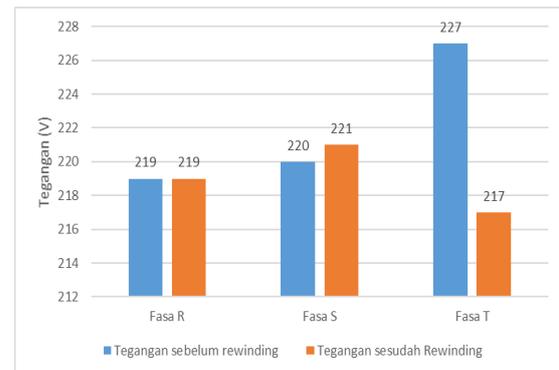
Setelah proses pengecekan selesai, tahapan selanjutnya adalah menguji coba motor induksi tersebut dengan menghubungkan motor tersebut ke *power supply* dan mengukur besarnya arus dalam keadaan beban kosong. Apa bila sudah selesai dan didapat hasil pengukuran maka motor tersebut dibuka kembali tutup muka dan belakang motor untuk mengeluarkan rotor dari rumah motor untuk memberikan lapisan sirlak pada kumparan dengan cara mencelupkan seluruh bagian stator kedalam larutan sirlak.

Setelah proses pemberian lapisan sirlak selesai selanjutnya ketahap pengeringan dengan cara menjemur pada sinar matahari. Setelah kering dipasang kembali dengan cara memasukkan rotor dan menutup stator kembali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Motor Sebelum dan Setelah Rewinding

Pengujian ini menggunakan motor berkapasitas 0,75 KW dengan ukuran diameter kawat lilitan 0,75 mm.



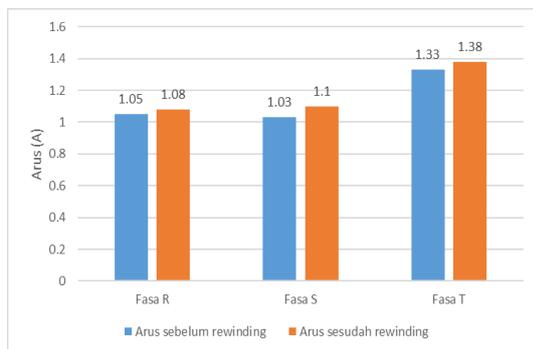
Gambar 3. Grafik perbandingan tegangan sebelum dan sesudah *rewinding*

Tabel 1. Perbandingan tegangan motor sebelum dan sesudah *rewinding*

Fasa	Tegangan (volt) sebelum rewinding	Tegangan (volt) setelah rewinding
R	219	219
S	220	221
T	227	217

Dari Gambar 3 dan Tabel 1 dapat diuraikan bahwa pada motor sebelum *rewinding* tegangan pada fasa R 219 V,

tegangan pada fasa S 220 V, dan tegangan pada fasa T 227 V. Dan pada motor sesudah *rewinding* tegangan pada fasa R 219 V, tegangan pada fasa S 221 V, dan tegangan pada fasa T 217 V. Jadi selisih tegangan antara motor sebelum dan sesudah *rewinding* pada fasa R adalah 0 V, pada fasa S adalah 1 V, dan pada fasa T adalah 10 V.



Gambar 4. Grafik perbandingan arus sebelum dan sesudah *rewinding*

Tabel 2. Perbandingan besar arus sebelum dan sesudah *rewinding*

Phasa	Arus (A) sebelum <i>rewinding</i>	Arus (A) sesudah <i>rewinding</i>
R	1,05	1,08
S	1,03	1,10
T	1,33	1,38

Tabel 3. Data hasil pengujian tanpa beban motor listrik 3 fasa sebelum di lilit ulang (*Rewinding*)

Pengukuran motor induksi 3 fasa sebelum <i>rewinding</i>								
No	V_1	I_1	$\cos \phi$	P_{in}	P_{out}	Rpm	T_{out}	ω
1	175	0,823	0,147	36,62	2,989	1495	4,760	0,628
2	180	0,827	0,143	36,82	2,993	1493	4,767	0,628
3	185	0,844	0,136	36,73	2,987	1496	4,757	0,628
4	190	0,897	0,135	39,80	2,989	1495	4,760	0,628
5	195	0,928	0,135	42,26	2,983	1493	4,767	0,628
6	200	0,972	0,112	37,66	2,985	1497	4,754	0,628
7	205	1,104	0,131	49,55	2,991	1494	4,764	0,628
8	210	1,074	0,127	49,55	2,989	1495	4,760	0,628
9	215	1,112	0,128	66,75	2,987	1496	4,757	0,628
10	220	1,159	0,127	52,93	2,983	1493	4,750	0,628

Dari Gambar 4 dan Tabel 2 dapat diuraikan bahwa pada motor sebelum *rewinding* arus R 1,05 A, arus S 1,03 A, dan arus T 1,33 A. Dan pada motor sesudah *rewinding* arus R 1,08 A, arus S 1,10 A, dan

arus T 1,38 A. Sehingga selisih arus antara motor sebelum dan sesudah *rewinding* itu sebesar tegangan R turun 0,3 mA, tegangan S 0,7 mA, dan tegangan T 0,5 mA.

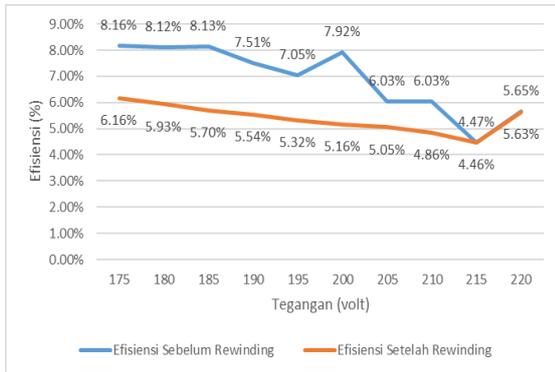
Tabel 4. Data hasil pengujian tanpa beban motor listrik 3 fasa sesudah di lilit ulang (*Rewinding*)

Pengukuran Motor Induksi 3 Fasa Sesudah <i>Rewinding</i>								
No	V_1	I_1	$\cos \phi$	P_{in}	P_{out}	Rpm	T_{out}	ω
1	175	0,785	0,204	48,48	2,987	1496	4,757	0,628
2	180	0,809	0,200	50,38	2,991	1494	4,764	0,628
3	185	0,863	0,189	52,50	2,993	1493	4,767	0,628
4	190	0,876	0,187	53,84	2,983	1498	4,750	0,628
5	195	0,91	0,183	56,17	2,989	1495	4,760	0,628
6	200	0,961	0,174	57,85	2,987	1496	4,757	0,628
7	205	0,994	0,168	59,22	2,993	1493	4,767	0,628
8	210	1,044	0,162	61,44	2,991	1494	4,764	0,628
9	215	1,101	0,163	66,75	2,983	1498	4,750	0,628
10	220	1,163	0,155	68,50	2,989	1498	4,760	0,628

Data pengujian dalam Tabel 3 dan Tabel 4 nilai dari besaran seperti Torsi tegangan (v), $\cos \phi$, dan frekuensi (Hz) di ambil dari hasil pengukuran pada alat ukur, sedangkan untuk arus (A) dan daya (W) di ambil dari hasil perhitungan.

Tabel 5. Perbedaan nilai efisiensi motor induksi sebelum dan sesudah di *rewinding*.

Tegangan (V)	Efisiensi sebelum di <i>rewinding</i>	Efisiensi sesudah di <i>rewinding</i>
175	8,16%	6,16 %
180	8,12 %	5,93 %
185	8,13 %	5,70 %
190	7,51 %	5,54 %
195	7,05 %	5,32 %
200	7,92 %	5,16 %
205	6,03 %	5,05 %
210	6,03 %	4,86 %
215	4,47 %	4,46 %
220	5,65 %	5,63 %



Gambar 5. Grafik perbedaan nilai efisiensi motor induksi sebelum dan sesudah *rewinding*

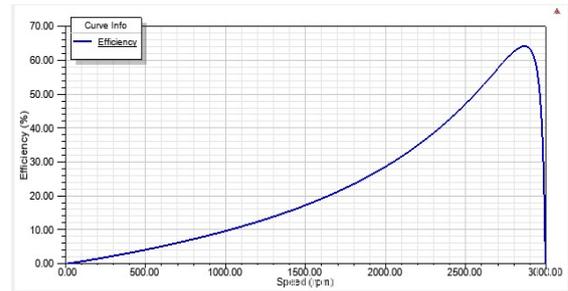
Pada Tabel 5 dan Gambar 5 di atas terlihat grafik nilai efisiensi motor induksi terhadap metode variasi tegangan. Sebelum dan sesudah di *rewinding* terjadi penurunan efisiensi motor induksi setelah di lilit ulang selisihnya dapat mencapai $\pm 2\%$.

Hasil Pengujian Simulasi Menggunakan *Ansys Maxwell*.

Pada pengujian kali ini dilakukan dengan cara simulasi menggunakan *software Ansys Maxwell 16.0* dengan cara memvariasikan diameter luas penampang kawat konduktor (*winding*) pada stator motor induksi 3 fasa dengan menggunakan diameter kawat 0,60 mm, dan 0,75 mm. Berikut efisiensi motor induksi 3 fasa yang di hasilkan dari simulasi melalui *software Ansys Maxwell 16.0* dengan menggunakan diameter kawat yang bernampang 0,60 mm dan 0,75 mm.

Tabel 6. Data hasil pengujian simulasi dengan *software Ansys Maxwell* menggunakan luas penampang kawat berdiameter 0,60 mm

Nama	Nilai	Satuan
V_1	380	Volt
I_1	4,597	Ampere
$\text{Cos } \phi$	0,164	Ohm
P_{in}	495,61	Watt
P_{out}	1,719	Watt
Rpm	2993	
T_{out}	2,738	Nm
ω	0,628	Sekon

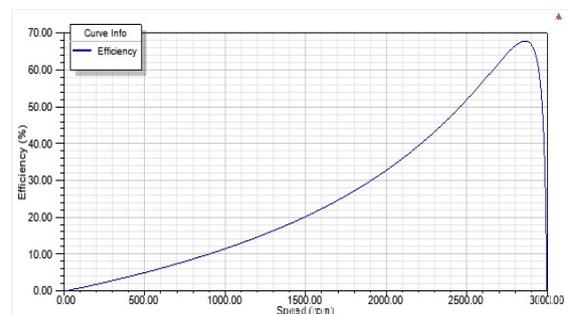


Gambar 6. Grafik efisiensi motor induksi 3 fasa sebelum *rewinding* dengan diameter kawat 0,60 mm

Dari Gambar 6 di atas menunjukkan nilai efisiensi terhadap kecepatan motor induksi 3 fasa sebelum *rewinding* dengan diameter kawat 0,60 mm. Hasil yang di peroleh pada saat kecepatan 500 rpm efisiensi yang di peroleh sekitar 4%, kecepatan 1000 rpm efisiensi yang di peroleh sekitar 10%, sedangkan untuk kecepatan 1500 rpm efisiensi yang di peroleh sekitar 18%.

Tabel 7. Data hasil pengujian simulasi dengan *software Ansys Maxwell* menggunakan luas penampang kawat berdiameter 0,75 mm

Nama	Nilai	Satuan
V_1	380	Volt
I_1	4,485	Ampere
$\text{Cos } \phi$	0,188	Ohm
P_{in}	554,30	Watt
P_{out}	1,719	Watt
Rpm	2993	
T_{out}	2,738	Nm
ω	0,628	Sekon



Gambar 7. Grafik efisiensi motor induksi 3 fasa setelah *rewinding* dengan diameter kawat 0,75 mm

Dari Gambar 7 di atas menunjukkan nilai efisiensi terhadap kecepatan motor induksi 3 fasa setelah *rewinding* dengan diameter kawat 0,75 mm. Hasil yang di

peroleh pada saat kecepatan 500 rpm efisiensi yang di peroleh sekitar 5%, kecepatan 1000 rpm efisiensi yang di peroleh sekitar 12%, sedangkan untuk kecepatan 1500 rpm efisiensi yang di peroleh sekitar 20%.

Tabel 8. Perbedaan nilai efisiensi motor induksi sebelum dan sesudah *rewinding* dengan simulasi *Ansys Maxwell*

Tegangan (V)	Efisiensi sebelum <i>rewinding</i>	Efisiensi setelah <i>rewinding</i>
380	0,34%	0,31 %

Pada Tabel 8 di atas menjelaskan mengenai perbedaan nilai efisiensi motor induksi sebelum dan sesudah *rewinding* dengan simulasi *Ansys Maxwell* pada tegangan 380 V. Berdasarkan simulasi sebelum dan sesudah di *rewinding* terjadi penurunan efisiensi motor induksi setelah di lilit ulang selisihnya sebesar 0,03%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian motor induksi 3 fasa tanpa beban dengan variasi tegangan sebelum atau sesudah *rewinding* di dapatkan hasil efisiensi mencapai selisih $\pm 2\%$. Sedangkan dari hasil simulasi *software finite element analysis* dengan memvariasikan kawat konduktor berdiameter 0,75 mm dan 0,60 mm didapatkan analisis efisiensi kawat konduktor berdiameter 0,75 mm yang di peroleh pada kecepatan 1500 sekitar 20%, dan efisiensi kawat konduktor berdiameter 0,60 mm yang di peroleh pada kecepatan 1500 sekitar 18%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dan tulisan ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, N. T., Mulud, T. H., dan Prasetyo, B. (2017). Perbaikan Motor Induksi 2380 KW di PT.PINDAD (Persero). *Eksergi*, 13(2). <https://doi.org/10.32497/EKSERGI.V13I2.910>
- M. Alfin, J. (2023). *DESAIN DAN ANALISIS TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 3 FASA 100 kVA MENGGUNAKAN ANSYS MAXWELL DITINJAU DARI RUGI – RUGI INTI*. (Disertasi Doktor, Universitas Mataram)
- Nugraha, A. S., dan Irwan, I. (2022). Analisis Penentuan Efisiensi dan Pengaruh Motor Rewinding Terhadap Kinerja untuk Mencapai Beban Nominal. *VERTEX ELEKTRO*, 14(2), 139-145.
- Nurraharjo, E. (2011). ANALISIS MODEL AKUISISI DATA TERHADAP PIRANTI ANALOG TO DIGITAL (ADC). *Dinamika Informatika: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 3(2). <https://doi.org/10.35315/INFORMATIKA.V3I2.1312>
- Pakpahan, H. S., Setyadi, H. J., dan Basani, Y. (2019). Analisis Pengaruh Model Salinitas Air Tanah Menggunakan Finite Element Method (FEM) Di Kalimantan Timur. *Informatika Mulawarman: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 14(1), 12-16.
- Pongoh, D. S., Budiman, M., Kantohe, D., dan Lumentut, V. (2021). Implementasi Software LabVIEW untuk Mendukung Sistem Smart Home Berbasis Mikrokontroler. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 12, 394–400. <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/2725>
- Purwito, P., dan Noor, N. A. (2020). REWINDING DAN METODE PENGUJIAN MOTOR INDUKSI 3 Φ STAR-DELTA. *Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 4(1), 1–7.



- <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/sn-p2m/article/view/1767>
Septianto, F., Widodo, A., dan Sinaga, N. (2015). Analisa Penurunan Efisiensi Motor Induksi Akibat Cacat Pada Cage Ball Bantalan. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(4), 397-407.
- Sumiyanto, S., dan Abdunnaser, A. (2018). ANALISIS KEKUATAN VELG ALUMINIUM MODEL D30D PADA PERUSAHAAN “A.” *Bina Teknika*, 14(2), 225–235.
<https://doi.org/10.54378/BT.V14I2.326>
- Suparlan, M. (2011). Pengaruh Penggulungan Ulang (Rewinding) Stator Terhadap Kinerja Motor Induksi. *Jurnal Rekayasa Sriwijaya*, 20(3), 9-14.