

RANCANG BANGUN KUMPARAN STATOR MOTOR INDUKSI 1 FASA 4 KUTUB DENGAN METODE KUMPARAN JERAT

(DESIGN OF 4 POLE 1 PHASE INDUCTION MOTOR STATOR WINDING WITH COIL MESHES METHODE)

Yanti Kumala Dewi, Widyono Hadi, Samsul Bachri M
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember (UNEJ)
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
E-mail: yantikumala92@gmail.com

Abstrak

Pada era industri modern saat ini, kebutuhan terhadap alat produksi yang tepat guna sangat diperlukan dapat meningkatkan efisiensi waktu dan biaya. Sebagian besar alat industri dan rumah tangga menggunakan tenaga listrik sebagai energi penggerak utamanya. Motor induksi AC ini banyak digunakan dikarenakan memiliki beberapa kelebihan dibanding motor DC, diantaranya yaitu lebih murah dari pada motor DC. Umumnya motor induksi yang digunakan sebagai pompa air memiliki putaran yang sangat tinggi dan menggunakan dua kutub pada statornya. Dalam penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun kumparan stator motor induksi satu fasa dua kutub menjadi motor induksi satu fasa empat kutub dengan menggunakan jenis kumparan jerat. Dalam modifikasi ini jumlah lilitan pada kumparan utama sebanyak 100 lilitan sedangkan jumlah untuk kumparan bantu sebanyak 120 lilitan. Dari hasil pengujian tanpa beban saat kondisi tegangan nominal kecepatan dari motor induksi modifikasi sebesar 1998 rpm, sedangkan untuk nilai arus sebesar 3.01 Amper dengan besar nilai daya yang dihasilkan sebesar 198 Watt.

Kata Kunci : Mesin-mesin listrik, motor induksi, metode jerat dan torsi.

Abstract

The use of electrical machines is now very widespread not only in factories and industrial enterprises, but also in the society. For example of the use of water pumps that are part of the electrical machine is an induction motor. Generally, induction motors are used as water pumps have an extremely high spins and use two poles on the stator. In this research have plan to design of induction motor stator two poles one phase into induction motor four poles one phase with coil meshes methode. In this modification the coiled amount of the primary coil as much as 100 coiled while amount for the secondary coil as much as 120 coiled. The test results of no load condition when nominal voltage velocity from induction motors as much as 1988 rpm, and for electrical current as much as 3.01 ampere with amount of an electrical current value produced as much as 198 watt.

KeyWords : Electrical machines, induction motors, Spiral method and torque.

PENDAHULUAN

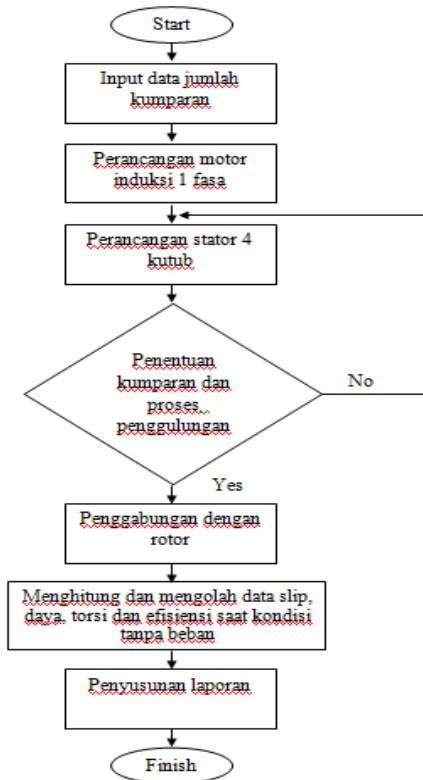
Pada era industri modern saat ini, kebutuhan terhadap alat produksi yang tepat guna sangat diperlukan dapat meningkatkan efisiensi waktu dan biaya. Sebagian besar alat industri dan rumah tangga menggunakan tenaga listrik sebagai energi penggerak utamanya. Penggunaan motor AC (*Alternating Current*) atau arus bolak-balik satu fasa saat ini banyak digunakan diberbagai aplikasi. Salah satu penggunaan motor AC yang sering ditemui yaitu terdapat diperabotan rumah tangga berupa mesin cuci dan peralatan-peralatan yang sering dijumpai dalam rumah seperti kipas angin, AC, dan yang lainnya [1].

Motor induksi telah banyak melengkapi produksi, transisi, dan penggunaan sistem tenaga listrik AC. Motor induksi merupakan motor listrik bolak-balik (*ac*) yang

putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan stator (motor asinkron). Pemberian nama motor induksi berasal dari prinsip kerjanya yaitu arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator [2].

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan merancang bangun kumparan stator motor induksi satu fasa dua kutub menjadi motor induksi satu fasa empat kutub sebagai bahan perbandingan antara teori dengan prakteknya dan jenis motor yang akan dirancang adalah motor kapasitor start. Dengan adanya penelitian ini diharapkan mampu membuat motor induksi yang dapat digunakan sebagai pembanding dengan motor induksi yang sudah ada.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

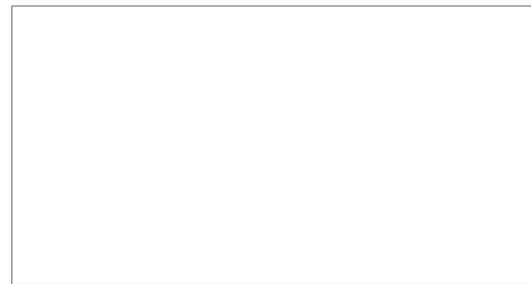
Gambar 1 menunjukkan diagram alir dari penelitian yang dilakukan. Data masukan pada diagram alir di atas adalah data perencanaan kumputan stator motor induksi 1 fasa 4 kutub yang akan didesain.



Gambar 2. Alur Kumputan Stator

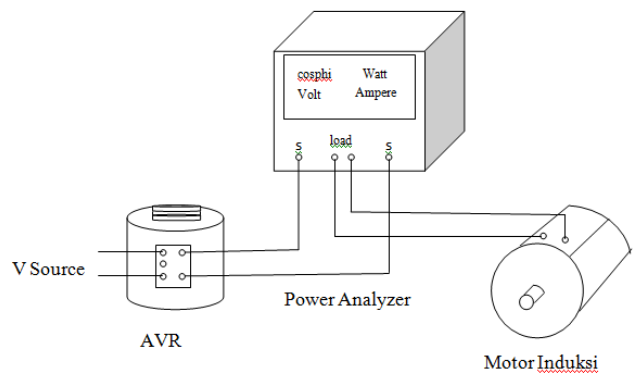
Gambar 2 menunjukkan alur kumputan stator yang akan digunakan dalam penelitian ini. Untuk menggulung motor induksi 1 fasa 4 kutub, hal yang diperlukan adalah menghitung langkah kumputan. Langkah kumputan merupakan nilai alur dibagi dengan dua kali pasangan kutub. Pada penelitian ini, alur yang digunakan (G) sebanyak 24, dan menggunakan dua pasang kutub. Berarti untuk langkah kumputannya yaitu $G/2p = 24/2 \cdot 2 = 6$ kumputan bagian.

Jenis motor yang dirangkai dalam penelitian ini yaitu motor kapasitor start. Berikut adalah rangkaian dari motor split capasitor:



Gambar 3. Rangkaian Motor Split Capasitor

Gambar 3 menunjukkan rangkaian motor split capasitor Motor kapasitor start merupakan sebuah motor dimana terdapat kapasitor sebagai rangkaian bantu *starting* yang disertai dengan kumputan bantu. Setelah motor berputar 75 % dari putaran nominal maka saklar sentrifugal bekerja memutuskan rangkaian lilitan bantu dan motor bekerja hanya dengan lilitan utama.



Gambar 4. Diagram Pengujian

Gambar 4 menunjukkan diagram pengujian dari alat yang akan diteliti. Pengujian pada penelitian ini menggunakan AVR untuk mengatur tegangan inputnya. Sedangkan power analyzer sebagai alat ukur untuk mengetahui nilai daya, arus, tegangan, dan *Power Factor*.

HASIL PENELITIAN

Pada tugas akhir ini dalam penggulungan kumputan stator, tembaga yang akan digunakan yaitu tembaga jenis supreme dengan lebar tembaga yang digunakan pada kumputan utama 0.5 mm dan untuk kumputan bantu 0.4 mm. Sedangkan untuk motor induksi pembanding, lebar tembaga yang digunakan untuk kumputan utama yaitu 0.95 mm dan untuk kumputan bantu 0.65 mm. Untuk kumputan bantu pada penelitian ini lilitan yang digunakan sebanyak 100 lilitan an untuk kumputan bantu jumlah lilitan yang digunakan sebanyak 120 lilitan untuk lebih jelasnya seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Alur pada Kumputaran Utama dan Kumputaran Bantu Motor Modifikasi

| Kumputaran Utama | | Kumputaran Bantu | |
|------------------|---------|------------------|---------|
| Alur | Lilitan | Alur | Lilitan |
| 1-5, 7-11 | | 4-9,10-15 | |
| 13-17, 19-23 | 100 | 16-21,22-3 | 120 |
| 2-6, 8-12 | | | |
| 14-18, 20-24 | 100 | | |

Pengujian Rotor Ditahan (Blocked Rotor)

Pengujian rotor ditahan dilakukan untuk mengetahui daya ketika diberi tegangan dan rotor dalam keadaan ditahan. Pengujian ini dilakukan sampai nilai arus mencapai nilai maksimal. Dari data yang didapat pada pengujian ini, akan dihitung nilai induktansi pada motor, baik pada stator maupun pada rotor.

Tujuan dari pengujian rotor ditahan ini yaitu mengetahui parameter reaktansi pada kumputaran stator dan reaktansi pada rotor dberikut adalah hasil dari perhitungan motor ditahan untuk motor modifikasi maupun pembanding. Untuk nilai XBL motor pembanding sebesar 7.279 Ω sedangkan untuk motor pembanding sebesar 8.73 Ω.

Dalam pengujian rotor ditahan motor induksi diberikan tegangan yang bertahap mulai dari tegangan 10.5 V sampai tegangan 62.2 V. Pada saat tegangan yang diberikan sebesar 60 V nilai arus dan nilai daya mulai mengalami kenaikan yang signifikan dengan besar arus yang mengalir sebesar 3.4 A dengan nilai daya sebesar 186 W dan Cos φ sebesar 0.91. Pada saat tegangan yang diberikan sebesar 62 V arus yang mengalir sebesar 3.55 A dan daya sebesar 200 W dengan Cos φ sebesar 0.91 seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Pengujian Rotor Ditahan Motor Induksi Modifikasi

| |
|--|
| |
|--|

Untuk motor pembanding pada saat tegangan yang diberikan sebesar 40.6 V arus yang mengalir sebesar 2.24 A dengan nilai daya sebesar 78 W dan Cos φ sebesar 0.86. Pada saat tegangan yang diberikan sebesar 60 V arus dan nilai daya mulai mengalami kenaikan yang signifikan dengan besar arus yang mengalir sebesar 3.38 A dengan nilai daya sebesar 175 W dan Cos φ sebesar 0.8. Pada saat tegangan yang diberikan sebesar 62.2 V arus yang mengalir sebesar 3.51 A dan daya sebesar 190 W dengan Cos φ sebesar 0.87 seperti yang ditunjukkan pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Pengujian Rotor Ditahan Motor Induksi Pembanding

| |
|--|
| |
|--|

Pengujian Motor

Pengujian motor induksi ini bertujuan untuk mengetahui kinerja motor mulai tegangan rendah sampai dengan tegangan nominal motor tersebut. Berikut adalah hasil dari pengujian motor baik untuk motor modifikasi maupun pembanding.

Dari pengujian bertahap ini, dapat diketahui nilai-nilai dari daya, arus, *power factor*, dan kecepatan motor induksi. Nilai daya dan arus berbanding lurus dengan kenaikan nilai tegangan yang diberikan. Semakin besar tegangan yang diberikan maka semakin besar nilai arus dan nilai daya yang dihasilkan. Akan tetapi kenaikan nilai tegangan mengakibatkan menurunnya nilai *power factor*. Untuk hasil pengujian motor modifikasi saat tegangan yang diberikan mencapai tegangan nominal diperoleh data arus sebesar 3.01 A, nilai daya sebesar 198 W, dan nilai *power factor* sebesar 0.3. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. Hasil Pengujian Motor Induksi Modifikasi

| |
|--|
| |
|--|

Untuk Motor pembanding, peningkatan nilai daya yang terjadi pada motor pembanding lebih kecil dibandingkan dengan motor modifikasi. Hal ini dikarenakan faktor jenis kumputaran yang digunakan pada motor modifikasi. Untuk tegangan nominalnya diperoleh data arus sebesar 3.5 A, nilai daya sebesar 194 W, dan nilai *power factor* sebesar 0.25 seperti pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Hasil Pengujian Motor Induksi Pemanding

| Parameter | Motor Modifikasi | Motor Pemanding |
|------------------|------------------|-----------------|
| Daya Mekanik (W) | 178.78 | 156.83 |
| Torsi (Nm) | 1.14 | 1 |

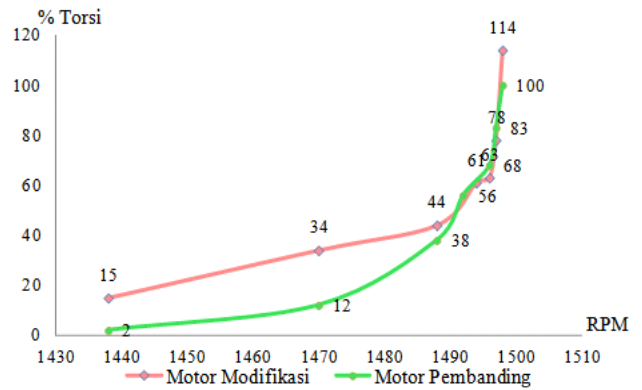
Dari hasil pengujian diatas, dengan perhitungan yang sama, didapatkan nilai daya mekanik dan torsi sebagai berikut. Untuk besar nilai daya mekanik motor modifikasi sebesar 178.78 W dan untuk nilai torsinya sebesar 1.14 Nm. Sedangkan besar nilai daya mekanik motor pembanding yaitu sebesar 156.83 W dan untuk nilai torsinya sebesar 1 Nm. Dari hasil perhitungan ini didapat grafik tegangan terhadap daya mekanik pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Grafik Tegangan Terhadap Daya Mekanik Pada Motor Induksi Modifikasi Maupun Pemanding

Dari gambar 5 diatas menunjukkan grafik hubungan antara tegangan terhadap daya mekanik pada motor modifikasi maupun pembanding. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa untuk motor induksi modifikasi memiliki daya mekanik lebih besar dibandingkan dengan motor induksi pembanding saat tegangan input menunjukkan tegangan nominal. Untuk nilai daya mekanik pada motor induksi modifikasi mengalami kenaikan disetiap kenaikan tegangannya, sedangkan untuk motor induksi pembanding saat tegangan berkisar diantara 80.2 V sampai 139.5 V, nilai daya mekanik naik secara perlahan, nilai daya mekanik motor induksi modifikasi mencapai 198 W pada tegangan 220.4 V. Sedangkan untuk motor induksi pembanding nilai daya mekaniknya 194 W pada tegangan 220.4 V.

Setelah didapat grafik antara tegangan dengan daya mekanik, maka diambil grafik hubungan antara torsi terhadap kecepatan pada motor induksi madifikasi maupun pembanding. Seperti pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Grafik Torsi Terhadap Kecepatan pada Motor Induksi Modifikasi dan Pemanding

Dari gambar 6 diatas dapat diketahui bahwa nilai torsi pada motor modifikasi maupun motor induksi pembanding mengalami kenaikan disetiap kenaikan nilai rpm. Namun nilai torsi yang terjadi pada motor modifikasi meningkat secara perlahan hingga 1.14 Nm. Sedangkan nilai torsi motor pembanding mengalami kenaikan secara pesat hingga 1 Nm.

Setelah didapat kedua grafik diatas, maka diambil grafik hubungan antara tegangan terhadap slip% pada motor induksi madifikasi maupun pembanding. Seperti pada gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Grafik Tegangan Terhadap Nilai Slip % Pada Motor Induksi Modifikasi Maupun Pemanding

Pada gambar 7 diatas menunjukkan bahwa nilai slip motor modifikasi maupun motor pembanding mengalami penurunan disetiap kenaikan nilai tegangan yang diberikan. Untuk motor modifikasi pada saat tegangan yang diberikan sebesar 40 V memiliki nilai % slip sebesar 4.1 %. Saat tegangan yang diberikan sebesar 60.5 V, nilai % slip mengalami penurunan sebesar 2 %. Saat tegangan yang diberikan sebesar 80 V memiliki nilai % slip sebesar 0.8 %. Saat tegangan yang diberikan sebesar 100 V memiliki nilai % slip sebesar 0.33 %. Semakin mendekati nilai tegangan nominal maka besar nilai mengalami penurunan. Saat tegangan yang diberikan sebesar 220.4 V nilai slip hanya mencapai 0.13 %. Untuk motor pembanding pada saat

tegangan yang diberikan sebesar 40.02 V memiliki nilai % slip sebesar 4 %. Saat tegangan yang diberikan sebesar 60.5 V, nilai % slip mengalami penurunan sebesar 2 %. Saat tegangan yang diberikan sebesar 80.2 V memiliki nilai % slip sebesar 0.8 %. Saat tegangan yang diberikan sebesar 100 V memiliki nilai % slip sebesar 0.53 %. Semakin mendekati nilai tegangan nominal maka besar nilai mengalami penurunan. Saat tegangan yang diberikan sebesar 220.4 V nilai slip hanya mencapai 0.13 %. Penurunan nilai slip terhadap perubahan tegangan yang diberikan dikarenakan nilai tegangan yang mendekati tegangan nominal hampir tidak menyebabkan slip antara stator dan rotor.

PEMBAHASAN

Setelah pengujian rotor ditahan didapatkan nilainya, maka selanjutnya pengujian motor induksi dengan AVR sebagai pengatur tegangan input. Dari AVR kemudian disambung dengan *power analyzer* untuk mengetahui daya input, arus, dan *Power Factor*. Pada pengujian ini dilakukan dari tegangan rendah sampai dengan tegangan nominal motor tersebut.

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \quad (1)$$

Untuk nilai slip diambil dari kecepatan pada tegangan nominal, untuk putaran medan stator N_s . Dengan menggunakan rumus slip diatas, didapat nilai slip pada motor induksi. Nilai slip pada motor induksi modifikasi dan nilai slip motor induksi pembanding bernilai sama yaitu sebesar 0.13 % . Sehingga dapat diketahui E_1 pada stator dan tegangan, arus serta daya yang masuk rotor pada motor induksi satu fasa metode jerat dengan perhitungan saat tegangan nominal pada persamaan berikut ini.

$$V_1 = I_1 (R_1 + jX_1) + E_1 \quad (2)$$

$$E_2 = s \cdot E_1 \quad (3)$$

$$I_2 = \frac{E_2}{\frac{\sqrt{RBL^2}}{s} XBL^2} \quad (4)$$

$$Prot = E_2 \cdot I_2 \cdot \cos \phi \quad (5)$$

Daya mekanik pada motor induksi satu fasa
 $P_{mek} = Prot (1-s)$ (6)

Nilai torsi motor induksi satu fasa
 $T = T = \frac{P_{mek}}{2\pi \frac{n}{60}}$ (7)

Dari persamaan diatas didapat nilai daya mekanik dan torsi pada motor induksi satu fasa. Dengan melihat grafik tegangan terhadap daya mekanik, besar nilai daya mekanik pada motor induksi modifikasi mengalami kenaikan disetiap

kenaikan tegangannya, sedangkan untuk motor induksi pembanding saat tegangan berkisar diantara 80.2 V sampai 139.5 V, nilai daya mekanik naik secara perlahan, nilai daya mekanik motor induksi modifikasi mencapai 198 W pada tegangan 220.4 V. Sedangkan untuk motor induksi pembanding nilai daya mekaniknya 194 W pada tegangan 220.4 V.

Pada kondisi ini terjadi perbedaan nilai arus pada motor induksi modifikasi dan motor induksi pembanding, untuk motor induksi modifikasi arusnya sebesar 3.01 A dan nilai arus pada motor pembanding sebesar 3.5 A. Untuk arus pada motor dapat dijelaskan bahwa saat motor induksi memiliki nilai arus yang kecil maka motor ini memiliki nilai resistansi yang besar. Arus yang kecil ini terjadi karena banyaknya jumlah lilitan pada kumputaran bantu, namun semakin banyak lilitan pada kumputaran bantu, semakin besar induksi magnet yang terjadi sehingga induksi yang disalurkan ke rotor menjadi besar pula. Maka dari itu didapat nilai daya yang lebih besar pada motor induksi modifikasi yang menggunakan kumputaran jerat dibandingkan dengan motor induksi pembanding dengan menggunakan kumputaran konsentris.

Untuk perbandingan hubungan antara besar rpm dengan % torsi dari motor modifikasi dengan motor pembanding. nilai torsi pada motor modifikasi maupun motor induksi pembanding mengalami kenaikan disetiap kenaikan nilai rpm. Namun nilai torsi yang terjadi pada motor modifikasi meningkat secara perlahan hingga 1.14 Nm. Sedangkan nilai torsi motor pembanding mengalami kenaikan secara pesat hingga 1 Nm. Untuk karakteristik torsi sendiri pada motor induksi split kapasitor, untuk torsi awal rendah dan mencapai torsi maksimum saat pada keluaran nominal.

Selain dengan pengukuran, penelitian ini juga disimulasikan untuk melihat nilai arus dan torsi dari motor modifikasi tersebut. Berikut adalah diagram blok simulasi yang akan ditunjukkan pada gambar 8 dibawah ini :

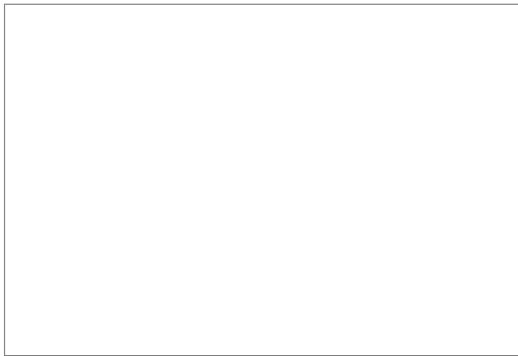


Gambar 8. Diagram Block Simulasi

Dari gambar 8 diatas setelah dijalankan maka akan diketahui nilai arus dan besar torsi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 9 dibawah ini :

Daftar Pustaka

- [1] Prianto, Joko dkk. 2010. *Single Phase Motor*. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [2] Obiansyah, 2012. *Simulasi Merakit Motor Listrik Induksi 3 Fasa Daya 3 HP Tegangan 220V/380V*. Jakarta: Universitas Pendidikan Indonesia.
- [3] Karisma D.Y. 2013. *Rancang Bangun Motor Induksi 1 Fasa 2 Kutub Split Capacitor*, Universitas Jember, Jember.
- [4] Madyantoro D.C. 2013. *Desain dan Pembuatan Motor Induksi Satu Fasa 750 Watt Split Capacitor*, Universitas Jember, Jember.
- [5] Tami Abdelkader, dkk. 2008. *Design of a Segment-Stator Induction Motor with Optimum Efficiency*. Sohar University, Oman.



Gambar 9. Besar Arus Pada Hasil Simulasi

Dari gambar 9 dapat diketahui nilai arus yang dihasilkan sebesar 3.1 amper dibanding dengan hasil pengukuran arus simulasi ini lebih besar.



Gambar 10. Besar Torsi Pada Hasil Simulasi

Dari gambar 10 dapat diketahui besar nilai torsi motor modifikasi. Nilai torsi yang dihasilkan sebesar 1.13 Nm. Antara hasil pengukuran dan simulasi terjadi adanya error % baik hasil nilai arus maupun hasil nilai torsi. Untuk arus error % yang terjadi sebesar 3 % sedangkan nilai error persen torsi sebesar 0.8 %.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan perhitungan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya mekanik yang dihasilkan motor induksi modifikasi lebih besar dari pada daya mekanik yang dihasilkan motor induksi pembandingan, yaitu bernilai 178.78 W sedangkan untuk daya mekanik motor induksi pembandingan bernilai 154.83 W.
2. Dalam penggulangan ulang (*rewinding*) dapat mengakibatkan peningkatan nilai efisiensi dari motor tersebut, dari hasil perhitungan diperoleh nilai efisiensi dari 80.84 % menjadi 90.29 %.
3. Nilai arus dari motor modifikasi lebih kecil dibandingkan dengan motor pembandingan yaitu sebesar 3.01 Amper. Hal ini dikarenakan banyaknya jumlah lilitan pada kumparan bantu.