

## Analisis Karakteristik Kecepatan Motor Induksi (Asinkron) 3 Fasa Berdasarkan Pengaturan Torsi Terhadap Magnetic Break dan Rugi-Rugi Daya

Wawan Gunawan

Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pamulang Tangerang Selatan

Jl. Surya Kencana No. 1 Pamulang Barat-Tangerang Selatan Banten

Telp./Fax. (021)7412566

Email: wawangunawan 13@Yahoo.com,

### Abstrak

Motor listrik arus searah merupakan suatu alat yang berfungsi mengubah daya listrik arus searah menjadi daya mekanik. Motor induksi adalah jenis motor listrik tiga fasa yang banyak digunakan pada industri baik industri kecil, menengah, bahkan industri besar sekalipun, yakni untuk menggerakkan mesin-mesin produksi. Salah satu masalah yang sering terjadi dalam menggunakan motor jenis ini adalah tingginya arus start motor, disamping itu perlunya mengetahui karakteristik dari motor yang akan digunakan dalam berbagai oprasi nya dan apa saja yang mempengaruhi unjuk kerja motor induksi, hal ini merupakan masalah yang serius bagi pemakai karena dengan tidak memahami tentang hal tersebut di atas akan berpengaruh terhadap biaya baik dari segi oprasional maupun perawatannya kelak. Berdasarkan pada masalah tersebut, pada penelitian ini penulis bermaksud untuk menganalisis karakteristik kecepatan motor induksi dan rugi-rugi daya yang terdapat pada motor induksi khususnya motor tipe rotor sangkar untuk dapat dijadikan sebagai salah satu pertimbangan untuk menentukan spesifikasi motor yang akan digunakan terhadap sistem proteksi yang akan dipasang, agar sesuai dengan kebutuhan adapun metoda yang akan digunakan untuk analisis karakteristik kecepatan dengan pengaturan torsi terhadap magnetic braek, sedangkan untuk rugi-rugi daya akan dilakukan dengan analisa pada rangkaian ekivalen dengan melakukan beberapa percobaan untuk memperoleh parameter rangkaian ekivalen tersebut.

*Kata kunci*— Karakteristik motor induksi 3 Fasa, Rugi-rugi daya

### Abstrak

*Direct current electric motor is a tool that serves to convert electric current direct power into mechanical power. An induction motor is a type of three phase electric motor that is widely used in industries both small, medium, and even large industries, namely to move the production machinery. One of the most common problems in using this type of motor is the high start current of the motor, besides the need to know the characteristics of the motor to be used in its various operations and what affect the performance of the induction motor, this is a serious problem for the user because by not understanding about the above will affect the cost both in terms of oprasional and later treatment. Based on the problem, in this study the authors intend to analyze the characteristics of induction motor speed and power losses contained in the induction motor, especially the motor type cage rotor to be used as one of the considerations to determine the specification of the motor to be used against the protection system that will in order to fit the requirements as for the method to be used for the analysis of velocity characteristics by setting torque to magnetic braek, whereas for the power losses will be done by analysis in equivalence circuit by doing some experiments to obtain the equivalence circuit parameters.*

## I. PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan motor arus bolak balik yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi dimulai dari aplikasi dilingkungan rumah tangga sampai aplikasi di industri kecil maupun industri besar, motor induksi tiga fasa merupakan motor listrik yang paling umum digunakan dalam dunia industri dengan dua standar global yakni IEC dan NEMA. Motor Induksi IEC berbasis metrik (millimeter) sedangkan motor Induksi

NEMA berbasis imperial (inch), selain itu motor induksi baik yang 1 fasa maupun 3 fasa juga memiliki keunggulan dibanding dengan motor listrik lainnya, antara lain motor induksi mempunyai konstruksi yang sederhana, kokoh, harganya relatif murah, serta perawatannya yang mudah, sehingga motor induksi mulai menggeser penggunaan motor DC pada industri.

Sampai saat ini banyak digunakan motor induksi baik motor induksi satu fasa atau tiga fasa dalam kehidupan masyarakat luas. Oleh sebab itu perlu untuk diketahui bagaimana karakteristik dari motor tersebut,

terutama pada motor induksi tiga fasa. Ada berbagai macam metoda dan cara yang dapat dilakukan dalam hal mengalialis motor-motor listrik 1 fasa maupun 3 fasa.

Dengan mengetahui karakteristik dari motor tersebut, maka masyarakat atau industri dapat mempertimbangkan bagaimana memilih motor induksi yang akan digunakan dalam kehidupan sehari – hari.

Dikarenakan pertimbangan-pertimbangan ini lah sehingga melatar belakangi penulis dapat menentukan sistem proteksi yang harus dipasang pada sistem kontrol, dan agar dapat menggambarkan bagaimana karakteristik kecepatan dan rugi – rugi pada motor induksi (Asinkron) 3 fasa yang akan di analisa, sebagai salah satu contoh dasar yang dapat digunakan oleh para teknisi sebelum memilih motor induksi yang akan diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari.

Sebelum menggunakan motor induksi baik satu fasa maupun tiga fasa sebaiknya kita ketahui terlebih dahulu karakteristik motor yang akan digunakan dan rugi – rugi daya apa saja yang di timbulkan oleh motor tersebut, karena dari karakteristik dan rugi – rugi itulah yang menunjukan kinerja motor induksi dalam berbagai kondisi oprasional nya, adapun karakteristik motor induksi yang perlu diperhatikan antara lain, karakteristik torsi-arus, karakteristik kecepatan-arus, karakteristik torsi-kecepatan, karakteristik arus-stator, karakteristik torsi elektromagnet, sedangkan rugi – rugi pada motor induksi diantara nya, rugi tembaga stator, rugi tembaga rotor, rugi gesekan angin serta daya mekanik yang ada.

Yang menjadi tujuan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui kinerja motor induksi (asinkron) 3 fasa berdasarkan pengaturan torsi terhadap magnetik break.
2. Untuk mengetahui hal – hal apa saja yang mempengaruhi cara kerja dan karakteristik motor induksi (asinkron) 3 fasa.
3. Untuk mengetahui rugi – rugi apa saja yang ada pada motor induksi (asinkron) 3 fasa.

## II. METODA

Pengujian yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini yaitu untuk menentukan karakteristik kecepatan motor induksi (asinkron) 3 fasa dan menghitung rugi-rugi pada motor induksi (asinkron) 3 fasa khusus nya motor tipe rotor sangkar.

Untuk melakukan pengujian karakteristik dan rugi-rugi pada motor induksi ada beberapa metode yang dapat digunakan, oleh karena keterbatasan alat yang ada di BLK sehingga metode yang diusulkan dalam pengujian

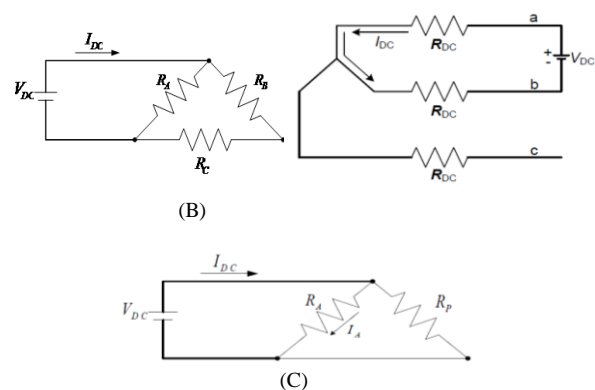
karakteristik motor induksi ini adalah dengan menggunakan metode pengaturan torsi terhadap magnetic break[5].

Dari pengujian ini nantinya akan diperoleh data-data yang terukur pada alat ukur terpasang dan nantinya akan dijadikan bahan untuk menganalisa karakteristik dan rugi-rugi pada motor induksi (asinkron) 3 fasa.

Sangat penting untuk mengetahui karakteristik dari sebuah motor induksi karena karakteristik suatu motor menunjukkan kinerja motor tersebut dalam berbagai kondisi operasi nya. Karakteristik motor listrik yang utama, yang perlu diperhatikan adalah diantaranya, karakteristik torsi-arus, karakteristik kecepatan-arus, dan karakteristik torsi-kecepatan. Motor induksi memiliki rugi-rugi daya karena di dalam motor induksi terdapat komponen tahanan tembaga dari belitan stator dan rotor, dan komponen induktor belitan stator dan rotor. Rugi-rugi pada motor induksi ini antara lain rugirugi tembaga, rugi inti, dan rugi karena gesekan dan hambatan angin.

### 2.1. Pengujian Karakteristik Kecepatan Motor Induksi (Asinkron) 3 Fasa

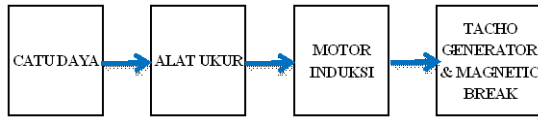
Pada pengujian ini seperti yang telah di jelaskan di atas penulis menggunakan motor induksi (asinkron) 3 fasa yang akan dianalisa serta tacho generator dan magnetick break yang akan dikopel pada motor induksi yang nantinya akan digunakan sebagai pengaturan torsi pada motor induksi, untuk mendapatkan nilai arus, tegangan, daya, frekwensi, cos phi dan kecepatan motor maka pada rangkaian pengujian perlu ditambahkan alat



ukur seperti ampere meter, volt meter, watt meter, pengukur frekwensi, cos phi meter dan tacho meter, seperti yang terlihat pada Gambar 1. pengaturan torsi dilakukan dengan cara mengatur/menaikan torsi mulai dari 0 nM lalu di naikan per 0,2 nM dan mencatat data-data pada alat ukur yang terpasang, untuk menghindari agar tidak terjadi kerusakan pada motor dan peralatan yang digunakan oleh karena itu percobaan dilakukan dan dibatasi sampai alat ukur ampere meter menunjukkan nilai arus maksimum dari motor yang di analisa.

## 2.2. Rugi-Rugi Pada Motor Induksi

Untuk melakukan analisa atau perhitungan rugi-rugi pada motor induksi dilakukan dengan menggunakan metode



Gambar 1. Diagram Blok Pengujian

analisa pada rangkaian ekivalen[5,7]

Untuk melakukan analisa atau perhitungan rugi-rugi pada motor induksi dilakukan dengan menggunakan metode analisa pada rangkaian ekivalen[5,7] dan untuk mendapatkan nilai dari parameter yang ada pada rangkaian ekivalen perlu dilakukan beberapa pengujian antara lain:

### 1. Pengujian DC

Untuk memperoleh harga  $R_1$  dilakukan dengan pengukuran DC yaitu dengan menghubungkan sumber tegangan DC ( $V_{dc}$ ) pada dua terminal input dan  $R_1$ , arus DC-nya ( $I_{dc}$ ) lalu diukur. Di sini tidak mengalir arus rotor karena tidak ada tegangan yang terinduksi. Pada pengujian ini rangkaian dapat dihubungkan dengan hubung bintang (Y) atau delta ( $\Delta$ ). Gambar rangkaian ketika kumparan motor induksi tiga fasa terhubung Y, dan diberi suplai dc dapat dilihat pada Gambar2(A). Harga  $R_{1dc}$  dapat dihitung, untuk kumparan dengan hubungan Y, adalah dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$R_{1DC} = \frac{V_{DC}}{2I_{DC}} \text{ (Ohm)}$$

Pada saat kumparan terhubung delta ( $\Delta$ ), Gambar2(B). rangkaian untuk kumparan terhubung delta. Diketahui bahwa tahanan pada kumparan pada masing – masing fasa dianggap sama, maka  $R_A = R_B = R_C = R$  Jadi Gambar2(B) diatas dapat disederhanakan menjadi seperti Gambar2(C).

$$\text{Dimana : } R_p = R_B + R_C$$

$$\text{Jadi : } R_A = \frac{V_{DC}}{I_A}$$

$$\text{Dimana : } I_A = I_{DC} \times \frac{R_p}{R_A + R_p} \Rightarrow I_A = \frac{2}{3} I_{DC}$$

$$\text{Maka : } R_{1DC} = \frac{V_{DC}}{2/3 I_{DC}} = \frac{3}{2} \times \frac{V_{DC}}{I_{DC}}$$

Harga  $R_1$  ini dinaikkan dengan faktor pengali 1,1-1,5 untuk operasi arus bolak balik, karena pada operasi arus bolak-balik resistansi konduktor meningkat karena

distribusi arus yang tidak merata akibat efek kulit dan medan magnet yang melintasi alur.

Karena besar tahanan konduktor stator dipengaruhi oleh suhu, dan biasanya bila rugi-rugi motor ditentukan dengan pengukuran langsung pada motor, maka untuk mengetahui nilai tahanan yang paling mendekati, biasanya dilakukan dengan beberapa kali pengukuran dan mengambil besar rata-rata dari semua pengukuran yang dilakukan.

### 2. Pengujian Rotor Tertahan

Pada pengujian ini motor di tahan dengan menggunakan motor induksi 3 fasa yang di beri suplai dc dan di bantu dengan tacho generator dan magnetik break yang di kopel langsung pada motor induksi yang akan di uji, seperti pada gambar 3.7. dan pada pengujian ini rotor motor tidak berhenti, hanya mengalami

Tabel 1. Hasil Pengukuran dan Perhitungan

Pengaturan Nm	PENGUKURAN						PERHITUNGAN		
	Arus I/A	Tegangan E/V	Daya P1/W	Faktor Kerja Cos $\phi$	Frequensi F	Kecepatan Motor RPM	Daya P2/W	Efisiensi $\eta$	Slip %
0	0,7	390	80	0,15	50,2	1492	70,8	1,1	0,06
0,2	0,7	390	100	0,20	50,2	1488	94,5	1,1	0,06
0,4	0,7	390	120	0,30	50,2	1478	141,7	0,8	0,05
0,6	0,7	390	140	0,35	50,2	1469	165,3	0,8	0,05
0,8	0,75	390	160	0,40	50,2	1463	202,4	0,8	0,04
1	0,8	390	185	0,49	50,2	1448	264,5	0,7	0,03
1,2	0,8	390	205	0,51	50,4	1437	258,1	0,8	0,03
1,4	0,8	390	230	0,56	50,4	1431	283,4	0,8	0,02
1,6	0,9	390	260	0,60	50,8	1418	364,3	0,7	0,01
1,8	0,9	390	270	0,64	50,2	1410	367,0	0,7	0,01
2	0,9	390	300	0,65	50,2	1410	372,8	0,8	0,01
2,2	1,0	390	330	0,70	50,2	1405	472,3	0,7	0,00
2,6	1,3	390	390	0,73	50,2	1405	640,3	0,6	0,00

perlambatan.

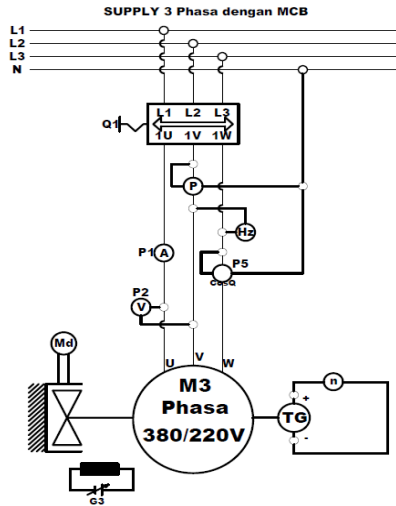
### 3. Pengujian Beban Nol

Pada pengujian beban nol, rangkaian pengujian dan cara pengujian sama seperti pada pengujian karakteristik kecepatan motor induksi 3 fasa hanya saja tacho generator dan magnetic break nya tidak di kopel atau tidak digunakan, akan tetapi data yang di peroleh sama dengan data pada saat pengujian pengaturan 0 nM, sehingga data yang di gunakan adalah data pada pengujian karakteristik kecepatan motor induksi pada saat pengaturan 0 nM.

## 2.3. Prosedur Pengujian

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam beberapa proses pengujian adalah sebagai berikut:

1. Merangkai rangkaian pengujian sesuai dengan gambar rangkaian tiap-tiap pengujian.
2. Memastikan bahwa semua peralatan telah siap dan aman untuk melakukan pengujian.



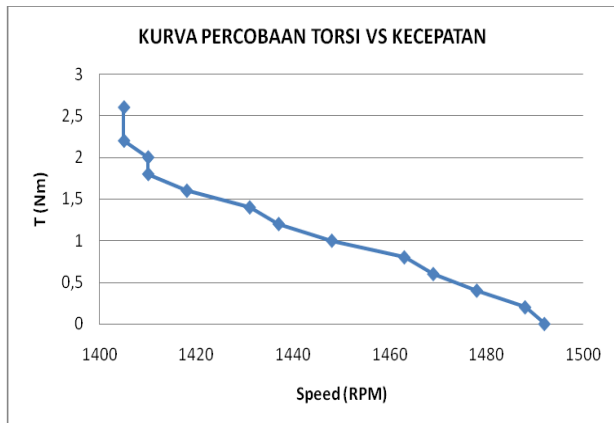
Gambar 3. Rangkaian Pengujian

4. Menjalankan rangkain pengujian dengan cara menaikan penghubung catu daya (MCB) ke posisi ON.
5. Nyalakan semua alat ukur yang terpasang pada rangkaian dengan menekan tombol ke posisi on.
6. Lakukan pengambilan data secepat nya sebelum suhu motor yang dianalisa menjadi panas.
7. Untuk pengambilan data pengujian karakteristik kecepatan motor dilakukan berdasarkan tahapan pengaturan torsi hingga mencapai arus maksimal motor yang diuji.
8. Setelah pengambilan data selesai, matikan terlebih dahulu semua tombol alat ukur ke posisi OFF sebelum memutuskan suplai tegangan pada rangkaian pengujian.
9. Memutuskan suplai tegangan pada rangkaian pengujian, dengan cara menurunkan penghubung catu daya (MCB) ke posisi OFF.
10. Pengujian selesai data yang di peroleh di buatkan dalam tabel dan akan di analisa

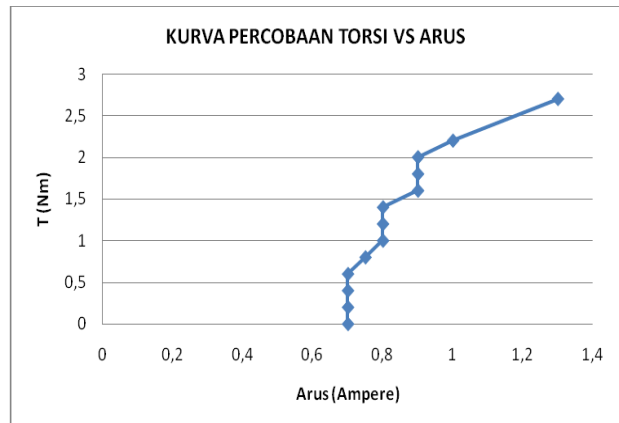
3. Memastikan bahwa semua alat ukur yang terpasang dalam posisi OFF sebelum suplai tegangan di maksukan.

### III. HASIL

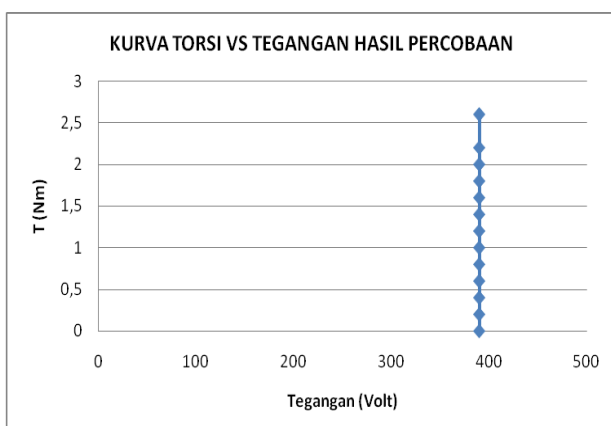
Pada pengujian ini motor di hubungkan dengan menggunakan rangkaian delta, menyesuaikan dengan supply listrik yang ada di BLK yakni 380 Volt.



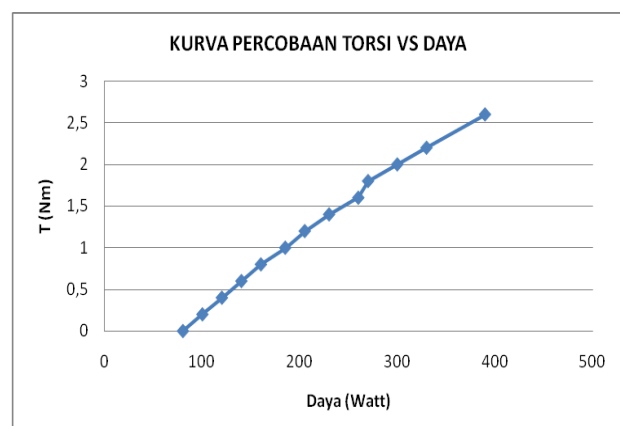
Gambar 4. Kurva Percobaan Torsi VS Kecepatan



Gambar 5. Kurva Percobaan Torsi VS Arus.



Gambar 6. Kurva Percobaan Torsi VS Tegangan



Gambar 7. Kurva Percobaan Torsi VS Daya

Sedangkan pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik kecepatan motor induksi (Asinkron) 3 phasa. Untuk dapat melakukan pengujian dan pengukuran tentunya alat ukur dan motor listrik yang akan diuji dirangkai seperti pada gambar 3. Untuk mendapatkan data hasil pengukuran perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Rangkai, rangkain pengujian seperti pada gambar
2. Rangkaian dihubungkan Delta ( $\Delta$ ).
3. Masukkan sumber arus AC 380 Volt Jalankan rangkaian pengujian.
4. Catat hasil yang ditunjukkan pada alat ukur Arus (I), Tegangan (V), Daya (P),  $\cos\phi$ , Frekwensi (f) dan putaran (n) Dan lakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan untuk mendapatkan nilai, ( $P_2$ ), efisiensi ( $\eta$ ) dan slip (S).

Untuk menghitung daya ( $P_2$ ):  $P_2 = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi$

Contoh:

Pada saat pengaturan torsi 0 Nm nilai  $P_2$  adalah:

$$P_2 = \sqrt{3} \times 390 \times 0,7 \times 0,15 = 70,8 \text{ Watt}$$

Pada saat pengaturan torsi dinaikan 1,8 Nm nilai  $P_2$

$$\text{adalah : } P_2 = \sqrt{3} \times 390 \times 0,9 \times 0,64 = 367 \text{ Watt}$$

Pada saat pengaturan torsi dinaikan 2,6 Nm nilai  $P_2$

$$\text{adalah : } P_2 = \sqrt{3} \times 390 \times 1,3 \times 0,73 = 640,3 \text{ Watt}$$

Untuk menghitung efisiensi ( $\eta$ ):  $\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$

Contoh:

Pada saat pengaturan torsi 0 Nm nilai  $\eta$  adalah:

$$\eta = \frac{70,8}{80} \times 100\% = 1,1$$

Pada saat pengaturan torsi dinaikan 1,8 Nm nilai  $\eta$

$$\text{adalah: } \eta = \frac{367}{270} \times 100\% = 0,7$$

Pada saat pengaturan torsi dinaikan 2,6 Nm nilai  $\eta$

$$\text{adalah: } \eta = \frac{640,3}{390} \times 100\% = 0,6$$

Untuk menghitung slip (S) :  $S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\%$

Contoh:

pada saat pengaturan torsi 0 Nm nilai S adalah:

$$S = \frac{1492 - 1400}{1492} \times 100\% = 0,06$$

Pada saat pengaturan torsi dinaikan 1,8 Nm Nm nilai S

$$\text{adalah : } S = \frac{1410 - 1400}{1410} \times 100\% = 0,01$$

Pada saat pengaturan torsi dinaikan 2,6 Nm Nm nilai S

$$\text{adalah : } S = \frac{1405 - 1400}{1405} \times 100\% = 0$$

Dari data hasil pengujian dan perhitungan pada tabel 1. diatas dapat dibuatkan kedalam kurva karakteristik pengaturan torsi terhadap Arus (I), Tegangan (V), daya (P), dan Kecepatan putaran (RPM).

## IV. PEMBAHASAN

### 4.1. Karakteristik Kecepatan Motor Induksi

Pada gambar 4 di atas menjelaskan tentang bagaimana hubungan antara torsi motor dengan kecepatan. Untuk pengukuran pada kecepatan motor, perubahan kecepatan yang terjadi tidak terlalu besar pada setiap peningkatan torsi per 0,2 Nm, akan tetapi tetap berpengaruh terhadap perubahan kecepatan motor, seperti yang terlihat pada gambar 4 pada saat pengaturan torsi dari 0 Nm – 2,6 Nm kecepatan motor menurun dari 1492 RPM – 1405 RPM, dari pengukuran ini terlihat bahwa semakin besar torsi motor maka kecepatan motor akan semakin kecil, sehingga dapat dikatakan hubungan antar torsi motor dengan kecepatan berbanding terbalik.

Hubungan kecepatan motor (RPM) dengan torsi (Nm) berdasarkan rumus atau persamaan adalah  $P = \omega \times T$ , jika daya (P) dianggap konstan maka besarnya torsi tergantung dari kecepatan sudut ( $\omega$ ).

$$\omega = 2\pi \frac{n}{60}$$

Jika putaran rotor dipercepat, maka torsi yang dihasilkan kecil, dan sebaliknya jika torsinya besar maka kecepatannya lambat, dari gambar 4. di atas terlihat bahwa kecepatan maksimum motor induksi berada pada saat torsi 2,6 Nm kecepatan motor 1405 RPM.

Dengan menggunakan data pengukuran pada tabel 1. dan di terapkan pada persamaan di atas maka torsi dapat di tentukan berdasarkan dengan persamaan:

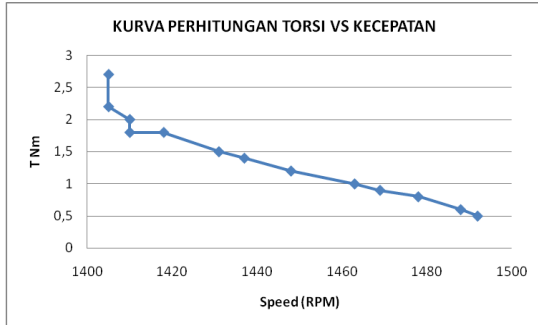
kenaikan 0,05 Ampere, motor menyerap arus maksimum

Tabel 2 Hasil Perhitungan Torsi (Nm)

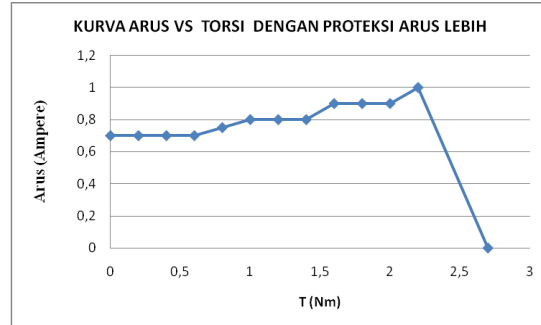
Daya (P) Watt	80	100	120	140	160	185	205	230	260	270	300	330	390
Kecepatan (n) RPM	1492	1488	1478	1469	1463	1448	1437	1431	1418	1410	1410	1405	1405
Torsi (T) Nm	0,5	0,6	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,5	1,8	1,8	2	2,2	2,7

Tabel Hasil Perhitungan Daya (P)

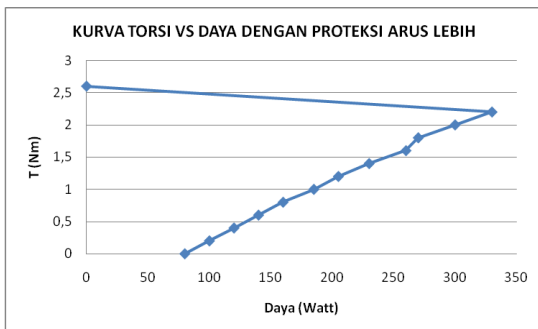
Daya (P) Watt	0	31,1	61,9	92,3	123	152	180	210	237	266	295	324	382
Kecepatan (n) RPM	0	1488	1478	1469	1463	1448	1437	1431	1418	1410	1410	1405	1405
Torsi (T) Nm	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,6



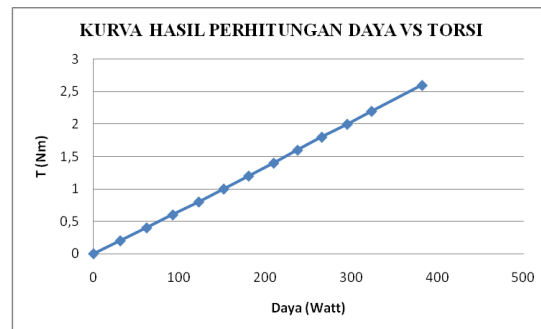
Gambar 8. Kurva Torsi VS Kecepatan Hasil Perhitungan



Gambar 9. Kurva Torsi VS Kecepatan Hasil Perhitungan



Gambar 10. Kurva Torsi VS Daya Dengan Proteksi Arus lebih



Gambar 11. Kurva Daya VS Torsi Hasil Perhitungan

$$T = \frac{P}{\omega} \gg \omega = 2\pi \frac{n}{60}$$

Sehingga pada saat daya (P) = 80 Watt dan Kecepatan (n) 1492 RPM, maka torsi Adalah :

$$T = \frac{80}{2\pi \cdot 1492 \cdot \frac{1}{60}} = \frac{80}{156,16} = 0,5 \text{ Nm}$$

dengan demikian diperoleh data seperti pada Tabel2, dan dari data pada tabel 2. jika di dibandingkan dengan Tabel 1. maka terlihat adanya perbedaan, namun hubungan antar kecepatan dan torsi tetap sama yakni berbanding terbalik dan data pada tabel 2. dapat digambarkan ke dalam kurva seperti Gambar8.

Pada gambar 5. arus motor berbanding lurus terhadap variasi pengaturan torsi, pada saat motor di jalankan posisi pengaturan torsi pada 0 Nm daya (P) yang di hasilkan 80 Watt, menyerap arus (I) 0,7 Ampere dan kecepatannya (n) 1492 RPM, torsi dinaikan 0,2 Nm sampai 0,6 Nm arus motor tidak mengalami perubahan hanya daya (P) dan kecepatan (n) yang mengalami perubahan namun arus yang di serap tetap sama yaitu 0,7 Ampere, pada saat torsi mencapai 0,8 Nm arus hanya mengalami kenaikan 0,05 Amper, sama halnya pada saat

torsi dinaikan 1 Nm – 1,4 Nm arus yang diserap motor induksi masi sama yaitu 0,8 Ampere hanya mengalami kenaikan 0,05 Ampere, motor menyerap arus maksimumnya pada saat torsi di naikan menjadi 2,2 Nm sesuai dengan arus maksimum yang ada pada data name plate motor yang dianalisa, pada saat arus motor mencapai nilai maksimum motor seharusnya berhenti dan pengaturan torsi berhenti akan tetapi motor yang di analisa masi tetap beroperasi pada saat torsi dinaikan mencapai 2,6 Nm dengan kondisi bodi motor semakin memanas, jika hal ini terus di biarkan yang dikhawatirkan akan terjadi kerusakan pada motor yang di analisis. Oleh karena itu perlunya di tambahkan sistem proteksi, yang memproteksi arus lebih pada rangkaian percobaan sehingga pada saat motor mencapai arus maksimumnya motor akan berhenti dan arus motor akan turun ke posisi nol, seperti yang di tunjukan pada gambar 9. Untuk Tegangan suplay motor yang di analisa relatif stabil tidak terpengaruh dengan adanya pengaturan torsi, dari 0 Nm – 2,6 Nm tegangan terukur adalah 390 Volt, sehingga kurva yang terbentuk hanya berupa garis lurus, seperti terlihat pada gambar 6. di atas.

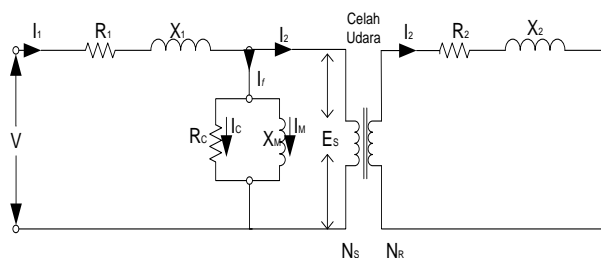
Kurva daya (P1) yang terukur pada percobaan ini hanya mengalami penambahan ± 20 Watt per 0,2 Nm nya. Seperti yang di tunjukan pada gambar 7. sama seperti arus yang mana kurva yang terbentuk berbanding

lurus dengan variasi pengaturan torsi nya hanya saja daya maksimum yang terukur tidak sesuai dengan arus maksimum motor, pada saat arus mencapai 1 Ampere daya yang terukur hanya 330 Watt, ketika daya mencapai kenaikan 0,05 Ampere, motor menyerap arus maksimum 390 Watt arus motor melebihi dari arus maksimum nya yakni 1,3 Ampere, seharusnya pada saat pengaturan torsi 2,2 Nm arus mencapai 1 Ampere dan daya mencapai 370 Watt, jika ditambahkan rangkaian sistem proteksi seperti pada pembahasan kurva arus vs torsi maka motor akan beroperasi pada saat daya mencapai 330 Watt, karena pada posisi ini arus motor sudah mencapai 1 Ampere, dan kurva yang terbentuk seperti yang di perlihatkan pada 9.

Hubungan daya motor dengan torsi (Nm) berdasarkan rumus atau persamaan adalah  $P = \omega \times T$ , jika persamaan ini digunakan untuk membandingkan hasil pengukuran dengan perhitungan menggunakan rumus maka akan terjadi perbedaan seperti halnya pada pembahasan kurva kecepatan vs torsi, data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 3, sedangkan kurva yang terbentuk dapat di lihat pada gambar 10.

#### 4.2. Rugi-Rugi Daya Pada Motor Induksi

Untuk mendapatkan rugi-rugi pada motor induksi (asinkron) 3 fasa, biasanya dilakukan dengan cara analisis pada rangkaian ekuivalen motor induksi (asinkron) 3 fasa, rangkaian ekuivalen motor induksi sendiri terbagi atas dua rangkaian yakni rangkaian ekuivalen sisi rotor, dan rangkaian ekuivalen pada sisi stator. Dalam penulisan tugas akhir ini penulis akan menggunakan rangkaian ekuivalen pendekatan seperti yang terlihat pada Gambar 12. yang akan dianalisa antara lain adalah: rugi inti stator ( $P_C$ ), rugi tembaga stator ( $P_{SCL}$ ), rugi daya celah udara ( $P_{AG}$ ), Rugi tembaga rotor



Gambar 12. Rangkaian Ekuivalen Lengkap Motor Induksi 3 Fasa

( $P_{RCL}$ ) dan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ).

Dimana:

- |                              |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| V = Tegangan Suplai          | R2 = Hambatan Rotor   |
| ES = Tegangan Induksi Stator | X1 = Reaktansi Stator |
| ER = Tegangan Induksi Rotor  | X2 = Reaktansi Rotor  |
| NS = Lilitan Stator          | IS = Arus Stator      |

NR = Lilitan Rotor

IR = Arus Rotor

R1 = Hambatan Stator

IM = Arus Magnetisasi

Untuk mempermudah perhitungan maka rangkaian ekuivalen pada gambar 12. dapat dilihat dari sisi stator, rangkaian ekuivalen motor induksi tiga fasa akan dapat digambarkan seperti Gambar 13.

#### 1. Percobaan Resistansi DC (DC TEST)

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mendapatkan nilai resistansi stator motor  $R_1$ , dengan cara merangkai rangkaian percobaan seperti pada gambar 14. motor terhubung dengan rangkaian delta ( $\Delta$ ) dan diberi suplai tegangan DC. Data dan hasil dari percobaan test DC adalah :

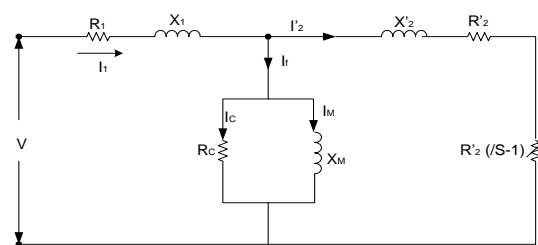
$$V_{DC} = 46 \text{ Volt}$$

$$I_{DC} = 1,2 \text{ Ampere}$$

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya belitan stator motor induksi rotor sangkar terhubung delta sehingga persamaan yang dipakai untuk menghitung RDC

$$\text{adalah: } R_{DC} = \frac{3 \times 48}{2 \times 1,2} = \frac{144}{2,4} = 55,4 \Omega$$

Karena besaran tahanan konduktor stator dipengaruhi oleh suhu, dan biasanya bila rugi-rugi motor ditentukan dengan pengukuran langsung pada motor, maka untuk mengetahui nilai tahanan yang paling mendekati, biasanya dilakukan dengan beberapa kali pengukuran dan mengambil besar rata-rata dari semua pengukuran yang dilakukan. Untuk mendapatkan harga  $R_1$  ini RDC dinaikkan dengan factor pengali 1,1 – 1,5 untuk operasi arus bolak-balik, karena pada operasi arus bolak-balik resistansi konduktor meningkat karena distribusi arus



Gambar 13. Rangkaian Ekuivalen pendekatan Motor Induksi 3 Fasa

yang tidak merata dan medan magnet yang melintasi alur. Sehingga didapat  $R_1 = R_{DC} \times 1,1 = 55,4 \times 1,1 = 60,9 \Omega$ .

#### 2. Percobaan Rotor Tertahan (Blocked Rotor Test)

Pada pengukuran ini rotor motor sangkar di tahan dengan menggunakan motor induksi rotor sangkar dengan suplai tegangan DC, sehingga motor rotor sangkar yang terhubung DC secara tidak langsung

menahan perputaran motor rotor sangkar yang di beri suplai tegangan AC namun pada percobaan ini motor rotor sangkar yang di suplai tegangan AC tidak sampai berhenti.

Dari hasil percobaan di atas di peroleh data-data sebagai berikut:

$$PBR = 270 \text{ Watt}$$

$$IBR = 1,2 \text{ Ampere}$$

$$VBR = 195 \text{ Volt}$$

Sehingga dapat di hitung:

$$R_s = \frac{P_{BR}}{3 \times I_{BR}^2} = \frac{270}{3 \times 1,2^2} = \frac{270}{4,32} = 62,5\Omega$$

$$Z_s = \frac{V_{BR}}{\sqrt{3} \times I_{BR}} = \frac{195}{\sqrt{3} \times 1,2} = \frac{195}{2,1} = 92,85$$

$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2} = \sqrt{92,85^2 - 62,5^2} = \sqrt{4715} = 68,67\Omega$$

$$R_2' = R_s - R_1 = 62,5 - 60,9 = 1,6\Omega$$

Mesin induksi 0,3 kW ini termasuk mesin induksi kelas B, sehingga  $X1 = 0,4 Xbr$  dan  $X'2 = 0,6 Xe$ , sehingga:

$$X1 = 0,4 Xe = 0,4 \times 68,67 = 27,5\Omega$$

$$X'2 = 0,6 Xbr = 0,6 \times 68,67 = 41,2\Omega$$

### 3. Percobaan Tanpa Beban (No Load Test)

Hasil percobaan tanpa beban nol sama dengan data percobaan pada tabel 1. pada saat pengaturan 0 nM adalah:

$$I_o = 0,7 \text{ Ampere}$$

$$V_o = 390 \text{ Volt}$$

$$P_o = 80 \text{ Watt}$$

$$I_{\phi} = \frac{P_o}{\sqrt{3} V_o I_o} = \frac{80}{\sqrt{3} \times 390 \times 0,7} = 0,16$$

$$I_2' = I_o - I_{\phi} = 0,7 - 0,16 = 0,52 \text{ Ampere}$$

$$X_m = \frac{V_o}{\sqrt{3} I_o} = \frac{390}{\sqrt{3} \times 0,7} = \frac{390}{1,21} = 225\Omega$$

Dari ke tiga percobaan di atas diperoleh data-data sebagai berikut:

$$R_1 = 60,9\Omega \quad R_s = 62,5\Omega \quad Z_c = 92,85\Omega$$

$$X_s = 68,67\Omega \quad R_2' = 1,6\Omega \quad X_m = 225\Omega$$

$$X1 = 27,5\Omega \quad X'2 = 41,2\Omega \quad I_2 = 0,52 \text{ A}$$

(PMek) daya mekanis keluaran (output) (Watt) PCONVERSI. Dengan menggunakan persamaan berikut:

$$1. \text{ Rugi-rugi tembaga pada belitan stator (Watt).}$$

$$P_{SCL} = 3I_1^2 \times R_1 = 3 \times 0,7^2 \times 60,9 = 89,5 \text{ Watt}$$

$$2. \text{ Rugi - rugi inti pada stator (Watt).}$$

$$P_C = P_o - I_2^2 \times R_1 = 86 - 0,7^2 \times 60,9 = 56,2 \text{ Watt}$$

$$3. \text{ Rugi-rugi tembaga pada belitan rotor (watt)}$$

$$P_{RCL} = 3(I_2')^2 R_2' = 3 \times 0,52^2 \times 1,6 = 1,3 \text{ Watt}$$

$$4. \text{ Daya celah udara}$$

$$P_{AG} = 3(I_2')^2 \frac{R_2'}{s} = 3 \times 0,52^2 \frac{1,6}{0,06} = 21,6 \text{ Watt}$$

$$5. \text{ Daya Conversi}$$

$$P_{CONV} = 3(I_2')^2 \left( \frac{1-s}{s} \right) R_2' = 3 \times 0,52^2 \left( \frac{1-0,06}{0,06} \right) 1,6 = 0,81 \times 15,7 \times 1,6 = 20,3 \text{ Watt}$$

$$6. \text{ Daya Mekanik}$$

$$P_{Mek} = 3I_2' R_2' \left( \frac{1-s}{s} \right) = 3 \times 0,52^2 \times 1,6 \times \left( \frac{1-0,06}{0,06} \right) = 0,81 \times 1,6 \times 15,7 = 20,34 \text{ Watt}$$

## V. KESIMPULAN

Motor yang di analisa adalah motor induksi 3 phasa type rotor sangkar karena keterbatasan suplai/sumber tegangan yang tersedia sehingga pada pengujian ini rangkaian pengujian dihubungkan delta( $\Delta$ ).

Karena keterbatasan alat yang ada maka pada analisa ini, motor yang digunakan adalah motor dengan kapasitas yang kecil, sehingga data yang di tunjukan pada alat ukur perubahannya juga sangat kecil pada setiap perubahan/pengaturan torsi.

Kecepatan motor induksi pada saat 0 nM 1492 RPM dan terus mengalami penurunan pada saat pengaturan torsi di naikan per 0,2 Nm, sampai mencapai 2,6 Nm kecepatan motor induksi 1405 RPM, hampir mencapai 1400 RPM sesuai dengan name plate, pada motor yang di analisa.

Pada saat pengaturan torsi mencapai 2,6 Nm arus motor mencapai 1,3 Ampere, daya yang terukur 390 Watt dan kecepatan motor 1405 RPM, arus dan daya motor sudah melebihi dari kapasitas pada name plate motor sedangkan kecepatan motor belum mencapai kapasitasnya, akan tetapi suara yang di timbulkan dari putaran motor semakin kencang dan suhu bodi motor semakin panas, untuk menjaga agar motor tidak rusak/terbakar percobaan di hentikan sampai pada pengaturan 2,6 Nm.

Tacho generator dan magnetic powder break yang dikopel pada motor induksi yang dianalisa juga berfungsi sebagai pembebanan pada saat melakukan pengujian karakteristik kecepatan motor induksi rotor sangkar.



## REFERENSI

1. Kadir A, Mesin Tak Serempak, Djambatan, Jakarta, 1981.
2. Eugene C. Lister, Hanapi Gunawan, Mesin Dan Rangkaian Listrik, Erlangga, Jakarta, 1993.
3. Sumanto, Motor Listrik Arus Bolak-Balik, Endi Offset, Yogyakarta, 1993.
4. Zuhul. Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 1995.
5. Fitzgerald, Kingsley, Umans, Mesin - Mesin Listrik, Erlangga, Jakarta, 1997.
6. Abdul Kadir, Transformator, Universitas Indonesia, 2010.
7. Sdaryatno sudirham, Analisa Rangkaian Listrik Jilid - 3, Darpublic, Kanayakan D-30, Bandung, 40135. 2012.
8. [www.darpublic.com](http://www.darpublic.com).
9. <http://image.slidesharecdn.com/mesinarusbolakbalikbahankuliah-120620054533-phpapp01/95/slide-1-728.jpg?1340189217>
10. luqman96.files.wordpress.com/2009/07/motor-ac-asinkron-3-f.doc
11. pakendy.weebly.com/uploads/2/4/5/6/.../prinsip\_induksi\_mtr.ppt
12. www.e-bookspdf.org > Download.
13. (<http://imroee.wordpress.com/2010/01/26/the-history-of-electric-motor/#more-95>)
14. (<http://sejarahkecildunia.blogspot.com/2012/06/sejarah-penemuan-motor-listrik.html#sthash.n9a8C8rF.dpuf>).