



SKRIPSI – ME141501

**STUDI PENGKAJIAN PERFORMA MOTOR INDUKSI TIGA FASA
DUAL VOLTAGE FEEDBACK TIPE NO. 250 DI LABORATORIUM
LISTRIK DAN OTOMASI KAPAL UNTUK PENERAPAN *BOW
THRUSTER* PADA KAPAL**

Mochammad Syauqi 'Adli
NRP. 0421144000058

Dosen Pembimbing
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



SKRIPSI – ME141501

STUDY ASSESSMENT OF THREE PHASE INDUCTION MOTOR DUAL VOLTAGE PERFORMANCE FEEDBACK TYPE NO. 250 IN ELECTRICAL AND SHIP AUTOMATION LABORATORY FOR BOW THRUSTER APPLICATION

Mochammad Syauqi ‘Adli
NRP. 0421144000058

Supervisor
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

*DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018*

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENGKAJIAN PERFORMA MOTOR INDUKSI TIGA FASA DUAL
VOLTAGE FEEDBACK TIPE NO. 250 DI LABORATORIUM LISTRIK DAN
OTOMASI KAPAL UNTUK PENERAPAN BOW THRUSTER PADA KAPAL

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MOCHAMMAD SYAUQI 'ADLI
NRP : 0421144000058

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :


Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
NIP : 1960 0319 1987 01 1001

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENGKAJIAN PERFORMA MOTOR INDUKSI TIGA FASA DUAL
VOLTAGE FEEDBACK TIPE NO. 250 DI LABORATORIUM LISTRIK DAN
OTOMASI KAPAL UNTUK PENERAPAN BOW THRUSTER PADA KAPAL

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MOCHAMMAD SYAUQI 'ADLI

NRP : 0421144000058

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



**SURABAYA
JULI, 2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**STUDI PENGKAJIAN PERFORMA MOTOR INDUKSI TIGA FASA
DUAL VOLTAGE FEEDBACK TIPE NO. 250 DI LABORATORIUM
LISTRIK DAN OTOMASI KAPAL UNTUK PENERAPAN BOW
THRUSTER PADA KAPAL**

Nama Mahasiswa : Mochammad Syauqi ‘Adli
NRP : 0421144000058
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

ABSTRAK

Motor induksi tiga fasa merupakan jenis motor yang paling sering digunakan pada proses produksi di industri. Karena memiliki banyak variasi dalam rangkaiannya. Penelitian ini menggunakan motor Induksi 3 fasa rotor sangkar tupai dengan variasi dua tegangan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui performa motor dalam kondisi tanpa beban dan berbeban dengan variasi beban mulai dari 15,55 watt – 60,4 watt. Beban yang digunakan adalah lampu pijar yang memiliki daya tiap lampunya 5 watt dengan total 12 lampu. Percobaan tanpa beban mendapat hasil berupa $\cos \phi$ sebesar 0,41 dan I line sebesar 1,53 ampere dengan daya masukan sebesar 124 watt dari supply tegangan sebesar 114 volt. Sedangkan pada supply tegangan sebesar 198 volt, mendapat hasil berupa $\cos \phi$ sebesar 0,42 dan I line sebesar 0,87 ampere dengan daya masukan sebesar 127 watt. Pada kondisi beban maksimal, diperoleh torsi sebesar 1,517 Nm, efisiensi 74% dan daya motor sebesar 201,33 watt pada supply tegangan 114 volt. Sedangkan pada supply tegangan 198 volt, diperoleh torsi sebesar 1,509 Nm, slip 0,1507, efisiensi 74% dan daya keluaran motor sebesar 201,33 watt. Motor induksi 3 fasa rotor sangkar tupai dua tegangan kurang cocok untuk digunakan sebagai penggerak *bow thruster* karena tidak dapat diatur putaran motornya.

Kata kunci : *Motor Induksi 3 Fasa, Performa, Rotor Sangkar Tupai, Dua Tegangan*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**STUDY ASSESSMENT OF THREE PHASE INDUCTION MOTOR
DUAL VOLTAGE PERFORMANCE FEEDBACK TYPE NO. 250 IN
ELECTRICAL AND SHIP AUTOMATION LABORATORY FOR BOW
THRUSTER APPLICATION ON SHIP**

Name : Mochammad Syauqi 'Adli
NRP. : 0421144000058
Department : Teknik Sistem Perkapalan
Supervisor : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

ABSTRACT

Three-phase induction motors are the most commonly types of motor used in industrial production processes. Because it has many variations in electrical sirkuit. This study using three phase asynchronous motor of squirrel cage rotor with two voltages. It was conducted to determine the performance of the motor in the condition of loaded and without with load variations ranging from 15.55 watts - 60.4 watts. The load used in the form of an fluorescent lamp and each lamp has 5 watt electrical power with a total of 12 lamps. Result without loaded experiment in $\cos \phi$ of 0.41 and I line of 1.53 amperes with an input power of 124 watts from a supply voltage of 114 volts. While the supply voltage of 198 volts, got results in the form of $\cos \phi$ of 0.42 and I line of 0.87 ampere with input power of 127 watt. At maximum load condition, 1.517 Nm of torque, 74% efficiency and motor power of 201.33 watts at 114 volt supply. While the supply voltage of 198 volts, obtained torque of 1.509 Nm, slip 0.1507, 74% efficiency and motor output power of 201.33 watts. The 3-phase induction motors of the two-voltage squirrel cage rotor are less suitable to be used as bow thruster drives due to unregulated motor rotation.

Keywords : Three-phase induction motors, Performance, Squirrel Cage Rotor, Dual Voltage

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian yang berjudul “Studi Pengkajian Performa Motor Induksi Tiga Fasa Dual Voltage Feedback Tipe No. 250 Di Laboratorium Listrik Dan Otomasi Kapal Untuk Penerapan Bow Thruster Pada Kapal”.

Penulisan penelitian ini disusun guna melengkapi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam menyelesaikan skripsi ini berdasarkan kepada dasar teori yang diperoleh dalam perkuliahan studi literature dan dosen pembimbing yang terus memberikan masukan serta pihak – pihak lain yang terlibat. Banyak pihak yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Maka pada kesempatan kali penulis mengucapkan terima kasih sebesar – besarnya kepada:

1. Allah SWT atas berkat, rahmat, dan hidayatnya penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan dukungan moral dan materil kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T. selaku kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
4. Bapak Ir. Sardono Sarwito M.Sc. selaku dosen pembimbing yang terus memberikan bimbingan, saran, dan masukan kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir ini.
5. Bapak Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M.Sc., Ph.D selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan selama penulis melakukan masa studi.
6. Keluarga Laboratorium Listrik dan Otomasi Kapal, baik teknisi maupun member Lab. yang selalu membantu untuk memberikan saran dan masukan guna peyelesaian tugas akhir ini.
7. Wahyuning Sasmia yang telah memberikan semangat dalam pengerjaan tugas akhir.
8. Pihak lain, teman – teman dan sahabat – sahabat yang tidak dapat saya sebut satu persatu.

Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan dalam melakukan penelitian ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kelancaran dan perbaikan dalam pengerjaan tugas akhir kedepannya. Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan penulis pada khususnya.

Surabaya, Juli 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GRAFIK.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	1
1.3. Batasan Masalah	1
1.4. Tujuan Penelitian	1
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Motor Induksi	3
2.1.1. Konstruksi Motor Asinkron.....	3
2.1.2. Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa.....	6
2.2. Slip.....	7
2.3. Efisiensi Motor Induksi.....	8
2.4. Pembebanan Motor Induksi	8
2.5. Starting Motor Induksi	9
2.5.1. Direct On Line Starter	9
2.5.2. Star Delta Starter	10
2.5.3. Autotransformator Starter	10
2.6. Hubungan Kecepatan dengan Torsi	11
2.7. <i>Bow Thruster</i>	12
2.8. Penggerak <i>Bow Thruster</i>	13
2.8.1. <i>Hydraulic Motor Bow Thruster</i>	13
2.8.2. <i>Electrical Motor Bow Thruster</i>	14
2.8.3. <i>Engine Bow Thruster</i>	16
2.9. Perbandingan antara Daya Baling-Baling dengan Putaran pada <i>Bow Thruster</i>	16
2.10. <i>Rule Bow Thruster</i>	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1. Tempat Pengujian	21
3.2. Studi Literatur	21
3.3. Menyusun dan Menentukan Perangkat	21
3.4. Tahapan Pengujian.....	27
3.5. Pengambilan Data	31
3.6. Analisa Data dan Perbandingan Performa.....	31
3.7. Analisa Data dan Perbandingan Performa.....	31

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Data Hasil Percobaan	33
4.1.1. Percobaan Tanpa Beban.....	33
4.1.2. Percobaan Berbeban	34
4.2. Perhitungan Data.....	37
4.2.1. Percobaan Tanpa Beban.....	37
4.2.2. Percobaan Berbeban	38
4.3. Analisa Grafik.....	55
4.3.1. Motor Berbeban dengan Supply Tegangan 114 V	55
4.3.2. Motor Berbeban dengan Supply Tegangan 198 V	62
4.3.3. Perbandingan Motor Berbeban dengan Supply Tegangan 114 V dan Motor Berbeban dengan Supply Tegangan 198 V	70
4.3.4. Perbandingan Motor Berbeban antara Motor dengan Supply Tegangan 114 V dan Motor dengan Supply Tegangan 198 V dengan Motor DC	75
4.3.5. Perbandingan antara Motor Induksi 3 Fasa Rotor Sangkar Tupai Dua Tegangan dengan Motor DC Shunt sebagai Penggerak <i>Bow Thruster</i>	78
BAB V KESIMPULAN	81
5.1. Kesimpulan	81
5.2. Saran	81
DAFTAR PUSTAKA.....	83
BIODATA PENULIS.....	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi Motor Listrik	3
Gambar 2. 2 Stator	4
Gambar 2. 3 Rotor Sangkar Tupai	5
Gambar 2. 4 Rotor Belit	5
Gambar 2. 5 Kedudukan Medan Putar Stator	6
Gambar 2. 6 Kondisi Tertentu	7
Gambar 2. 8 Wiring Diagram Direct On Line Starter (DOL)	9
Gambar 2. 9 Diagram Starter Star Delta	10
Gambar 2. 10 Diagram Starter dengan Autotransformator Starter	11
Gambar 2. 11 Kurva Kecepatan Terhadap Torsi	12
Gambar 2. 12 Bow Thruster	13
Gambar 2. 13 Hydraulic Bow Thruster	14
Gambar 2. 14 Electrical Bow Thruster	15
Gambar 2. 15 Diesel Bow Thruster	16
Gambar 2. 16 Grafik Perbandingan antara Daya Baling - Baling dengan Putaran..	17
Gambar 3. 1 Flow Chart Metodologi Penelitian	20
Gambar 3. 2 Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Tupai Dual Voltage	22
Gambar 3. 3 Three Phase Transformator 61-103	22
Gambar 3. 4 Three Phase Synchronous Motor/Generator - Wound Rotor	23
Gambar 3. 5 Single & Three Phase Measurement	23
Gambar 3. 6 Three Phase Supply Control	24
Gambar 3. 7 Regulator	24
Gambar 3. 8 Kabel	25
Gambar 3. 9 Multimeter	25
Gambar 3. 10 Tachometer	26
Gambar 3. 11 Clamp Meter	26
Gambar 3. 12 Percobaan Tanpa Beban	27
Gambar 3. 13 Rangkaian Percobaan dengan Supply Tegangan 114 V	28
Gambar 3. 14 Wiring Rangkaian Percobaan tanpa Beban dengan Supply Tegangan 114 V	28
Gambar 3. 15 Rangkaian Percobaan dengan Supply Tegangan 198 V	29
Gambar 3. 16 Wiring Rangkaian Percobaan tanpa Beban dengan Supply Tegangan 198 V	29
Gambar 3. 17 Rangkaian Percobaan Berbeban	30

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Percobaan Tanpa Beban Dengan Supply Tegangan 114 V	33
Tabel 4. 2 Data Percobaan Tanpa Beban Dengan Supply Tegangan 198 V	34
Tabel 4. 3 Data Motor Dengan Supply Tegangan 114 V.....	34
Tabel 4. 4 Data Generator Dengan Supply Tegangan 114 V.....	34
Tabel 4. 5 Data Motor Dengan Supply Tegangan 198 V.....	35
Tabel 4. 6 Data Generator Dengan Supply Tegangan 198 V.....	36

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Hubungan antara Putaran dengan Torsi.....	56
Grafik 4. 2 Hubungan antara Slip dengan Torsi	57
Grafik 4. 3 Hubungan antara Daya Keluaran Motor dengan Torsi	58
Grafik 4. 4 Hubungan antara Daya Keluaran Motor dengan Effisiensi	59
Grafik 4. 5 Hubungan antara Slip dengan Effisiensi Motor.....	60
Grafik 4. 6 Hubungan antara Daya Keluaran Motor dengan Putaran Motor.....	61
Grafik 4. 7 Hubungan antara Putaran dengan Effisiensi Motor	62
Grafik 4. 8 Hubungan antara Putaran dengan Torsi Motor.....	63
Grafik 4. 9 Hubungan antara Slip dengan Torsi Motor	64
Grafik 4. 10 Hubungan antara Daya Keluaran Motor dengan Torsi Motor	65
Grafik 4. 11 Hubungan antara Daya Keluaran Motor dengan Effisiensi Motor.....	66
Grafik 4. 12 Hubungan antara Slip dengan Effisiensi Motor Berbeban.....	67
Grafik 4. 13 Hubungan antara Daya Keluaran Motor dengan Putaran Motor.....	68
Grafik 4. 14 Hubungan antara Putaran dengan Effisiensi Motor	69
Grafik 4. 15 Perbandingan antara Putaran dengan Torsi Motor.....	70
Grafik 4. 16 Perbandingan antara Putaran dengan Effisiensi Motor	71
Grafik 4. 17 Perbandingan antara Daya Keluaran Motor dengan Effisiensi Motor .	72
Grafik 4. 18 Perbandingan antara Slip dengan Effisiensi Motor	72
Grafik 4. 19 Perbandingan antara Torsi dengan Daya Keluaran Motor	73
Grafik 4. 20 Perbandingan antara Torsi dengan Slip Motor	74
Grafik 4. 21 Perbandingan antara Putaran dengan Daya Keluaran Motor	74
Grafik 4. 22 Perbandingan antara Putaran dengan Torsi	75
Grafik 4. 23 Perbandingan antara Putaran dengan Effisiensi.....	76
Grafik 4. 24 Perbandingan antara Daya Keluaran Motor dengan Effisiensi	76
Grafik 4. 25 Perbandingan antara Daya Keluaran Motor dengan Torsi	77
Grafik 4. 26 Perbandingan antara Putaran dengan Daya Keluaran Motor	78

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Motor induksi merupakan motor listrik bersumber arus bolak – balik (AC) yang paling luas digunakan dalam sistem kontrol industri. Keuntungan dari penggunaan motor induksi yaitu memiliki bentuk yang sederhana, biaya yang murah, perawatan yang sangat minim dan dapat tersambung langsung ke sumber listrik. Masing-masing motor induksi memiliki penerapan dan aplikasi yang berbeda. Motor induksi lebih mudah didesain dari motor DC, namun perlu pemahaman yang lebih. Motor induksi tiga fase yang memiliki efisiensi tinggi biasanya memiliki resistansi rotor kecil. Akibatnya motor menghasilkan torsi awal yang kecil tetapi arus start yang dihasilkan cukup besar. Prinsip kerja motor ini didasarkan pada medan elektromagnetik yang diinduksi dari kumparan stator ke rotor, di mana arus rotor adalah arus induksi sebagai akibat dari perbedaan relatif antara rotasi rotor dan medan putar yang dihasilkan oleh arus stator.

Pada laboratorium Marine Electrical and Automation System terdapat motor Induksi 3 phase rotor sangkar tupai dari pabrikan feedback yang berasal dari Inggris yang sudah lama tidak digunakan. Mengingat hal itu maka perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk mengetahui performa dari motor Feedback tersebut melalui metode pengambilan data praktikum yang digunakan untuk menganalisa performa motor tersebut yang mana hasilnya digunakan sebagai acuan dalam penentuan alat penggerak bow thruster pada kapal yang efisien dengan kebutuhan kapal.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun dari latar belakang yang telah di paparkan sebelumnya maka perumusan masalah yang akan di buat adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana performa motor induksi rotor sangkar tupai dengan dua tegangan?
2. Bagaimana kinerja motor induksi 3 fasa rotor sangkar tupai dua tegangan sebagai penggerak *bow thruster*?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dibuat agar lingkup penelitian ini lebih focus, yaitu :

1. Analisa karakter motor induksi yang dilakukan hanya pada Motor Induksi 3 Phase Rotor Sangkar Tupai Feedback 64-501
2. Pembebanan dilakukan dengan cara mengkopel motor induksi 3 phase rotor sangkar tupai dengan generator

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui performa motor induksi tiga fasa rotor sangkar tupai dua tegangan 64-501

2. Mengetahui kinerja motor induksi 3 fasa rotor sangkar tupai dua tegangan sebagai penggerak *bow thruster*.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

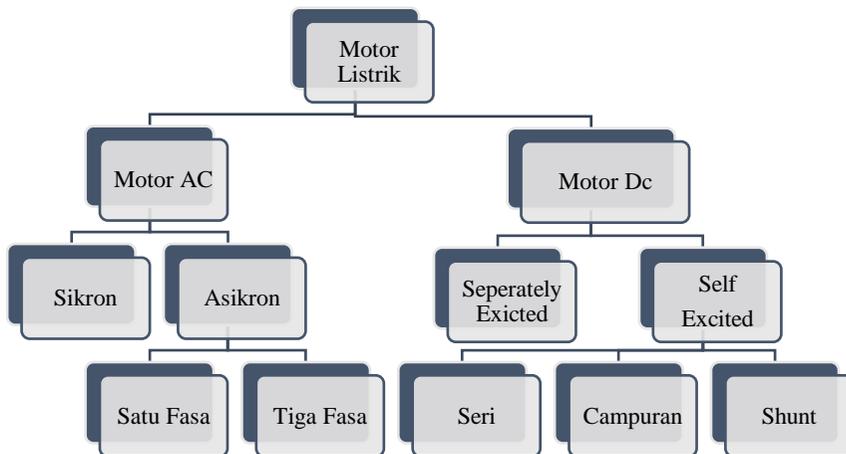
1. Mendapatkan performa dari motor induksi tiga fasa rotor sangkar tupai dua tegangan
2. Sebagai acuan dalam pemilihan motor penggerak *bow thrusters* yang akan digunakan sesuai kebutuhan di kapal.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Motor Induksi

Motor listrik termasuk dalam kategori mesin listrik dinamis dan merupakan perangkat elektromagnetik yang mampu mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Ada dua jenis utama motor listrik, yaitu AC dan motor DC. Motor induksi atau yang biasa dikenal dengan motor asynchronous adalah motor listrik yang mengubah energi listrik menjadi mekanik. Dikatakan motor induksi karena motor dapat bekerja jika konduktor rotor diinduksi oleh medan magnet berputar pada stator. Motor asinkron ini bekerja berdasarkan adanya perbedaan antara putaran medan stator (N_s) dan putaran rotor (N_r). Dikatakan motor slip karena motor berputar apabila $N_s > N_r$.

Motor induksi sangat umum digunakan pada kehidupan sehari-hari dan dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Pembagian jenis-jenis motor listrik secara umum dijelaskan pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Klasifikasi Motor Listrik
(Sumber : Achmad Suherman, 2017)

2.1.1. Konstruksi Motor Asinkron

Motor induksi (Asinkron) pada dasarnya mempunyai 2 komponen yang berperan penting dalam kerja motor tersebut, yaitu:

a. Stator

Stator adalah bagian yang diam dari motor induksi tiga fasa. Di bagian stator ada tempat pelekatan dari kumparan tiga fase yang biasanya

disebut stator coil, di mana setiap kumparan mendapat pasokan fase tiga saat ini. Pada kumparan akan timbul medan magnet yang berputar. Kehadiran medan magnet berputar di kumparan tetap akan memutar rotor, karena induksi magnetik dengan kecepatan rotasi rotor sinkron dan kecepatan rotasi konstan.



Gambar 2. 2 Stator
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Konstruksi stator motor induksi pada gambar 2.2 terdiri dari:

1. Rangka stator dari besi tuang
2. Inti stator dari besi lunak
3. Alur, berbahan yang sama dengan inti. Alur merupakan tempat meletakkan kumparan stator
4. Kumparan stator berbahan tembaga.

Tujuan rangka stator motor induksi ini didesain dengan baik, yaitu:

1. Menutupi stator inti dan kumparan stator
2. Melindungi komponen-komponen mesin yang bergerak dari kontak langsung dengan manusia dan dari goresan yang disebabkan oleh gangguan udara terbuka
3. Menyalurkan torsi ke komponen pendukung mesin, oleh karena itu stator didesain agar tahan terhadap gaya putar dan guncangan
4. Berguna sebagai ventilasi udara sehingga pendinginan lebih efektif.

b. Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar, bagian ini terdiri dari: inti rotor, kumparan rotor dan alur rotor. Fungsi rotor adalah mengubah gaya dari stator menjadi energi mekanik. Berdasarkan bentuk konstruksi rotornya, gambar 2.3 dan gambar 2.4 merupakan pembagian motor induksi, yaitu:

1. Rotor sangkar (squirrel cage).



Gambar 2. 3 Rotor Sangkar Tupai

(Sumber : <http://www.masuklis.com/2016/02/jenis-rotor-motor-induksi.html>)

Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri atas beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa hingga menyerupai sangkar tupai. Konstruksi rotor seperti ini sangat sederhana bila dibandingkan dengan rotor listrik lainnya.

2. Motor induksi dengan rotor belit (wound rotor)



Gambar 2. 4 Rotor Belit

(Sumber : [http://sisfo.itp.ac.id/bahanajar/ Bahan Ajar/Zuriman Anthony](http://sisfo.itp.ac.id/bahanajar/Bahan%20Ajar/Zuriman%20Anthony))

Motor induksi jenis rotor belit mempunyai rotor dengan kumparan tiga fasa sama seperti kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama.

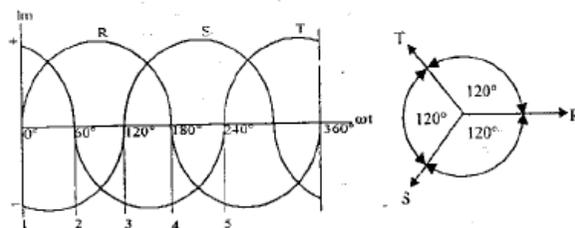
Konstruksi rotor motor induksi terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

1. Inti rotor, berbahan besi lunak
2. Alur, berbahan seperti inti Alur merupakan tempat meletakkan kumparan rotor
3. Belitan rotor, berbahan tembaga
4. Poros atau as.

2.1.2. Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

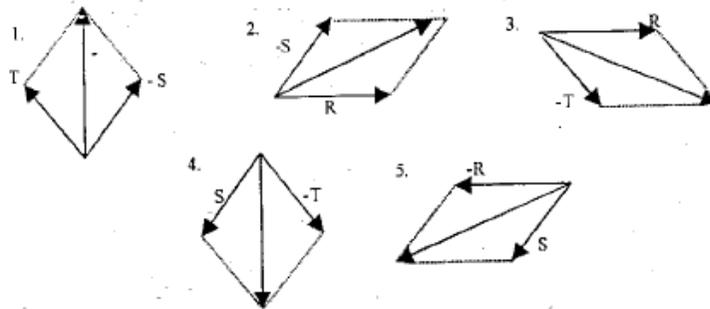
Motor induksi bekerja dengan Faraday Act, yang akan menghasilkan tegangan listrik induksi dengan mengubah induksi magnetik pada koil dan Hukum Lorentz bahwa perubahan magnetik akan menyebabkan gaya. Ketika file tetap terhubung ke drive induksi tri-fase dengan sumber tegangan tiga fase, kumparan tetap akan menghasilkan medan magnet berputar. Garis gaya induksi akan mengalir dari kumparan tetap ke rotor coil segmen sehingga emf (emf) atau tegangan induksi terjadi. Karena rotor adalah sirkuit tertutup, arus yang dihasilkan pada hasil kumparan putar dari hasil induksi sebelumnya.

Untuk lebih mudah melihat arah dari gerak putarannya, dapat kita amati pada gambar 2.5, yaitu pada kondisi 1,2,3,4, dan 5. Pada kedudukan tertentu tersebut kita akan melihat arah dari resultan fluks yang terbentuk secara vector (arah yang kita gunakan berdasarkan kutubnya, positif atau negatif dan nol).



Gambar 2. 5 Kedudukan Medan Putar Stator
(Sumber : Dasar-dasar Mesin Listrik by Mochtar Wijaya)

Kondisi tertentu pada kedudukan medan stator mulai no. 1 sampai no. 5 dijelaskan pada gambar 2.6 yaitu sebagai berikut:



Gambar 2. 6 Kondisi Tertentu
(Sumber : Dasar-dasar Mesin Listrik by Mochtar Wijaya)

2.2. Slip

Motor induksi tidak dapat berputar pada kecepatan sinkron. Jika terjadi, rotor akan tetap diam relatif terhadap fluks yang berputar. Maka tidak ada emf yang diinduksi dalam rotor, tidak ada aliran arus pada rotor dan oleh karena itu tidak menghasilkan kopling. Meskipun kecepatan rotor tidak ada beban, itu harus sedikit lebih kecil daripada kecepatan sinkron agar tegangan induksi pada rotor, dan akan menghasilkan arus dalam rotor, arus yang diinduksi ini akan berinteraksi dengan fluks listrik yang menghasilkan kopling.

Perbedaan antara kecepatan putar dan kecepatan sinkronisasi disebut slip (S). Slip dapat diekspresikan secara bergantian setiap menit, tetapi umumnya dinyatakan sebagai persentase dari kecepatan sinkronisasi. Kecepatan variabel motor induksi (n_r) mengubah nilai geser awal sebesar 100% pada awal hingga 0% saat istirahat ($n_r = n_s$).

$$\text{Slip (S)} = (n_s - n_r) / n_s \times 100\% \quad \dots\dots(1)$$

Dimana,

n_s = Kecepatan sinkron Motor (rpm)

n_r = kecepatan motor (rpm)

Persamaan diatas memberikan informasi yaitu :

- saat $s = 1$ dimana $n_r = 0$, ini berarti rotor masih dalam keadaan diam atau akan berputar.
- $S = 0$ menyatakan bahwa $n_s = n_r$, ini berarti bahwa rotor berputar pada kecepatan sinkron. Ini dapat terjadi jika arus DC disuntikkan ke dalam rotor berliku, atau rotor dipindahkan secara mekanis.
- $0 < S < 1$, Yang berarti kecepatan rotor antara sisa dan kecepatan yang disinkronkan. Dikatakan bahwa kecepatan rotor dalam hal ini adalah kecepatan yang disinkronkan.

2.3. Efisiensi Motor Induksi

Efisiensi motor induksi didefinisikan sebagai ukuran efisiensi motor induktif untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dinyatakan sebagai rasio daya output untuk energi input, atau juga dapat dirumuskan oleh:

$$\eta (\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad \dots\dots(2)$$

Pada dasarnya, metode yang digunakan untuk menentukan efisiensi motor induktif tergantung pada dua hal: apakah mesin dapat terisi penuh atau beban simulasi harus digunakan.

2.4. Pembebanan Motor Induksi

Motor induksi bertindak atas dasar induksi elektromagnetik dari file tetap ke kumparan putar. Pada motor induktif, tidak ada sambungan listrik ke rotor, arus rotor adalah arus induksi. Induksi elektromagnetik menghasilkan medan magnet yang berputar. Kecepatan rotasi medan magnet dipengaruhi oleh dua faktor, frekuensi sumber ke mesin dan jumlah elektroda yang terbentuk pada mesin berdasarkan persamaan berikut:

$$N_s = 120.f/p \quad \dots\dots(3)$$

Dimana:

F = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutub yang terbentuk

N_s = Kecepatan putar medan (putaran / menit, rpm)

Rotasi medan magnet mengikuti rotasi motor induktif. Semakin tinggi beban pada mesin, semakin rendah kecepatan rotor juga akan mengakibatkan slip. Apabila dilakukan penambahan pembebanan, komponen aktif dari arus akan bertambah. Hal tersebut dapat membentuk suatu factor daya yang lebih tinggi. Namun akibat terlalu besar arus pada pemagnetan, factor daya motor induksi tersebut pada beban penuh sulit untuk mencapai ataupun melebihi 90 persen.

$$\text{Cos } \phi = P/S \quad \dots\dots(4)$$

Dimana:

Cos ϕ = Faktor Daya

P = Daya Aktif (Watt)

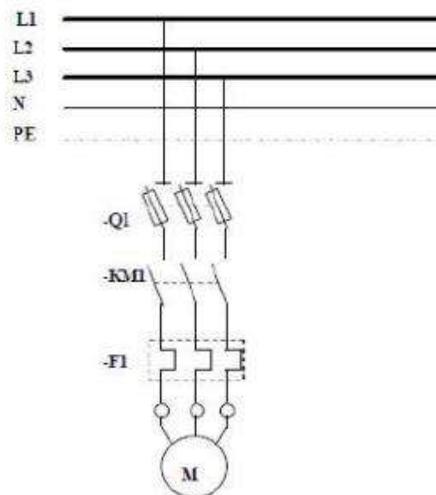
S = Daya Semu (VA)

2.5. Starting Motor Induksi

Pada motor induksi terdapat beberapa jenis metode starting diantaranya adalah metode *Direct Online Starter* (DOL), Start Delta, dan Auto Transformator. Karakteristik dari masing-masing starter ini akan dibahas sebagai berikut.

2.5.1. Direct On Line Starter

Direct On Line Starter adalah permulaan langsung. Penggunaan metode ini sering digunakan pada motor AC yang memiliki kapasitas daya yang kecil. Definisi koneksi langsung di sini, motor akan dijalankan langsung pada saklar ke sumber tegangan jala sesuai dengan besarnya tegangan pada titik awal yang diilustrasikan oleh diagram pengkabelan pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 7 Wiring Diagram Direct On Line Starter (DOL)

(Sumber : <http://almon-r.blogspot.com/2008/12/metode-starting-motor-induksi.html>)

Arus start adalah 4 hingga 7 kali arus beban penuh. Ini terjadi karena motor pada saat diam memiliki momen inersia, sehingga untuk mengalahkannya momen inersia diperlukan arus yang besar.

Starter terdiri dari pemutus sirkuit yang bertindak sebagai perlindungan sirkuit pendek, konduktor magnetik, konektor relay saat ini (OCR) dan komponen kontrol seperti tombol push, MCB, dan lampu pilot. Kontrol mulai dan berhenti dengan menekan tombol yang mengontrol tegangan dalam file kontaktor. Sementara output OCR diintegrasikan ke dalam seri sehingga jika perjalanan adalah OCR, output OCR akan membebaskan tegangan ke file kontraktor.

Karakteristik dari Direct On Line Starter adalah :

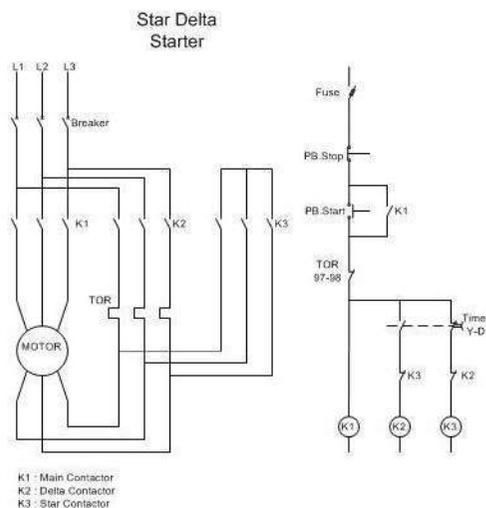
- a. Arus Start : 4 sampai 7 kali arus nominalnya (I_n)

b. Torsi Start : 0.5 sampai 1.5 kali torsi nominal (T_n)

2.5.2. Star Delta Starter

Star Delta dapat mengurangi daya dan torsi pada awalnya. Terdiri dari 3 konektor (konektor utama, kontraktor bintang dan delta kontur), timer untuk beralih dari bintang ke delta, dan relay overload. Pada awalnya, awal dari Star terhubung. Koil tetap hanya dapat menerima tegangan sekitar 0,578 untuk garis tegangan. Jadi torsi saat ini dan torsi output akan lebih kecil dari DOL Starter. Setelah mendekati starter, kecepatan normal bergerak ke Delta yang terhubung. Pemula ini akan bekerja dengan baik jika mesin beratnya tidak berat. Karakteristik dari Star Delta Starter adalah :

- Arus start : 2 sampai 4 kali arus nominalnya (I_n)
- Torsi Start : 0.3 sampai 0.75 kali torsi nominal (T_n)

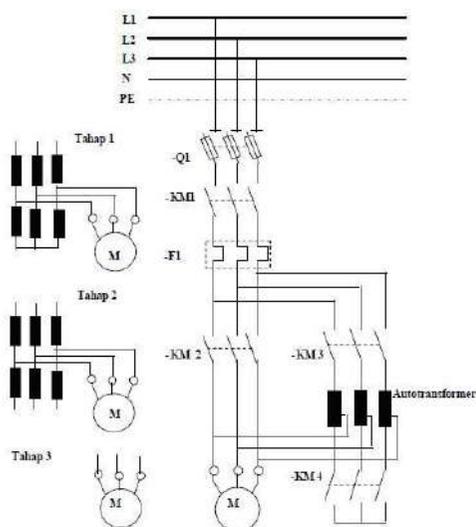


Gambar 2. 8 Diagram Starter Star Delta

(Sumber : <http://almon-r.blogspot.com/2008/12/metode-starting-motor-induksi.html>)

2.5.3. Autotransformator Starter

Ini dapat dimulai dengan menghubungkan motor ke sakelar tegangan rendah otomatis. Setelah beberapa saat mesin berakselerasi, adaptor daya dipisahkan dari sirkuit, dan motor yang terhubung langsung ke tegangan penuh.



Gambar 2. 9 Diagram Starter dengan Autotransformer Starter

(Sumber : <http://almon-r.blogspot.com/2008/12/metode-starting-motor-induksi.html>)

2.6. Hubungan Kecepatan dengan Torsi

Hubungan kecepatan dengan torsi berdasarkan rumus $P_m = \omega \cdot T$, jika daya (P_m) dibuat konstan maka besar torsi tergantung dari kecepatan sudut (ω).

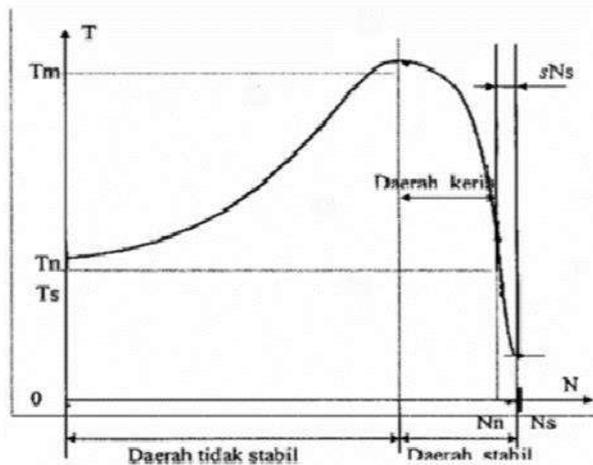
$$\omega = 2\pi \times nr/60 \quad \dots\dots(5)$$

Dimana:

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

nr = Putaran Motor (rpm)

Jika rotasi rotor dipercepat, torsi yang dihasilkan kecil, sementara jika torsi besar, kecepatannya lambat. Gambar 2.11 menunjukkan hubungan antara kecepatan dan torsi. Ketika terisi penuh, mesin berputar pada N_n . Ketika beban mekanik meningkat, kecepatan mesin menurun hingga torsi torsi maksimum tercapai. Ketika torsi melebihi beban T_m , motor akan berhenti.



Gambar 2. 10 Kurva Kecepatan Terhadap Torsi
(Sumber : Yusnita, 2012)

2.7. Bow Thruster

Bow thruster adalah suatu piranti pendorong yang dipasang pada kapal-kapal tertentu untuk membantu *manuver* kapal. Thruster terdiri dari baling-baling yang dipasang di stern tube kapal dan dilengkapi dengan perangkat seperti motor hidrolis atau motor listrik. Selama operasi, air dipaksa melalui terowongan untuk mendorong kapal ke samping ke port atau ke Port Side yang diperlukan untuk kapal.

Suatu unit CPP ditunjukkan pada gambar berikut. Motor servo ditempatkan di perisai, sehingga dimungkinkan untuk mengubah blade kipas CPP untuk mengubah aliran air di terowongan ke arah mana pun, sehingga motor utama yang tidak dapat dibalik dapat digunakan, ditambah motor listrik berkecepatan tunggal. Mesin utama tidak perlu berhenti di Manover karena sudut kipas dapat diatur ke nol. Motor utama terhubung ke poros motor yang fleksibel, kopling dan sekrup berbentuk kerucut. Segel khusus dipasang di unit untuk mencegah kebocoran air laut. Rangkaian lengkap (akselerator busur) dan perlengkapannya termasuk terowongan peramban kapal dapat mengarah ke arah aliran air.



Gambar 2. 11 Bow Thruster

(Sumber : <http://www.nauticexpo.com/boat-manufacturer/bow-thruster-2706.html>)

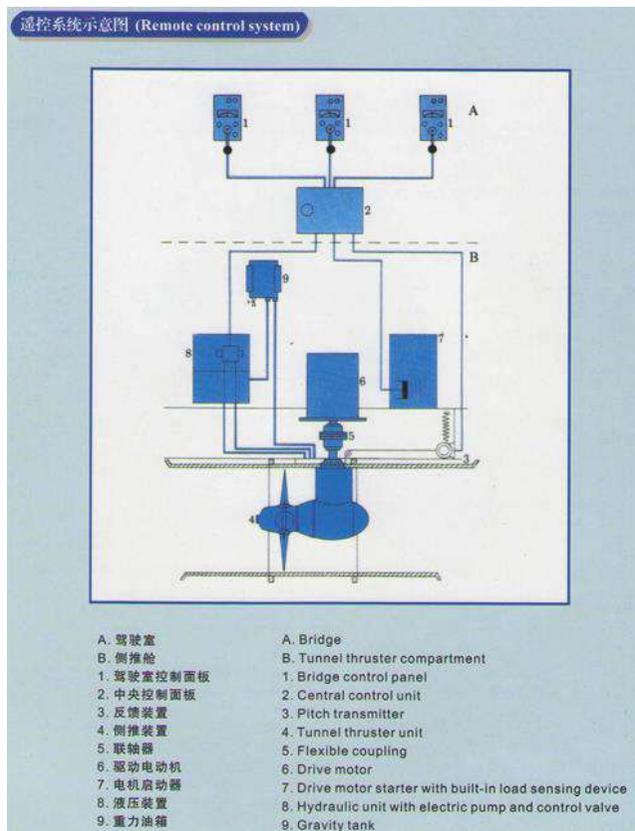
2.8. Penggerak Bow Thruster

Ada 3 jenis penggerak yang digunakan untuk pengoperasian *Bow Thruster*, yaitu :

1. *Hydraulic motor Bow Thruster*
2. *Electrical motor Bow Thruster*
3. *Engine Bow Thruster*

2.8.1. *Hydraulic Motor Bow Thruster*

Sebuah sistem pendorong hidrolik adalah pilihan alami ketika penggunaan thruster luas atau siklus jangka panjang diperlukan. dengan merancang sistem hidrolik dengan gaya yang dibutuhkan untuk kapal dan keandalan yang diperlukan untuk penggunaan komersial. Bagi banyak kapal, sistem hidrolik menawarkan keuntungan ekonomi karena kemungkinan untuk menjalankan beberapa sistem dari sumber daya hidrolik terpusat. Sistem hidrolik dirancang untuk memberikan performa yang luar biasa dan fleksibilitas untuk mendukung efisien peralatan hidrolik on-board yang masuk akal untuk listrik dari sistem hidrolik terpusat.



Gambar 2. 12 Hydraulic Bow Thruster

(Sumber : http://www.chinahisea.com/cpp_bow_thruster_2884.html)

Keuntungan dari Hydraulic Bow Thruster adalah sebagai berikut :

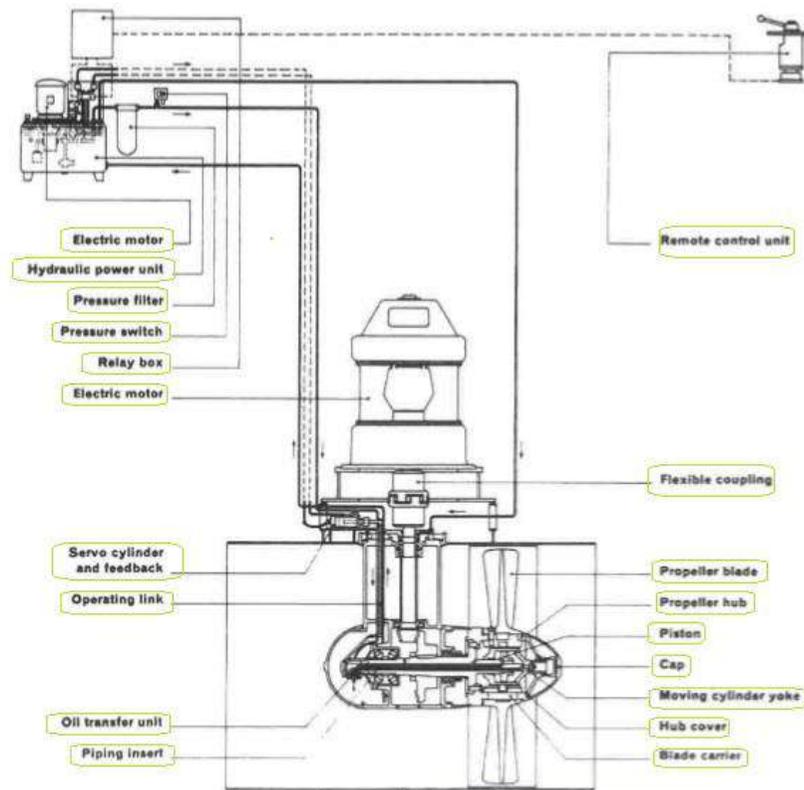
- Kinerja dorong tinggi
- Kuat dan dapat diandalkan
- Efisiensi Tinggi

Sedangkan Kerugian dari Hydraulic Bow Thruster adalah sebagai berikut:

- Memerlukan space yang besar
- Konstruksi rumit
- Riskan terjadi trouble

2.8.2. *Electrical Motor Bow Thruster*

Salah satu jenis Bow Thruster yang menggunakan tenaga penggerakannya yaitu dengan elektrik motor, dan daya yang dihasilkan untuk menggerakannya yakni dari *auxiliary engine*.



Gambar 2. 13 Electrical Bow Thruster

(Sumber : <http://generalcargoship.com/bow-thrusters.html>)

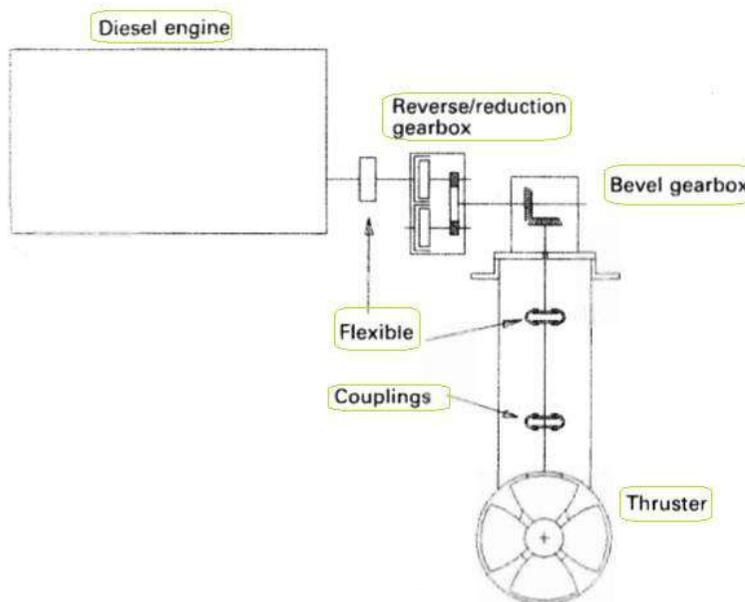
Adapun Keuntungan dari *Elektrical Bow Thruster* adalah sebagai berikut :

- Perawatan lebih mudah
Pendorong Elektrik Bow thruster telah dikembangkan menjadi pemeliharaan ramah. Dengan memanfaatkan PCMs (Propulsion Layanan Pemantauan Kondisi), downtime dan biaya pemeliharaan dapat diminimalkan.
- Fleksibilitas instalasi
Elektrik Bow thruster pendorong dapat diinstal dan dipasang dalam berbagai cara. Ini termasuk baut-in dan las-in kemungkinan dengan mudah untuk menginstal lambung fairing. Pemasangan dari atas (dapat dipasang), di bawah, atau pemasangan perpecahan memungkinkan halaman untuk mengoptimalkan skema bangunan.
- Perawatan lebih mudah
Pendorong Elektrik Bow thruster telah dikembangkan menjadi pemeliharaan ramah. Dengan memanfaatkan PCMs (Propulsion

Condition Monitorings), downtime dan biaya pemeliharaan dapat diminimalkan.

2.8.3. Engine Bow Thruster

.Salah satu jenis *Bow Thruster* yang menggunakan tenaga penggerakannya yaitu dengan *diesel engine*, daya yang dihasilkan untuk menggerakannya yakni dari *engine driven* itu sendiri. Dengan memasang penggerak diesel berbagai masalah yang dihindari, misalnya permintaan daya yang sangat besar digerakkan oleh tenaga listrik *bow thruster*, masalah isolasi terkait dengan gulungan dan komplikasi yang terlibat, kontrol dan lain sebagainya. Untuk thruster konvensional yaitu jenis tunnel (terowongan), mesin diesel dapat dipasang pada tingkat yang sama seperti baling- baling untuk memberikan tenaga langsung melalui *reduction gear*.



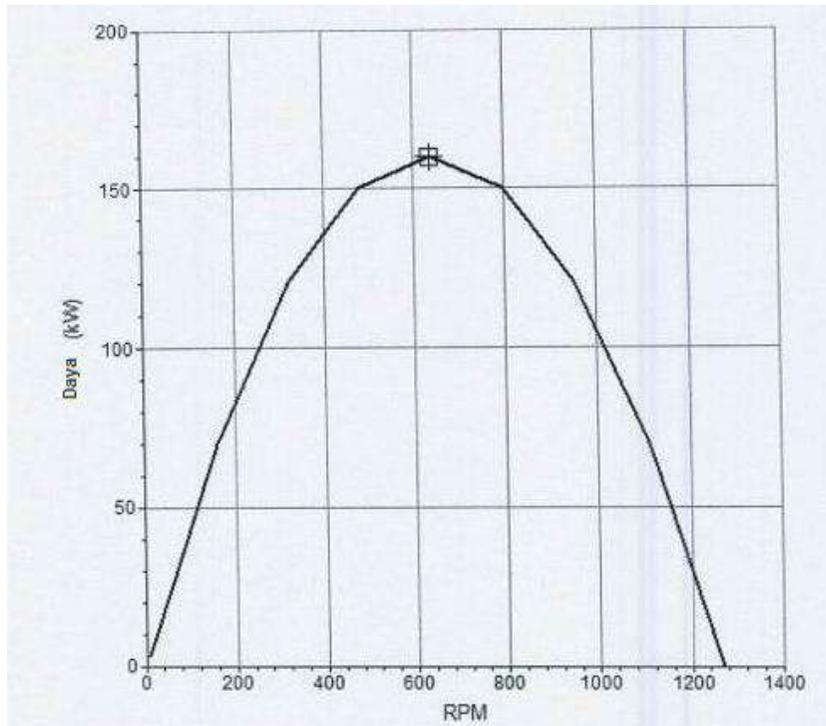
Gambar 2. 14 Diesel Bow Thruster

(Sumber : <http://generalcargoship.com/bow-thrusters.html>)

2.9. Perbandingan antara Daya Baling-Baling dengan Putaran pada Bow Thruster

Motor yang dirancang untuk tegangan tetap (V) dan frekuensi (f), pada satu waktu, disediakan oleh Variabel V dan F untuk kecepatan variabel. Oleh karena itu, perlu untuk menentukan lebar untuk V dan f sebagai konstanta atau variabel. Prinsip desain dapat digunakan secara umum untuk kecepatan tetap dan variabel. Namun, dalam perubahan kecepatan ada batasan khusus dalam desain, misalnya

dalam aspek rekayasa (geometri rotor slot), jadi konfigurasi akhir berbeda. Sebelum melakukan rancang bangun untuk motor listrik, sangat diperlukan grafik dari performa baling-baling. Grafik tersebut merupakan hasil dari kajian dan hasil dari perhitungan baling-baling.



Gambar 2. 15 Grafik Perbandingan antara Daya Baling - Baling dengan Putaran
(Sumber : Rancang Bangun Motor Listrik Submersible pada Aplikasi Bow Thruster Kapal)

2.10. Rule Bow Thruster

a. BKI

- Untuk bow thruster serta untuk mesin bantu berpengerak mesin diesel daya harus lebih tinggi dari 150 kW, perhitungan getaran diserahkan ke BKI untuk mendapatkan persetujuan. Perhitungan getaran torsi harus fokus ke profil beban sebenarnya.
- Untuk bow thruster dan juga untuk mesin bantu penggerak motor listrik harus memperhatikan kekuatan eksitasi yang relevan (misalnya frekuensi baling-baling baling-baling atau yang serupa) harus tidak menyebabkan beban getaran torsi yang tidak dapat diterima. Dalam kasus khusus BKI mungkin memerlukan penyerahan dari perhitungan yang sesuai.

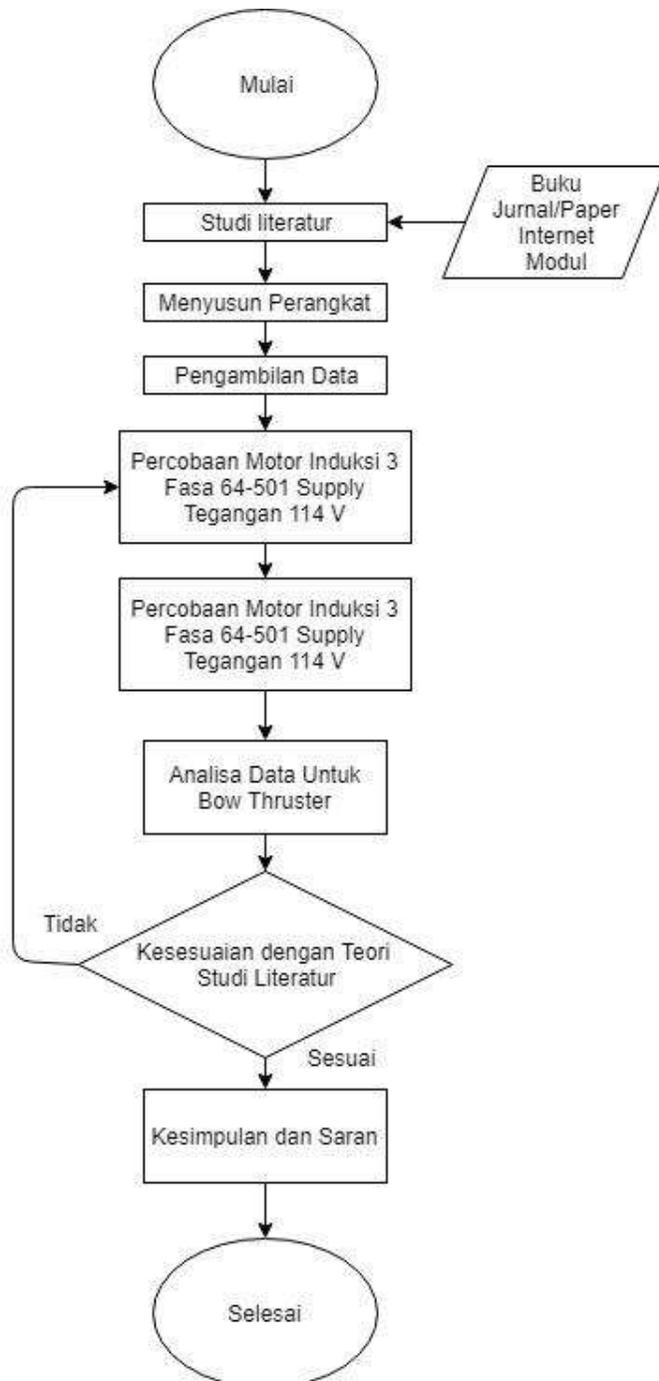
b. LR part 5

- *The voltage regulation and current sharing requirements defined in Pt 6, Ch 2,9.4.2 and 9.4.7 are to be maintained over the full range of power factors that may occur in service.*
- *Auxiliary equipment and services are to operate with any waveform distortion introduced by converters without deleterious effect. (This may be achieved by the provision of suitably filtered/converted supplies).*

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi dalam penelitian merupakan kerangka berfikir yang digunakan selama pengerjaan tugas akhir mulai sejak tugas akhir pertama kali dikerjakan hingga tugas akhir dinyatakan selesai. Metodologi penelitian diperlukan agar proses penelitian dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan, sehingga memperoleh hasil yang maksimal. Lebih tepatnya metodologi penelitian ini digunakan untuk menyelesaikan masalah yang telah dipaparkan sebelumnya dengan sistematis dan diharapkan mendapatkan hasil sebaik mungkin.

Pada penelitian ini digunakan metode dengan melakukan praktikum untuk pengambilan data yang dilanjutkan dengan melakukan perhitungan – perhitungan yang dibutuhkan dalam melakukan analisa performa motor Induksi 3 phase rotor belit feedback tipe No. 250. Flow chart dari metodologi penelitian ini dituangkan dalam gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Flow Chart Metodologi Penelitian

3.1. Tempat Pengujian

Tempat pengujian penelitian ini dilakukan di Laboratorium Listrik Kapal dan Sistem Otomasi, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

3.2. Studi Literatur

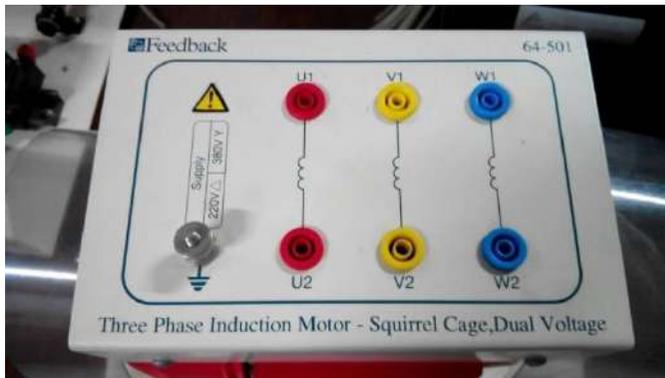
Pada tahapan selanjutnya dilakukan studi literatur dengan tujuan untuk merangkai dasaran teori serta informasi pendukung lainnya yang digunakan selama pengerjaan tugas akhir kali ini. Dalam penentuan literatur yang digunakan berasal dari sumber berupa jurnal ilmiah, buku penunjang, paper dan bertanya berkonsultasi dengan dosen pembimbing. Dalam hal ini tinjauan pustaka yang dipakai untuk membantu menyelesaikan tugas akhir adalah sebagai berikut:

- B.L Theraja, “A Texbook of Electrical Technology”, S. Chand, New Delhi, 2005
- FEEDBACK Torque / Speed Characteristics for a Dual Voltage Induction Motor, Feedback Powerframes Laboratory Note number 250: Feedback Instruments Ltd, Park Road, Crowborough, E. Sussex, TN6 2QR, UK.
- FEEDBACK Torque / Speed Characteristics for a Three Phase Synchronous Motor/Generator - Wound Rotor, Feedback Powerframes Laboratory 64-510 : Feedback Instruments Ltd, Park Road, Crowborough, E. Sussex, TN6 2QR, UK.
- J. Chapman, Stephan, “Electric Machinery Fundamentals”, The McGraw Hill, New york, 2005
- Fitzgerald, A.E, “Electric Machinery”, The McGraw Hill, Amerika Serikat, 2003

3.3. Menyusun dan Menentukan Perangkat

Pada tahapan ini dilakukan pemilihan peralatan – peralatan yang dibutuhkan dalam proses sebelum melakukan pengujian motor Induksi tiga fasa rotor sangkar tupai dua tegangan feedback tipe no 250.

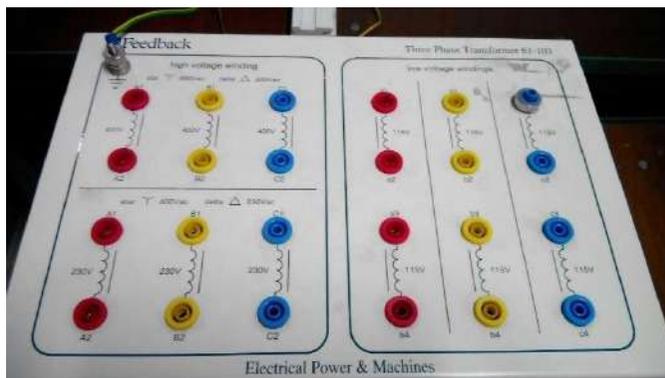
- a. Motor Induksi 3 Phase Rotor Sangkar Tupai Dual Voltage
Gambar 3.1 merupakan gambar motor induksi 3 fasa rotor sangkar tupai dual voltage yang akan dilakukan percobaan.



Gambar 3. 2 Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Tupai Dual Voltage
(Sumber : Foto dari Lab MEAS)

b. *Three Phase Transformer 61-103*

Merupakan alat untuk menaikkan atau menurunkan tegangan listrik dari sumber listrik sebelum masuk ke motor.



Gambar 3. 3 *Three Phase Transformer 61-103*
(Sumber : Foto dari Lab MEAS)

c. *Three Phase Synchronous Motor/Generator - Wound Rotor*

Merupakan alat yang digunakan sebagai beban yang dihubungkan dengan lampu.



Gambar 3. 4 *Three Phase Synchronous Motor/Generator - Wound Rotor*
(Sumber : Foto dari Lab MEAS)

d. *Single & Three Phase Measurement*

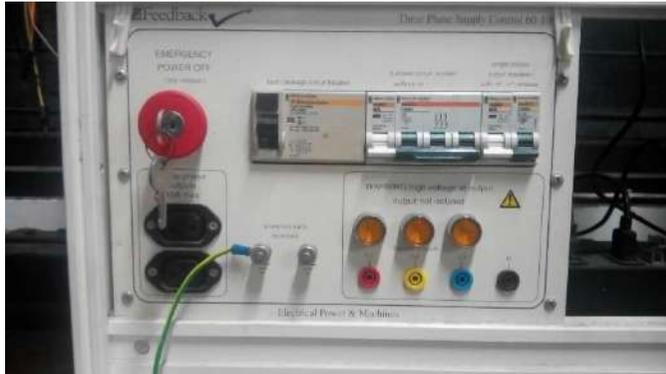
Alat ini digunakan untuk mengukur daya, tegangan, arus, $\cos \Phi$, dan lain-lain pada motor satu fasa maupun tiga fasa.



Gambar 3. 5 *Single & Three Phase Measurement*
(Sumber : Foto dari Lab MEAS)

e. *Three Phase Supply Control*

Merupakan suatu alat yang terdiri dari earth leakage breaker dan 3 phase and single phase circuit breaker yang digunakan untuk menhidupkan dan mematikan suplai listrik untuk transformator dan suplai Switch Resistance Load 67-140 dan Single & Three Phase Measurement 68-100.



Gambar 3. 6 *Three Phase Supply Control*
(Sumber : Foto dari Lab MEAS)

f. Regulator

Alat ini berfungsi sebagai pembangkit arus eksitasi pada generator.



Gambar 3. 7 Regulator
(Sumber : Foto dari Lab MEAS)

g. Kabel

Merupakan alat yang berfungsi sebagai penyalur sinyal dari satu tempat ke tempat yang lain.



Gambar 3. 8 Kabel
(Sumber : Foto dari Lab MEAS)

h. *Multimeter*

Alat pengukur listrik yang dikenal sebagai VOM (Volt Ohm Meter) yang dapat mengukur tegangan, hambatan, maupun arus.



Gambar 3. 9 *Multimeter*
(Sumber : Foto dari Lab MEAS)

i. *Tachometer*

Alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran suatu motor



Gambar 3. 10 *Tachometer*
(Sumber : Foto dari Lab MEAS)

- j. *Clamp meter*
Alat untuk mengukur arus yang mengalir pada suatu rangkaian.

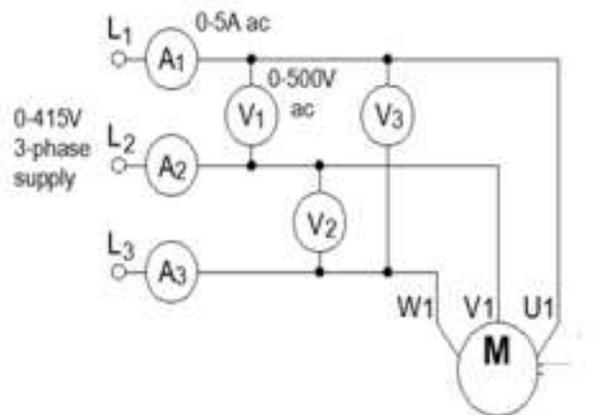


Gambar 3. 11 *Clamp Meter*
(Sumber : Foto dari Lab MEAS)

3.4. Tahapan Pengujian

Pada tahapan pengujian dilakukan proses merangkai peralatan yang telah disiapkan dengan langkah-langkah sesuai prosedur percobaan yang digunakan dalam proses pengujian. Berikut beberapa percobaan dalam proses pengujian:

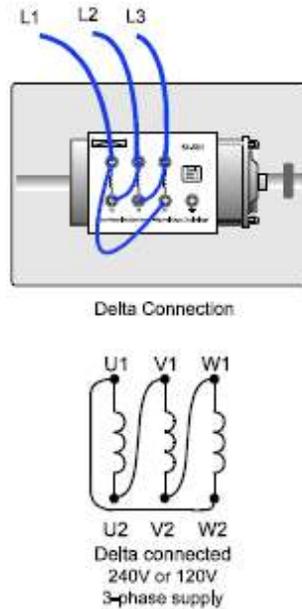
1. Percobaan Tanpa Beban



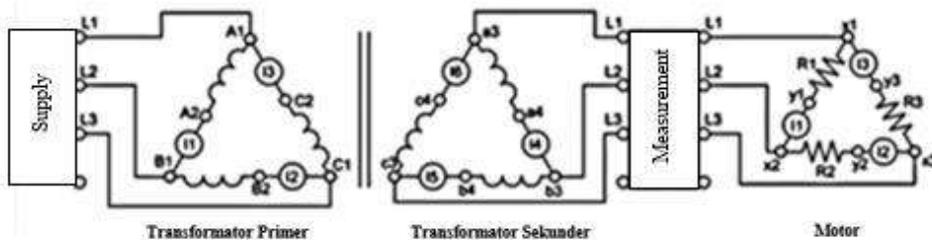
Gambar 3. 12 Percobaan Tanpa Beban
(Sumber : Feedback Manual Book)

Percobaan tanpa beban dilakukan pada motor asinkron 3 fasa dual voltage. Terdapat 2 rangkaian yang dilakukan percobaan tanpa beban pada motor ini, yaitu rangkaian percobaan dengan supply tegangan 114 v dan percobaan dengan supply tegangan 198 v.

a. Percobaan dengan Supply Tegangan 114 V



Gambar 3. 13 Rangkaian Percobaan dengan Supply Tegangan 114 V
(Sumber : Feedback Manual Book)

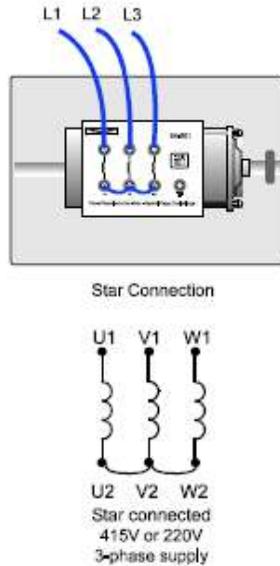


Gambar 3. 14 Wiring Rangkaian Percobaan tanpa Beban dengan Supply Tegangan 114 V
(Sumber : Hanif, 2017)

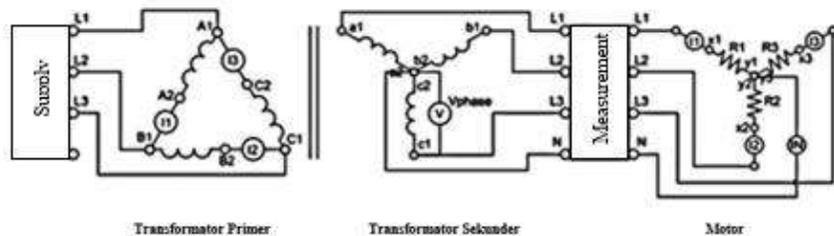
Langkah-langkah merangkai percobaan :

- Rangkai peralatan sesuai gambar 3.12 dengan rangkaian delta sesuai gambar 3.13.
- Hidupkan Single & Three Phase Measurement 68-100.
- Hidupkan Three Phase Supply Control 60-100.
- Baca Frekuensi, Daya, Tegangan line, Tegangan Fasa, Arus Line, Arus Fasa, $\cos \Phi$ pada Single & Three Phase Measurement 68-100.
- Baca putaran motor menggunakan alat tachometer.
- Catat seluruh hasil yang didapat.
- Percobaan selesai.

b. Percobaan dengan Supply Tegangan 198 V



Gambar 3. 15 Rangkaian Percobaan dengan Supply Tegangan 198 V
(Sumber : Feedback Manual Book)



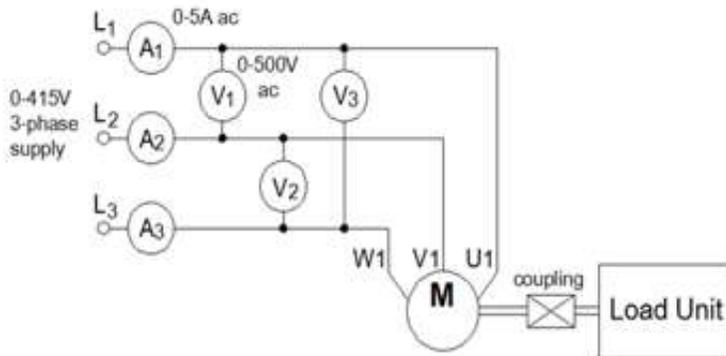
Gambar 3. 16 Wiring Rangkaian Percobaan tanpa Beban dengan Supply Tegangan 198 V
(Sumber : Hanif, 2017)

Langkah-langkah merangkai percobaan :

- Rangkai peralatan sesuai gambar 3.12 dengan rangkaian wye sesuai gambar 3.15.
- Hidupkan Single & Three Phase Measurement 68-100.
- Hidupkan Three Phase Supply Control 60-100.
- Baca Frekuensi, Daya, Tegangan line, Tegangan Fasa, Arus Line, Arus Fasa, $\cos \Phi$ pada Single & Three Phase Measurement 68-100.
- Baca putaran motor menggunakan alat tachometer.

- Catat seluruh hasil yang didapat.
- Percobaan selesai.

2. Percobaan Berbeban



Gambar 3. 17 Rangkaian Percobaan Berbeban
(Sumber : Feedback Manual Book)

Percobaan berbeban dilakukan pada motor asinkron 3 fasa dual voltage. Terdapat 2 rangkaian yang dilakukan percobaan tanpa beban pada motor ini, yaitu rangkaian percobaan dengan supply tegangan 114 v dan percobaan dengan supply tegangan 198 v. Beban yang diberikan pada motor berupa lampu pijar sebanyak 12 buah.

a. Percobaan dengan Supply Tegangan 114 V

Langkah-langkah merangkai percobaan :

- Rangkai peralatan sesuai gambar 3.17 dengan rangkaian delta sesuai gambar 3.14.
- Hidupkan Single & Three Phase Measurement 68-100.
- Hidupkan Three Phase Supply Control 60-100.
- Hidupkan lampu mulai dari 3 lampu, 6 lampu, 9 lampu, dan 12 lampu.
- Atur arus eksitasi yang masuk generator
- Amati daya input dan daya output.
- Baca putaran motor menggunakan alat tachometer.
- Catat seluruh hasil yang didapat.
- Percobaan selesai.

b. Percobaan dengan Supply Tegangan 198 V

Langkah-langkah merangkai percobaan :

- Rangkai peralatan sesuai gambar 3.17 dengan rangkaian delta sesuai gambar 3.15.
- Hidupkan Single & Three Phase Measurement 68-100.
- Hidupkan Three Phase Supply Control 60-100.
- Hidupkan lampu mulai dari 3 lampu, 6 lampu, 9 lampu, dan 12 lampu.
- Atur arus eksitasi yang masuk generator
- Amati daya input dan daya output.
- Baca putaran motor menggunakan alat tachometer.
- Catat seluruh hasil yang didapat.
- Percobaan selesai.

3.5. Pengambilan Data

Pengambilan data bertujuan untuk mendapatkan data penunjang yang digunakan untuk melakukan perhitungan terhadap parameter-parameter yang telah ditentukan. Sebelum dilakukannya pengambilan data, sebelumnya dilakukan terlebih dahulu pembuatan langkah-langkah praktikum yang sesuai dengan buku panduan yang telah dibuat oleh pabrikan. Sedangkan data yang diambil pada saat praktikum adalah sebagai berikut:

- a. Putaran
- b. Torsi
- c. Efisiensi
- d. Daya

3.6. Analisa Data dan Perbandingan Performa

Tahapan yang dilakukan selanjutnya adalah analisa dan perbandingan, yaitu melakukan perhitungan atas data praktikum yang telah didapatkan sehingga dapat dibuat grafik hubungan antara beberapa parameter yang telah ditentukan sebelumnya guna menjawab rumusan masalah dari pengerjaan tugas akhir kali ini. Kemudian analisa motor listrik ini untuk penggerak *bow thruster*.

3.7. Analisa Data dan Perbandingan Performa

Kesimpulan merupakan rangkuman dari penulisan tugas akhir dan merupakan jawaban dari rumusan masalah yang telah disusun pada bab pertama. Saran diberikan oleh penulis untuk menjadi rujukan tentang kendala-kendala yang terdapat dalam proses penulisan tugas akhir ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada tahapan analisa dan pembahasan mengenai analisa performa motor Induksi 3 fasa rotor sangkar tupai feedback tipe no. 250, penulis melakukan pembelajaran terhadap modul yang dikeluarkan pabrikan feedback mengenai komponen yang digunakan untuk praktikum motor Induksi 3 fasa rotor sangkar tupai feedback tipe no. 250. Terdapat tata cara dalam melakukan kegiatan praktikum guna pengambilan data yang digunakan untuk analisa pada pembahasan kali ini. Data yang diambil pada saat praktikum adalah Tegangan line (VLine), Tegangan fasa (VFasa), Faktor daya (Cos Φ), Arus line (ILine), Arus fasa (IFasa), Putaran motor, Input Power, Output Power, dan Efisiensi. Pada praktikum ini digunakan dua metode yaitu dengan kondisi motor berbeban dan tanpa beban, untuk motor berbeban digunakan generator sebagai bebannya.

Setelah mendapatkan seluruh data yang sekiranya diperlukan saat praktikum maka selanjutnya dilakukan perhitungan data untuk mengetahui performa dari motor Induksi 3 fasa rotor sangkar tupai. Yaitu mulai dari perhitungan input daya dan output daya. Kemuadian dilakukan perhitungan torsi yang dihasilkan motor, juga dilakukan perhitungan efisiensi motor untuk mengetahui bagaimana kondisi motor saat ini apakah masih dalam kondisi baik ataupun kurang baik setelah lama tidak dipergunakan. Pada bab ini juga dilakukan analisa grafik guna mengetahui hubungan dari parameter – parameter yang telah dihitung guna menarik kesimpulan pada akhir penelitian ini.

4.1. Data Hasil Percobaan

Percobaan penelitian motor Induksi 3 fasa rotor sangkar tupai ini dilakukan pada tanggal 9 April 2018 sampai selesai di Laboratorium Listrik Kapal dan Sistem Otomasi, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya sehingga diperoleh data sebagai berikut :

4.1.1. Percobaan Tanpa Beban

a. Supply Tegangan 114 V

Tabel 4. 1 Data Percobaan Tanpa Beban Dengan Supply Tegangan 114 V

DAYA (Watt)	V Line (V)	I Line (A)	V Phase (V)		
			R	S	T
124	114	1,53	114	114	115

I Phase (A)			COS ϕ	RPM
R	S	T		
1,48	1,54	1,55	0,41	1492

b. Supply Tegangan 198 V

Tabel 4. 2 Data Percobaan Tanpa Beban Dengan Supply Tegangan 198 V

DAYA (Watt)	V Line (V)	I Line (A)	V Phase (V)		
			R	S	T
127	198	0,87	115	114	114

I Phase (A)			COS ϕ	RPM
R	S	T		
0,87	0,9	0,84	0,42	1495

4.1.2. Percobaan Berbeban

4.1.2.1. Percobaan Berbeban Eksitasi Berubah

a. Supply Tegangan 114 V

Tabel 4. 3 Data Motor Dengan Supply Tegangan 114 V

DAYA (Watt)	V Line (V)	I Line (A)	V Phase (V)		
			R	S	T
160	114	1,44	114	114	114
181	114	1,45	114	114	114
206	114	1,46	114	114	114
270	113	1,68	113	114	114

I Phase (A)			COS ϕ	RPM	NS	FREK (Hz)
R	S	T				
1,4	1,45	1,45	0,56	1448	1500	50
1,44	1,46	1,44	0,64	1419	1500	50
1,43	1,48	1,49	0,71	1383	1500	50
1,65	1,7	1,67	0,81	1268	1500	50

Tabel 4. 4 Data Generator Dengan Supply Tegangan 114 V

JUMLAH LAMPU	DAYA (Watt)	V Line (V)	I Line (A)	V Phase (V)		
				R	S	T
3	15,55	380	0,024	220	221	220
6	31	380	0,047	220	222	221
9	45,6	380	0,07	220	220	220
12	60,4	380	0,091	220	220	221

Data Generator Dengan Supply Tegangan 114 V

I Phase (A)			COS ϕ	I Eks (A)	Eff
R	S	T			
0,023	0,024	0,024	1	0,1	0,6
0,046	0,047	0,047	1	0,12	0,6
0,069	0,07	0,07	1	0,14	0,6
0,091	0,091	0,091	1	0,17	0,6

Daya (Watt)		
R	S	T
5,15	5,2	5,2
10,2	10,5	10,3
15,1	15,3	15,2
20,1	20,1	20,2

P out (Watt)	Torsi (Nm)	Slip	Eff
51,83333	0,342005	0,034667	0,323958
103,3333	0,695744	0,054	0,570902
152	1,050057	0,078	0,737864
201,3333	1,517009	0,154667	0,745679

b. Supply Tegangan 198 V

Tabel 4. 5 Data Motor Dengan Supply Tegangan 198 V

DAYA (Watt)	V Line (V)	I Line (A)	V Phase (V)		
			R	S	T
156	197	0,85	114	114	114
178	198	0,84	114	114	114
203	197	0,85	114	114	113
270	196	0,87	113	113	113

Data Motor Dengan Supply Tegangan 198 V

I Phase (A)			COS ϕ	RPM	NS	FREK (Hz)
R	S	T				
0,85	0,87	0,86	0,54	1453	1500	50
0,85	0,86	0,86	0,63	1423	1500	50
0,86	0,88	0,87	0,7	1393	1500	50
0,97	0,99	0,98	0,82	1274	1500	50

Tabel 4. 6 Data Generator Dengan Supply Tegangan 198 V

JUMLAH LAMPU	DAYA (Watt)	V Line (V)	I Line (A)	V Phase (V)		
				R	S	T
3	16,3	380	0,025	220	220	220
6	31,4	380	0,048	220	220	220
9	46,2	380	0,07	220	220	220
12	60,4	380	0,091	220	220	220

I Phase (A)			COS ϕ	I Eks (A)	Eff
R	S	T			
0,024	0,025	0,024	1	0,09	0,6
0,047	0,049	0,047	1	0,11	0,6
0,07	0,070	0,07	1	0,14	0,6
0,091	0,092	0,091	1	0,17	0,6

Daya (Watt)		
R	S	T
5,3	5,6	5,4
10,3	10,7	10,4
15,3	15,5	15,4
20,1	20,2	20,1

P out (Watt)	Torsi (Nm)	Slip	Eff
54,33333	0,357267	0,031333	0,348291
104,6667	0,702741	0,051333	0,588015
154	1,056237	0,071333	0,758621
201,3333	1,509864	0,150667	0,745679

4.2. Perhitungan Data

4.2.1. Percobaan Tanpa Beban

a. Supply Tegangan 114 V

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 114 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Frekuensi = 50 Hz
- 2) Daya = 124 Watt
- 3) V Line = 114 Volt
- 4) V Fasa :
 - R = 114 Volt
 - S = 114 Volt
 - T = 114 Volt
- 5) I Line = 1,53 Ampere
- 6) I Fasa :
 - R = 1,48 Ampere
 - S = 1,54 Ampere
 - T = 1,55 Ampere
- 7) Putaran = 1492
- 8) Cos ϕ = 0,41

Dari data di atas, kita dapat membandingkan daya dari measurment dengan perhitungan daya sebagai berikut :

- Perhitungan Masukan Daya

$$\begin{aligned}
 P \text{ in} &= \sqrt{3} \times V \text{ Line} \times I \text{ Line} \times \text{Cos } \phi \\
 &= \sqrt{3} \times 114 \times 1,53 \times 0,41 \\
 &= 123,8627 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

b. Supply Tegangan Y 198 V

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 198 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Frekuensi = 50 Hz
- 2) Daya = 127 Watt
- 3) V Line = 198 Volt
- 4) V Fasa :
 - R = 114 Volt
 - S = 114 Volt
 - T = 114 Volt
- 5) I Line = 0,87 Ampere
- 6) I Fasa :
 - R = 0,87 Ampere

- $S = 0,9$ Ampere
 - $T = 0,84$ Ampere
- 7) Putaran = 1495
- 8) $\text{Cos } \phi = 0,42$

Dari data di atas, kita dapat membandingkan daya dari measurement dengan perhitungan daya sebagai berikut :

- Perhitungan Masukan Daya

$$\begin{aligned} P \text{ in} &= \sqrt{3} \times V \text{ Line} \times I \text{ Line} \times \text{Cos } \phi \\ &= \sqrt{3} \times 198 \times 0,87 \times 0,42 \\ &= 125,3125 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4.2.2. Percobaan Berbeban

4.2.2.1 Percobaan Berbeban dengan Supply Tegangan Δ 114 V

1. Perhitungan Daya Input Motor dengan Variasi Beban

a. Perhitungan Daya Input Motor dengan Beban 15,55 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 15,55 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 114 Volt
- I Line = 1,44 Ampere
- $\text{Cos } \phi = 0,56$
- P Input = 160 watt

Dari data di atas dapat kita bandingkan daya dari display dengan perhitungan daya sebagai berikut :

- Perhitungan Masukan Daya

$$\begin{aligned} P \text{ in} &= \sqrt{3} \times V \text{ line} \times I \text{ Line Multimeter} \times \text{Cos } \phi \\ &= \sqrt{3} \times 114 \times 1,44 \times 0,56 \\ &= 159,2267 \text{ watt} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Daya Input Motor dengan Beban 31 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 31 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 114 Volt

- I Line = 1,45 Ampere
- Cos ϕ = 0,64
- P Input = 181 watt

Dari data di atas dapat kita bandingkan daya dari display dengan perhitungan daya sebagai berikut :

- Perhitungan Masukan Daya

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= \sqrt{3} \times V_{line} \times I_{Line} \times \cos \phi \\
 &= \sqrt{3} \times 114 \times 1,45 \times 0,64 \\
 &= 183,2371 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Daya Input Motor dengan Beban 45,6 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 45,6 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 114 Volt
- I Line = 1,46 Ampere
- Cos ϕ = 0,71
- P Input = 206 watt

Dari data di atas dapat kita bandingkan daya dari display dengan perhitungan daya sebagai berikut :

- Perhitungan Masukan Daya

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= \sqrt{3} \times V_{line} \times I_{Line} \times \cos \phi \\
 &= \sqrt{3} \times 114 \times 1,46 \times 0,71 \\
 &= 204,6806 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

d. Perhitungan Daya Input Motor dengan Beban 60,4 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 60,4 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 134 Volt
- I Line = 1,68 Ampere
- Cos ϕ = 0,81
- P Input = 270 watt

Dari data di atas dapat kita bandingkan daya dari display dengan perhitungan daya sebagai berikut :

- Perhitungan Masukan Daya

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= \sqrt{3} \times V_{line} \times I_{Line} \times \cos \phi \\
 &= \sqrt{3} \times 113 \times 1,68 \times 0,81 \\
 &= 266,3381 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Daya Output Motor dengan Variasi Beban

a. Perhitungan Daya Output Motor dengan Beban 15,55 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 15,55 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 114 Volt
- I Line = 1,44 Ampere
- Cos ϕ = 0,56
- P Input = 160 watt
- Ns = 1500
- P Out Generator = Beban
= 15,55 Watt
- Effisiensi Generator = 0,95
- Putaran = 1448

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan daya Output motor sebagai berikut :

- Perhitungan Daya Output Motor

$$\begin{aligned}
 P_{Out\ Motor} &= P_{Input\ Generator} \\
 &= P_{Out\ Generator} / \text{Effisiensi Generator} \\
 &= 15,5 / 0,6 \\
 &= 51,833 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Daya Output Motor dengan Beban 31 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 31 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 114 Volt
- I Line = 1,45 Ampere
- Cos ϕ = 0,64
- P Input = 181 watt
- Ns = 1500
- P Out Generator = Beban

- $\text{Effisiensi Generator} = 0,95$
- $\text{Putaran} = 1419$

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan daya Output motor sebagai berikut :

- Perhitungan Daya Output Motor

$$\begin{aligned}
 P \text{ Out Motor} &= P \text{ Input Generator} \\
 &= P \text{ Out Generator} / \text{Effisiensi Generator} \\
 &= 31 / 0,95 \\
 &= 103,33 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Daya Output Motor dengan Beban 45,6 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 45,6 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- $V \text{ Line} = 114 \text{ Volt}$
- $I \text{ Line} = 1,46 \text{ Ampere}$
- $\text{Cos } \phi = 0,71$
- $P \text{ Input} = 206 \text{ watt}$
- $N_s = 1500$
- $P \text{ Out Generator} = \text{Beban} = 45,6 \text{ Watt}$
- $\text{Effisiensi Generator} = 0,95$
- $\text{Putaran} = 1383$

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan daya Output motor sebagai berikut :

- Perhitungan Daya Output Motor

$$\begin{aligned}
 P \text{ Out Motor} &= P \text{ Input Generator} \\
 &= P \text{ Out Generator} / \text{Effisiensi Generator} \\
 &= 45,6 / 0,6 \\
 &= 152 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

d. Perhitungan Daya Output Motor dengan Beban 60,4 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 60,4 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- $V \text{ Line} = 113 \text{ Volt}$
- $I \text{ Line} = 1,68 \text{ Ampere}$
- $\text{Cos } \phi = 0,81$
- $P \text{ Input} = 270 \text{ watt}$
- $N_s = 1500$

- P Out Generator = Beban
= 60,4 Watt
- Effisiensi Generator = 0,95
- Putaran = 1268

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan daya Output motor sebagai berikut :

- Perhitungan Daya Output Motor

$$\begin{aligned}
 P \text{ Out Motor} &= P \text{ Input Generator} \\
 &= P \text{ Out Generator} / \text{Effisiensi Generator} \\
 &= 60,4 / 0,95 \\
 &= 201,33 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan Slip Motor dengan Variasi Beban

a. Perhitungan Slip Motor dengan Beban 15,55 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 15,55 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 114 Volt
- I Line = 1,44 Ampere
- Cos ϕ = 0,56
- P Input = 160 watt
- Ns = 1500
- Putaran = 1448

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan slip motor sebagai berikut :

- Perhitungan Slip Motor

$$\begin{aligned}
 \text{Slip} &= (N_s - \text{rpm}) / N_s \\
 &= (1500 - 1448) / 1500 \\
 &= 0,03467
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Slip Motor dengan Beban 31 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 31 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 114 Volt
- I Line = 1,45 Ampere
- Cos ϕ = 0,64
- P Input = 181 watt
- Ns = 1500
- Putaran = 1419

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan slip motor sebagai berikut :

- Perhitungan Slip Motor

$$\begin{aligned} \text{Slip} &= (N_s - \text{rpm}) / N_s \\ &= (1500 - 1419) / 1500 \\ &= 0,054 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Slip Motor dengan Beban 45,6 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 45,6 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 114 Volt
- I Line = 1,46 Ampere
- Cos ϕ = 0,71
- P Input = 206 watt
- Ns = 1500
- Putaran = 1383
- P in Perhitungan = 204,6806 watt

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan slip motor sebagai berikut :

- Perhitungan Slip Motor

$$\begin{aligned} \text{Slip} &= (N_s - \text{rpm}) / N_s \\ &= (1500 - 1383) / 1500 \\ &= 0,078 \end{aligned}$$

d. Perhitungan Slip Motor dengan Beban 60,4 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 60,4 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 113 Volt
- I Line = 1,68 Ampere

- $\text{Cos } \phi$ = 0,81
- P Input = 270 watt
- N_s = 1500
- Putaran = 1268
- P in Perhitungan = 266,3381 watt

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan slip motor sebagai berikut :

- Perhitungan Slip Motor

$$\begin{aligned} \text{Slip} &= (N_s - \text{rpm}) / N_s \\ &= (1500 - 1268) / 1500 \\ &= 0,1546 \end{aligned}$$

5. Perhitungan Torsi Motor dengan Variasi Beban

a. Perhitungan Torsi Motor dengan Beban 15,55 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 15,55 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 114 Volt
- I Line = 1,44 Ampere
- $\text{Cos } \phi$ = 0,56
- P Input = 160 watt
- N_s = 1500
- P Out Generator = Beban
= 15,55 Watt
- Effisiensi Generator = 0,95
- Putaran = 1448
- Slip = 0,03467
- P Out Motor = 51,83 Watt

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan torsi motor sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Torsi} &= \frac{P \text{ Out Motor}}{\omega} \\ &= \frac{P \text{ Out Motor}}{2\pi (rps)} \\ &= \frac{51,83}{2 \times 3,14 (1448/60)} \end{aligned}$$

$$= 0,342 \text{ Nm}$$

b. Perhitungan Torsi Motor dengan Beban 31 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 31 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 114 Volt
- I Line = 1,45 Ampere
- Cos φ = 0,64
- P Input = 181 watt
- Ns = 1500
- P Out Generator = Beban
= 31 Watt
- Effisiensi Generator = 0,95
- Putaran = 1419
- Slip = 0,054
- P Out Motor = 103,33 Watt

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan torsi motor sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Torsi} &= \frac{P \text{ Out Motor}}{\omega} \\ &= \frac{P \text{ Out Motor}}{2\pi (rps)} \\ &= \frac{103,33}{2 \times 3,14 (1419/60)} \\ &= 0,69574 \text{ Nm} \end{aligned}$$

c. Perhitungan Torsi Motor dengan Beban 45,6 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 45,6 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 114 Volt
- I Line = 1,46 Ampere
- Cos φ = 0,71
- P Input = 206 watt
- Ns = 1500
- P Out Generator = Beban
= 45,6 Watt
- Effisiensi Generator = 0,95

- Putaran = 1383
- Slip = 0,078
- P Out Motor = 152 Watt

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan torsi motor sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Torsi} &= \frac{P \text{ Out Motor}}{\omega} \\
 &= \frac{P \text{ Out Motor}}{2\pi (rps)} \\
 &= \frac{152}{2 \times 3,14 (1383/60)} \\
 &= 1,05 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

d. Perhitungan Torsi Motor dengan Beban 60,4 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 60,4 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 113 Volt
- I Line = 1,68 Ampere
- Cos ϕ = 0,81
- P Input = 270 watt
- Ns = 1500
- P Out Generator = Beban
= 60,4 Watt
- Effisiensi Generator = 0,95
- Putaran = 1268
- Slip = 0,15467
- P Out Motor = 201,33 Watt

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan torsi motor sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Torsi} &= \frac{P \text{ Out Motor}}{\omega} \\
 &= \frac{P \text{ Out Motor}}{2\pi (rps)} \\
 &= \frac{201,33}{2 \times 3,14 (1268/60)} \\
 &= 1,517 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

4.2.2.2 Percobaan Berbeban dengan Supply Tegangan Y 198 V

1. Perhitungan Daya Input Motor dengan Variasi Beban

a. Perhitungan Daya Input Motor dengan Beban 16,3 Watt

Dari Percobaan motor kecepatan tinggi dengan beban 16,3 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 197 Volt
- I Line = 0,85 Ampere
- Cos ϕ = 0,54
- P Input = 156 watt

Dari data di atas dapat kita bandingkan daya dari display dengan perhitungan daya sebagai berikut :

- Perhitungan Masukan Daya

$$\begin{aligned} P_{in} &= \sqrt{3} \times V_{line} \times I_{Line} \text{ Multimeter} \times \text{Cos } \phi \\ &= \sqrt{3} \times 197 \times 0,85 \times 0,54 \\ &= 156,6172 \text{ watt} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Daya Input Motor dengan Beban 31,4 Watt

Dari Percobaan motor kecepatan tinggi dengan beban 31,4 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 198 Volt
- I Line = 0,84 Ampere
- Cos ϕ = 0,63
- P Input = 178 watt

Dari data di atas dapat kita bandingkan daya dari display dengan perhitungan daya sebagai berikut :

- Perhitungan Masukan Daya

$$\begin{aligned} P_{in} &= \sqrt{3} \times V_{line} \times I_{Line} \times \text{Cos } \phi \\ &= \sqrt{3} \times 198 \times 0,84 \times 0,63 \\ &= 181,4871 \text{ watt} \end{aligned}$$

c. Perhitungan Daya Input Motor dengan Beban 46,2 Watt

Dari Percobaan motor kecepatan tinggi dengan beban 46,2 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

1. V Line = 203 Volt
2. I Line = 0,85 Ampere
3. Cos ϕ = 0,7
4. P Input = 203 watt

Dari data di atas dapat kita bandingkan daya dari display dengan perhitungan daya sebagai berikut :

- Perhitungan Masukan Daya

$$\begin{aligned} P_{in} &= \sqrt{3} \times V_{line} \times I_{Line} \times \cos \phi \\ &= \sqrt{3} \times 203 \times 0,85 \times 0,7 \\ &= 209,2058 \text{ watt} \end{aligned}$$

d. Perhitungan Daya Input Motor dengan Beban 60,4 Watt

Dari Percobaan motor kecepatan tinggi dengan beban 60,4 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

1. V Line = 196 Volt
2. I Line = 0,87 Ampere
3. Cos ϕ = 0,82
4. P Input = 270 watt

Dari data di atas dapat kita bandingkan daya dari display dengan perhitungan daya sebagai berikut :

- Perhitungan Masukan Daya

$$\begin{aligned} P_{in} &= \sqrt{3} \times V_{line} \times I_{Line} \times \cos \phi \\ &= \sqrt{3} \times 196 \times 0,87 \times 0,82 \\ &= 242,1864 \text{ watt} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Daya Output Motor dengan Variasi Beban

a. Perhitungan Daya Output Motor dengan Beban 16,3 Watt

Dari Percobaan motor kecepatan tinggi dengan beban 16,3 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 197 Volt
- I Line = 0,85 Ampere
- Cos ϕ = 0,54
- P Input = 156 watt
- Ns = 1500
- P Out Generator = Beban
= 16,3 Watt
- Effisiensi Generator = 0,95
- Putaran = 1453

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan daya Output motor sebagai berikut :

- Perhitungan Daya Output Motor

$$\begin{aligned}
 P \text{ Out Motor} &= P \text{ Input Generator} \\
 &= P \text{ Out Generator} \times \text{Effisiensi Generator} \\
 &= 16,3 / 0,6 \\
 &= 54,33 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Daya Output Motor dengan Beban 31,4 Watt

Dari Percobaan motor kecepatan tinggi dengan beban 31,4 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 198 Volt
- I Line = 0,84 Ampere
- Cos ϕ = 0,63
- P Input = 178 watt
- Ns = 1500
- P Out Generator = Beban
= 31,4 Watt
- Effisiensi Generator = 0,95
- Putaran = 1423

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan daya Output motor sebagai berikut :

- Perhitungan Daya Output Motor

$$\begin{aligned}
 P \text{ Out Motor} &= P \text{ Input Generator} \\
 &= P \text{ Out Generator} / \text{Effisiensi Generator} \\
 &= 31,4 / 0,6 \\
 &= 104,67 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Daya Output Motor dengan Beban 46,2 Watt

Dari Percobaan motor kecepatan tinggi dengan beban 46,2 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 203 Volt
- I Line = 0,85 Ampere
- Cos ϕ = 0,7
- P Input = 203 watt
- Ns = 1500
- P Out Generator = Beban
= 46,2 Watt
- Effisiensi Generator = 0,95
- Putaran = 1383

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan daya Output motor sebagai berikut :

- Perhitungan Daya Output Motor

$$\begin{aligned} \text{P Out Motor} &= \text{P Input Generator} \\ &= \text{P Out Generator} / \text{Effisiensi Generator} \\ &= 46,2 / 0,6 \\ &= 154 \text{ Watt} \end{aligned}$$

d. Perhitungan Daya Output Motor dengan Beban 60,4 Watt

Dari Percobaan motor kecepatan tinggi dengan beban 60,4 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 196 Volt
- I Line = 0,87 Ampere
- Cos ϕ = 0,82
- P Input = 270 watt
- Ns = 1500
- P Out Generator = Beban
= 60,4 Watt
- Effisiensi Generator = 0,95
- Putaran = 1274

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan daya Output motor sebagai berikut :

- Perhitungan Daya Output Motor

$$\text{P Out Motor} = \text{P Input Generator}$$

$$\begin{aligned}
 &= P \text{ Out Generator} / \text{Effisiensi Generator} \\
 &= 60,4 / 0,95 \\
 &= 201,33 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Slip Motor dengan Variasi Beban

a. Perhitungan Slip Motor dengan Beban 16,3 Watt

Dari Percobaan motor kecepatan rendah dengan beban 16,3 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 197 Volt
- I Line = 0,85 Ampere
- Cos ϕ = 0,54
- P Input = 156 watt
- Ns = 1500
- Putaran = 1453

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan slip motor sebagai berikut :

- Perhitungan Slip Motor

$$\begin{aligned}
 \text{Slip} &= (N_s - \text{rpm}) / N_s \\
 &= (1500 - 1453) / 1500 \\
 &= 0,03133
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Slip Motor dengan Beban 31,4 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 31,4 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 198 Volt
- I Line = 0,84 Ampere
- Cos ϕ = 0,63
- P Input = 178 watt
- Ns = 1500
- Putaran = 1423

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan slip motor sebagai berikut :

- Perhitungan Slip Motor

$$\begin{aligned}
 \text{Slip} &= (N_s - \text{rpm}) / N_s \\
 &= (1500 - 1423) / 1500
 \end{aligned}$$

$$= 0,05133$$

c. Perhitungan Slip Motor dengan Beban 46,2 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 46,2 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 197 Volt
- I Line = 0,85 Ampere
- Cos ϕ = 0,7
- P Input = 203 watt
- Ns = 1500
- Putaran = 1393

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan slip motor sebagai berikut :

- Perhitungan Slip Motor

$$\begin{aligned} \text{Slip} &= (N_s - \text{rpm}) / N_s \\ &= (1500 - 1393) / 1500 \\ &= 0,07133 \end{aligned}$$

d. Perhitungan Slip Motor dengan Beban 60,4 Watt

Dari Percobaan motor kecepatan rendah dengan beban 60,4 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 196 Volt
- I Line = 0,87 Ampere
- Cos ϕ = 0,82
- P Input = 270 watt
- Ns = 1500
- Putaran = 1274

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan slip motor sebagai berikut :

- Perhitungan Slip Motor

$$\begin{aligned} \text{Slip} &= (N_s - \text{rpm}) / N_s \\ &= (1500 - 1274) / 1500 \\ &= 0,15067 \end{aligned}$$

4. Perhitungan Torsi Motor dengan Variasi Beban

a. Perhitungan Torsi Motor dengan Beban 16,3 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 16,3 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 197 Volt
- I Line = 0,85 Ampere
- Cos φ = 0,54
- P Input = 156 watt
- Ns = 1500
- P Out Generator = Beban
= 16,3 Watt
- Effisiensi Generator = 0,95
- Putaran = 1453
- Slip = 0,03133
- P Out Motor = 54,33 Watt

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan torsi motor sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Torsi} &= \frac{P \text{ Out Motor}}{\omega} \\
 &= \frac{P \text{ Out Motor}}{2\pi (rps)} \\
 &= \frac{54,33}{2 \times 3,14 (1453/60)} \\
 &= 0,357 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Torsi Motor dengan Beban 31,4 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 31,4 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 198 Volt
- I Line = 0,84 Ampere
- Cos φ = 0,63
- P Input = 178 watt
- Ns = 1500
- P Out Generator = Beban
= 31,4 Watt
- Effisiensi Generator = 0,95
- Putaran = 1423
- Slip = 0,05133

- P Out Motor = 104,33 Watt

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan torsi motor sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Torsi} &= \frac{P \text{ Out Motor}}{\omega} \\ &= \frac{P \text{ Out Motor}}{2\pi (rps)} \\ &= \frac{104,33}{2 \times 3,14 (1423/60)} \\ &= 0,7027 \text{ Nm} \end{aligned}$$

c. Perhitungan Torsi Motor dengan Beban 46,2 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 46,2 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 197 Volt
- I Line = 0,85 Ampere
- Cos ϕ = 0,7
- P Input = 203 watt
- Ns = 1500
- P Out Generator = Beban = 46,2 Watt
- Effisiensi Generator = 0,95
- Putaran = 1393
- Slip = 0,07133
- P Out Motor = 154 Watt

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan torsi motor sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Torsi} &= \frac{P \text{ Out Motor}}{\omega} \\ &= \frac{P \text{ Out Motor}}{2\pi (rps)} \\ &= \frac{154}{2 \times 3,14 (1393/60)} \\ &= 1,0562 \text{ Nm} \end{aligned}$$

d. Perhitungan Torsi Motor dengan Beban 60,4 Watt

Dari Percobaan motor dengan beban 60,4 watt didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- V Line = 196 Volt
- I Line = 0,87 Ampere
- Cos φ = 0,81
- P Input = 270 watt
- Ns = 1500
- P Out Generator = Beban
= 60,4 Watt
- Effisiensi Generator = 0,95
- Putaran = 1274
- Slip = 0,15067
- P Out Motor = 201,33 Watt

Dari data di atas dapat kita peroleh perhitungan torsi motor sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Torsi} &= \frac{P \text{ Out Motor}}{\omega} \\
 &= \frac{P \text{ Out Motor}}{2\pi \text{ (rps)}} \\
 &= \frac{201,33}{2 \times 3,14 \text{ (1274/60)}} \\
 &= 1,5098 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

4.3. Analisa Grafik

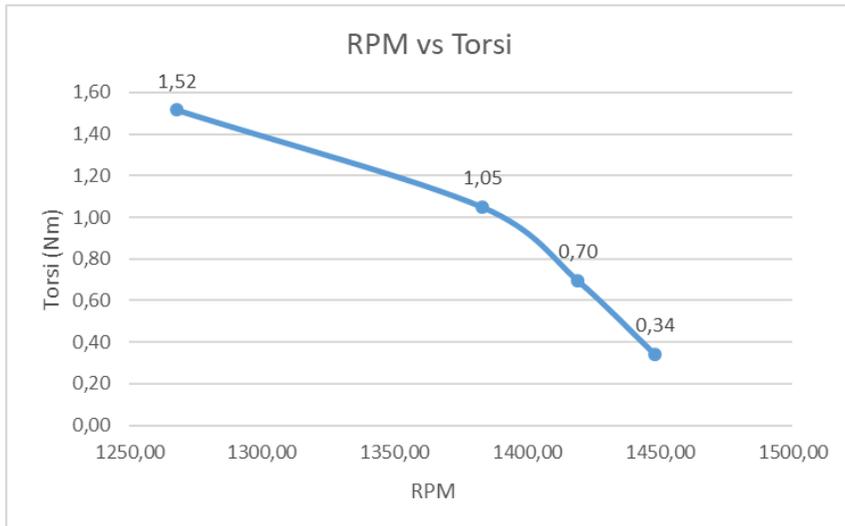
Setelah perhitungan data motor induksi 3 fasa rotor sangkar tupai dua tegangan, langkah selanjutnya ialah melakukan analisa dari nilai yang dihasilkan. Dari nilai tersebut menghasilkan grafik perbandingan dari kedua supply tegangan. Analisa grafik akan dibagi menjadi dua jenis yaitu motor berbeban dengan supply tegangan 114 V dan motor berbeban dengan supply tegangan 198 V.

4.3.1. Motor Berbeban dengan Supply Tegangan 114 V

1. Hubungan Antara Putaran dengan Torsi

Analisa grafik berikut merupakan pembuatan analisa mengenai hubungan antara putaran dengan torsi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara torsi dengan kecepatan motor. Pada pembuatan grafik, nilai didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini

dilakukan pembebanan pada motor mulai dari 15,55 watt, 31 watt, 45,6 watt dan 60,4 watt. Grafik yang telah dibuat terlampir dalam grafik 4.1.

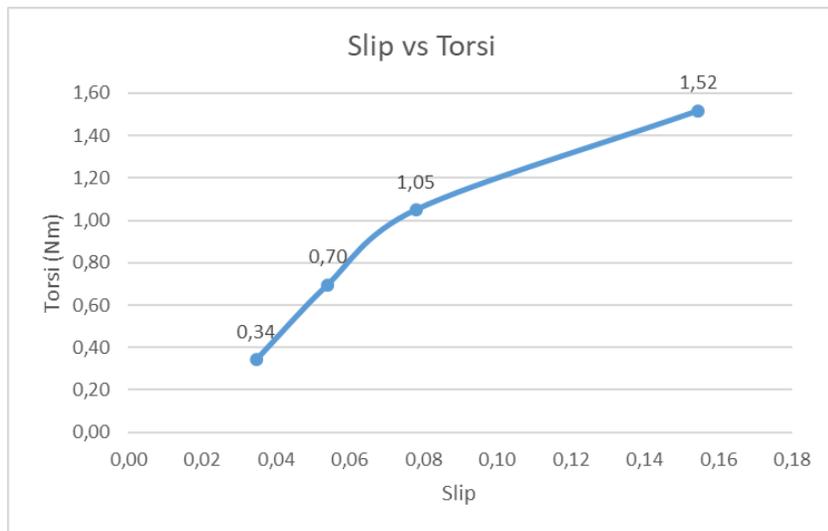


Grafik 4. 1 Hubungan antara Putaran dengan Torsi

Dalam rumus torsi $T = P_{\text{Out Motor}} / (2 \times \pi \times \text{rpm})$, dimana dengan bertambahnya beban semakin menurun nilai putaran. Namun berbanding terbalik dengan torsi yang dihasilkan oleh motor. Bertambahnya beban berbanding lurus dengan daya keluaran motor yang semakin bertambah pula, namun putaran yang dihasilkan motor semakin menurun. Hal tersebut dijelaskan dalam grafik 4.1.

2. Hubungan Antara Slip dengan Torsi

Analisa grafik berikut merupakan pembuatan analisa mengenai hubungan antara slip dengan torsi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara torsi dengan slip. Pada pembuatan grafik, nilai didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor mulai dari 15,55 watt, 31 watt, 45,6 watt dan 60,4 watt. Grafik yang telah dibuat terlampir dalam grafik 4..

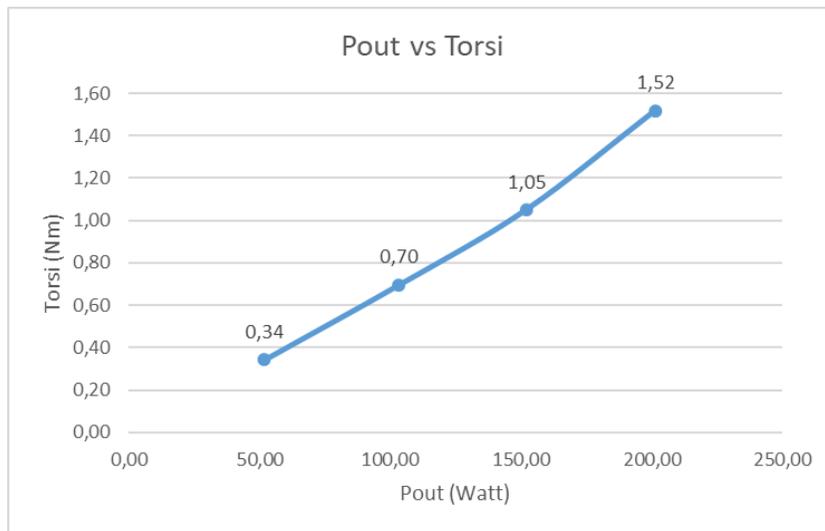


Grafik 4. 2 Hubungan antara Slip dengan Torsi

Dari grafik 4.2 dapat disimpulkan semakin naiknya nilai torsi berbanding lurus dengan nilai slip. Hal ini dibuktikan dengan $T = P \text{ Out Motor} / (2 \times \pi \times \text{rps})$. Dalam percobaan yang telah dilakukan, semakin besar P Out berakibat semakin menurunnya putaran motor. Dengan demikian semakin besar P Out Motor berbanding lurus dengan slip motor.

3. Hubungan Antara Daya Keluaran Motor dengan Torsi

Analisa grafik berikut merupakan pembuatan analisa mengenai hubungan antara daya keluaran motor dengan torsi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara daya keluaran motor dengan torsi. Pada pembuatan grafik, nilai didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor mulai dari 15,55 watt, 31 watt, 45,6 watt dan 60,4 watt. Grafik yang telah dibuat terlampir dalam grafik 4.3.

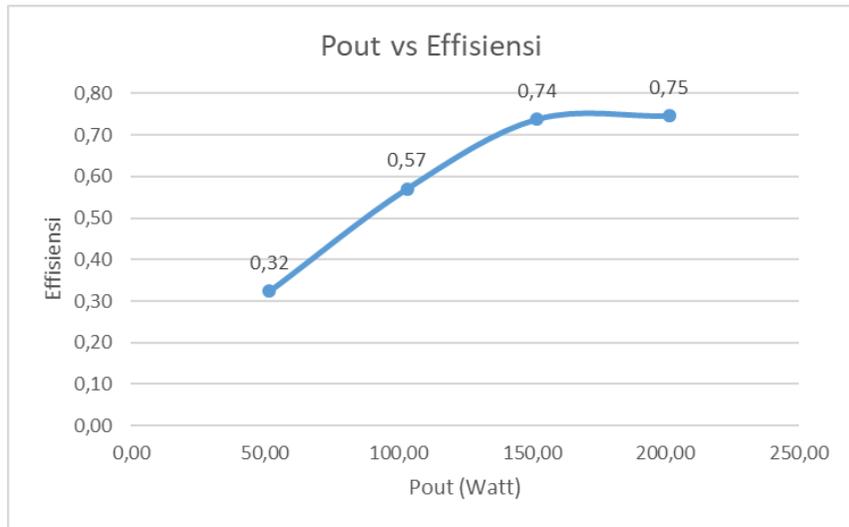


Grafik 4. 3 Hubungan antara Daya Keluaran Motor dengan Torsi

Dalam rumus torsi $T = P \text{ Out Motor} / (2 \times \pi \times \text{rpm})$, grafik 4.3 menggambarkan bahwa semakin bertambahnya daya keluaran motor berbanding lurus dengan torsi yang dihasilkan oleh motor sesuai dengan persamaan.

4. Hubungan Antara Daya Keluaran Motor dengan Effisiensi

Analisa grafik berikut merupakan pembuatan analisa mengenai hubungan antara daya keluaran motor dengan effisiensi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara daya keluaran motor dengan effisiensi. Pada pembuatan grafik, nilai didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor mulai dari 15,55 watt, 31 watt, 45,6 watt dan 60,4 watt. Grafik yang telah dibuat terlampir dalam grafik 4.4.

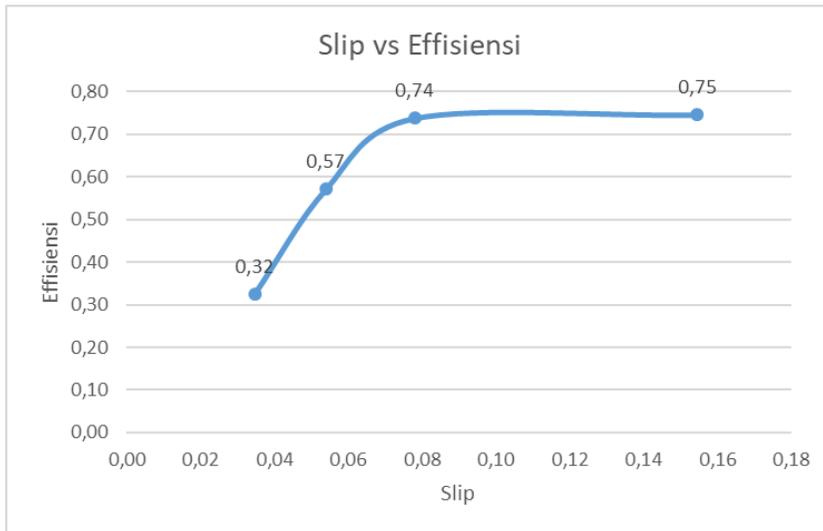


Grafik 4. 4 Hubungan antara Daya Keluaran Motor dengan Effisiensi

Dari grafik 4.4 dapat disimpulkan bahwa dengan bertambahnya daya keluaran motor berbanding lurus dengan efisiensi. Hal ini sesuai dengan rumus Effisiensi yaitu $\eta = P \text{ Out Motor} / P \text{ In Motor}$.

5. Hubungan Antara Slip dengan Effisiensi

Analisa grafik berikut merupakan pembuatan analisa mengenai hubungan antara slip dengan efisiensi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara slip dengan efisiensi. Pada pembuatan grafik, nilai didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor mulai dari 15,55 watt, 31 watt, 45,6 watt dan 60,4 watt. Grafik yang telah dibuat terlampir dalam grafik 4.5.

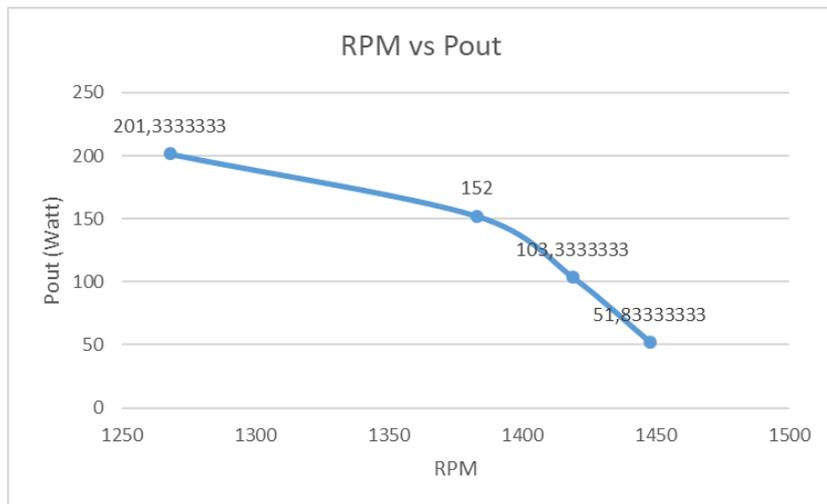


Grafik 4. 5 Hubungan antara Slip dengan Effisiensi Motor

Dari grafik 4.5 dapat disimpulkan bahwa adanya kenaikan efisiensi berbanding lurus dengan slip motor. Hal ini sesuai dengan rumus efisiensi yaitu $\eta = P \text{ Out Motor} / P \text{ In Motor}$. Jika terjadi kenaikan P Out Motor akan berpengaruh pada semakin menurunnya putaran motor, tetapi berbanding terbalik dengan nilai slip motor. Sesuai dengan rumus slip motor adalah $\text{Slip} = (N_s - N_r) / N_s$.

6. Hubungan Antara Daya Keluaran Motor dengan Putaran

Analisa grafik berikut merupakan pembuatan analisa mengenai hubungan antara daya keluaran motor dengan putaran yang dihasilkan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara daya keluaran motor dengan putaran yang dihasilkan. Pada pembuatan grafik, nilai dari torsi dan putaran didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor mulai dari 15,55 watt, 31 watt, 45,6 watt dan 60,4 watt. Grafik yang telah dibuat terlampir dalam grafik 4.6.

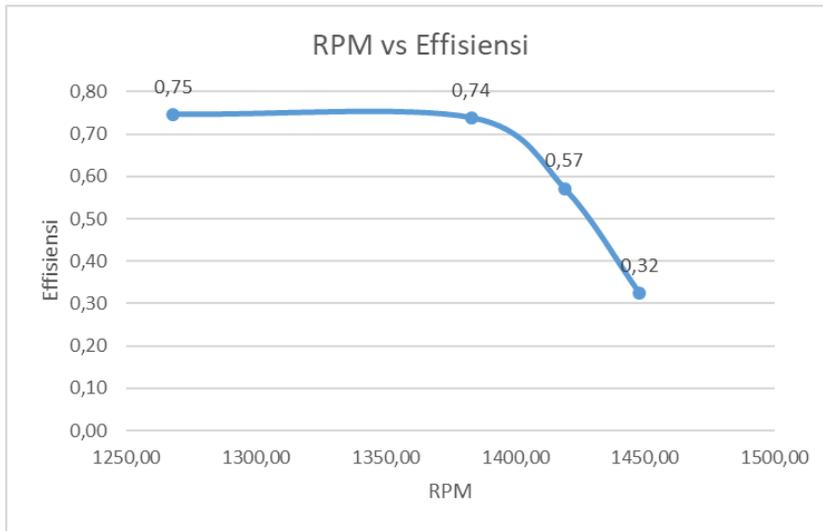


Grafik 4. 6 Hubungan antara Daya Keluaran Motor dengan Putaran Motor

Dari grafik 4.6 dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya daya keluaran motor maka semakin turun putaran yang dihasilkan oleh motor. Hal ini dibuktikan dengan rumus $P_{out} \text{ Motor} = P_{in} \text{ generator}$, dimana $P_{out} \text{ generator}$ merupakan nilai dari beban yang diberikan pada motor. Sedangkan $P_{out} \text{ motor} = P_{in} \text{ generator} / \text{efisiensi generator}$.

7. Hubungan Antara Efisiensi dengan Putaran

Analisa grafik berikut merupakan pembuatan analisa mengenai hubungan antara efisiensi dengan putaran yang dihasilkan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara efisiensi dengan putaran yang dihasilkan. Pada pembuatan grafik, nilai dari torsi dan putaran didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor mulai dari 15,55 watt, 31 watt, 45,6 watt dan 60,4 watt. Grafik yang telah dibuat terlampir dalam grafik 4.7.



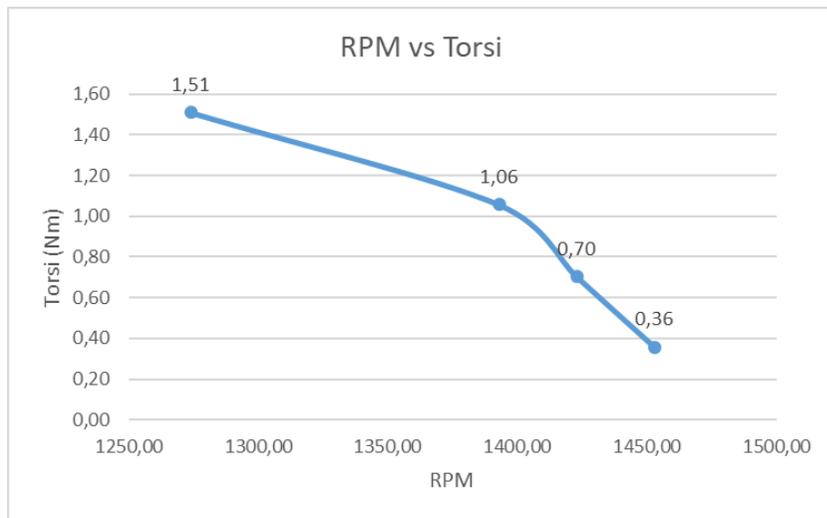
Grafik 4. 7 Hubungan antara Putaran dengan Effisiensi Motor

Dari grafik 4.7 dapat disimpulkan bahwa adanya kenaikan efisiensi mengakibatkan putaran motor menjadi turun akibat bertambahnya slip motor. Hal ini sesuai dengan rumus efisiensi yaitu $\eta = P \text{ Out Motor} / P \text{ In Motor}$. Jika terjadi kenaikan $P \text{ Out Motor}$ akan berpengaruh pada semakin menurunnya putaran motor, tetapi berbanding terbalik dengan nilai slip motor. Sesuai dengan rumus slip motor adalah $\text{Slip} = (N_s - N_r) / N_s$.

4.3.2. Motor Berbeban dengan Supply Tegangan 198 V

1. Hubungan Antara Putaran dengan Torsi

Analisa grafik berikut merupakan pembuatan analisa mengenai hubungan antara putaran dengan torsi yang dihasilkan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara putaran dengan torsi yang dihasilkan. Pada pembuatan grafik, nilai dari torsi dan putaran didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor dari 16,3 watt, 31,4 watt, 46,2 watt dan 60,4 watt. Grafik yang telah dibuat terlampir dalam grafik 4.8.

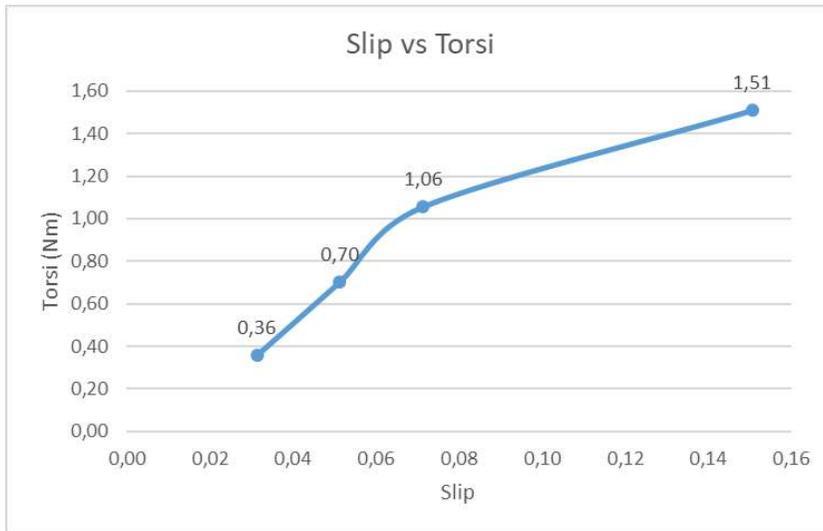


Grafik 4. 8 Hubungan antara Putaran dengan Torsi Motor

Dalam rumus torsi $T = P \text{ Out Motor} / (2 \times \pi \times \text{rps})$, dimana dengan bertambahnya beban semakin menurun nilai putaran. Namun berbanding terbalik dengan torsi yang dihasilkan oleh motor. Bertambahnya beban berbanding lurus dengan daya keluaran motor yang semakin bertambah pula, namun putaran yang dihasilkan motor semakin menurun. Hal tersebut dijelaskan dalam grafik 4.8.

2. Hubungan Antara Slip dengan Torsi

Analisa grafik berikut merupakan pembuatan analisa mengenai hubungan antara slip dengan torsi yang dihasilkan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara slip dengan torsi yang dihasilkan. Pada pembuatan grafik, nilai didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor dari 16,3 watt, 31,4 watt, 46,2 watt dan 60,4 watt. Grafik yang telah dibuat terlampir dalam grafik 4.9.

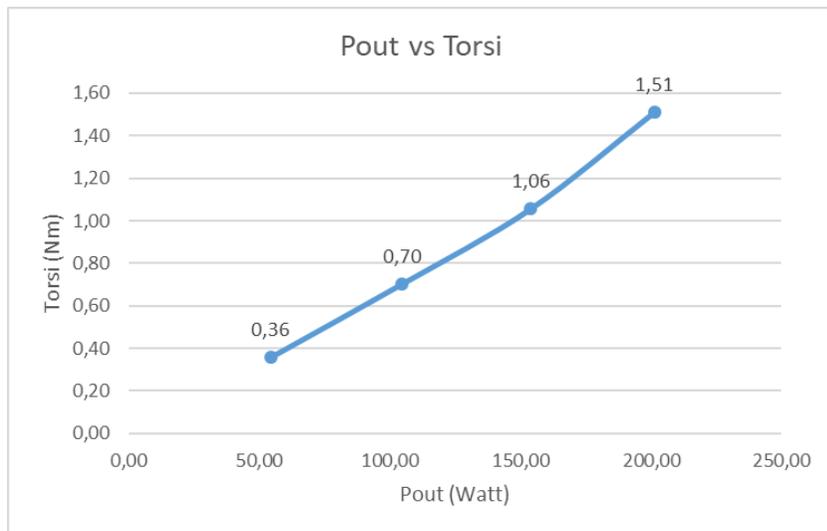


Grafik 4. 9 Hubungan antara Slip dengan Torsi Motor

Dari grafik 4.9 dapat disimpulkan semakin naiknya nilai torsi berbanding lurus dengan nilai slip. Hal ini dibuktikan dengan $T = P \text{ Out Motor} / (2 \times \pi \times \text{rps})$. Dalam percobaan yang telah dilakukan, semakin besar P Out berakibat semakin menurunnya putaran motor. Dengan demikian semakin besar P Out Motor berbanding lurus dengan slip motor.

3. Hubungan Antara Daya Keluaran Motor dengan Torsi

Analisa grafik berikut merupakan pembuatan analisa mengenai hubungan antara daya keluaran motor dengan torsi yang dihasilkan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara daya keluaran motor dengan torsi yang dihasilkan. Pada pembuatan grafik, nilai didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor dari 16,3 watt, 31,4 watt, 46,2 watt dan 60,4 watt. Grafik yang telah dibuat terlampir dalam grafik 4.10.

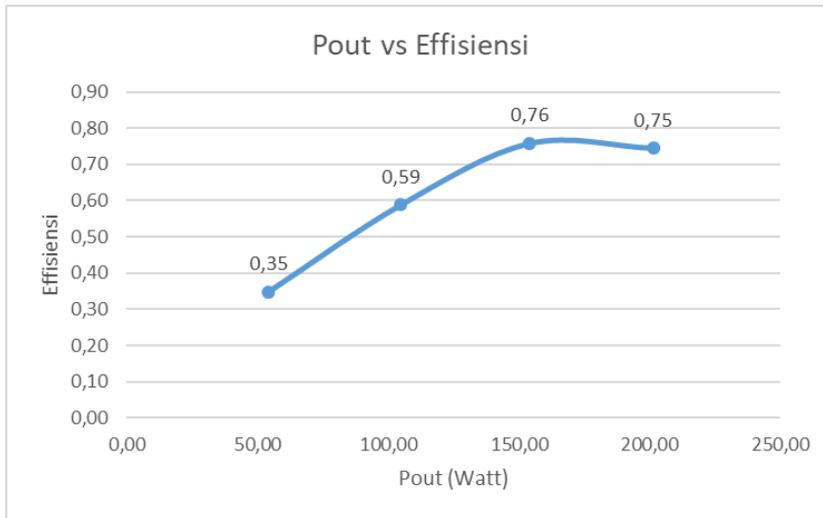


Grafik 4. 10 Hubungan antara Daya Keluaran Motor dengan Torsi Motor

Dalam rumus torsi $T = P \text{ Out Motor} / (2 \times \pi \times \text{rps})$, grafik 4.10 menggambarkan bahwa semakin bertambahnya daya keluaran motor berbanding lurus dengan torsi yang dihasilkan oleh motor sesuai dengan persamaan.

4. Hubungan Antara Daya Keluaran Motor dengan Efisiensi

Analisa grafik berikut merupakan pembuatan analisa mengenai hubungan antara daya keluaran motor dengan efisiensi yang dihasilkan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara daya keluaran motor dengan efisiensi yang dihasilkan. Pada pembuatan grafik, nilai didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor dari 16,3 watt, 31,4 watt, 46,2 watt dan 60,4 watt. Grafik yang telah dibuat terlampir dalam grafik 4.11.

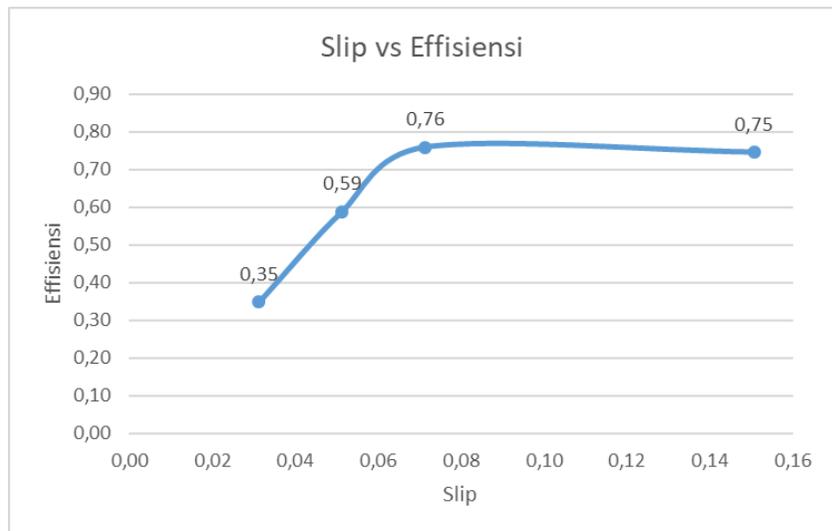


Grafik 4. 11 Hubungan antara Daya Keluaran Motor dengan Effisiensi Motor

Dari grafik 4.11 diatas dapat disimpulkan bahwa adanya kenaikan daya keluaran motor berbanding lurus dengan effisiensi. Hal ini sesuai dengan rumus Effisiensi yaitu $\eta = P \text{ Out Motor} / P \text{ In Motor}$.

5. Hubungan Antara Slip dengan Effisiensi

Analisa grafik berikut merupakan pembuatan analisa mengenai hubungan antara slip dengan effisiensi yang dihasilkan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara slip dengan effisiensi yang dihasilkan. Pada pembuatan grafik, nilai didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor dari 16,3 watt, 31,4 watt, 46,2 watt dan 60,4 watt. Grafik yang telah dibuat terlampir dalam grafik 4.12.

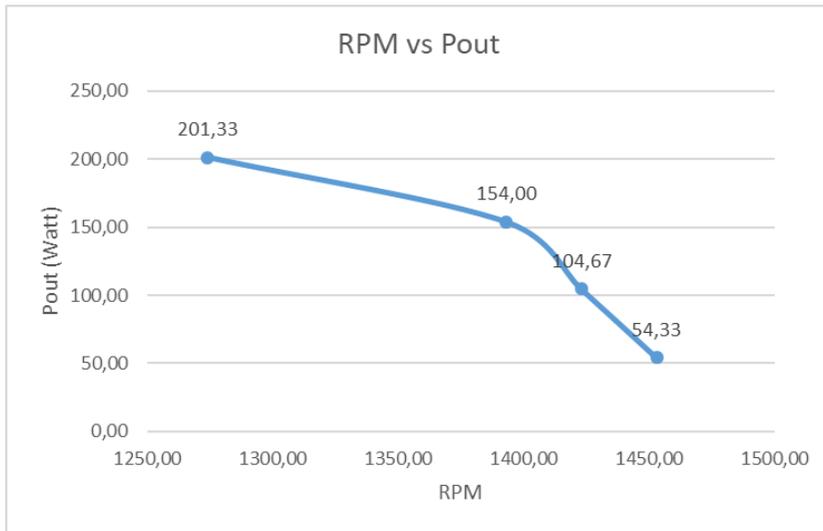


Grafik 4. 12 Hubungan antara Slip dengan Effisiensi Motor Berbeban

Dari grafik 4.12 dapat disimpulkan bahwa adanya kenaikan efisiensi berbanding lurus dengan slip motor. Hal ini sesuai dengan rumus efisiensi yaitu $\eta = P \text{ Out Motor} / P \text{ In Motor}$. Jika terjadi kenaikan P Out Motor akan berpengaruh pada semakin menurunnya putaran motor, tetapi berbanding terbalik dengan nilai slip motor. Sesuai dengan rumus slip motor adalah $\text{Slip} = (N_s - N_r) / N_s$.

6. Hubungan Antara Daya Keluaran Motor dengan Putaran

Analisa grafik berikut merupakan pembuatan analisa mengenai hubungan antara daya keluaran motor dengan putaran yang dihasilkan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara daya keluaran motor dengan putaran yang dihasilkan. Pada pembuatan grafik, nilai didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor dari 16,3 watt, 31,4 watt, 46,2 watt dan 60,4 watt. Grafik yang telah dibuat terlampir dalam grafik 4.13.

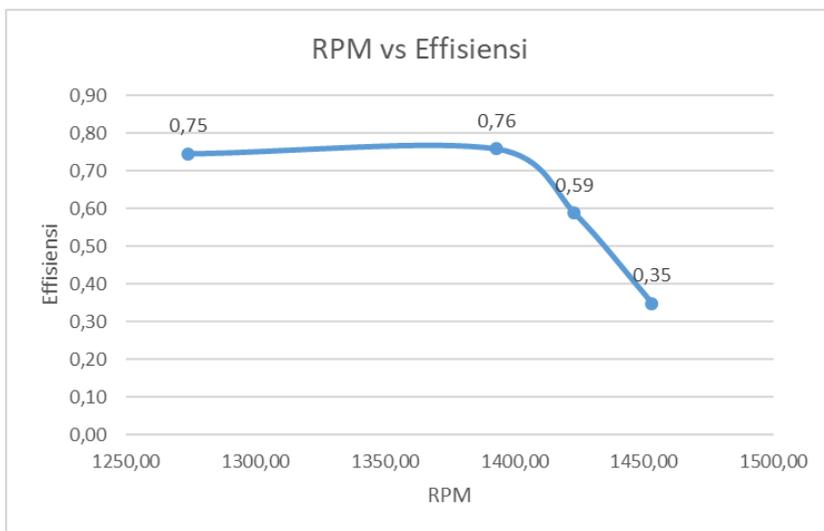


Grafik 4. 13 Hubungan antara Daya Keluaran Motor dengan Putaran Motor

Dari grafik 4.13 dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya daya keluaran motor maka semakin turun putaran yang dihasilkan oleh motor. Hal ini dibuktikan dengan rumus $P_{out} \text{ Motor} = P_{in} \text{ generator}$, dimana $P_{out} \text{ generator}$ merupakan nilai dari beban yang diberikan pada motor. Sedangkan $P_{out} \text{ motor} = P_{in} \text{ generator} / \text{efisiensi generator}$.

7. Hubungan Antara Effisiensi dengan Putaran

Analisa grafik berikut merupakan pembuatan analisa mengenai hubungan antara effisiensi dengan putaran yang dihasilkan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara effisiensi dengan putaran yang dihasilkan. Pada pembuatan grafik, nilai didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor dari 16,3 watt, 31,4 watt, 46,2 watt dan 60,4 watt. Grafik yang telah dibuat terlampir dalam grafik 4.14.

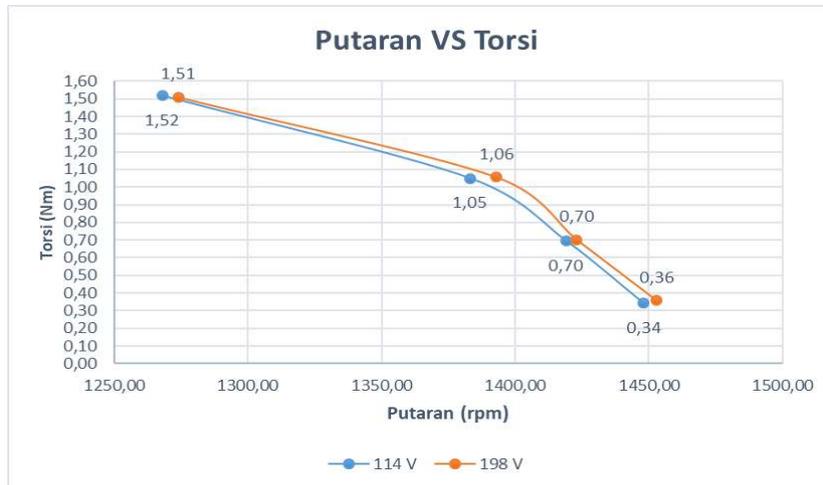


Grafik 4. 14 Hubungan antara Putaran dengan Effisiensi Motor

Dari grafik 4.14 dapat disimpulkan bahwa adanya kenaikan efisiensi mengakibatkan putaran motor menjadi turun akibat bertambahnya slip motor. Hal ini sesuai dengan rumus efisiensi yaitu $\eta = P \text{ Out Motor} / P \text{ In Motor}$. Jika terjadi kenaikan P Out Motor akan berpengaruh pada semakin menurunnya putaran motor, tetapi berbanding terbalik dengan nilai slip motor. Sesuai dengan rumus slip motor adalah $\text{Slip} = (N_s - N_r) / N_s$.

4.3.3. Perbandingan Motor Berbeban dengan Supply Tegangan 114 V dan Motor Berbeban dengan Supply Tegangan 198 V

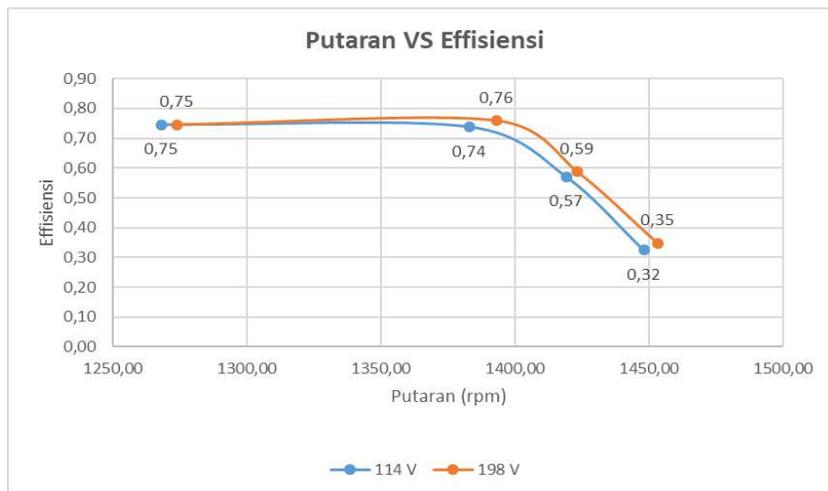
1. Perbandingan antara Putaran dengan Torsi



Grafik 4. 15 Perbandingan antara Putaran dengan Torsi Motor

Dalam rumus torsi $T = P_{\text{Out Motor}} / (2 \times \pi \times \text{rpm})$, dimana dengan bertambahnya beban semakin menurun nilai putaran. Namun berbanding terbalik dengan torsi yang dihasilkan oleh motor. Bertambahnya beban berbanding lurus dengan daya keluaran motor yang semakin bertambah pula, namun putaran yang dihasilkan motor semakin menurun. Dari grafik 4.15, dilihat bahwa nilai torsi yang tinggi dihasilkan oleh motor dengan supply tegangan 198 V.

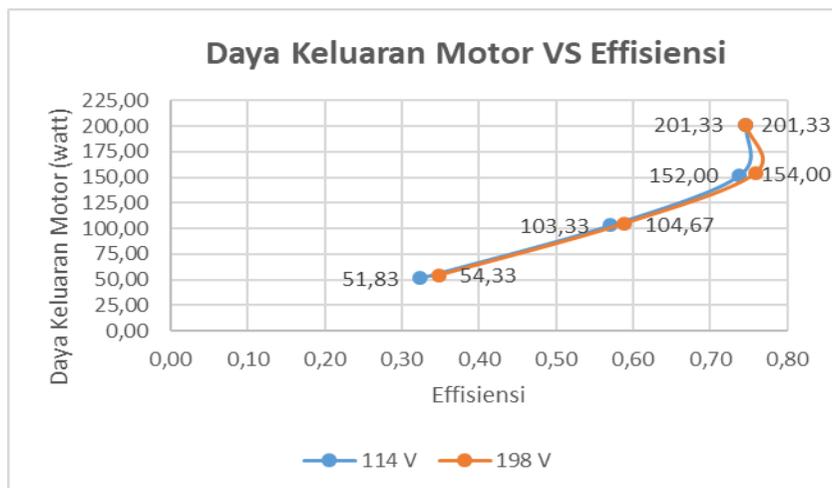
2. Perbandingan antara Putaran dengan Effisiensi



Grafik 4. 16 Perbandingan antara Putaran dengan Effisiensi Motor

Dari grafik 4.16 dapat disimpulkan bahwa adanya kenaikan efisiensi mengakibatkan putaran motor menjadi turun akibat bertambahnya slip motor. Hal ini sesuai dengan rumus efisiensi yaitu $\eta = P_{\text{Out Motor}} / P_{\text{In Motor}}$. Jika terjadi kenaikan $P_{\text{Out Motor}}$ akan berpengaruh pada semakin menurunnya putaran motor, tetapi berbanding terbalik dengan nilai slip motor. Sesuai dengan rumus slip motor adalah $\text{Slip} = (N_s - N_r) / N_s$. Nilai efisiensi pada grafik 4.16 menggambarkan bahwa motor dengan supply tegangan 198 V menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor dengan supply tegangan 114 V.

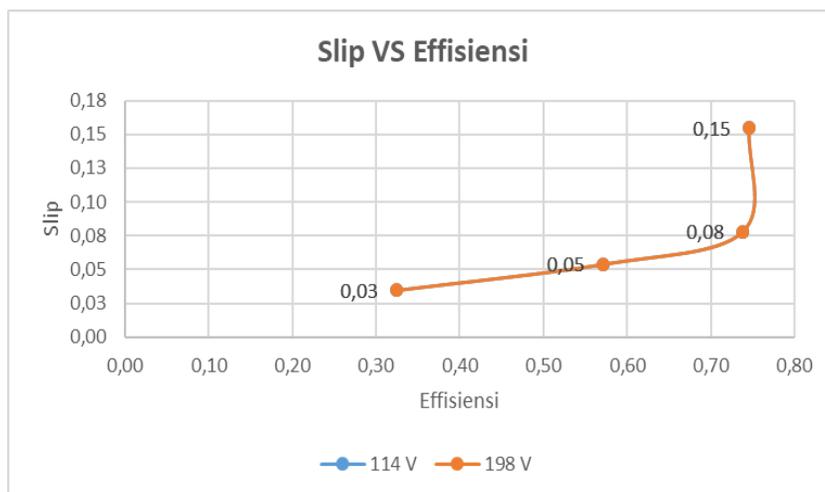
3. Perbandingan antara Daya Keluaran Motor dengan Effisiensi



Grafik 4. 17 Perbandingan antara Daya Keluaran Motor dengan Effisiensi Motor

Dari grafik 4.17 dapat disimpulkan bahwa kedua kondisi tersebut menghasilkan nilai yang saling mendekati. Namun motor dengan supply tegangan 198 V memiliki daya keluaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor dengan supply tegangan 114 V. Daya keluaran motor dan effisiensi yang dihasilkan dengan rumus $\eta = P \text{ Out Motor} / P \text{ In Motor}$.

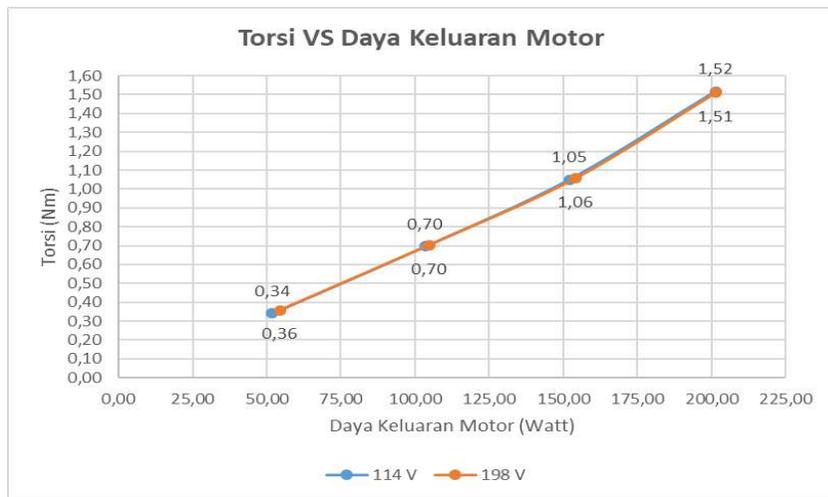
4. Perbandingan antara Slip dengan Effisiensi



Grafik 4. 18 Perbandingan antara Slip dengan Effisiensi Motor

Dari grafik 4.18 disimpulkan bahwa adanya kenaikan efisiensi berbanding lurus dengan slip motor pada saat berbeban. Hal ini sesuai dengan rumus efisiensi yaitu $\eta = P \text{ Out Motor} / P \text{ In Motor}$. Jika terjadi kenaikan P Out Motor akan berpengaruh pada semakin menurunnya putaran motor, tetapi berbanding terbalik dengan nilai slip motor. Sesuai dengan rumus slip motor adalah $\text{Slip} = (N_s - \text{rpm}) / N_s$. Dari grafik tersebut, dua variasi tegangan pada motor memiliki nilai yang sama.

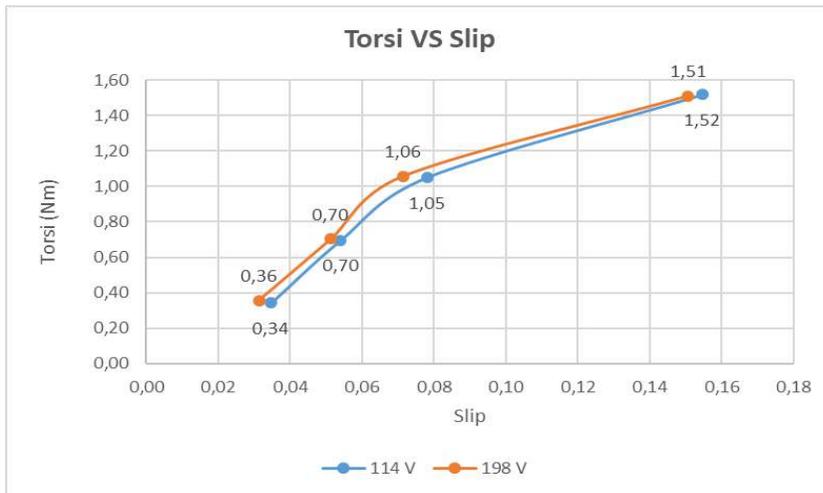
5. Perbandingan antara Torsi dengan Daya Keluaran Motor



Grafik 4. 19 Perbandingan antara Torsi dengan Daya Keluaran Motor

Dari grafik 4.19 dapat disimpulkan bahwa torsi yang semakin tinggi mengakibatkan daya keluaran motor juga tinggi. Hal ini sesuai dengan rumus dengan rumus torsi yaitu $T = P \text{ Out Motor} / (2 \times \pi \times \text{rps})$. Motor dengan supply tegangan 198 V memiliki nilai torsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor dengan supply tegangan 114 V.

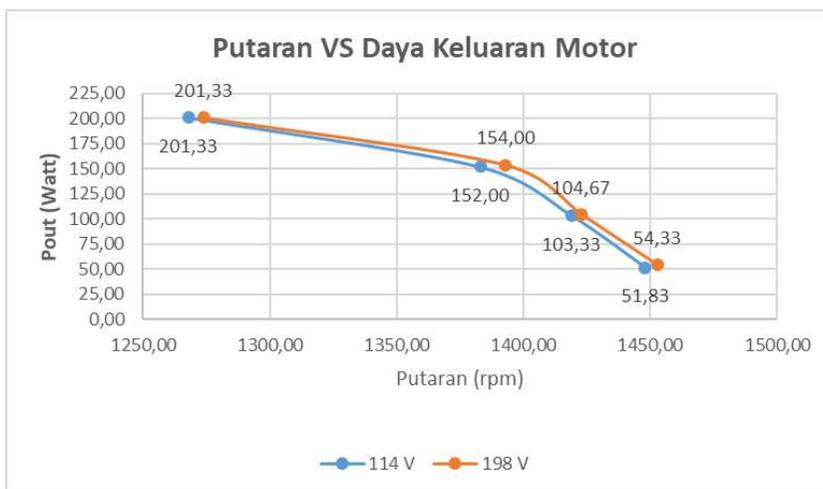
6. Perbandingan antara Torsi dengan Slip



Grafik 4. 20 Perbandingan antara Torsi dengan Slip Motor

Dari grafik 4.20 dapat disimpulkan bahwa torsi yang semakin tinggi diikuti dengan slip yang tinggi juga. Hal ini dibuktikan dengan $T = P \text{ Out Motor} / (2 \pi \times \text{rpm})$. Semakin besar P Out Motor berbanding lurus dengan slip motor. Dimana dalam percobaan yang telah dilakukan semakin besarnya P Out berakibat semakin menurunnya putaran motor. Dalam hal ini, torsi yang lebih tinggi dihasilkan oleh motor dengan supply tegangan 198 V.

7. Perbandingan antara Putaran dengan Daya Keluaran Motor

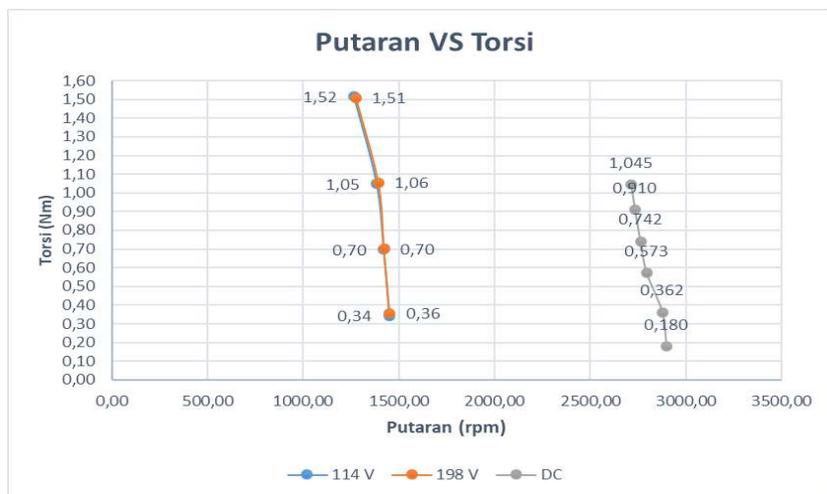


Grafik 4. 21 Perbandingan antara Putaran dengan Daya Keluaran Motor

Dari grafik 4.21 dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya daya keluaran motor maka semakin turun putaran yang dihasilkan oleh motor. Hal ini dibuktikan dengan rumus $P_{\text{out Motor}} = P_{\text{in generator}}$, dimana $P_{\text{out generator}}$ merupakan nilai dari beban yang diberikan pada motor. Sedangkan $P_{\text{out motor}} = P_{\text{in generator}} / \text{efisiensi generator}$. Dari penjelasan diatas, motor dengan supply tegangan 198 V menghasilkan nilai torsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor dengan supply tegangan 114 V.

4.3.4. Perbandingan Motor Berbeban antara Motor dengan Supply Tegangan 114 V dan Motor dengan Supply Tegangan 198 V dengan Motor DC

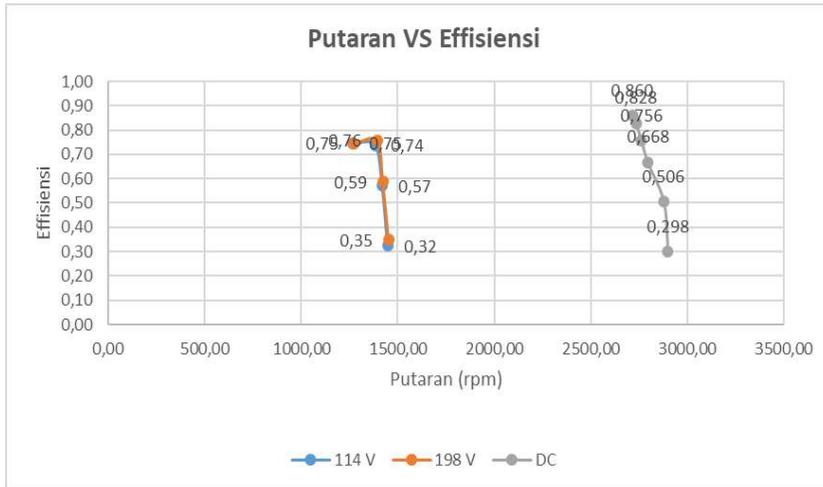
1. Perbandingan antara Putaran dengan Torsi



Grafik 4. 22 Perbandingan antara Putaran dengan Torsi

Dari grafik 4.24 diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban yang diberikan maka semakin rendah putaran yang dihasilkan oleh motor. Namun berbanding terbalik dengan torsi yang dihasilkan. Sesuai dengan rumus dari torsi yaitu dengan $T = P_{\text{Out Motor}} / (2 \times \pi \times \text{rps})$. Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa motor Induksi 3 fasa rotor sangkar tupai dua tegangan memiliki torsi yang lebih tinggi dari motor dc.

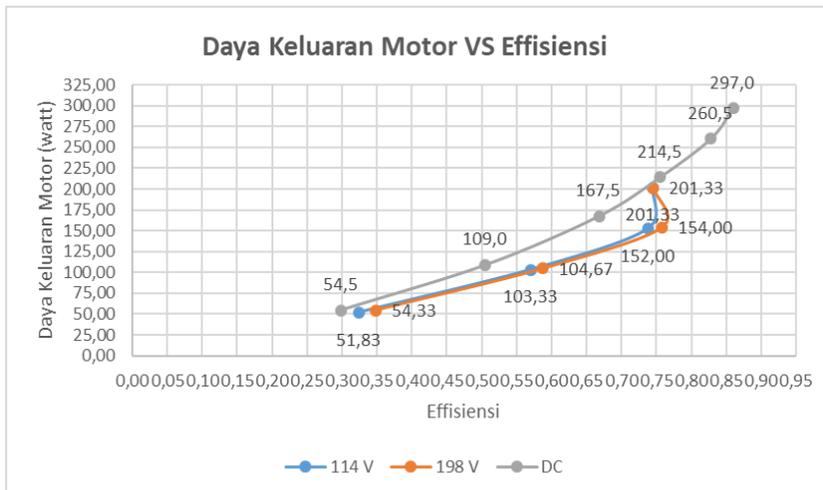
2. Perbandingan antara Putaran dengan Effisiensi



Grafik 4. 23 Perbandingan antara Putaran dengan Effisiensi

Dari grafik 4.25 diatas dapat disimpulkan bahwa hampir tidak ada perbedaan nilai efisiensi dari motor Induksi 3 fasa dikarenakan putaran yang dihasilkan oleh motor memiliki nilai yang sama. Namun motor dc memiliki efisiensi yang lebih unggul dari motor Induksi 3 fasa rotor sangkar tupai dua tegangan.

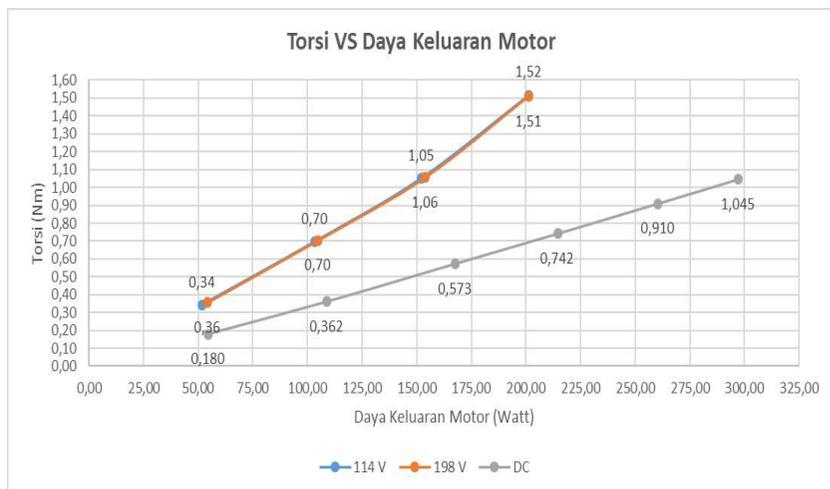
3. Perbandingan antara Daya Keluaran Motor dengan Effisiensi



Grafik 4. 24 Perbandingan antara Daya Keluaran Motor dengan Effisiensi

Dari grafik 4.26 diatas dapat disimpulkan bahwa kedua kondisi tersebut menghasilkan nilai yang saling mendekati. Daya keluaran motor dan efisiensi yang dihasilkan memiliki nilai yang hampir sama. Hal ini sesuai dengan rumus $\eta = P \text{ Out Motor} / P \text{ In Motor}$. Pada grafik tersebut motor dc menghasilkan daya keluaran motor dan efisiensi yang lebih tinggi daripada motor Induksi 3 fasa.

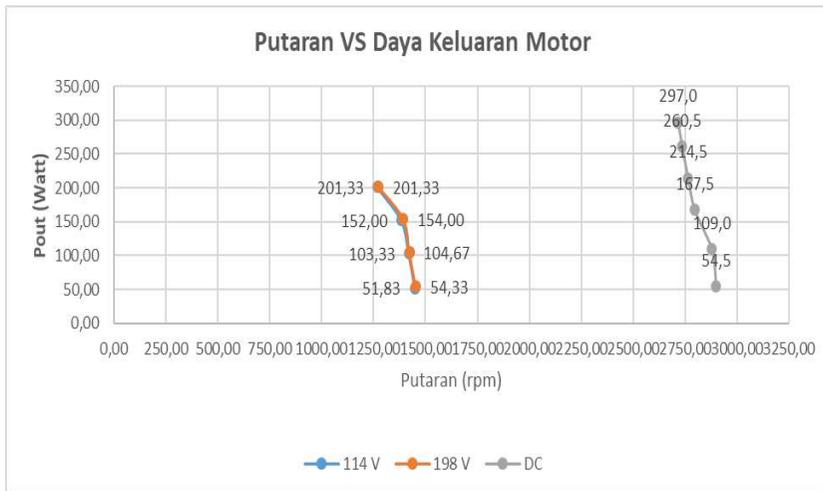
4. Perbandingan antara Daya Keluaran Motor dengan Torsi



Grafik 4. 25 Perbandingan antara Daya Keluaran Motor dengan Torsi

Dari grafik 4.27 diatas dapat disimpulkan bahwa kedua kondisi tersebut menghasilkan torsi yang semakin tinggi jika daya keluaran motor juga tinggi. Hal ini sesuai dengan rumus dengan rumus torsi yaitu $T = P \text{ Out Motor} / (2 \times \pi \times rps)$. Grafik tersebut menggambarkan bahwa motor Induksi 3 fasa memiliki torsi yang lebih unggul daripada motor dc. Namun motor dc memiliki daya keluaran motor yang lebih besar daripada motor Induksi 3 fasa.

5. Perbandingan antara Putaran dengan Daya Keluaran Motor



Grafik 4. 26 Perbandingan antara Putaran dengan Daya Keluaran Motor

Dari grafik 4.28 dapat disimpulkan semakin menurunnya putaran berbanding terbalik dengan nilai dari daya keluaran motor. Hal ini dibuktikan dengan rumus $P_{out} \text{ Motor} = P_{input} \text{ generator}$. Sedangkan, P_{in} generator berbanding lurus dengan beban. Setelah melakukan percobaan semakin besarnya beban berakibat pada semakin menurunnya putaran motor. Grafik tersebut menjelaskan bahwa daya yang dihasilkan oleh motor dc lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh motr Induksi 3 fasa.

4.3.5. Perbandingan antara Motor Induksi 3 Fasa Rotor Sangkar Tupai Dua Tegangan dengan Motor DC Shunt sebagai Penggerak *Bow Thruster*

Bow thruster merupakan penggerak kapal untuk tujuan manuver yang memiliki beberapa karakteristik dalam pengoperasiannya, sehingga dalam pemilihan motor haruslah tepat agar *bow thruster* dapat bekerja dengan optimum. Grafik performa *bow thruster* dapat dilihat pada gambar 2.15. Menurut grafik tersebut, *bow thruster* memiliki daya optimum ketika *bow thruster* dioperasikan pada putaran 640, ketika putaran ditambah maka daya yang dihasilkan menurun.

Untuk motor Induksi 3 fasa memiliki torsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor dc shunt pada saat daya keluaran motor naik. Data tersebut dapat dilihat pada grafik perbandingan antara torsi dengan daya keluaran pada grafik 4.27. Namun daya keluaran yang dihasilkan motor dc shunt lebih tinggi dibandingkan dengan motor induksi 3 fasa dengan bertambahnya putaran motor. Data tersebut dapat dilihat pada grafik

perbandingan daya keluaran dengan putaran pada grafik 4.28. Selain itu kelebihan motor Induksi 3 fasa rotor sangkar tupai dibandingkan dengan motor DC shunt, yaitu dengan bertambahnya beban, nilai Torsi motor Induksi 3 fasa rotor sangkar tupai lebih besar dibandingkan motor DC shunt pada Hal tersebut dikarenakan putaran motor DC yang stabil saat diberi pembebanan. Penjelasan tersebut dapat dilihat pada grafik 4.24.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa performa motor Induksi 3 Fasa Sangkar Tupai Dua Tegangan, Feedback Tipe No. 250 maka penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Pada hasil percobaan, nilai torsi tertinggi yang didapatkan dari motor dengan Supply Tegangan 114 V adalah 0,4323 Nm yang didapatkan dari daya input sebesar 270 Watt yang menghasilkan daya output sebesar 57,38 Watt dan putaran motor 1268 rpm dengan beban maksimal 12 lampu pijar yang masing-masing memiliki daya 5 Watt dan total daya sebesar 60,4 Watt. Sedangkan nilai torsi tertinggi yang didapatkan dari motor dengan Supply Tegangan 198 adalah 0,4303 Nm yang didapatkan dari daya input sebesar 270 Watt yang menghasilkan daya output sebesar 57,38 Watt dan putaran motor 1274 rpm dengan beban maksimal 12 lampu pijar yang masing-masing memiliki daya 5 Watt dan total daya sebesar 60,4 Watt.
2. Dapat disimpulkan bahwa motor induksi 3 fasa rotor sangkar tupai dua tegangan tidak dapat digunakan sebagai penggerak bow thruster karena pada gambar 2.16 menunjukkan putaran maksimal bow thruster adalah 635 rpm yang tidak dapat dicapai oleh motor induksi 3 fasa rotor sangkar tupai dua tegangan karena tidak dapat diatur putaran motornya.

5.2. Saran

1. Pada penelitian ini pengujian untuk motor berbeban dirasa masih kurang karena tidak menggunakan dynamometer sebagai variabel beban sehingga untuk pengaturan torsi tidak dapat diatur sesuai yang diinginkan. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk pengujiannya menggunakan dynamometer.
2. Untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan lampu pijar sebesar 3 watt agar mendapatkan hasil yang lebih detail.
3. Agar menggunakan alat kontrol putaran motor untuk mendapatkan putaran motor mulai dari nol.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Almond, 2008. *Metode Starting Motor Induksi*. [Online]
Available at: (Sumber : <http://almon-r.blogspot.com/2008/12/metode-starting-motor-induksi.html>)
- Anon., 2015. [Online]
Available at: <http://www.masuklis.com/2016/02/jenis-rotor-motor-induksi.html>
- Boglietti, A. C. A. L. A., 2007. Geometrical Approach to Induction Motor Design. *The 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON)*.
- Chapman J., S., 2005. *Electric Machinery Fundamentals*. New York: The McGraw Hill.
- Expo, N., t.thn. *Bow Thruster*. [Online]
Available at: <http://www.nauticexpo.com/boat-manufacturer/bow-thruster-2706.html>
- Feedback Instruments Ltd, t.thn. FEEDBACK Torque / Speed Characteristic for an Asynchronous Motor - Slip Ring. *Feedback Powerframes Laboratory Note number 243*.
- Feedback Instruments Ltd, t.thn. FEEDBACK Torque / Speed Characteristics of a Dual Voltage Induction Motor. *Feedback Powerframes Laboratory Note Number 250*.
- Feedback Ltd, t.thn. FEEDBACK Torque / Speed Characteristics of a Three Phase Synchronous Motor/Generator - Wound Rotor. *Feedback Powerframes Laboratory*.
- Hi-Sea, t.thn. [Online]
Available at: http://www.chinahisea.com/cpp_bow_thruster_2884.html
- Sarwito, S., 2016. Effect Analysis of Unbalanced Electric Load in Ship at Three Phase Synchronous Generator on Laboratory Scale. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*,.
- Sarwito, S., 2017. Analysis of Electric Propulsion Performance on Submersible with Motor DC, Supply Power 10260 AH at Voltage 115 VDC. *In ternational Journal of Marine Engineering Innovation and Research*.
- Sarwito, S., 2017. Analysis of Three Phases Asynchronous Slip Ring Motor Performance Feedback Type 243. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*,.
- Sarwito, S., 2017. Analysis of Unbalanced Load Effect of Three Phase Transformer Feedback 61-103 Performance in the Various Connection Windings. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*.
- Ship, G. C., 2016. *Ship Stabilizers*. [Online]
Available at: <http://generalcargoship.com/bow-thrusters.html>
- Theraja, B., 1994. *A Textbook of Electrical Technology*. New Delhi: S. Chand.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 8 Juni 1996. Merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Riwayat pendidikan formalnya bermula dari SD Muhammadiyah 4 Surabaya pada tahun 2002, kemudian melanjutkan jenjang di SMP Muhammadiyah 5 Surabaya, dan melanjutkan jenjang yang lebih tinggi di SMA Muhammadiyah 2 Surabaya. Setelah menyelesaikan jenjang SMA selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di S1 Teknik Sistem Perkapalan ITS Surabaya.

Selama kuliah, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan (HIMASISKAL) yang menjabat sebagai ketua Departemen Olahraga dan Kesenian pada tahun ajaran 2016/2017. Selain itu, penulis aktif dalam Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Flag Football dan sering mengikuti perlombaan nasional. Untuk menyelesaikan pendidikan S1 ini, penulis mengambil bidang teknik sistem perkapalan yang menjadi fokus yaitu bidang *Marine Electrical and Automation System* (MEAS). Penulis juga aktif menjadi *grader* dalam praktikum listrik di Departemen Teknik Sistem Perkapalan.