



SKRIPSI – ME141501

**STUDI PERBANDINGAN PERFORMA MOTOR DC SHUNT
FEEDBACK NO.110 DENGAN MOTOR ASINKRON 3 FASA ROTOR
BELIT FEEDBACK NO.520 DI LABORATORIUM LISTRIK DAN
OTOMASI KAPAL UNTUK APLIKASI BOW THRUSTER PADA
KAPAL.**

Adi Purwanto
NRP. 0421144000090

Dosen Pembimbing
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

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

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



SKRIPSI – ME141501

STUDY OF COMPARATIVE PERFORMANCE BETWEEN DC SHUNT MOTOR FEEDBACK NO.110 WITH 3 PHASE ASINKRON SLIP RING MOTOR FEEDBACK NO.520 IN MARINE ELECTRICAL AND AUTOMATION SYSTEM LABORATORY FOR BOW THRUSTER.

Adi Purwanto
NRP. 0421144000090

Supervisor
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

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

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PERBANDINGAN PERFORMA MOTOR DC SHUNT FEEDBACK
NO.110 DENGAN MOTOR ASINKRON 3 FASA ROTOR BELIT FEEDBACK
NO.520 DI LABORATORIUM LISTRIK DAN OTOMASI KAPAL UNTUK
APLIKASI 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 :

ADI PURWANTO
NRP : 04211440000090

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :



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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PERBANDINGAN PERFORMA MOTOR DC SHUNT FEEDBACK NO.110 DENGAN MOTOR ASINKRON 3 FASA ROTOR BELIT FEEDBACK NO.520 DI LABORATORIUM LISTRIK DAN OTOMASI KAPAL UNTUK APLIKASI 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 :

ADI PURWANTO
NRP : 0421144000090

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.
NIP : 1977 0802 2008 01 1007

SURABAYA
JULI, 2018

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

STUDI PERBANDINGAN PERFORMA MOTOR DC SHUNT FEEDBACK NO.110 DENGAN MOTOR ASINKRON 3 FASA ROTOR BELIT FEEDBACK NO.520 DI LABORATORIUM LISTRIK DAN OTOMASI KAPAL UNTUK APLIKASI BOW THRUSTER PADA KAPAL.

Nama Mahasiswa : Adi Purwanto
NRP. : 0421144000090
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

ABSTRAK

Motor listrik mempunyai banyak jenis, antara lain motor AC dan DC, tiap jenis motor listrik memiliki karakter yang berbeda hal ini mempengaruhi penggunaannya. Pada tugas akhir ini, dilakukan penelitian untuk mengetahui performa dari motor DC *shunt* dan performa motor *asinkron* 3 fasa rotor belit dengan menghitung parameter berupa daya, torsi dan efisiensi yang dihasilkan pada kondisi berbeban yang digunakan sebagai acuan pemilihan mesin penggerak *Bow thruster*. Pada percobaan motor DC shunt digunakan tegangan DC 220 V, sedangkan untuk motor asinkron 3 fasa rotor belit menggunakan tegangan 380 V AC. Hasilnya motor DC *shunt* memiliki daya output maksimal 297 W dengan daya masukan sebesar 354,4 W pada torsi 1,045 Nm dengan efisiensi sebesar 86% saat putaran motor sebesar 2715 rpm, untuk motor *asinkron* 3 fasa rotor belit memiliki daya output 296 W dengan daya masukan sebesar 318 W, pada torsi 1,041 Nm dengan efisiensi sebesar 93% saat putaran motor sebesar 2720 rpm. Analisa dilakukan dengan mencari beberapa hubungan antara beberapa parameter dan didapatkan hasil berupa beban motor akan mempengaruhi nilai efisiensi dan nilai efisiensi yang tertinggi ada pada motor *asinkron* 3 fasa rotor belit dengan beban yang sama, sehingga dalam pemilihan penggerak *Bow thruster* yang dipilih adalah motor *asinkron* 3 fasa rotor belit karena memiliki nilai torsi dan efisiensi yang lebih besar dibandingkan motor DC *shunt* dengan beban yang sama.

Kata kunci : Motor DC shunt, Motor Asinkron 3 Fasa Rotor Belit, Performa, Bow Thruster.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

STUDY OF COMPARATIVE PERFORMANCE BETWEEN DC SHUNT MOTOR FEEDBACK NO.110 WITH 3 PHASE ASINKRON SLIP RING MOTOR FEEDBACK NO.520 IN MARINE ELECTRICAL AND AUTOMATION SYSTEM LABORATORY FOR BOW THRUSTER.

NRP. : 04211440000090
Departement : Teknik Sistem Perkapalan
Supervisor : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

ABSTRACT

Electric motors have many types, including AC and DC motors, each type of electric motor has a different character, it will affects the use of the motor. In this thesis, the study examined the performance of the DC Shunt motor and the performance of the 3-phase asynchronous motor slip ring by calculating the parameters in the form of power, torque and efficiency produced in the loaded condition which is used as the reference of Bow Thruster driving machine selection. In DC shunt motor experiments used DC voltage 220 V, and for 3-phase asynchronous motor slip ring using voltage 380 V AC. The result is a DC shunt motor has a maximum output power of 297 W with an input power of 354,4 W at 1,045 Nm of torque with an efficiency of 86% and motor rotation 2715 rpm, for 3-phase asynchronous motor has a output power of 296 W with input power of 318 W, at 1.041 Nm of torque with an efficiency of 93% and motor rotation 2720 rpm. The analysis find relation between several parameters and the result of motor load will affect the value of efficiency and the highest efficiency value is on asynchronous motor 3 phase rotor belit with the same load, so in the selection of the selected thruster drive is 3 phase asynchronous motor slip ring because it has a hight torque value and greater efficiency than DC shunt motor with the same load.

Keywords: *DC Shunt Motor, Asynchronous Motor 3 Phase Slip Ring, Performance, Bow Thruster.*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Studi Perbandingan Performa Motor DC *Shunt* Feedback No. 110 Dengan Motor *Asinkron* 3 Fasa Rotor Belit Feedback No. 520 di Laboratorium Listrik dan Otomasi Kapal untuk Aplikasi *Bow Thruster* pada Kapal.”.

Penulisan tugas akhir ini disusun guna memenuhi salah satu syarat 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. Almarhumah Ibu Malem dan Bapak Parlan yang senantiasa memberikan dukungan moral dan materil kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Dr.Eng M. Badruz Zaman, S.T, M.T sebagai kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
3. Bapak Ir. Sardono Sarwito M.Sc selaku dosen pembimbing yang terus memberikan saran dan masukan kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir ini.
4. Teman-teman member Laboratorium Listrik dan Otomasi Kapal yang telah banyak membantu untuk memberikan saran dan masukan guna peyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam melakukan penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kelancaran dan perbaikan dalam pengerjaan tugas akhir kedepannya.

Akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan penulis pada khususnya.

Surabaya, 16 Juli 2018

Penulis

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 <i>Bow thruster</i> pada Kapal.....	3
2.1.1 <i>Tunnel Thruster</i>	3
2.1.2 Pengerak <i>Bow thruster</i>	3
2.1.3 Jenis - jenis <i>Bow thruster</i>	6
2.1.4 Perbandingan torsi dengan rpm.....	7
2.1.5 Peraturan tentang <i>Bow thruster</i>	8
2.2 Motor DC.....	8
2.2.1 Pengertian Motor DC Shunt.....	8
2.2.2 Prinsip Kerja Motor DC.....	8
2.2.3 Bagian Motor DC.....	9
2.2.4 Jenis –jenis motor DC.....	11
2.2.5 Motor DC <i>Shunt</i>	11
2.2.6. Rugi-rugi pada motor DC	12
2.2.7 Torsi, daya dan efisiensi motor DC	13
2.2.8 Pengaturan kecepatan motor DC.....	15
2.2.9 Pengereman motor DC.....	15
2.3 Motor asinkron 3 fasa rotor belit	17
2.3.1 Prinsip kerja motor asinkron 3 fasa rotor belit.....	17
2.3.2 Konstruksi Motor Induksi	17
2.3.3 Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Belitan / Lilit / <i>Slipring</i>	18
2.3.4 Slip	20
2.3.5 Efisiensi.....	20
2.3.6 Mengukur Kecepatan Putaran.....	21

2.3.7 Menghitung torsi	21
2.3.8 Hubungan Kecepatan Dengan Torsi.....	21
2.3.9 Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Phase	22
2.3.10 Jenis-jenis strating motor induksi	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Umum.....	27
3.2 Urutan pengerjaan tugas akhir.....	27
3.2.1 Identifikasi masalah.....	27
3.2.2 Studi Literatur	27
3.2.3 Menyusun dan Menentukan Perangkat	27
3.2.4 Pengambilan data	30
3.2.5 Analisa dan perbandingan performa.....	31
3.2.6 Kesimpulan dan saran	31
BAB IV.....	33
ANALISA DATA	33
4.1 Hasil Praktikum.....	33
4.1.1 Motor DC Shunt	33
4.1.2 Motor Asinkron 3 fasa rotor belit.....	36
4.2 Perhitungan Data.....	38
4.2.1 Percobaan Tanpa Beban	38
4.2.2 Percobaan Berbeban	46
4.3 Analisa Grafik	56
4.3.1 Motor DC	56
4.3.2 Motor asinkron 3 fasa rotor belit.....	62
4.3.3 Perbandingan Motor asinkron 3 fasa rotor belit dengan Motor DC Shunt	67
4.3.4 Perbandingan Motor asinkron 3 fasa rotor belit dengan Motor DC Shunt sebagai penggerak Bow thruster.....	71
BAB V	73
KESIMPULAN	73
5.1 Kesimpulan	73

5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN A	77
LAMPIRAN B	81
BIODATA PENULIS	83

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tunnel Thruster	3
Gambar 2. 2 Hydraulic Bow thruster	4
Gambar 2. 3 Elektrik Thruster.....	5
Gambar 2. 4 Engine Bow thruster.....	5
Gambar 2. 5 Retractable Thruster	6
Gambar 2. 6 Azimuth thruster.....	7
Gambar 2. 7 Grafik kinerja daya baling-baling vs rpm.....	7
Gambar 2. 8 Kaedah tangan kiri flemming.	9
Gambar 2. 9 Komponen Motor DC.....	10
Gambar 2. 10 Rangkaian motor DC penguat terpisah.....	11
Gambar 2. 11 Rangkaian motor DC Shunt	12
Gambar 2. 12 Rangkaian pengereman plugging	16
Gambar 2. 13 Rangkaian pengereman regenerativ	17
Gambar 2. 14 Kontruksi motor induksi.....	18
Gambar 2. 15 Skema diagram motor induksi rotor belit.....	19
Gambar 2. 16 Konstruksi motor induksi tiga fasa rotor belitan	20
Gambar 2. 17 Kurva kecepatan terhadap torsi	22
Gambar 2. 18 Karakteristik pengaturan tegangan.....	23
Gambar 2. 19 Rangkaian DOL.....	23
Gambar 2. 20 Rangkaian star delta	24
Gambar 2. 21 Rangkaian autotrafo	24
Gambar 3. 1 Percobaan motor DC shunt tanpa beban	28
Gambar 3. 2 Percobaan motor DC shunt berbeban	28
Gambar 3. 3 Percobaan motor asinkron tanpa beban.....	29
Gambar 3. 4 Percobaan motor asinkron berbeban	30
Gambar 3. 5 Motor asinkron 3 fasa rotor belit	31
Gambar 3. 6 Motor DC shunt.....	31

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Hubungan Putaran dengan Tegangan pada motor DC <i>shunt</i>	56
Grafik 4. 2 Hubungan Daya Input dengan Tegangan pada motor DC <i>shunt</i>	57
Grafik 4. 3 Hubungan Wcu dengan Tegangan pada motor DC <i>shunt</i>	57
Grafik 4. 4 Hubungan antara Tegangan dengan Arus pada motor DC <i>shunt</i>	58
Grafik 4. 5 Hubungan Putaran dengan Torsi pada motor DC <i>shunt</i>	59
Grafik 4. 6 Hubungan Putaran dengan P out pada motor DC <i>shunt</i>	59
Grafik 4. 7 Hubungan P out dengan Effisiensi pada motor DC <i>shunt</i>	60
Grafik 4. 8 Hubungan Effisiensi dengan Torsi pada motor DC <i>shunt</i>	61
Grafik 4. 9 Hubungan Torsi dengan P out pada motor DC <i>shunt</i>	61
Grafik 4. 10 Hubungan Daya dengan Putaran motor <i>asinkron</i> 3 fasa rotor belit.....	62
Grafik 4. 11 Hubungan Daya dengan Slip motor <i>asinkron</i> 3 fasa rotor belit.....	63
Grafik 4. 12 Hubungan Putaran dengan Torsi motor <i>asinkron</i> 3 fasa rotor belit.....	64
Grafik 4. 13 Hubungan Putaran dengan P out motor <i>asinkron</i> 3 fasa rotor belit.....	64
Grafik 4. 14 Hubungan P out dengan Effisiensi motor <i>asinkron</i> 3 fasa rotor belit...	65
Grafik 4. 15 Hubungan Effisiensi dengan Torsi motor <i>asinkron</i> 3 fasa rotor belit...	66
Grafik 4. 16 Hubungan Torsi dengan P out motor <i>asinkron</i> 3 fasa rotor belit.....	66
Grafik 4. 17 Hubungan Putaran dengan Torsi motor <i>asinkron</i> 3 fasa rotor belit dan motor DC <i>shunt</i>	67
Grafik 4. 18 Hubungan Putaran dengan P out motor <i>asinkron</i> 3 fasa rotor belit dan motor DC <i>shunt</i>	68
Grafik 4. 19 Hubungan P out dengan Effisiensi motor <i>asinkron</i> 3 fasa rotor belit dan motor DC <i>shunt</i>	69
Grafik 4. 20 Hubungan Torsi dengan Effisiensi motor <i>asinkron</i> 3 fasa rotor belit dan motor DC <i>shunt</i>	70
Grafik 4. 21 Hubungan Torsi dengan P out motor <i>asinkron</i> 3 fasa rotor belit dan motor DC <i>shunt</i>	71

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data motor DC <i>Shunt</i> dengan resistor 0 Ω	34
Tabel 4. 2 Data motor DC <i>Shunt</i> dengan resistor 200 Ω	34
Tabel 4. 3 Data motor DC <i>Shunt</i> dengan resistor 400 Ω	35
Tabel 4. 4 Data motor DC <i>Shunt</i> dengan resistor 600 Ω	35
Tabel 4. 5 Data motor DC <i>Shunt</i> pada saat pembebanan	36
Tabel 4. 6 Daya, frekuensi dan $\cos \phi$ motor <i>asinkron</i> 3 fasa rotor belit dengan resistor 0-25 Ω	36
Tabel 4. 7 VLine dan VFasa motor dengan resistor 0-25 Ω	37
Tabel 4. 8 ILine dan IFasa motor dengan resistor 0-25 Ω	37
Tabel 4. 9 Arus pada kumparan jangkar dan Rpm motor dengan resistor 0-25 Ω	37
Tabel 4. 10 Data motor <i>asinkron</i> 3 fasa rotor belit pada saat pembebanan.....	38
Tabel 4. 11 Daya motor DC <i>shunt</i> dengan resistor 0 Ω	39
Tabel 4. 12 Daya motor DC <i>shunt</i> dengan resistor 200 Ω	39
Tabel 4. 13 Daya motor DC <i>shunt</i> dengan resistor 400 Ω	40
Tabel 4. 14 Daya motor DC <i>shunt</i> dengan resistor 600 Ω	41
Tabel 4. 15 Rugi motor DC <i>shunt</i> dengan resistor 0 Ω	42
Tabel 4. 16 Rugi motor DC <i>shunt</i> dengan resistor 200 Ω	42
Tabel 4. 17 Rugi motor DC <i>shunt</i> dengan resistor 400 Ω	43
Tabel 4. 18 Rugi motor DC <i>shunt</i> dengan resistor 600 Ω	44
Tabel 4. 19 Nilai W konstan motor DC <i>shunt</i>	44
Tabel 4. 20 Hasil Analisa Percobaan Tanpa Beban Pada Hambatan 25 Ω - 0 Ω	46
Tabel 4. 21 Hasil Analisa percobaan motor DC <i>shunt</i> berbeban	51
Tabel 4. 22 Hasil Analisa percobaan motor <i>asinkron</i> 3 fasa rotor belit berbeban ...	55

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kapal adalah transportasi laut yang sangat penting di negara Indonesia, dengan luas laut yang begitu luas memungkinkan untuk industri perkapalan berkembang dengan pesat. Di kapal mempunyai main engine sebagai penggerak utama dan auxiliary engine sebagai mesin bantu, dan terdapat juga permesinan bantu untuk menunjang semua kepentingan yang ada di kapal. Salah satu contoh dari permesinan bantu adalah *Bow thruster*. *Bow thruster* suatu alat pendorong yang dipasang pada kapal-kapal tertentu untuk keperluan maneuver kapal. Salah satu komponen tersebut terdiri dari suatu *propeller* atau baling-baling yang diletakan pada satu terowongan pada bagian melintang kapal dengan dilengkapi suatu alat pemutar seperti motor hidrolis atau elektrik. Selain sebagai *maneuver*, *Bow thruster* di gunakan sebagai alat untuk mempertahankan posisi kapal dari gangguan arus laut. Sebagai penggerak *Bow thruster* dilengkapi dengan motor hidrolis ataupun motor listrik.

Motor listrik sendiri mempunyai banyak jenis, antara lain motor AC dan DC, yang mana keduanya masih memiliki jenis yang bermacam-macam. Motor AC memiliki jenis motor listrik 1 fasa dan 3 fasa yang mana setiap alat mempunyai kelebihan dan kekurangan sendiri. Sehingga diperlukan penelitian performa tiap alat untuk melihat karakteristik motor listrik tersebut. Dalam hal ini maka dilakukan Analisa performa motor DC *shunt* dengan motor *asinkron* 3 fasa rotor belit untuk menganalisa karakteristik dari kedua alat tersebut. Diharapkan dari hasil analisa dapat digunakan sebagai acuan pemilihan motor penggerak *Bow thruster*, untuk pengambilan data di lakukan dengan praktikum.

Pada laboratorium *Marine Electrical and Automation System* terdapat motor *asinkron* 3 fasa rotor belit motor DC *shunt* dari pabrikan feedback yang sudah lama tidak digunakan. Untuk itu diperlukan analisa untuk mengetahui performa tiap alat dengan metode pengambilan data praktikum yang mana diharapkan dari hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam penentuan alat penggerak *Bow thruster* pada kapal yang paling efisien sesuai kebutuhan kapal.

I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian yaitu :

1. Bagaimana karakteristik dari motor DC *shunt* , meliputi hubungan torsi dan kecepatan serta efisiensi motor saat diberi pembebanan ?
2. Bagaimana karakteristik dari motor *asinkron* 3 fasa rotor belit, meliputi hubungan torsi dan kecepatan serta efisiensi motor saat diberi pembebanan ?
3. Bagaimana kinerja antara motor DC *shunt* dan motor *asinkron* 3 fasa rotor belit sebagai penggerak *Bow thruster* ?

I.3 Batasan Masalah

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

1. Analisa performa motor yang dilakukan hanya pada motor *asinkron* 3 fasa rotor belit 64-520 dan motor DC *shunt* 63-110.
2. Pembebanan dilakukan dengan cara mengkopel motor *asinkron* 3 faase rotor belit 64-520 dan motor DC *shunt* 63-110 dengan Generator 64-510.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui performa dari motor DC *shunt* yang meliputi torsi, putaran dan efisiensi saat kondisi berbeban.
2. Mengetahui performa dari motor *asinkron* 3 fasa rotor belit yang meliputi torsi, putaran dan efisiensi saat kondisi berbeban.
3. Membandingkan kinerja motor DC *shunt* dengan motor *asinkron* 3 fasa rotor belit sebagai penggerak *Bow thruster*.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menegtahui kinerja dari motor DC *shunt* dengan motor *asinkron* 3 fasa rotor belit sebagai penggerak *Bow thruster*.
2. Sebagai acuan pemilihan motor penggerak *Bow thruster* yang akan di gunakan sesuai dengan kebutuhan di kapal.

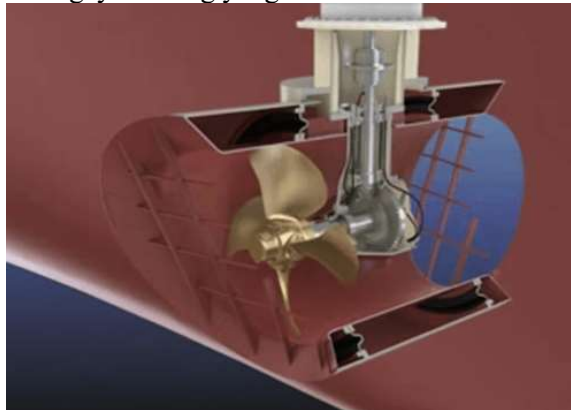
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Bow thruster* pada Kapal

Bow thruster adalah alat yang dipasang pada kapal yang mempunyai fungsi sebagai alat *manuver* pada suatu kapal. *Bow thruster* dipasang hanya pada kapal-kapal tertentu yang membutuhkan manuver tinggi, biasanya kapal-kapal yang berukuran besar. *Bow thruster* diletakan pada bagian bawah lambung kapal yang berbentuk terowongan kemudian didalamnya dipasang *propeller* sebagai penggeraknya menggunakan motor hidrolik atau motor listrik.

2.1.1 *Tunnel Thruster*

Tunnel thruster adalah terowongan tempat dipasangnya *propeller*. Pada umumnya *thunel thruster* diletakan pada bagian bawah lambung kapal pada sekat haluan, pemasangan pada bagian ini berfungsi agar mendapatkan *effisiensi* yang tinggi. Bentuk dari *thunnel thruster* dirancang agar dapat mengalirkan air laut sehingga mendapatkan gaya dorong yang besar.



Gambar 2. 1 Tunnel Thruster

(Sumber : www.marineinsight.com/naval-architecture/introduction-to-tunnel-thrusters-ships/)

2.1.2 Pengerak *Bow thruster*

Untuk dapat bekerja dengan efisien maka *bow thruster* memerlukan penggerak untuk memutar *propeller* yang berada didalam *tunnel thruster*. Berikut ini jenis-jenis penggerak *bow thruster* yang biasa digunakan :

1. *Hydrolik motor Bow thruster*
2. *Electric motor Bow thruster*
3. *Engine Bow thruster*

a. *Hydrolik Bow thruster*

Pada sistem ini menggunakan motor hidrolik sebagai penggerak *propeller* pada *bow thruster*. Pada sistem ini memerlukan pompa hidolik dan *valve* sebagai

komponen pendukung, sistem ini sangat bagus apabila menggunakan sistem hidrolik terpusat.

Keuntungan dari *Hydraulic Bow thruster* adalah sebagai berikut :

- Gaya dorong tinggi
- Mudah pengoperasian
- Memiliki *effisiensi* tinggi

Kerugian dari *Hydraulic Bow thruster* adalah sebagai berikut :

- Memerlukan ruangan yang besar
- Memiliki kontruksi yang rumit
- Resiko terjadi masalah sangat tinggi



Gambar 2. 2 Hydraulic Bow thruster

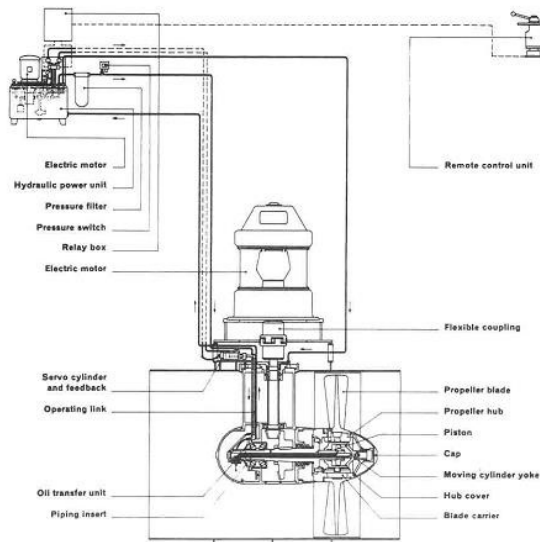
(Sumber : Katalog Vetus)

b. Elektrik Bow thruster

Pada sistem ini menggunakan motor listrik sebagai penggerak *propeller* pada *bow thruster*. Sumber listrik yang dibutuhkan oleh *bow thruster* berasal dari *generator* utama pada kapal.

Adapun keuntungan dari *Elektric Bow thruster* adalah sebagai berikut :

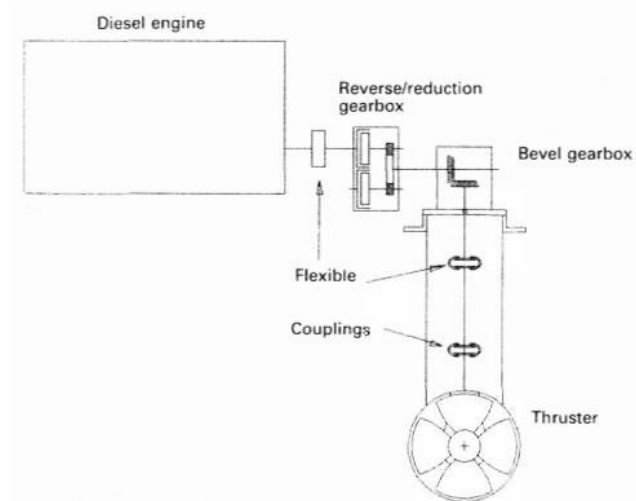
- Instalasi yang mudah
- Tidak memerlukan ruangan yang besar
- Mudah dalam perawatan



Gambar 2. 3 Elektrik Thruster
(Sumber : *marine auxiliary machinery*)

c. Engine Bow thruster

. Pada sistem ini menggunakan mesin diesel sebagai penggerak *propeller* pada *bow thruster*. Pada sistem ini tidak memerlukan peralatan tambahan sebagai peralatan pendukung. *Bow thruster* tipe ini terpisah dari sistem lain yang ada dikapal sehingga ketika ada masalah pada sistem yang lain tidak mempengaruhi kerja *bow thruster*.



Gambar 2. 4 Engine Bow thruster
(Sumber : *marine auxiliary machinery*)

2.1.3 Jenis - jenis *Bow thruster*

Bow thruster sendiri dibagi menjadi beberapa jenis tergantung dari keperluan dan kebutuhan di kapal, adapun jenis - jenis di antaranya sebagai berikut :

a. *Retractable thruster*

Retractable thrusters memiliki bentuk yang sama seperti jenis *bow thruster* yang lain, bedanya adalah pada tipe ini memiliki tempat untuk menyimpan *bow thruster* ketika tidak dioperasikan sehingga penambahan *bow thruster* tidak merubah bentuk lambung kapal. Ketika *bow thruster* diperlukan maka *bow thruster* akan dikerluarkan menggunakan sistem hidrolik yang dikontrol dari *control room*, setelah selesai digunakan *bow thruster* akan dimasukkan kembali kedalam tempat menyimpannya.

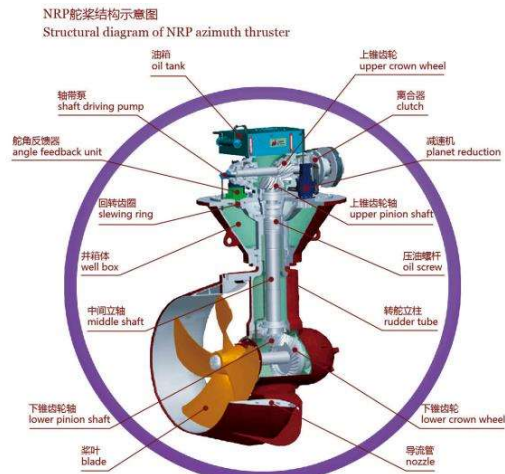


Gambar 2. 5 Retractable Thruster

(Sumber : [www.google.com/ retractable thruster](http://www.google.com/retractable%20thruster))

b. *Azimuth Thruster*

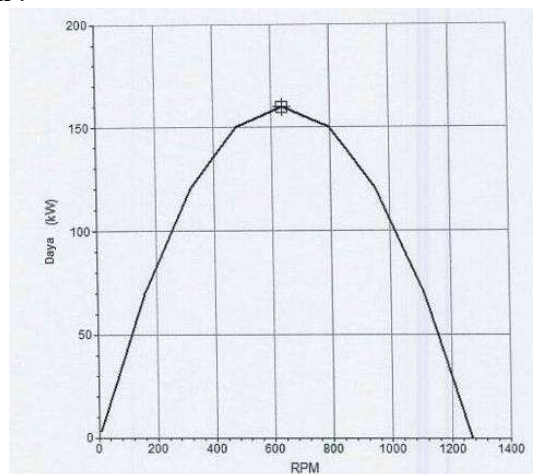
Azimuth thruster memiliki kelebihan dibandingkan tipe yang lain yaitu dapat bergerak dan berputar 360 derajat. Daya yang diperlukan pada tipe ini berkisaran dari 150kW ke 1300kW. Tipe ini untuk membalik arah dari gaya dorong tidak perlu memutar arah putaran dikarenakan jenis ini dapat diputar 360 derajat.



Gambar 2. 6 Azimuth thruster
(Sumber : www.google.com/ azimuth thruster)

2.1.4 Perbandingan torsi dengan rpm

Untuk membuat perancangan motor penggerak *Bow thruster*, sangat diperlukan mengetahui grafik performa baling-baling. Grafik baling-baling merupakan hasil dari kajian dan perhitungan perancangan baling-baling. Grafik baling-baling yang dihasilkan dari perancangan baling-baling ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. 7 Grafik kinerja daya baling-baling vs rpm
(Sumber : Jurnal rancang bangun motor listrik submersible pada aplikasi bow thruster kapal)

Dari grafik diatas dapat dilihat grafik antara daya dan putaran baling-baling yang mempunyai titik putaran maksimum, ketika putaran bertambah maka akan

mengalami penurunan daya keluaran oleh karena itu dalam perancangan bow thruster harus mempertimbangkan putaran dan daya keluaran mesin penggerak, sehingga *thruster* dapat bekerja pada keadaan optimal .

2.1.5 Peraturan tentang 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. RL 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).*

2.2 Motor DC

Motor DC adalah sebuah alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa putaran dan torsi, disebut motor DC dikarenakan sumber tegangannya menggunakan sumber tegangan arus searah atau yang sering disebut dengan *direct current* (DC). Berdasarkan jumlah sumber tegangan motor DC dapat di bedakan menjadi dua jenis yaitu motor DC yang memiliki penguat sendiri (*self excited*) dan motor DC yang memiliki penguat terpisah (*separately excited*). Sedangkan untuk motor DC dengan penguatan sendiri terdiri dari tiga jenis yaitu motor DC seri, paralel (*shunt*) dan campuran (*compound*).

2.2.1 Pengertian Motor DC Shunt

Motor DC *shunt* merupakan tipe motor DC penguat sendiri, karena memerlukan sumber tegangan yang sama pada kumparan jangkar dan medan. Motor DC *shunt* memiliki rangkaian kumparan jangkar dan medan dipasang secara paralel, sehingga tegangan yang masuk sama tetapi arus yang masuk berbeda. Motor ini memiliki kelebihan yaitu mempunyai torsi yang tinggi.

2.2.2 Prinsip Kerja Motor DC

Prinsipnya kerja motor DC dapat berputar karena adanya fluks magnet pada kumparan medan dan kumparan jangkar, fluks magnet ini dapat terjadi dikarenakan adanya arus yang mengalir pada kumparan medan. Motor DC berputar sesuai dengan

hukum Lorentz dimana jika pada suatu penghantar listrik yang dialiri arus dan berada di dalam medan magnet maka pada penghantar tersebut akan timbul gaya. Medan magnet yang di maksud disini adalah medan magnet yang berasal dari kumparan medan dan arus yang mengalir berada pada kumparan jangkar.

$$F = B \times I \times L \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana F : Gaya yang terbentuk pada penghantar

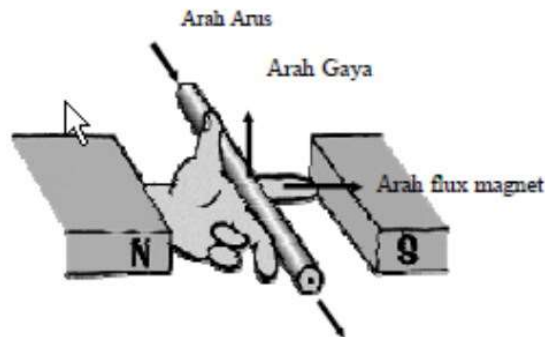
I : Arus pada kumparan jangkar (Ampere)

B : Kerapatan fluks (weber/m²)

L : Panjang konduktor (m)

(Theraja, 1994)

Arah putaran dari motor DC dipengaruhi oleh arah gaya pada kumparan jangkar, sedangkan arah gaya pada kumparan jangkar dipengaruhi oleh arah arus masuk dan arah medan magnet pada kumparan medan. Gaya yang dihasilkan sesuai kaidah tangan kiri flemming.

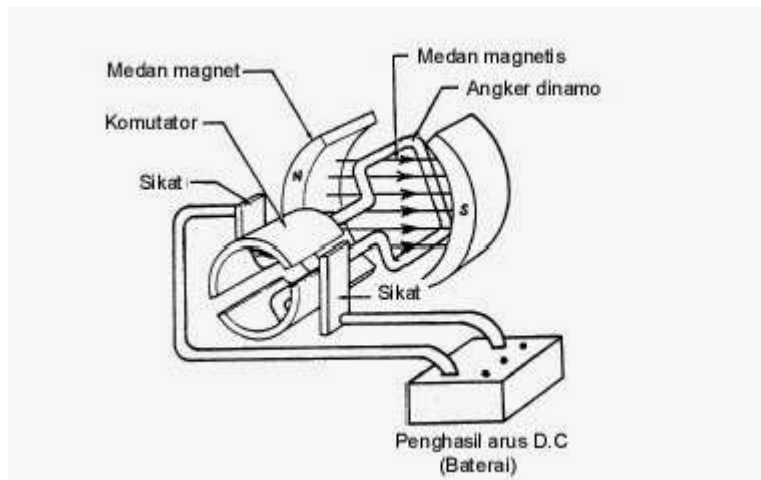


Gambar 2. 8 Kaedah tangan kiri flemming.

Sumber : (<http://teknikmesin.org/kaedah-tangan-kiri-fleming/>)

2.2.3 Bagian Motor DC

Beberapa komponen penting pada konstruksi motor DC adalah kumparan medan, kumparan jangkar, komutator, dan sikat arang.



Gambar 2. 9 Komponen Motor DC

Sumber : (<http://insauin.blogspot.co.id/2014/12/makalah-motor-dc.html>)

a. Kumparan medan

Secara umum motor DC dapat berputar di karenakan ada dua kutub magnet yang saling berinteraksi. Motor DC memiliki kutub medan yang tetap, satu pasang kutub medan memiliki kutub utara dan kutub selatan yang membentuk fluks magnet yang bergerak dari kutub utara ke kutub selatan. Untuk motor yang berukuran kecil kutub medan dapat berupa magnet permanent sedangkan motor yang berukuran besar dapat menggunakan kumparan sebagai pengganti magnet. (Theraja, 1994)

b. Kumparan jangkar

Kumparan jangkar adalah bagian motor DC yang dapat berputar dan terdiri dari lilitan tembaga. Bila ada arus listrik yang melewati kumparan jangkar maka akan timbul elektromagnet, ketika ada arus yang melewati suatu medan maka akan timbul gaya yang disebut gaya *Lorentz*. Arah dari gaya *Lorentz* bergantung dari arah arus yang mengalir pada kumparan jangkar. (Theraja, 1994)

c. Komutator

Komponen ini hanya ditemukan pada motor DC dan berfungsi sebagai pembalik arah arus listrik pada kumparan jangkar. Hal ini dilakukan agar motor berputar terus (Theraja, 1994).

d. Sikat arang (brush)

Sikat arang berfungsi sebagai pengantar arus dari sumber tegangan ke komutator dan terbuat dari karbon yang berbentuk seperti balok. Sikat arang ini terletak pada ujung rotor yang terdapat komutator dari motor. Sikat arang dipasang pegas yang dirancang untuk menekan kearah komutator yang berputar. (Theraja, 1994)

2.2.4 Jenis –jenis motor DC

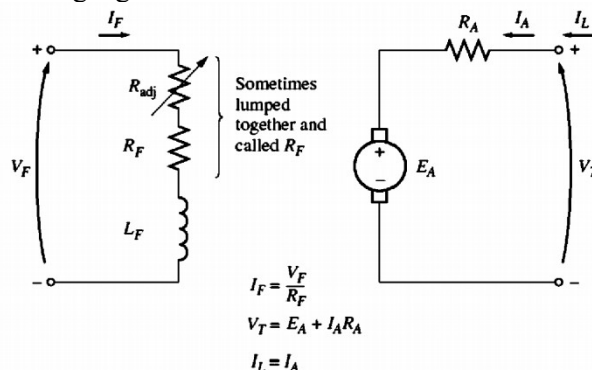
Motor DC dibedakan menjadi motor penguat sendiri dan penguat terpisah, yang membuat keduanya berbeda adalah dari cara membangkitkan medannya.

a. Motor DC penguat sendiri

Motor DC jenis ini hanya memiliki satu sumber tegangan yang digunakan untuk membangkitkan medan dan jangkarnya. Berdasarkan jenisnya dibedakan menjadi 3 yaitu: motor DC *seri*, motor DC *shunt* dan motor DC *compound*.

b. Motor DC penguat terpisah

Motor DC dengan penguatan terpisah adalah jenis motor DC mempunyai dua sumber tegangan untuk membangkitkan medan magnet di medan dan medan magnet di kumparan jangkar. Sehingga teggangan di jangkar dapat di atur tanpa mempengaruhi dari teggangan ke medan.

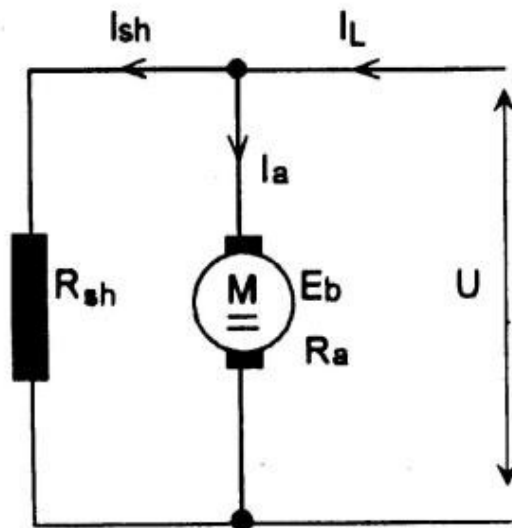


Gambar 2. 10 Rangkaian motor DC penguat terpisah

(Sumber : Fritzgerald AE, Electrical Technology, 2003)

2.2.5 Motor DC *Shunt*

Karakteristik dari sebuah mesin listrik adalah kuantitas dari keluaran mesin yang dibandingkan dengan mesin listrik yang lain, pada motor listrik yang di maksud dengan karakteristik keluaran mesin adalah nilai dari torsi dan kecepatan motor. Motor DC *shunt* memiliki kelebihan yaitu ketika motor dioperasikan pada kondisi *no load* sampai pada kondisi *fullload* tidak mengalami perubahan kecepatan yang signifikan yang artinya motor jenis ini memiliki nilai putaran yang relatif konstan meski mengalami penambahan beban. (Theraja, 1994)



Gambar 2. 11 Rangkaian motor DC Shunt

(Sumber : <https://azzahratunnisa.wordpress.com/2009/05/27/jenis-jenis-motor-dc/>)

2.2.6. Rugi-rugi pada motor DC

Pada motor listrik umumnya energi listrik tidak sepenuhnya dirubah menjadi energi mekanik, selalu ada rugi-rugi yang mengurangi energi listrik yang masuk, rugi-rugi tersebut adalah:

a. Rugi tembaga

Rugi tembaga adalah rugi yang terjadi pada saat arus mengalir melalui lilitan tembaga, biasanya rugi ini disebut dengan rugi karena lilitan.

a. Rugi tembaga pada jangkar

Rugi tembaga pada jangkar adalah rugi yang di sebabkan oleh adanya arus yang melewati kumparan jangkar yang menyebabkan terjadinya elektromagnetik, rugi ini sebanding dengan nilai dari tahanan jangkar dari motor DC. Untuk mencari nilai dari rugi tembaga pada jangkar dapat digunakan rumus dibawah ini:

$$\text{Armatuor Cu losses} = I_a^2 R_a$$

Dimana

I_a : Arus jangkar

R_a : Tahanan jangkar

b. Rugi tembaga pada medan

Rugi tembaga pada medan adalah rugi pada motor DC yang di akibatkan oleh kumparan medan yang dialiri arus, nilai dari rugi ini sebanding dengan nilai tahanan yang terdapat pada kumparan medan dari motor.

c. Brush contact losses

Rugi tahanan sikat arang adalah rugi yang di akibatkan oleh arus yang melewati sikat arang menuju komutator. Nilai dari rugi sikat arang ini sudah termasuk dalam rugi tembaga pada jangkar.

b. Rugi besi

Rugi yang terjadi pada inti besi disebut dengan rugi besi. Ketika inti dari jangkar yang terbuat dari besi melewati medan magnet, inti besi juga akan terinduksi. Rugi besi ini terbagi atas dua jenis yaitu rugi *histerisis* dan rugi *eddy current*.

c. Rugi mekanis

Rugi yang disebabkan gesekan mekanis antara dua benda dinamakan dengan rugi mekanis. Rugi ini dikarenakan adanya gesekan pada komponen yang bergerak seperti bearing, sikat arang, komutator dll. Selain itu juga terdapat rugi yang disebabkan oleh adanya udara pada lilitan tembaga, rugi dinamakan dengan *windage losses*. (Theraja, 1994)

2.2.7 Torsi, daya dan efisiensi motor DC

a. Torsi

Torsi terbaik dijelaskan oleh DR Huge D.Young adalah pengukuran kuantitatif dari kecenderungan gaya yang dikarenakan oleh gerak rotasi. Dapat diketahui pula bahwa torsi motor dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu torsi jangkar dan torsi poros.

- **Torsi jangkar**

Pada saat motor berputar terdapat gaya yang bekerja pada jarak antara pusat poros rotor dengan bagian terluar dari rotor hal ini dinamakan dengan torsi. Torsi yang disebabkan oleh armatur pada saat motor berputar dinamakan dengan torsi armatur. Jika torsi armatur Ta dalam N/m dan daya yang dihasilkan adalah sama dengan $Ta \times 2\pi N$, sedangkan kita ketahui bahwa daya elektrik ketika dikonversi menjadi daya mekanis pada armatur akan menjadi $EbIa$ dalam satuan *watt*. Sehingga dapat dirumuskan untuk mencari nilai torsi armature pada rumusan 2.19 dalam satuan N.m

$$P = Ta \times 2\pi N$$

$$EbIa = Ta \times 2\pi N$$

$$Ta = (EbIa) / 2\pi N / 60$$

Dimana;

Eb : Gaya gerak listrik

Ia : Arus jangkar

N : Putaran dalam rpm

- **Torsi poros**

Seperti yang telah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya jika pada motor DC terdapat rugi-rugi yang menyebabkan tidak semua daya yang digunakan oleh motor menjadi daya keluaran yang dihasilkan begitu pula dengan torsi, torsi armatur yang dihasilkan motor tidak semuanya dapat digunakan dikarenakan beberapa persennya telah tereduksi oleh rugi besi dan mekanis yang terjadi pada motor DC.

Torsi yang benar – benar tersedia untuk digunakan dinamakan torsi poros dinamakan demikian karena torsi ini terletak pada poros motor itu sendiri. Perhitungan nilai dari torsi poros berdasarkan pada nilai dari daya keluaran motor setelah dikurangi dengan rugi – rugi yang terjadi pada motor seperti yang dijabarkan pada rumusan 2.18 dibawah ini:

$$POut = T \times 2\pi N$$

$$T = (Pout) / (2\pi N / 60)$$

Dimana;

Pout : Daya keluaran motor

N : Putaran dalam rpm

(Theraja, 1994)

b. Daya

Untuk mencari efisiensi perlu mengetahui daya input dan daya output. Untuk daya input dapat dihitung menggunakan rumus :

$$P = (V \times Ia) + (V \times If)$$

Dimana,

V : Tegangan masukan

Ia : Arus jangkar

If : Arus medan

Untuk mengetahui besaran dari nilai daya keluaran motor dapat digunakan persamaan :

$$Pout = Pin - \text{Total losses}$$

Dimana,

Pin : Daya masukan motor

c. Efisiensi

Setelah mengetahui besaran dari daya masukan dan daya keluaran dari motor kita dapat menentukan besaran dari efisiensi motor, efisiensi adalah ukuran yang digunakan untuk menentukan seberapa efektif mesin yang telah dibuat. Untuk menghitung efisiensi motor dapat digunakan persamaan:

$$\eta = POut / Pin \times 100 \% .$$

Dimana,

Pin : Daya masukan motor

P_{Out} : Daya keluaran motor

(Theraja, 1994)

2.2.8 Pengaturan kecepatan motor DC

Pengaturan kecepatan adalah sebuah perubahan kecepatan berputar yang disengaja sesuai dengan nominal tertentu yang diperlukan untuk pekerjaan yang spesifik. Pengaturan kecepatan berbeda dengan aturan kecepatan dimana aturan kecepatan adalah perubahan kecepatan natural yang terjadi karena adanya perubahan beban pada poros. Pengaturan kecepatan bisa dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Metode pengaturan fluks.
- b. Metode control jangkar atau *rheostatic*.

Kecepatan motor DC proporsional dengan nilai back emf (E_b)nya yaitu $E_b = V - I_a R_a$. Berarti, ketika nilai dari tegangan sumber dan tahanan jangkar motor adalah tetap maka yang dapat mempengaruhi kecepatan motor adalah nilai dari arus jangkarnya. Ketika kita meletakkan tahanan secara seri pada dengan rangkaian jangkar, maka nilai dari arus jangkar akan berkurang, dan kemudian kecepatan motor akan berkurang pula. Maka dapat dikatakan juga kontrol jangkar adalah kontrol kecepatan yang menggunakan variable tahanan untuk mengatur jumlah tahanan yang diberikan ke rangkaian dan kemudian akan mempengaruhi nilai dari arus jangkar dari motor. Metode kontrol jangkar untuk motor DC seri dan DC *shunt* adalah sebagai berikut.

- c. Metode control tegangan (V)

(Theraja, 1994)

2.2.9 Pengereman motor DC

Sebuah motor dan bebannya dapat diberhentikan dengan menggunakan pengereman gesek dan pengereman listrik. Pengereman secara mekanis yang paling sering digunakan memiliki sebuah kekurangan yaitu sangat sulit untuk mendapatkan pengereman secara halus karena pengereman ini berdasarkan pada permukaan pengereman dan kemampuan dari operator.

Pengereman listrik yang sangat baik tersedia untuk mengeliminasi lapisan pengereman dan peralatan mekanis lainnya. Pengereman listrik, baik untuk motor seri dan motor *shunt*, terdapat tiga metode yaitu pengereman secara *dinamis*, *plugging* dan secara *regenerative*.

a. Pengereman secara dinamis

Pada metode ini, kumparan jangkar dari motor *shunt* akan diputus dari sumber Tegangannya dan dikoneksikan dengan variable resistor. Efek pengereman yang akan terjadi dapat dikontrol dengan memvariasikan tahanan seri R.

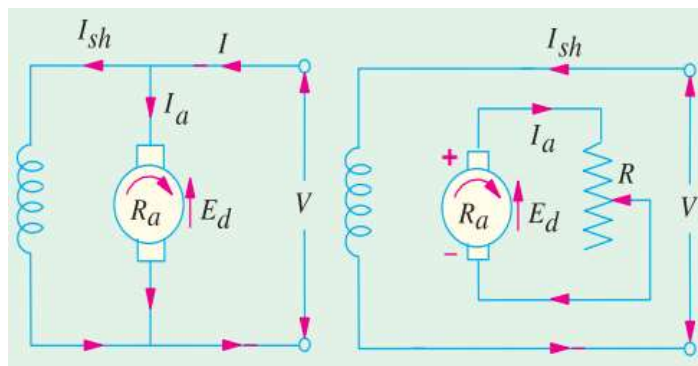
(Theraja, 1994)

b. *Plugging*

Metode ini adalah metode yang paling umum digunakan untuk mengontrol elevator, penggiling, dan mesin perkakas.

Pada metode ini, koneksi ke terminal jangkar dibalik jadi motor akan berputar kearah sebaliknya. Dikarenakan dibaliknya koneksi jangkar, tegangan dan ggl bekerja pada arah yang sama pada sirkuit. Untuk membatasi arus jangkar pada nominal yang rasional, penting untuk menambahkan resistor pada rangkaian selama membalik arah koneksi jangkar. Pengereman secara plugging memberikan torsi yang lebih besar dari pada pengereman dengan metode rheostat.

(Theraja, 1994)

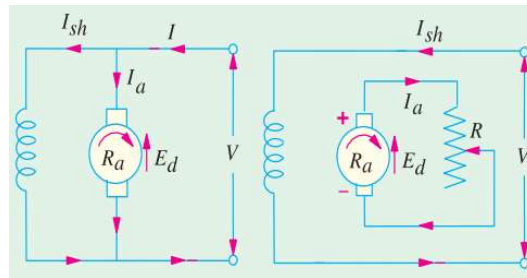


Gambar 2. 12 Rangkaian pengereman plugging

(Sumber : Theraja, 1994)

c. Regenerative

Metode ini digunakan ketika beban dari motor memiliki kaakteritik perubah seperti dalam menurunkan kerekan ataupun dalam gerakan melambatkan kereta listrik. Regenerative terjadi ketika nilai E_b lebih dari tegangan V . ini terjadi ketika beban bertindak menjadi penggerak dan menggerakkan mesin sebagai generator. Konsekuensinya, arah dari arus jangkar dan oleh karena itu torsi jangkar terbaikdan kecepatan berkurang sampai E_b menjadi lebih kecil dari tegangan V . pada kondisi ini dimungkinkan pada saat mengurangi kecepatan motor, motor malah menghasilkan daya yang di sulapai kesumber dan memungkinkan untuk memutar motor yang lainnya.



Gambar 2. 13 Rangkaian pengereman regenerativ
(Sumber : Theraja, 1994)

2.3 Motor asinkron 3 fasa rotor belit

2.3.1 Prinsip kerja motor asinkron 3 fasa rotor belit

Motor asinkron tiga fasa akan berputa saat belitan stator diberi tegangan tiga fasa, kemudian pada stator akan menghasilkan arus tiga fasa, arus ini kemudian akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron. Medan putar akan terinduksi melalui celah udara menghasilkan ggl induksi (ggl lawan) pada belitan fasa stator. Medan putar tersebut juga akan memotong konduktor-konduktor belitan rotor yang diam. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan relatif antara kecepatan fluksi yang berputar dengan konduktor rotor yang diam yang disebut juga dengan slip (s). Akibatnya adanya slip maka ggl (gaya gerak listrik) akan terinduksi pada konduktor-konduktor rotor. Karena belitan rotor merupakan rangkaian tertutup, baik melalui cincin ujung (end ring) ataupun tahanan luar, maka arus akan mengalir pada konduktor – konduktor rotor. Karena konduktor – konduktor rotor yang mengalirkan arus ditempatkan di dalam daerah medan magnet yang dihasilkan stator maka akan terbentuk gaya mekanik (gaya lorentz) pada konduktor – konduktor rotor. Hal ini sesuai dengan hukum gaya lorentz yaitu bila suatu konduktor yang dialiri arus berada dalam suatu kawasan medan magnet, maka konduktor tersebut akan mendapat gaya elektromagnetik (gaya lorentz) sebesar $F = B \cdot i \cdot l \cdot \sin \theta$. Arah dari gaya elektromagnetik tersebut dapat dijelaskan oleh kaidah tangan kanan (right-hand rule). Kaidah tangan kanan menyatakan, jika jari telunjuk menyatakan arah dari vektor arus i dan jari tengah menyatakan arah dari vektor kerapatan fluks B , maka ibu jari akan menyatakan arah gaya F yang bekerja pada konduktor tersebut. Gaya F yang dihasilkan pada konduktor – konduktor rotor tersebut akan menghasilkan torsi (τ). Bila torsi mula yang dihasilkan pada rotor lebih besar daripada torsi beban ($\tau_0 > \tau_b$), maka rotor akan berputar searah dengan putaran medan putar stator.

2.3.2 Konstruksi Motor Induksi

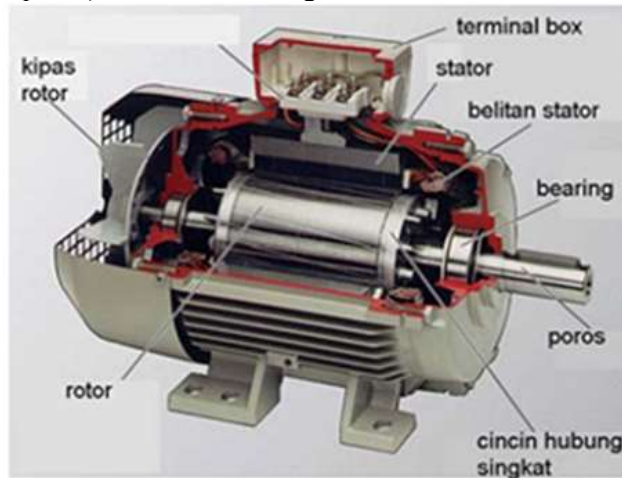
Motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian penting antara lain:

1. Stator : Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.
2. Celah : Merupakan celah udara: Tempat berpindahnya energi dari stator ke rotor.

3. Rotor : Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor

Konstruksi stator motor induksi pada dasarnya terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

1. Rumah stator (rangka stator) dari besi tuang
2. Inti stator dari besi lunak atau baja silikon.
3. Alur, bahannya sama dengan inti, dimana alur ini merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan stator).
4. Belitan (kumparan) stator dari tembaga.

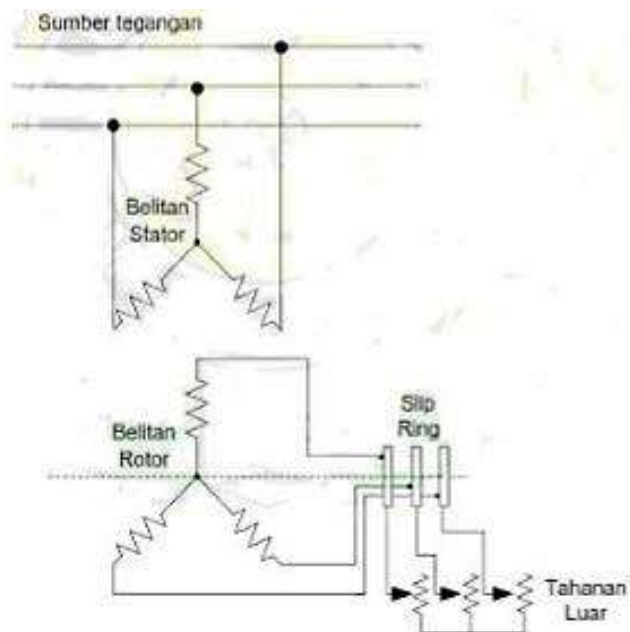


Gambar 2. 14 Kontruksi motor induksi

(Sumber : <https://circuitbooks.wordpress.com/2012/10/13/motor-induksi-3-fasa/>)

2.3.3 Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Belitan / Lilit / *Slipring*

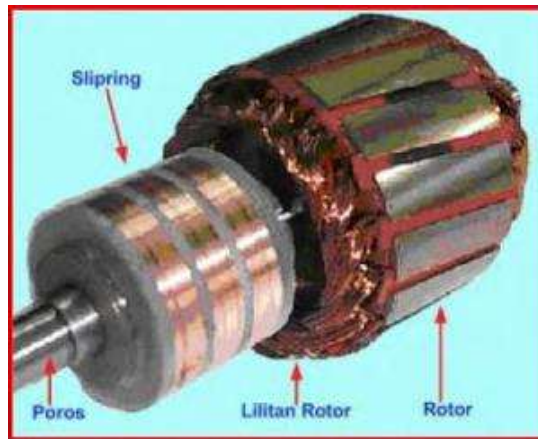
Motor rotor belitan/lilit berbeda dengan motor rotor sangkar dalam hal konstruksi rotornya. Seperti namanya, rotor dililit dengan lilitan terisolasi serupa dengan lilitan stator. Lilitan fasa rotor di hubungkan secara Y dan masing-masing fasa ujung terbuka yang dikeluarkan ke cincin slip yang terpasang pada poros rotor. Secara skematik dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. 15 Skema diagram motor induksi rotor belit

(Sumber : David H. Sirait : Analisis Starting Motor Induksi Tiga Fasa pada PT.Berlian Unggas SaktiTj. Morawa, 2008)

Dari gambar dapat dilihat bahwa cincin slip dan sikat semata-mata merupakan penghubung tahanan kendali variabel luar ke dalam rangkaian rotor. Pada motor ini, cincin slip yang terhubung ke sebuah tahanan variabel eksternal yang berfungsi membatasi arus pengasutan dan yang bertanggung jawab terhadap pemanasan rotor. Selama pengasutan, penambahan tahanan eksternal pada rangkaian rotor belitan menghasilkan torsi pengasutan yang lebih besar dari arus pengasutan yang lebih kecil dibanding motor rotor sangkar. Konstruksi motor induksi tiga fasa rotor belitan ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 16 Konstruksi motor induksi tiga fasa rotor belitan
(Sumber : David H. Sirait : Analisis Starting Motor Induksi Tiga Fasa pada PT. Berlian Unggas SaktiTj. Morawa, 2008)

2.3.4 Slip

Selisih antara kecepatan rotor dan kecepatan sinkron disebut slip (S). Slip dapat dinyatakan dalam putaran setiap menit, tetapi lebih umum dinyatakan sebagai persen dari kecepatan sinkron.

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

Dimana:

n_s = Kecepatan sinkron Motor (rpm)

n_r = kecepatan motor (rpm)

Menghitung Kecepatan sinkron atau rpm

$$n_s = 120 \times F / P$$

Keterangan :

n_s = Kecepatan sinkron motor (rpm)

F = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutub motor (Pole)

2.3.5 Efisiensi

Efisiensi adalah ukuran yang digunakan untuk menentukan seberapa efektif mesin yang telah dibuat. Untuk menghitung efisiensi motor dapat digunakan persamaan:

$$\eta = P_{Out} / P_{In} \times 100 \% .$$

Dimana,

P_{In} : Daya masukan motor

P_{Out} : Daya keluaran motor

2.3.6 Mengukur Kecepatan Putaran

Kecepatan putaran motor sama dengan jumlah putaran motor dalam periode tertentu, misalnya putaran per menit (Rpm) atau kecepatan per detik (Rps). Alat ukur yang digunakan adalah indikator kecepatan sering disebut tachometer seperti gambar dibawah ini sinar laser pada Tachometer ditembakkan pada poros dan display digital akan menunjukkan putaran poros motor.

2.3.7 Menghitung torsi

Torsi sering disebut momen (M) merupakan perkalian gaya F (Newton) dengan panjang lengan L (meter).

$$T = P/\omega$$

$$T = P/2\pi \text{ (rps)}$$

Rumus diatas merupakan rumus torsi yang sering digunakan untuk mengukur torsi.

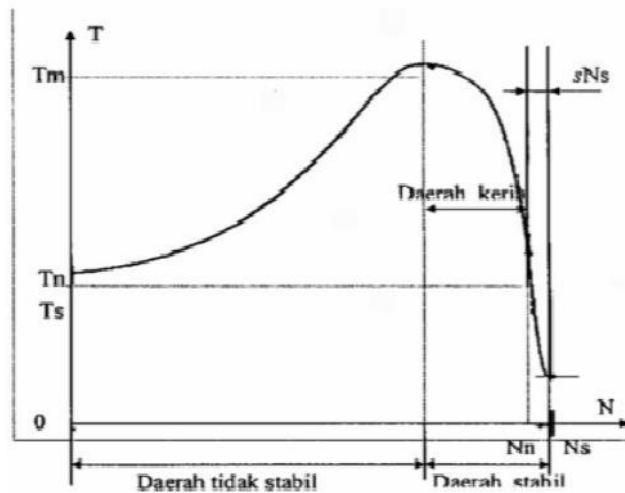
2.3.8 Hubungan Kecepatan Dengan Torsi

Hubungan kecepatan dengan torsi Berdasarkan rumus $P_m = \omega \cdot T$ jika daya mekanik (P_m) dianggap konstan maka besarnya torsi tergantung dari kecepatan sudut (ω).

$$\omega = 2\pi nr/60$$

Jika putaran rotor dipercepat, maka torsi yang dihasilkan kecil, sedangkan jika torsinya besar maka kecepatannya lambat. Gambar dibawah menggambarkan hubungan antara kecepatan dengan torsi.

Pada beban penuh motor berputar pada kecepatan N_n . Pada saat beban mekanik meningkat, kecepatan motor menurun sampai torsi maksimum sama dengan torsi beban. Bila torsi beban melebihi T_m , maka motor akan berhenti.



Gambar 2. 17 Kurva kecepatan terhadap torsi
(Sumber : Yusnita, 2012)

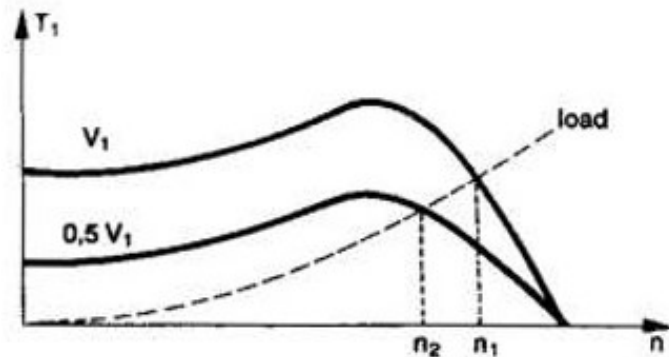
2.3.9 Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Phase

Pengaturan kecepatan motor induksi dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu; mengubah jumlah kutub, mengubah frekuensi input, serta pengaturan tahanan luar.

- Mengubah jumlah kutub
Meningat bahwa $n_s = 120f_1/P$ maka perubahan jumlah kutub (P) dan frekuensi (f) akan mempengaruhi putaran.
- Pengaturan Frekuensi Sumber (line Frequency Control)
Kecepatan putaran motor induksi tiga fasa dapat diatur dengan merubah frekuensi sumber, karena medan putar stator merupakan fungsi frekuensi.
- Pengaturan tahanan luar
Kecepatan putar motor induksi tiga fasa dapat dirubah dengan menambahkan tahanan luar . Dengan mengatur tahanan luar akan terjadi perubahan kecepatan. Pengaturan tahanan luar hanya dapat dilakukan untuk motor induksi jenis rotor lilit.
- Mengatur tegangan sumber
Besarnya kopel motor induksi tiga fasa dirumuskan :

$$T = \frac{3}{\omega} (V_1)^2 \frac{sa^2 R^2}{(a^2 R_2)^2 + (a^2 X_2)^2}$$

Persamaan kopel motor induksi tiga fasa menjelaskan bahwa kopel sebanding dengan pangkat dua tegangan yang diberikan. Pada beban tertentu dengan menganggap besarnya tahanan rotor dan reaktansi rotor konstan serta slip yang kecil, dengan merubah nilai tegangan input maka akan terjadi perubahan kecepatan. Pengaturan putaran motor induksi tiga fasa dengan cara mengatur tegangan sumber mempunyai daerah kerja yang lebih luas.



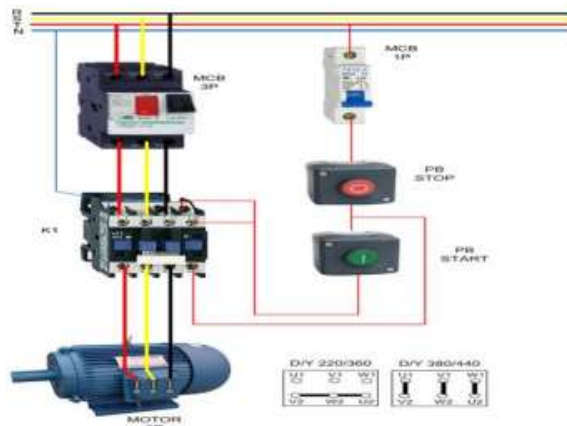
Gambar 2. 18 Karakteristik pengaturan tegangan
(Sumber : Yusnita, 2012)

2.3.10 Jenis-jenis strating motor induksi

Pada motor induksi saat melakukan starting motor akan terjadi lonjakan arus yang tinggi mencapai 7 kali dari arus nominal, oleh karena itu diperlukan beberapa jenis starting motor induksi untuk mengurangi arus start. Beberapa jenis starting motor induksi antara lain :

a. *Direct on line*

Strating ini biasanya dilakukan untuk motor induksi dengan kapasitas kecil, ataupun dengan pertimbangan besar arus asut yang tinggi dan kejutanmekanisnya tidak akan mengganggu terhadap jaringan listrik dan mesin itu sendiri.



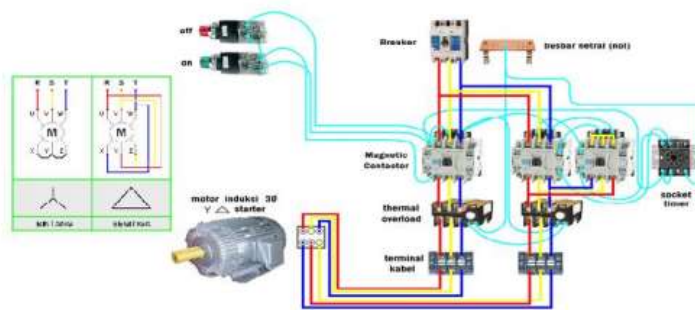
Gambar 2. 19 Rangkaian DOL

(Sumber :

http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/n!/@file_skripsi/Isi3639824253296.pdf)

b. Saklar bintang-segitiga

Starting menggunakan saklar manual bintang segitiga sebuah motor induksi tiga fasa dihubungkan langsung dengan sumber tegangan tiga fasa menggunakan saklar bintang segitiga. Pada saat start saklar pada posisi bintang dan pada saat motor telah berputar maksimum maka saklar segera dipindahkan ke posisi segitiga.

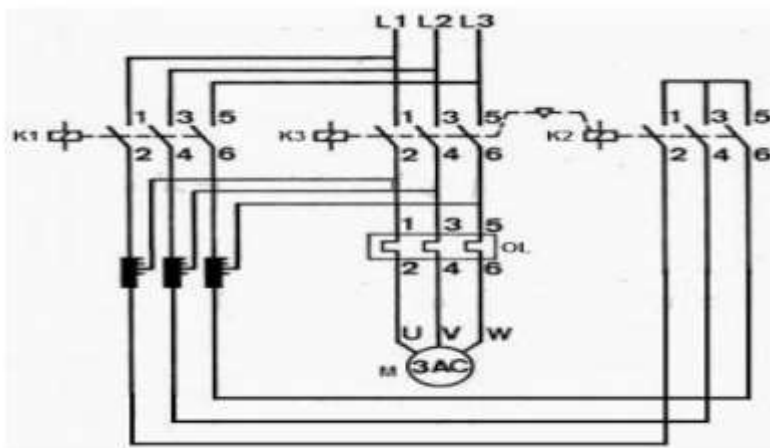


Gambar 2. 20 Rangkaian star delta

(Sumber :

http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/n!/@file_skripsi/Isi3639824253296.pdf)

c. Autotrafo



Gambar 2. 21 Rangkaian autotrafo

(Sumber :

http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/n!/@file_skripsi/Isi3639824253296.pdf)

Pada diagram daya terdapat tiga buah kontaktor K1, K2, dan K3. K1 dan K2 operasi dalam proses pengasutan motor 3 phasa menggunakan auto trafo. Sedangkan K3 operasi pada tegangan kerja motor 3 phasa sesuai dengan name platnya. Jadi yang harus operasi pertama dari proses pengasutan motor ini adalah K1 dan K2. K1 merupakan supply tegangan dari auto trafo, sedangkan K2 merupakan hubungan belitan bintang dari auto trafo tersebut. Jika hanya K1 saja yang bekerja tanpa operasi K2 maka auto trafo tersebut tidak bisa menghasilkan output tegangan karena loop trafo terbuka

Ketika K1 dan K2 sudah bekerja, maka supply tegangan ke motor 3 phasa bisa diatur dengan merubah posisi tap trafo secara bertahap. Proses ini sama dengan menaikan tegangan supply motor tiga phasa secara bertahap sehingga arus asut motor tiga phasa bisa di redam / tidak terlalu tinggi. Proses perpindahan dari tap auto ini biasanya dilakukan secara manual oleh operator motor walaupun tidak menutup kemungkinan jika dirancang otomatis mengenai perpindahan tap auto trafo tersebut.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Metodelogi dalam pengerjaan tugas akhir adalah kerangka berfikir yang digunakan selama pengerjaan tugas akhir mulai sejak tugas ahir pertama kali dikerjakan hingga tugas akhir dinyatakan selesai. Metodologi penelitian diperlukan agar proses penelitian dapat berjalan sesuai denganyang 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.

3.2 Urutan pengerjaan tugas akhir

Dalam sebuah pengerjaan tugas akhir diperlukan urutan – urutan pengerjaan yang sesuai dengan metodologi penelitian yang digunakan, hal ini dimaksudkan agar penelitian yang dikerjakan ini mendapatkan hasil sebagaimana yang diharapkan sebelumnya. Metodologi yang digunakan penulis untuk melakukan penelitian ini secara umum dimulai dengan indentifikasi masalah, studi literatur, pengambilan data (praktikum), analisa data, Analisa performance motor sebagai penggerak Bow thruster, Analisa dari performance dari kedua motor dan yang terakhir adalah hasil dan kesimpulan.

3.2.1 Identifikasi masalah

Pada tahap ini dapat diketahui masalah yang akan di bahas adalah analisa peforma motor DC *shunt* degan motor asinkron 3 fasa rotor belit. Pada Laboratorium Listik dan Otomasi Perkapalan terdapat motor DC *shunt* yang tidak digunakan yang mana tidak memiliki spesifikasi dan juga ada motor asinkron 3 fasa rotor belit yang baru digunakan semester kemarin sehingga dirasa perlu untuk membandingkan performa dari kedua motor tersebutt untuk penggerak *Bow thruster*.

3.2.2 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.

3.2.3 Menyusun dan Menentukan Perangkat

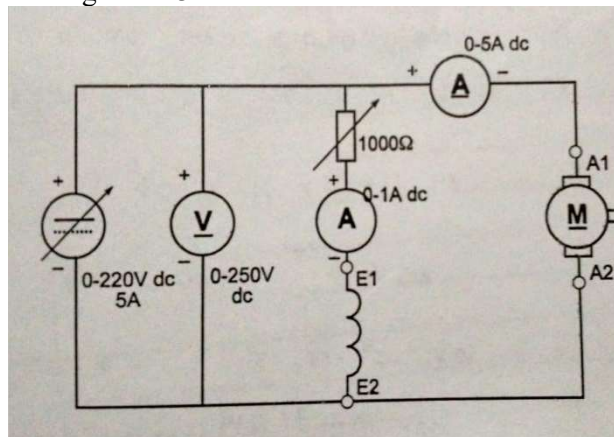
Agar mendapatkan data yang dibutuhkan, terlebih dahulu menyusun dan menentukan perangkat yang digunakan sebagai berikut:

a) Motor DC *shunt*

- Regulator
- Rectifier
- Variable Resistance
- Tachometer
- Multimeter
- Merger Tester

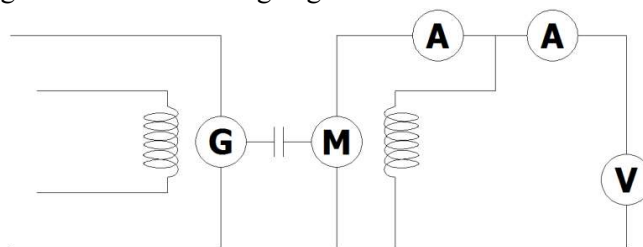
Setelah perangkat dipersiapkan maka langkah selanjutnya merangkai motor sesuai dengan buku pedoman sebagai berikut:

- Motor DC *shunt* tanpa beban
 - a) Mengukur tahanan jangkar dan tahanan medan motor
 - b) Motor DC disuplai tegangan oleh regulator yang sudah terhubung dengan rectifier
 - c) Variasikan tegangan masukan motor mulai 100 V sampai 200 V dengan perbedaan jarak tiap variabel 10 V
 - d) Amati putaran, arus jangkar dan arus medan.
 - e) Tambahkan variabel resistor pada terminal medan untuk mengatur kecepatan motor. Sesuai gambar 3.1



Gambar 3. 1 Percobaan motor DC shunt tanpa beban

- Motor DC *shunt* berbeban
 - a. Merangkai motor sesuai dengan gambar 3.2 berikut

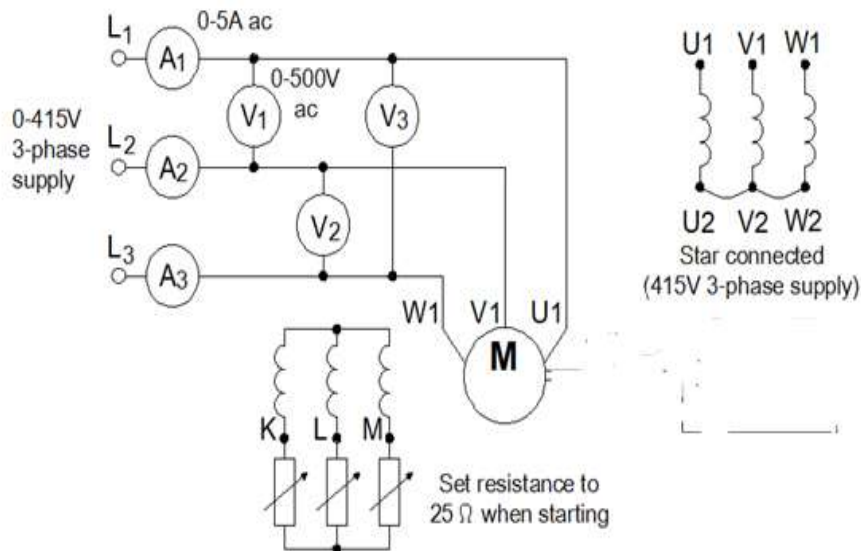


Gambar 3. 2 Percobaan motor DC shunt berbeban

- b. Motor DC disuplai tegangan oleh regulator yang sudah terhubung dengan rectifier
 - c. Tegangan terminal diatur sebesar 220 V.
 - d. Pembebanan dilakukan dengan memberikan arus magnetisasi pada generator, hingga daya keluaran dengan nominal 30 Watt, 60 Watt, 90 Watt, 120 Watt, 150 Watt dan 180 Watt.
 - e. Amati putaran, arus jangkar dan arus medan.
- b) Motor asinkron 3 fasa rotor belit slip ring
- Three phase motor starter
 - Single & three phase measurements
 - Three phase supply control
 - Variable resistance
 - Tachometer
 - Megger tester
 - Multimeter

Setelah perangkat dipersiapkan maka langkah selanjutnya merangkai motor sesuai dengan buku pedoman sebagai berikut:

- Motor asinkron tanpa beban

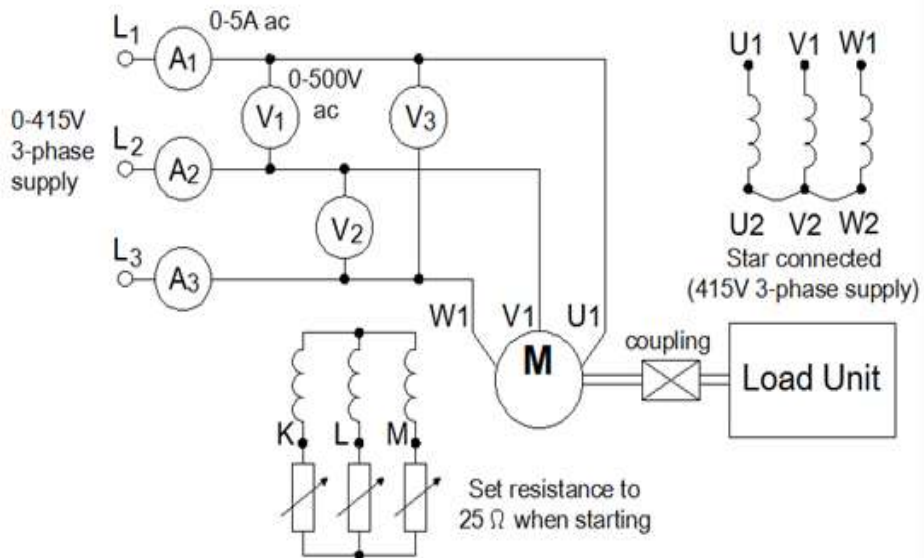


Gambar 3. 3 Percobaan motor asinkron tanpa beban

- a) Rangkai peralatan percobaan seperti gambar diatas.
- b) Hidupkan Three Phase Supply Control 60-100.
- c) Hidupkan Single & Three Phase Measurement 68-100.
- d) Baca Frekuensi, Daya, Tegangan line, Tegangan Fasa, Arus Line, Arus Fasa, Cos Φ pada Single & Three Phase Measurement 68-100.

- e) Baca putaran motor menggunakan alat tachometer.
- f) Baca tahanan kumparan jangkar menggunakan multimeter digital.
- g) Kita dapat membandingkan daya yang didapat dengan perhitungan rumus, apakah mendekati atau tidak.
- h) Setelah kita mendapatkan data tersebut barulah kita dapat menentukan torsi dengan menggunakan rumus torsi.
- i) Catat seluruh hasil yang didapat.

- Motor asinkron berbeban



Gambar 3. 4 Percobaan motor asinkron berbeban

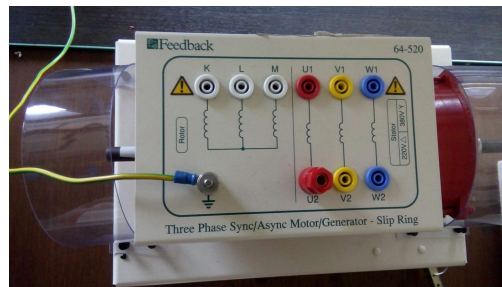
- a) Rangkai peralatan percobaan seperti gambar diatas.
- b) Hidupkan Three Phase Supply Control.
- c) Hidupkan Single & Three Phase Measurement
- d) Pembebanan dilakukan dengan memberikan arus magnetisasi pada generator, hingga daya keluaran dengan nominal 30 Watt, 60 Watt, 90 Watt, 120 Watt, 150 Watt dan 180 Watt.
- e) Amati putaran, arus jangkar dan arus medan.

3.2.4 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



Gambar 3. 5 Motor asinkron 3 fasa rotor belit
Sumber : lab MEAS



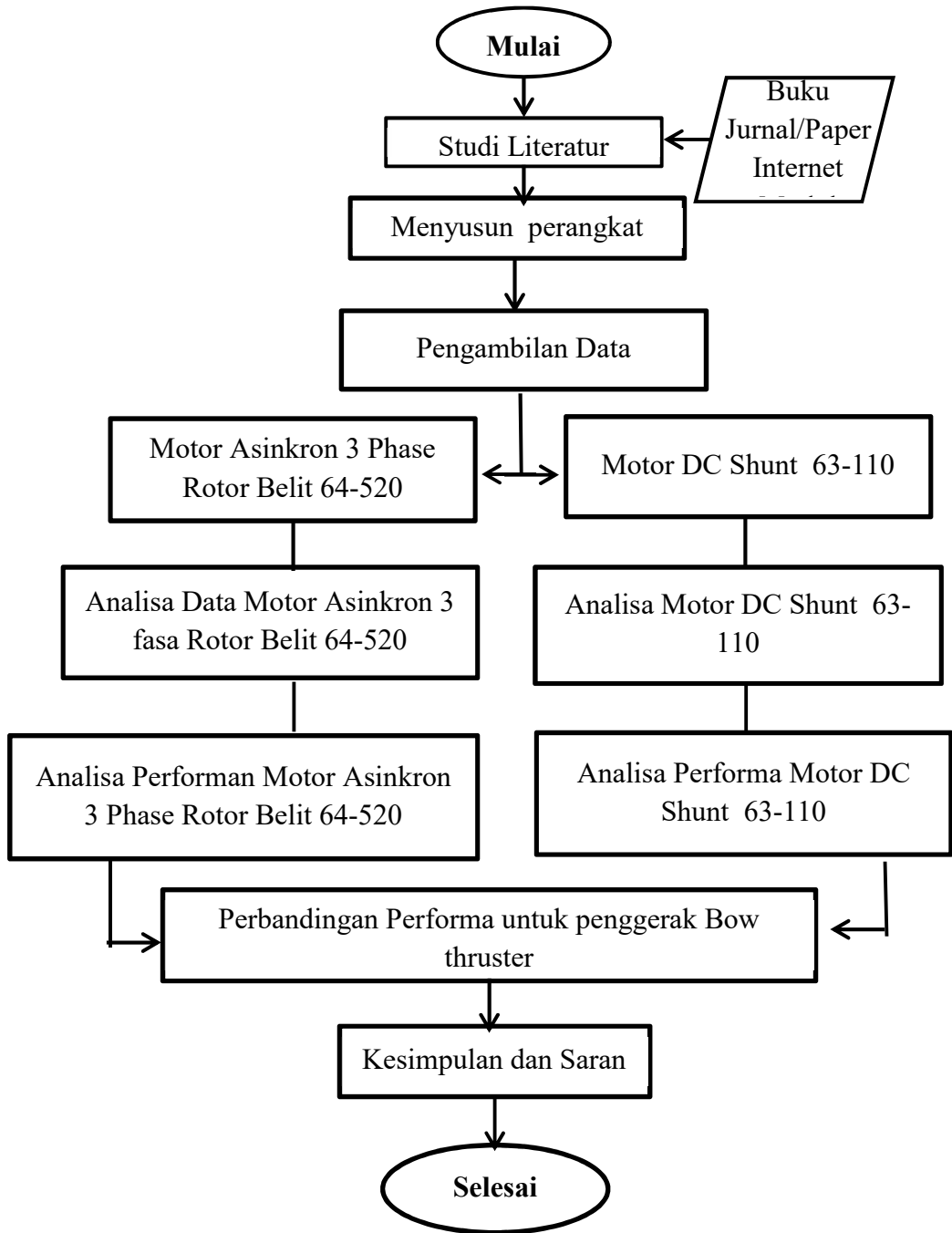
Gambar 3. 6 Motor DC shunt
Sumber : Lab MEAS

3.2.5 Analisa 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 dibandingkan antara kedua motor listrik ini untuk penggerak *Bow thruster*.

3.2.6 Kesimpulan dan saran

Setelah dilakukannya proses analisa data, tahapan selanjutnya adalah menarik kesimpulan atas hasil penelitian yang telah di dapatkan. Diharapkan nantinya hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan pemilihan motor penggerak *Bow thruster*.

Flow Chart Metodologi Penelitian

BAB IV

ANALISA DATA

Pada tahapan Analisa data penulis sebelumnya membaca manual book untuk motor asinkron 3 fasa rotor belit dan motor DC shunt feedback, disana terdapat penjelasan mengenai komponen yang digunakan untuk praktikum motor DC shunt dan motor asinkron 3 fasa juga tata cara dalam melakukan praktikum guna pengambilan data yang digunakan untuk analisa pada pembahasan kali ini. Data yang diambil untuk motor DC shunt pada saat praktikum adalah arus medan, arus jangkar, tegangan sumber, tahanan medan, tahanan jangkar dan putaran motor. Untuk motor asinkron 3 fasa rotor belit disana terdapat penjelasan mengenai komponen yang digunakan untuk praktikum motor asinkron 3 fasa rotor belit feedback tipe no.243 dan juga tata cara dalam melakukan kegiatan praktikum guna pengambilan data yang digunakan untuk analisa pada pembahasan kali ini. Data yang diambil pada saat praktikum adalah arus Tegangan line (VLine), Tegangan fasa (VFasa), Frekuensi, Faktor daya ($\cos \Phi$), Daya, Arus line (ILine), Arus fasa (IFasa), Tahanan kumparan jangkar, Putaran motor. Pada praktikum ini digunakan dua metode yaitu dengan kondisi motor berbeban dan tanpa beban, untuk motor berbeban digunakan dynamometer sebagai bebannya. Selain itu juga mengukur tahanan isolasi dengan menggunakan insulation tester guna dapat menentukan kondisi motor tersebut masih dalam kondisi baik atau tidak sebelum digunakan.

4.1 Hasil Praktikum

Berikut ini adalah data yang didapatkan dari hasil percobaan:

4.1.1 Motor DC Shunt

Sebelum melakukan percobaan, terlebih dahulu dilakukan pengukuran tahanan kumparan yang tujuannya untuk melihat kondisi motor masih layak untuk digunakan atau sudah mengalami penurunan performa. Didapatkan hasil pengukuran tahanan kumparan jangkar sebesar 15Ω , tahanan medan sebesar 750Ω dan tahanan isolasi Rshunt-bodi = $400 M \Omega$, Rjangkar-bodi = $500 M \Omega$. Menurut standarisasi I.E.E.E, nilai tahanan isolasi yang dimiliki motor DC shunt ini masih bagus karena $>$ dari $100 M\Omega$. Sedangkan nilai Standar (I.E.E.E.) Tahun pembuatan motor $>$ 1970 minimal memiliki nilai tahanan isolasi $>$ dari $100 M\Omega$ Selain itu kondisi bearing masih bagus karena saat dioperasikan tidak terdengar suara gesekan yang bias menimbulkan getaran pada saat motor berputar.

a. Motor DC Shunt tanpa beban

Pada percobaan ini dilakukan percobaan tanpa beban juga dilakukan kontrol kecepatan dengan menambahkan variabel tahanan (R_{adj}) yang bernilai 200Ω , 400Ω dan 600Ω . Berikut ini data yang diperoleh:

- **Motor dengan resistor 0 Ω**

Tabel 4. 1 Data motor DC Shunt dengan resistor 0 Ω

V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	RPM
100	0,29	0,16	0,13	1608
110	0,31	0,16	0,15	1729
120	0,32	0,16	0,16	1832
130	0,34	0,17	0,17	1935
140	0,37	0,18	0,19	2175
150	0,39	0,19	0,20	2289
160	0,4	0,19	0,21	2315
170	0,43	0,20	0,23	2451
180	0,44	0,20	0,24	2536
190	0,45	0,2	0,25	2635
200	0,47	0,2	0,27	2746

- **Motor dengan resistor 200 Ω**

Tabel 4. 2 Data motor DC Shunt dengan resistor 200 Ω

V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	RPM
100	0,29	0,18	0,11	1704
110	0,31	0,19	0,12	1806
120	0,32	0,19	0,13	1952
130	0,34	0,20	0,14	2036
140	0,36	0,21	0,15	2167
150	0,38	0,22	0,16	2251
160	0,39	0,22	0,17	2370
170	0,41	0,23	0,18	2478
180	0,43	0,24	0,19	2581
190	0,44	0,24	0,20	2691
200	0,46	0,25	0,21	2796

- **Motor dengan resistor 400 Ω**

Tabel 4. 3 Data motor DC Shunt dengan resistor 400 Ω

V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	RPM
100	0,27	0,18	0,09	1887
110	0,28	0,18	0,10	1988
V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	RPM
120	0,3	0,20	0,10	2097
130	0,31	0,20	0,11	2196
140	0,33	0,21	0,12	2303
150	0,34	0,21	0,13	2404
160	0,36	0,22	0,14	2520
170	0,38	0,23	0,15	2636
180	0,39	0,23	0,16	2737
190	0,4	0,23	0,17	2859
200	0,42	0,25	0,17	2960

- **Motor dengan resistor 600 Ω**

Tabel 4. 4 Data motor DC Shunt dengan resistor 600 Ω

V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	RPM
100	0,27	0,20	0,07	2087
110	0,28	0,20	0,08	2172
120	0,29	0,20	0,09	2251
130	0,3	0,20	0,10	2344
140	0,32	0,22	0,10	2452
150	0,33	0,22	0,11	2566
160	0,34	0,22	0,12	2658
170	0,35	0,22	0,13	2779
180	0,37	0,24	0,13	2873
190	0,38	0,24	0,14	2997
200	0,39	0,24	0,15	3102

b. Motor DC Shunt berbeban

Pada percobaan ini dilakukan percobaan berbeban dengan mengkopel motor dengan generator, kemudian generator akan dibebani lampu sebanyak 18 buah yang mana tiap-tiap lampu memiliki daya 10 Watt dengan variasi lampu sebanyak 3 buah,

6 buah, 9 buah, 12 buah, 15 buah dan 18 buah bola lampu. Berikut ini hasil data yang diperoleh:

Tabel 4. 5 Data motor DC Shunt pada saat pembebanan

Lampu	P(Watt)	Vt(V)	It(A)	RPM
3	182,6	220	0,83	2898
6	215,6	220	0,98	2877
9	250,8	220	1,14	2795
12	283,8	220	1,29	2763
15	314,6	220	1,43	2735
18	345,4	220	1,57	2715

4.1.2 Motor Asinkron 3 fasa rotor belit

Sebelum melakukan percobaan, terlebih dahulu dilakukan pengukuran tahanan isolasi yang tujuannya untuk melihat kondisi motor layak untuk digunakan atau sudah mengalami penurunan performa. Diperoleh hasil pengukuran pada kumparan stator (UI-UI = 34,5 Ω , V1-V1 = 34,5 Ω , W1-W1 = 34,5 Ω dan tahanan isolasi K-K = 500 M Ω Menurut standarisasi I.E.E.E, nilai tahanan isolasi yang dimiliki Motor Asinkron 3 Fasa Rotor Belit ini masih bagus karena > dari 100 M Ω . Sedangkan nilai Standar (I.E.E.E.) Tahun pembuatan motor > 1970 minimal > dari 100 M Ω . Selain itu kondisi bearing masih bagus karena saat dioperasikan tidak terdengar suara gesekan yang bias menimbulkan getaran pada saat motor berputar.

a. Motor Asinkron 3 fasa rotor belit tanpa beban

Pada percobaan ini dilakukan percobaan tanpa beban juga dilakukan kontrol kecepatan dengan menambahkan variabel tahanan (Radj) yang bernilai 25 Ω , 20 Ω , 15 Ω , 10 Ω , 5 Ω dan 0 Ω . Berikut ini data yang diperoleh:

- **Daya, frekuensi dan $\cos \phi$ motor dengan resistor 0-25 Ω**

Tabel 4. 6 Daya, frekuensi dan $\cos \phi$ motor asinkron 3 fasa rotor belit dengan resistor 0-25 Ω

NO	Ω	W	f	COS Φ
1	25	50,9	50,0	0.24
2	20	53,0	50,0	0.25
3	15	54.2	50,0	0.25
4	10	53.6	50,0	0.25
5	5	54.6	50,1	0.25
6	0	55.4	50,0	0.25

- **VLine dan VFasa motor dengan resistor 0-25 Ω**

Tabel 4. 7 VLine dan VFasa motor dengan resistor 0-25 Ω

NO	Ω	VL	VL1	VL2	VL3
1	25	395	227	230	228
2	20	395	227	230	228
3	15	396	227	230	228
4	10	395	226	230	229
5	5	397	228	232	230
6	0	398	228	231	230

- **ILine dan IFasa motor dengan resistor 0-25 Ω**

Tabel 4. 8 ILine dan IFasa motor dengan resistor 0-25 Ω

NO	Ω	IL	IL1	IL2	IL3
1	25	0.311	0.295	0.315	0.325
2	20	0.311	0.301	0.31	0.323
3	15	0.312	0.296	0.318	0.321
4	10	0.31	0.294	0.317	0.323
5	5	0.313	0.317	0.324	0.317
6	0	0.313	0.317	0.330	0.317

- **Arus pada kumparan jangkar dan Rpm motor dengan resistor 0-25 Ω**

Tabel 4. 9 Arus pada kumparan jangkar dan Rpm motor dengan resistor 0-25 Ω

NO	Ω	IR1	IR2	IR3	RPM
1	25	0.03	0.03	0.03	2582
2	20	0.04	0.04	0.04	2651
3	15	0.05	0.05	0.05	2720
4	10	0.06	0.06	0.06	2792
5	5	0.07	0.07	0.07	2855
6	0	0.08	0.08	0.08	2912

b. Motor Asinkron 3 fasa rotor belit berbeban

Pada percobaan ini dilakukan percobaan berbeban dengan mengkopel motor dengan generator, kemudian generator akan dibebani lampu sebanyak 18 buah yang mana tiap-tiap lampu memiliki daya 10 Watt dengan variasi lampu sebanyak 3 buah,

6 buah, 9 buah, 12 buah, 15 buah dan 18 buah bola lampu. Berikut ini hasil data yang diperoleh:

Tabel 4. 10 Data motor asinkron 3 fasa rotor belit pada saat pembebanan

Lampu	V Phase(V)			I Phase(A)			P(Watt)
	R	S	T	R	S	T	
3	220	220	220	0,34	0,34	0,33	123
6	220	220	220	0,38	0,38	0,37	166
9	220	220	220	0,42	0,42	0,41	205
12	220	220	220	0,48	0,48	0,48	253
15	220	220	220	0,52	0,52	0,52	292
18	220	220	220	0,56	0,56	0,56	318
Lampu	Cos Q		RPM		Frekuensi(Hz)		
3	0,55		2892		50		
6	0,66		2848		50		
9	0,74		2796		50		
12	0,8		2771		50		
15	0,85		2741		50		
18	0,86		2720		50		

4.2 Perhitungan Data

Setelah pengambilan data telah dilakukan, langkah selanjutnya adalah perhitungan beberapa parameter dari data yang telah didapat, yang selanjutnya dapat digunakan sebagai acuan didalam analisa data.

4.2.1 Percobaan Tanpa Beban

a. Motor DC Shunt tanpa beban

- Perhitungan daya

Daya yang dimaksud disini adalah daya input yang diterima oleh motor, karena tidak semua daya input keluar menjadi daya output, ada beberapa rugi yang menjadi penentu daya output. Untuk menghitung nilai daya masukan motor dapat digunakan persamaan berikut ini.

$$P_{in} = (V \times I_a) + (V \times I_f)$$

Dimana,

V : Tegangan masukan

I_a : Arus jangkar

I_f : Arus medan

Sehingga nilai daya yang didapat sebagai berikut.

- a. Motor DC shunt dengan resistor 0Ω

$$P_{in} = (100 \times 0,157) + (100 \times 0,133) \\ = 29 \text{ Watt}$$

Setelah hasil dari daya pada saat motor diberikan tegangan input sebesar 100 V, untuk menghitung daya dari 110-200 V digunakan rumus yang sama seperti diatas. Maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Daya motor DC shunt dengan resistor 0Ω

DAYA INPUT (Watt)	V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)
29,0	100	0,29	0,157	0,133
34,1	110	0,31	0,163	0,147
38,4	120	0,32	0,160	0,160
44,2	130	0,34	0,167	0,173
51,8	140	0,37	0,183	0,187
58,5	150	0,39	0,190	0,200
64,0	160	0,4	0,187	0,213
73,1	170	0,43	0,203	0,227
79,2	180	0,44	0,200	0,240
85,5	190	0,45	0,200	0,253
94,0	200	0,47	0,200	0,267

- b. Motor DC shunt dengan resistor 200Ω

$$P_{in} = (100 \times 0,185) + (100 \times 0,105) \\ = 29 \text{ Watt}$$

Setelah hasil dari daya pada saat motor diberikan tegangan input sebesar 100 V, untuk menghitung daya dari 110-200 V digunakan rumus yang sama seperti diatas. Maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Daya motor DC shunt dengan resistor 200Ω

DAYA INPUT (Watt)	V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)
29,0	100	0,29	0,185	0,105
34,1	110	0,31	0,194	0,116
38,4	120	0,32	0,194	0,126
44,2	130	0,34	0,203	0,137
50,4	140	0,36	0,213	0,147

DAYA INPUT (Watt)	V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)
57,0	150	0,38	0,222	0,158
62,4	160	0,39	0,222	0,168
69,7	170	0,41	0,231	0,179
77,4	180	0,43	0,241	0,189
83,6	190	0,44	0,200	0,200
92,0	200	0,46	0,200	0,211

- c. Motor DC shunt dengan resistor 400 Ω

$$P_{in} = (100 \times 0,183) + (100 \times 0,087) \\ = 27 \text{ Watt}$$

Setelah hasil dari daya pada saat motor diberikan tegangan input sebesar 100 V, untuk mengitungan daya dari 110-200 V digunakan rumus yang sama seperti diatas. Maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Daya motor DC shunt dengan resistor 400 Ω

DAYA INPUT (Watt)	V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)
27,0	100	0,27	0,183	0,087
30,8	110	0,28	0,184	0,096
36,0	120	0,3	0,196	0,104
40,3	130	0,31	0,197	0,113
46,2	140	0,33	0,208	0,122
51,0	150	0,34	0,210	0,130
57,6	160	0,36	0,221	0,139
64,6	170	0,38	0,232	0,148
70,2	180	0,39	0,233	0,157
76,0	190	0,4	0,200	0,165
84,0	200	0,42	0,200	0,174

- d. Motor DC shunt dengan resistor 600 Ω

$$P_{in} = (100 \times 0,196) + (100 \times 0,074) \\ = 27 \text{ Watt}$$

Setelah hasil dari daya pada saat motor diberikan tegangan input sebesar 100 V, untuk mengitungan daya dari 110-200 V digunakan rumus yang sama seperti diatas. Maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Daya motor DC shunt dengan resistor 600 Ω

DAYA INPUT (Watt)	V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)
27,0	100	0,27	0,196	0,074
30,8	110	0,28	0,199	0,081
34,8	120	0,29	0,201	0,089
39,0	130	0,3	0,204	0,096
44,8	140	0,32	0,216	0,104
49,5	150	0,33	0,219	0,111
54,4	160	0,34	0,221	0,119
59,5	170	0,35	0,224	0,126
66,6	180	0,37	0,237	0,133
72,2	190	0,38	0,200	0,141
78,0	200	0,39	0,200	0,148

- Perhitungan Rugi

Untuk mencari daya keluaran diperlukan perhitungan rugi. Sebelum mencari nilai rugi perlu dilakukan pengukuran ditiap kumparan. Untuk mencari rugi dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Ammatur Cu losses} = I_a^2 R_a$$

Dimana, I_a : Arus jangkar

R_a : Tahanan jangkar

$$\text{Field Cu loss} = I_{sh}^2 R_{sh}$$

I_{sh} : Arus medan (*shunt*)

R_{sh} : Tahanan medan (*shunt*)

Sedangkan untuk nilai tahanan ditiap kumparan sebagai berikut :

a. Motor DC shunt dengan resistor 0 Ω

- o Tahanan jangkar : 15 ohm

- o Tahanan medan : 750 ohm

$$\begin{aligned} \text{Ammatur Cu losses} &= I_a^2 R_a \\ &= 0,185^2 \times 15 \\ &= 0,4 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\text{Field Cu loss} = I_{sh}^2 R_{sh}$$

$$= 0,133^2 \times 750$$

$$= 13,3 \text{ Watt}$$

Data hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4. 15 Rugi motor DC shunt dengan resistor 0 Ω

V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	Ia ² Ra (Watt)	Irsh ² Rsh (Watt)
100	0,29	0,157	0,133	0,4	13,3
110	0,31	0,163	0,147	0,4	16,1
120	0,32	0,160	0,160	0,4	19,2
130	0,34	0,167	0,173	0,4	22,5
140	0,37	0,183	0,187	0,5	26,1
150	0,39	0,190	0,200	0,5	30,0
160	0,4	0,187	0,213	0,5	34,1
170	0,43	0,203	0,227	0,6	38,5
180	0,44	0,200	0,240	0,6	43,2
190	0,45	0,200	0,253	0,6	48,1
200	0,47	0,200	0,267	0,6	53,3

b. Motor DC shunt dengan resistor 200 Ω

o Tahanan jangkar : 15 ohm

o Tahanan medan : 950 ohm

$$\text{Armatur Cu losses} = I_a^2 R_a$$

$$= 0,185^2 \times 15$$

$$= 0,5 \text{ Watt}$$

$$\text{Field Cu loss} = I_{sh}^2 R_{sh}$$

$$= 0,105^2 \times 950$$

$$= 10,5 \text{ Watt}$$

Data hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4. 16 Rugi motor DC shunt dengan resistor 200 Ω

V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	Ia ² Ra (Watt)	Irsh ² Rsh (Watt)
100	0,29	0,185	0,105	0,5	10,5
110	0,31	0,194	0,116	0,6	12,7
120	0,32	0,194	0,126	0,6	15,2
130	0,34	0,203	0,137	0,6	17,8
140	0,36	0,213	0,147	0,7	20,6
150	0,38	0,222	0,158	0,7	23,7
160	0,39	0,222	0,168	0,7	26,9

V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	Ia ² Ra (Watt)	Irsh ² Rsh (Watt)
170	0,41	0,231	0,179	0,8	30,4
180	0,43	0,241	0,189	0,9	34,1
190	0,44	0,200	0,200	0,6	38,0
200	0,46	0,200	0,211	0,6	42,1

c. Motor DC shunt dengan resistor 400 Ω

- Tahanan jangkar : 15 ohm
- Tahanan medan : 1150 ohm

$$\begin{aligned} \text{Aramatur Cu losses} &= I_a^2 R_a \\ &= 0,183^2 \times 15 \\ &= 0,5 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Field Cu loss} &= I_{sh}^2 R_{sh} \\ &= 0,087^2 \times 1150 \\ &= 8,7 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Data hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4. 17 Rugi motor DC shunt dengan resistor 400 Ω

V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	Ia ² Ra (Watt)	Irsh ² Rsh (Watt)
100	0,27	0,183	0,087	0,5	8,7
110	0,28	0,184	0,096	0,5	10,5
120	0,3	0,196	0,104	0,6	12,5
130	0,31	0,197	0,113	0,6	14,7
140	0,33	0,208	0,122	0,7	17,0
150	0,34	0,210	0,130	0,7	19,6
160	0,36	0,221	0,139	0,7	22,3
V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	Ia ² Ra (Watt)	Irsh ² Rsh (Watt)
170	0,38	0,232	0,148	0,8	25,1
180	0,39	0,233	0,157	0,8	28,2
190	0,4	0,200	0,165	0,6	31,4
200	0,42	0,200	0,174	0,6	34,8

d. Motor DC shunt dengan resistor 600 Ω

- Tahanan jangkar : 15 ohm
- Tahanan medan : 1350 ohm

$$\begin{aligned} \text{Aramatur Cu losses} &= I_a^2 R_a \\ &= 0,196^2 \times 15 \\ &= 0,6 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\text{Field Cu loss} = I_{sh}^2 R_{sh}$$

$$= 0,074^2 \times 1350$$

$$= 7,4 \text{ Watt}$$

Data hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4. 18 Rugi motor DC shunt dengan resistor 600 Ω

V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	Ia ² Ra (Watt)	Irsh ² Rsh (Watt)
100	0,27	0,196	0,074	0,6	7,4
110	0,28	0,199	0,081	0,6	9,0
120	0,29	0,201	0,089	0,6	10,7
130	0,3	0,204	0,096	0,6	12,5
140	0,32	0,216	0,104	0,7	14,5
150	0,33	0,219	0,111	0,7	16,7
160	0,34	0,221	0,119	0,7	19,0
170	0,35	0,224	0,126	0,8	21,4
180	0,37	0,237	0,133	0,8	24,0
190	0,38	0,200	0,141	0,6	26,7
200	0,39	0,200	0,148	0,6	29,6

- Perhitungan W konstan

Untuk mencari besar W konstan terlebih dahulu mengetahui besar daya masukan dan rugi tembaga jangkar. Setelah itu dilakukan perhitungan menggunakan rumus berikut ini :

$$W_C : P_{in} - I_a^2 R_a$$

$$\text{Dimana } P_{in} : 29 \text{ Watt}$$

$$I_a^2 R_a : 0,4 \text{ Watt}$$

$$W_C : 29 - 0,4 : 28,6 \text{ Watt}$$

Setelah hasil dari rugi konstan pada saat motor diberikan tegangan input sebesar 100 V, untuk mengitungan besar rugi total dari 110-200 V digunakan rumus yang sama seperti diatas.

Data hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4. 19 Nilai W konstan motor DC shunt

DAYA INPUT (Watt)	V(Volt)	IL(A)	Ia(A)	If(A)	Ia ² Ra (Watt)	Wc (Watt)
29,0	100	0,29	0,157	0,133	0,4	28,6
34,1	110	0,31	0,163	0,147	0,4	33,7
38,4	120	0,32	0,160	0,160	0,4	38,0
44,2	130	0,34	0,167	0,173	0,4	43,8
51,8	140	0,37	0,183	0,187	0,5	51,3

DAYA INPUT (Watt)	V(Volt)	IL(A)	Ia(A)	If(A)	Ia2Ra (Watt)	Wc (Watt)
58,5	150	0,39	0,190	0,200	0,5	58,0
64,0	160	0,4	0,187	0,213	0,5	63,5
73,1	170	0,43	0,203	0,227	0,6	72,5
79,2	180	0,44	0,200	0,240	0,6	78,6
85,5	190	0,45	0,200	0,253	0,6	84,9
94,0	200	0,47	0,200	0,267	0,6	93,4

b. Motor asinkron 3 fasa rotor belit tanpa beban

Pada tahap ini kita dapat membandingkan daya dari display dan daya dari perhitungan. Dari percobaan pertama tanpa beban pada hambatan 25 ohm didapatkan data sebagai berikut :

- Frekuensi = 50 Hz
- Daya = 50,9 watt
- VLine= 395 Volt
- VFasa=
 - R = 227 Volt
 - S = 230 Volt
 - T = 228 Volt
- ILine= 0,311 Ampere
- IFasa =
 - R = 0,31 Ampere
 - S = 0,31 Ampere
 - T = 0,31 Ampere
- Putaran = 2582 rpm
- Cos ϕ = 0.24

Untuk perhitungan daya sendiri adalah :

- Daya = $\sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \phi$
 $= \sqrt{3} \times 395 \times 0,311 \times 0,24$
 $= 51,6 \text{ Watt}$

- Perhitungan Torsi

Untuk perhitungan Torsi menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T = P / \omega$$

$$T = P / 2\pi (rps)$$

$$T = 51,6 / 2\pi (2582/60)$$

$$= 0,191 \text{ Nm}$$

Untuk perhitungan Slip menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N_s = \frac{120 \times f}{P}$$

Dimana P = Jumlah kutup = 2

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{2}$$

$$= 3000$$

$$N_r = 2584$$

$$\% \text{ slip} = \frac{n_s - n_p}{n_s} \times 100$$

$$\% \text{ slip} = \frac{3000 - 2584}{3000} \times 100$$

$$= 14$$

Untuk percobaan kedua pada hambatan 20Ω sampai dengan kelima pada hambatan 0Ω dapat dicari dengan cara yang sama seperti di atas dan hasilnya dapat dilihat di dalam tabel berikut :

Tabel 4. 20 Hasil Analisa Percobaan Tanpa Beban Pada Hambatan $25\Omega - 0\Omega$

Resistance	Frekuensi(Hz)	Daya (W)	V line (V)	V phase (V)		
				R	S	T
25	50	51,6	395	227	230	228
20	50	53,7	395	227	230	228
15	50	54,1	396	227	230	228
10	50	53,6	395	226	230	229
5	50,1	54,4	397	228	232	230
0	50	54,5	398	228	231	230

COS Q	I line (A)	I phase (A)			Putaran (RPM)	Torsi (Nm)	Slip (%)
		R	S	T			
0,24	0,311	0,311	0,311	0,311	2582	0,191	14
0,25	0,311	0,311	0,311	0,311	2651	0,194	12
0,25	0,312	0,312	0,312	0,312	2720	0,190	9
0,25	0,31	0,31	0,31	0,31	2792	0,183	7
0,25	0,313	0,313	0,313	0,313	2855	0,182	5
0,25	0,313	0,313	0,313	0,313	2919	0,178	3

4.2.2 Percobaan Berbeban

a. Motor DC shunt berbeban

- Motor DC shunt berbeban 3 lampu

Pada percobaan pertama motor akan dikopel dengan generator yang kemudian dibebani dengan 3 buah lampu dan didapatkan data sebagai berikut :

- $V_{\text{line}} = 220 \text{ V}$
- $I_{\text{line}} = 0,83 \text{ A}$
- Putaran = 2898
- $P_{\text{out generator}} = 32,7 \text{ Watt}$

Dari data diatas kita dapat menghitung daya masukan, torsi dan efisiensi.

- Perhitungan daya masukan

$$P_{\text{in}} = V \times I$$

$$P_{\text{in}} = 220 \times 0,83 \\ = 182,6 \text{ Watt}$$

- Perhitungan daya keluaran

$$P_{\text{out}} = P_{\text{out(generator)}} / \text{Effisiensi generator}$$

Dimana efisiensi generator sebesar 60%

$$P_{\text{out}} = 32,7 / 0,6 \\ = 54,5 \text{ Watt}$$

- Perhitungan Torsi

$$T = \frac{P_{\text{Out}}}{\omega}$$

$$T = \frac{P_{\text{Out}}}{2\pi \text{ (rps)}}$$

$$T = \frac{54,5}{303}$$

$$T = 0,180 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{\text{Out}}}{P_{\text{In}}}$$

$$\eta = \frac{54,5}{182,6}$$

$$\eta = 0,3$$

- Motor DC shunt berbeban 6 lampu

Pada percobaan pertama motor akan dikopel dengan generator yang kemudian dibebani dengan 6 buah lampu dan didapatkan data sebagai berikut :

- $V_{\text{line}} = 220 \text{ V}$
- $I_{\text{line}} = 0,98 \text{ A}$
- Putaran = 2877
- $P_{\text{out generator}} = 65,4 \text{ Watt}$

Dari data diatas kita dapat menghitung daya masukan, torsi dan efisiensi.

- Perhitungan daya masukan

$$P_{\text{in}} = V \times I$$

$$P_{\text{in}} = 220 \times 0,98 \\ = 215,6 \text{ Watt}$$

- Perhitungan daya keluaran

$$P_{\text{out}} = P_{\text{out(generator)}} / \text{Effisiensi generator}$$

Dimana efisiensi generator sebesar 60%

$$P_{out} = 65,4 / 0,6 \\ = 109,0 \text{ Watt}$$

- Perhitungan Torsi

$$T = \frac{P_{Out}}{\omega} \\ T = \frac{P_{Out}}{2\pi \text{ (rps)}}$$

$$T = \frac{109}{301} \\ T = 0,362 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}} \\ \eta = \frac{109}{215,6} \\ \eta = 0,51$$

- Motor DC shunt berbeban 9 lampu

Pada percobaan pertama motor akan dikopel dengan generator yang kemudian dibebani dengan 9 buah lampu dan didapatkan data sebagai berikut :

- $V_{line} = 220 \text{ V}$
- $I_{line} = 1,14 \text{ A}$
- Putaran = 2795
- $P_{out} \text{ generator} = 100,5 \text{ Watt}$

Dari data diatas kita dapat menghitung daya masukan, torsi dan efisiensi.

- Perhitungan daya masukan

$$P_{in} = V \times I \\ P_{in} = 220 \times 1,14 \\ = 250,8 \text{ Watt}$$

- Perhitungan daya keluaran

$$P_{out} = P_{out}(\text{generator}) / \text{Efisiensi generator} \\ \text{Dimana efisiensi generator sebesar } 60\% \\ P_{out} = 100,5 / 0,6 \\ = 167,5 \text{ Watt}$$

- Perhitungan Torsi

$$T = \frac{P_{Out}}{\omega} \\ T = \frac{P_{Out}}{2\pi \text{ (rps)}}$$

$$T = \frac{167,5}{293} \\ T = 0,573 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}} \\ \eta = \frac{167,5}{250,8}$$

$$\eta = 0,67$$

- Motor DC shunt berbeban 12 lampu

Pada percobaan pertama motor akan dikopel dengan generator yang kemudian dibebani dengan 12 buah lampu dan didapatkan data sebagai berikut :

- $V_{\text{line}} = 220 \text{ V}$
- $I_{\text{line}} = 1,29 \text{ A}$
- Putaran = 2763
- $P_{\text{out generator}} = 128,7 \text{ Watt}$

Dari data diatas kita dapat menghitung daya masukan, torsi dan efisiensi.

- Perhitungan daya masukan

$$P_{\text{in}} = V \times I$$

$$P_{\text{in}} = 220 \times 1,29$$

$$= 283,8 \text{ Watt}$$

- Perhitungan daya keluaran

$$P_{\text{out}} = P_{\text{out(generator)}} / \text{Effisiensi generator}$$

Dimana efisiensi generator sebesar 60%

$$P_{\text{out}} = 128,7 / 0,6$$

$$= 214,5 \text{ Watt}$$

- Perhitungan Torsi

$$T = \frac{P_{\text{Out}}}{\omega}$$

$$T = \frac{P_{\text{Out}}}{2\pi (\text{rps})}$$

$$T = \frac{214,5}{289}$$

$$T = 0,742 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{\text{Out}}}{P_{\text{In}}}$$

$$\eta = \frac{214,5}{283,8}$$

$$\eta = 0,76$$

- Motor DC shunt berbeban 15 lampu

Pada percobaan pertama motor akan dikopel dengan generator yang kemudian dibebani dengan 15 buah lampu dan didapatkan data sebagai berikut :

- $V_{\text{line}} = 220 \text{ V}$
- $I_{\text{line}} = 1,43 \text{ A}$
- Putaran = 2735
- $P_{\text{out generator}} = 156,3 \text{ Watt}$

Dari data diatas kita dapat menghitung daya masukan, torsi dan efisiensi.

- Perhitungan daya masukan

$$P_{\text{in}} = V \times I$$

$$P_{\text{in}} = 220 \times 1,43$$

$$= 314,6 \text{ Watt}$$

- Perhitungan daya keluaran
 $P_{out} = P_{out}(\text{generator}) / \text{Effisiensi generator}$
 Dimana effisiensi generator sebesar 60%
 $P_{out} = 156,3 / 0,6$
 $= 260,5 \text{ Watt}$
- Perhitungan Torsi

$$T = \frac{P_{Out}}{\omega}$$

$$T = \frac{P_{Out}}{2\pi \text{ (rps)}}$$

$$T = \frac{260,5}{286}$$
 $T = 0,91 \text{ Nm}$
- Perhitungan Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}}$$

$$\eta = \frac{260,5}{314,6}$$
 $\eta = 0,83$
- Motor DC shunt berbeban 18 lampu
 Pada percobaan pertama motor akan dikopel dengan generator yang kemudian dibebani dengan 18 buah lampu dan didapatkan data sebagai berikut :
 - $V_{line} = 220 \text{ V}$
 - $I_{line} = 1,57 \text{ A}$
 - Putaran = 2715
 - $P_{out} \text{ generator} = 178,2 \text{ Watt}$
 Dari data diatas kita dapat menghitung daya masukan, torsi dan effisiensi.
- Perhitungan daya masukan
 $P_{in} = V \times I$
 $P_{in} = 220 \times 1,57$
 $= 345,4 \text{ Watt}$
- Perhitungan daya keluaran
 $P_{out} = P_{out}(\text{generator}) / \text{Effisiensi generator}$
 Dimana effisiensi generator sebesar 60%
 $P_{out} = 178,2 / 0,6$
 $= 297 \text{ Watt}$
- Perhitungan Torsi

$$T = \frac{P_{Out}}{\omega}$$

$$T = \frac{P_{Out}}{2\pi \text{ (rps)}}$$

$$T = \frac{297}{284}$$
 $T = 0,1,045 \text{ Nm}$
- Perhitungan Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}}$$

$$\eta = \frac{297}{345,4}$$

$$\eta = 0,86$$

Tabel 4. 21 Hasil Analisa percobaan motor DC shunt berbeban

Lampu	P(Watt)	Vt(V)	At(A)	RPM
3	182,6	220	0,83	2898
6	215,6	220	0,98	2877
9	250,8	220	1,14	2795
12	283,8	220	1,29	2763
15	314,6	220	1,43	2735
18	345,4	220	1,57	2715

P OUT MOTOR(Watt)	KEC SUDUT (rad/s)	TORSI (Nm)	EFFISIENSI MOTOR (%)
54,5	303	0,180	30
109,0	301	0,362	51
167,5	293	0,573	67
214,5	289	0,742	76
260,5	286	0,910	83
297,0	284	1,045	86

b. Motor Asinkron 3 Fasa Rotor Belit berbeban

- Motor Asinkron 3 Fasa Rotor Belit berbeban 3 lampu
 Pada percobaan pertama motor akan dikopel dengan generator yang kemudian dibebani dengan 3 buah lampu dan didapatkan data sebagai berikut
 - Frekuensi = 50 Hz
 - $V_{line} = 381 \text{ V}$
 - $I_{line} = 0,34 \text{ A}$
 - $\cos \phi = 0,55$
 - Putaran = 2892
 - $P_{out} \text{ generator} = 33,3 \text{ Watt}$
 Dari data diatas kita bandingkan dengan perhitungan manual untuk mendapatkan masukan daya, torsi dan efisiensi dari motor.
- Perhitungan masukan daya
 $P_{in} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$
 $= \sqrt{3} \times 381 \times 0,34 \times 0,55$

$$= 123 \text{ watt}$$

- Perhitungan Torsi

$$T = \frac{P_{Out}}{\omega}$$

$$T = \frac{P_{Out}}{2\pi \text{ (rps)}}$$

$$T = \frac{33,3}{298}$$

$$T = 0,183 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}}$$

$$\eta = \frac{33,3}{123}$$

$$\eta = 0,45$$

- Motor Asinkron 3 Fasa Rotor Belit berbeban 6 lampu

Pada percobaan pertama motor akan dikopel dengan generator yang kemudian dibebani dengan 6 buah lampu dan didapatkan data sebagai berikut

- Frekuensi = 50 Hz
- $V_{line} = 381 \text{ V}$
- $I_{line} = 0,38 \text{ A}$
- $\text{Cos } \phi = 0,66$
- Putaran = 2848
- $P_{out} \text{ generator} = 64,2 \text{ Watt}$

Dari data diatas kita bandingkan dengan perhitungan manual untuk mendapatkan masukan daya, torsi dan efisiensi dari motor.

- Perhitungan masukan daya

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \phi$$

$$= \sqrt{3} \times 381 \times 0,38 \times 0,66$$

$$= 166 \text{ watt}$$

- Perhitungan Torsi

$$T = \frac{P_{Out}}{\omega}$$

$$T = \frac{P_{Out}}{2\pi \text{ (rps)}}$$

$$T = \frac{64,2}{298}$$

$$T = 0,359 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}}$$

$$\eta = \frac{64,2}{166}$$

$$\eta = 0,65$$

- Motor Asinkron 3 Fasa Rotor Belit berbeban 9 lampu

Pada percobaan pertama motor akan dikopel dengan generator yang kemudian dibebani dengan 9 buah lampu dan didapatkan data sebagai berikut

- Frekuensi = 50 Hz

- $V_{\text{line}} = 381 \text{ V}$
- $I_{\text{line}} = 0,42 \text{ A}$
- $\text{Cos } \phi = 0,74$
- Putaran = 2796
- $P_{\text{out generator}} = 99 \text{ Watt}$

Dari data diatas kita bandingkan dengan perhitungan manual untuk mendapatkan masukan daya, torsi dan efisiensi dari motor.

- Perhitungan masukan daya

$$P_{\text{in}} = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \phi$$

$$= \sqrt{3} \times 381 \times 0,42 \times 0,74$$

$$= 205 \text{ watt}$$

- Perhitungan Torsi

$$T = \frac{P_{\text{Out}}}{\omega}$$

$$T = \frac{P_{\text{Out}}}{2\pi (\text{rps})}$$

$$T = \frac{99}{293}$$

$$T = 0,564 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{\text{Out}}}{P_{\text{In}}}$$

$$\eta = \frac{99}{205}$$

$$\eta = 0,80$$

- Motor Asinkron 3 Fasa Rotor Belit berbeban 12 lampu

Pada percobaan pertama motor akan dikopel dengan generator yang kemudian dibebani dengan 12 buah lampu dan didapatkan data sebagai berikut :

- Frekuensi = 50 Hz
- $V_{\text{line}} = 381 \text{ V}$
- $I_{\text{line}} = 0,48 \text{ A}$
- $\text{Cos } \phi = 0,8$
- Putaran = 2741
- $P_{\text{out generator}} = 131,4 \text{ Watt}$

Dari data diatas kita bandingkan dengan perhitungan manual untuk mendapatkan masukan daya, torsi dan efisiensi dari motor.

- Perhitungan masukan daya

$$P_{\text{in}} = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \phi$$

$$= \sqrt{3} \times 381 \times 0,48 \times 0,8$$

$$= 253 \text{ watt}$$

- Perhitungan Torsi

$$T = \frac{P_{\text{Out}}}{\omega}$$

$$T = \frac{P_{\text{Out}}}{2\pi (\text{rps})}$$

$$T = \frac{131,4}{290}$$

$$T = 0,755 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}}$$

$$\eta = \frac{131,4}{253}$$

$$\eta = 0,86$$

- Motor Asinkron 3 Fasa Rotor Belit berbeban 15 lampu

Pada percobaan pertama motor akan dikopel dengan generator yang kemudian dibebani dengan 15 buah lampu dan didapatkan data sebagai berikut

- Frekuensi = 50 Hz
- $V_{line} = 381 \text{ V}$
- $I_{line} = 0,52 \text{ A}$
- $\text{Cos } \phi = 0,85$
- Putaran = 2741
- $P_{out} \text{ generator} = 157,8 \text{ Watt}$

Dari data diatas kita bandingkan dengan perhitungan manual untuk mendapatkan masukan daya, torsi dan efisiensi dari motor.

- Perhitungan masukan daya

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \phi$$

$$= \sqrt{3} \times 381 \times 0,52 \times 0,85$$

$$= 292 \text{ watt}$$

- Perhitungan Torsi

$$T = \frac{P_{Out}}{\omega}$$

$$T = \frac{P_{Out}}{2\pi \text{ (rps)}}$$

$$T = \frac{157,8}{287}$$

$$T = 0,917 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}}$$

$$\eta = \frac{157,8}{292}$$

$$\eta = 0,90$$

- Motor Asinkron 3 Fasa Rotor Belit berbeban 18 lampu

Pada percobaan pertama motor akan dikopel dengan generator yang kemudian dibebani dengan 18 buah lampu dan didapatkan data sebagai berikut :

- Frekuensi = 50 Hz
- $V_{line} = 381 \text{ V}$
- $I_{line} = 0,56 \text{ A}$
- $\text{Cos } \phi = 0,86$

- Putaran = 22710
- P out generator = 177,9 Watt

Dari data diatas kita bandingkan dengan perhitungan manual untuk mendapatkan masukan daya, torsi dan efisiensi dari motor.

- Perhitungan masukan daya

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$$

$$= \sqrt{3} \times 381 \times 0,56 \times 0,86$$

$$= 318 \text{ watt}$$

- Perhitungan Torsi

$$T = \frac{P_{Out}}{\omega}$$

$$T = \frac{P_{Out}}{2\pi \text{ (rps)}}$$

$$T = \frac{177,9}{285}$$

$$T = 1,041 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}}$$

$$\eta = \frac{177,9}{318}$$

$$\eta = 0,93$$

Tabel 4. 22 Hasil Analisa percobaan motor asinkron 3 fasa rotor belit berbeban

Lampu	V Phase(V)			I Phase(A)			P(Watt)
	R	S	T	R	S	T	
3	220	220	220	0,34	0,34	0,33	123
6	220	220	220	0,38	0,38	0,37	166
9	220	220	220	0,42	0,42	0,41	205
12	220	220	220	0,48	0,48	0,48	253
15	220	220	220	0,52	0,52	0,52	292
18	220	220	220	0,56	0,56	0,56	318

P OUT MOTOR (Watt)	KEC SUDUT (rad/s)	TORSI (Nm)	EFFISIENSI MOTOR(%)
55,5	303	0,183	45
107,0	298	0,359	65
165,0	293	0,564	80
219,0	290	0,755	86
263,0	287	0,917	90
296,5	285	1,041	93

4.3 Analisa Grafik

4.3.1 Motor DC

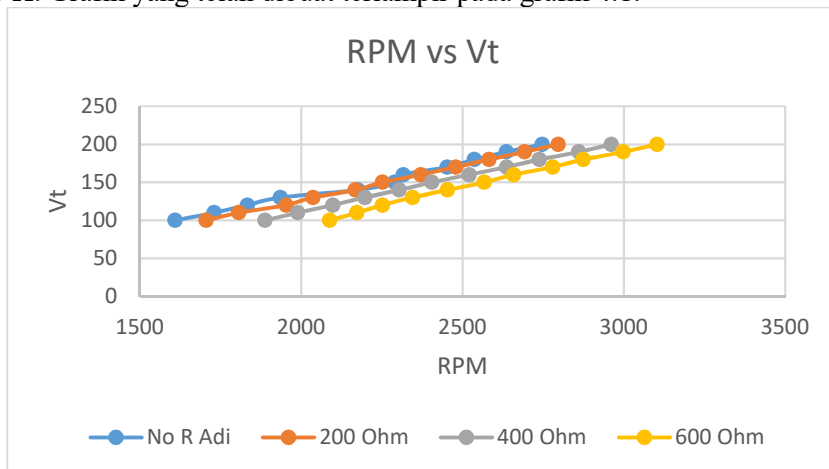
Pada Analisa ini motor DC shunt dibagi menjadi ketika tidak berbeban dan berbeban.

4.3.1.1 Tanpa beban

Pada kondisi tidak berbeban ada hubungan antara beberapa parameter yang perlu dianalisa, anantara lain :

a. Hubungan antara Putaran dengan Tegangan

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara putaran dengan tegangan hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara putaran dengan tegangan motor DC Shunt . Pada pembuatan grafik nilai dari putaran dan tegangan didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor DC shunt pada tanpa hambatan, 200Ω , 400Ω , 600Ω . Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.1.

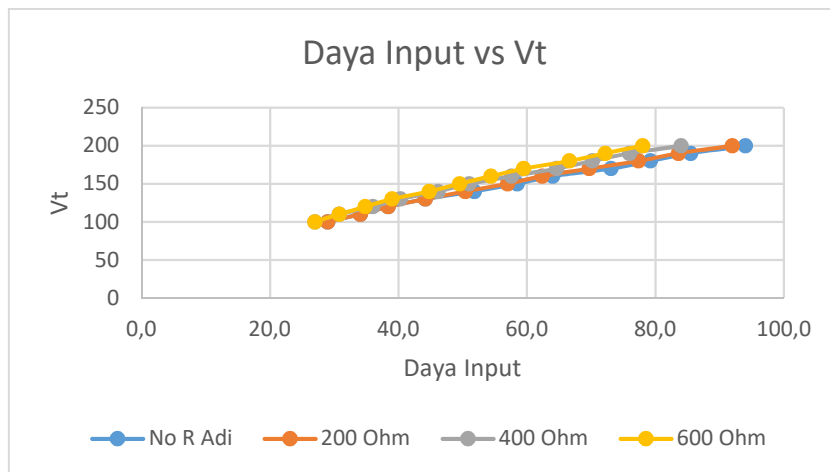


Grafik 4. 1 Hubungan Putaran dengan Tegangan pada motor DC shunt

Pada grafik 4.1 diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar tegangan semakin besar pula putaran pada motor. Hal ini disebabkan karena semakin besar tegangan juga mengakibatkan arus juga meningkat, ketika arus meningkat maka akan semakin besar fluks yang mengakibatkan putaran semakin meningkat. dapat dilihat putaran paling tinggi dengan tegangan yang sama adalah ketika motor DC shunt diberi hambatan 600Ω .

b. Hubungan antara Daya masukan dengan Tegangan

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara daya masukan dengan tegangan hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara daya masukan dengan tegangan motor DC Shunt . Pada pembuatan grafik nilai dari daya masukan dan tegangan didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor DC shunt pada tanpa hambatan, 200Ω , 400Ω , 600Ω . Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.2.

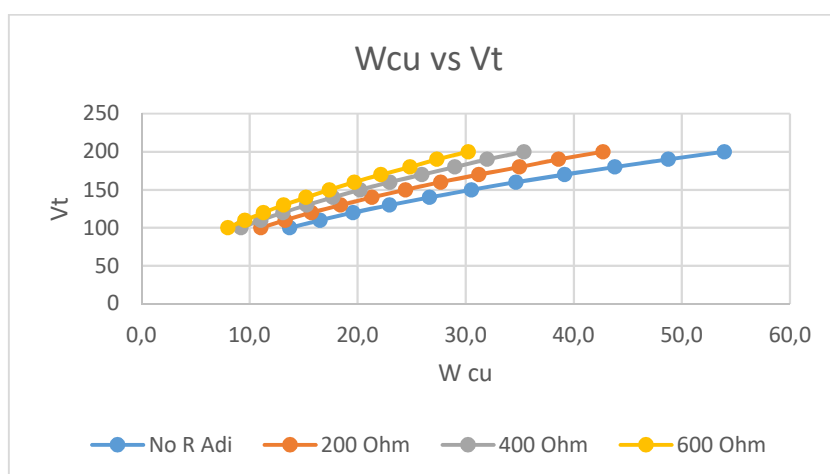


Grafik 4.2 Hubungan Daya Input dengan Tegangan pada motor DC shunt

Pada grafik 4.2 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar tegangan yang masuk ke motor semakin besar pula nilai daya yang masuk. Sesuai dengan rumus $P=V \times I$. Dari percobaan diatas nilai arus berbanding lurus terhadap penambahan tegangan yang mengakibatkan penambahan daya.

c. Hubungan antara Wcu dengan Tegangan

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara Wcu dengan tegangan hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara Wcu dengan tegangan motor DC Shunt . Pada pembuatan grafik nilai dari Wcu dan tegangan didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor DC shunt pada tanpa hambatan, 200 Ω , 400 Ω , 600 Ω . Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.3.

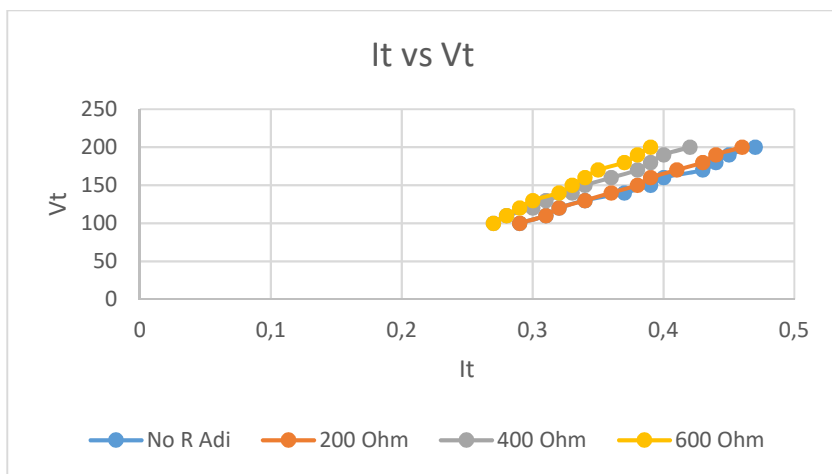


Grafik 4.3 Hubungan Wcu dengan Tegangan pada motor DC shunt

Pada grafik 4.3 diatas dapat dilihat semakin besar tegangan yang diberikan semakin besar nilai I_{Wcu} , nilai W_{cu} berbanding lurus terhadap nilai tegangan, itu disebabkan karena semakin besar nilai tegangan semakin besarpula nilai arus yang masuk.

d. Hubungan antara Tegangan dengan Arus

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara tegangan dengan arus, hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara tegangan dengan arus motor DC Shunt . Pada pembuatan grafik nilai dari tegangan dan arus didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor DC shunt pada tanpa hambatan, 200Ω , 400Ω , dan 600Ω . Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.4.



Grafik 4. 4 Hubungan antara Tegangan dengan Arus pada motor DC shunt

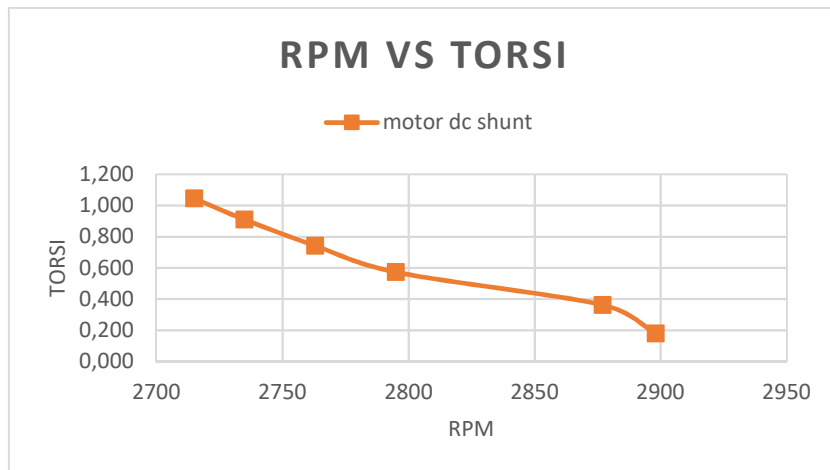
Pada grafik 4.4 diatas dapat dilihat bahwa kenaikan nilai tegangan berbanding lurus dengan nilai arus. Itu dikarenakan saat tegangan dinaikan nilai arus juga akan naik.

4.3.1.2 Berbeban

Pada kondisi berbeban ada hubungan antara beberapa parameter yang perlu dianalisa, anantara lain :

a. Hubungan antara Putaran dengan Torsi pada pembebanan 3-18 lampu.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara putaran dengan torsi hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara putaran dengan torsi motor DC Shunt . Pada pembuatan grafik nilai dari putaran dan torsi didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor DC shunt yang diberi beban 3-18 lampu. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.5.

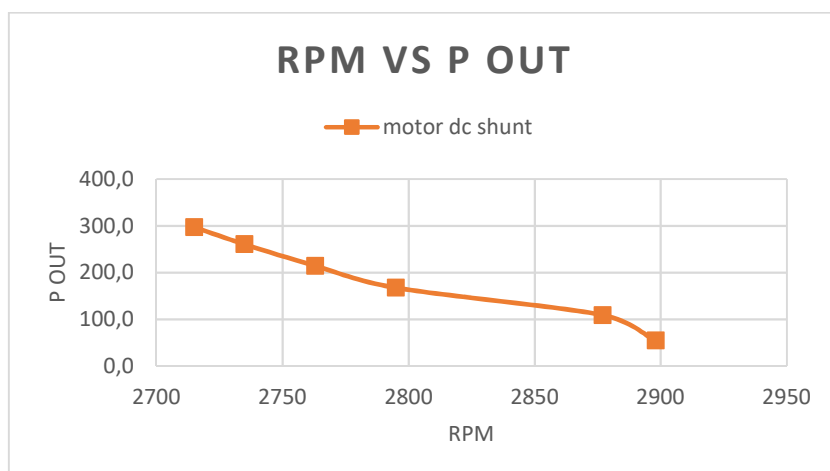


Grafik 4.5 Hubungan Putaran dengan Torsi pada motor DC shunt

Pada grafik 4.5 diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai putaran semakin turun nilai torsi. Hubungan antara putaran dan torsi berbanding terbalik, semakin tinggi putaran maka nilai torsi semakin turun sesuai dengan rumus $T = P / (2\pi N / 60)$ dimana N adalah nilai putaran poros motor.

b. Hubungan antara Putaran dengan P Out pada pembebanan 3-18 lampu.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara putaran dengan P out hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara putaran dengan P out motor DC Shunt . Pada pembuatan grafik nilai dari putaran dan P out didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor DC shunt yang diberi beban 3-18 lampu. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.6.

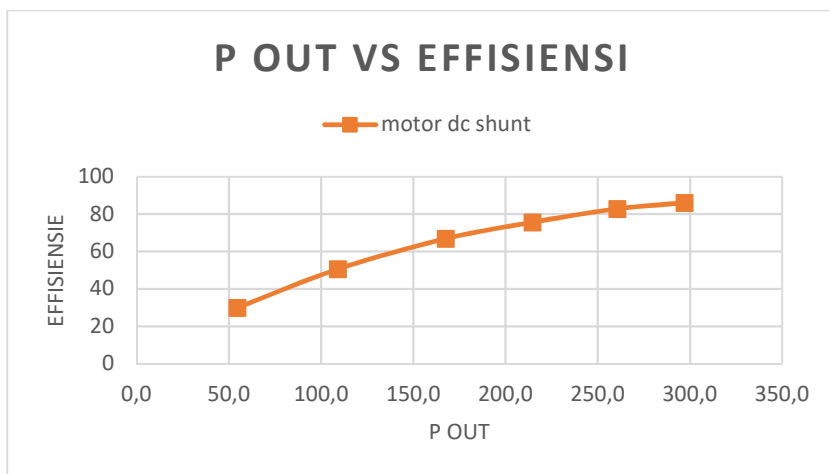


Grafik 4.6 Hubungan Putaran dengan P out pada motor DC shunt

Pada grafik 4.6 diatas dapat dilihat bahwa ketika nilai daya keluaran semakin bertambah mengakibatkan turunnya nilai putaran pada motor. Penurunan nilai putaran terjadi pada percobaan 2 ke 3 saat dibebani lampu sebanyak 6 dan 9 buah dengan daya 60 Watt dan 90 Watt.

c. Hubungan antara P Out dengan Effisiensi pada pembebanan 3-18 lampu.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara P out dengan effisiensi hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara P out dengan effisiensi motor DC Shunt . Pada pembuatan grafik nilai dari P out dan effisiensi didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor DC shunt yang diberi beban 3-18 lampu. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.7.

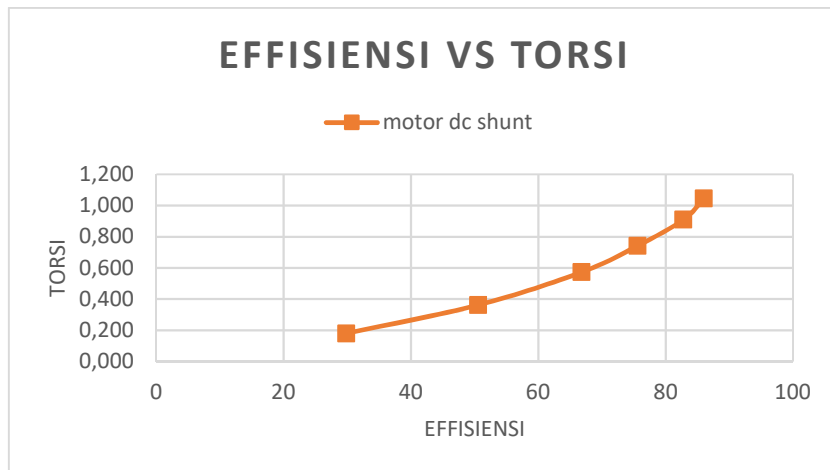


Grafik 4. 7 Hubungan P out dengan Effisiensi pada motor DC shunt

Pada grafik 4.7 diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai P out maka nilai effisiensi semakin bertambah tinggi. Hal itu sesuai dengan rumus effisiensi $\eta = (P_{Out}/P_{In}) \times 100 \%$ dimana nilai Pout berbanding lurus terhadap effisiensi.

d. Hubungan antara Effisiensi dengan Torsi pada pembebanan 3-18 lampu.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara effisiensi dengan torsi hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara effisiensi dengan torsi motor DC Shunt . Pada pembuatan grafik nilai dari effisiensi dan torsi didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor DC shunt yang diberi beban 3-18 lampu. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.8.

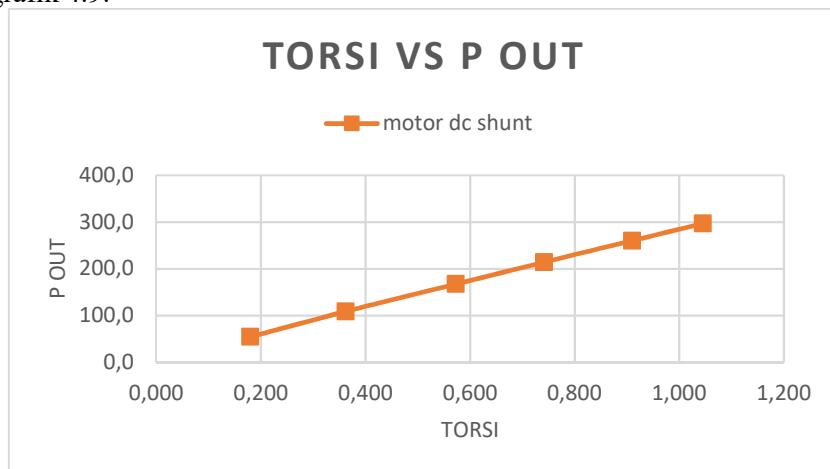


Grafik 4. 8 Hubungan Effisiensi dengan Torsi pada motor DC shunt

Pada grafik 4.8 diatas dapat dilihat grafik perbandingan Effisiensi terhadap penambahan nilai Torsi dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai torsi maka nilai effisiensi semakin naik pula. Nilai torsi berbanding lurus terhadap P out, sedangkan P out berbanding lurus dengan nilai Effisiensi sehingga nilai Torsi berbanding lurus dengan Effisiensi.

e. Hubungan antara Torsi dengan P Out pada pembebanan 3-18 lampu.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara torsi dengan P out hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara torsi dengan P out motor DC Shunt . Pada pembuatan grafik nilai dari torsi dan P out didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor DC shunt yang diberi beban 3-18 lampu. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.9.



Grafik 4. 9 Hubungan Torsi dengan P out pada motor DC shunt

Pada grafik 4.9 diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai Pout membuat semakin tinggi nilai torsi. Hubungan antara Pout dan torsi berbanding lurus, semakin

tinggi Pout maka nilai torsi semakin tinggi sesuai dengan rumus $T=P/ (2\pi N/60)$ dimana P adalah nilai daya keluaran motor.

4.3.2 Motor asinkron 3 fasa rotor belit

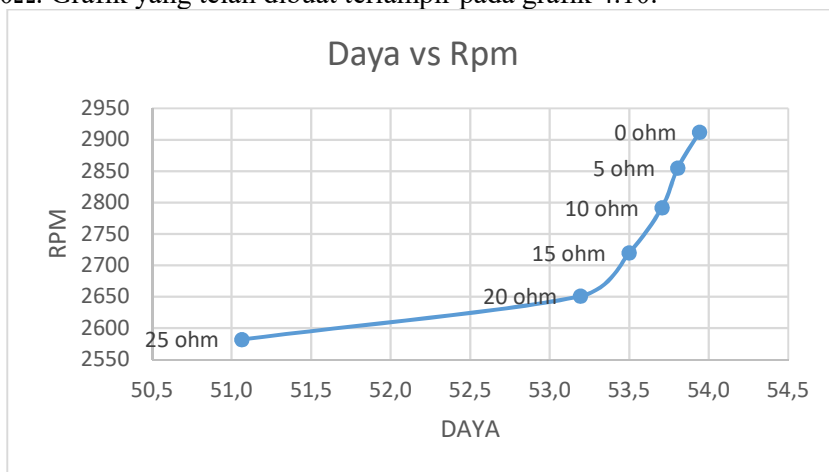
Pada Analisa ini motor asinkron 3 fasa rotor belit dibagi menjadi ketika tanpa beban dan berbeban.

4.3.2.1. Tanpa beban

Pada kondisi tanpa beban ada hubungan antara beberapa parameter yang perlu dianalisa, anantara lain :

a. Hubungan antara Daya dengan Putaran pada hambatan 25-0 ohm.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara Daya masukan dengan putaran hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara Daya masukan dengan kecepatan motor. Pada pembuatan grafik nilai dari Daya masukan dan putaran didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor asinkron 3 fasa rotor belit dengan hambatan $25\Omega - 0\Omega$. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.10.

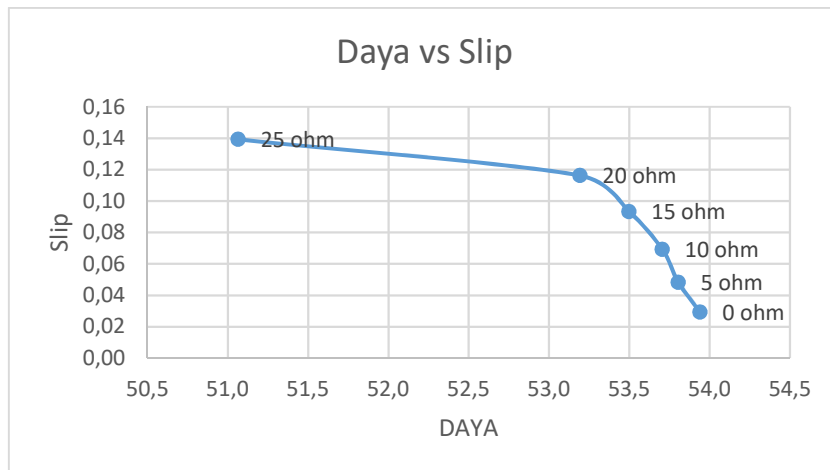


Grafik 4. 10 Hubungan Daya dengan Putaran motor asinkron 3 fasa rotor belit

Pada grafik 4.10 diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai daya semakin tinggi juga nilai putaran. Hubungan antara daya dan putaran berbanding lurus, semakin tinggi daya maka nilai putaran semakin naik karena semakin tinggi nilai daya disebabkan bertambahnya nilai arus, ketika arus semakin tinggi fluks mangnet juga akan bertambah yang mengakibatkan putaran naik.

b. Hubungan antara Daya dengan Slip pada hambatan 25-0 ohm

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara Daya masukan dengan slip hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara Daya masukan dengan kecepatan motor. Pada pembuatan grafik nilai dari Daya masukan dan putaran didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor asinkron 3 fasa rotor belit dengan hambatan $25\Omega - 0\Omega$. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.11.



Grafik 4.11 Hubungan Daya dengan Slip motor asinkron 3 fasa rotor belit

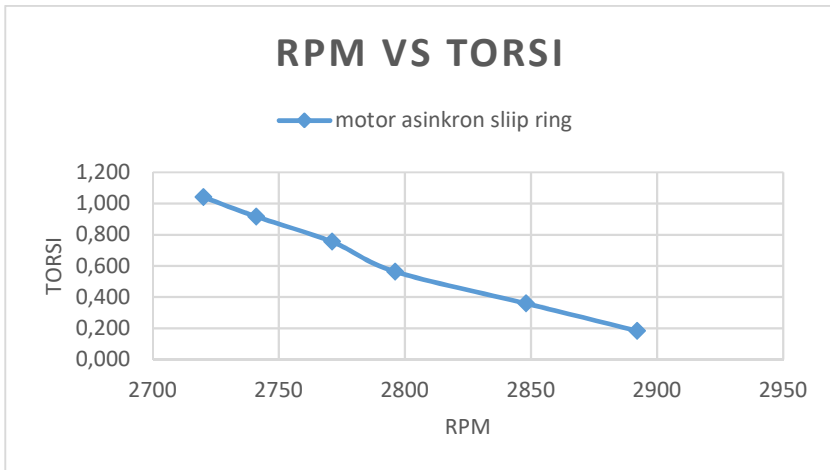
Pada grafik 4.11 diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai daya semakin turun nilai torsi. Hubungan antara daya dan slip berbanding terbalik, semakin tinggi daya maka nilai putaran semakin naik karena semakin tinggi nilai daya disebabkan bertambahnya nilai arus, ketika arus semakin tinggi, fluks mangnet juga akan bertambah yang mengakibatkan putaran naik. Ketika putaran naik nilai slip akan turun.

4.3.2.2. Berbeban.

Pada kondisi berbeban ada hubungan antara beberapa parameter yang perlu dianalisa, anantara lain :

a. Hubungan antara Putaran dengan Torsi pada pembebanan 3-18 lampu.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara putaran dengan torsi hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara putaran dengan torsi motor asinkron 3 fasa rotor belit. Pada pembuatan grafik nilai dari putaran dan torsi didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor asinkron 3 fasa rotor yang diberi beban 3-18 lampu. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.12.

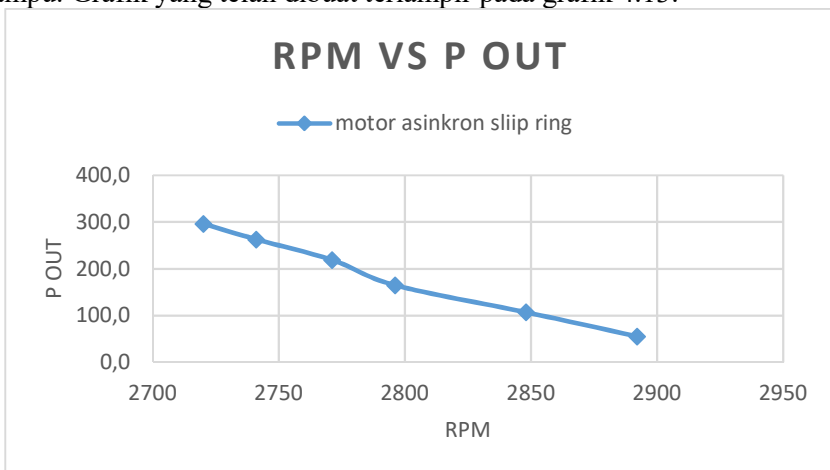


Grafik 4.12 Hubungan Putaran dengan Torsi motor asinkron 3 fasa rotor belit

Pada grafik 4.12 diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai putaran semakin turun nilai torsi. Hubungan antara putaran dan torsi berbanding terbalik, semakin tinggi putaran maka nilai torsi semakin turun sesuai dengan rumus $T=P/(2\pi N/60)$ dimana N adalah nilai putaran poros motor.

b. Hubungan antara Putaran dengan P Out pada pembebanan 3-18 lampu.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara putaran dengan P out hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara putaran dengan P out motor asinkron 3 fasa rotor belit. Pada pembuatan grafik nilai dari putaran dan P out didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor asinkron 3 fasa rotor belit yang diberi beban 3-18 lampu. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.13.



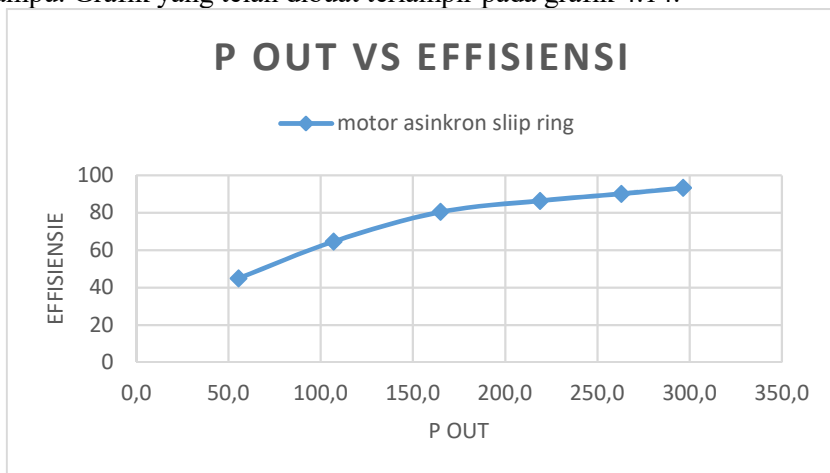
Grafik 4.13 Hubungan Putaran dengan P out motor asinkron 3 fasa rotor belit

Pada grafik 4.13 diatas dapat dilihat bahwa ketika nilai daya keluaran semakin bertambah mengakibatkan turunnya nilai putaran pada motor. Penurunan nilai putaran

terjadi pada percobaan 2 ke 3 saat dibebani lampu sebanyak 6 dan 9 buah dengan daya 60 Watt dan 90 Watt

c. Hubungan antara P Out dengan Effisiensi pada pembebanan 3-18 lampu.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara P out dengan effisiensi hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara P out dengan effisiensi motor asinkron 3 fasa rotor belit. Pada pembuatan grafik nilai dari P out dengan effisiensi didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor asinkron 3 fasa rotor belit yang diberi beban 3-18 lampu. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.14.

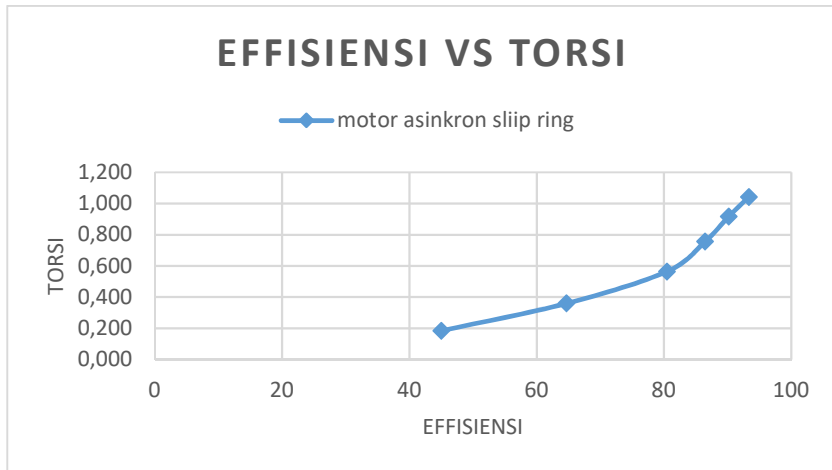


Grafik 4. 14 Hubungan P out dengan Effisiensi motor asinkron 3 fasa rotor belit

Pada grafik 4.14 diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai P out maka nilai effisiensi semakin bertambah tinggi. Hal itu sesuai dengan rumus effisiensi $\eta = (P_{Out}/P_{In}) \times 100 \%$ dimana nilai Pout berbanding lurus terhadap effisiensi.

d. Hubungan antara Effisiensi dengan Torsi pada pembebanan 3-18 lampu.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara effisiensi dengan torsi hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara antara effisiensi dengan torsi motor asinkron 3 fasa rotor belit. Pada pembuatan grafik nilai dari effisiensi dengan torsi didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor asinkron 3 fasa rotor belit yang diberi beban 3-18 lampu. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.15.

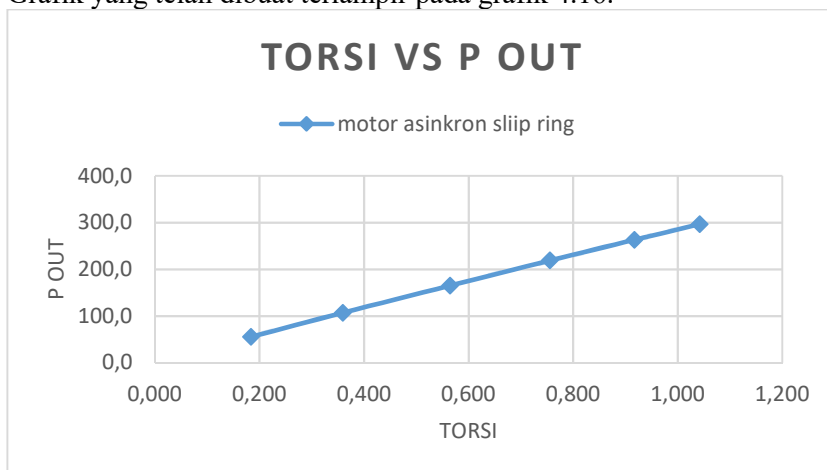


Grafik 4.15 Hubungan Effisiensi dengan Torsi motor asinkron 3 fasa rotor belit

Pada grafik 4.15 diatas dapat dilihat grafik perbandingan Effisiensi terhadap penambahan nilai Torsi dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai torsi maka nilai effisiensi semakin naik pula. Nilai torsi berbanding lurus terhadap P out, sedangkan P out berbanding lurus dengan nilai Effisiensi sehingga nilai Torsi berbanding lurus dengan Effisiensi.

e. Hubungan antara Torsi dengan P Out pada pembebanan 3-18 lampu.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara torsi dengan P out hal ini dimaksudkan agar mengetahui hubungan antara torsi dengan P out motor asinkron 3 fasa rotor belit. Pada pembuatan grafik nilai dari torsi dengan P out didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada motor asinkron 3 fasa rotor belit yang diberi beban 3-18 lampu. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.16.



Grafik 4.16 Hubungan Torsi dengan P out motor asinkron 3 fasa rotor belit

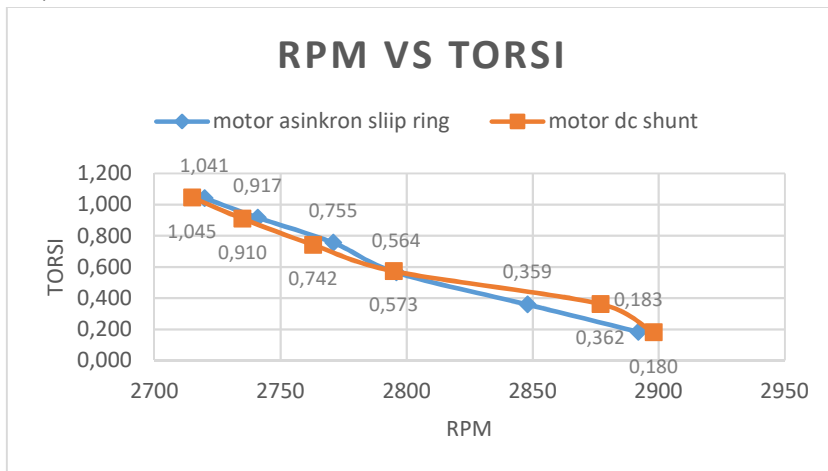
Pada grafik 4.16 diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai Pout semakin tinggi nilai torsi. Hubungan antara Pout dan torsi berbanding lurus, semakin tinggi Pout maka nilai torsi semakin tinggi sesuai dengan rumus $T=P/(2\pi N/60)$ dimana P adalah nilai daya keluaran motor.

4.3.3 Perbandingan Motor asinkron 3 fasa rotor belit dengan Motor DC Shunt

Setelah kedua motor sudah dianalisa, maka selanjutnya adalah membandingkan beberapa parameter yang sudah dihitung sebelumnya, antara lain:

a. Hubungan antara Putaran dengan Torsi pada pembebanan 3-18 lampu.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara putaran dengan torsi dari motor asinkron 3 fasa dengan motor DC shunt hal ini dimaksudkan agar mengetahui perbedaan hubungan antara putaran dengan torsi dari kedua motor. Pada pembuatan grafik nilai dari putaran dan torsi didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada kedua motor yang diberi beban 3-18 lampu. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.17.



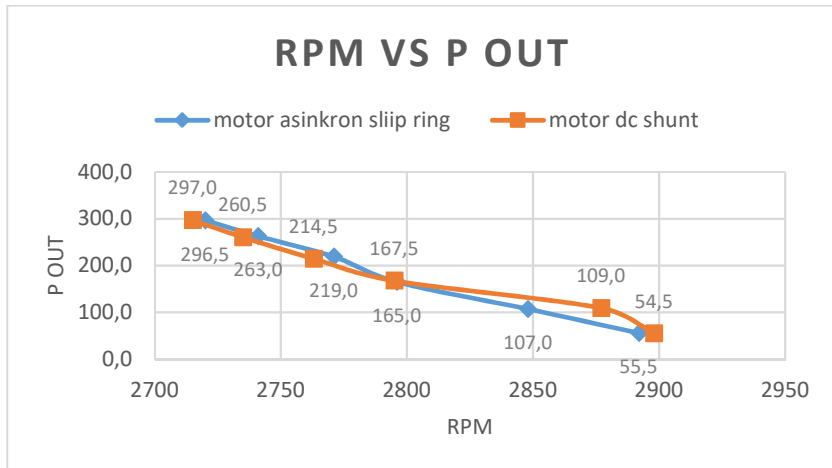
Grafik 4. 17 Hubungan Putaran dengan Torsi motor asinkron 3 fasa rotor belit dan motor DC shunt

Pada grafik 4.17 diatas dapat dilihat bahwa untuk kecepatan putaran dibawah 2800 pada saat motor dibebani beban diatas 90 Watt, motor asinkron rotor belit memiliki nilai torsi lebih tinggi dibandingkan dengan motor DC shunt. Sedangkan untuk kecepatan putaran diatas 2800 pada saat motor dibebani beban dibawah 90 Watt, torsi motor Asinkron rotor belit memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan nilai torsi motor DC shunt. Hal itu dikarenakan pada saat motor dibebani 90 Watt motor DC shunt mengalami penurunan kecepatan putaran yang mengakibatkan bertambahnya nilai torsi pada kondisi beban yang sama.

b. Hubungan antara Putaran dengan P Out pada pembebanan 3-18 lampu.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara putaran dengan P out dari motor asinkron 3 fasa dengan motor DC shunt hal ini

dimaksudkan agar mengetahui perbedaan hubungan antara putaran dengan Pout dari kedua motor. Pada pembuatan grafik nilai dari putaran dan P out didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada kedua motor yang diberi beban 3-18 lampu. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.18.

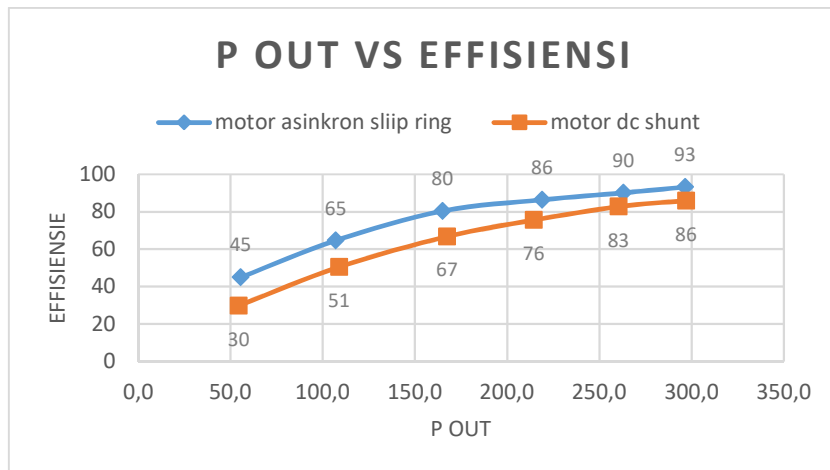


Grafik 4. 18 Hubungan Putaran dengan P out motor asinkron 3 fasa rotor belit dan motor DC shunt

Pada grafik 4.18 diatas dapat dilihat bahwa untuk kecepatan putaran dibawah 2800 pada saat motor dibebani beban diatas 90 Watt, motor asinkron 3 fasa rotor belit memiliki nilai kecepatan putaran lebih tinggi dibandingkan dengan motor DC shunt. Sedangkan pada saat motor dibebani beban dibawah 90 Watt, kecepatan putaran motor Asinkron 3 fasa rotor belit memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan putaran motor DC shunt. Hal itu dikarenakan pada saat motor DC shunt dibebani 90 Watt motor DC shunt mengalami kenaikan torsi yang mengakibatkan berkurangnya nilai kecepatan putaran pada kondisi beban yang sama.

c. Hubungan antara P Out dengan Effisiensi pada pembebanan 3-18 lampu.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara P out dengan effisieni dari motor asinkron 3 fasa dengan motor DC shunt hal ini dimaksudkan agar mengetahui perbedaan hubungan antara Pout effisiensi dari kedua motor. Pada pembuatan grafik nilai dari P out dan effisiensi didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada kedua motor yang diberi beban 3-18 lampu. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.19.

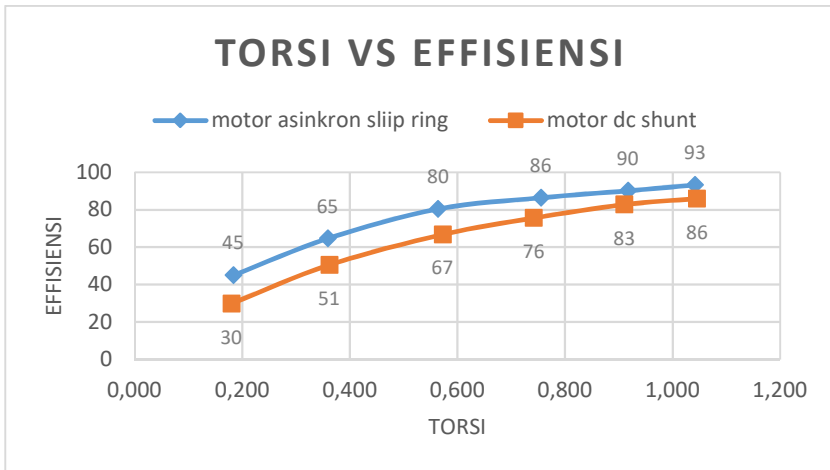


Grafik 4. 19 Hubungan P out dengan Effisiensi motor asinkron 3 fasa rotor belit dan motor DC shunt

Pada grafik 4.19 diatas dapat dilihat bahwa motor Asinkron 3 fasa rotor belit memiliki nilai effisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor DC shunt, hal itu dikarenakan pada saat kedua motor dibebani dengan beban yang sama, motor asinkron 3 fasa rotor belit membutuhkan daya masukan yang lebih rendah dibandingkan dengan motor DC shunt.

d. Hubungan antara Torsi dengan Effisiensi pada pembebanan 3-18 lampu.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara torsi dengan effisiensi dari motor asinkron 3 fasa dengan motor DC shunt hal ini dimaksudkan agar mengetahui perbedaan hubungan antara torsi dengan effisiensi dari kedua motor. Pada pembuatan grafik nilai dari torsi dan effisiensi didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada kedua motor yang diberi beban 3-18 lampu. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.20.

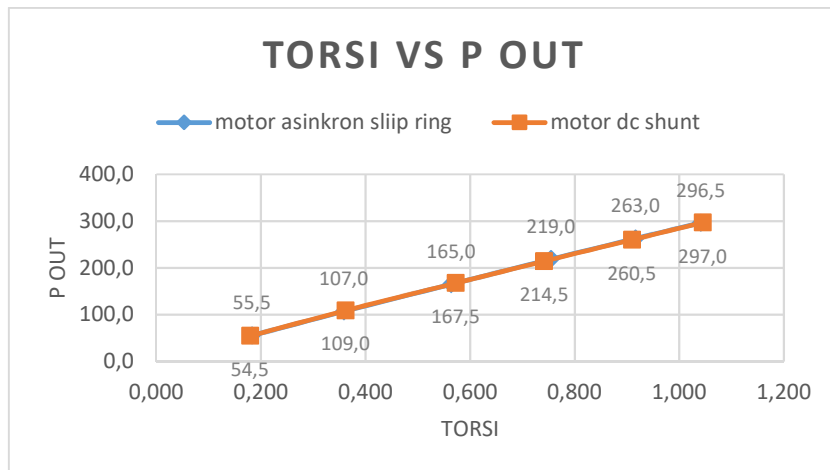


Grafik 4. 20 Hubungan Torsi dengan Effisiensi motor asinkron 3 fasa rotor belit dan motor DC shunt

Pada grafik 4.20 diatas dapat dilihat bahwa motor Asinkron 3 fasa rotor belit memiliki nilai effisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor DC shunt pada saat nilai torsi yang sama, hal itu dikarenakan pada saat kedua motor dibebani dengan beban yang sama, motor asinkron 3 fasa rotor belit membutuhkan daya masukan yang lebih rendah dibandingkan dengan motor DC shunt.

e. Hubungan antara Torsi dengan P Out pada pembebanan 3-18 lampu.

Pada tahapan ini adalah pembuatan analisa mengenai hubungan antara torsi dengan P out dari motor asinkron 3 fasa dengan motor DC shunt hal ini dimaksudkan agar mengetahui perbedaan hubungan antara torsi dengan P out dari kedua motor. Pada pembuatan grafik nilai dari torsi dan P out didapatkan dari praktikum yang sebelumnya telah dilakukan. Dalam pembuatan grafik dilakukan pada kedua motor yang diberi beban 3-18 lampu. Grafik yang telah dibuat terlampir pada grafik 4.21.



Grafik 4. 21 Hubungan Torsi dengan P out motor asinkron 3 fasa rotor belit dan motor DC shunt

Pada grafik 4.21 diatas dapat dilihat bahwa kedua motor memiliki nilai perbandingan yang sama antara Torsi dan Pout. Hal itu terjadi karena dengan penambahan P out maka nilai Torsi juga ikut meningkat dikarenakan kedua motor memiliki nilai kecepatan putaran yang hampir sama..

4.3.4 Perbandingan Motor asinkron 3 fasa rotor belit dengan Motor DC Shunt sebagai penggerak Bow thruster.

Bow thruster memiliki beberapa karakteristik dalam pengoperasiannya, sehingga diperlukan penggerak yang tepat agar Bow thruster dapat bekerja dengan optimum. Grafik performa Bow thruster dapat dilihat pada grafik 2,. Menurut grafik tersebut, Bow thruster memiliki daya optimum ketika Bow thruster dioperasikan pada putaran 640, ketika putaran ditambah maka daya yang dihasilkan menurun. Sedangkan untuk motor asinkron 3 fasa memiliki nilai daya keluaran yang lebih tinggi dibandingkan motor DC shunt pada putaran 2720, data tersebut dapat dilihat pada grafik perbandingan daya keluaran dengan putaran pada kedua motor pada grafik 4.18. Sedangkan untuk apabila putaran motor dinaikan daya keluaran motor akan berkurang dan motor DC shunt tidak mengalami penurunan yang drastis seperti motor asinkron 3 fasa rotor belit, penjelasan tersebut dapat dilihat pada grafik 4.18 pada putaran 2800. Selain itu ada beberapa kelebihan dari motor asinkron 3 fasa rotor belit dibandingkan dengan motor DC shunt, antara lain:

- Pada putaran yang sama, nilai Torsi motor asinkron 3 fasa rotor belit lebih besar dibandingkan motor DC shunt pada putaran 2720 sampai 2800. Hal tersebut dikarenakan putaran motor DC yang stabil saat diberi pembebanan. Penjelasan tersebut dapat dilihat pada grafik 4.17

- Dengan daya keluaran yang sama motor asinkron 3 fasa rotor belit memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi. Penjelasan tersebut dapat dilihat pada grafik 4.19
- Dengan Torsi yang sama motor asinkron 3 fasa rotor belit memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi. Penjelasan tersebut dapat dilihat pada grafik 4.19

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa performa motor DC Feedback Tipe No. 63 – 110 dan motor asinkron 3 fasa rotor belit Feedback No. 64 - 520 maka penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Pada hasil percobaan motor DC shunt kondisi berbeban 3 lampu dengan daya keluaran motor sebesar 54,5 Watt didapatkan nilai torsi sebesar 0,18 Nm pada putaran motor 2898 rpm dengan efisiensi sebesar 30%, pada kondisi berbeban 6 lampu dengan daya keluaran motor sebesar 109 Watt didapatkan nilai torsi sebesar 0,362 Nm pada putaran motor 2877 rpm dengan efisiensi sebesar 51%, pada kondisi berbeban 9 lampu dengan daya keluaran motor sebesar 167,5 Watt didapatkan nilai torsi sebesar 0,573 Nm pada putaran motor 2795 rpm dengan efisiensi sebesar 67%, pada kondisi berbeban 12 lampu dengan daya keluaran motor sebesar 214,5 Watt didapatkan nilai torsi sebesar 0,742 Nm pada putaran motor 2763 rpm dengan efisiensi sebesar 76%, pada kondisi berbeban 15 lampu dengan daya keluaran motor sebesar 260,5 Watt didapatkan nilai torsi sebesar 0,910 Nm pada putaran motor 2735 rpm dengan efisiensi sebesar 83%, pada kondisi berbeban 18 lampu dengan daya keluaran motor sebesar 297 Watt didapatkan nilai torsi sebesar 1,045 Nm pada putaran motor 2715 rpm dengan efisiensi sebesar 86%. Terlihat semakin bertambahnya beban putaran motor menurun, torsi naik dan efisiensi naik.
2. Pada hasil percobaan motor asinkron 3 fasa rotor belit kondisi berbeban 3 lampu dengan daya keluaran motor sebesar 55,5 Watt didapatkan nilai torsi sebesar 0,183 Nm pada putaran motor 2892 rpm dengan efisiensi sebesar 45%, pada kondisi berbeban 6 lampu dengan daya keluaran motor sebesar 107 Watt didapatkan nilai torsi sebesar 0,359 Nm pada putaran motor 2848 rpm dengan efisiensi sebesar 65%, pada kondisi berbeban 9 lampu dengan daya keluaran motor sebesar 165 Watt didapatkan nilai torsi sebesar 0,564 Nm pada putaran motor 2792 rpm dengan efisiensi sebesar 80%, pada kondisi berbeban 12 lampu dengan daya keluaran motor sebesar 219 Watt didapatkan nilai torsi sebesar 0,755 Nm pada putaran motor 2771 rpm dengan efisiensi sebesar 86%, pada kondisi berbeban 15 lampu dengan daya keluaran motor sebesar 263 Watt didapatkan nilai torsi sebesar 0,917 Nm pada putaran motor 2741 rpm dengan efisiensi sebesar 90%, pada kondisi berbeban 18 lampu dengan daya keluaran motor sebesar 296,5 Watt didapatkan nilai torsi sebesar 1,041 Nm pada putaran motor 2720 rpm dengan efisiensi sebesar 93%. Terlihat semakin bertambahnya beban putaran motor menurun, torsi naik dan efisiensi naik.

3. Dapat disimpulkan bahwa motor yang cocok sebagai penggerak Bow thruster adalah motor asinkron 3 fasa rotor belit karena memiliki torsi yang lebih tinggi pada putaran 2720 rpm, penjelasan tersebut dapat dilihat pada grafik 4.17. Dan motor asinkron 3 fasa rotor belit memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor DC shunt dengan daya keluaran yang sama, penjelasan tersebut dapat dilihat pada grafik 4.19. Selain itu untuk motor asinkron 3 fasa rotor belit saat dioperasikan di kapal tidak memerlukan konverter arus dari ac ke dc saat suplay utama motor dari generator, berbeda dengan motor DC shunt yang memerlukan konverter saat di suplay oleh generator dikapal.

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 menambahkan variasi putaran pada kondisi berbeban agar grafik yang dihasilkan lebih lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- B.L Theraja, "A Textbook of Electrical Technology", S. Chand, New Delhi, 1994
- J. Chapman, Stephan, "Electric Machinery Fundamentals", The McGraw Hill, New York, 2005
- Fitzgerald, A.E, "Electric Machinery", The McGraw Hill, Amerika Serikat, 2003
- Zuhal, "Dasar Teknik Listrik dan Elektrodaya", Gramedia, Jakarta, 1993
- Nasution, A. R. (2010). "Pengaruh Pengaturan Kecepatan Motor dengan menggunakan Pengaturan Tahanan Jangkar Terhadap Efisiensi Motor DC Shunt".
- FEEDBACK Torque / Speed Characteristics of an Asynchronous Motor – Rotor belit, Feedback Powerframes Laboratory Note number 243 : Feedback Instruments Ltd, Park Road, Crowborough, E. Sussex, TN6 2QR, UK.
- FEEDBACK Starting a Three Phase Asynchronous Motor with a Resistance Starter, Feedback Powerframes Laboratory Note number 140 : Feedback Instruments Ltd, Park Road, Crowborough, E. Sussex, TN6 2QR, UK.
- FEEDBACK, Torque/Speed Characteristic for a d.c Shunt Machine Connected as a Shunt Motor, Feedback Powerframes Laboratory Note number 211: Feedback Instruments Ltd, Park Road, Crowborough, E. Sussex, TN6 2QR, UK.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

- Motor DC shunt tanpa beban

- **Motor dengan resistor 0 Ω**

V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	RPM
100	0,29	0,16	0,13	1608
110	0,31	0,16	0,15	1729
120	0,32	0,16	0,16	1832
130	0,34	0,17	0,17	1935
140	0,37	0,18	0,19	2175
150	0,39	0,19	0,20	2289
160	0,4	0,19	0,21	2315
170	0,43	0,20	0,23	2451
180	0,44	0,20	0,24	2536
190	0,45	0,2	0,25	2635
200	0,47	0,2	0,27	2746

- **Motor dengan resistor 200 Ω**

V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	RPM
100	0,29	0,18	0,11	1704
110	0,31	0,19	0,12	1806
120	0,32	0,19	0,13	1952
130	0,34	0,20	0,14	2036
140	0,36	0,21	0,15	2167
150	0,38	0,22	0,16	2251
160	0,39	0,22	0,17	2370
170	0,41	0,23	0,18	2478
180	0,43	0,24	0,19	2581
190	0,44	0,24	0,20	2691
200	0,46	0,25	0,21	2796

- **Motor dengan resistor 400 Ω**

V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	RPM
100	0,27	0,18	0,09	1887
110	0,28	0,18	0,10	1988
V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	RPM
120	0,3	0,20	0,10	2097
130	0,31	0,20	0,11	2196
140	0,33	0,21	0,12	2303
150	0,34	0,21	0,13	2404
160	0,36	0,22	0,14	2520
170	0,38	0,23	0,15	2636
180	0,39	0,23	0,16	2737
190	0,4	0,23	0,17	2859
200	0,42	0,25	0,17	2960

- **Motor dengan resistor 600 Ω**

V(Volt)	IL(A)	IA(A)	IF(A)	RPM
100	0,27	0,20	0,07	2087
110	0,28	0,20	0,08	2172
120	0,29	0,20	0,09	2251
130	0,3	0,20	0,10	2344
140	0,32	0,22	0,10	2452
150	0,33	0,22	0,11	2566
160	0,34	0,22	0,12	2658
170	0,35	0,22	0,13	2779
180	0,37	0,24	0,13	2873
190	0,38	0,24	0,14	2997
200	0,39	0,24	0,15	3102

- Motor DC shunt berbeban

Lampu	P(Watt)	Vt(V)	It(A)	RPM
3	182,6	220	0,83	2898
6	215,6	220	0,98	2877
9	250,8	220	1,14	2795
12	283,8	220	1,29	2763
15	314,6	220	1,43	2735
18	345,4	220	1,57	2715

- Motor asinkron 3 fasa rotor belit slipring tanpa beban
 - Daya, frekuensi dan $\cos \phi$ motor dengan resistor 0-25 Ω

NO	Ω	W	f	COS Φ
1	25	50,9	50,0	0.24
2	20	53,0	50,0	0.25
3	15	54.2	50,0	0.25
4	10	53.6	50,0	0.25
5	5	54.6	50,1	0.25
6	0	55.4	50,0	0.25

- VLine dan VFasa motor dengan resistor 0-25 Ω

NO	Ω	VL	VL1	VL2	VL3
1	25	395	227	230	228
2	20	395	227	230	228
3	15	396	227	230	228
4	10	395	226	230	229
5	5	397	228	232	230
6	0	398	228	231	230

- ILine dan IFasa motor dengan resistor 0-25

NO	Ω	IL	IL1	IL2	IL3
1	25	0.311	0.295	0.315	0.325
2	20	0.311	0.301	0.31	0.323
3	15	0.312	0.296	0.318	0.321
4	10	0.31	0.294	0.317	0.323
5	5	0.313	0.317	0.324	0.317
6	0	0.313	0.317	0.330	0.317

- **Arus pada kumparan jangkar dan Rpm motor dengan resistor 0-25 Ω**

NO	Ω	IR1	IR2	IR3	RPM
1	25	0.03	0.03	0.03	2582
2	20	0.04	0.04	0.04	2651
3	15	0.05	0.05	0.05	2720
4	10	0.06	0.06	0.06	2792
5	5	0.07	0.07	0.07	2855
6	0	0.08	0.08	0.08	2912

- **Motor asinkron 3 fasa rotor belit slipring berbeban**

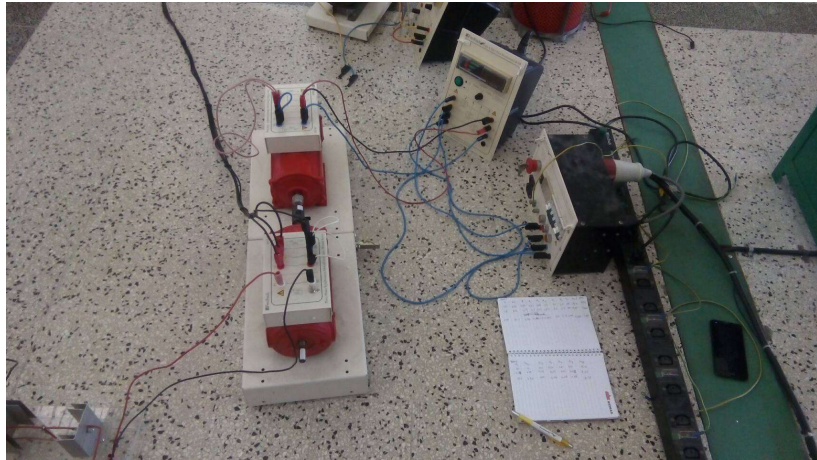
Lampu	V Phase(V)			I Phase(A)			P(Watt)
	R	S	T	R	S	T	
3	220	220	220	0,34	0,34	0,33	123
6	220	220	220	0,38	0,38	0,37	166
9	220	220	220	0,42	0,42	0,41	205
12	220	220	220	0,48	0,48	0,48	253
15	220	220	220	0,52	0,52	0,52	292
18	220	220	220	0,56	0,56	0,56	318
Lampu	Cos Q		RPM		Frekuensi(Hz)		
3	0,55		2892		50		
6	0,66		2848		50		
9	0,74		2796		50		
12	0,8		2771		50		
15	0,85		2741		50		
18	0,86		2720		50		

LAMPIRAN B

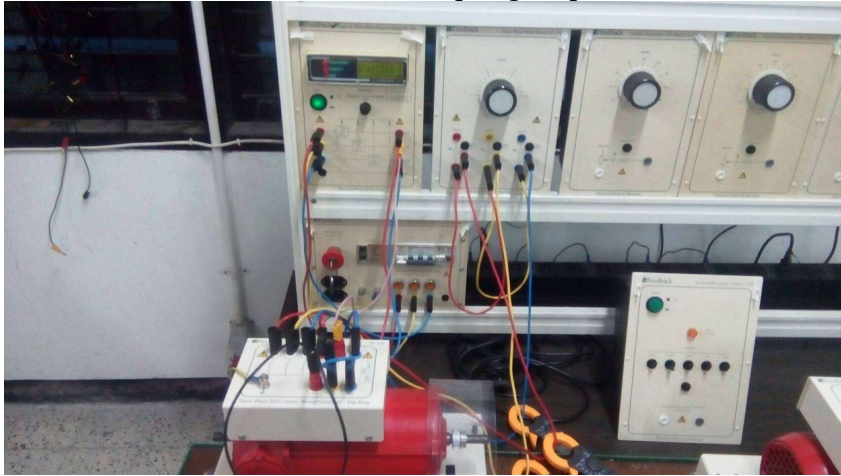
- Motor DC shunt tanpa beban



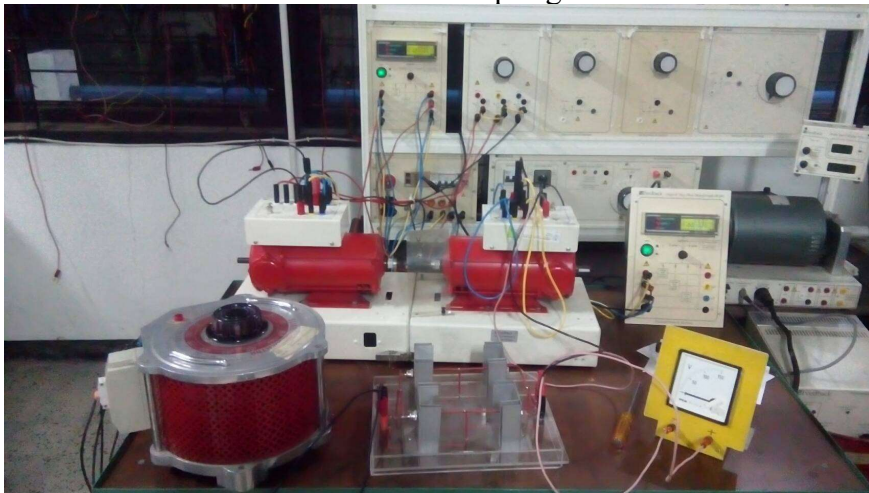
- Motor DC shunt berbeban



- Motor asinkron 3 fasa rotor belit slipring tanpa beban



- Motor asinkron 3 fasa rotor belit slipring berbeban



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lamongan, 23 April 1996. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Riwayat pendidikan formalnya bermula dari SD Girik 1 pada tahun 2002, kemudian melanjutkan jenjang di SMP 1 Ngimbang , dan melanjutkan jenjang yang lebih tinggi di SMA 1 Ngimbang. Setelah menyelesaikan jenjang SMA selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di S1 Teknik Sistem Perkapalan ITS Surabaya. Selama kuliah, penulis aktif dalam beberapa kegiatan yang diadakan oleh Jurusan. 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.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”