



SKRIPSI – ME141501

**ANALISA KINERJA PADA KAPASITOR START/RUN SINGLE
PHASE INDUCTION MOTOR CONTROL KIT PE482**

Ridwan Ganie Kusdanisworo
NRP. 0421154000048

Dosen Pembimbing
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



SKRIPSI – ME141501

***PERFORMANCE ANALYSIS OF THE CAPACITOR START/RUN
SINGLE PHASE INDUCTION MOTOR CONTROL KIT PE482***

Ridwan Ganie Kusdanisworo
NRP. 0421154000048

Supervisor
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

*DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2020*

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA KINERJA PADA KAPASITOR START/RUN SINGLE PHASE
INDUCTION MOTOR CONTROL KIT PE482**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

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

Oleh:

RIDWAN GANIE KUSDANISWORO
NRP. 04211541000048

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:



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

**SURABAYA
JANUARI 2020**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA KINERJA PADA KAPASITOR START/RUN SINGLE PHASE
INDUCTION MOTOR CONTROL KIT PE482**

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:

RIDWAN GANIE KUSDANISWORO
NRP. 04211541000048

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 1979 0319 2008 01 1008

**SURABAYA
JANUARI 2020**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA KINERJA PADA KAPASITOR START/RUN SINGLE PHASE INDUCTION MOTOR CONTROL KIT PE482

Nama Mahasiswa : Ridwan Ganie Kusdanisworo
NRP : 0421154000048
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

ABSTRAK

Motor induksi memiliki penerapan yang luas di bidang maritim, khususnya pada penerapan yang membutuhkan kecepatan konstan. Mayoritas penerapan motor induksi dapat dicakup menggunakan motor induksi tiga fasa, tetapi motor induksi satu fasa juga memiliki kegunaannya sendiri dalam mengatasi beban yang membutuhkan tenaga kuda rendah atau kurang dari 2 kilowatt. Penelitian ini menggunakan motor induksi satu fasa kapasitor start/run PE482D dengan variasi dua suplai tegangan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kinerja motor dalam kondisi tanpa beban dan berbeban dengan variasi skala pembebanan mulai dari skala 1 hingga 10. Beban yang digunakan adalah unit beban rem magnet PE482C. Percobaan tanpa beban pada tegangan 52.2 volt mendapatkan hasil berupa arus nominal 0.98 ampere, kecepatan sebesar 2920 rpm, dan menghasilkan daya sebesar 10.231 watt, sedangkan pada tegangan 60 volt, mendapatkan hasil berupa arus nominal 1.33 ampere, kecepatan sebesar 2900 rpm, dan menghasilkan daya sebesar 15.960 watt. Pada kondisi beban maksimal, tegangan 52.2 volt diperoleh kecepatan sebesar 2590 rpm dengan torsi sebesar 0.1159 Nm dan daya motor sebesar 31.738 watt, sedangkan pada tegangan 60 volt, diperoleh kecepatan sebesar 2550 rpm dengan torsi sebesar 0.1524 dan daya motor sebesar 40.680 watt. Motor induksi satu fasa kapasitor start/run PE482D kurang cocok untuk digunakan sebagai penggerak propulsi diesel-elektrik kapal perikanan 30 GT karena propulsi diesel-elektrik kapal perikanan 30 GT membutuhkan motor listrik yang memiliki karakteristik “torsi konstan” dan cenderung meningkat seiring meningkatnya kecepatan putaran motor, sedangkan motor PE482D memiliki karakteristik torsi berbanding terbalik dengan kecepatan putaran motor dan memiliki kecenderungan penurunan torsi yang drastis ketika persentase kecepatan putaran motor melebihi 90%.

Kata kunci : Motor Induksi Satu Fasa, Analisa Kinerja, Rotor Sangkar Tupai, Propulsi Diesel-elektrik

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERFORMANCE ANALYSIS OF THE CAPACITOR START/RUN SINGLE PHASE INDUCTION MOTOR CONTROL KIT PE482

Name : **Ridwan Ganie Kusdanisworo**
NRP. : **0421154000048**
Department : **Teknik Sistem Perkapalan**
Supervisor : **Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.**

ABSTRACT

Induction motors have wide applications in the maritime field, especially in applications that require constant speed. The majority of induction motor applications can be covered using three-phase induction motors, but single-phase induction motors also have their own uses in overcoming loads that require low horsepower or less than 2 kilowatts. This study uses a PE482D capacitor start / run induction motor with a variation of two supply voltages. The study was conducted to determine the performance of the motor in the condition of no-load and load with a variety of loading scales ranging from a scale of 1 to 10. The load used is the PE482C magnetic brake load unit. A no-load experiment at 52.2 volt results in the form of a nominal current of 0.98 ampere, a speed of 2920 rpm, and produces a power of 10.231 watts, while at a voltage of 60 volts, a nominal current of 1.33 ampere, a speed of 2900 rpm, and a power output of 15.960 watts. Under maximum load conditions, a voltage of 52.2 volts obtained a speed of 2590 rpm with a torque of 0.1159 Nm and a motor power of 31.738 watts, while at a voltage of 60 volts, a speed of 2550 rpm was obtained with a torque of 0.1524 and a motor power of 40.680 watts. PE482D star /run capacitor induction motors are not suitable for use as a driving propulsion for diesel-electric 30 GT fishing vessels because the 30 GT diesel-electric fishing boat propulsion requires an electric motor that has the characteristics of "constant torque" and tends to increase with increasing motor rotation speed , while the PE482D motor has torque characteristics inversely proportional to the rotation speed of the motor and has a tendency to decrease in torque when the percentage of motor rotation speed exceeds 90%.

**Keywords : Single-phase Induction Motor, Performance Analysis, Squirrel
Cage Rotor, Diesel-electric Propulsion**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul “Analisa Kinerja pada Kapasitor Start/Run Single Phase Induction Motor Control Kit PE482”.

Penulisan penelitian ini disusun guna melengkapi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Sepuluh Nopember, Surabaya. Dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berlandaskan kepada dasar teori yang diperoleh dari masa perkuliahan, studi literatur, 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 kepada:

1. Allah SWT atas berkat, rahmat, dan hidayatnya penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan dukungan moral dan materil kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph. D. selaku kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
4. Bapak Ir. Sardono Sarwito M.Sc. selaku dosen pembimbing yang terus memberikan bimbingan, saran, dan masukan kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir ini.
5. Bapak Irfan Syarif Arief, S.T., M.T. selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan selama penulis melakukan masa studi.
6. Keluarga Laboratorium Listrik dan Otomasi Kapal, baik teknisi maupun member laboratorium yang selalu membantu untuk memberikan saran dan masukan guna penyelesaian tugas akhir ini.
7. Nadilla Fikry Utami yang selalu memberikan semangat dalam pengerjaan tugas akhir.
8. Teman – teman yang tidak dapat saya sebut satu persatu.

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

Surabaya, Januari 2020

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GRAFIK	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	1
1.3. Batasan Masalah	1
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Motor Induksi	3
2.1.1. Konstruksi Motor Asinkron	3
2.1.2. Motor Induksi Satu Fasa	6
2.1.3. Prinsip Kerja Motor Induksi Satu Fasa	7
2.1.4. Rotating Magnetic Field	8
2.2. Jenis-jenis Motor Induksi Satu Fasa	9
2.2.1. Motor Kapasitor Start	9
2.2.2. Motor Kapasitor Run	10
2.2.3. Motor Kapasitor Start-Run	10
2.2.4. Motor Fasa Belah	11
2.2.5. Motor Kutub Peneduh	12
2.3. Kapasitor	12
2.4. Slip	13
2.5. Efisiensi Motor Induksi	14
2.6. Pembebanan Motor Induksi	14
2.7. Hubungan Kecepatan dengan Torsi	15
2.8. Sistem pada PE482	15
2.9. Data Kapal Pembanding	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Flow Chart Penelitian	21
3.1.1. Mengidentifikasi Masalah	22
3.1.2. Melakukan Studi Literatur	22
3.1.3. Mengumpulkan Data	22
3.1.4. Melakukan Instalasi Control Kit PE482	22
3.1.5. Menguji Karakteristik Motor	22
3.1.6. Menganalisa Data dan Pembahasan dengan Kapal Pembanding	22
3.1.7. Membuat Hasil dan Pembahasan Penelitian	23

3.2. Tempat Eksperimen	23
3.3. Studi Literatur	23
3.4. Menyusun dan Menentukan Perangkat	23
3.5. Tahapan Pengujian	28
3.6. Pengambilan Data	30
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Data Hasil Percobaan	31
4.1.1. Percobaan Tanpa Beban	31
4.1.2. Percobaan Berbeban	31
4.2. Perhitungan Data.....	32
4.2.1. Percobaan Tanpa Beban	32
4.2.2. Percobaan Berbeban	34
4.3. Analisa Grafik Motor PE482D.....	51
4.3.1. Motor Berbeban dengan Supply Tegangan 52.2 V	51
4.3.2. Motor Berbeban dengan Supply Tegangan 60 V	54
4.3.3. Perbandingan Motor Berbeban antara Tegangan 52.2 V dan 60 V ..	57
4.4. Perbandingan PE482D dengan Motor Listrik Kapal Pembanding.....	59
BAB V KESIMPULAN	65
5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN	69
BIODATA PENULIS.....	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi Motor Listrik	3
Gambar 2.2 Stator pada Motor Asinkron Tiga Fasa	4
Gambar 2.3 Rotor Sangkar.....	5
Gambar 2.4 Rotor Belit	5
Gambar 2.5 Line Diagram Motor Satu Fasa	6
Gambar 2.6 Gelombang Sinus Tegangan (E) dan Arus (I) pada Motor Satu Fasa	7
Gambar 2.7 Rotor dan Stator pada Motor Induksi	7
Gambar 2.8 Koneksi Motor Kapasitor Start.....	8
Gambar 2.9 Alur Fluks pada Motor Induksi	8
Gambar 2.10 Pola Fluks dalam Motor Induksi dengan 4 Kutub.....	9
Gambar 2.11 Rangkaian Motor Kapasitor Start.....	10
Gambar 2.12 Rangkaian Motor Kapasitor Run.....	10
Gambar 2.13 Rangkaian Motor Kapasitor Start-Run.....	11
Gambar 2.14 Rangkaian Motor Fasa Belah	11
Gambar 2.15 Bagian-bagian Motor Kutub Peneduh.....	12
Gambar 2.16 Simbol Kapasitor	13
Gambar 2.17 Konstruksi Kapasitor.....	13
Gambar 2.18 Kurva Torsi dan Kecepatan untuk Motor Induksi.....	15
Gambar 2.19 Susunan Cakram Aluminium pada Poros Motor.....	16
Gambar 2.20 Rangkaian Motor PE482D dengan Control Unit PE483.....	17
Gambar 2.21 Sirkuit untuk Kontrol Motor pada PE482A.....	17
Gambar 2.22 Bentuk Lambung Kapal Perikanan 30 GT	18
Gambar 3.1 Flow Chart Metodologi Penelitian	21
Gambar 3.2 Motor Induksi Satu Fasa Kapasitor Start/Run PE482D	24
Gambar 3.3 Loading Unit PE482C	24
Gambar 3.4 Control Unit PE483	25
Gambar 3.5 Control Unit PE483	25
Gambar 3.6 Single & Three Phase Supply Control 60-100	26
Gambar 3.7 Kabel	26
Gambar 3.8 Multimeter.....	27
Gambar 3.9 Clamp Meter.....	27
Gambar 3.10 Rangkaian Kontrol Kit PE482.....	28

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Dimensi Kapal Perikanan 30 GT	18
Tabel 2.2 Spesifikasi Motor Listrik pada Kapal Perikanan 30 GT	18
Tabel 2.3 Prediksi Pembebanan Motor Listrik.....	19
Tabel 4.1 Data Percobaan Tanpa Beban Dengan Supply Tegangan 52.2 V	31
Tabel 4.2 Data Percobaan Tanpa Beban Dengan Supply Tegangan 60 V	31
Tabel 4.3 Data Motor Dengan Supply Tegangan 52.2 V	31
Tabel 4.4 Data Motor Dengan Supply Tegangan 60 V	32
Tabel 4.5 Hasil Pembebanan PE482D dengan Tegangan 52.2 V	59
Tabel 4.6 Hasil Pembebanan PE482D dengan Tegangan 60 V	60
Tabel 4.7 Pembebanan Motor Listrik pada Kapal Perikanan 30 GT	61

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Hubungan antara Torsi dan Kecepatan pada Tegangan 52.2 V	51
Grafik 4.2 Hubungan antara Slip dan Torsi pada Tegangan 52.2 V	52
Grafik 4.3 Hubungan antara Daya dan Torsi pada Tegangan 52.2 V	53
Grafik 4.4 Hubungan Hubungan antara Daya dan Kecepatan pada Tegangan 52.2 V	53
Grafik 4.5 Hubungan antara Kecepatan dan Torsi pada Tegangan 60 V	54
Grafik 4.6 Hubungan antara Slip dan Torsi Motor pada Tegangan 60 V	55
Grafik 4.7 Hubungan antara Daya dan Torsi Motor pada Tegangan 60 V	56
Grafik 4.8 Hubungan antara Daya dan Kecepatan pada Tegangan 60 V	56
Grafik 4.9 Perbandingan antara Torsi dan Kecepatan pada Tegangan 52.2 V dan 60 V	57
Grafik 4.10 Perbandingan antara Daya dan Torsi pada Tegangan 52.2 V dan 60 V	58
Grafik 4.11 Perbandingan antara Daya dan Kecepatan pada Tegangan 52.2 V dan 60 V	59
Grafik 4.12 Perbandingan Kecepatan-Torsi antara PE482D dan Motor Listrik Kapal Pemanding	62
Grafik 4.13 Perbandingan Kecepatan-Daya antara PE482D dan Motor Listrik Kapal Pemanding	63
Grafik 4.14 Perbandingan Daya-Torsi antara PE482D dan Motor Listrik Kapal Pemanding	64

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Motor listrik merupakan mesin yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanis. Motor listrik sendiri dapat dibagi menjadi motor listrik yang beroperasi dengan arus listrik bolak-balik (AC) dan motor listrik yang beroperasi dengan arus listrik searah (DC). Motor AC dapat dibedakan menjadi motor asinkron dan sinkron. Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak-balik yang termasuk dalam motor asinkron dimana terdapat perbedaan kecepatan putaran atau slip yang terjadi di antara putaran stator dan rotor. Motor induksi bekerja dengan induksi magnet dari medan magnet stator ke rotor, dimana arus listrik yang mengalir pada rotor diperoleh dari arus listrik yang timbul karena induksi medan stator, induksi tersebut muncul karena perbedaan relatif antara putaran rotor dan medan putar magnet stator.

Motor induksi memiliki penerapan yang luas di bidang maritim, khususnya pada penerapan yang membutuhkan kecepatan konstan. Mayoritas penerapan motor induksi dapat dicakup menggunakan motor induksi tiga fasa, tetapi motor induksi satu fasa juga memiliki kegunaannya sendiri dalam mengatasi beban yang membutuhkan tenaga kuda rendah atau kurang dari 2 kilowatt (kW). Motor induksi satu fasa memiliki konstruksi yang tidak jauh berbeda dengan motor induksi tiga fasa dimana banyak motor induksi satu fasa dapat disebut juga sebagai motor sangkar tupai karena kesamaan antara rotor dan roda putar latihan tupai.

Pada laboratorium Marine Electrical and Automation System terdapat unit motor kontrol kit untuk motor induksi satu fasa yang akan diterapkan pada motor induksi kapasitor *start/run* berupa PE482D yang dikeluarkan oleh Feedback Instrument yang sudah lama tidak digunakan. Mengingat hal tersebut maka perlu dilakukan studi berupa eksperimen di laboratorium untuk mengetahui kinerja dari motor Feedback tersebut melalui metode pengambilan data praktikum yang digunakan untuk menganalisa kinerja motor tersebut yang mana hasilnya digunakan sebagai acuan dalam penentuan motor listrik penggerak propulsi diesel-listrik pada kapal perbandingan.

1.2. Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana kinerja kontrol kit motor satu fasa PE482?
2. Bagaimana kinerja motor satu fasa kapasitor start/run PE482D sebagai penggerak propulsi diesel-listrik?

1.3. Batasan Masalah

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

1. Peralatan pengambilan data menggunakan Single Phase Motor Control Kit PE482.

2. Analisa karakter motor induksi yang dilakukan hanya pada modul Feedback Instrument, Capacitor Start/Run Motor PE482D.
3. Pembebanan dilakukan dengan cara mengatur rem magnet menggunakan Loading Unit PE482C yang terpasang pada modul PE482D.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kinerja kontrol kit motor satu fasa PE482.
2. Mengetahui kinerja motor satu fasa kapasitor start/run PE482D sebagai penggerak propulsi diesel-listrik.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

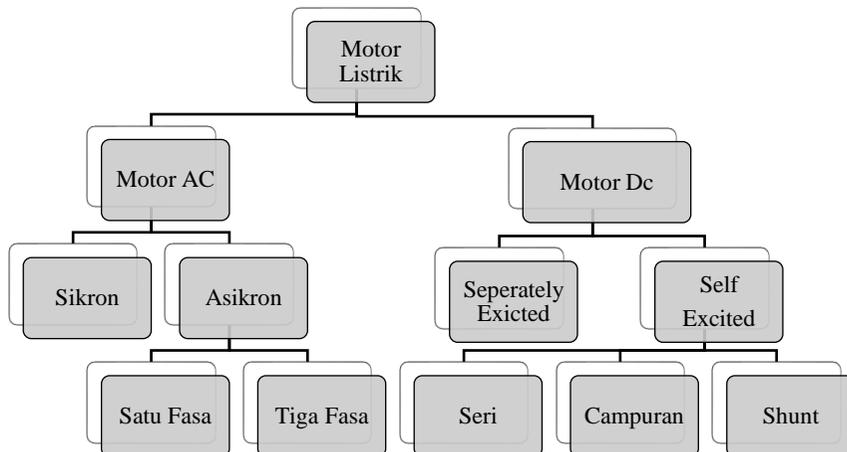
1. Mendapatkan kinerja kontrol kit motor satu fasa PE482.
2. Sebagai acuan dalam pemilihan motor satu fasa sebagai penggerak propulsi diesel-listrik yang akan digunakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Motor Induksi

Motor induksi menggunakan prinsip rotasi medan magnet pada kumparan stator yang akan membuat rotor berputar secara mekanik. Stator pada motor induksi secara permanen terpasang didalam rumah motor, rotasi medan magnet yang muncul pada kumparan stator menyediakan torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan rotor. Medan magnet stator dapat berputar secara elektrik di sekeliling bagian dalam rumah motor, hal tersebut dapat dilakukan dengan menciptakan medan magnet pada stator yang berbeda pada waktu yang berbeda pula. Tepat sebelum medan magnet pada kumparan stator yang satu menghilang, medan magnet kedua pada stator muncul dengan polaritas magnet yang sama, ketika medan magnet kedua mulai menghilang, muncul medan magnet selanjutnya dengan polaritas magnet yang sama pula, dan siklus tersebut terus-menerus berulang dengan sendirinya.

Aplikasi motor induksi yang sangat beragam mulai dari kebutuhan industri hingga kebutuhan sehari-hari dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa seperti yang tercantum di bagan klasifikasi motor listrik pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Klasifikasi Motor Listrik

2.1.1. Konstruksi Motor Asinkron

Motor asinkron pada dasarnya mempunyai dua komponen yang menjadi konstruksi utama dalam operasi motor asinkron, yaitu stator yang menghasilkan rotasi medan magnet dan rotor yang menghasilkan energi mekanik berdasarkan induksi elektromagnetik yang dialami rotor akibat rotasi medan magnet pada stator:

a. Stator

Stator merupakan komponen statis dari motor asinkron dimana arus satu fasa yang mencapai kumparan stator pada motor satu fasa memiliki efek revolusi yang berbeda dari masing-masing arus satu fasa pada suplai daya tiga fasa pada motor tiga fasa. Ruang udara (air gap) yang terdapat di antara permukaan stator dan rotor menimbulkan fluks yang dihasilkan oleh kumparan stator yang memotong ruang udara secara radial, arus satu fasa mengalir pada kumparan stator sehingga medan magnet yang dihasilkan pada kumparan stator menimbulkan efek rotasi medan magnet.



Gambar 2.2 Stator pada Motor Asinkron Tiga Fasa
(Sumber : Hughes, 2006)

b. Rotor

Rotor merupakan komponen dinamis yang berputar dari motor asinkron. Rotor adalah bagian yang berputar, rotasi medan magnet di kumparan stator akan menginduksi kumparan rotor, sehingga rotor akan berputar karena induksi magnetik dengan kecepatan rotasi medan magnet rotor bersifat sinkron dan konstan. Bagian rotor terdiri dari tiga komponen utama, yaitu inti rotor, kumparan rotor dan alur rotor. Berdasarkan bentuk konstruksinya, **Gambar 2.3** dan **Gambar 2.4** menunjukkan dua jenis rotor pada motor asinkron, yaitu rotor sangkar dan rotor belit. Konstriksi rotor terdiri dari tumpukan laminasi baja dengan slot yang ditempatkan secara merata di sekeliling lingkaran. Seperti halnya laminasi stator, permukaan dilapisi dengan lapisan oksida, yang bertindak sebagai insulator, mencegah arus eddy aksial yang tidak diinginkan agar tidak mengalir ke dalam rotor.

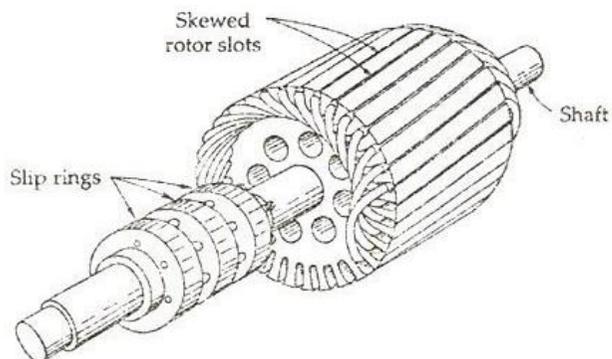
1. Rotor Sangkar



Gambar 2.3 Rotor Sangkar
(Sumber: Hughes, 2006)

Rotor sangkar merupakan jenis rotor yang paling umum dimana setiap slot rotor berisi batang konduktor yang solid dan semua konduktor secara fisik dan elektrik bergabung bersama di setiap ujung rotor dengan melakukan cincin akhir (end ring). Konduktor yang terbuat dari tembaga, dalam hal ini cincin akhir disambung, namun untuk konduktor yang memiliki ukuran kecil hingga sedang dapat menggunakan cincin akhir dengan material aluminium.

2. Rotor Belit



Gambar 2.4 Rotor Belit
(Sumber : <https://www.theengineeringprojects.com/2016/10/wound-rotor-induction-motor.html>)

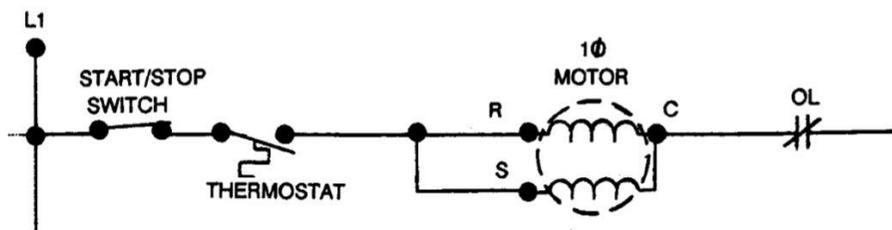
Rotor belit memiliki slot menampung satu set lilitan tiga fase sangat mirip dengan yang ada di stator. Sirkuit rotor dengan demikian terbuka, dan koneksi dapat dibuat melalui sikat bantalan pada pegas. Secara khusus, resistansi setiap fase dari rangkaian rotor dapat ditingkatkan dengan menambahkan resistensi eksternal. Menambahkan perlawanan dalam situasi yang tepat dapat bermanfaat.

2.1.2. Motor Induksi Satu Fasa

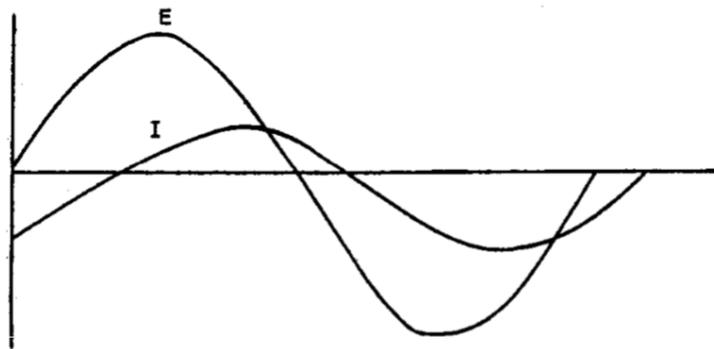
Motor induksi satu fasa merupakan motor asinkron yang dapat beroperasi menggunakan suplai daya satu fasa dimana aplikasi suplai tiga fasa tidak dapat digunakan. Walaupun motor induksi tiga fasa memiliki jumlah fasa yang lebih banyak dari motor satu fasa, motor satu fasa merupakan mesin listrik yang lebih kompleks dimana beberapa komponen tambahan perlu ditambahkan untuk mengoperasikan motor satu fasa.

Ketidakkampuan motor satu fasa dalam memunculkan medan putar dengan sendirinya menjadi dapat diatasi dengan mudah dengan motor tiga fasa. Tanpa medan putar, torsi tidak dapat diciptakan sehingga rotor tidak akan berputar, sehingga dibutuhkan kumparan stator yang lainnya untuk beroperasi. Apabila menggunakan satu buah kumparan stator, motor satu fasa hanya dapat menghasilkan medan magnet beresilasi.

Jika salah satu fasa pada motor induksi tiga fasa terputus ketika motor tersebut sedang beroperasi dengan beban ringan atau tanpa beban, motor tersebut akan tetap terus berjalan dengan penurunan kecepatan yang nyaris tidak terlihat dan dapat terdengar dengungan yang lebih keras dari keadaan operasi normal. Dengan kedua fasa yang tersisa hanya akan ada satu arus, sehingga motor harus beroperasi sebagai motor satu fasa. Jika motor tersebut diberikan beban ketika sedang beroperasi, slip akan meningkat lebih cepat dibandingkan operasi motor tersebut ketika keadaan normal (beroperasi dengan tiga fasa), hal tersebut diikuti dengan penurunan torsi yang jauh lebih sedikit jika dibandingkan dengan kenaikan slip yang terjadi. Ketika beroperasi dengan beban tertentu, motor induksi tiga fasa yang mengalami kegagalan dan rotornya berhenti berputar, motor tersebut tidak akan hidup kembali jika beban dilepas, tetapi motor tersebut tetap menarik arus listrik yang deras dan mengeluarkan dengungan yang lebih keras dari sebelumnya, apabila kondisi ini dibiarkan motor tersebut akan terbakar.



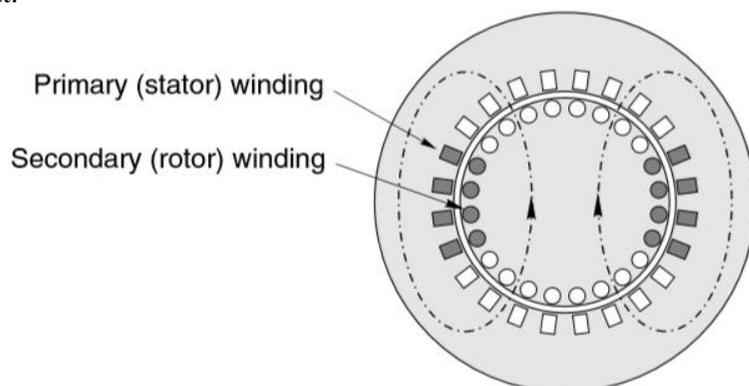
Gambar 2.5 Line Diagram Motor Satu Fasa
(Sumber: Hamilton & Sullivan, 1994)



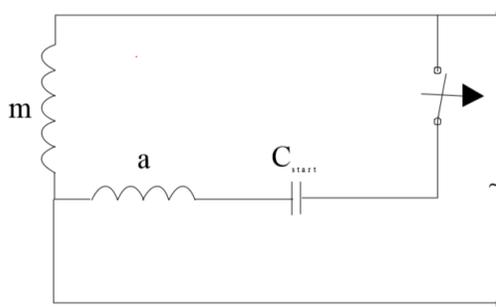
Gambar 2.6 Gelombang Sinus Tegangan (E) dan Arus (I) pada Motor Satu Fasa
(Sumber: Hamilton & Sullivan, 1994)

2.1.3. Prinsip Kerja Motor Induksi Satu Fasa

Seperti nama dari motor induksi satu fasa, motor ini beroperasi dengan arus AC satu fasa dimana terdapat dua buah kumparan pada statornya, yaitu kumparan utama dan kumparan bantu, dimana rotornya memiliki konstruksi standar rotor sangkar. Rotasi medan magnet yang timbul pada stator akan menginduksi rotor dan mendorong rotor untuk terus berputar. Motor induksi satu fasa dapat beroperasi hanya dengan kumparan utama setelah mencapai kecepatan sinkron dimana pada saat memulai operasinya (start) dibutuhkan kumparan bantu yang nantinya akan terputus apabila terdapat saklar sentrifugal, magnetis, atau statis. Seperti yang dapat diamati pada **Gambar 2.8**, dimana koneksi kumparan utama (m) dan kumparan bantu (a) pada motor kapasitor start terpasang saklar sentrifugal yang terhubung ketika motor mulai beroperasi dan dapat terputus ketika kecepatan rotor sudah mencapai kecepatan sinkron. Kumparan utama dan kumparan bantu dengan kapasitansi akan meningkatkan torsi, efisiensi, dan faktor daya dari motor tersebut.



Gambar 2 7 Rotor dan Stator pada Motor Induksi
(Sumber: Hughes, 2006)

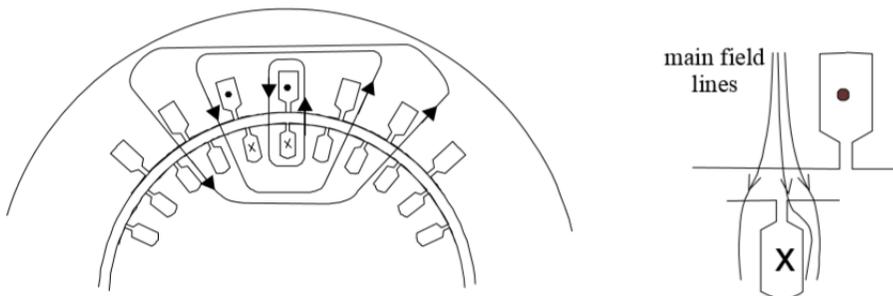


Gambar 2.8 Koneksi Motor Kapasitor Start
(Sumber: Boldea & Nasar, 2010)

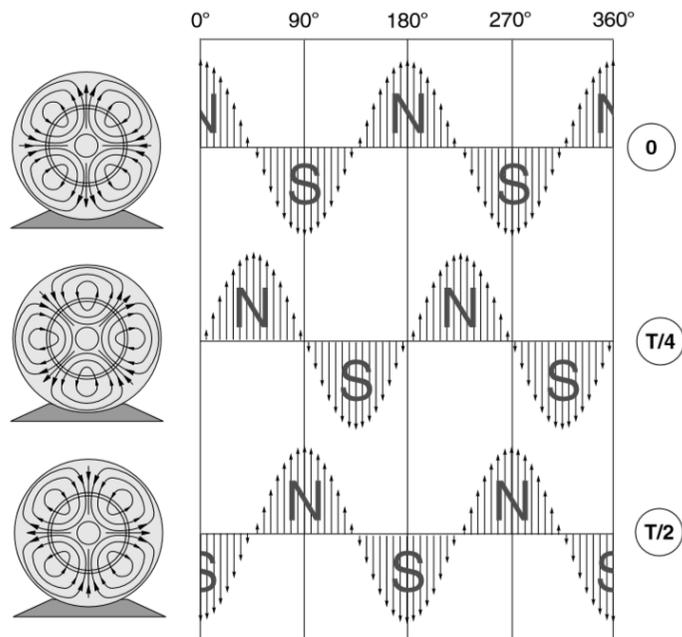
2.1.4. Rotating Magnetic Field

Untuk memahami bagaimana rotor dapat berputar, perlu diketahui terlebih dahulu rotasi medan magnet yang diatur oleh arus dalam kumparan stator yang merupakan hasil dari dua gelombang medan magnet identik yang berjalan berlawanan arah antara yang satu dan yang lainnya (maju dan mundur). Ketika rotor berada dalam kondisi stasioner, rotor akan bereaksi terhadap kedua gelombang yang bergerak dan tidak ada torsi yang dihasilkan. Ketika rotor berputar, arus pada rotor yang diinduksi sedemikian rupa sehingga rotasi medan magnet rotor menentang rotasi medan magnet stator hingga tingkat yang lebih besar daripada gelombang medan magnet maju pada stator. Hal tersebut menghasilkan gelombang fluks maju (yang akan menghasilkan torsi maju) lebih besar daripada gelombang fluks mundur (yang akan memberikan gaya hambat atau drag). Perbedaan tersebut terus membesar ketika kecepatan meningkat sementara fluks mundur secara perlahan mengecil.

Efek umpan balik positif yang terjadi menjelaskan mengapa kecepatan putaran yang lambat pada awalnya semakin mempercepat putarannya hingga tepat dibawah kecepatan sinkron. Pada kecepatan operasi normal motor induksi satu fasa (contoh: slip rendah), gelombang fluks maju beberapa kali lebih besar dari fluksi mundur, dan torsi mundur (drag) hanya sebagian kecil dari torsi maju (searah dengan arah putaran).



Gambar 2.9 Alur Fluks pada Motor Induksi
(Sumber: Boldea & Nasar, 2010)



Gambar 2.10 Pola Fluks dalam Motor Induksi dengan 4 Kutub
(Sumber: Hughes, 2006)

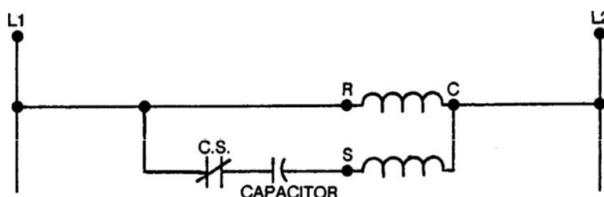
2.2. Jenis-jenis Motor Induksi Satu Fasa

Ada beberapa jenis motor induksi satu fasa berdasarkan desain dari motor dan/atau rangkaian yang digunakan. Desain yang diterapkan pada motor satu fasa pada umumnya meliputi motor kapasitor, motor fasa belah, dan motor kutub peneduh.

2.2.1. Motor Kapasitor Start

Motor kapasitor start merupakan jenis motor induksi satu fasa yang paling banyak digunakan di bidang marine engineering. Aplikasi motor kapasitor start dapat ditemukan di unit pendingin kecil dan pompa portable. Ciri-ciri dari motor kapasitor start merupakan lokasi kapasitor yang menyerupai 'punuk' yang mana terletak di atas rumah (housing) motor.

Motor kapasitor start mengadopsi desain dasar dari motor fasa belah dimana motor fasa belah memiliki sudut perpindahan arus sebesar 30 derajat di antara kumparan start dan run yang disebabkan oleh hambatan kabel motor tersebut. Untuk meningkatkan sudut dan torsi motor, sebuah kapasitor dapat ditambahkan ke dalam rangkaian motor. Kapasitansi yang dihasilkan dapat digunakan untuk meningkatkan derajat perpindahan arus yang menyebabkan semakin lama waktu yang dibutuhkan oleh kedatangan arus di kumparan start dan kumparan run. Hal tersebut dapat terjadi karena dalam kapasitansi, arus listrik akan memimpin (lead) terhadap tegangan.

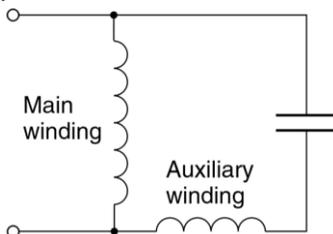


Gambar 2.11 Rangkaian Motor Kapasitor Start
(Sumber: Hamilton & Sullivan, 1994)

2.2.2. Motor Kapasitor Run

Motor kapasitor run memiliki kapasitor yang dirangkai seri dengan kumparan bantu untuk menghasilkan beda fasa di kedua kumparan (kumparan utama dan kumparan bantu). Kedua kumparan identik dan tetap terhubung pada sirkuit selama motor beroperasi, sehingga saklar sentrifugal tidak dibutuhkan pada motor kapasitor run.

Berdasarkan karakteristik torsi-kecepatan dari motor kapasitor run, motor ini paling cocok untuk beban seperti kipas (exhaust fan) dimana motor beroperasi terhadap beban konstan. Motor kapasitor run juga sangat bergantung pada tegangan, dimana jumlah arus listrik yang masuk ke kumparan bergantung pada kapasitas kapasitor dan tegangan sistem. Fluktuasi tegangan yang terjadi di tegangan line akan mengurangi kecepatan motor hingga 50 persen.



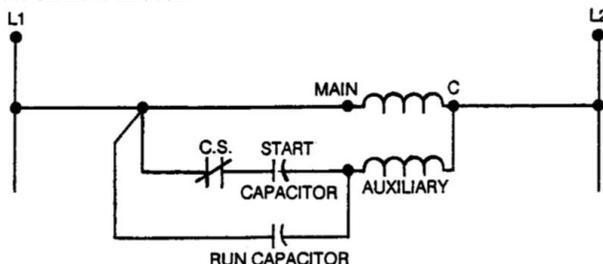
Gambar 2.12 Rangkaian Motor Kapasitor Run
(Sumber: Hughes, 2006)

2.2.3. Motor Kapasitor Start-Run

Motor kapasitor start-run merupakan motor satu fasa yang digunakan ketika tambahan torsi dibutuhkan untuk memulai operasi dan ketika operasi berlangsung akan terjadi tambahan beban pada motor. Kondisi tersebut menandakan bahwa motor membutuhkan torsi awal dari kapasitor start dan melebarkan sudut fasa saat motor beroperasi untuk memenuhi kebutuhan torsi.

Motor kapasitor start-run terdiri atas kapasitor start yang dirangkai seri dengan kumparan bantu, serta dilengkapi dengan saklar sentrifugal untuk memutuskan kapasitor start dari rangkaian kumparan bantu saat kecepatan rotor mencapai sekitar 75 persen dari kecepatan sinkron. Kapasitor run dirangkai paralel dengan kapasitor start. Hal ini membuat akumulasi

kapasitansi kapasitor yang meningkatkan perpindahan total sudut fasa ketika motor mulai beroperasi. Kapasitor run juga dirangkai seri dengan kumparan bantu, sehingga motor selalu beroperasi dengan kumparan bantu dan peningkatan torsi selalu tersedia. Ketika saklar sentrifugal memutuskan kapasitor start dari rangkaian kumparan bantu, kapasitor run menjadi satu-satunya kapasitor pada sirkuit motor.

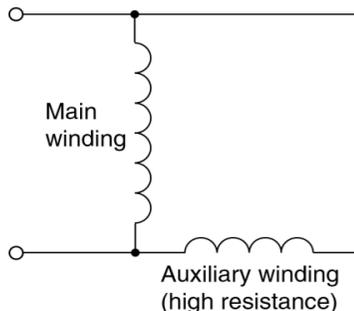


Gambar 2.13 Rangkaian Motor Kapasitor Start-Run
(Sumber: Hamilton & Sullivan, 1994)

2.2.4. Motor Fasa Belah

Motor fasa belah memiliki kumparan utama (run) dan kumparan bantu (start) pada stator yang dirangkai secara paralel, jika diberikan arus listrik ke kedua kumparan dan menghasilkan medan magnet secara bersamaan, rotor hanya akan berotasi. Kecuali jika kedua arus fasa yang mengalir ke kedua kumparan tersebut tiba pada waktu yang sedikit berbeda dan menghasilkan efek tarikan atau dorongan pada polaritas magnetik yang ada pada rotor, polaritas yang menerima efek tarikan atau dorongan akan menciptakan gerakan pada rotor.

Kumparan utama stator terdiri atas tembaga yang memiliki diameter lebih besar dibandingkan kumparan bantu. Kumparan bantu yang memiliki hambatan lebih besar dan reaktansi lebih kecil akan menghasilkan medan magnet lebih cepat dibandingkan kumparan utama. Perbedaan inheren dalam impedansi sudah cukup untuk memberikan perpindahan fasa yang diperlukan oleh kedua arus tanpa memerlukan elemen eksternal di rangkaian seri kumparan bantu.



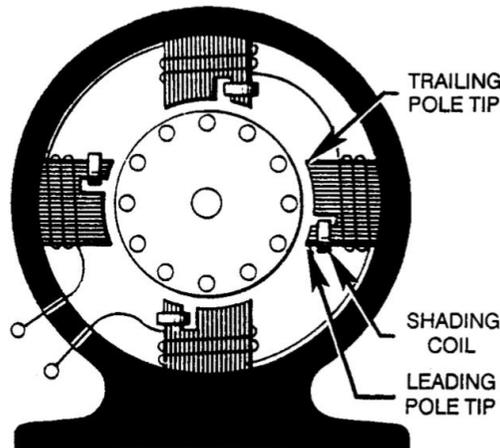
Gambar 2.14 Rangkaian Motor Fasa Belah
(Sumber: Hughes, 2006)

2.2.5. Motor Kutub Peneduh

Motor kutub peneduh tidak menggunakan dua kumparan untuk menghasilkan torsi yang diperlukan untuk memutar rotor. Kutub stator dibagi menjadi dua bagian. Masing-masing bagian terdapat cincin tembaga yang melingkari ujung masing-masing bagian.

Arus bolak-balik yang memasuki kumparan medan stator mengelilingi kutub stator sehingga medan magnet mudah dihasilkan di bagian kutub stator tanpa cincin tembaga.

Medan magnet yang semakin merambat pada stator menghasilkan medan magnet elektromagnetik dan menginduksi medan magnet rotor yang memiliki polaritas berlawanan dengan medan stator. Pada saat yang bersamaan, cincin tembaga menghasilkan medan magnet di bagian kutub peneduh stator. Medan magnet yang berlawanan dengan cincin tembaga memudar dan melambatkan fasa fluks melalui cincin tembaga, sehingga fluks yang melalui cincin tembaga melalui puncak setelah fluks utama dan memberikan jumlah rotasi fluks yang melintasi permukaan kutub. Kemudian gelombang fluks yang berinteraksi dengan rotor menghasilkan torsi. Efisiensi pada motor kutub peneduh tergolong rendah karena sirkuit magnet yang buruk dan rugi-rugi yang timbul akibat arus yang diinduksi oleh cincin peneduh.



Gambar 2.15 Bagian-bagian Motor Kutub Peneduh
(Sumber: Hamilton & Sullivan, 1994)

2.3. Kapasitor

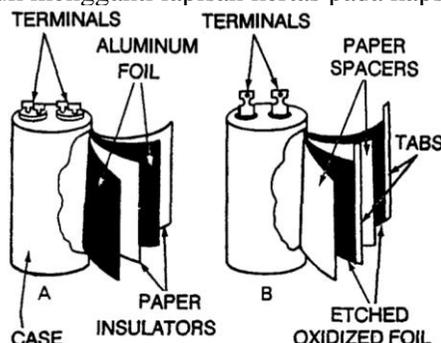
Kapasitor merupakan perangkat penting dalam menciptakan rotasi medan magnet stator pada motor induksi satu fasa. Jika motor satu fasa gagal beroperasi, kapasitor merupakan perangkat yang harus diinspeksi setelah mengecek suplai tegangan, sekering, dan pemutus arus (circuit breaker). Kapasitor bukanlah konduktor, sehingga arus listrik tidak dapat melewati kapasitor seperti halnya arus listrik melewati kumparan motor dan hambatan (resistor), namun kapasitor menggunakan kapasitas internalnya untuk memindahkan elektron.



Gambar 2.16 Simbol Kapasitor
Sumber: Hamilton & Sullivan, 1994)

Konstruksi kapasitor terdiri dari dua plat kapasitor yang saling berhadapan dan dipisahkan oleh insulator yang disebut dielektrik. Plat kapasitor mendapat polaritas magnet dari tegangan suplai dan dapat dengan cepat merubah polaritasnya (dari negatif ke positif, begitu pula sebaliknya) sesuai dengan frekuensi tegangan suplai. Dielektrik dapat menyimpan energi di dalam medan elektrostatik yang dikenal dengan listrik statis.

Kapasitor yang digunakan untuk operasi start dan run memiliki rumahan dengan material yang berbeda. Kapasitor start memiliki rumahan berbahan plastik dan memiliki kapasitansi 20 kali lebih besar dari kapasitor run. Sementara kapasitor run memiliki rumahan berbahan besi dikarenakan beban kerja ketika motor beroperasi secara terus menerus. Konstruksi internal kapasitor terdiri atas dua atau lebih lapisan kertas yang digulung diangan dua lapis aluminium foil untuk kapasitor run dan lapisan elektrolitik untuk mengganti lapisan kertas pada kapsitor start.



Gambar 2.17 Konstruksi Kapasitor
(A) Kapasitor run; (B) Kapasitor start
(Sumber: Hamilton & Sullivan, 1994)

2.4. Slip

Jika rotor dapat berputar pada kecepatan sinkron, tidak ada gerak relatif antara medan magnet stator dan batang konduktor rotor. Hal ini menyebabkan hilangnya induksi yang berlangsung pada rotor, dan rotor akan kehilangan medan magnet. Namun hal ini tidak akan terjadi pada motor induksi, jika kecepatan rotor mencapai kecepatan sinkron dengan rotasi medan magnet stator, rotor akan berhenti. Apabila kecepatan rotor melambat, bahkan menurun sedikit, induksi medan elektromagnetik dan arus listrik akan mengalir lagi ke rotor, dan menjaga kecepatan rotor tepat dibawah kecepatan sinkron.

Slip (S) merupakan perbedaan antara kecepatan rotasi medan magnet stator (n_s) dan kecepatan putaran rotor (n_r). Nilai slip yang terjadi pada motor induksi dinyatakan dalam persentase perbedaan kecepatan stator dan rotor. Nilai 100% pada slip menyatakan bahwa rotor berada dalam kondisi diam atau tepat akan bergerak.

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

Dimana,

n_s = kecepatan sinkron Motor (rpm)

n_r = kecepatan motor (rpm)

Persamaan diatas memberikan informasi yaitu :

- nilai $S = 1$ dimana $n_r = 0$, menyatakan kondisi rotor masih dalam keadaan diam atau tepat akan bergerak.
- nilai $S = 0$, menyatakan bahwa $n_s = n_r$, ini berarti bahwa rotor berputar pada kecepatan sinkron. Ini dapat terjadi jika arus DC disuntikkan ke dalam rotor berliku, atau rotor dipindahkan secara mekanis.
- nilai $0 < S < 1$, menyatakan bahwa kecepatan rotor antara sisa dan kecepatan yang disinkronkan. Kecepatan putaran rotor dalam hal ini adalah kecepatan yang disinkronkan (synchronous speed).

2.5. Efisiensi Motor Induksi

Efisiensi pada motor induksi merupakan rasio antara energi listrik sebagai input (P_{in}) ke motor dan energi mekanik sebagai output (P_{out}) dari motor. Akan terjadi perbedaan antara daya output motor dan daya input motor, hal tersebut dapat terjadi akibat rugi-rugi yang terjadi pada hambatan kumparan stator dan inti stator. Rugi-rugi juga dapat terjadi pada ruang udara di antara stator dan rotor, lalu daya yang dibutuhkan untuk melampaui rugi-rugi gulungan dan gesekan juga menurunkan daya output dari motor induksi. Efisiensi pada motor induksi dapat dirumuskan oleh:

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

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

2.6. Pembebanan Motor Induksi

Pada motor induktif, tidak ada koneksi arus listrik ke rotor, namun arus yang mengalir pada rotor merupakan hasil induksi elektromagnetik. Induksi elektromagnetik menghasilkan medan magnet yang berputar. Kecepatan rotasi medan magnet dipengaruhi oleh dua faktor, frekuensi sumber ke mesin dan jumlah elektroda yang terbentuk pada mesin berdasarkan persamaan berikut:

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

Dimana:

f = Frekuensi (Hz)

p = Jumlah kutub yang terbentuk

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

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

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

Dimana:

Cos ϕ = Faktor Daya
 P = Daya Aktif (Watt)
 S = Daya Semu (VA)

2.7. Hubungan Kecepatan dengan Torsi

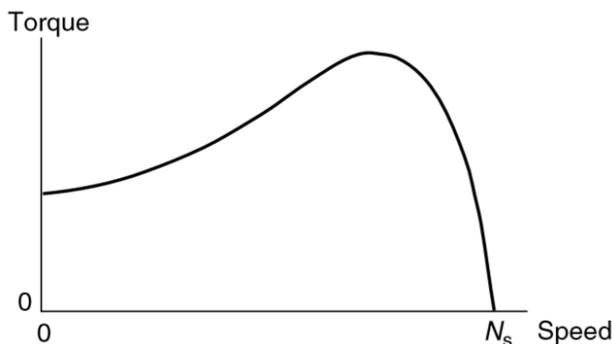
Hubungan kecepatan dengan torsi berdasarkan rumus $T = P/(2\pi \times (nr/60))$, jika daya (P) memiliki nilai konstan maka besar nilai torsi tergantung dari kecepatan putaran rotor (nr).

$$T = P/(2\pi \times (nr/60)) \quad \text{.....(5)}$$

Dimana:

T = Torsi (Nm)
 P = Daya (Watt)
 nr = Putaran Rotor (rpm)

Jika rotasi rotor dipercepat, torsi yang dihasilkan kecil, sementara jika torsi besar, kecepatannya lambat. **Gambar 2.18** menunjukkan hubungan antara kecepatan dan torsi. Ketika torsi penuh, mesin berputar pada N_s . Ketika beban mekanik meningkat, kecepatan mesin menurun hingga torsi torsi maksimum tercapai.



Gambar 2.18 Kurva Torsi dan Kecepatan untuk Motor Induksi

(Sumber: Hughes, 2006)

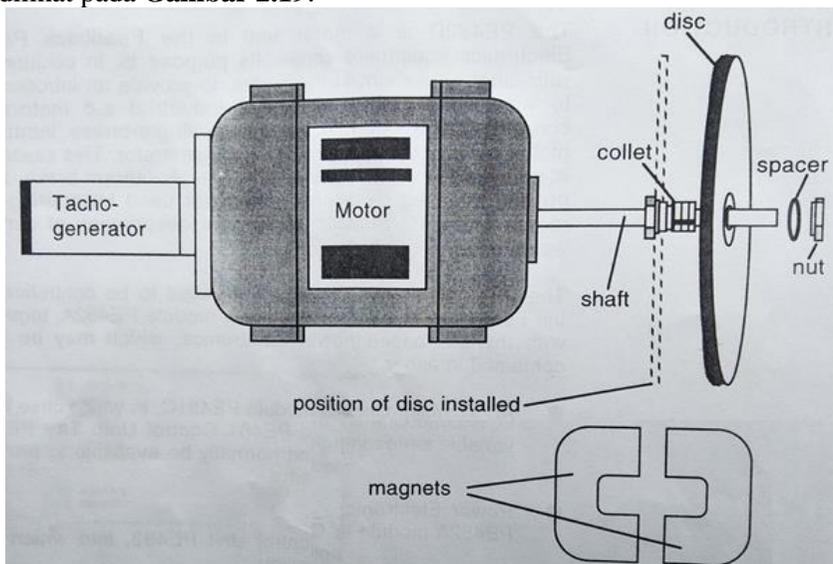
2.8. Sistem pada PE482

Sistem pada PE482 sebagai pengontrol kecepatan pada motor dengan menghasilkan variabel frekuensi satu fasa yang disuplai pada motor induksi kapasitor start/run. Motor kapasitor start/run PE482D memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Jenis arus input AC 1-phase
- Tegangan kerja 50 V AC
- Frekuensi kerja input 50 Hz / 60 Hz
- Arus kerja maksimal 1.5 A / 1.1 A
- Kecepatan 2800 rpm / 3400 rpm
- Daya output 12 watt
- Faktor Daya 0.2

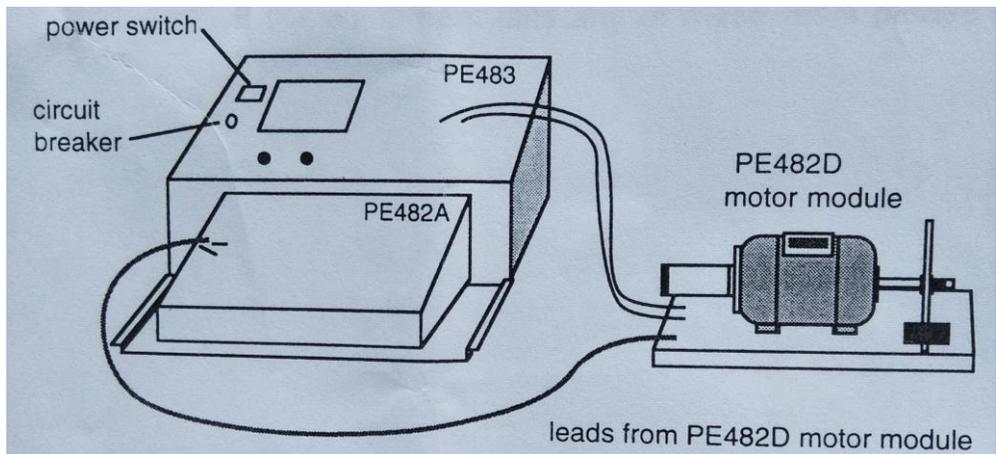
Motor PE482D memiliki cakram aluminium yang disediakan untuk dipasang pada poros motor dan bekerja dengan unit beban (loading unit) PE482C yang dapat disesuaikan pada modul motor sebagai rem dinamis untuk menerapkan beban ke motor.

Cakram aluminium melekat pada poros motor dengan hub, pada poros tempat pemasangan cakram aluminium terdiri dari atas collet yang dapat dikencangkan oleh mur yang dikenakan pada ring spacer. Sepasang kunci pas disediakan untuk memegang collet dan memutar mur. Susunan hub dan cakram pada motor PE482D dapat dilihat pada **Gambar 2.19**.



Gambar 2.19 Susunan Cakram Aluminium pada Poros Motor
(Sumber: Feedback Instruments Ltd)

Motor PE482D juga dilengkapi dengan tachogenerator yang memiliki keluaran open-circuit sebesar $2V \pm 50mV$ per 1000r/min. Selain motor induksi kapasitor start/run PE482D, komponen lain yang terdapat pada kontrol kit PE482 adalah motor control circuit PE482A dan control unit PE483. Kebutuhan tegangan AC satu fasa untuk PE482D akan disuplai oleh control unit PE483 yang mampu menyuplai tegangan 50V AC dengan arus 1.5 A.

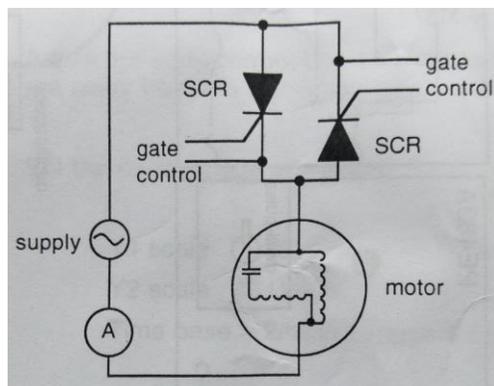


Gambar 2.20 Rangkaian Motor PE482D dengan Control Unit PE483
(Sumber: Feedback Instruments Ltd)

PE483 dilengkapi dengan display analog pembacaan tachogenerator yang dapat membaca tegangan/arus nominal pada motor dan kecepatan putaran motor. Pembacaan tachogenerator memiliki toleransi sebagai berikut:

- Toleransi pengaturan pabrik $\pm 2.5\%$
- Toleransi frekuensi dari suplai daya
- Akurasi display analog
- Offset apa pun karena pemuatan meter
- $\pm 1.5\%$ untuk variasi dalam perilaku motor satu fasa

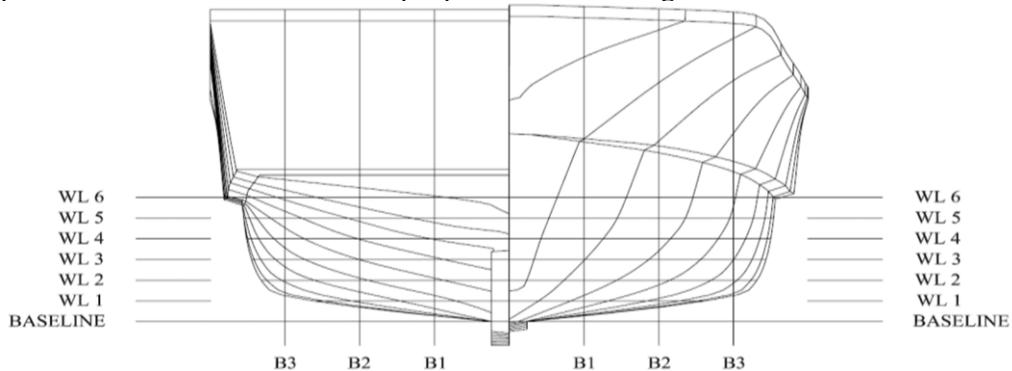
Motor control circuit PE482A memiliki fungsi sebagai pembacaan output dari tachogenerator dengan speed sensor input dan mengolah data tersebut untuk pembacaan display analog pada PE483. PE482A dapat memberikan output data berupa kecepatan putaran dan tegangan/arus pada suatu rangkaian. Selain itu PE482A memiliki sirkuit untuk mengontrol Silicon Contolled Rectifiers (SCR) yang berfungsi untuk mengontrol tegangan dan arus yang diberikan pada motor induksi.



Gambar 2.21 Sirkuit untuk Kontrol Motor pada PE482A
(Sumber: Feedback Instruments Ltd)

2.9. Data Kapal Pembanding

Kapal sampel yang digunakan dalam perancangan sistem propulsi diesel-elektrik adalah kapal perikanan 30 GT tipe purse seine dengan bentuk lambung kapal pada Gambar 2.22 dan dimensi kapal pada Tabel 2. sebagai berikut:



Gambar 2.22 Bentuk Lambung Kapal Perikanan 30 GT

(Sumber: Muhammad, et al., 2014)

Tabel 2.1 Dimensi Kapal Perikanan 30 GT

(Sumber: Muhammad, et al., 2014)

Parameter	Value	Unit
Skala	1	λ
Displamen	43.971	ton
Lwl	17.79	m
Breadth	4.4	m
Height	1.6	m
Draught	1.1	m
Vs	10	knot
Cp		
Cb	0.44	

Motor listrik tiga fasa yang digunakan pada kapal perikanan 30 GT berfungsi sebagai penggerak sistem propulsi diesel-elektrik dengan tipe propeller fixed pitch propeller (FPP). Spesifikasi dari motor listrik yang digunakan pada kapal perikanan 30 GT terdapat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi Motor Listrik pada Kapal Perikanan 30 GT

(Sumber: Muhammad, et al., 2014)

Parameter	Value	Unit
Power Output	175	HP
Tegangan	460	V
Arus	203	A
Kecepatan	1800	rpm
Efisiensi	96.2	%
Power Faktor	0.85	0.85

Dalam menentukan engine-propeller matching antara propulsi diesel-elektrik dan propeller pada kapal perikanan 30 GT, perlu ditentukan peridiksi pembebanan motor listrik yang akan dijadikan acuan untuk mengetahui engine propeller kecepatan putaran mesin, daya input, dan torsi. Tabel 2.3 menunjukkan prediksi pembebanan motor listrik pada kapal perikanan 30 GT.

Tabel 2.3 Prediksi Pembebanan Motor Listrik
(Sumber: Muhammad, et al., 2014)

P-Engine			Cos θ	Kecepatan		Amperage	Voltage	P-in
kW	HP	(%)		rpm	(%)			
19.4628	26.1	14.75%	0.72	266	14.78%	266	460	17.189
32.5125	43.6	24.65%	0.72	443	24.61%	443	460	28.648
50.4093	67.6	38.21%	0.72	688	38.22%	688	460	44.46
58.4629	78.4	44.32%	0.72	798	44.33%	798	460	51.56
71.5126	95.9	54.21%	0.75	975	54.17%	975	460	65.65
84.4878	113.3	64.0475%	0.75	1153	64.06%	1153	460	77.59
97.463	130.7	73.88%	0.75	1330	73.89%	1330	460	89.52
110.513	148.2	83.78%	0.79	1507	83.72%	1507	460	106.87
131.914	176.9	100.00%	0.85	1800	100.00%	1800	460	137.31

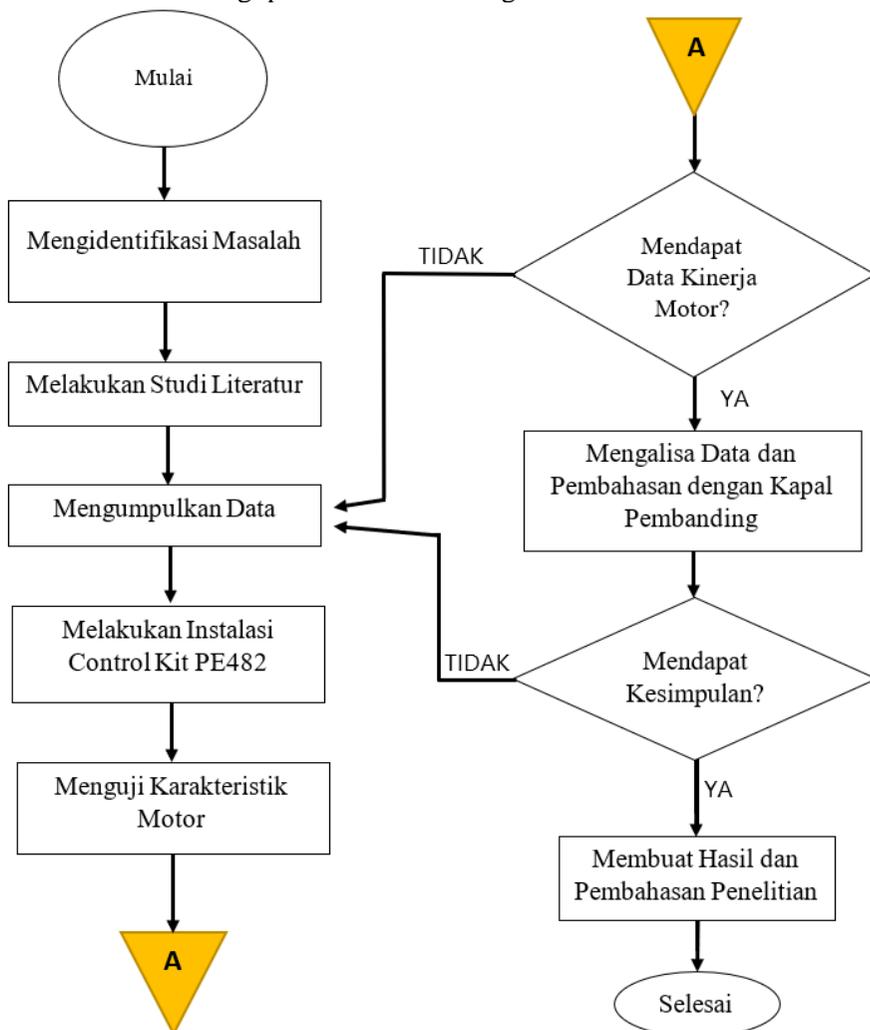
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Flow Chart Penelitian

Metodologi penelitian merupakan kerangka berfikir yang digunakan selama pengerjaan tugas akhir mulai tahap perencanaan hingga tugas akhir dinyatakan selesai. Metodologi penelitian diperlukan agar proses penelitian dapat berjalan sesuai rencana, sehingga memperoleh hasil yang maksimal.

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk pengambilan data, kemudian dilanjutkan dengan melakukan perhitungan yang dibutuhkan untuk melakukan analisa kinerja motor induksi kapasitor start/run Feedback tipe PE482D. Flow chart dari metodologi penelitian ini dituangkan dalam **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Flow Chart Metodologi Penelitian

3.1.1. Mengidentifikasi Masalah

Penelitian ini diawali dengan melakukan identifikasi masalah yang terjadi untuk menentukan rumusan masalah yang akan diambil. Perumusan masalah adalah tahap pertama dalam pelaksanaan tugas akhir. Tahap ini adalah tahap yang sangat penting, di mana pada tahap ini mencari latar belakang mengapa masalah yang ada harus diselesaikan sehingga layak untuk menjadi bahan penelitian dalam tugas akhir. Mencari masalah dilakukan dengan menggali informasi tentang masalah yang terjadi saat ini. Dari tahap ini juga, tujuan mengapa tugas akhir ini dilakukan dapat diketahui. Dalam tugas akhir ini, masalah yang akan diselesaikan adalah menganalisa kinerja kontrol kit PE482 menggunakan motor induksi satu fasa kapasitor start/run PE482D.

3.1.2. Melakukan Studi Literatur

Studi literatur dengan mencari sumber informasi dan referensi sebagai bahan pendukung dalam penelitian ini. Sumber referensi dan informasi yang penulis dapatkan dari berbagai jurnal, buku, dan berbagai referensi nasional dan internasional dari internet yang memiliki keterkaitan terhadap motor induksi satu fasa kapasitor start/run dan kapal dengan sistem propulsi listrik.

3.1.3. Mengumpulkan Data

Mengumpulkan data dengan mencari referensi terkait data (kinerja) kapal perbandingan yang akan digunakan dalam menentukan kinerja motor induksi satu fasa PE482D. Data yang dikumpulkan meliputi kinerja motor listrik yang digunakan sebagai sistem propulsi kapal tersebut.

3.1.4. Melakukan Instalasi Control Kit PE482

Instalasi perangkat dan rangkaian control kit PE482 dilakukan sesuai dengan modul Feedback “Capacitor Start/Run Induction Motor PE482D”. Instalasi kontrol kit PE482 meliputi motor induksi kapasitor start/run PE482D, piringan aluminium pada shaft motor PE482D, unit beban PE482C, kontrol sirkuit motor PE482A, unit kontrol PE483, dan suplai daya tegangan satu fasa.

3.1.5. Menguji Karakteristik Motor

Data karakteristik motor yang diuji pada penelitian ini diambil dari pengukuran tegangan, arus start, arus nominal, dan kecepatan yang terdapat pada motor induksi satu fasa kapasitor start/run PE482D melalui variasi pembebanan unit beban PE482C. Variasi pembebanan yang diterapkan pada motor PE482D dilakukan mulai dari skala 0-10. Kesalahan pengambilan data karakteristik motor yang terdeteksi perlu dilakukan pengumpulan ulang data.

3.1.6. Menganalisa Data dan Pembahasan dengan Kapal Perbandingan

Setelah mendapat data eksperimen dari uji karakteristik motor PE482D, analisa data hasil eksperimen dilakukan untuk mengetahui kinerja

dan karakteristik motor PE482D yang sebenarnya. Setelah analisa data dilakukan, kemudian komparasi data yang sudah diolah dengan kapal pembanding dilakukan sebagai tolak ukur karakteristik motor PE482D. Hasil komparasi yang tidak menemukan titik temu perlu dilakukan pengumpulan data kapal pembanding.

3.1.7. Membuat Hasil dan Pembahasan Penelitian

Setelah analisa data dan pembahasan dengan kapal pembanding menemukan kesimpulan, hasil dan pembahasan penelitian akan dibuat, hasil dan pembahasan penelitian meliputi karakteristik kontrol kit PE482 dan motor kapasitor start/run PE482D sebagai propulsi diesel-listrik kapal.

3.2. Tempat Eksperimen

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

3.3. Studi Literatur

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

- FEEDBACK “Capacitor Start/Run Induction Motor PE482D”, Feedback Instruments Ltd, Park Road, Crowborough, E. Sussex, TN6 2QR, UK.
- Adnanes, Alf Kare, “Maritime Electrical Installations and Diesel Electric Propulsion”, ABB AS, Oslo, 2003
- Boldea, Ion & Nasar, Syed A., “The Induction Machines Design Handbook 2nd Edition”, Taylor and Francis Group, Boca Raton, 2010
- Hughes, Austin “Electric Motors and Drives 3rd Edition”, Elsevier, Oxford, 2006
- Hamilton, Milton H. & Sullivan, Gordon R., “INTRODUCTION TO MARINE ELECTRICITY”, US Army Transportation School Fort Eustis, 1994

3.4. Menyusun dan Menentukan Perangkat

Pada tahapan ini dilakukan pemilihan peralatan – peralatan yang dibutuhkan dalam proses sebelum melakukan pengujian motor induksi 1 fasa dengan kapasitor start/run tipe PE482D.

a. Capacitor Start/Run Induction Motor PE482D

Capacitor Start/Run Induction Motor PE482D merupakan motor induksi 1 fasa dengan kapasitor start/run yang akan dilakukan eksperimen. Motor PE482D dilengkapi dengan tachogenerator dan piringan aluminium terpasang beralawanan sisi pada shaft motor. Motor PE482D juga dilengkapi dengan Loading Unit PE482C yang memiliki skala 0 untuk kondisi tanpa beban dan 1-10 untuk kondisi berbeban.



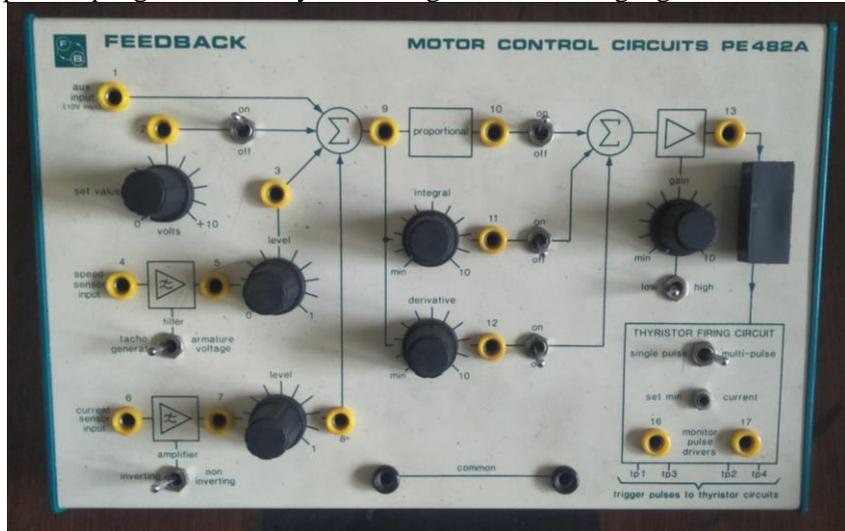
Gambar 3.2 Motor Induksi Satu Fasa Kapasitor Start/Run PE482D
(Sumber : Foto dari Laboratorium MEAS)



Gambar 3.3 Loading Unit PE482C
(Sumber : Foto dari Laboratorium MEAS)

b. Motor Control Circuit PE482A

Pada eksperimen ini, Motor Control Circuit PE482A berfungsi sebagai pengolah data dari putaran tachogenerator di PE482D, terdapat dua pilihan pengolahan data, yaitu tachogenerator dan tegangan armatur.

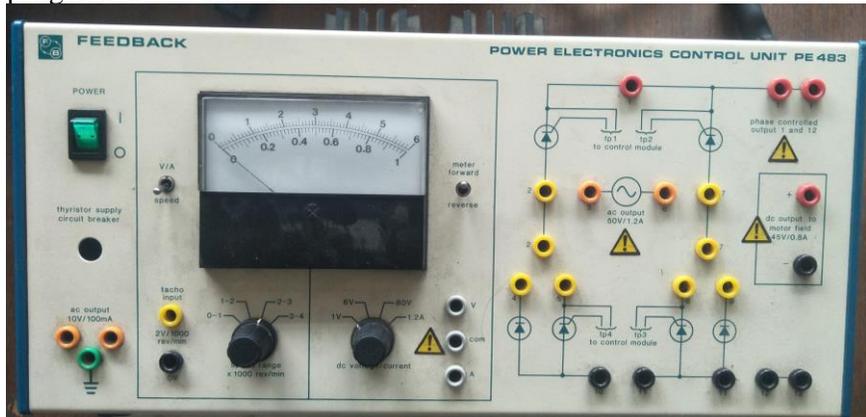


Gambar 3.4 Control Unit PE483

(Sumber : Foto dari Laboratorium MEAS)

c. Control Unit PE483

Pada eksperimen ini, Control Unit PE483 berfungsi sebagai suplai tegangan 50 V AC untuk motor kapasitor start/run PE482D, serta menjadi display analog tegangan/arus dan kecepatan putaran rotor dari hasil pengolahan data Motor Control Circuit PE482A.

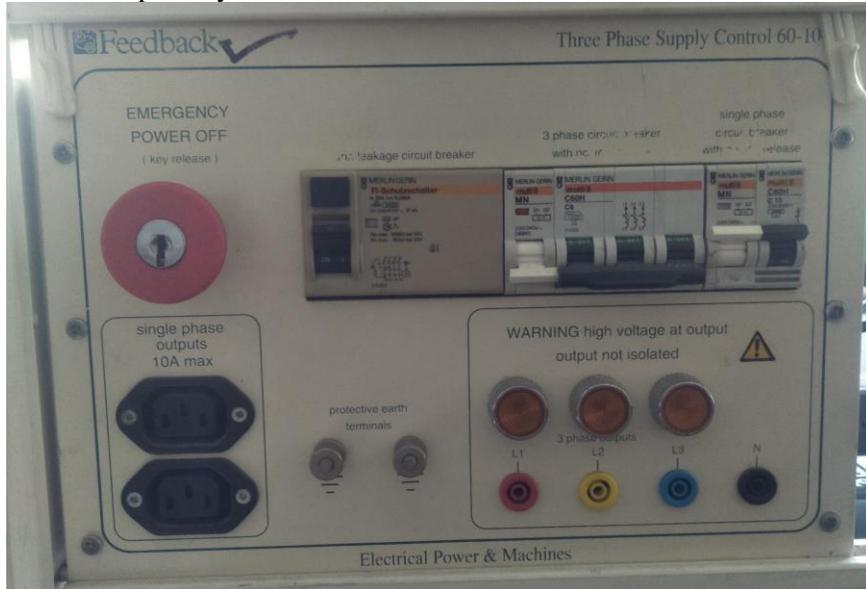


Gambar 3.5 Control Unit PE483

(Sumber : Foto dari Laboratorium MEAS)

d. Single & Three Phase Supply Control 60-100

Merupakan suatu alat yang terdiri dari earth leakage breaker, single phase supply, dan three phase supply, serta circuit breaker yang digunakan untuk suplai daya satu fasa ke kontrol unit PE483



Gambar 3.6 Single & Three Phase Supply Control 60-100
(Sumber : Foto dari Laboratorium MEAS)

e. Kabel

Merupakan alat yang berfungsi sebagai penghantar arus listrik dari satu tempat ke tempat yang lain.



Gambar 3.7 Kabel
(Sumber : Foto dari Laboratorium MEAS)

f. Multimeter

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



Gambar 3.8 *Multimeter*

(Sumber : Foto dari Laboratorium MEAS)

g. Clamp Meter

Alat untuk mengukur arus dan tegangan pada suatu rangkaian.

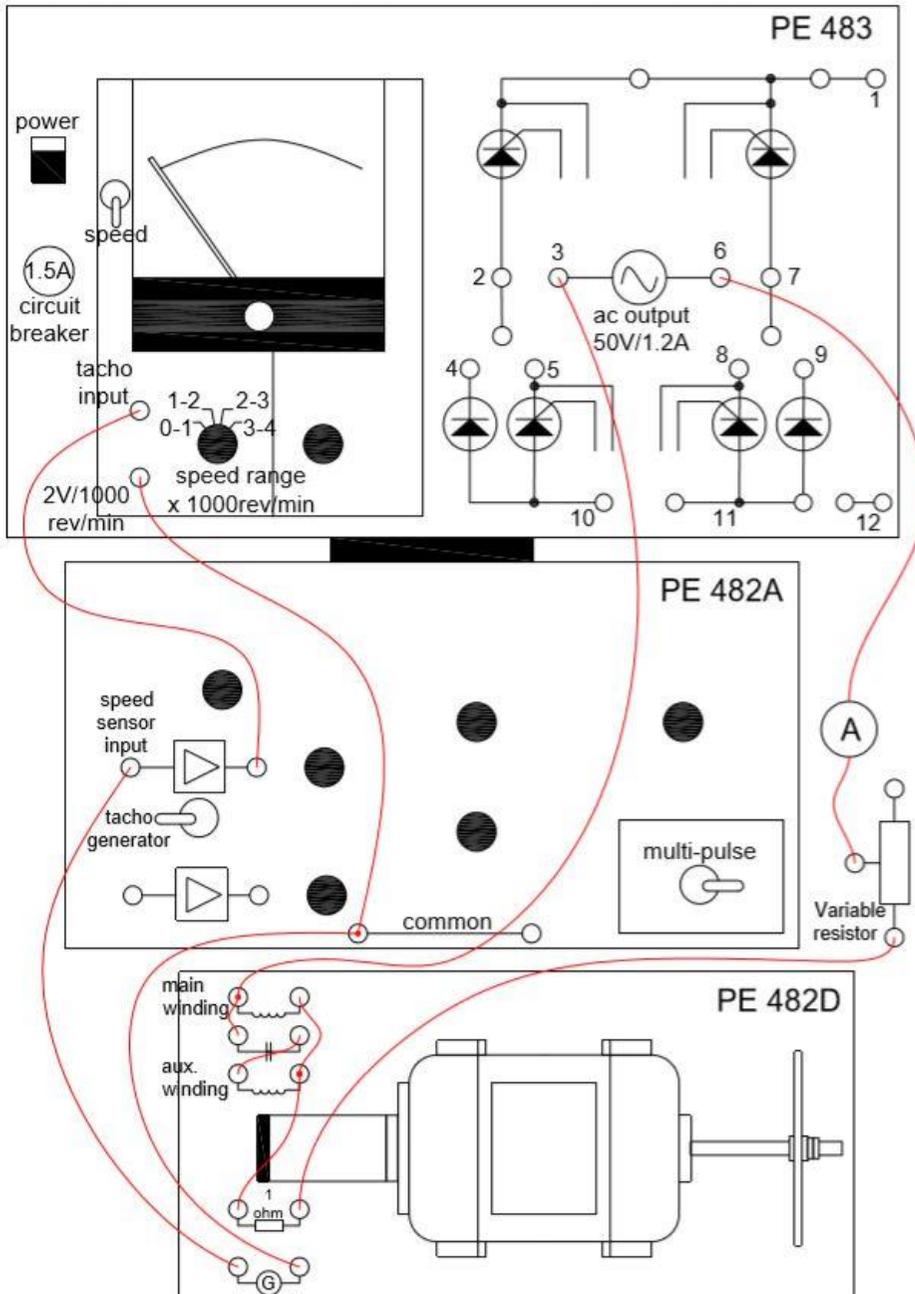


Gambar 3.9 *Clamp Meter*

(Sumber : Foto dari Laboratorium MEAS)

3.5. Tahapan Pengujian

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



Gambar 3.10 Rangkaian Kontrol Kit PE482

1. Percobaan Tanpa Beban (Load Scale 0)

Percobaan tanpa beban yang dilakukan pada motor induksi satu fasa kapasitor start/run memiliki 2 rangkaian yang dilakukan pada motor ini. Variasi tegangan dapat diterapkan pada percobaan tanpa beban rangkaian, yaitu rangkaian dengan supply tegangan 52.2 V dan percobaan dengan supply tegangan 60 V.

a. Percobaan dengan Supply Tegangan 52.2 V

Langkah-langkah merangkai percobaan :

- Merangkai PE483, PE482A, dan PE482D peralatan sesuai **Gambar 3.10**.
- Memastikan Loading Unit PE482C berada pada skala 0.
- Mengatur line voltage di PE483 dengan range 200-220 V.
- Mengarahkan saklar speed sensor unit di PE482A pada tachogenerator.
- Memutar skala speed range di PE483 pada range 2-3.
- Menghidupkan Single & Three Phase Supply Control 60-100.
- Mengamati kecepatan putaran motor pada display analog PE483, tegangan, arus start, dan arus nominal pada motor PE482D dengan multimeter dan clamp ampere.
- Mencatat seluruh hasil yang didapat.
- Percobaan selesai.

b. Percobaan dengan Supply Tegangan 60 V

Langkah-langkah merangkai percobaan :

- Merangkai PE483, PE482A, dan PE482D peralatan sesuai **Gambar 3.10**.
- Memastikan Loading Unit PE482C berada pada skala 0.
- Mengatur line voltage di PE483 dengan range 220-250 V.
- Mengarahkan saklar speed sensor unit di PE482A pada tachogenerator.
- Memutar skala speed range di PE483 pada range 2-3.
- Menghidupkan Single & Three Phase Supply Control 60-100.
- Mengamati kecepatan putaran motor pada display analog PE483, tegangan, arus start, dan arus nominal pada motor PE482D dengan multimeter dan clamp ampere,
- Mencatat seluruh hasil yang didapat.
- Percobaan selesai.

2. Percobaan Berbeban (Load Scale 1-10)

Percobaan berbeban yang dilakukan pada motor induksi satu fasa kapasitor start/run memiliki 2 rangkaian yang dilakukan pada motor ini. Variasi tegangan dapat diterapkan pada percobaan berbeban rangkaian, yaitu rangkaian dengan supply tegangan 52.2 V dan percobaan dengan supply tegangan 60 V. Setelah itu dapat diterapkan variasi beban dengan melakukan variasi Loading Unit PE482C dengan skala 1-10.

- a. Percobaan dengan Supply Tegangan 52.2 V
Langkah-langkah merangkai percobaan :
- Merangkai PE483, PE482A, dan PE482D peralatan sesuai **Gambar 3.10**.
 - Memastikan Loading Unit PE482C berada pada skala 0.
 - Mengatur line voltage di PE483 dengan range 200-220 V.
 - Mengarahkan saklar speed sensor unit di PE482A pada tachogenerator.
 - Memutar skala speed range di PE483 pada range 2-3.
 - Menghidupkan Single & Three Phase Supply Control 60-100.
 - Melakukan variasi pada Loading Unit PE482C dengan skala 1-10.
 - Mengamati kecepatan putaran motor pada display analog PE483, tegangan, arus start, dan arus nominal pada motor PE482D dengan multimeter dan clamp ampere.
 - Mencatat seluruh hasil yang didapat.
 - Percobaan selesai.
- b. Percobaan dengan Supply Tegangan 60 V
Langkah-langkah merangkai percobaan :
- Merangkai PE483, PE482A, dan PE482D peralatan sesuai **Gambar 3.10**.
 - Memastikan Loading Unit PE482C berada pada skala 0.
 - Mengatur line voltage di PE483 dengan range 220-250 V.
 - Mengarahkan saklar speed sensor unit di PE482A pada tachogenerator.
 - Memutar skala speed range di PE483 pada range 2-3.
 - Menghidupkan Single & Three Phase Supply Control 60-100.
 - Melakukan variasi pada Loading Unit PE482C dengan skala 1-10.
 - Mengamati kecepatan putaran motor pada display analog PE483, tegangan, arus start, dan arus nominal pada motor PE482D dengan multimeter dan clamp ampere.
 - Mencatat seluruh hasil yang didapat.
 - Percobaan selesai.

3.6. 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. Tegangan (V)
- b. Arus start (A)
- c. Arus nominal (A)
- d. Kecepatan (rpm)

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada tahap analisa dan pembahasan mengenai analisa kinerja motor induksi satu fasa kapasitor start/run PE482D, akan dilakukan pembelajaran terhadap modul yang dikeluarkan Feedback mengenai komponen yang digunakan untuk eksperimen kontrol kit motor PE482. Terdapat tata cara dalam melakukan eksperimen guna pengambilan data yang digunakan pada tahap analisa data dan pembahasan. Data yang diambil pada saat praktikum adalah Tegangan Nominal (V_n), Arus Nominal (I_n), Arus Start (I_s), kecepatan putaran motor (n_r). Pada eksperimen ini digunakan dua metode yaitu dengan kondisi motor berbeban dan tanpa beban.

Setelah mendapatkan seluruh data yang sekiranya diperlukan saat eksperimen maka selanjutnya dilakukan perhitungan data untuk mengetahui kinerja dari motor induksi satu fasa kapasitor start/run PE482D dimulai dari perhitungan slip motor. Kemudian dilakukan perhitungan daya semu, daya nominal, dan torsi. Pada bab ini juga dilakukan analisa grafik guna mengetahui hubungan dari parameter – parameter yang telah dihitung guna menarik kesimpulan pada akhir penelitian ini.

4.1. Data Hasil Percobaan

Percobaan penelitian motor induksi satu fasa kapasitor start/run PE482D ini dilakukan pada tanggal 16-20 Desember 2019 sampai selesai di Laboratorium Listrik Kapal dan Sistem Otomasi, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya sehingga diperoleh data sebagai berikut :

4.1.1. Percobaan Tanpa Beban

a. Supply Tegangan 52.2 V

Tabel 4.1 Data Percobaan Tanpa Beban Dengan Supply Tegangan 52.2 V

Load Scale	Arus Start (A)	Arus Nominal (A)	Kecepatan (rpm)
0	2.1	0.98	2920

b. Supply Tegangan 60 V

Tabel 4.2 Data Percobaan Tanpa Beban Dengan Supply Tegangan 60 V

Load Scale	Arus Start (A)	Arus Nominal (A)	Kecepatan (rpm)
0	2.37	1.33	2900

4.1.2. Percobaan Berbeban

a. Supply Tegangan 52.2 V

Tabel 4.3 Data Motor Dengan Supply Tegangan 52.2 V

Load Scale	Arus Start (A)	Arus Nominal (A)	Kecepatan (rpm)
1	2.26	0.985	2915
2	2.37	0.99	2905

Load Scale	Arus Start (A)	Arus Nominal (A)	Kecepatan (rpm)
3	2.47	1.08	2865
4	2.53	1.29	2810
5	2.58	1.54	2740
6	2.77	1.78	2680
7	2.96	2.95	2620
8	2.98	2.96	2615
9	3.01	2.98	2605
10	3.04	3.01	2590

b. Supply Tegangan 60 V

Tabel 4.4 Data Motor Dengan Supply Tegangan 60 V

Load Scale	Arus Start (A)	Arus Nominal (A)	Kecepatan (rpm)
1	2.41	1.34	2895
2	2.46	1.36	2885
3	2.56	1.38	2845
4	2.62	1.45	2780
5	2.82	1.58	2720
6	2.92	1.73	2660
7	3.04	1.91	2600
8	3.34	3.33	2570
9	3.39	3.37	2560
10	3.41	3.39	2550

4.2. Perhitungan Data

4.2.1. Percobaan Tanpa Beban

a. Supply Tegangan 52.2 V

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 52.2 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.1 A
- 2) Arus Nominal = 0.98 A
- 3) V Nominal = 52.2 Volt
- 4) Putaran rotor = 2920 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Slip} &= ((ns-nr) / ns) \times 100\% \\
 &= ((2800-2920) / 2800) \times 100\% \\
 &= 4.29\%
 \end{aligned}$$

- Daya Semu (Ps) = $V_n \times I_n$
 $= 52.2 \times 0.98$
 $= 51.156 \text{ VA}$
- Daya Start (Pst) = $V_n \times I_s \times \cos \phi$
 $= 52.2 \times 2.1 \times 0.2$
 $= 21.924 \text{ Watt}$
- Daya Aktif (Pa) = $V_n \times I_n \times \cos \phi$
 $= 52.2 \times 0.98 \times 0.2$
 $= 10.231 \text{ Watt}$
- Torsi (T) = $P_a / (2\pi \times (nr/60))$
 $= 10.231 / (2\pi \times (2920/60))$
 $= 0.0335 \text{ Nm}$

b. Supply Tegangan 60 V

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 60 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.37 A
- 2) Arus Nominal = 1.33 A
- 3) V Nominal = 60 V
- 4) Putaran rotor = 2900 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

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

- Perhitungan Slip
 $\% \text{ Slip} = ((n_s - n_r) / n_s) \times 100\%$
 $= ((2800 - 2900) / 2800) \times 100\%$
 $= 3.57\%$
- Daya Semu (Ps)
 $P_s = V_n \times I_n$
 $= 60 \times 1.33$
 $= 79.8 \text{ VA}$
- Daya Start (Pst)
 $P_{st} = V_n \times I_s \times \cos \phi$
 $= 60 \times 2.37 \times 0.2$
 $= 24.743 \text{ Watt}$

- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} Pa &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 60 \times 1.33 \times 0.2 \\ &= 15.960 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= Pa / (2\pi \times (nr/60)) \\ &= 15.960 / (2\pi \times (2900/60)) \\ &= 0.0526 \text{ Nm} \end{aligned}$$

4.2.2. Percobaan Berbeban

4.2.2.1 Percobaan Berbeban dengan Supply Tegangan 52.2 V

a. Perhitungan pada Load Scale 1

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 52.2 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.26 A
- 2) Arus Nominal = 0.985 A
- 3) V Nominal = 52.2 Volt
- 4) Putaran rotor = 2915 rpm
- 5) $\cos \phi$ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((n_s - n_r) / n_s) \times 100\% \\ &= ((2800 - 2915) / 2800) \times 100\% \\ &= 4.11\% \end{aligned}$$
- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} Ps &= V_n \times I_n \\ &= 52.2 \times 0.985 \\ &= 51.417 \text{ VA} \end{aligned}$$
- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} Pst &= V_n \times I_s \times \cos \phi \\ &= 52.2 \times 2.26 \times 0.2 \\ &= 23.594 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} Pa &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 52.2 \times 0.985 \times 0.2 \\ &= 10.283 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- Torsi (T)

$$T = P_a / (2\pi \times (nr/60))$$

$$= 10.283 / (2\pi \times (2915/60))$$

$$= 0.0337 \text{ Nm}$$

b. Perhitungan pada Load Scale 2

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 52.2 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.37 A
- 2) Arus Nominal = 0.99 A
- 3) V Nominal = 52.2 Volt
- 4) Putaran rotor = 2905 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\% \text{ Slip} = ((ns-nr) / ns) \times 100\%$$

$$= ((2800-2905) / 2800) \times 100\%$$

$$= 3.75\%$$
- Daya Semu (Ps)

$$P_s = V_n \times I_n$$

$$= 52.2 \times 0.99$$

$$= 51.678 \text{ VA}$$
- Daya Start (Pst)

$$P_{st} = V_n \times I_s \times \text{Cos } \phi$$

$$= 52.2 \times 2.37 \times 0.2$$

$$= 24.743 \text{ Watt}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$P_a = V_n \times I_n \times \text{Cos } \phi$$

$$= 52.2 \times 0.99 \times 0.2$$

$$= 10.336 \text{ Watt}$$
- Torsi (T)

$$T = P_a / (2\pi \times (nr/60))$$

$$= 10.336 / (2\pi \times (2905/60))$$

$$= 0.0340 \text{ Nm}$$

c. Perhitungan pada Load Scale 3

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 52.2 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.47 A
- 2) Arus Nominal = 1.08 A
- 3) V Nominal = 52.2 Volt
- 4) Putaran rotor = 2865 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((ns-nr) / ns) \times 100\% \\ &= ((2800-2865) / 2800) \times 100\% \\ &= 2.32\% \end{aligned}$$
- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} Ps &= V_n \times I_n \\ &= 52.2 \times 1.08 \\ &= 56.378 \text{ VA} \end{aligned}$$
- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} Pst &= V_n \times I_s \times \text{Cos } \phi \\ &= 52.2 \times 2.47 \times 0.2 \\ &= 25.787 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} Pa &= V_n \times I_n \times \text{Cos } \phi \\ &= 52.2 \times 1.08 \times 0.2 \\ &= 11.275 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= Pa / (2\pi \times (nr/60)) \\ &= 11.275 / (2\pi \times (2865/60)) \\ &= 0.0376 \text{ Nm} \end{aligned}$$

d. Perhitungan pada Load Scale 4

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 52.2 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.53 A
- 2) Arus Nominal = 1.29 A
- 3) V Nominal = 52.2 Volt
- 4) Putaran rotor = 2810 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((ns-nr) / ns) \times 100\% \\ &= ((2800-2810) / 2800) \times 100\% \\ &= 0.36\% \end{aligned}$$
- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} P_s &= V_n \times I_n \\ &= 52.2 \times 1.29 \\ &= 67.338 \text{ VA} \end{aligned}$$
- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} P_{st} &= V_n \times I_s \times \cos \phi \\ &= 52.2 \times 2.53 \times 0.2 \\ &= 26.413 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} P_a &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 52.2 \times 1.29 \times 0.2 \\ &= 13.468 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= P_a / (2\pi \times (nr/60)) \\ &= 13.468 / (2\pi \times (2810/60)) \\ &= 0.0458 \text{ Nm} \end{aligned}$$

e. Perhitungan pada Load Scale 5

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 52.2 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.58 A
- 2) Arus Nominal = 1.54 A
- 3) V Nominal = 52.2 Volt
- 4) Putaran rotor = 2740 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((ns-nr) / ns) \times 100\% \\ &= ((2800-2740) / 2800) \times 100\% \\ &= 2.14\% \end{aligned}$$

- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} P_s &= V_n \times I_n \\ &= 52.2 \times 1.54 \\ &= 51.156 \text{ VA} \end{aligned}$$
- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} P_{st} &= V_n \times I_s \times \cos \phi \\ &= 52.2 \times 2.58 \times 0.2 \\ &= 21.924 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} P_a &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 52.2 \times 1.54 \times 0.2 \\ &= 16.078 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= P_a / (2\pi \times (nr/60)) \\ &= 16.078 / (2\pi \times (2740/60)) \\ &= 0.0561 \text{ Nm} \end{aligned}$$

f. Perhitungan pada Load Scale 6

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 52.2 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.77 A
- 2) Arus Nominal = 1.78 A
- 3) V Nominal = 52.2 Volt
- 4) Putaran rotor = 2680 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((ns-nr) / ns) \times 100\% \\ &= ((2800-2680) / 2800) \times 100\% \\ &= 4.29\% \end{aligned}$$
- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} P_s &= V_n \times I_n \\ &= 52.2 \times 1.78 \\ &= 92.916 \text{ VA} \end{aligned}$$

- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} \text{Pst} &= V_n \times I_s \times \cos \phi \\ &= 52.2 \times 2.77 \times 0.2 \\ &= 28.919 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} \text{Pa} &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 52.2 \times 1.78 \times 0.2 \\ &= 18.583 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= \text{Pa} / (2\pi \times (nr/60)) \\ &= 18.583 / (2\pi \times (2680/60)) \\ &= 0.0662 \text{ Nm} \end{aligned}$$

g. Perhitungan pada Load Scale 7

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 52.2 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.96 A
- 2) Arus Nominal = 2.95 A
- 3) V Nominal = 52.2 Volt
- 4) Putaran rotor = 2620 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((n_s - n_r) / n_s) \times 100\% \\ &= ((2800 - 2620) / 2800) \times 100\% \\ &= 6.43\% \end{aligned}$$
- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} \text{Ps} &= V_n \times I_n \\ &= 52.2 \times 2.95 \\ &= 153.99 \text{ VA} \end{aligned}$$
- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} \text{Pst} &= V_n \times I_s \times \cos \phi \\ &= 52.2 \times 2.96 \times 0.2 \\ &= 30.902 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} Pa &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 52.2 \times 2.95 \times 0.2 \\ &= 30.798 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= Pa / (2\pi \times (nr/60)) \\ &= 30.798 / (2\pi \times (2620/60)) \\ &= 0.1123 \text{ Nm} \end{aligned}$$

h. Perhitungan pada Load Scale 8

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 52.2 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.98 A
- 2) Arus Nominal = 2.96 A
- 3) V Nominal = 52.2 Volt
- 4) Putaran rotor = 2615 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((ns-nr) / ns) \times 100\% \\ &= ((2800-2615) / 2800) \times 100\% \\ &= 6.61\% \end{aligned}$$
- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} Ps &= V_n \times I_n \\ &= 52.2 \times 2.96 \\ &= 154.512 \text{ VA} \end{aligned}$$
- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} Pst &= V_n \times I_s \times \cos \phi \\ &= 52.2 \times 2.98 \times 0.2 \\ &= 31.111 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} Pa &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 52.2 \times 2.96 \times 0.2 \\ &= 30.902 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- Torsi (T)

$$T = Pa / (2\pi \times (nr/60))$$

$$= 30.902 / (2\pi \times (2615/60))$$

$$= 0.1129 \text{ Nm}$$

i. Perhitungan pada Load Scale 9

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 52.2 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 3.01 A
- 2) Arus Nominal = 2.98 A
- 3) V Nominal = 52.2 Volt
- 4) Putaran rotor = 2605 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\% \text{ Slip} = ((ns-nr) / ns) \times 100\%$$

$$= ((2800-2605) / 2800) \times 100\%$$

$$= 6.96\%$$
- Daya Semu (Ps)

$$Ps = Vn \times In$$

$$= 52.2 \times 2.98$$

$$= 155.556 \text{ VA}$$
- Daya Start (Pst)

$$Pst = Vn \times Is \times \text{Cos } \phi$$

$$= 52.2 \times 3.01 \times 0.2$$

$$= 31.424 \text{ Watt}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$Pa = Vn \times In \times \text{Cos } \phi$$

$$= 52.2 \times 2.98 \times 0.2$$

$$= 31.111 \text{ Watt}$$
- Torsi (T)

$$T = Pa / (2\pi \times (nr/60))$$

$$= 31.111 / (2\pi \times (2605/60))$$

$$= 0.1141 \text{ Nm}$$

j. Perhitungan pada Load Scale 10

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 52.2 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 3.04 A
- 2) Arus Nominal = 3.01 A
- 3) V Nominal = 52.2 Volt
- 4) Putaran rotor = 2590 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((ns-nr) / ns) \times 100\% \\ &= ((2800-2590) / 2800) \times 100\% \\ &= 7.50\% \end{aligned}$$
- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} Ps &= V_n \times I_n \\ &= 52.2 \times 3.01 \\ &= 157.122 \text{ VA} \end{aligned}$$
- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} Pst &= V_n \times I_s \times \text{Cos } \phi \\ &= 52.2 \times 3.04 \times 0.2 \\ &= 31.738 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} Pa &= V_n \times I_n \times \text{Cos } \phi \\ &= 52.2 \times 3.01 \times 0.2 \\ &= 31.4244 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= Pa / (2\pi \times (nr/60)) \\ &= 31.4244 / (2\pi \times (2590/60)) \\ &= 0.1159 \text{ Nm} \end{aligned}$$

4.2.2.2 Percobaan Berbeban dengan Supply Tegangan 60 V

a. Perhitungan pada Load Scale 1

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 60 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.41 A
- 2) Arus Nominal = 1.34 A
- 3) V Nominal = 60 Volt
- 4) Putaran rotor = 2895 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((ns-nr) / ns) \times 100\% \\ &= ((2800-2895) / 2800) \times 100\% \\ &= 3.39\% \end{aligned}$$
- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} P_s &= V_n \times I_n \\ &= 60 \times 1.34 \\ &= 80.4 \text{ VA} \end{aligned}$$
- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} P_{st} &= V_n \times I_s \times \cos \phi \\ &= 60 \times 2.41 \times 0.2 \\ &= 25.160 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} P_a &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 60 \times 1.34 \times 0.2 \\ &= 16.080 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= P_a / (2\pi \times (nr/60)) \\ &= 16.080 / (2\pi \times (2895/60)) \\ &= 0.0531 \text{ Nm} \end{aligned}$$

b. Perhitungan pada Load Scale 2

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 60 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.46 A
- 2) Arus Nominal = 1.36 A
- 3) V Nominal = 60 Volt
- 4) Putaran rotor = 2885 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((ns-nr) / ns) \times 100\% \\ &= ((2800-2885) / 2800) \times 100\% \\ &= 3.04\% \end{aligned}$$

- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} P_s &= V_n \times I_n \\ &= 60 \times 1.36 \\ &= 81.6 \text{ VA} \end{aligned}$$
- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} P_{st} &= V_n \times I_s \times \cos \phi \\ &= 60 \times 2.46 \times 0.2 \\ &= 25.682 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} P_a &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 60 \times 1.36 \times 0.2 \\ &= 16.320 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= P_a / (2\pi \times (nr/60)) \\ &= 16.320 / (2\pi \times (2885/60)) \\ &= 0.0540 \text{ Nm} \end{aligned}$$

c. Perhitungan pada Load Scale 3

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 60 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.56 A
- 2) Arus Nominal = 1.38 A
- 3) V Nominal = 60 Volt
- 4) Putaran rotor = 2845 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((n_s - n_r) / n_s) \times 100\% \\ &= ((2800 - 2845) / 2800) \times 100\% \\ &= 1.61\% \end{aligned}$$
- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} P_s &= V_n \times I_n \\ &= 60 \times 1.38 \\ &= 82.8 \text{ VA} \end{aligned}$$

- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} Pst &= V_n \times I_s \times \cos \phi \\ &= 60 \times 2.56 \times 0.2 \\ &= 26.726 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} Pa &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 60 \times 1.38 \times 0.2 \\ &= 16.560 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= Pa / (2\pi \times (nr/60)) \\ &= 16.560 / (2\pi \times (2845/60)) \\ &= 0.0556 \text{ Nm} \end{aligned}$$

d. Perhitungan pada Load Scale 4

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 60 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.62 A
- 2) Arus Nominal = 1.45 A
- 3) V Nominal = 60 Volt
- 4) Putaran rotor = 2780 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((n_s - n_r) / n_s) \times 100\% \\ &= ((2800 - 2780) / 2800) \times 100\% \\ &= 0.71\% \end{aligned}$$
- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} Ps &= V_n \times I_n \\ &= 60 \times 1.45 \\ &= 87.00 \text{ VA} \end{aligned}$$
- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} Pst &= V_n \times I_s \times \cos \phi \\ &= 60 \times 2.62 \times 0.2 \\ &= 27.353 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} Pa &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 60 \times 1.45 \times 0.2 \\ &= 17.400 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= Pa / (2\pi \times (nr/60)) \\ &= 17.400 / (2\pi \times (2780/60)) \\ &= 0.0598 \text{ Nm} \end{aligned}$$

e. Perhitungan pada Load Scale 5

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 60 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.82 A
- 2) Arus Nominal = 1.58 A
- 3) V Nominal = 60 Volt
- 4) Putaran rotor = 2720 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((ns-nr) / ns) \times 100\% \\ &= ((2800-2720) / 2800) \times 100\% \\ &= 2.86\% \end{aligned}$$
- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} Ps &= V_n \times I_n \\ &= 60 \times 1.58 \\ &= 94.8 \text{ VA} \end{aligned}$$
- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} Pst &= V_n \times I_s \times \cos \phi \\ &= 60 \times 2.82 \times 0.2 \\ &= 29.441 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} Pa &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 60 \times 1.58 \times 0.2 \\ &= 18.960 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= Pa / (2\pi \times (nr/60)) \\ &= 18.960 / (2\pi \times (2720/60)) \\ &= 0.0666 \text{ Nm} \end{aligned}$$

f. Perhitungan pada Load Scale 6

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 60 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 2.92 A
- 2) Arus Nominal = 1.73 A
- 3) V Nominal = 60 Volt
- 4) Putaran rotor = 2660 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((n_s - n_r) / n_s) \times 100\% \\ &= ((2800 - 2660) / 2800) \times 100\% \\ &= 5.00\% \end{aligned}$$
- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} P_s &= V_n \times I_n \\ &= 60 \times 1.73 \\ &= 103.8 \text{ VA} \end{aligned}$$
- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} P_{st} &= V_n \times I_s \times \text{Cos } \phi \\ &= 60 \times 2.92 \times 0.2 \\ &= 30.485 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} P_a &= V_n \times I_n \times \text{Cos } \phi \\ &= 60 \times 1.73 \times 0.2 \\ &= 20.760 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= P_a / (2\pi \times (n_r/60)) \\ &= 20.760 / (2\pi \times (2660/60)) \\ &= 0.0746 \text{ Nm} \end{aligned}$$

g. Perhitungan pada Load Scale 7

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 60 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 3.04 A
- 2) Arus Nominal = 1.91 A
- 3) V Nominal = 60 Volt
- 4) Putaran rotor = 2600 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((n_s - n_r) / n_s) \times 100\% \\ &= ((2800 - 2600) / 2800) \times 100\% \\ &= 7.14\% \end{aligned}$$
- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} P_s &= V_n \times I_n \\ &= 60 \times 1.91 \\ &= 114.6 \text{ VA} \end{aligned}$$
- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} P_{st} &= V_n \times I_s \times \cos \phi \\ &= 60 \times 3.04 \times 0.2 \\ &= 31.738 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} P_a &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 60 \times 1.91 \times 0.2 \\ &= 22.920 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= P_a / (2\pi \times (n_r/60)) \\ &= 22.920 / (2\pi \times (2600/60)) \\ &= 0.0842 \text{ Nm} \end{aligned}$$

h. Perhitungan pada Load Scale 8

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 60 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 3.34 A
- 2) Arus Nominal = 3.33 A
- 3) V Nominal = 60 Volt
- 4) Putaran rotor = 2570 rpm
- 5) $\cos \phi$ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((n_s - n_r) / n_s) \times 100\% \\ &= ((2800 - 2570) / 2800) \times 100\% \\ &= 8.21\% \end{aligned}$$

- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} Ps &= V_n \times I_n \\ &= 60 \times 3.33 \\ &= 199.8 \text{ VA} \end{aligned}$$
- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} Pst &= V_n \times I_s \times \cos \phi \\ &= 60 \times 3.34 \times 0.2 \\ &= 34.870 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} Pa &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 60 \times 3.33 \times 0.2 \\ &= 39.960 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= Pa / (2\pi \times (nr/60)) \\ &= 39.960 / (2\pi \times (2570/60)) \\ &= 0.1486 \text{ Nm} \end{aligned}$$

i. Perhitungan pada Load Scale 9

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 60 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 3.39 A
- 2) Arus Nominal = 3.37 A
- 3) V Nominal = 60 Volt
- 4) Putaran rotor = 2560 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((ns-nr) / ns) \times 100\% \\ &= ((2800-2560) / 2800) \times 100\% \\ &= 8.57\% \end{aligned}$$
- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} Ps &= V_n \times I_n \\ &= 60 \times 3.37 \\ &= 202.2 \text{ VA} \end{aligned}$$

- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} Pst &= V_n \times I_s \times \cos \phi \\ &= 60 \times 3.39 \times 0.2 \\ &= 35.392 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} Pa &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 60 \times 3.37 \times 0.2 \\ &= 40.440 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= Pa / (2\pi \times (nr/60)) \\ &= 40.440 / (2\pi \times (2560/60)) \\ &= 0.1509 \text{ Nm} \end{aligned}$$

j. Perhitungan pada Load Scale 10

Dari percobaan motor dengan dengan Supply Tegangan 60 V didapatkan beberapa data sebagai berikut :

- 1) Arus Start = 3.41 A
- 2) Arus Nominal = 3.39 A
- 3) V Nominal = 60 Volt
- 4) Putaran rotor = 2550 rpm
- 5) Cos ϕ = 0.2

Berdasarkan data hasil pengamatan, data tersebut dapat diolah sehingga menghasilkan analisa perhitungan % slip, daya semu (Ps), daya start (Pst), daya aktif (Pa), dan torsi (T).

- Perhitungan Slip

$$\begin{aligned} \% \text{ Slip} &= ((ns-nr) / ns) \times 100\% \\ &= ((2800-2550) / 2800) \times 100\% \\ &= 8.93\% \end{aligned}$$
- Daya Semu (Ps)

$$\begin{aligned} Ps &= V_n \times I_n \\ &= 60 \times 3.39 \\ &= 203.4 \text{ VA} \end{aligned}$$
- Daya Start (Pst)

$$\begin{aligned} Pst &= V_n \times I_s \times \cos \phi \\ &= 60 \times 3.41 \times 0.2 \\ &= 35.600 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- Daya Aktif (Pa)

$$\begin{aligned} Pa &= V_n \times I_n \times \cos \phi \\ &= 60 \times 3.39 \times 0.2 \\ &= 40.680 \text{ Watt} \end{aligned}$$
- Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= Pa / (2\pi \times (nr/60)) \\ &= 40.680 / (2\pi \times (2550/60)) \\ &= 0.1524 \text{ Nm} \end{aligned}$$

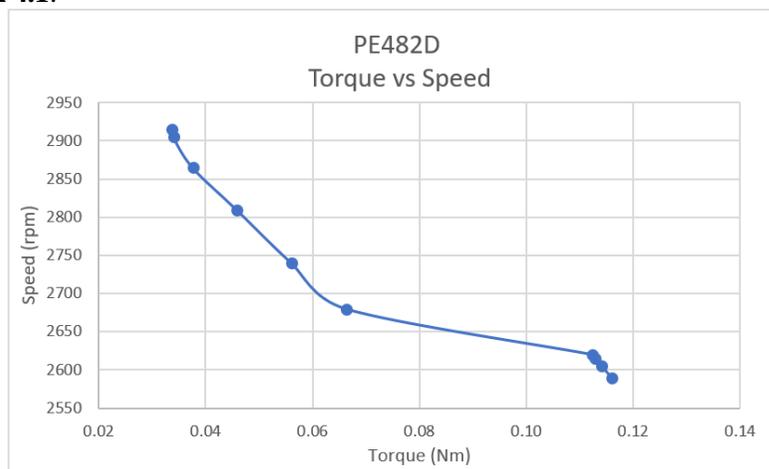
4.3. Analisa Grafik Motor PE482D

Setelah perhitungan data motor induksi satu fasa kapasitor start/run PE482D dua tegangan, langkah selanjutnya ialah melakukan analisa dari nilai yang dihasilkan. Dari nilai tersebut menghasilkan grafik perbandingan dari kedua supply tegangan. Analisa grafik akan dibagi menjadi dua jenis yaitu motor berbeban dengan suplai tegangan 52.2 V dan motor berbeban dengan suplai tegangan 60 V.

4.3.1. Motor Berbeban dengan Supply Tegangan 52.2 V

1. Hubungan antara Torsi dan Kecepatan

Analisa grafik mengenai hubungan antara kecepatan putaran dan torsi motor PE482D pada tegangan 52.2 V, dimana data perhitungan kecepatan dan torsi didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor mulai dari skala 1 hingga 10. Grafik hubungan antara kecepatan dan torsi untuk motor PE482D terlampir pada **Grafik 4.1**.



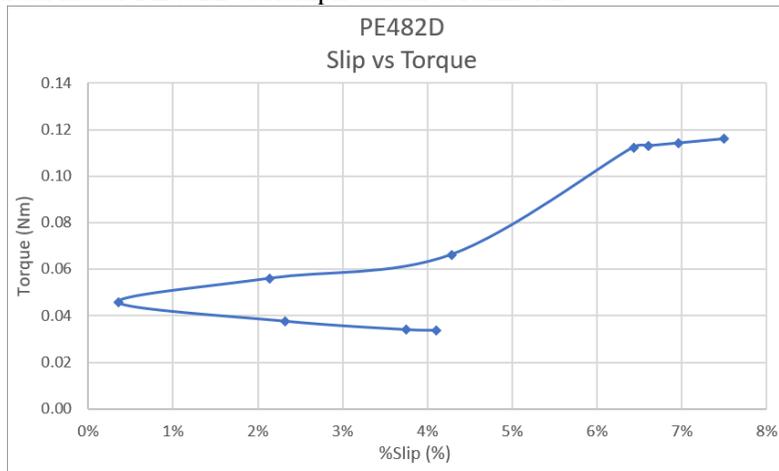
Grafik 4.1 Hubungan antara Torsi dan Kecepatan pada Tegangan 52.2 V

Berdasarkan persamaan torsi (T), $T = P / (2\pi \times (nr/60))$, semakin bertambahnya beban semakin berkurang nilai putaran. Namun, hal tersebut

berbanding terbalik dengan torsi yang dihasilkan oleh motor. Bertambahnya beban berbanding lurus dengan daya keluaran motor yang semakin bertambah pula, namun putaran yang dihasilkan motor semakin menurun. Hal tersebut dapat diamati pada **Grafik 4.1**.

2. Hubungan antara Slip dan Torsi

Analisa grafik mengenai hubungan antara torsi dan slip motor PE482D pada tegangan 52.2 V, dimana data perhitungan slip dan torsi didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor mulai dari skala 1 hingga 10. Grafik hubungan antara slip dan torsi untuk motor PE482D terlampir dalam **Grafik 4.2**.

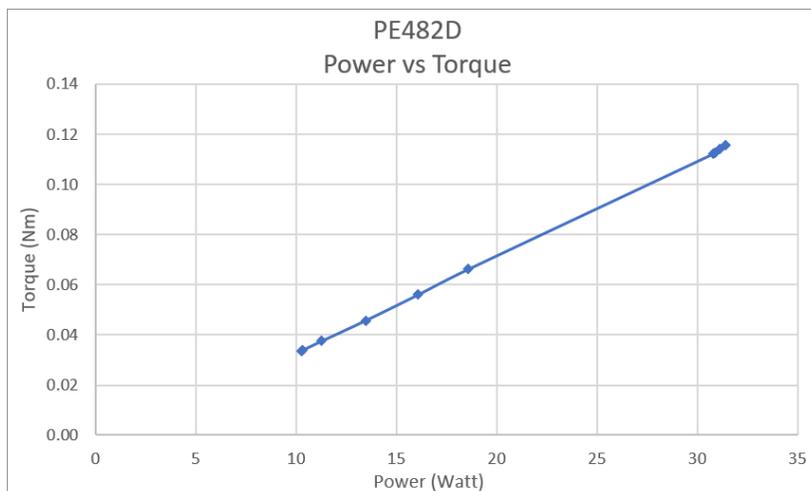


Grafik 4.2 Hubungan antara Slip dan Torsi pada Tegangan 52.2 V

Berdasarkan **Grafik 4.2** dapat disimpulkan semakin besar nilai torsi semakin besar pula nilai slip. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan torsi (T), $T = P / (2\pi \times (nr/60))$. Kemudian diikuti dengan rumus slip (%Slip), $\%Slip = ((ns-nr)/ns) \times 100\%$, semakin kecil nilai kecepatan motor (nr), maka akan semakin besar nilai slip. Nilai kecepatan motor akan mempengaruhi nilai torsi, semakin kecil nilai kecepatan motor semakin besar nilai torsi. Sehingga nilai slip berbanding lurus dengan nilai torsi.

3. Hubungan antara Daya dan Torsi

Analisa grafik mengenai hubungan antara daya motor dan torsi motor PE482D pada tegangan 52.2 V, dimana data perhitungan daya motor dan torsi didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor mulai dari skala 1 hingga 10. Grafik hubungan antara daya motor dan torsi untuk motor PE482D terlampir dalam **Grafik 4.3**.

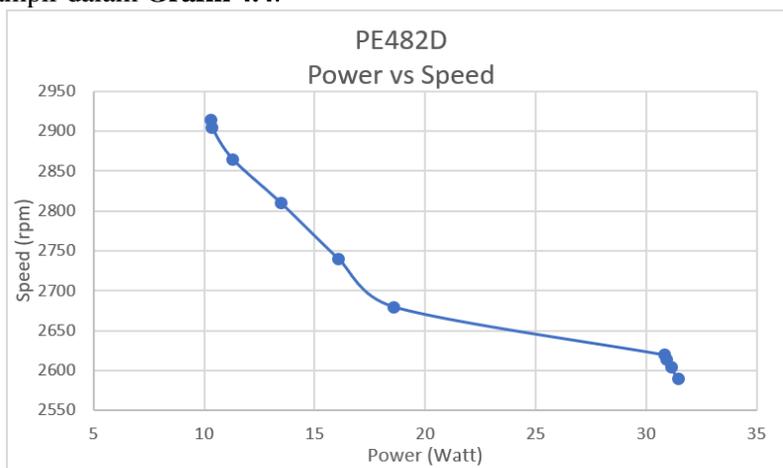


Grafik 4.3 Hubungan antara Daya dan Torsi pada Tegangan 52.2 V

Berdasarkan persamaan torsi (T), $T = P / (2\pi \times (nr/60))$, torsi akan meningkat dengan meningkatnya daya motor (P). Sehingga **Grafik 4.3** menyatakan bahwa daya motor berbanding lurus dengan torsi yang dihasilkan oleh motor. Hal tersebut sesuai dengan persamaan torsi (T).

4. Hubungan antara Daya dan Kecepatan

PE482D pada tegangan 52.2 V, dimana data kecepatan dan perhitungan daya motor didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor mulai dari skala 1 hingga 10. Grafik hubungan antara kecepatan putaran dan daya motor untuk motor PE482D terlampir dalam **Grafik 4.4**.



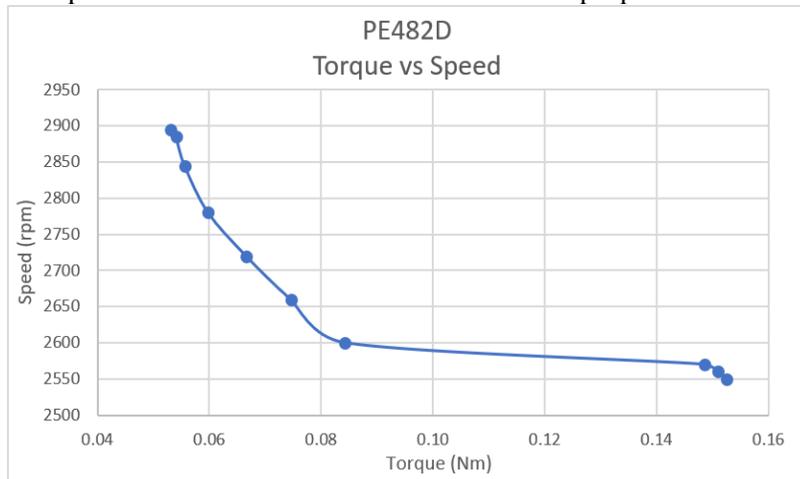
Grafik 4.4 Hubungan Hubungan antara Daya dan Kecepatan pada Tegangan 52.2 V

Berdasarkan **Grafik 4.4** dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai daya motor, semakin kecil nilai putaran motor. Hal tersebut dapat terjadi karena daya motor akan meningkat apabila arus nominal pada rangkaian meningkat. Apabila arus nominal ditingkatkan, skala pembebanan dengan loading unit ditingkatkan. Semakin besar skala pembebanan loading unit, semakin kecil nilai putaran motor. Sehingga hubungan antara daya motor dan kecepatan putaran berbanding terbalik.

4.3.2. Motor Berbeban dengan Supply Tegangan 60 V

1. Hubungan antara Torsi dan Kecepatan

Analisa grafik mengenai hubungan antara torsi dan kecepatan motor PE482D pada tegangan 60 V, dimana data perhitungan kecepatan dan torsi didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor mulai dari skala 1 hingga 10. Grafik hubungan antara kecepatan dan torsi untuk motor PE482D terlampir pada **Grafik 4.5**.

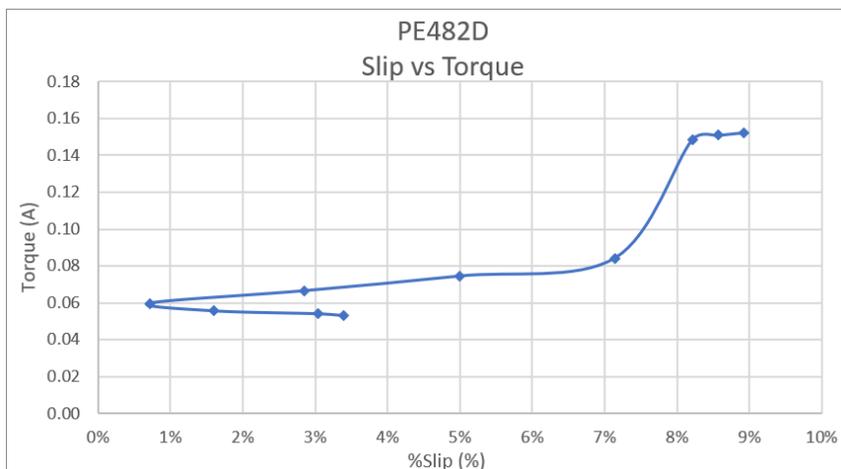


Grafik 4.5 Hubungan antara Kecepatan dan Torsi pada Tegangan 60 V

Berdasarkan persamaan torsi $T = P_{\text{Out Motor}} / (2 \times \pi \times \text{rpm})$, dimana dengan bertambahnya beban semakin menurun nilai putaran. Namun berbanding terbalik dengan torsi yang dihasilkan oleh motor. Bertambahnya beban berbanding lurus dengan daya keluaran motor yang semakin bertambah pula, namun putaran yang dihasilkan motor semakin menurun. Hal tersebut diamati pada **Grafik 4.5**.

2. Hubungan antara Slip dan Torsi

Analisa grafik mengenai hubungan antara torsi dan slip motor PE482D pada tegangan 60 V, dimana data perhitungan slip dan torsi didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor mulai dari skala 1 hingga 10. Grafik hubungan antara slip dan torsi untuk motor PE482D terlampir dalam **Grafik 4.6**.

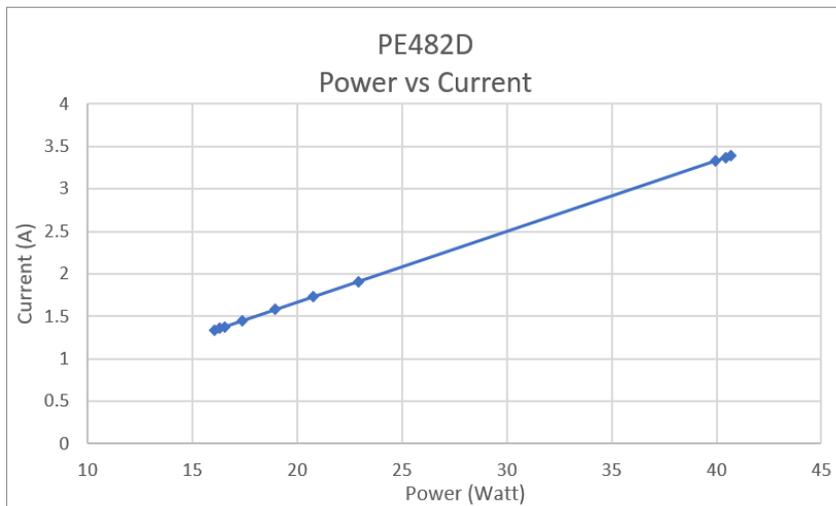


Grafik 4.6 Hubungan antara Slip dan Torsi Motor pada Tegangan 60 V

Berdasarkan **Grafik 4.6** dapat disimpulkan semakin besar nilai torsi semakin besar pula nilai slip. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan torsi (T), $T = P / (2\pi \times (nr/60))$. Kemudian diikuti dengan rumus slip (%Slip), $\%Slip = ((ns-nr)/ns) \times 100\%$, semakin kecil nilai kecepatan motor (nr), maka akan semakin besar nilai slip. Nilai kecepatan motor akan mempengaruhi nilai torsi, semakin kecil nilai kecepatan motor semakin besar nilai torsi. Sehingga nilai slip berbanding lurus dengan nilai torsi.

3. Hubungan antara Daya dan Torsi

Analisa grafik mengenai hubungan antara daya motor dan torsi motor PE482D pada tegangan 60 V, dimana data perhitungan daya motor dan torsi didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor mulai dari skala 1 hingga 10. Grafik hubungan antara daya motor dan torsi untuk motor PE482D terlampir dalam **Grafik 4.7**.

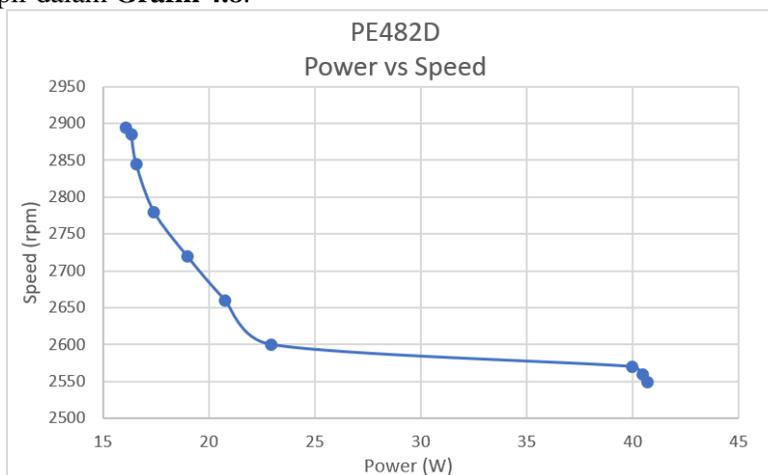


Grafik 4.7 Hubungan antara Daya dan Torsi Motor pada Tegangan 60 V

Berdasarkan persamaan torsi (T), $T = P / (2\pi \times (nr/60))$, torsi akan meningkat dengan meningkatnya daya motor (P). Sehingga **Grafik 4.7** menyatakan bahwa daya motor berbanding lurus dengan torsi yang dihasilkan oleh motor. Hal tersebut sesuai dengan rumus torsi (T).

4. Hubungan antara Daya dan Kecepatan

Analisa grafik mengenai hubungan antara putaran dan daya motor PE482D pada tegangan 60 V, dimana data kecepatan dan perhitungan daya motor didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan. Dalam grafik ini dilakukan pembebanan pada motor mulai dari skala 1 hingga 10. Grafik hubungan antara kecepatan putaran dan daya motor untuk motor PE482D terlampir dalam **Grafik 4.8**.

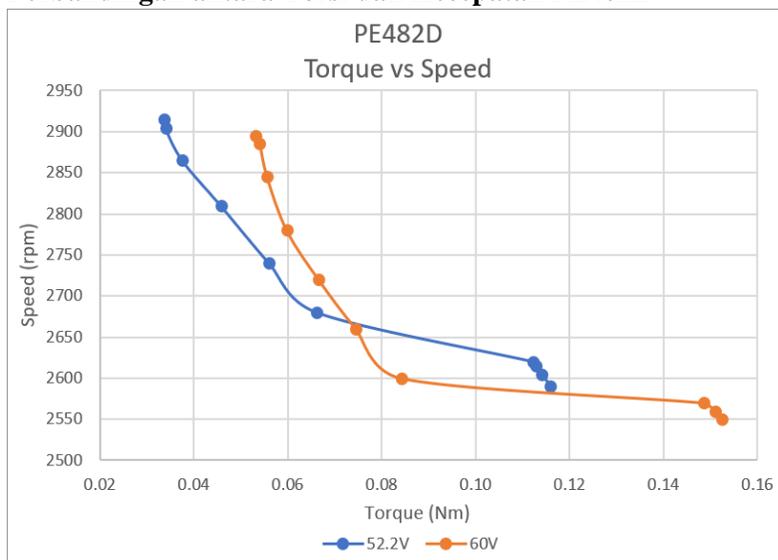


Grafik 4.8 Hubungan antara Daya dan Kecepatan pada Tegangan 60 V

Berdasarkan **Grafik 4.8** dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai daya motor, semakin kecil nilai putaran motor. Hal tersebut dapat terjadi karena daya motor akan meningkat apabila arus nominal pada rangkaian meningkat. Apabila arus nominal ditingkatkan, skala pembebanan dengan loading unit ditingkatkan. Semakin besar skala pembebanan loading unit, semakin kecil nilai putaran motor. Sehingga hubungan antara daya motor dan kecepatan putaran berbanding terbalik.

4.3.3. Perbandingan Motor Berbeban antara Tegangan 52.2 V dan 60 V

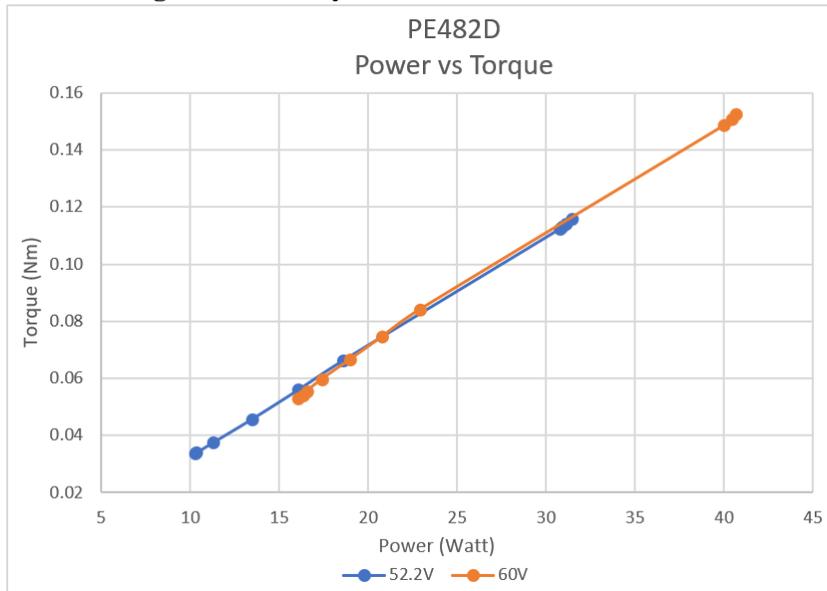
1. Perbandingan antara Torsi dan Kecepatan PE482D



Grafik 4.9 Perbandingan antara Torsi dan Kecepatan pada Tegangan 52.2 V dan 60 V

Berdasarkan persamaan torsi (T), $T = P / (2\pi \times (nr/60))$, dimana dengan bertambahnya beban semakin menurun nilai putaran. Namun berbanding terbalik dengan torsi yang dihasilkan oleh motor. Bertambahnya beban berbanding lurus dengan daya keluaran motor yang semakin bertambah pula, namun putaran yang dihasilkan motor semakin menurun. Dari **Grafik 4.9**, dilihat bahwa nilai torsi pada suplai tegangan 60 V lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan 52.2 V.

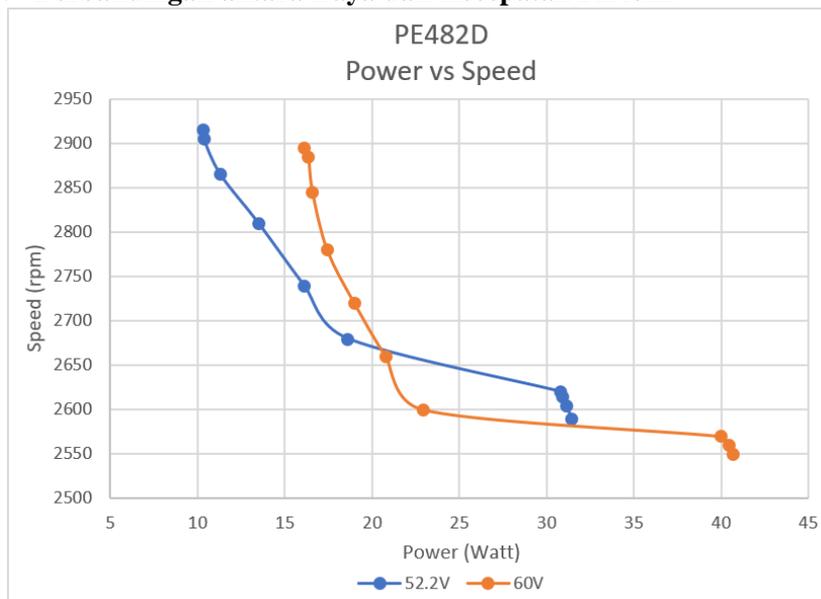
2. Perbandingan antara Daya dan Torsi PE482D



Grafik 4.10 Perbandingan antara Daya dan Torsi pada Tegangan 52.2 V dan 60 V

Berdasarkan **Grafik 4.10** dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai daya motor mengakibatkan nilai torsi yang dihasilkan oleh motor juga semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan persamaan torsi (T), $T = P / (2\pi \times (nr/60))$. Motor dengan suplai tegangan 60 V memiliki nilai torsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor dengan suplai tegangan 52.2 V.

3. Perbandingan antara Daya dan Kecepatan PE482D



Grafik 4.11 Perbandingan antara Daya dan Kecepatan pada Tegangan 52.2 V dan 60 V

Berdasarkan **Grafik 4.11** dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya nilai daya motor, semakin rendah kecepatan putaran motor. Hal tersebut dapat terjadi karena daya motor akan meningkat apabila skala pembebanan dengan loading unit ditingkatkan. Semakin besar skala pembebanan loading unit, semakin kecil nilai putaran motor. Sehingga hubungan antara daya motor dan kecepatan putaran berbanding terbalik. Dapat diamati pada **Grafik 4.11**, motor dengan suplai tegangan 60 V menghasilkan nilai daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor dengan suplai tegangan 52.2 V.

4.4. Perbandingan PE482D dengan Motor Listrik Kapal Pembanding

Setelah melakukan analisa data terhadap performa motor induksi satu fasa kapasitor start/run PE482D, didapat perhitungan masing-masing load scale pada skala 1 hingga 10 untuk suplai tegangan 52.2 V dan 60 V. Hasil perhitungan %slip, daya semu, daya arus start, daya aktif, dan torsi dapat diamati pada **Tabel 4.5** untuk tegangan 52.2 V dan **Tabel 4.6** untuk tegangan 60 V.

Tabel 4.5 Hasil Pembebanan PE482D dengan Tegangan 52.2 V

Load Scale	Arus Start (A)	Arus Konstan (A)	Kecepatan (rpm)	%RPM (%)	%Slip (%)
1	2.26	0.985	2915	100.00%	4.11%
2	2.37	0.99	2905	99.66%	3.75%
3	2.47	1.08	2865	98.28%	2.32%
4	2.53	1.29	2810	96.40%	0.36%

Load Scale	Arus Start (A)	Arus Konstan (A)	Kecepatan (rpm)	%RPM (%)	%Slip (%)
5	2.58	1.54	2740	94.00%	2.14%
6	2.77	1.78	2680	91.94%	4.29%
7	2.96	2.95	2620	89.88%	6.43%
8	2.98	2.96	2615	89.71%	6.61%
9	3.01	2.98	2605	89.37%	6.96%
10	3.04	3.01	2590	88.85%	7.50%
Daya Semu (VA)	Daya Arus Start (Watt)	Daya Aktif		Torsi	
		Watt	%	Nm	%
51.417	23.594	10.283	32.72%	0.0337	29.08%
51.678	24.743	10.336	32.89%	0.0340	29.32%
56.376	25.787	11.275	35.88%	0.0376	32.44%
67.338	26.413	13.468	42.86%	0.0458	39.50%
80.388	26.935	16.078	51.16%	0.0561	48.36%
92.916	28.919	18.583	59.14%	0.0662	57.15%
153.99	30.902	30.798	98.01%	0.1123	96.88%
154.512	31.111	30.902	98.34%	0.1129	97.40%
155.556	31.424	31.111	99.00%	0.1141	98.43%
157.122	31.738	31.4244	100.00%	0.1159	100.00%

Tabel 4.6 Hasil Pembebanan PE482D dengan Tegangan 60 V

Load Scale	Arus Start (A)	Arus Konstan (A)	Kecepatan (rpm)	%RPM (%)	%Slip (%)
1	2.41	1.34	2895	100.00%	3.39%
2	2.46	1.36	2885	99.65%	3.04%
3	2.56	1.38	2845	98.27%	1.61%
4	2.62	1.45	2780	96.03%	0.71%
5	2.82	1.58	2720	93.96%	2.86%
6	2.92	1.73	2660	91.88%	5.00%
7	3.04	1.91	2600	89.81%	7.14%
8	3.34	3.33	2570	88.77%	8.21%
9	3.39	3.37	2560	88.43%	8.57%
10	3.41	3.39	2550	88.08%	8.93%
Daya Semu (VA)	Daya Arus Start (Watt)	Daya Aktif		Torsi	
		Watt	%	Nm	%
80.4	25.160	16.080	39.53%	0.0531	34.82%
81.6	25.682	16.320	40.12%	0.0540	35.46%
82.8	26.726	16.560	40.71%	0.0556	36.49%
87	27.353	17.400	42.77%	0.0598	39.23%
94.8	29.441	18.960	46.61%	0.0666	43.69%
103.8	30.485	20.760	51.03%	0.0746	48.92%

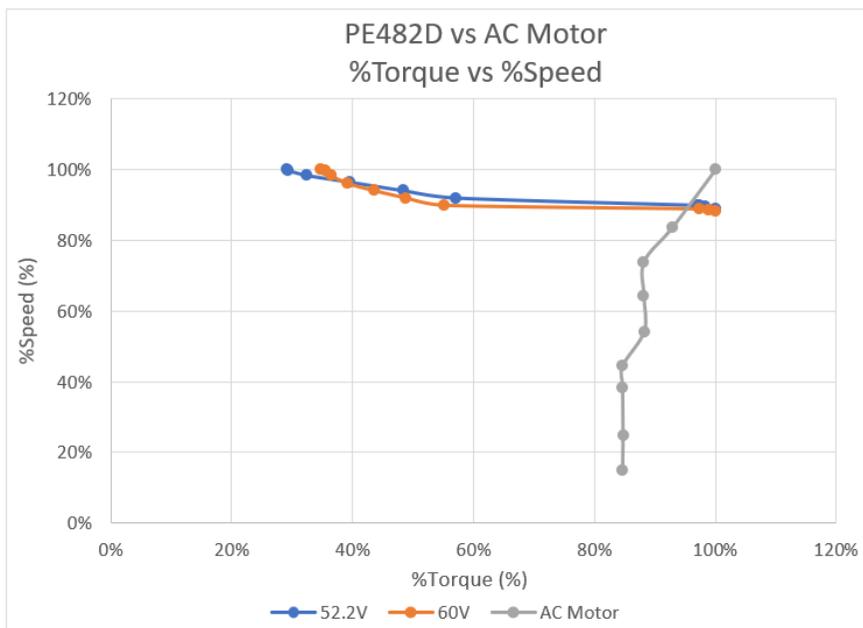
Daya Semu (VA)	Daya Arus Start (Watt)	Daya Aktif		Torsi	
		Watt	%	Nm	%
114.6	31.738	22.920	56.34%	0.0842	55.26%
199.8	34.870	39.960	98.23%	0.1486	97.47%
202.2	35.392	40.440	99.41%	0.1509	99.02%
203.4	35.600	40.680	100.00%	0.1524	100.00%

Setelah mendapat perhitungan performa PE482D pada tegangan 52.2 V dan 60 V, perhitungan performa motor listrik pada kapal perikanan 30 GT dapat dibandingkan dengan performa PE482D. Perbandingan antara performa PE482D dan motor listrik kapal perikanan 30 GT dapat dilakukan dengan menjadikan nilai (kecepatan motor, daya, dan torsi) yang ada pada pembebanan motor listrik kapal perikanan 30 GT ke bentuk persentase. Asumsi yang dilakukan ialah menyatakan bahwa nilai maksimum pada PE482D dan motor listrik kapal perikanan memiliki nilai 100%, maka perbandingan performa pada kedua motor listrik dapat dilakukan. Perhitungan performa motor listrik kapal perikanan dapat diamati pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Pembebanan Motor Listrik pada Kapal Perikanan 30 GT
(Sumber: Muhammad, et al., 2014)

P-Engine			Cos θ	Kecepatan Engine	
kW	HP	%		rpm	%
19.463	26.1	14.75%	0.72	266	14.78%
32.5125	43.6	24.65%	0.72	443	24.61%
50.4093	67.6	38.21%	0.72	688	38.22%
58.463	78.4	44.32%	0.72	798	44.33%
58.463	78.4	44.32%	0.72	798	44.33%
71.5126	95.9	54.21%	0.75	975	54.17%
84.488	113.3	64.05%	0.75	1153	64.06%
97.463	130.7	73.88%	0.75	1330	73.89%
110.513	148.2	83.78%	0.79	1507	83.72%
131.914	176.9	100%	0.85	1800	100%
Amperage	Voltage	Daya Motor		Torsi	
A	volt	kW	%	kNm	%
266	460	17.189	12.52%	0.6168	84.71%
443	460	28.648	20.86%	0.61729	84.77%
688	460	44.46	32.38%	0.61685	84.71%
798	460	51.56	37.55%	0.61675	84.70%
975	460	65.65	47.81%	0.64273	88.27%
1153	460	77.59	56.51%	0.64235	88.22%
1330	460	89.52	65.20%	0.64249	88.23%
1507	460	106.87	77.83%	0.6769	92.96%
1800	460	137.31	100.00%	0.72816	100

1. Perbandingan antara Kecepatan dan Torsi PE482D dengan Kapal Pembanding

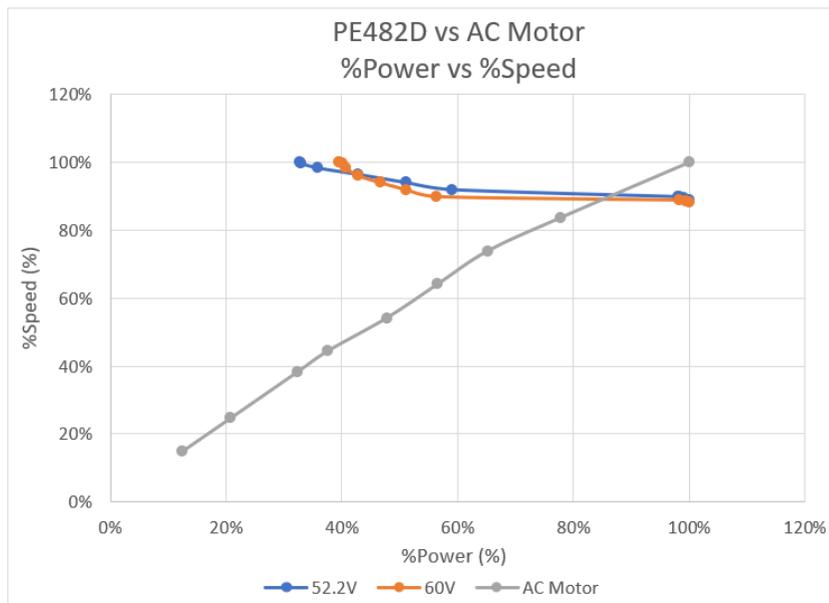


Grafik 4.12 Perbandingan Kecepatan-Torsi antara PE482D dan Motor Listrik Kapal Pembanding

Berdasarkan **Grafik 4.12**, dapat dinyatakan bahwa motor listrik kapal perikanan 30 GT memiliki nilai torsi sebesar 80-100% pada kecepatan tertentu, sedangkan motor PE482D memiliki nilai torsi sebesar 20-100% pada kecepatan tertentu. Nilai torsi pada **Grafik 4.12** ditentukan setelah kecepatan putaran motor stabil.

Kesimpulan yang dapat diambil pada **Grafik 4.12** adalah untuk kecepatan putaran motor $88\% < \%rpm < 90\%$ akan lebih baik menggunakan motor PE482D karena menghasilkan %torsi yang lebih besar pada $88\% < \%rpm < 90\%$, sedangkan pada $\%rpm < 88\%$ dan $\%rpm > 90\%$ akan lebih baik menggunakan motor listrik kapal perikanan 30 GT.

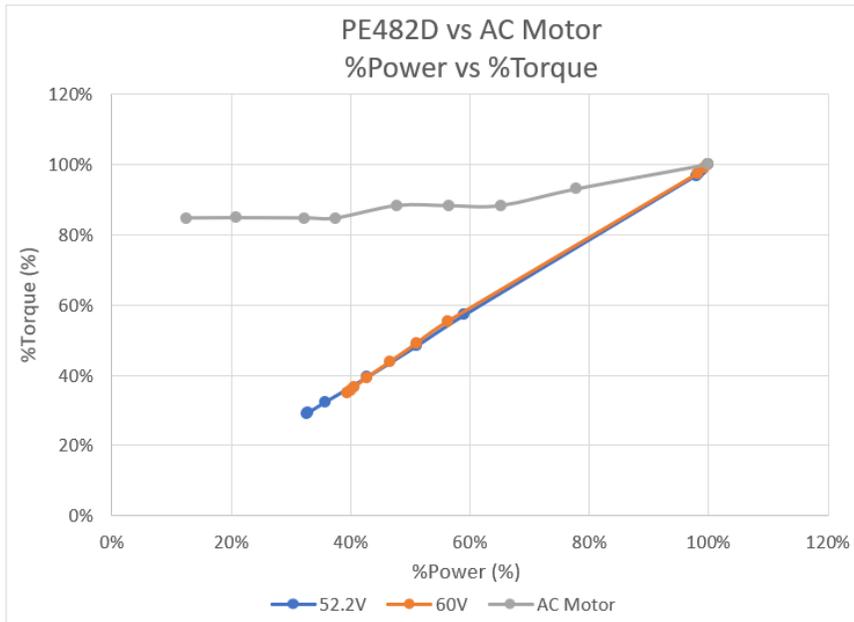
2. Perbandingan antara Daya dan Kecepatan PE482D dengan Kapal Pemandang



Grafik 4.13 Perbandingan Kecepatan-Daya antara PE482D dan Motor Listrik Kapal Pemandang

Berdasarkan **Grafik 4.13**, dapat dinyatakan bahwa motor listrik kapal perikanan 30 GT memiliki daya yang berbanding lurus dengan kecepatan putaran motor karena pada **Grafik 4.12** dapat terlihat bahwa motor listrik kapal perikanan 30 GT memiliki karakteristik “torsi konstan”, sedangkan motor PE482D memiliki nilai daya berbanding terbalik dengan kecepatan putaran motor, karena daya yang dihasilkan oleh motor PE482D dipengaruhi oleh arus nominal pada rangkaian. Nilai daya pada Grafik 4.13 ditentukan setelah kecepatan putaran motor stabil.

3. Perbandingan antara Daya dan Torsi PE482D dengan Kapal Pembanding



Grafik 4.14 Perbandingan Daya-Torsi antara PE482D dan Motor Listrik Kapal Pembanding

Berdasarkan **Grafik 4.14**, dapat dinyatakan bahwa motor listrik kapal perikanan 30 GT memiliki torsi yang berbanding lurus dengan daya motor begitu pula pada motor PE482D. Namun, motor listrik kapal perikanan 30 GT menunjukkan karakteristik “torsi konstan” seperti yang dapat diamati pada Grafik 4.12. Kesimpulan yang dapat diambil pada **Grafik 4.14** adalah untuk persentase daya (%daya) yang sama, motor listrik kapal perikanan 30 GT cenderung memiliki torsi yang lebih besar daripada motor PE482D.

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa kinerja Kontrol Kit Motor Induksi Satu Fasa Kapasitor Start/Run PE482, berikut kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini:

1. Berdasarkan hasil eksperimen, nilai torsi tertinggi yang didapatkan dari motor induksi satu fasa kapasitor start run PE482D dengan suplai tegangan 52.2 V adalah 0.1159 Nm yang didapatkan dari daya aktif sebesar 31.424 Watt dan putaran motor 2590 rpm dengan pembebanan loading unit PE482C pada skala 10. Sedangkan, nilai torsi tertinggi yang didapatkan dari motor induksi satu fasa kapasitor start run PE482D dengan suplai tegangan 60 V adalah 0.1524 Nm yang didapatkan dari daya aktif sebesar 40.680 Watt dan putaran motor 2550 rpm dengan pembebanan loading unit PE482C pada skala 10. Torsi yang dihasilkan oleh suplai tegangan 60 V lebih besar dari 52.2 V.
2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa motor induksi satu fasa tidak dapat digunakan sebagai motor listrik penggerak propulsi diesel-elektrik kapal perikanan 30 GT karena propulsi diesel-elektrik kapal perikanan 30 GT membutuhkan motor listrik yang memiliki karakteristik “torsi konstan” dan cenderung meningkat seiring meningkatnya kecepatan putaran motor, sedangkan motor PE482D memiliki karakteristik torsi berbanding terbalik dengan kecepatan putaran motor dan memiliki kecenderungan penurunan torsi yang drastis ketika persentase kecepatan putaran motor melebihi 90%.

5.2. Saran

Pada penelitian analisa kinerja kontrol kit PE482 terdapat saran untuk penelitian analisa kinerja selanjutnya, berikut saran yang dapat diberikan setelah menyelesaikan penelitian ini:

1. Ekperimen yang dilakukan untuk motor induksi satu fasa yang hanya dilengkapi loading unit untuk mendapatkan kecepatan putaran motor yang diinginkan, sehingga variasi output untuk setiap skala loading unit hanya bias dilakukan dengan melakukan variasi pada suplai tegangan 1 fasa pada kontrol kit PE482. Perlu diberikan Variable Frequency Drive (VFD) untuk menerapkan variasi frekuensi suplai daya satu fasa yang dibutuhkan untuk melakukan analisa kinerja yang lebih akurat.
2. Meenggunakan alat pembacaan putaran motor secara data logging untuk mendapatkan data putaran motor mulai dari kondisi start.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Adnanes, A. K., 2003. *Maritime Electrical Installations and Diesel Electric Propulsion*, Oslo: ABB AS.

Boldea, I. & Nasar, S. A., 2010. *The Induction Machines Design Handbook*. 2nd penyunt. Boca Raton: Taylor and Francis Group.

FEEDBACK, t.thn. *Capacitor Start/Run Induction Motor PE482D*, Park Road, Crowborough, E. Sussex, TN6 2QR, UK: Feedback Instruments Ltd.

Hamilton, M. H. & Sullivan, G. R., 1994. *INTRODUCTION TO MARINE ELECTRICITY*. Fort Eustis: US Army Transportation School.

Hughes, A., 2006. *Electric Motors and Drives*. 3rd penyunt. Oxford: Elsevier.

Muhammad, A. H., Hasan, H. & Said, M. I., 2014. *Perancangan Sistem Propulsi Kapal Perikanan dengan Motor Penggerak Diesel-Elektrik*. Makassar, COSES.

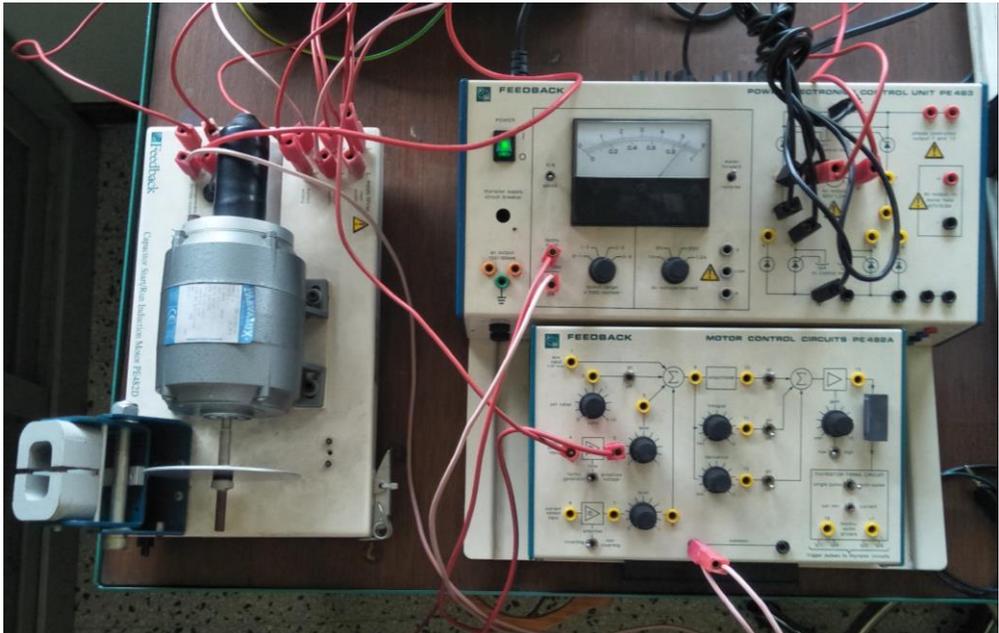
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

- Komponen Kontrol Kit PE482



- Rangkaian Kontrol Kit PE482



- Data Pengamatan Percobaan Tanpa Beban pada Tegangan 52.2V

Load Scale	Arus Start (A)	Arus Nominal (A)	Kecepatan (rpm)
0	2.1	0.98	2920

- Data Pengamatan Percobaan Tanpa Beban pada Tegangan 60V

Load Scale	Arus Start (A)	Arus Nominal (A)	Kecepatan (rpm)
0	2.37	1.33	2900

- Data Pengamatan Percobaan Berbeban pada Tegangan 52.2V

Load Scale	Arus Start (A)	Arus Nominal (A)	Kecepatan (rpm)
1	2.26	0.985	2915
2	2.37	0.99	2905
3	2.47	1.08	2865
4	2.53	1.29	2810
5	2.58	1.54	2740
6	2.77	1.78	2680
7	2.96	2.95	2620
8	2.98	2.96	2615
9	3.01	2.98	2605
10	3.04	3.01	2590

- Data Pengamatan Percobaan Berbeban pada Tegangan 60V

Load Scale	Arus Start (A)	Arus Nominal (A)	Kecepatan (rpm)
1	2.41	1.34	2895
2	2.46	1.36	2885
3	2.56	1.38	2845
4	2.62	1.45	2780
5	2.82	1.58	2720
6	2.92	1.73	2660
7	3.04	1.91	2600
8	3.34	3.33	2570
9	3.39	3.37	2560
10	3.41	3.39	2550

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta, 4 Juni 1997. Merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Riwayat pendidikan formal penulis bermula dari SDI Al-Azhar 13 Rawamangun, Jakarta pada tahun 2003, kemudian melanjutkan jenjang di SMPI Al-Azhar 12 Rawamangun, Jakarta pada tahun 2009 dan melanjutkan jenjang yang lebih tinggi di SMAN 61 Jakarta, pada tahun 2012. Setelah menyelesaikan jenjang SMA, penulis melanjutkan pendidikan di jenjang S1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya pada tahun 2015.

Selama kuliah di jenjang S1, penulis aktif dalam mengikuti lomba dan kegiatan yang diselenggarakan baik di dalam, maupun di luar lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, diantaranya adalah peserta lomba kapal dengan *remote control* (RC) *Deconboation* di Universitas Diponegoro. tergabung dalam tim kapal tenaga surya *ITS Marine Solar Boat Team* kepengurusan 2016/2017 dan 2016/2017 yang mengikuti lomba kapal tenaga surya *Solar Sport One* pada tahun 2018 di Belanda dan mendapat Juara 3 untuk kategori *sprint*, kegiatan kepanitiaan yang diikuti penulis, seperti *Marine Icon 2016* sebagai Anggota Divisi Perlengkapan, *Marine Icon 2018* sebagai Kepala Departemen *Funding*, *ITS EXPO 2017* sebagai Anggota Wahana Teknologi. Untuk menyelesaikan pendidikan S1 ini, penulis mengambil bidang keilmuan *Marine Electrical and Automation System* (MEAS) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Penulis juga aktif menjadi *grader* dalam praktikum yang difasilitasi oleh Laboratorium MEAS di Departemen Teknik Sistem Perkapalan.