



TUGAS AKHIR - TM 090340

**KAJIAN OPTIMASI UNJUK KERJA MOTOR DC SEPEDA
MOTOR LISTRIK ROJO GENI DENGAN METODE
REWIRING DAN RECOILING PADA KONDISI STASIONER**

**MASHUDA
2110 030 064**

**Dosen Pembimbing
Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D
19751120 200212 1 002**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014**



FINAL PROJECT- TM 090340

**STUDY OPTIMATION PERFORMANCE DC MOTOR ROJO GENI
ELECTRIC MOTOR CTCLE WITH THE METHOD OF REWIRING
AND RECOILING AT THE STATIONERY CONDITION**

**MASHUDA
2110 030 064**

**Advisor Lecturer
Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D
19751120 200212 1 002**

**STUDY PROGRAM DIPLOMA III
MECHANICAL ENGINEERING DEPRTEMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014**

**KAJIAN OPTIMASI UNJUK KERJA MOTOR DC
SEPEDA MOTOR LISTRIK ROJO GENI DENGAN
METODE REWIRING DAN RECOILING PADA
KONDISI STASIONER**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada

Bidang Studi Manufaktur
Program Studi D III Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MASHUDA

NRP. 2110 030 064

Disetujui oleh Dosen Pembimbing tugas akhir :

1. **Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing. Ph.D**  (Pembimbing)

SURABAYA, Juli 2014

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan.....	i
Abstrak.....	ii
Abstract.....	iii
Kata Pengantar.....	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Grafik.....	xix
Daftar Simbol.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Motor Listrik.....	7
2.1.1 Pengertian Motor Listrik.....	7
2.1.2 Cara Kerja Motor Listrik.....	8
2.2 Jenis-Jenis Motor Listrik.....	10
2.2.1 Pengertian Motor DC.....	10
2.2.2 Prinsip Dasar Cara Kerja.....	12
2.2.3 Prinsip Arah Putaran Motor.....	17
2.2.4 Electromotive Force (EMF).....	17
2.3 Brushless DC Motor.....	19
2.3.1 Pendahuluan.....	19
2.3.2 Konstruksi Motor DC.....	19
2.3.3 Bagian-Bagian Brushless DC Motor.....	21

2.4 Baterai dan Akumulator.....	30
2.4.1 Pengertian Baterai.....	30
2.4.2 Klasifikasi Baterai.....	34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... 39

3.1 Diagram Alir Metode Penelitian.....	39
3.2 Desain dan Analisis System Kendali Pada Sepeda Motor Listrik Dengan Motor DC Pada Program Matlab 2009a.....	44
3.2.1 Perencanaan Desain Motor DC	44
3.2.2 Perhitungan Daya Input dan Output.....	48
3.2.3 Identifikasi Torsi dan RPM pada Motor DC..	51

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... 55

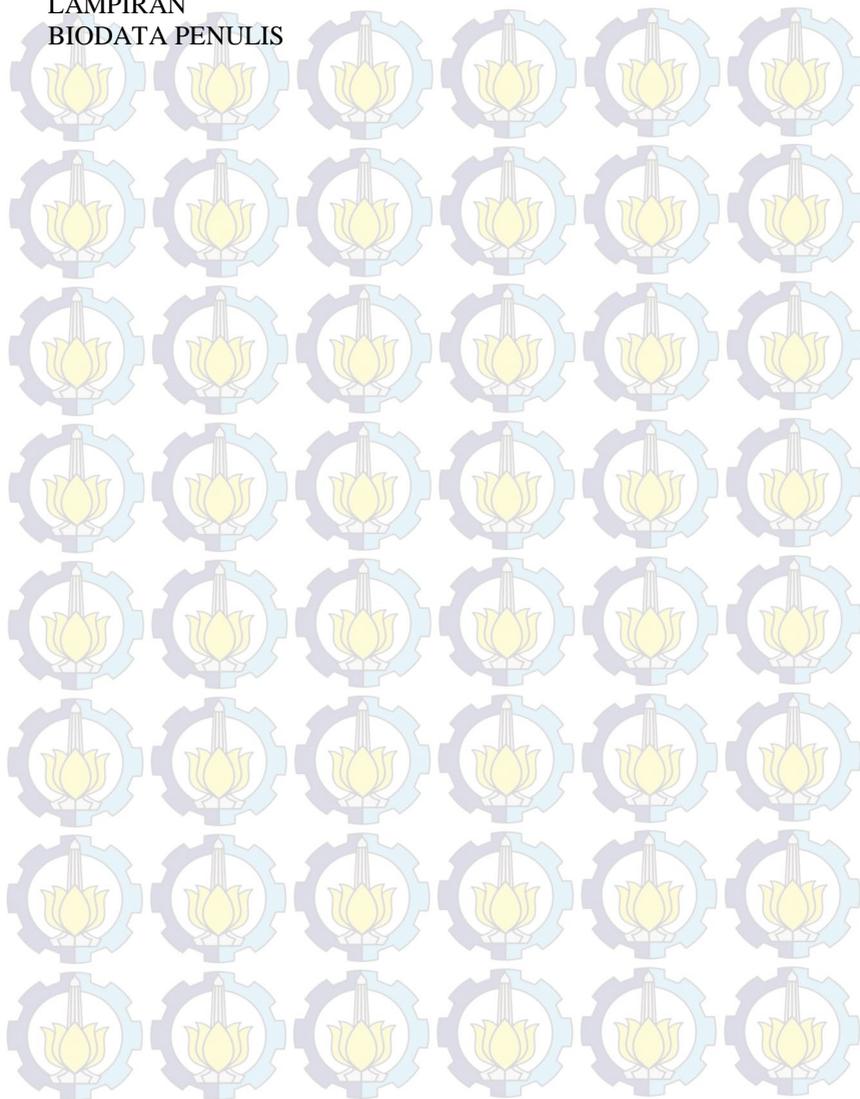
4.1 Penentuan Induktansi, Resistansi, dan Kapasitansi... 55	55
4.2 Perencanaan Desain Motor DC Dengan Software Matlab 2009a.....	57
4.2.1 Permanent Magnet Synchronous Machine.....	58
4.2.2 Converter dan DC Bus.....	58
4.2.3 Controller.....	58
4.2.4 Hasil Karakterisasi dan Pengisian Parameter Pada Program Matlab.....	62
4.3 Analisis	74
4.5 Cara Optimasi	79
4.6 Penjelasan Teori Perubahan Torsi dan RPM.....	83

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... 93

5.1 Kesimpulan.....	93
5.2 Saran.....	94

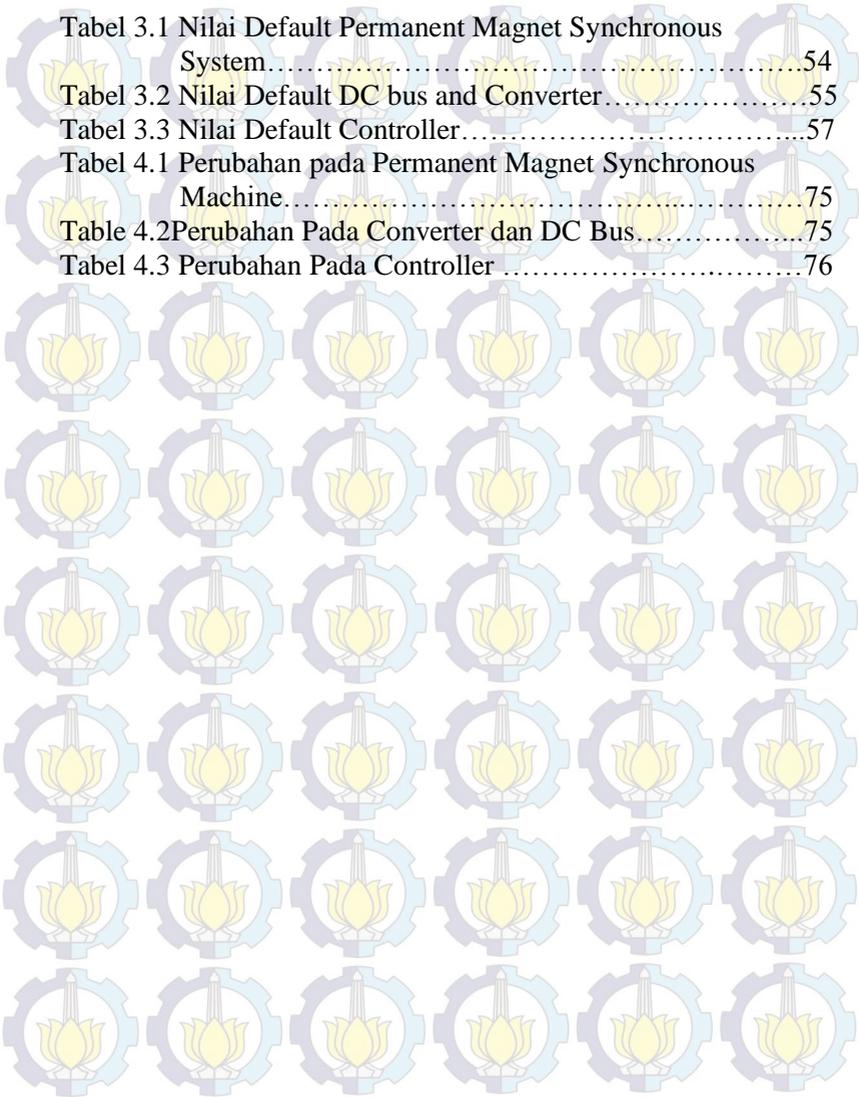
DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN
BIODATA PENULIS



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Nilai Default Permanent Magnet Synchronous System.....	54
Tabel 3.2 Nilai Default DC bus and Converter.....	55
Tabel 3.3 Nilai Default Controller.....	57
Tabel 4.1 Perubahan pada Permanent Magnet Synchronous Machine.....	75
Table 4.2Perubahan Pada Converter dan DC Bus.....	75
Tabel 4.3 Perubahan Pada Controller.....	76



DAFTAR GAMBAR

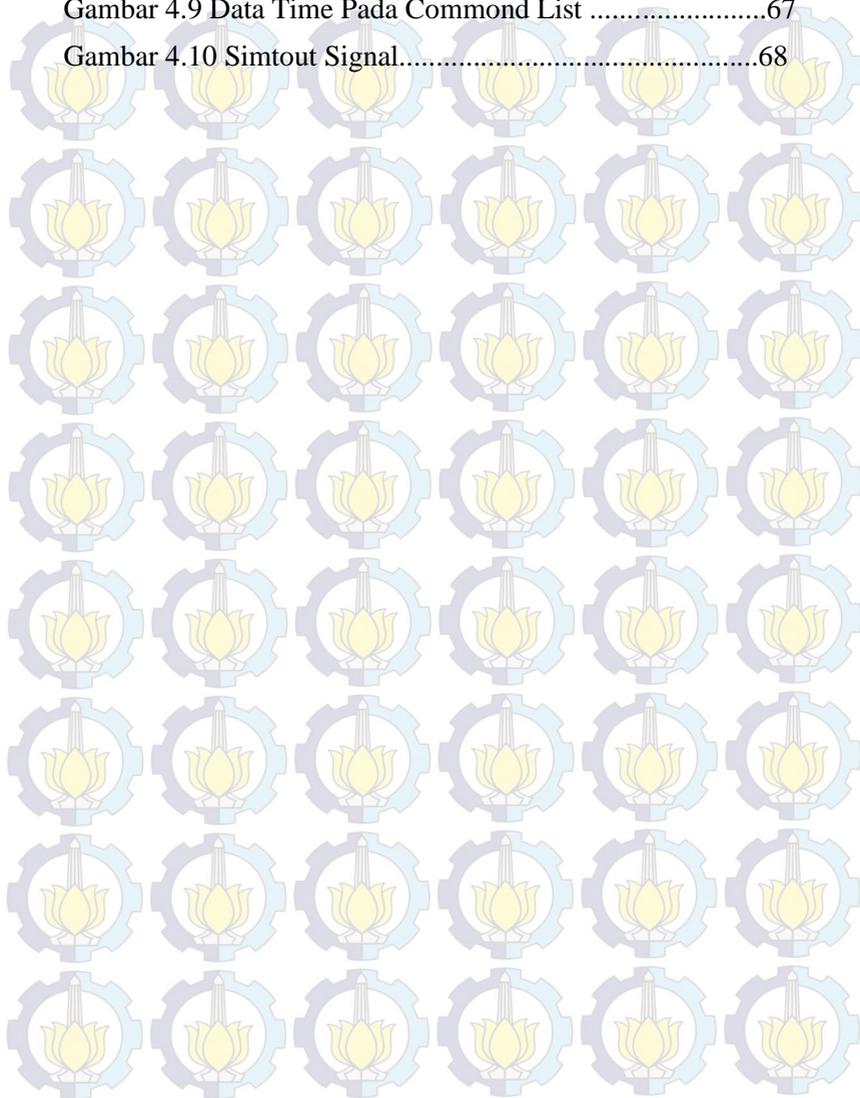
Gambar 2.1 Baganklasifikasi Motor Listrik.....	10
Gambar 2.2 Motor DC Sederhana.....	11
Gambar 2.3 Medan Magnet yang membawa arus Mengelilingikonduktor.....	11
Gambar 2.4 Medan Magnet yang membawa arus Mengelilingi konduktor.....	12
Gambar 2.5 Medan magnet mengelilingi konduktor dan Diantara kutub.....	13
Gambar 2.6 Reaksi garis fluks.....	13
Gambar 2.7 Prinsip kerja motor DC.....	14
Gambar 2.8 EMF kembali.....	15
Gambar 2.9 Konstruksi Motor DC.....	18
Gambar 2.10 Kontruksi silindris.....	19
Gambar 2.11 Konstruksi Pancake.....	20
Gambar 2.12 Bagian Mesin Motor DC.....	21
Gambar 2.13 Konfigurasi listrik Stator.....	22
Gambar 2.14 Tiga Kumparan Stator Tiga Fase Dan Rotor Motor DC Brushless.....	23
Gambar 2.15 Sistem Penggerak Motor DC Brushless	
Gambar2.16 Sensor Hall Sinyal untuk Rotasi	24
Gambar 2.17 Sensor Hall Effect Pengubah Tiga Fasa Brushless DC Motor.....	24
Gambar2.18 Jembatan Tiga Fasa Dan Sensor Input Dengan Tabel Saklar Aktif.....	26

Gambar2.19 Urutan pensaklaran rotasi motor Q1 sampai Q6.....	27
Gambar 2.20 Susunan dasar suatu baterai.....	27
Gambar 2.21 Konstruksi Baterai.....	32
Gambar 2.22 Susunan baterai Primer.....	34
Gambar 2.23 Konstruksi Akumulator.....	36
Gambar3.1 Diagram Alirpenelitian secara umum.....	50
Gambar 3.2 Diagram AlirPenguujian RPM.....	51
Gambar 3.3 Diagram Alir Perhitungan Nilai Torsi Dan Optimasi Pada Program Matlab.....	52
Gambar3.4 Diagram Alir Penguujian Exsperimen.....	53
Gambar 3.5Tampilan Dalam Motor DC	59
Gambar 3.6 LCR Meter.....	60
Gambar 3.7Controller.....	61
Gambar3.8Tachometer.....	62
Gambar3.9 Motor DC.....	63
Gambar 3.10Roller.....	64
Gambar 3.11 Tang Ampere.....	65
Gambar4.1 LCR Meter tersambung dengan Motor DC.....	67
Gambar 4.2 Pemodelan Motor DC.....	69
Gambar 4.3 Parameter Brushless DC Motor Drive Pada Program matlab.....	62
Gambar 4.4 Parameter Block Brhusless motor drive.....	63
Gambar 4.5 Grafik Hasil Uji dengan Software matlab	64
Gambar 4.6 Work Pice.....	65
Gambar 4.7 Simtout pada matlab.....	65

Gambar 4.8 Data Hasil Simtout.....66

Gambar 4.9 Data Time Pada Commond List67

Gambar 4.10 Simtout Signal.....68



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah Tugas Akhir yang berjudul

“KAJIAN OPTIMASI UNJUK KERJA MOTOR DC SEPEDA MOTOR LISTRIK ROJO GENI DENGAN METODE REWIRING DAN RECOILING PADA KONDISI STASIONER” ini dengan baik.

Penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan nikmat yang diberikan.
2. Kedua orang tua dan keluarga atas kasih sayang, dukungan, dan doa yang tak pernah putus.
3. Bapak Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D. selaku dosen pembimbing dan dosen wali. Terima kasih atas semua diskusi, saran, dan bimbingan yang telah di berikan
4. Seluruh Dosen D3 Teknik Mesin FTI-ITS yang telah mendidik dan menjadi orang tua saat berada di lingkungan kampus.
5. Para karyawan dan seluruh civitas di D3 Teknik Mesin FTI-ITS
6. Seluruh keluarga D3 Teknik Mesin FTI ITS angkatan 2010
7. Seluruh teman-teman D3 Teknik Mesin FTI ITS angkatan 2011-2012
8. Seluruh orang yang mengenal saya, yang mungkin tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa naskah Tugas Akhir ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran ang bersifat membangun dari para pembaca sangat diharapkan. Semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 12 Juli 2014

Penulis

DAFTAR SIMBOL

P	Daya				
V	Volt				
I	Arus				
W	Watt				
r	Jari- Jari				
H	Henry				
F	Farad				
Ω	Ohm				
mF	Mikro farad				
pF	Pikofarad				
RPM	Revolution per menit				
T	Torsi				
ω	Kecepatan Sudut				
n	Jumlahputaran				
f	Frekuensi				
p	Pole				
s	Sekon				
N	Newton				
L	Induktansi				
R	Hambatan				
m	Meter				
Nm	Newton Meter				



KAJIAN OPTIMASI PERFORMANCE MOTOR DC SEPEDA MOTOR LISTRIK ROJO GENI DENGAN METODE REWIRING DAN RECOILING PADA KONDISI STASIONER

Nama Mahasiswa : Mashuda
NRP : 2110 030 064
Jurusan : D3 Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Hendro Nurhadi, Dipl-Ing, Ph.D

ABSTRAK

Rewiring merupakan proses penggulungan ulang dan recoiler merupakan penambahan gulungan kawat yang dilakukan pada lilitan sebuah motor listrik. Proses ini dilakukan pada sebuah motor listrik DC untuk mengetahui performance dari motor DC agar memperoleh kinerja dari motor yang lebih optimal.

Metode yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini menggunakan metode control berupa simulink metode simulink digunakan dengan satu input data berupa torsi dan empat buah output berupa RPM(kecepatan), Arus dan torsi dari semua data hasil proses analisis tersebut dibandingkan dengan hasil uji tes pada saat proses eksperimen.

Setelah dilakukan proses rewiring dan recoiling pada motor DC didapatkan sebuah nilai torsi, RPM dan daya yang berbeda dari nilai sebelumnya. Nilai torsi cenderung lebih tinggi dari nilai data perhitungan sebelumnya yaitu sebesar 16,53 N dan nilai daya sebesar 969,6 Watt dan RPM sebesar 560 RPM.

Kata Kunci : Rewiring, Recoiler, Motor DC, Perbandingan RPM, Torsi dan Daya, Optimasi.

STUDY OPTIMIZATION PERFORMANCE DC MOTOR ROJO GENI ELECTRIC MOTOR CYCLE WITH REWINDING AND RECOILING METHODE ON STATIONERY CONDITION

Student Name : Mashuda
NRP : 2110 030 064
Department : D3 TeknikMesin FTI-ITS
Supervisor : HendroNurhadi, DIpl.-Ing.,Ph.D

ABSTRACT

Rewinding and recoilers process is the addition of a coil of wire that is done on a electric motor windings. This process in a DC electric motors to determine the performance of a DC motor in order to obtain the performance of the motor is more optimal.

The method used in the final project using a control Simulink method used with one input and a torque output of the four RPM (speed), Flow and torque of all the data analysis process results are compared with the test results when the test experiments.

After the process of rewiring and recoiling in a DC motor obtained a value of torque, RPM and power that is different from the previous value. Torque values tended to be higher than previous calculations of values data that is equal to 16.53 N and the rated power of 969.6 watts and RPM at 560 RPM.

Keywords : Rewiring, recoiler, DC motors, Comparison RPM, Torque and Power, Optimization.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sumanto. 1994. Mesin Arus Searah. Yogyakarta: ANDI OFFSET.
2. Stoustrup, Jakob, State Space Methods, Aalborg.
3. Rowell, Derek. 2002, Analysis and Design of Feedback Control Systems State-Space Representation of LTI Systems
4. Abdullah, 2010. Studi Pengontrolan Temperatur Motor DC Untuk Mempertahankan Kestabilan Kecepatan Motor DC Berbasis Mikrokontroler AT89S52, Medan
5. Chapman, Stephen, Electric Machinery Fundamentals
6. Kingsley, Charles. 2003, Electric Machinery
7. Farid, Muhamed. 2008, PID Controller Design for Controlling DC Motor Speed Using Matlab Application, Pahang
8. Nadira, Elia. 2012, Development Of Position Tracking Of BLDC Motor Using Adaptive Fuzzy Logic Controller, Selangor.
9. Babuska, Robert, 1999. Matlab and Simulink for Modeling and Control
10. Cunkas, Mehmet, 2010. Realization of Fuzzy Controlled Brushless DC Motor Drives Using Matlab/Simulink, Konya
11. Ogata, Katsuhiko, 2010. Modern Control Engineering
12. Lelic, 1996. Modern Control System Engineering
13. Tri Sutrisno, Himawan. Borian, Pinto.: Kursi Roda Elektrik. 2012
14. William, Setiawan, 2011. Desain Sistem Control Untuk Mengamati Karakteristik Motor DC

15. <http://www.orientalmotor.com/technology/articles/AC->

[brushless-brushed-motors.html](http://www.orientalmotor.com/technology/articles/AC-brushless-brushed-motors.html). Diakses pada tanggal

13 maret 2013.

16. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/008>

[57a.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/00857a.pdf) .Journal of AN857 Microchip Corp.

Diakses pada tanggal 13 maret 2013.

17. <http://circuitlec.blogspot.com/2009/07/brushless->

[dc-motors-theory-and-driver.html](http://circuitlec.blogspot.com/2009/07/brushless-dc-motors-theory-and-driver.html).

Diakses pada tanggal 13 maret 2013.

18. Dedy, Muhammad. 2010 Perhitungan Pole Pada

Motor DC

TENTANG PENULIS



Mashuda, lahir di Nganjuk, 20 Juli 1991. Anak pertama dari empat bersaudara. Menempuh pendidikan formal di SD Negeri kebonagung 3 Kabupaten Nganjuk pada tahun 1999, di lanjutkan di SMP Negeri 5 Nganjuk pada tahun 2003, dan kemudian melanjutkan pendidikan di SMK Negeri 1 Bagor Nganjuk di tahun 2006. Pada tahun 2010 melanjutkan studi pada program Diploma Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri di Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Surabaya dan terdaftar dengan NRP 2110030064. Konsentrasi studi yang di tempuh pada program Diploma adalah program Manufaktur. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan Mahasiswa yang diselenggarakan oleh Jurusan, Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Mesin (HMDM) dan aktif mengikuti kegiatan kemahasiswaan jurusan yaitu salah satunya menjadi salah satu staff humas pada departemen hubungan luar jurusan Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Mesin (HMDM).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor listrik adalah sebuah perangkat elektro magnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Dengan perkembangan teknologi yang saat ini semakin maju maka banyak sekali teknologi baru yang muncul di berbagai bidang seperti di bidang informasi, dunia usaha, alat transportasi dan sebagainya, maka motor listrik menjadi bagian yang tak terpisahkan dari kemajuan teknologi tersebut. Motor listrik berkembang untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang salah satu yang saat ini dikembangkan adalah pada bidang transportasi atau bidang kendaraan otomotif.

Saat ini banyak riset dan penelitian yang sedang mengembangkan sebuah alat berupa kendaraan hibrida yang ramah lingkungan hal itu dilakukan seiring dengan munculnya masalah tentang kelangkaan sumber bahan bakar minyak (BBM) yang semakin lama juga akan semakin menipis dan juga masalah tentang global warming. Dari hal tersebut banyak upaya yang dilakukan untuk mengurangi dampak dari semua permasalahan tersebut salah satunya yaitu dengan menciptakan sebuah alat berupa sepeda motor listrik.

Melihat dari semua permasalahan di atas maka dalam tugas akhir saya ini akan mengkaji beberapa bentuk analisis tentang motor listrik dengan dilakukan proses rewiring dan rekoiler pada motor DC untuk mendapatkan performa motor yang lebih baik dari motor

sebelumnya sehingga didapatkan hasil kinerja motor yang lebih maksimum. Parameter input yang digunakan untuk menentukan data perhitungan ini yaitu dengan menggunakan software matlab. Dari data-data yang didapatkan dari proses perhitungan dengan matlab maka akan mendapatkan hasil berupa data yang lebih actual.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian singkat dan latar belakang, maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana system kendali pada sepeda motor listrik dengan aktuator motor DC setelah dilakukan proses rewiring dan recoiling.
2. Bagaimana Perbandingan nilai antara proses eksperimen dengan proses perhitungan.
3. Bagaimana mendapatkan performance dari motor DC agar mencapai kerja maksimum

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk memperoleh data-data pada sepeda motor listrik dengan actuator motor DC
2. Untuk memperoleh Perbandingan nilai antara proses eksperimen dengan proses perhitungan.
3. Untuk memperoleh performance dari motor DC secara maksimum.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memberikan arah perancangan analisa diberikan batasan - batasan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini tidak membuat motor listrik, melainkan hanya membuat pemodelan dan analisa data – data.
2. kebutuhan sumber daya yang berasal dari accu 48 V.
3. Pada penelitian ini tidak membahas detail tentang accu.
4. Motor listrik yang digunakan berupa motor DC 48 Volt dan 800 Watt yang sudah dilakukan proses rewiring dan recoiling
5. Peletakan motor penggerak berada di belakang (dekat roda belakang)
6. Tidak menghitung nilai material dari body rangka motor listrik.
7. Tidak menghitung jumlah dan jenis material lilitan kawat yang terdapat pada motor DC

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah

:

1. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat menjadi referensi bagi peneliti lain dalam pengembangan Sepeda Motor Listrik.

2. Mendapatkan hasil performance motor yang lebih maksimum.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bagian ini diuraikan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bagian ini diuraikan beberapa landasan teori dan hasil penelitian sebelumnya.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bagian ini akan diuraikan metode penelitian, spesifikasi peralatan yang akan dipakai dalam pengujian, cara pengujian, dan data yang diambil.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini dibahas tentang perhitungan dan analisis dari data yang didapat dari hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Pada bagian ini berisi kesimpulan hasil penelitian serta saran-saran konstruktif untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian ini berisi sumber-sumber yang didapatkan dalam penulisan buku tugas akhir ini.

LAMPIRAN

Pada bagian ini berisi gambar susunan, gambar detail, gambar explode, dan spesifikasi alat.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor listrik

2.1.1 Pengertian Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah perangkat yang banyak diaplikasikan pada beberapa alat atau komponen mekanik seperti kipas angin blender dan masih banyak beberapa alat lainnya. Prinsip kerja pada motor listrik, yaitu tenaga listrik diubah menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. Sebagaimana kita ketahui bahwa: kutub-kutub dari magnet yang senama akan tolak-menolak dan kutub-kutub tidak senama akan tarik menarik. Maka kita dapat memperoleh gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar, dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap.

Tri Sutrisno, Himawan., Borian, Pinto.: Kursi Roda Elektris. 2012.

2.1.2 Cara Kerja Motor Listrik

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum sama, antara lain sebagai berikut :

- Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya
- Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/ torque untuk memutar kumparan.
- Motor-motor memiliki beberapa loop pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan/loop, maka kedua sisi loop, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.

Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar/ torque sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan kedalam tiga kelompok (BEE India, 2004):

1. Beban torque konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energinya

bervariasi dengan kecepatan operasinya namun torque nya tidak bervariasi. Contoh beban dengan torque konstan adalah conveyors dan pompa displacement konstan.

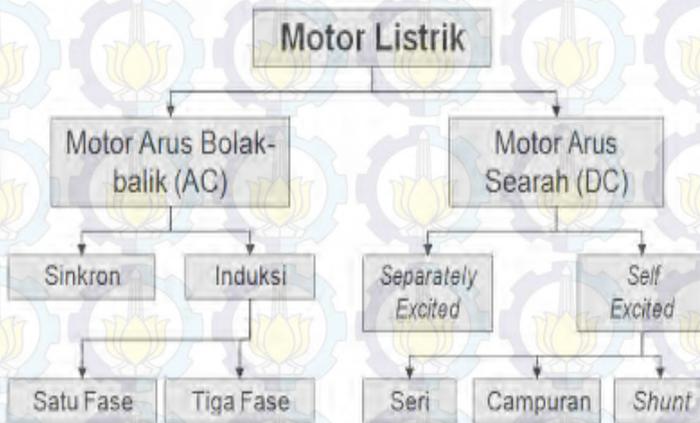
2. Beban dengan variabel torque adalah beban dengan torque yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan variabel torque adalah pompa sentrifugal dan fan (torque bervariasi sebagai kwadrat kecepatan).

3. Beban dengan energi konstan adalah beban dengan permintaan torque yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

Karena pada penelitian ini yang di bahas merupakan motor listrik DC maka saya juga akan membahas cara kerja dari sebuah motor listrik DC Brushless. Motor listrik adalah mesin yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik atau gerak. Sedangkan dinamo adalah alat yang digunakan untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik disinilah letak perbedaan antara motor dengan dinamo.

2.2 Jenis-jenis Motor Listrik

Jenis-Jenis Motor listrik dapat dilihat seperti gambar bagan berikut :

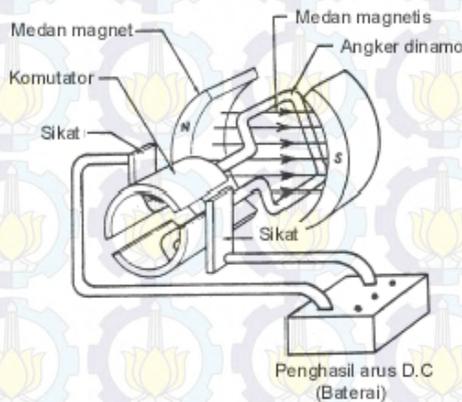


Gambar 2. Klasifikasi Jenis Utama Motor Listrik

2.2.1 Pengertian Motor DC

Motor DC merupakan suplay tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar yang disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik

phasategangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.

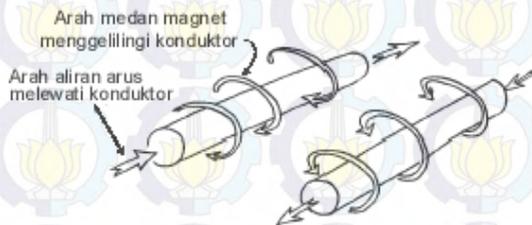


Gambar 2.2 Motor D.C Sederhana

Catu tegangan dc dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut angker dinamo. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet

2.2.2 Prinsip Dasar Cara Kerja

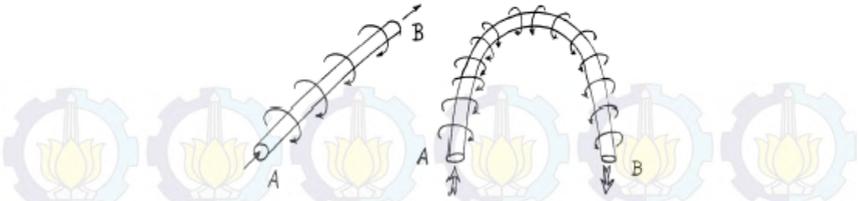
Jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor.



Gambar 2.3 Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor

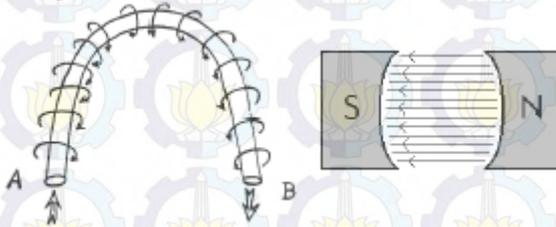
Aturan Genggaman Tangan Kanan bisa dipakai untuk menentukan arah garis fluks disekitar konduktor. Genggam konduktor dengan tangan kanan dengan jempol mengarah pada arah aliran arus, maka jari-jari anda akan menunjukkan arah garis fluks.

Gambar 2.4 menunjukkan medan magnet yang terbentuk di sekitar konduktor berubah arah karena bentuk U.



Gambar 2.4 Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor.

Pada motor listrik konduktor berbentuk U disebut angker dinamo.



Gambar 2.5 Medan magnet mengelilingi konduktor dan diantara kutub.

Jika konduktor berbentuk U (angker dinamo) diletakkan di antara kutub utara dan selatan yang kuat medan magnet konduktor akan berinteraksi dengan medan magnet kutub. Lihat gambar 2.6



Gambar 2.6 Reaksi garis fluks.

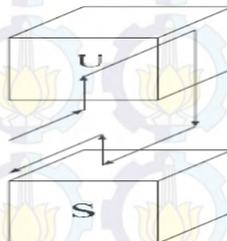
Lingkaran bertanda A dan B merupakan ujung konduktor yang dilengkungkan (*looped conductor*). Arus mengalir masuk melalui ujung A dan keluar melalui ujung B. Medan konduktor A yang searah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di bawah konduktor. Konduktor akan berusaha bergerak ke atas untuk keluar dari medan kuat ini. Medan konduktor B yang berlawanan arah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di atas konduktor. Konduktor akan berusaha untuk bergerak turun agar keluar dari medan yang kuat tersebut. Gaya-gaya tersebut akan membuat angker dinamo berputar searah jarum jam.

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum :

- ❖ Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.
- ❖ Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran / *loop*, maka kedua

- ❖ *Sisiloop*, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
- ❖ Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar / *torque* untuk memutar kumparan.
- ❖ Motor-motor memiliki beberapa *loop* pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

Pada motor DC, daerah kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya berlangsung melalui medan magnet, dengan demikian medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan energi, sekaligus sebagai tempat berlangsungnya proses perubahan energi, daerah tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.7 Prinsip kerja motor dc

Agar proses perubahan energi mekanik dapat berlangsung secara sempurna, maka tegangan sumber harus lebih besar daripada tegangan gerak yang disebabkan reaksilawan. Dengan memberi arus pada kumparan jangkar yang dilindungi oleh medan magnet menimbulkan perputaran pada motor.

Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban dalam hal ini mengacu kepada keluaran tenaga putar / *torque* sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok :

- ❖ Beban torque konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun *torquena* tidak bervariasi. Contoh beban dengan *torque* konstan adalah *conveyors*, *rotary kilns*, dan pompa *displacement* konstan.

- ❖ Beban dengan variabel torque adalah beban dengan *torque* yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan variabel *torque* adalah pompa sentrifugal dan *fan* (*torque* bervariasi sebagai kuadrat kecepatan).

Peralatan Energi Listrik : Motor Listrik.

- ❖ Beban dengan energi konstan adalah beban dengan permintaan *torque* yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

2.2.3 Prinsip Arah Putaran Motor

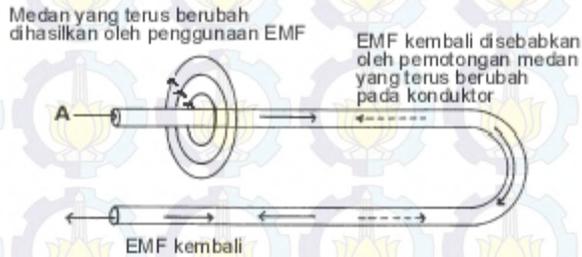
Untuk menentukan arah putaran motor digunakan kaedah Fleming tangan kiri. Kutub-kutub magnet akan menghasilkan medan magnet dengan arah dari kutub utara ke kutub selatan. Jika medan magnet memotong sebuah kawat penghantar yang dialiri arus searah dengan empat jari, maka akan timbul gerak searah ibu jari. Gaya ini disebut gaya Lorentz, yang besarnya sama dengan F .

Prinsip motor : aliran arus di dalam penghantar yang berada di dalam pengaruh medan magnet akan menghasilkan gerakan. Besarnya gaya pada penghantar akan bertambah besar jika arus yang melalui penghantar bertambah besar.

2.2.4 Electromotive Force (EMF) / Gaya Gerak Listrik

EMF induksi biasanya disebut EMF Counter atau EMF kembali. EMF kembali artinya adalah EMF tersebut ditimbulkan oleh angker dinamo yang melawan tegangan yang diberikan padanya.

Teori dasarnya adalah jika sebuah konduktor listrik memotong garis medan magnet maka timbul ggl pada konduktor.



Gambar 2.8 E.M.F. Kembali.

EMF induksi terjadi pada motor listrik, generator serta rangkaian listrik dengan arah berlawanan terhadap gaya yang menimbulkannya. H.F. Emil Lenz mencatat pada tahun 1834 bahwa “ arus induksi selalu berlawanan arah dengan gerakan atau perubahan yang menyebabkannya”. Hal ini disebut sebagai Hukum Lenz.

Timbulnya EMF tergantung pada:

- kekuatan garis fluks magnet
- jumlah lilitan konduktor
- sudut perpotongan fluks magnet dengan konduktor
- kecepatan konduktor memotong garis fluks magnet tidak ada arus induksi yang terjadi jika anker dinamo diam.

2.3 Brushless DC Motor

2.3.1 Pendahuluan

Motor DC yang menggunakan sikat seringkali menimbulkan masalah yaitu ausnya „sikat“ dan timbulnya *electrical noise*. Oleh karena itu dikembangkan motor DC tanpa sikat atau motor DC *brushless* yang mempunyai kelebihan yaitu : efisiensi tinggi, umur yang panjang, konsumsi energi yang kecil dan tidak menimbulkan *electrical noise*.

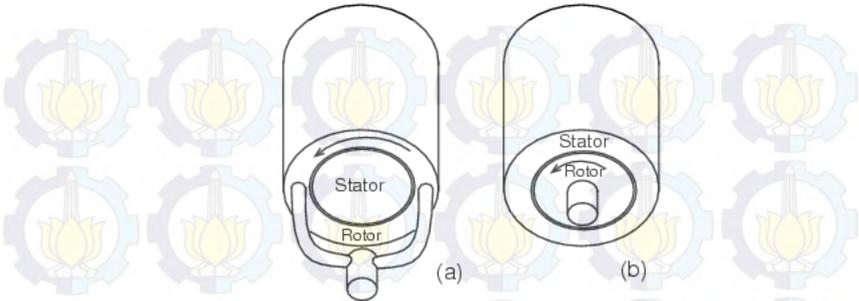
2.3.2 Konstruksi Motor DC

Bentuk konstruksi motor DC *brushless* ada dua buah yaitu silindris atau *pancake* seperti pada gambar 1 dan 2. Kebanyakan konstruksi motor DC *brushless* adalah silindris, dan yang paling banyak dipakai adalah tipe *inside rotor*. Jenis ini digunakan pada penggerak *hard disk* komputer. Jenis yang kedua adalah rotor diletakkan pada sisi luar sekeliling stator, tipe ini disebut *outside rotor*.

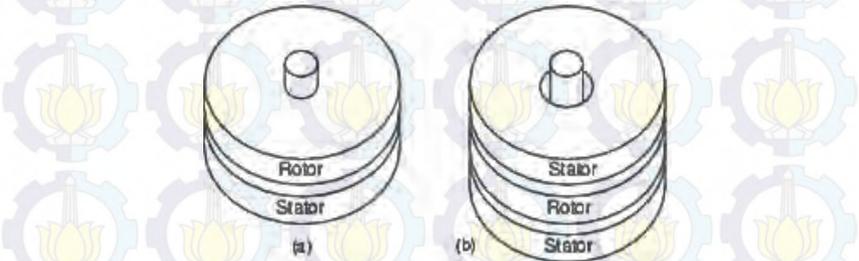
Konstruksi silindris akan terlihat pendek dan tebal. Oleh karena itu arah medan magnetik radial terhadap sumbu putarnya.



Gambar 2.9 Konstruksi Motor DC



Gambar 2.10 Konstruksi Silindris (a) Outside Rotor (b) Inside Rotor



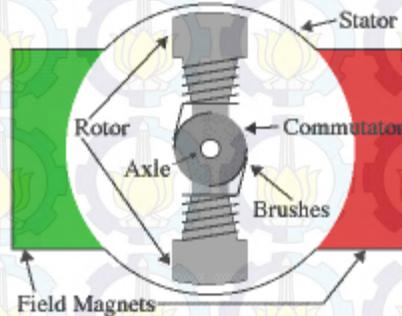
Gambar 2.11 Konstruksi *Pancake*: (a) Stator Tunggal (b) Stator Ganda

Motor jenis *pancake* dengandua buah stator mempunyai torsi tinggi karena mempunyai belitan stator pada kedua sisi rotor (gambar b). Sedangkan torsi rendah dengan satu stator dan satu rotor (gambar a) digunakan pada motor penggerak floppy disk

2.3.3 Bagianbagian Brushless DC Motor

mulai dari bagian-bagian, jenis-jenis, prinsip dan cara kerja sampai ke berbagai perhitungan daya yang dapat dihasilkan.

Bagian-bagian Mesin DC



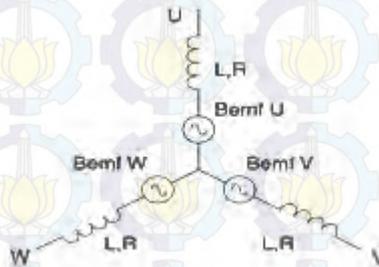
Gambar 2.12 Bagian mesin motor DC

Seperti terlihat pada gambar di atas, motor atau mesin DC memiliki enam bagian utama yang dapat dirangkum menjadi dua bagian. Dimana dua bagian itu adalah :

1. Stator, sesuai namanya stator merupakan bagian dari motor DC yang diam (statis). Stator terdiri dari casing motor DC dan sepasang atau lebih magnet.
2. Rotor, merupakan bagian yang berotasi relatif terhadap stator. Rotor terdiri dari kumparan, poros, dan sikat.

a. Stator

Dasar sebuah stator tiga fasa motor DC *brushless* memiliki tiga gulungan. Kebanyakan motor DC *brushless* jumlah kumparan direplikasi untuk memiliki riak torsi yang lebih kecil. Gambar 3 menunjukkan skema listrik dari stator. Ini terdiri dari tiga kumparan masing-masing ada tiga unsur terhubung seri yaitu induktansi, resistansi dan satu gaya gerak listrik kembali.

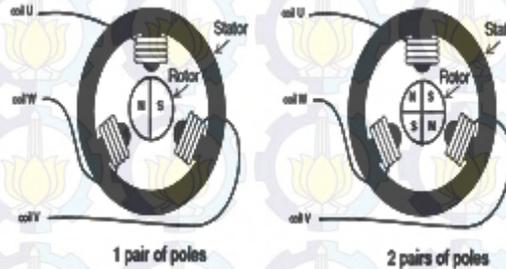


Gambar 2.13 Konfigurasi Listrik Stator (Tiga Tahap, Tiga Kumparan)

b. Rotor

Rotor pada motor DC *brushless* terdiri dari beberapa magnet permanen. Jumlah kutub magnet di rotor juga mempengaruhi ukuran langkah dan riak torsi dari motor. Jumlah kutub yang banyak akan memberikan gerakan presisi dan riak torsi yang kecil.

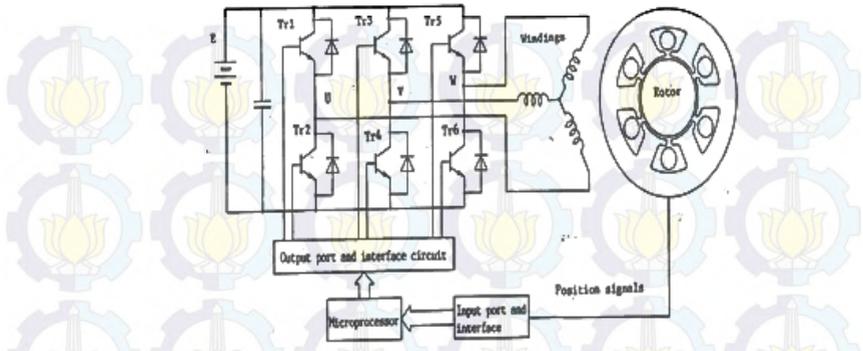
Magnet permanen terdiri dari 1 sampai 5 pasang kutub. Dalam kasus tertentu bisa 8 pasang kutub.



Gambar 2.14 Tiga Kumbaran Stator Tiga Fase Dan Rotor Motor DC *Brushless*

Rotor dari motor DC *brushless* lebih ringkas daripada rotor dari motor DC konvensional yang universal di mana kumparan ditempatkan pada rotor.

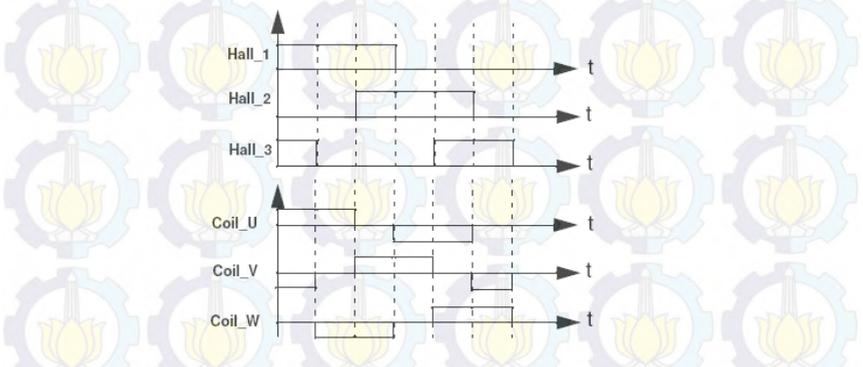
Posisi rotor di deteksi dengan *solid state light emitter* sensor, piranti hall atau piranti lainnya. Sinyal *feedback* dari sensor dikembalikan ke unit kontrol akan meng-ON-kan unit transistor, kemudian akan diteruskan ke kumparan medan stator secara sekuensial. Biasanya untuk mendeteksi posisi sudut menggunakan *hall-effect* dan sensor optic. *Hall effect* untuk mendeteksi magnitud dan polaritas medan magnet.



Gambar 2.15 Sistem Penggerak Motor Dc *Brushless*

c. Hall Sensor

Untuk estimasi posisi rotor, motor ini dilengkapi dengan tiga sensor hall yang ditempatkan setiap 120 °L. Dengan sensor ini ada 6 komutasi yang mungkin berbeda. Pergantian fase power supply tergantung pada nilai-nilai sensor hall dengan perubahan kumparan.



Gambar 2.16 Sensor Hall Sinyal Untuk Rotasi Kanan

Fungsi rangkaian control pada motor DC *brushless* selain sebagai pengontrol perpindahan arus juga sebagai pengarah rotasi rotor. Oleh karenanya, kontrol memerlukan beberapa cara untuk menentukan orientasi rotor.

Beberapa rancangan efek sensor hall menggunakan rotary encoder untuk mengukur posisi rotor. Selain itu terdapat lagi EMF dalam kumparan *undriven* untuk menyimpulkan posisi rotor.

Kontroler ini berisi 3 bi-directional output untuk mendorong daya pada motor DC ketinggian yang lebih tinggi, dengan dikendalikan oleh rangkaian logika. Pengendali sederhana menggunakan pembandingan untuk menentukan kapan fase output harus maju, sementara pengendali modern menggunakan mikrokontroler untuk mengelola akselerasi, control kecepatan dan menyempurnakan efisiensi.

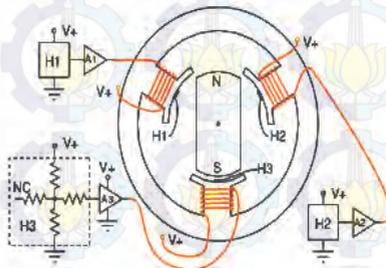
Kontroler sensor yang lainnya mampu mengukur satu rasi berliku disebabkan oleh magnet dalam menyimpulkan posisi rotor.

Rangkaian control atau elektronik pada motor DC *brushless* dapat diatur untuk menghasilkan arus berupa gelombang sinus atau persegi. Arus berbentuk gelombang persegi merupakan pilihan terbaik karena tidak menjadi sumber losses harmonik.

d. Phase Commutations

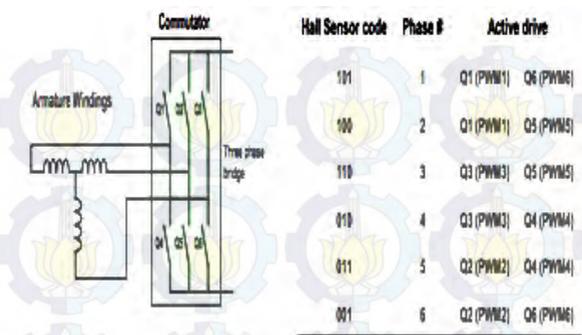
Fungsi komutasi dilakukan oleh beberapa sumbu as sensor: *optical encoder*, *magnetic encoder* atau *hall effect magnetic sensor*. Dengan cara ini motor DC *brushless* menjadi kecil dan murah. *Hall effect magnetic sensor* akan berfungsi mengalirkan elektron

akibat adanya medan magnetic yang tegak lurus terhadap arah arus. Penerapan medan magnet pada sensor ini akan mengakibatkan terjadinya perubahan tegangan sedikit pada output. Output hall akan menggerakkan *comparator* hingga peralatan dayanya lebih stabil. Peralatan ini juga akan menggerakkan transistor kompon ketika diberi bias yang tepat. *Hall effect sensor* yang lebih modern berisi penguat yang terintegrasi dan rangkaian digital. Sensor hall ini harus diletakkan sedekat mungkin dengan rotor magnet permanen untuk mendeteksi posisi rotor.

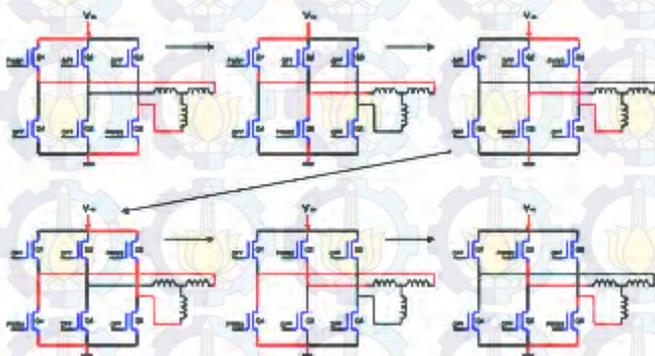


Gambar 2.17 Sensor *Hall Effect* Pengubah Tiga Fasa Brushless DC Motor.

Untuk menghubungkan daya ke motor DC brushless, tahapan digunakan adalah menggunakan rangkaian jembatan gelombang tiga fasa, seperti terlihat pada gambar 2.15



Gambar 2.18 Jembatan Tiga Fasa Dan Sensor Input Dengan Tabel Saklar Aktif



Gambar 2.19 Urutan pensaklaran rotasi motor Q1 sampai dengan Q6

Pada motor listrik dengan kutub rotasi listrik tidak sesuai dengan rotasi mekanik. Sehingga empat

kutub stator motor DC *brushless* menggunakan empat siklus putaran listrik untuk memiliki satu putaran mekanik.

Kekuatan medan magnet menentukan kekuatan motor dan kecepatan motor. Dengan memvariasikan aliran arus melalui kumparan stator, kecepatan dan torsi motor dapat disesuaikan.

Cara yang umum untuk mengontrol aliran arus adalah dengan mengontrol aliran arus rata-rata melalui kumparan dengan PWM (*Pulse Width Modulation*) yang mengatur tegangan rata-rata dan mendorong kecepatan. Sebagai contoh, frekuensi PWM yang dipilih adalah berkisar dari 10kHz sampai dengan 200kHz.

e.Losses pada Motor DC

Seperti yang kita ketahui, tidak ada yang memiliki efisiensi seratus persen begitu pula dengan mesin DC ini. Pada mesin DC terdapat pula beberapa inefisiensi yang pada dasarnya dibagi menjadi dua yaitu Electrical Losses dan Mechanical Losses.

1. Electrical Losses

- **i^2R Copper Losses**, i^2R Copper loss adalah rugi-rugi yang ditimbulkan oleh teremisikannya panas dari kawat tembaga yang membentuk kumparan pada mesin DC. Panas yang timbul pada tembaga merupakan akibat dari adanya arus terinduksi yang mengalir pada kawat dan hambatan kawat. Besar rugi-

rugi yang ditimbulkan akibat panas ini sebesar i^2R .

- **Eddy -Current Losses**, Eddy-Current adalah arus induksi yang muncul pada suatu konduktor akibat adanya perubahan medan magnetik yang dirasakan oleh konduktor tersebut. Pada motor DC ini, Eddy-Current losses terjadi pada core atau kumparan dari motor. Eddy- Current Loss menyebabkan arus yang melewati kumparan berkurang sehingga gaya Lorentz yang terjadi pada kumparan berkurang juga.
 - **Hysteresis Losses**, Dalam proses berputarnya, rotor dari motor DC akan mengalami posisi dimana akan terjadi perubahan arah arus pada kumparan. Dalam proses perubahan ini, akan diperlukan sebuah daya tambahan agar arah arus berubah secara sempurna. Daya tambahan inilah yang disebut dengan Hysteresis Loss.
1. **Mechanical Losses**, adalah inefisiensi yang diakibatkan oleh adanya gaya hambatan yang bekerja pada struktur bergerak pada mesin DC. Pada umumnya, mechanical losses pada mesin DC terdapat dua jenis yaitu :
 - **Frictional Losses**, rugi-rugi gesekan adalah daya tambahan yang dibutuhkan untuk melawan gesekan yang muncul pada part motor. Banyak part pada motor DC yang memiliki kemungkinan untuk adanya gesekan. Misalnya padabearing dan brush.

- **Windage Losses**, rugi-rugi yang muncul akibat adanya gesekan atau tahanan udara yang dialami part mesin DC yang bergerak.

f.pengaturan kecepatan pada mesin DC

Dalam penggunaan mesin DC, tidak akan berguna apabila tidak bisa dikontrol kecepatan perputaran dari mesin DC tersebut. Berikut adalah beberapa metode yang biasa digunakan untuk mengontrol kecepatan dari mesin DC.

1. Mengubah voltase pada motor, namun membiarkan medan magnetnya tetap
2. Mengubah medan magnet pada motor, namun membiarkan voltasenya tetap
3. Memberikan hambatan yang dipasang seri dengan motor.

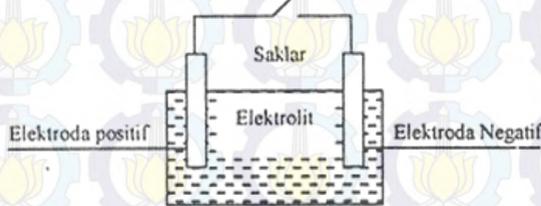
2.4 Baterai dan akumulator

2.4.1 Pengertian Baterai

Baterai adalah alat listrik-kimiawi yang menyimpan energi dengan mengubah energi listrik menjadi energi kimia dan dapat mengeluarkan energi dengan mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai terdiri dari tiga komponen penting seperti di ilustrasikan dalam gambar 2.8, yaitu: batang karbon sebagai anoda (kutub positif baterai), seng (Zn) sebagai katoda (kutub negatif baterai), dan pasta sebagai

elektrolit(penghantar). Baterai berisi bahan-bahan kimia yang dapat memproduksi elektron.

Reaksi kimia yang dapat menghasilkan elektron disebut dengan Reaksi Elektrokimia. Dalam operasi elektrolit, yang terdiri karbon tanah, mangan dioksida, amoniak sal, dan seng klorida menyebabkan elektron mengalir dan menyebabkan listrik. Baterai memiliki dua terminal, terminal pertama bertanda positif (+) dan terminal kedua bertanda negatif (-).



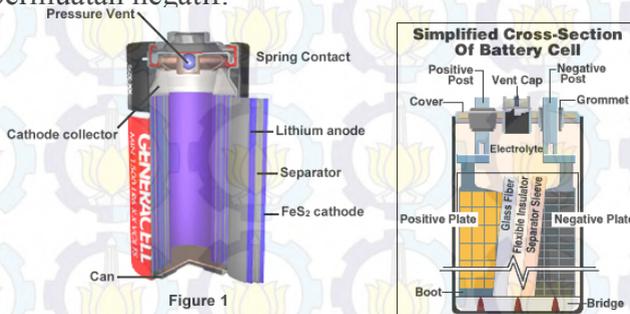
Gambar 2.20 Susunan dasar suatu baterai

Elektron-elektron di kumpulkan pada kutub negatif. Jika kabel dihubungkan antara kutub negatif dan kutub positif, maka elektron akan mengalir dari kutub negative ke kutub positif dengan cepatnya. Selain kabel, sebuah penghubung atau Load dapat berupa light bulb, sebuah motor atau sirkuit elektronik seperti radio.

Di dalam baterai sendiri, terjadi sebuah reaksi kimia yang menghasilkan elektron. Kecepatan dari proses ini (elektron, sebagai hasil dari elektrokimia) mengontrol seberapa banyak elektron dapat mengalir diantara kedua kutub. Elektron mengalir dari baterai ke kabel dan tentunya bergerak dari kutub negatif ke

kutub positif tempat dimana reaksi kimia tersebut sedang berlangsung. Baterai bisa bertahan selama satu tahun dan masih memiliki sedikit power, selama tidak terjadi reaksi kimia atau selama tidak dihubungkan dengan kabel atau sejenis Load lain. Ketika dihubungkan dengan kabel maka reaksi kimia dimulai.

Secara harfiah baterai berfungsi sebagai media penyimpan dan penyedia energy listrik. Sumber listrik yang digunakan sebagai pembangkit power dalam bentuk arus searah (DC). Alat ini digunakan elektronika termasuk diantaranya komputer. Baterai merupakan sekumpulan sel-sel kimia yang masing-masing berisi dua elektron logam yang dicelupkan dalam larutan penghantar yang disebut elektrolit. Akibat reaksi-reaksi kimia antara konduktor-konduktor dan elektrolit satu elektroda anoda bermuatan positif dan lainnya, katoda, menjadi bermuatan negatif.



Gambar 2.21 Konstruksi Baterai

Baterai dinilai oleh kapasitas amp-hour (Ah) berdasarkan jumlah energi yang diperlukan untuk menjalankan muatan dan berapa hari yang diperlukan

untuk menyimpan energi karena kondisi cuaca. Beberapa faktor dapat berdampak pada kapasitas baterai, termasuk peringkat, penilaian of discharge (pembebanan), kedalaman pembebanan, suhu, umur, dan karakteristik recharging. Kapasitas yang diminta juga dipengaruhi oleh ukuran muatan. Jika muatan berkurang, kapasitas juga berkurang.

Dengan semakin berkembangnya era globalisasi, terdapat suatu alat elektrokimia yang mirip dengan baterai. Sel bahan bakar adalah sebuah alat elektrokimia yang mirip dengan baterai, tetapi berbeda karena dia dirancang untuk dapat diisi terus reaktannya yang terkonsumsi; yaitu dia memproduksi listrik dari penyediaan bahan bakar hidrogen dan oksigen dari luar. Hal ini berbeda dengan energy internal dari baterai. Sebagai tambahan, elektroda dalam baterai bereaksi dan berganti pada saat baterai diisi atau dibuang energinya, sedangkan elektroda sel bahan bakar adalah katalitik dan relatif stabil.

Reaktan yang biasanya digunakan dalam sebuah sel bahan bakar adalah hidrogen di sisi anode dan oksigen di sisi katoda (sebuah sel hidrogen). Biasanya, aliran reaktan mengalir masuk dan produk dari reaktan mengalir keluar. Sehingga operasi jangka panjang dapat terus menerus dilakukan selama aliran tersebut dapat dijaga kelangsungannya.

Sel bahan bakar seringkali dianggap sangat menarik dalam aplikasi modern karena efisiensi tinggi dan penggunaan bebas-emisi, berlawanan dengan bahan bakar umum. seperti metana atau gas alamyang menghasilkan karbon dioksida. Satusatunya hasil produk dari bahan bakar yang beroperasi menggunakan

hidrogen murni dalam uap air. Namun ada kekhawatiran dalam proses pembuatan hidrogen yang menggunakan banyak energi. Memproduksi hidrogen membutuhkan "carrier" hidrogen (Biasanya bahan bakar fosil, meskipun air dapat dijadikan alternatif), dan juga listrik, yang diproduksi oleh bahan bakar konvensional. Meskipun sumber energi alternatif seperti energi angin dan surya dapat juga digunakan, namun sekarang ini mereka sangat mahal.

2.4.2 Klasifikasi Baterai

Baterai dikelompokkan menjadi 2 (dua), yaitu:

A. Baterai Primer

Baterai primer yaitu baterai yang hanya digunakan satu kali karena menggunakan reaksi kimia yang bersifat tidak bisa dibalik (*irreversible reaction*) dan setelah habis isi (Recharge). Adapun susunan baterai primer ditunjukkan pada gambar 2.21



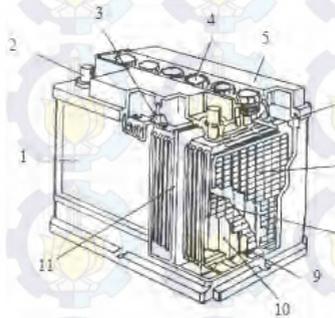
Gambar 2.22 Susunan Baterai Primer

Pada baterai primer, elektroda positif (kutub positif) berupa batang karbon dan pembungkus terbuat dari seng yang merupakan elektroda negative (kutub negatif). Elektrolit larutan yang menghantarkan arus listrik berupa larutan ammonium klorida (NH_4Cl) dan depolarisasinya zat kimia yang terbuat dari mangan dioksida (MnO_2) bercampur serbuk karbon. Elemen kering atau batere disebut juga elemen primer karena elemen ini tidak dapat dimuati (diisi ulang) kembali jika muatannya habis. Selama bekerja, seng berubah menjadi seng klorida, hydrogen dibebaskan dan sengserta ammonium klorida berkurang. Cara penggunaan batere kering yaitu dengan menghubungkan kutub positif dan kutub negative kebeban.

B. Baterai Sekunder

Baterai sekunder yaitu baterai yang dapat digunakan berkali-kali dengan mengisi kembali muatannya karena reaksikimianya bersifat bias dibalik (*reversiblereaction*), apabila telah habis energinya setelah dipakai. Akumulator merupakan jenis baterai sekunder yang merupakan elemen elektro-kimia yang dapat memperbaharui bahan-bahan pereaksinya. Jenis akumulator yang sering dipakai adalah akumulator timbal. Akumulator ini terdiri dari dua kumparan pelat yang dicelupkan dalam larutan asam-sulfat encer. Kedua kumpulan pelat dibuat dari timbal, sedangkan lapisan timbale dioksida akan dibentuk pada pelat positif ketika lemen pertama kali dimuati. Letak pelat positif dan negative sangat berdekatan tetapi dicegah tidak langsung menyentuh oleh pemisah yang terbuat dari

bahan penyekat (isolator).Konstruksinya ditunjukkan oleh Gambar 2.23



Gambar 2.23 Konstruksi akumulator

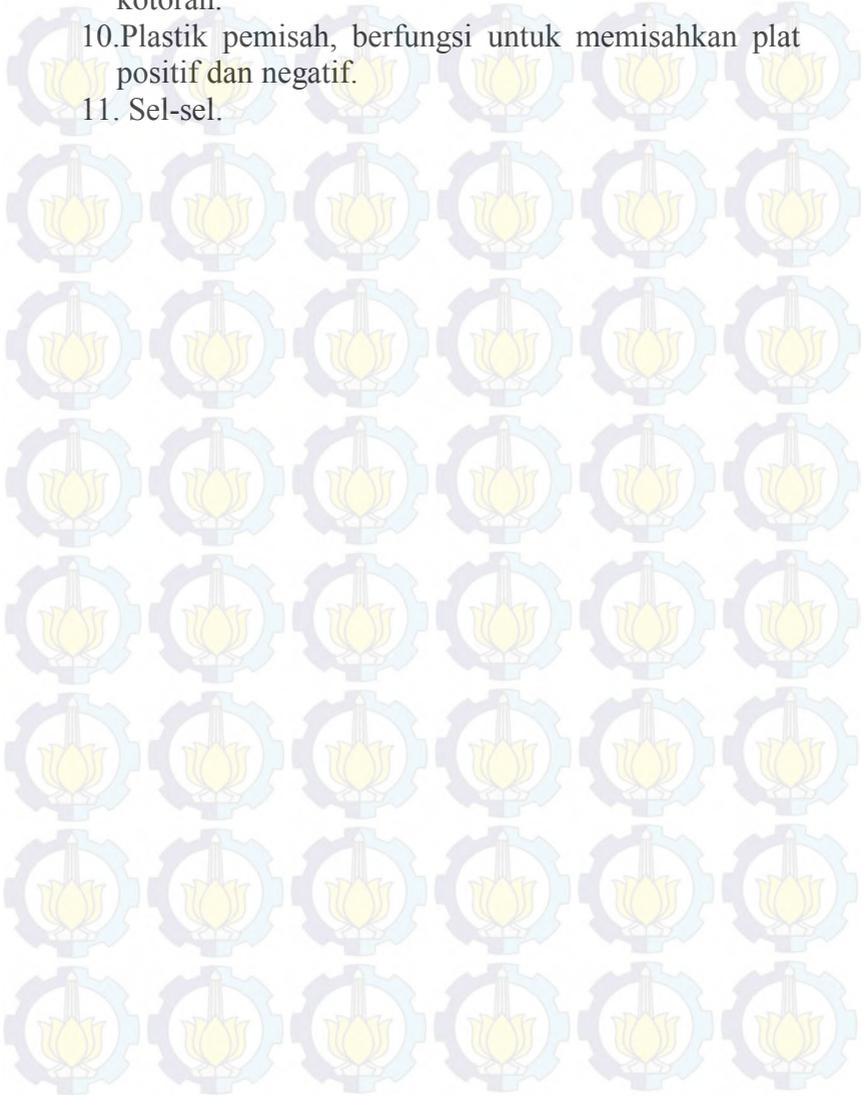
Bagianbagian akumulator timah hitam dan fungsinya sebagai berikut :

- 1.Rangka, berfungsi sebagai rumah akumulator.
- 2.Kepala kutub positif, berfungsi sebagai terminal kutub positif.
- 3.Penghubung sel, berfungsi untuk menghubungkan sel-sel.
4. Tutup Ventilasi, berfungsi menutup lubang sel..
- 5.Penutup, berfungsi untuk menutup bagian atas akumulator.
6. Plat-plat, berfungsi sebagai bidang pereaktor.
7. Plat negatif, terbuat dari Pb, berfungsi sebagai bahan aktif akumulator.
8. Plat positif, terbuat dari PbO_2 , berfungsi sebagai bahan aktif akumulator.

9. Ruang sedimen, berfungsi untuk menampung kotoran.

10. Plastik pemisah, berfungsi untuk memisahkan plat positif dan negatif.

11. Sel-sel.





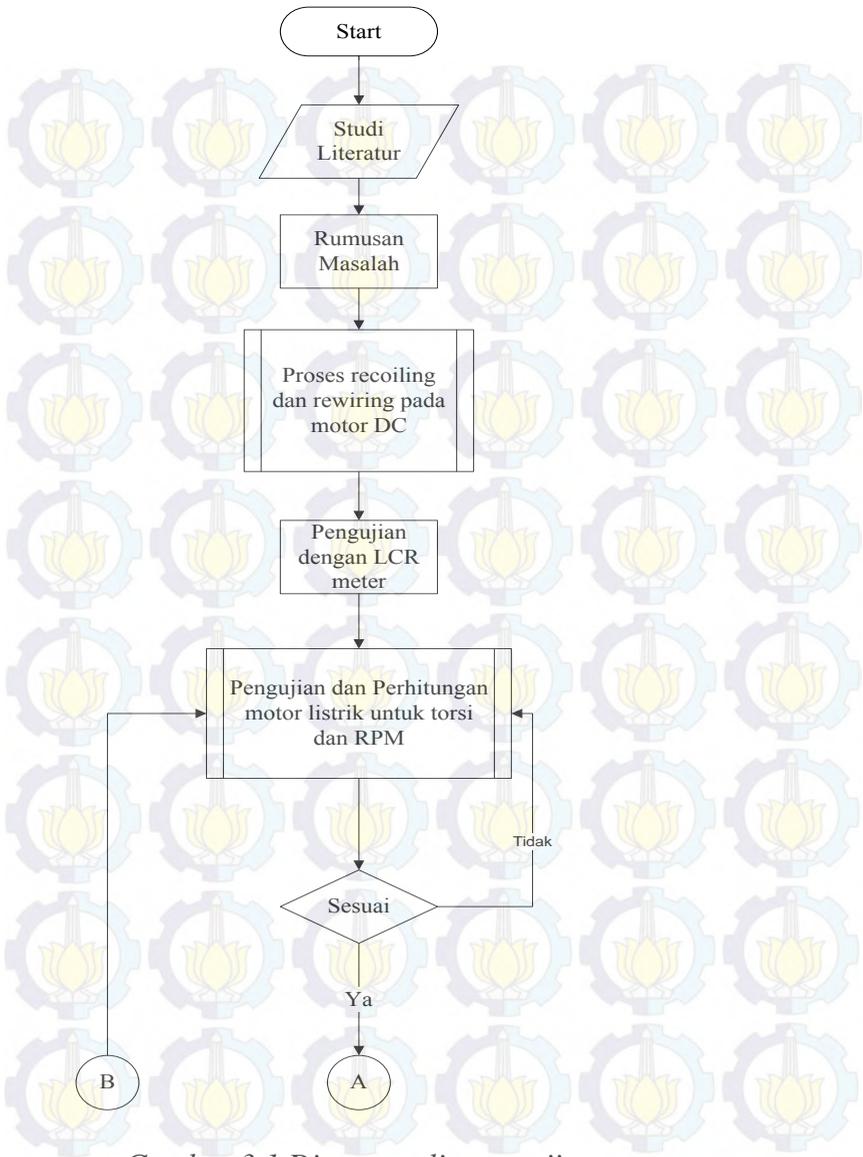
BAB III

METODOLOGI

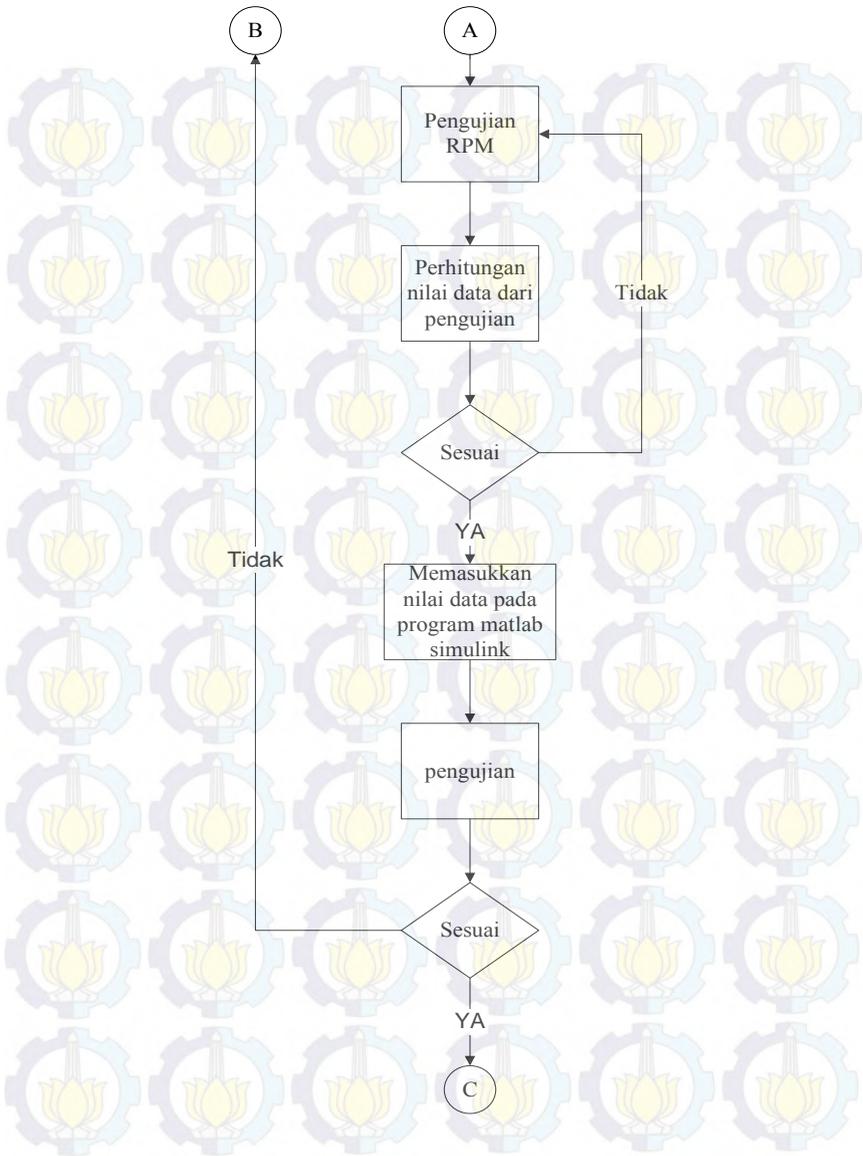
3.1 Diagram Alirdan Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam suatu analisa atau studi harus terstruktur dengan baik sehingga dapat memudahkan dalam menerangkan atau menjelaskan penelitian yang telah dilakukan. Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan pemodelan dan analisa yang dapat diuraikan seperti diagram alir. Berikut adalah langkah-langkah dalam pengerjaan dalam tugas akhir ini:

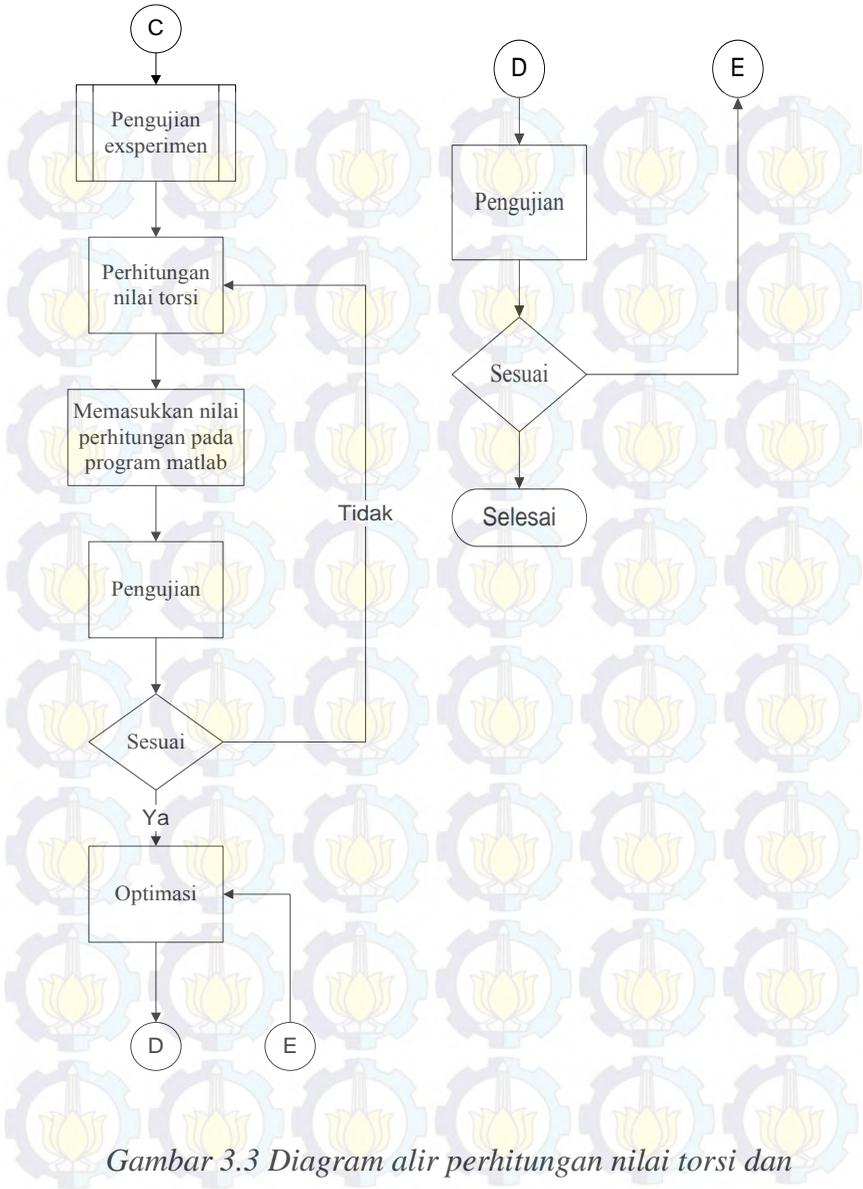
1. Pencarian study literature tentang motor DC
2. Mendapatkan rumusan masalah yang ada di lapangan setelah melakukan proses pencarian studi literature
3. Melakukan proses rewiring dan recoiling motor listrik untuk kemudian dianalisa pada matlab 2009a untuk memperoleh data yang actual.
4. Melakukan perhitungan agar sesuai dengan performance motor DC yang diinginkan
5. Melakukan pengecekan tentang kesesuaian jika tidak sesuai maka harus melakukan perhitungan ulang
6. Melakukan eksperimen
7. Membandingkan hasil data analysis yang sudah ada dengan eksperimen
8. Melakukan optimasi



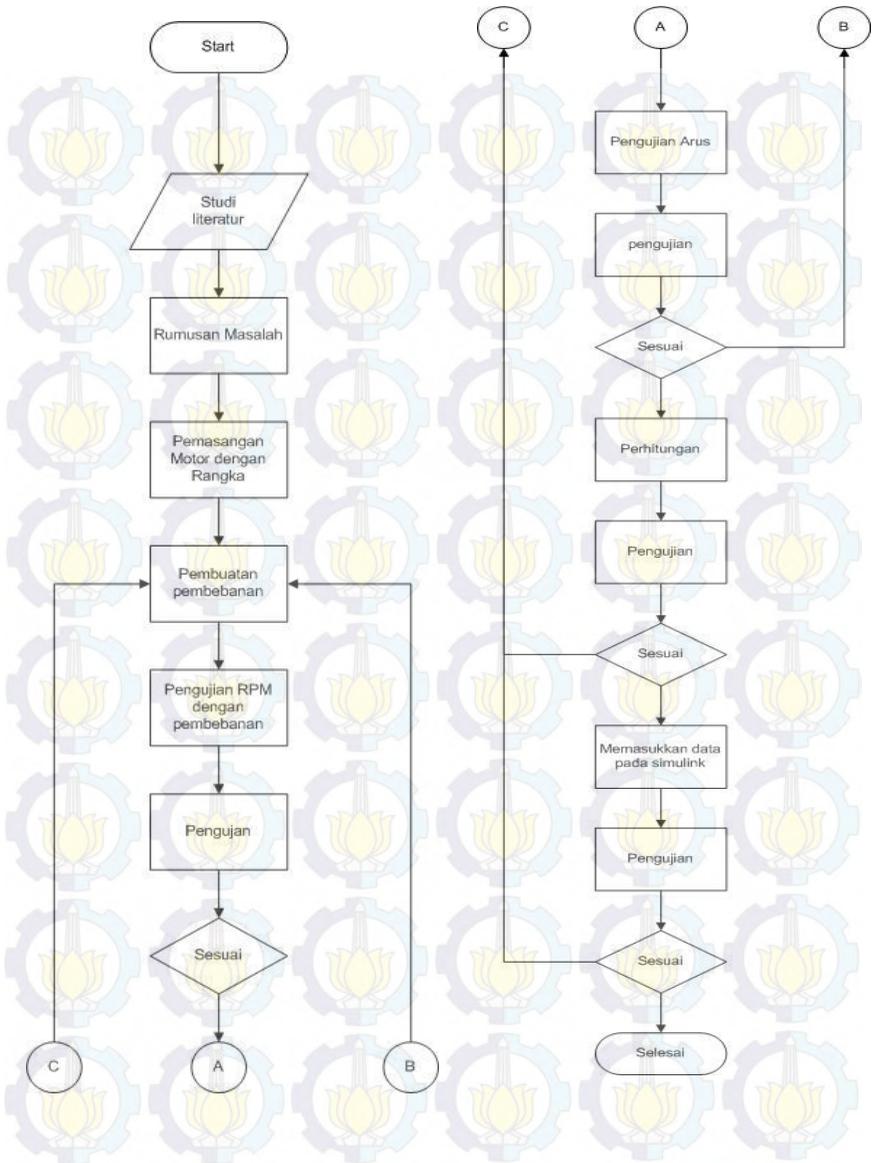
Gambar 3.1 Diagram alir pengujian secara umum



Gambar 3.2 Diagram Alir pengujian RPM



Gambar 3.3 Diagram alir perhitungan nilai torsi dan optimasi pada program matlab



Gambar 3.4 Diagram alir Pengujian Eksperimen

3.2 Desain dan analisis system kendali pada sepeda motor listrik dengan motor DC Pada Program matlab 2009a

3.2.1 Perencanaan desain motor DC

Perencanaan desain motor yang dilakukan menggunakan simulink yang terdapat pada program MATLAB 2009a. Model yang diinginkan telah ada pada program MATLAB 2009a namun perlu diganti beberapa parameter untuk menyesuaikan dengan motor DC yang telah di beli. Dalam MATLAB 2009a terdapat 3 bagian utama yang dikelompokkan dalam motor DC yaitu :

1. Permanent Magnet Synchronous System
2. DC bus and Converter
3. Controllers

Berikut ini merupakan nilai default pada bagian permanent magnet synchronous system pada matlab 2009a:

Tabel 3.1 Nilai default permanent magnet synchronous system

No	Bagian pada motor dc	Parameter	Nilai	Satuan
1	Equivalent Circuit Parameters	Resistance	0,2	Ohm

2	Equivalent Circuit Parameters	Inductance	8,5 x 10^{-3}	Henry
3	Equivalent Circuit Parameters	Back EMF flat area (degrees)	120	Derajat
4	Rotor Values	Inertia	0,089	kgm^2
5	Rotor Values	Friction	0,005	Nms
6	Rotor Values	Pole pairs	4	pasang
7	Initial Values	Speed	0	Rad/s
8	Initial Values	Angle	0	Deg

Berikut nilai Default pada bagian Converters and DC bus :

Tabel 3.2 Nilai Default DC bus and Converter

No	Bagian Pada Motor DC	Parameters	Nilai	Satuan
1	Snubbers	Resistance	10^{-3}	Ohm
2	Snubbers	Capacitance	20^{-9}	Farad
3	Diodes	On-State	0,3	Ohm

		resistance		
4	Diodes	Forward Voltage	1,3	Volt
5	DC Bus	Capacitance	2000×10^{-6}	Farad
6	Braking Chopper	Resistance	8	Ohm
9	Braking Chopper	Chopper Frequency	4000	Hz
10	Braking Chopper	Activation Voltage	320	Volt
11	Braking Chopper	Shutdown Voltage	310	Volt
12	Switches	Device type	IGBT/Diodes	
13	Switches	On State Resistance	10^{-3}	Ohm
14	Forward Voltage	Main Device	0,8	Volt
15	Forward Voltage	Diode	0,8	Volt
16	Turn-off characteristic	Fall time	1×10^{-6}	Detik
17	Turn off Characteristic	Tail Time	2×10^{-6}	Detik
18	Snubbers	Resistance	5000	Ohm
19	Snubbers	Capacitance	Inf	Farad
20		Mechanical Input	Torque Tm	

Berikut nilai default pada motor DC pada bagian controller:

Table 3.3 Nilai default controller

No	Bagian pada Motor DC	Parameter	Nilai	Satuan
1	Regulation type		Speed Regulation	
2	Speed Ramps	Acceleration	1000	Rpm
3	Spees ramps	Deceleration	1000	Rpm
4	PI regulator	Proportional gain	3,3	
5	PI Regulator	Integral gain	300	
6	Current Control	Sampling Time	20×10^{-6}	Sekon
7	Current Control	Current controller hysteresis	0,01	Ampere
8	Current	Maximum	20×10^3	Hz

	Control	switching frequency		
9	Speed Controller	Speed cutoff frequency	285	Hz
10	Speed Controller	Speeds controller sampling time	140×10^{-6}	Sekon
11	Torque outputs limits	Negative	17,8	Nm
12	Torque Output Limits	Positive	17,8	Nm

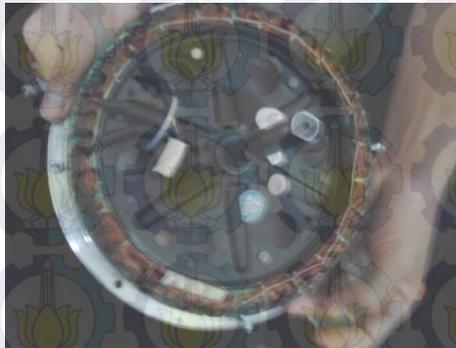
3.2.2 Perhitungan Daya Input dan Output

Daya input yang di dapat melalui perhitungan. Adapun Motor DC sebelum dilakukan proses rewiring yaitu menggunakan Motor Dc jenis brushless dengan daya 800 W. Aki yang digunakan menggunakan aki sebesar 12 Volt sebanyak 4 buah sehingga menghasilkan voltage sebesar 48 volt. Rumus untuk penentuan arus menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \quad (3.1)$$

Untuk Induktansi dan tahanan pada motor DC dilakukan proses percobaan. Adapun alat yang dibutuhkan adalah :

1. Motor DC yang telah di buka



Gambar 3.5 Tampilan dalam motor DC

Spesifikasi Untuk Motor DC pada gambar 3.6 adalah :

r	: 26 cm
Voltage	: 48 Volt
Frekuensi	: 60 Hz
RPM	: 500
Daya	: 800 Watt

2. LCR Meter



Gambar 3.6 LCR Meter

Merek : BK Precision
Ukuran (p x l x t) : 21,5 cm x 8 cm x 28 cm
Specifications :
Inductance
Range : 20uH~2000H
Resolution : 0.001uH
Basic Accuracy : +/- (0.2+5d)
Capacitance
Range : 20pF~20mF
Resolution : 0.001pF
Basic Accuracy : +/- (0.2+3d)
Resistance
Range : 20Ohms~2000MOhms
Resolution : 0.001Ohm
Basic Accuracy : +/- (0.2+2d)

Selain itu diperlukan juga proses pemodelan untuk controllernya. Adapun gambar controller nya adalah sebagai berikut :



Gambar 3.7 Controller

Ukuran Controller (p x l x t) = 15 cm x 8 cm x 4 cm

3.2.3 Identifikasi Torsi dan RPM pada motor DC

RPM pada Motor DC di dapat melalui proses percobaan. Adapun alat yang digunakan adalah :

1. Tachometer



Gambar 3.8 Tachometer

Merek : Extech

Ukuran Tachometer (p x l) : 20 cm x 8 cm

Spesifikasi Tachometer :

Voltage Input	: 9 Volt
Konsumsi Power	: Approx. 45mA
Jangkauan Pengujian	: 2 to 20.000 RPM
Akurasi	: +/- (0,05% + 1 digit)
Resolusi	: 0,1 RPM (2 to 9999,9 RPM / 1 RPM (Over 100000 RPM)
Waktu Sampling	: 0,5 sec (over 120 RPM)
Jarak Jangkauan Pengujian	: 50 mm to 500 mm

2. Motor DC yang telah di tempeli Reflektor



Gambar 3.9 Motor DC

Sedangkan untuk Torsi di dapat melalui proses penghitungan. Adapun penghitungan yang dilakukan adalah :

$$P = T \cdot \omega \quad (3.2)$$

Lalu dilakukan perhitungan pole dengan menggunakan rumus :

$$n = \frac{120 f}{p} \quad (3.3)$$

3.3 Pengujian Eksperimen

1. Pengujian RPM

1. Penyiapan roller sebagai disturbance



Gambar 3.11 Roller

Keterangan :

1. Dimensi roller = panjang jari – jari 3 cm
 2. Menyiapkan tachometer
 3. Penyiapan roda yang telah diberi reflektor
2. Pengujian arus

1. Menyiapkan rangkaian motor DC yang siap dijalankan
2. Menyiapkan tang Ampere



Gambar 3.13 Tang Ampere

Keterangan :

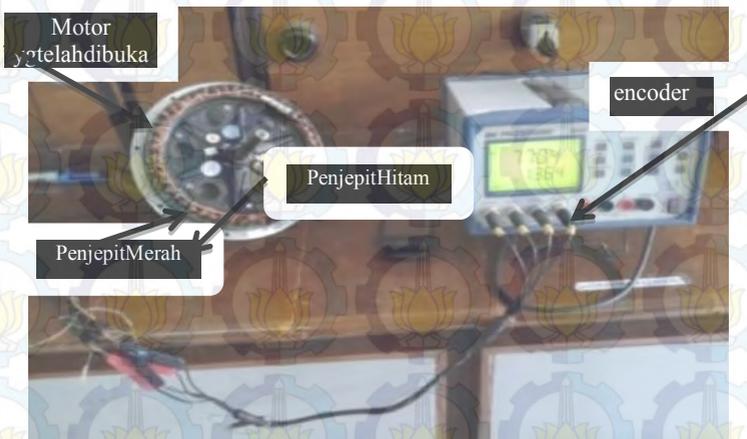
Dimensi(p x l) = 26 cm x 6 cm

3. Perhitungan
 1. Menghitung Daya
 2. Menghitung Torsi
 3. Menghitung pole

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Induktansi, Resistansi, dan Kapasitansi Dari Motor DC

LCR meter berfungsi untuk mengetahui nilai dari induktansi, resistansi dan kapasitansi dari motor. Bahan dan alat yang dibutuhkan dalam pengujian ini yaitu cukup motor DC yang telah dibuka dan LCR meter. Dalam pengujian ini, motor DC yang saya gunakan adalah motor DC yang memiliki daya 800 Watt dan tegangan 48 Volt.



Gambar 4.1 LCR Meter yang tersambung dengan Motor DC

Dari pengujian yang telah dilakukan pada motor DC sebelum dilakukan proses rewiring dan recoiling yang

digunakan pada sepeda motor listrik dengan menggunakan LCR meter didapatkan nilai resistansi, kapasitansi, dan induktansi yaitu untuk nilai resistansi yang didapat adalah sebesar 0,156 ohm dan nilai Induktansi sebesar $0,51 \times 10^{-3}$ Henry. Setelah dilakukan proses rewiring dan recoiling pada motor DC nilainya berubah dengan nilai sebagai berikut:

$$\text{Nilai Induktansi } (L_S) = 160,5 \mu\text{H}$$

$$\text{Nilai Kapasitansi } (C_S) = -15,77 \text{ nF}$$

$$\text{Nilai Impedansi } (Z_S) = 0,5 \Omega$$

$$\text{Nilai Resistansi } (R_S) = 1,218 \Omega$$

$$\text{Nilai Induktansi } (L_P) = 208,4 \mu\text{H}$$

$$\text{Nilai Kapasitansi } (C_P) = -12,37 \text{ nF}$$

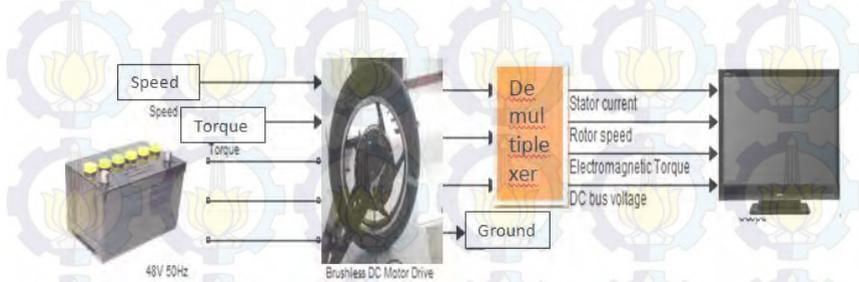
$$\text{Nilai Impedansi } (Z_P) = 113,9 \Omega$$

$$\text{Nilai Resistansi } (R_P) = 0,218 \Omega$$

Setelah didapatkan data dari uji dengan LCR meter maka data tersebut dilakukan pemodelan kedalam program matlab untuk mengetahui data-data lain berupa grafik dan beberapa parameter lain dari perhitungan daya, torsi dan RPM untuk mengetahui data agar lebih valid.

4.2 Perencanaan Desain Motor DC Dengan Software Matlab 2009a

Perencanaan desain motor DC dilakukan menggunakan program symulink pada MATLAB 2009a. Namun melalui beberapa penyesuaian yang harus dilakukan karena ada beberapa parameter yang harus diganti untuk mendapatkan parameter dari nilai data motor DC yang telah dilakukan proses rewiring dan recoiling.



Gambar 4.2 Pemodelan Motor DC

Didalam motor DC yang terdapat pada MATLAB 2009a terdapat berbagai parameter yang dikelompokkan. Secara umum ada 3 jenis parameter yang dikelompokkan secara umum yaitu :

1. Permanent Magnet Synchronous Machine
2. Converter dan DC bus
3. Controller

4.2.1 Permanent Magnet Synchronous Machine

Tentang Permanent Magnet Synchronous Machine dapat di lihat bahwa untuk pengisian parameter pada Permanent Magnet Synchronous Machine memerlukan perubahan pada beberapa bagian mulai dari Induktansi, Resistansi, Back EMF, momen inerti,pole pairs dan gesekan yang ditimbulkan. Untuk data-data nilai induktansi resistansi dan kapasitansi telah didapat kan dari uji LCR meter di atas.

4.2.2 Converter dan DC Bus

Untuk pengisian pada parameter converter dan DC bus tidak banyak dilakukan banyak perubahan karena keterbatasan speksifikasi yang bisa di dapat dari jenis motor DC dan Controller yang telah di uji sehinga di putuskan pengisian parameter di dapat secara default dan hanya mengubah pada device type pada inverter.Karena pada device type pada inverter saat default berjenisnkan IGBT/Dioda.Namun setelah diamati maka device type di rubah menjadi jenis MOSFET.

4.2.3 Controller

Padabagian Pengisian Controller ada 2 parameter yang dapat di ganti agar sama dengan spesifikasi motor DC yang telah di ujiperformanya. Yaitu parameter RPM dan Torsi.Untuk penentuan parameter RPM dilakukan proses eksperimen sedangkan penentuan parameter torsi

dilakukan proses perhitungan secara manual karena keterbatasan alat yang digunakan untuk pengujian torsi.

1. Pengujian RPM

a. Alat dan Bahan

- Motor DC
- Reflektor
- Tachometer

b. Prosedur Perobaan

- Siapkan alat dan bahan
- Tempelkan Reflektor pada motor DC yang akan di ukur RPM nya
- Jalankan motor DC dengan menyambung dengan rangkaiannya
- Dekatkan tachometer ke motor DC yang berputar dan arahkan ke bagian yang terdapat schotlette
- Lihat angka yang terdapat pada Tachometer.

C. Karakterisasi motor DC

Setelah dilakukan pengujian di dapat hasil bahwa Putaran Motor yang di hasilkan dari motor DC yang kita miliki sebesar 500 RPM

2. Penentuan nilai torsi

Nilai torsi pada motor DC yang kita miliki ditentukan melalui perhitungan secara numeric. Seperti kita ketahui motor yang kita miliki memiliki daya sebesar 800 watt dan putaran sebesar 500 RPM, sehingga kita

harus mengubah putaran menjadi kecepatan sudut. Adapun penghitungannya adalah sebagai berikut :

$$\omega = \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ revolution}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times 467,3 \frac{\text{revolution}}{\text{min}}$$

$$\omega = 48,91 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P = V \cdot I$$

$$P = 52 \text{ Volt} \times 15,1 \text{ Ampere}$$

$$P = 785,2 \text{ Watt}$$

Maka penghitungan Torsi yang dilakukan adalah

$$P = T \times \omega$$

$$785,2 = T \times 48,91$$

$$T = 16,054 \text{ Nm}$$

3. Penentuan nilai pole pairs

Pole pairs adalah pasangan pole yang terdapat pada motor DC. Sebenarnya parameter pole pairs terdapat pada bagian awal namun penentuannya harus berdasarkan nilai RPM sehingga penentuannya dilakukan pada bagian akhir. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\text{Pole} = \frac{120 f}{n}$$

$$\text{Pole} = \frac{120 \times 50}{467,3}$$

$$\text{Pole} = 12,8$$

Maka di bulatkan menjadi 12.

Karena pole pairs merupakan pasangan maka jumlah pole pairs adalah 6.

4.2.4 Hasil Karakterisasi dan Pengisian parameter

Dari semua Hasil eksperimen dan penghitungan secara numeric di dapat data sebagai berikut :

$$L = 0,51 \times 10^{-3} \text{ H}$$

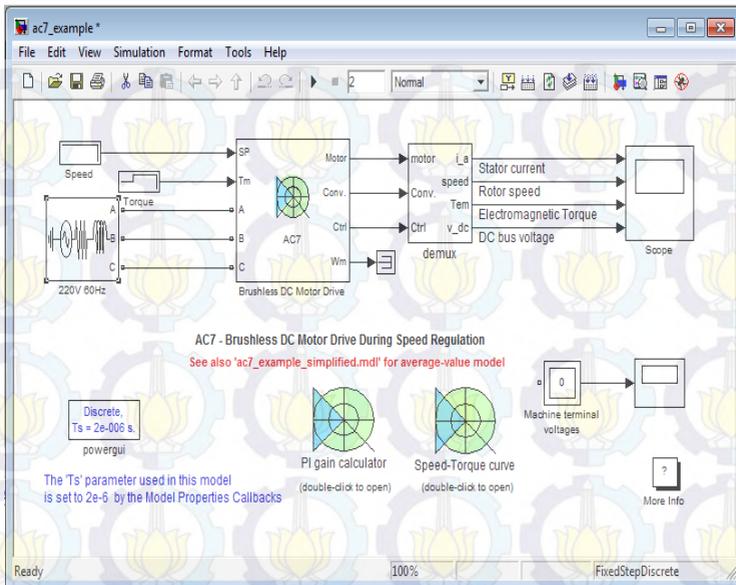
$$R = 0,156 \Omega$$

$$\text{RPM} = 500$$

$$T = 15,28 \text{ Nm}$$

$$P = 6 \text{ pasang}$$

Maka parameter tersebut di masukkan parameter motor DC :



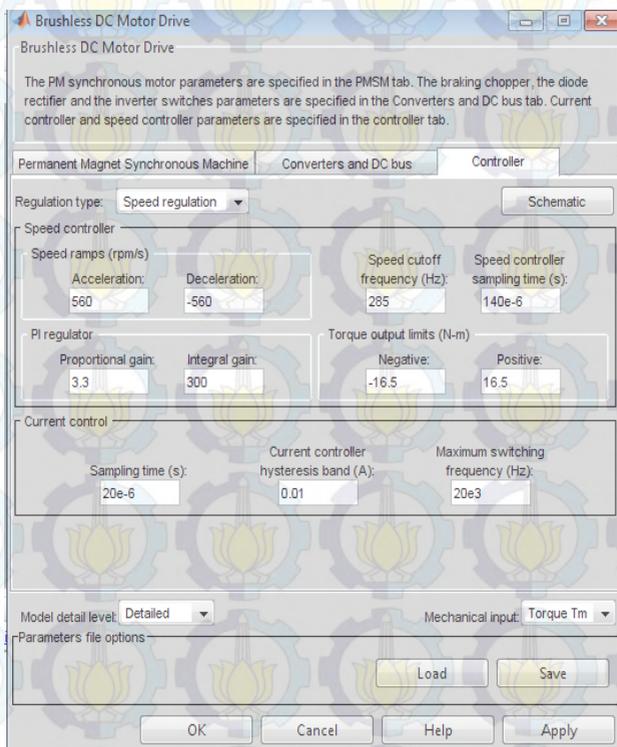
Gambar 4.3 Parameter Brhussless Dc motor drive pada Program Matlab

Untuk memasukkan parameter pada program Matlab kita harus membuka Program matlab dan memilih Program untuk simulasi motor DC dengan cara mengetik pada colom comond list dengan *ac7_example* maka akan muncul block diagram seperti gambar 4.3.

Setelah itu kita harus mengubah beberapa parameter yang ada pada kolom tersebut karena pada kolom-kolom yang tersedia telah disetting dengan nilai default maka kita harus mengubahnya dengan nilai yang telah didapat dari uji-uji yang telah dilakukan.

Untuk mengubah parameter agar sesuai dengan data hasil uji test motor DC maka kita harus memilih kolom pada bagian *Brushless motor drive* dengan cara mengclick

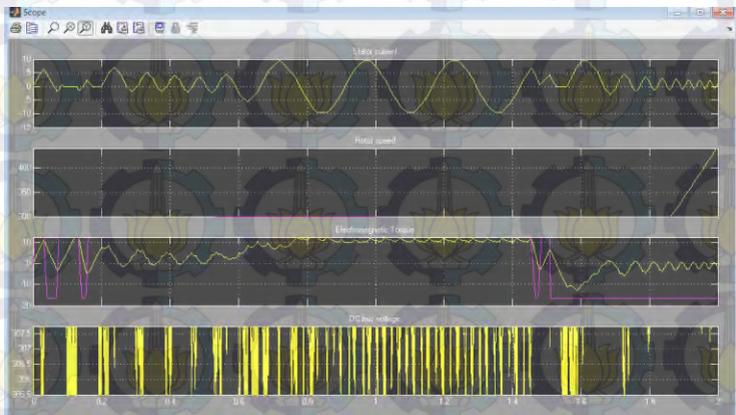
kolom ac7 yang ada pada parameter block gambar 4.3 setelah memilih pilihan tersebut maka akan muncul gambar block seperti gambar 4.4 di bawah ini:



Gambar 4.4 Parameter block Brushless motor drive

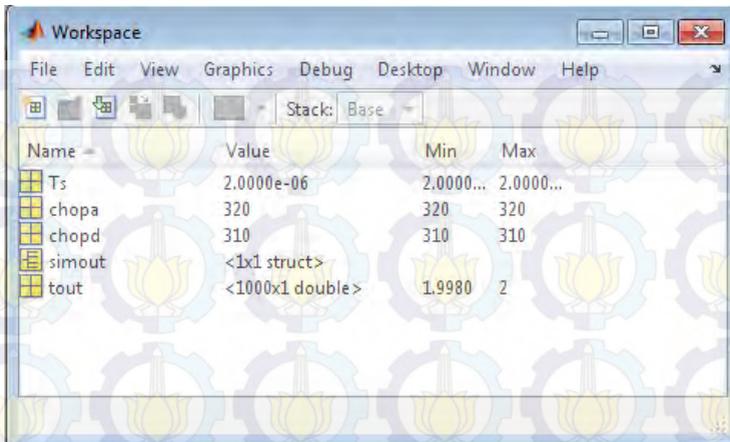
Setelah muncul gambar tersebut kita harus memasukkan parameter nilai dari data-data hasil pengujian seperti nilai RPM, Torsi, dan Resistansi. Kemudian setelah selesai memasukkan data-data dari hasil pengujian maka langkah selanjutnya adalah menyimpan data tersebut dan klik tombol ok.

Untuk melihat grafik hasil uji coba pada software matlab yaitu dengan cara mengklik tombol scope pada kolom *brushless Motor Drive* seperti pada gambar 4.3 setelah itu maka akan muncul data grafik seperti berikut:



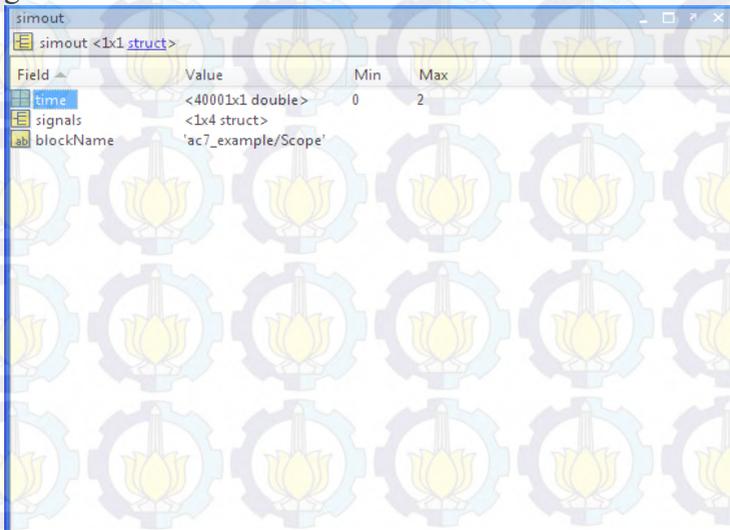
Gambar 4.5 Grafik hasil uji dengan software matlab

Untuk mengetahui grafik secara detail dari hasil uji coba seperti parameter RPM terhadap waktu dan Torsi serta tegangan maka langkah selanjutnya adalah dengan memilih kolom work piece seperti pada gambar 4.6 di bawah ini:



Gambar 4.6 work pice

Setelah muncul kolom workpiece pilih simtout setelah itu maka akan pada kolom simtout akan muncul seperti gambar berikut:



Gambar 4.7 Simtout pada program matlab

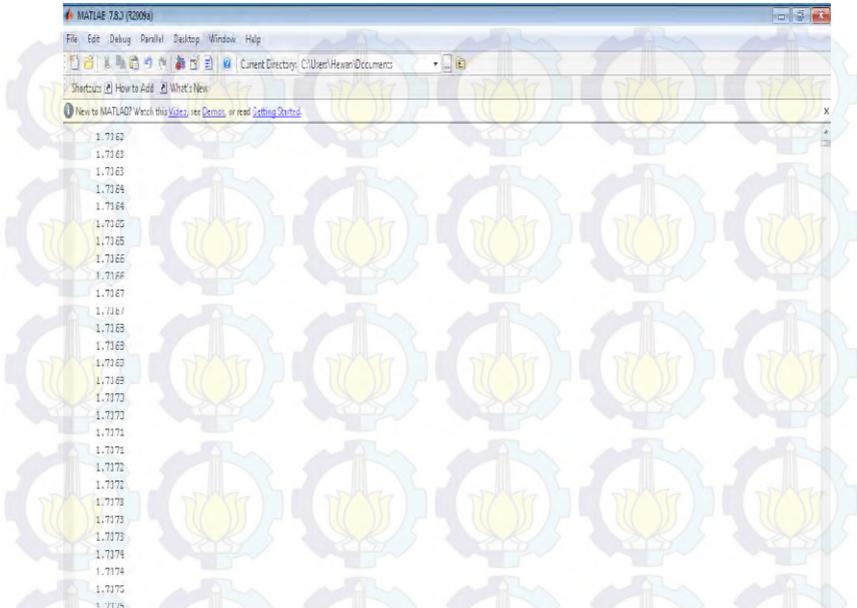
Pada bagian simtout terdapat tiga pilihan yaitu time signals dan blocknames maka pada bagian ini pilih time dan kemudian akan muncul data-data sebagai berikut:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	0										
2	2	5.0000e-05										
3	3	1.0000e-04										
4	4	1.5000e-04										
5	5	2.0000e-04										
6	6	2.5000e-04										
7	7	3.0000e-04										
8	8	3.5000e-04										
9	9	4.0000e-04										
10	10	4.5000e-04										
11	11	5.0000e-04										
12	12	5.5000e-04										
13	13	6.0000e-04										
14	14	6.5000e-04										
15	15	7.0000e-04										
16	16	7.5000e-04										
17	17	8.0000e-04										
18	18	8.5000e-04										
19	19	9.0000e-04										
20	20	9.5000e-04										

Gambar 4.8 data hasil simtout

Setelah itu data tersebut di copy pada kolom *command list* sebelum di paste terlebih dulu ketik time = dalam kurung kemudian paste dan kurung tutup dan enter maka pada kolom *commandlist* akan nampak data seperti gambar di bawah

ini:



Gambar 4.9 Data time pada commond list

Setelah itu pada bagian workpiece pilih kolom signal kemudian akan muncul empat pilihan dari keempat data tersebut akan menunjukkan data dari RPM dan tegangan serta torsi yang kemudian akan menunjukkan grafik dari masing-masing data tersebut.

Setelah itu langkah selanjutnya yaitu mengcopy masing-masing data tersebut pada *commond list* kemudian setelah di copy ketik dari masing-masing keterangan tersebut sesuai dengan data dari uji coba misal colom 1 di copy kemudian pada bagian *commond list* ketik torsi= kurung buka di paste datanya kemudian di tutup maka akan tampak data torsi .

Field	Value	Min	Max
values	<40001x1 double>	-9.4385	9.4384
dimensions	1	1	1
label	'Stator current'		
title	'Stator current'		
plotStyle	1	1	1

Gambar 4.10 Simtout signals

Setelah semua data dimasukkan pada *command list* kemudian ketik masing-masing plot dengan cara menulis semisal plot *time* dengan plot tegangan yaitu dengan cara ketik plot kurung buka *time*, tegangan kemudian kurung tutup kemudian enter maka akan muncul grafik dari masing-masing data tapi sebelum hal itu dilakukan terlebih dulu ada data-data yang harus di rubah pada bagian kolom data *brushless motor drive* seperti ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Table 4.1 perubahan data pada permanent magnet synchronous machine

No	Bagian pada Motor DC	Parameter	Nilai sebelumnya	Nilai Perubahan	Satuan
1.	Equivalent Circuit Parameters	Resistance	0,156	1,128	Ohm
2.	Equivalent Circuit Parameters	Inductance	$0,51 \times 10^{-3}$	0,000165	Henry
3.	Rotor Values	Pole pairs	4	5	pasang

Table 4.2 Perubahan data pada converter DC Bus

No	Bagian pada Motor DC	Parameters	Nilai awal	Nilai yang telah diganti	Satuan
1.	Switches	Device type	IGBT/ Diodes	MOSFET/ Diodes	

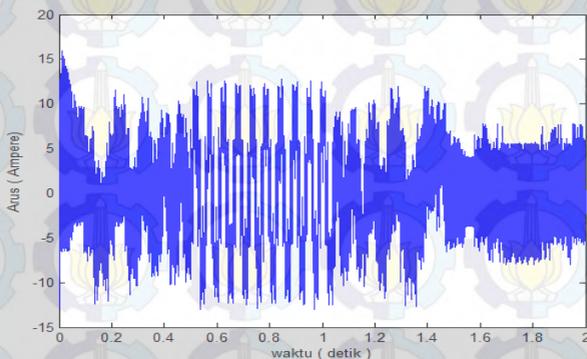
2.	Forward Voltage	Main Device	0,8	-	Volt
3.	Forward Voltage	Diode	0,8	-	Volt
4.	Turn-off characteristic	Fall time	1×10^{-6}	-	Detik
5.	Turn off Characteristic	Tail Time	2×10^{-6}	-	Detik

Table 4.3 Perubahan data pada Controller

No	Bagian pada Motor DC	Parameter	Nilai Sebelumnya	Nilai yang diganti	Satuan
1.	Speed Ramps	Acceleration	487	560	Rpm
2.	Speed ramps	Deceleration	487	560	Rpm
3.	Torque outputs limits	Negative	15,27	16,63	Nm
4.	Torque Output Limits	Positive	15,27	16,63	Nm

Setelah semua data dirubah sesuai dengan data pada tabel di atas maka akan muncul gambar grafik untuk masing-masing data sebagai berikut:

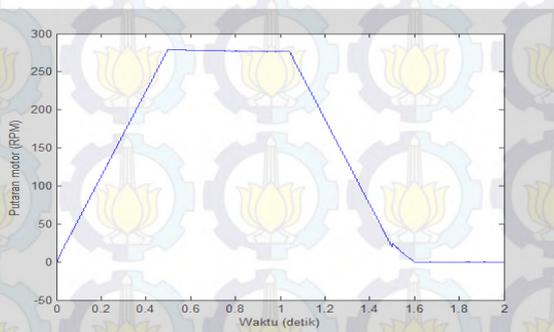
1.



Grafik 4.1 Analisis arus

Dari data grafik arus di atas dapat dilihat bahwa arus yang mengalir pada stator menjelaskan arus mengalir dengan nilai ampere tertinggi sebesar 15 ampere dan nilai -5 ampere sebagai terendah. Saat awal terjadinya fase perubahan dapat dilihat bahwa nilai arus cenderung menaik namun setelah itu menurun dan selanjutnya cenderung stabil. Dalam grafik terdapat nilai positif dan negatif hal itu menunjukkan bahwa pada motor DC memiliki nilai pole positif dan negatif bukan berarti motor DC mengalirkan arus positif dan negatif.

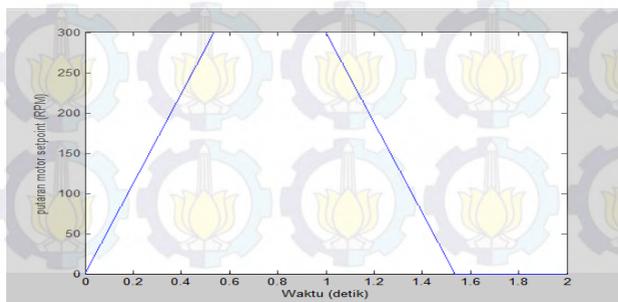
2.



Grafik 4.2 Analisis nilai RPM

Grafik ini menjelaskan nilai RPM dari niali grafik diatas terlihat semakin lama waktu maka grafik akan semakin tinggi. Terlihat bahwa perlu sekitar 1.2 detik untuk mencapai nilai puncak sebesar 290 RPM.

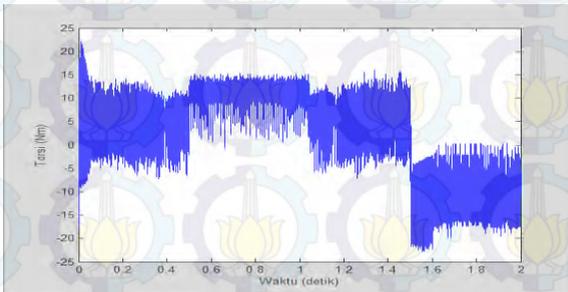
3.



Grafik 4.3 Nilai RPM reference atau setpoint

Grafik 3 menjelaskan tentang RPM reference atau RPM set point. Yang di maksud RPM set point adalah kemampuan RPM untuk didapat secara maksimal dari grafik RPM. RPM reference didapat juga pada kondisi ideal. Terlihat pada grafik 3 RPM set point motor DC dapat bekerja secara lancar dengan percepatan dan perlambatan yang stabil.

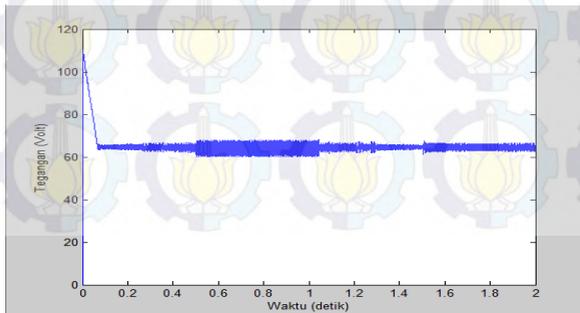
4.



Grafik 4.4 Nilai torsi

Grafik ini menjelaskan nilai torsi yang terjadi dari motor DC berupa elektromagnetis torsi yaitu nilai torsi yang terdapat pada magnet permanen sinkron.

5.



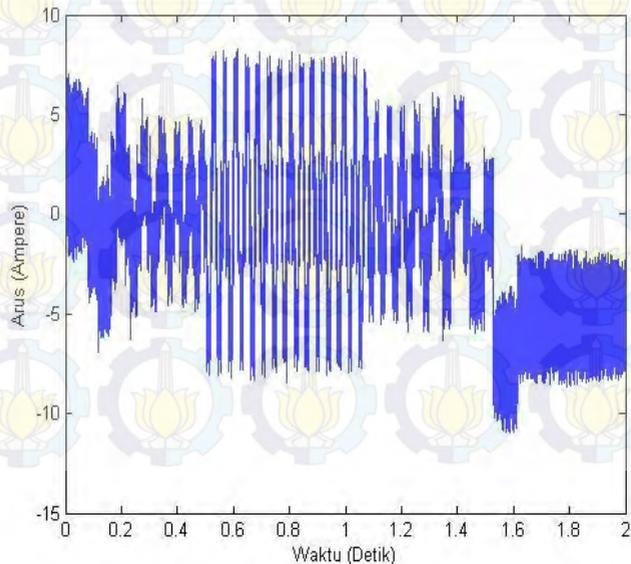
Grafik 4.5 Nilai voltage

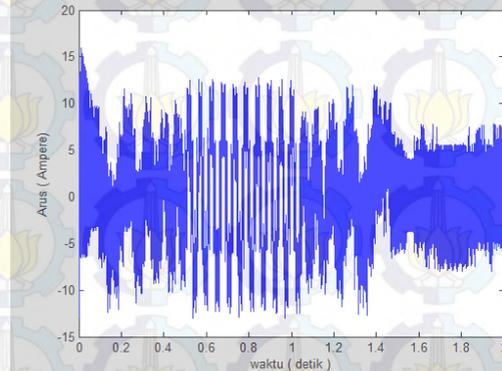
Grafik ini menjelaskan voltage yang dihasilkan. Voltage awal memerlukan voltage sebesar 110 volt kemudian menurun secara perlahan hingga stabil pada 70 volt. Voltage awal memang selalu tinggi karena memerlukan tenaga besar untuk mengangkut sebuah jalannya motor DC.

4.3 Analisis

Perbandingan hasil eksperimen dengan hasil pengujian sebelumnya:

1. Perbandingan Grafik Nilai Arus



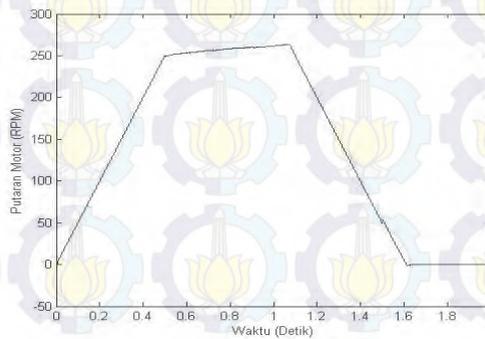


Penjelasan :

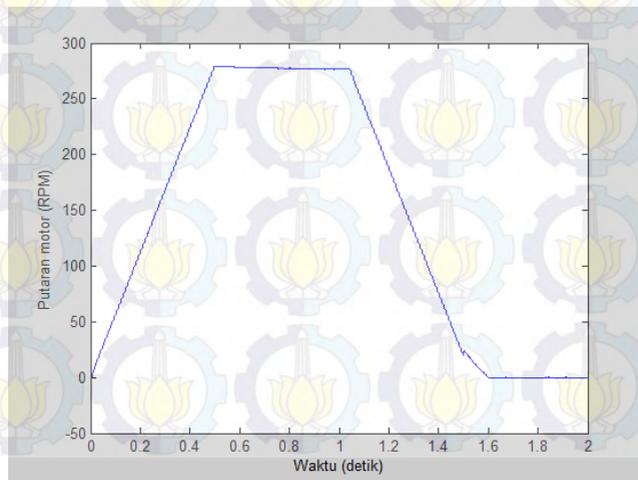
Grafik ini menggambarkan tentang grafik arus yang mengalir yang didapat pada proses Analisis dan Eksperimen terlihat bahwa grafik yang dihasilkan relative sama. Namun yang sedikit membedakan adalah besarnya arus yang dihasilkan oleh pole. Jika pada grafik hasil analisis pole negative lebih mampu menghasilkan arus yang lebih besar daripada pole positif. Pole Negatif mampu mengalirkan arus tertinggi sebesar 13 Ampere dan Pole positif mampu mengalirkan arus sebesar 8 Ampere. Sedangkan pada Grafik hasil eksperimen pole positif lebih mampu mengalirkan arus lebih besar daripada pole negative. Terlihat bahwa pole positif mampu mengalirkan arus sebesar sekitar 13 Ampere sedangkan pole negative sekitar 9 ampere. Besarnya arus yang dihasilkan pole biasanya berdampak pada kecepatan ataupun torsi yang dihasilkan pada motor DC.

Namun Arus yang mengalir tidak bisa menjadi bahan acuan utama untuk mempengaruhi besarnya Torsi dan RPM. Arus besar belum tentu menghasilkan kecepatan atau RPM dan Torsi yang besar, karena ada beberapa factor lain misalnya rugi – rugi, hambatan, tegangan dll.

2.Perbandingan Nilai RPM



Grafik Analisis nilai RPM sebelumnya



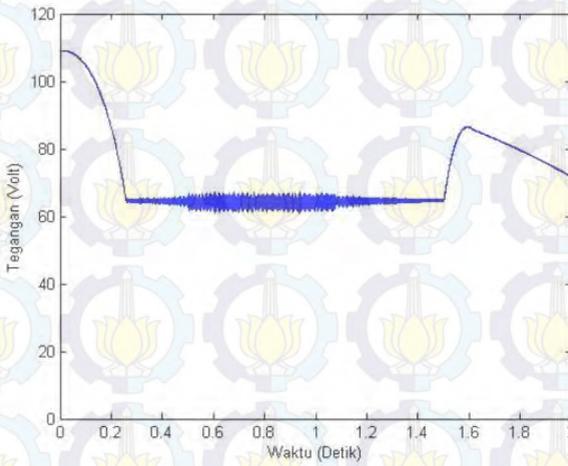
Grafik Nilai RPM eksperimen

Penjelasan :

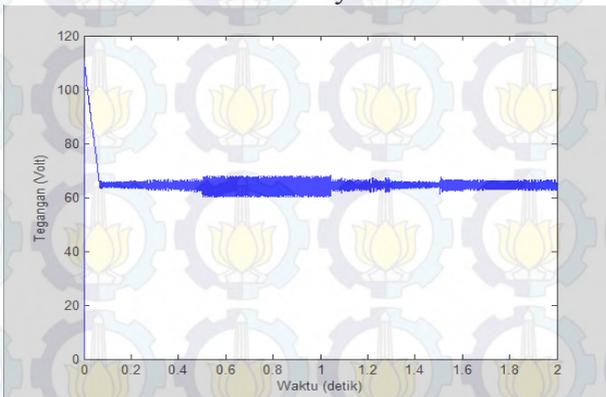
Dari gambar 4.9 dan gambar 4.10 yang menggambarkan tentang grafik rotor speed atau RPM terlihat hasil grafik yang dihasilkan memang terlihat sama. Hal yang terlihat berbeda adalah kemampuan motor DC dalam mencapai kecepatan maksimum. RPM dari grafik hasil analisis lebih lambat dalam mencapai puncak RPM daripada grafik hasil analisis, meskipun perbedaan waktu yang dibutuhkan hanya sepersekian detik dan sangat kecil.

Perbedaan yang paling terlihat adalah perbedaan kecepatan rotor puncak yang berbeda. Meskipun hasil analisis memiliki input sebesar 500 RPM dan lebih besar daripada input hasil eksperimen yang sebesar 467,3 RPM. Dari perbedaan tersebut terlihat error margin sebesar 6%. Namun grafik hasil eksperimen lebih besar kecepatan maksimumnya, tetapi rotor speed yang dihasilkan oleh hasil analisis lebih stabil. Karena input pada modeling tidak menjadi satu satunya yang mempengaruhi besarnya rotor speed yang dihasilkan. Masih ada beberapa factor misalnya torsi, karena torsi berbanding motor DC berbanding terbalik dengan RPM motor DC.

3. Perbandingan Grafik Nilai Tegangan



Grafik hasil analisis sebelumnya



Grafik Hasil Eksperimen

Penjelasan :

Perbedaan input pada tegangan menyebabkan tegangan awal yang berbeda. Pada gambar dan gambar yang menjelaskan tentang grafik hasil analisis dan grafik hasil eksperimen dapat dilihat bahwa input yang berbeda menyebabkan perbedaan tegangan awal yang juga berbeda. Karena input dari eksperimen sebesar 52 volt dan lebih besar dari analisis yang sebesar 48 volt maka pada grafik hasil eksperimen lebih memiliki tegangan yang lebih besar daripada grafik hasil analisis. Sehingga perbedaan tegangan memiliki error sebesar 6-8%. Tegangan awal memang selalu besar karena digunakan untuk pengangkatan motor DC. Kemudian tegangan relative stabil. Semakin tinggi tegangan umumnya berpengaruh pada torsi, karena akan memudahkan pengangkatan kinerja motor DC saat pertama kali

dinyalakan, namun belum tentu semakin besarnya tegangan akan selalu semakin tinggi torsi yang dihasilkan karena masih ada beberapa factor misalnya arus ataupun kecepatan sudut.

4.5 Cara Optimasi

Cara mengoptimalkan untuk memperoleh hasil maksimal dan sesuai dengan pengujian adalah dengan melakukan pengurangan nilai panas dan melakukan perhitungan nilai-nilai losses dari kinerja motor pada saat pengujian yaitu berupa panas yang timbul akibat arus yang terjadi pada gulungan tidak sama dengan nilai default sebelum dilakukan proses

penggulungan maka dari itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perhitungan nilai losess yang timbul pada sebuah motor listrik tersebut.

Motor mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk melayani beban tertentu. Efisiensi motor ditentukan oleh kehilangan dasar yang dapat dikurangi hanya oleh perubahan pada rancangan motor dan kondisi operasi. Kehilangan dapat bervariasi dari kurang lebih dua persen hingga 20 persen.

Untuk mengukur efisiensi motor, maka motor harus dilepaskan sambungannya dari beban dan dibiarkan untuk melalui serangkaian uji. Hasil dari uji tersebut kemudian dibandingkan dengan grafik kinerja standar yang diberikan oleh pabrik. Jika tidak memungkinkan untuk memutuskan sambungan motor dari beban, perkiraan nilai efisiensi didapat dari table khusus untuk nilai efisiensi motor. Dengan nilai efisiensi motor untuk motor standar yang dapat digunakan jika pabrik pembuatnya tidak menyediakan data ini. Nilai efisiensi disediakan untuk:

- Motor dengan efisiensi standar 900, 1200, 1800 dan 3600 rpm
- Motor yang berukuran antara 10 hingga 300 HP

- Tingkat beban 25%, 50%, 75% dan 100%.

Karena sulit untuk mengkaji efisiensi motor pada kondisi operasi yang normal, beban motor dapat diukur sebagai indikator efisiensi motor. Dengan meningkatnya beban, faktor daya dan efisiensi motor bertambah sampai nilai optimumnya pada sekitar beban penuh. Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Beban} &= \frac{P_x \eta}{H P_x 0,7457} \\ &= \frac{969,6 \times 80}{1,29 \times 0,7457} \\ &= \frac{77.568}{0,961} \\ &= 80.7 \% \end{aligned}$$

beban yang kurang akan meningkatkan kehilangan motor dan menurunkan efisiensi motor dan faktor daya. Beban yang kurang mungkin merupakan penyebab yang paling umum ketidakefisiensian dengan alasan-alasan:

- Pembuat peralatan cenderung menggunakan faktor keamanan yang besar bila memilih motor.
- Peralatan kadangkala digunakan dibawah kemampuan yang semestinya. Sebagai contoh, pembuat peralatan mesin

memberikan nilai motor untuk kapasitas alat dengan beban penuh. Dalam prakteknya, pengguna sangat jarang membutuhkan kapasitas penuh ini, sehingga mengakibatkan hampir selamanya operasi dilakukan dibawah nilai beban.

- Dipilih motor yang besar agar mampu mencapai keluaran pada tingkat yang dikehendaki, bahkan jika tegangan masuk rendah dalam keadaan tidak normal.
- Dipilih motor yang besar untuk penggunaan yang memerlukan torque penyalan awal yang tinggi akan tetapi lebih baik bila digunakan motor yang lebih kecil yang dirancang dengan torque tinggi.

Ukuran motor harus dipilih berdasarkan pada evaluasi beban dengan hati-hati. Namun bila mengganti motor yang ukurannya berlebih dengan motor yang lebih kecil, juga penting untuk mempertimbangkan potensi pencapaian efisiensi. Motor yang besar memiliki efisiensi yang lebih tinggi daripada motor yang lebih kecil. Oleh karena itu, penggantian motor yang beroperasi pada kapasitas 60 – 70% atau lebih tinggi biasanya tidak direkomendasikan. Dengan kata lain tidak ada aturan yang ketat yang memerintahkan pemilihan motor dan potensi penghematan perlu dievaluasi dengan dasar kasus per kasus. Contoh, jika motor

yang lebih kecil merupakan motor yang efisien energinya sedangkan motor yang ada tidak, maka efisiensi dapat meningkat.

4.6 Penjelasan Teori Perubahan Torsi dan RPM

Aturan tangan kanan pada pelajaran fisika ini merupakan cara yang efektif untuk mengetahui arah medan listrik terhadap arus listrik. Jika seutas kawat tembaga diberi aliran listrik, maka di sekeliling kawat tembaga akan terbentuk medan listrik. Dengan aturan tangan kanan dapat diketahui arah medan listrik terhadap arah arus listrik. Caranya sederhana yaitu dengan mengacungkan jari jempol tangan kanan sedangkan keempat jari lain menggenggam. Arah jempol adalah arah arus dan arah ke empat jari lain adalah arah medan listrik yang mengitarinya.

Dengan percobaan dua utas kawat tembaga paralel yang keduanya diberi arus listrik. Jika arah arusnya berlawanan, kedua kawat tembaga tersebut saling menjauh. Tetapi jika arah arusnya sama ternyata keduanya berdekatan saling tarik-menarik. Hal ini terjadi karena adanya induksi medan listrik. Dikenal medan listrik dengan simbol B dan satuannya Tesla (T). Besar akumulasi medan listrik B pada suatu luas area A tertentu didefinisikan sebagai besar magnetic flux. Simbol yang biasa digunakan untuk menunjukkan besar magnetic flux ini adalah F dan satuannya Weber ($Wb = T.m^2$).

Lalu bagaimana jika kawat tembaga itu dililitkan membentuk koil atau kumparan. Jika kumparan tersebut

dialiri listrik maka tiap lilitan akan saling menginduksi satu dengan yang lainnya. Medan listrik yang terbentuk akan sejaris dan saling menguatkan. Komponen yang seperti inilah yang dikenal dengan induktor selenoid.

Dari buku fisika dan teori medan, dibuktikan bahwa induktor adalah komponen yang dapat menyimpan energi magnetik. Energi ini direpresentasikan dengan adanya tegangan emf (electromotive force) jika induktor dialiri listrik.

Jika dibandingkan dengan rumus hukum Ohm $V=RI$, maka kelihatan ada kesamaan rumus. Jika R disebut resistansi dari resistor dan V adalah besar tegangan jepit jika resistor dialiri listrik sebesar I . Maka L adalah induktansi dari induktor dan E adalah tegangan yang timbul jika induktor dilairi listrik. Tegangan emf di sini adalah respon terhadap perubahan arus fungsi dari waktu terlihat dari rumus di/dt . Sedangkan bilangan negatif sesuai dengan hukum Lenz yang mengatakan efek induksi cenderung melawan perubahan yang menyebabkannya.

Hubungan antara emf dan arus inilah yang disebut dengan induktansi, dan satuan yang digunakan adalah (H) Henry.

Induktor disebut self-induced

Arus listrik yang melewati kabel, jalur-jalur pcb dalam suatu rangkain berpotensi untuk menghasilkan medan induksi. Ini yang sering menjadi pertimbangan

dalam mendesain pcb supaya bebas dari efek induktansi terutama jika multilayer. Tegangan emf akan menjadi penting saat perubahan arusnya fluktuatif. Efek emf menjadi signifikan pada sebuah induktor, karena perubahan arus yang melewati tiap lilitan akan saling menginduksi. Ini yang dimaksud dengan self-induced. Secara matematis induktansi pada suatu induktor dengan jumlah lilitan sebanyak N adalah akumulasi flux magnet untuk tiap arus yang melewatinya.

Fungsi utama dari induktor di dalam suatu rangkaian adalah untuk melawan fluktuasi arus yang melewatinya. Aplikasinya pada rangkaian dc salah satunya adalah untuk menghasilkan tegangan dc yang konstan terhadap fluktuasi beban arus. Pada aplikasi rangkaian ac, salah satu gunanya adalah bisa untuk meredam perubahan fluktuasi arus yang tidak diinginkan. Akan lebih banyak lagi fungsi dari induktor yang bisa diaplikasikan pada rangkaian filter, tuner dan sebagainya.

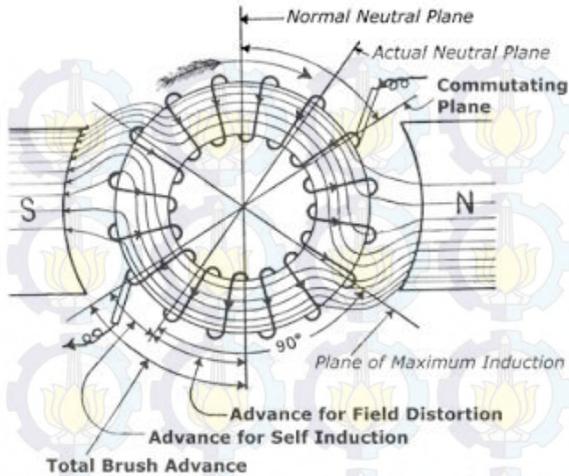
Dari pemahaman fisika, elektron yang bergerak akan menimbulkan medan elektrik di sekitarnya. Berbagai bentuk kumparan, persegi empat, setengah lingkaran ataupun lingkaran penuh, jika dialiri listrik akan menghasilkan medan listrik yang berbeda. Penampang induktor biasanya berbentuk lingkaran, sehingga diketahui besar medan listrik di titik tengah lingkaran.

Jika dikembangkan, n adalah jumlah lilitan N relatif terhadap panjang induktor. Lalu i adalah besar arus melewati induktor tersebut. Ada simbol m yang

dinamakan permeability dan μ_0 yang disebut permeability udara vakum. Besar permeability μ tergantung dari bahan inti (core) dari induktor. Untuk induktor tanpa inti (air winding) $\mu = 1$.

Kawat tembaga

Untuk membuat induktor biasanya tidak diperlukan kawat tembaga yang sangat panjang. Paling yang diperlukan hanya puluhan sentimeter saja, sehingga efek resistansi bahan kawat tembaga dapat diabaikan. Ada banyak kawat tembaga yang bisa digunakan. Untuk pemakaian yang profesional di pasar dapat dijumpai kawat tembaga dengan standar AWG (American Wire Gauge). Standar ini tergantung dari diameter kawat, resistansi dan sebagainya. Misalnya kawat tembaga AWG32 berdiameter kira-kira 0.3mm, AWG22 berdiameter 0.7mm ataupun AWG20 yang berdiameter kira-kira 0.8mm. Biasanya yang digunakan adalah kawat tembaga tunggal dan memiliki isolasi.



Gambar 4.5 Gulungan kawat

Dalam gulungan kawat, medan magnet dari masing-masing senyawa kawat bersama untuk membentuk medan magnet yang cenderung menolak perubahan saat ini, seolah-olah saat ini memiliki inersia. Hal ini dikenal sebagai diri-induksi.

Dalam kumparan rotor, ada kecenderungan saat ini untuk terus mengalir untuk sesaat setelah sikat telah tercapai. Energi ini terbuang sebagai panas karena sikat mencakup seluruh segmen komutator beberapa arus pendek yang tidak disengaja di seluruh segmen.

Resistensi palsu adalah peningkatan nyata dalam perlawanan dalam gulungan dinamo, yang sebanding dengan kecepatan anker, dan ini disebabkan oleh tertinggal dari arus.

Dalam rangka meminimalkan bunga api pada sikat karena

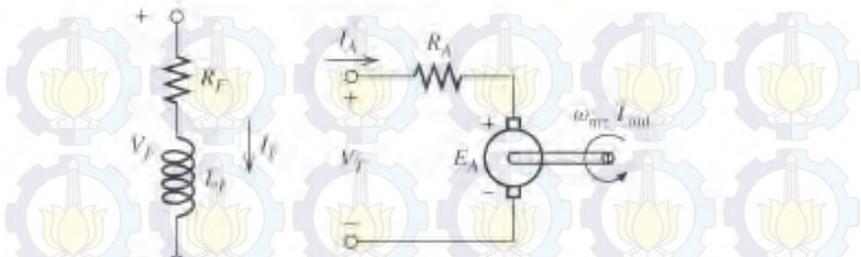
ini arus pendek, sikat yang maju beberapa derajat lebih jauh namun, di luar muka distorsi lapangan. Ini memindahkan gulungan rotor menjalani pergantian sedikit ke depan ke bidang stator yang memiliki garis-garis magnet dalam arah yang berlawanan dan yang menentang lapangan dalam stator. Bidang ini menentang membantu untuk membalikkan tertinggal diri inducting saat ini di stator.

Jadi bahkan untuk rotor yang sedang beristirahat dan awalnya tidak memerlukan kompensasi untuk distorsi bidang pemintalan, kuas harus tetap maju di luar sudut 90 derajat sempurna seperti yang diajarkan dalam buku teks pemula begitu banyak, untuk mengimbangi diri-induksi.

Komutator atau cincin belah (split ring) berfungsi untuk membalik arah arus pada setengah siklus negatif dari arus bolak balik. Kontak-kontak listrik pada rotating ring disebut "Brush". Pada awalnya, dalam motor digunakan Brush tembaga. Motor-motor modern biasanya menggunakan kontak-karbon spring-loaded.

Berikut ini rangkaian equiavalen motor DC

Rangkaian Ekuivalen Motor DC



$$V_F = R_F I_F$$

$$E_A = K\phi\omega_m$$

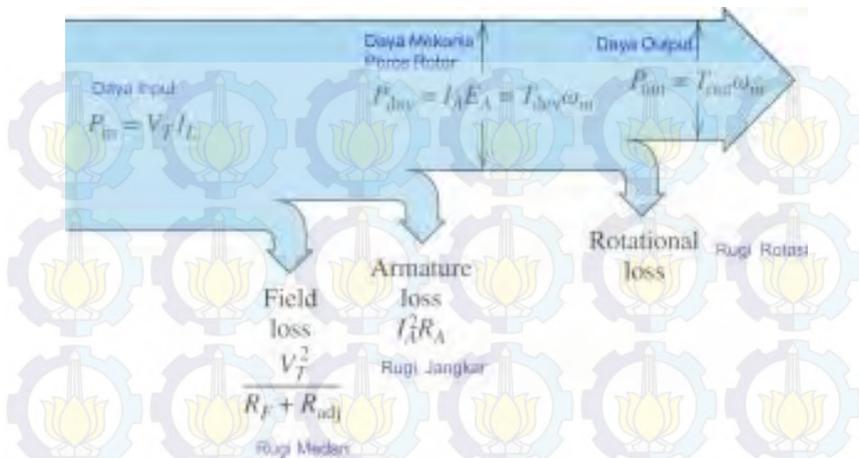
$$T_{dev} = K\phi I_A$$

$$P_{dev} = \omega_m T_{dev}$$

$$P_{dev} = E_A I_A$$

dimana R_f dan L_f merupakan resistansi dan induktansi pada field circuit. K merupakan konstanta mesin (tergantung desain). ϕ adalah magnetic flux dan ω_m adalah kecepatan sudut rotor. T_{dev} merupakan torsi yang dihasilkan. I_a adalah arus dari armature. E_a adalah tegangan armatur, dan P merupakan daya.

ternyata daya yang dihasilkan juga tidak bisa dipakai 100%. ternyata pada motor ini banyak terdapat loss power. berikut ini flow daya yang dihasilkan dan daya yang hilang.



Dari data perubahan tegangan terlihat bahwa adanya perubahan tegangan mengakibatkan terjadinya perubahan kecepatan. Seperti dalam teori yang dibahas sebelumnya, bahwa kopel sebanding dengan pangkat dua tegangan yang diberikan terminal primernya. Maka saat tegangan diturunkan, kopel yang diterima rotor juga akan ikut turun.

Penurunan kopel yang diterima oleh rotor ini akan mengakibatkan kecepatan putaran motor juga akan berkurang sesuai dengan penurunan tegangan. Hal inilah yang menjadi dasar pengaturan kecepatan motor dengan mengubah sumber tegangan (line voltage control).

Dalam pengaturan putaran dengan mengubah tegangan ini masih terdapat beberapa kelemahan yang timbul. Dimana dalam pengaturan ini kadang diperoleh putaran yang tidak stabil (berubah-ubah) terutama untuk putaran rendah. Hal ini terjadi karena motor yang digunakan adalah motor dengan tegangan stabil. Sehingga saat tegangan diturunkan, putaran motor menjadi tidak stabil, karena motor akan berputar dengan sempurna pada tegangan yang diperkenankan yang telah ditentukan dalam plat penunjuk daya (name plate) yang sudah disesuaikan pada motor tersebut.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan proses recoiler dan rewiring kemudian dilakukan pemodelan yang telah disimulasikan dengan menggunakan program matlab 2009a yang menunjukkan bagian pada motor DC pada stator current rotor speed electromagnetic torque dan DC bus Voltage memiliki nilai dan grafik yang berbeda-beda. Dari data matlab 2009a di dapatkan 4 grafik output yaitu:

1. Grafik stator current yang mewakili arus yang mengalir pada motor DC
2. Grafik rotor speed menerangkan tentang kecepatan pada motor DC atau RPM
3. Grafik elektromagnetik menjelaskan torsi yang dihasilkan motor DC
4. Grafik DC bush menjelaskan tentang daya

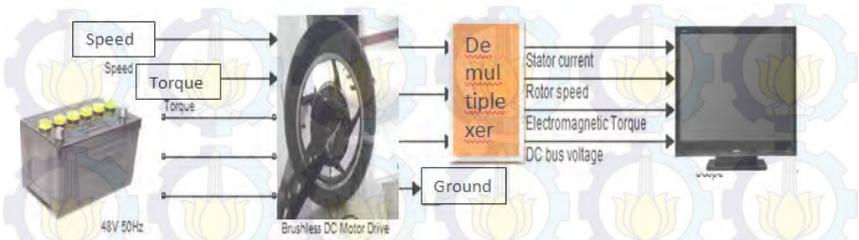
Setelah proses penggulungan didapatkan torsi yang lebih besar dari nilai torsi motor sebelumnya dan nilai RPM yang sedikit bertambah dari nilai pengujian motor DC sebelumnya namun ada efek dari gulungan motor yang cenderung panas hal itu diakibatkan oleh arus pada gulungan yang telah dilakukan proses rewiring dan recoiling sehingga celah atau space udara yang berkurang hal itu mempengaruhi timbulnya panas sehingga perlu dilakukan proses pendinginan dengan

menggunakan rangkaian cooler atau pendingin pada bagian motor.

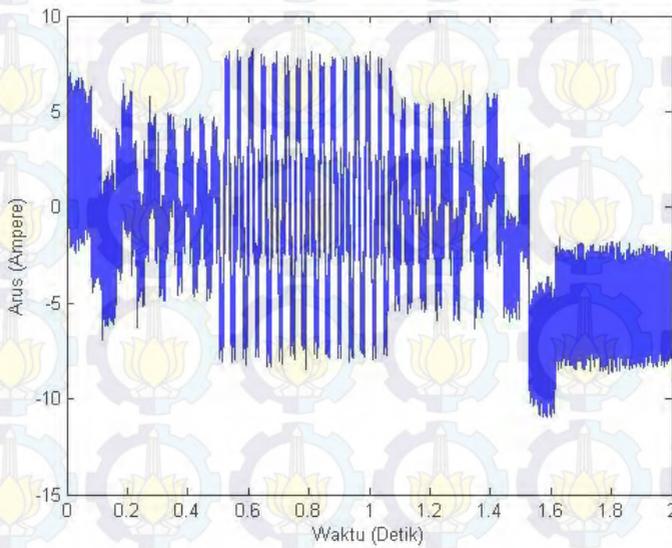
5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini yaitu untuk acuan dan penyempurnaan dalam tugas akhir ini yaitu perlunya penelitian lebih lanjut tentang jenis dan karakteristik motor setelah diberi pembebanan dan juga pemodelan untuk controller karena spesifikasi tak dapat didapat secara lengkap pada saat pembelian. secara umum dan juga perlunya penelitian lebih lanjut mengenai nilai-nilai kerugian pada performance motor DC seperti panas yang timbul gesekan dan lainnya sehingga nantinya akan didapatkan nilai kinerja dari motor DC yang lebih maksimum.

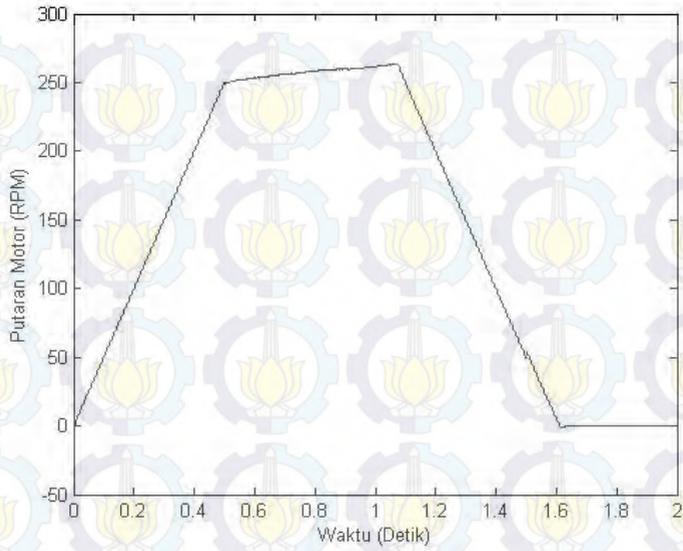
LAMPIRAN



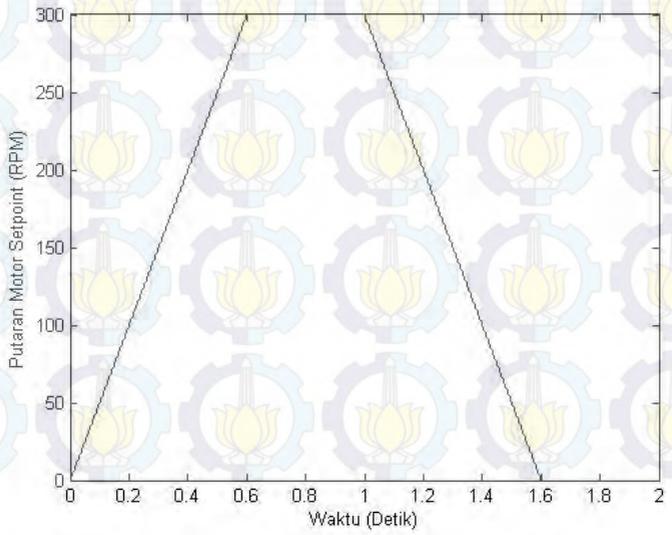
Gambar Pemodelan brushless Motor DC pada matlab



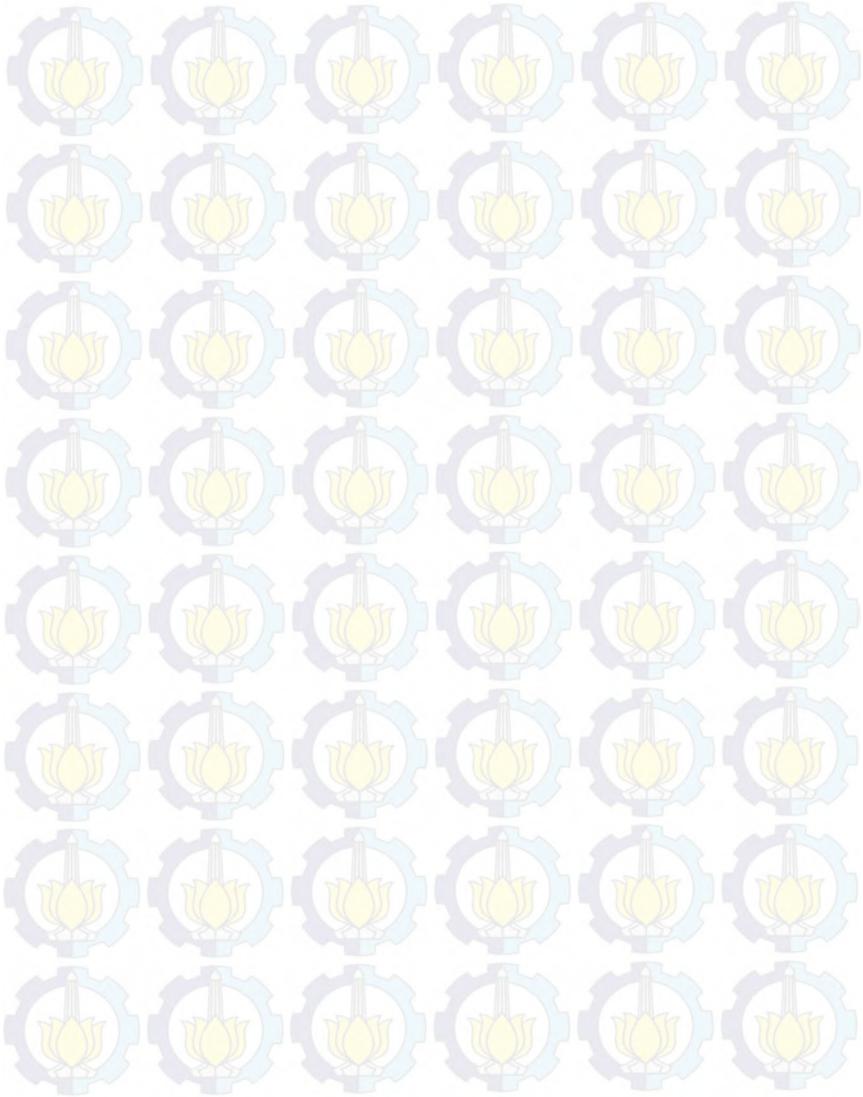
Grafik Arus hasil Analisis

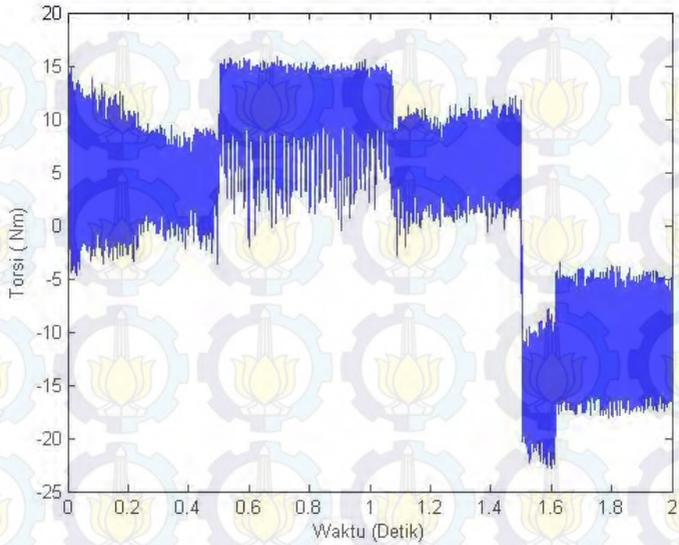


Grafik RPM hasil Analisis

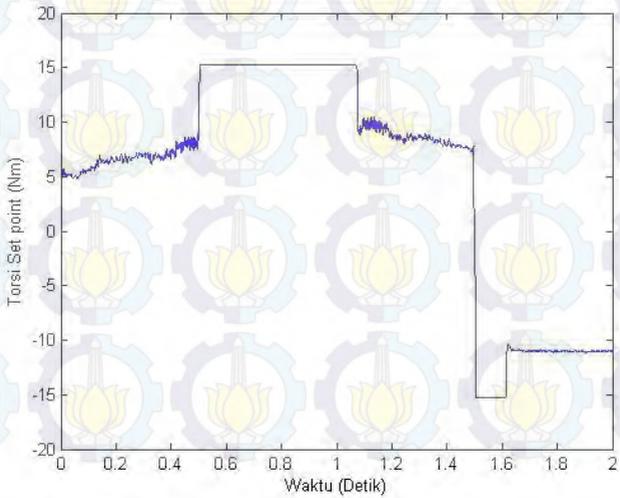


Grafik RPM set point hasil Analisis

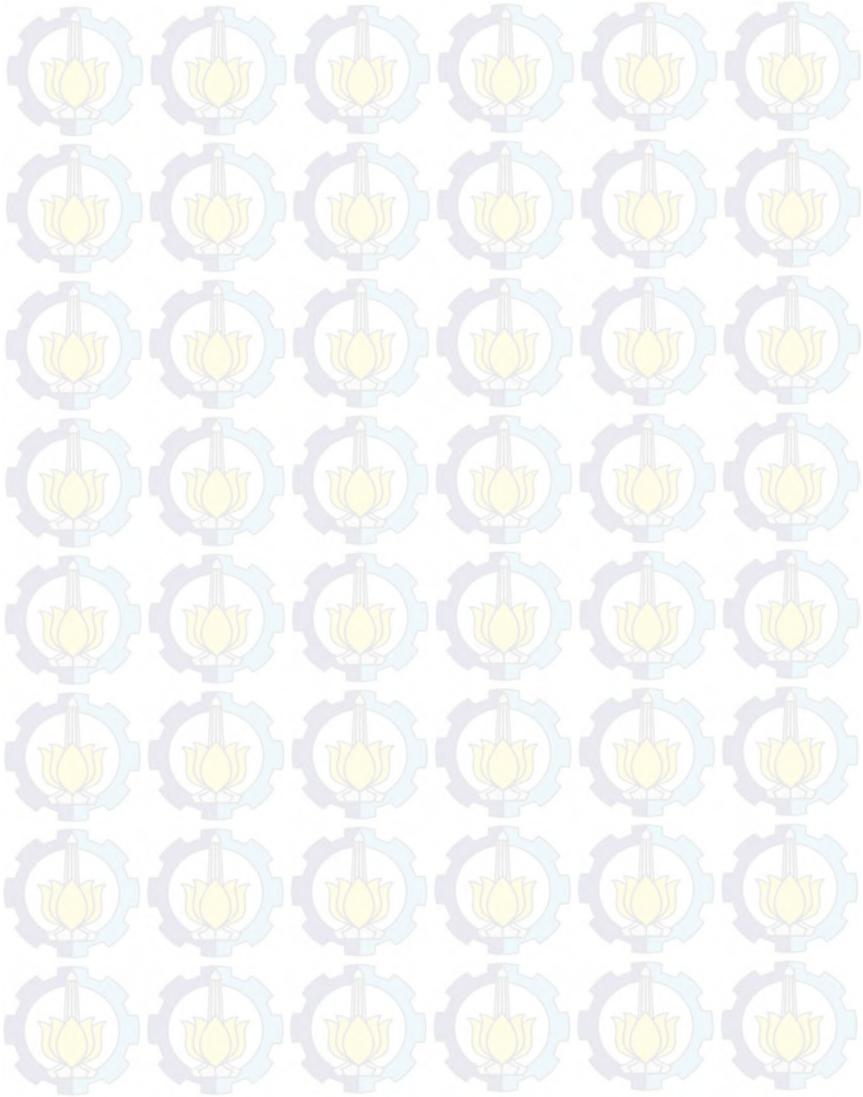


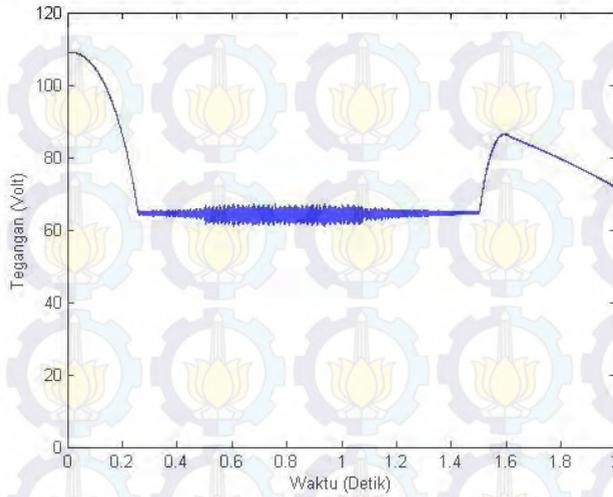


Grafik Torsi hasil Analisis

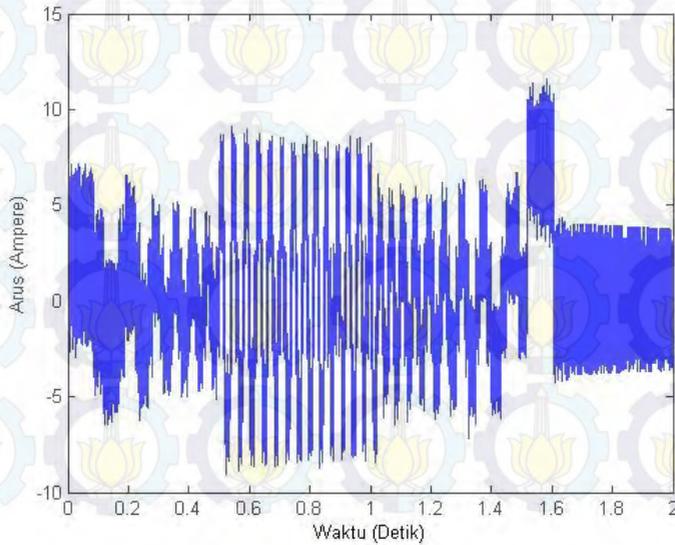


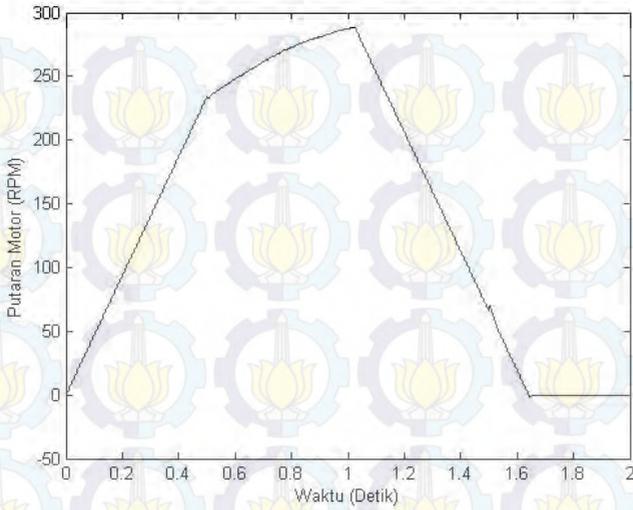
Grafik Torsi set point hasil analisis



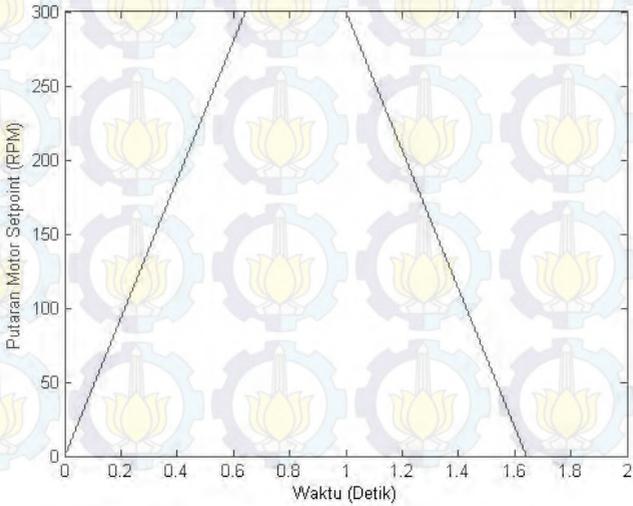


GrafikTegangan hasil analisis

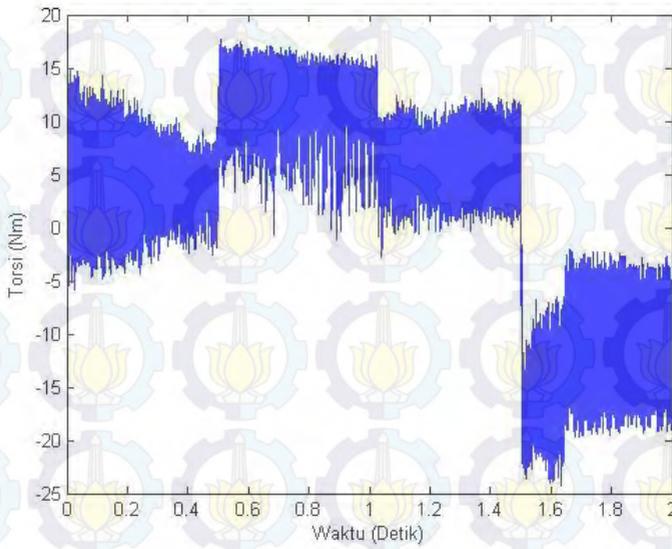




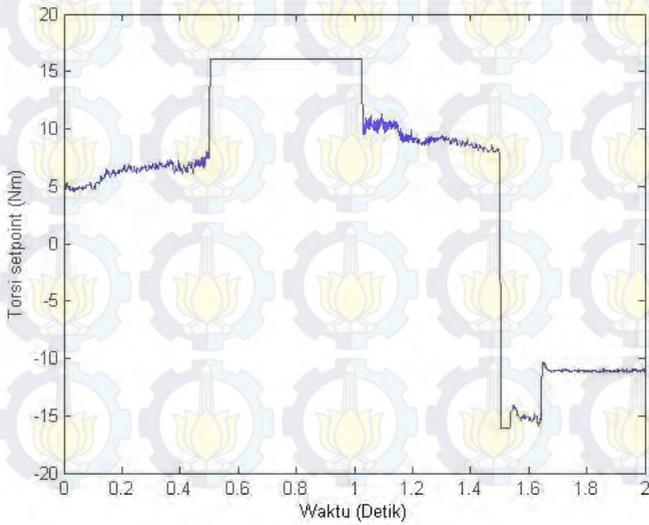
Grafik RPM hasil eksperimen



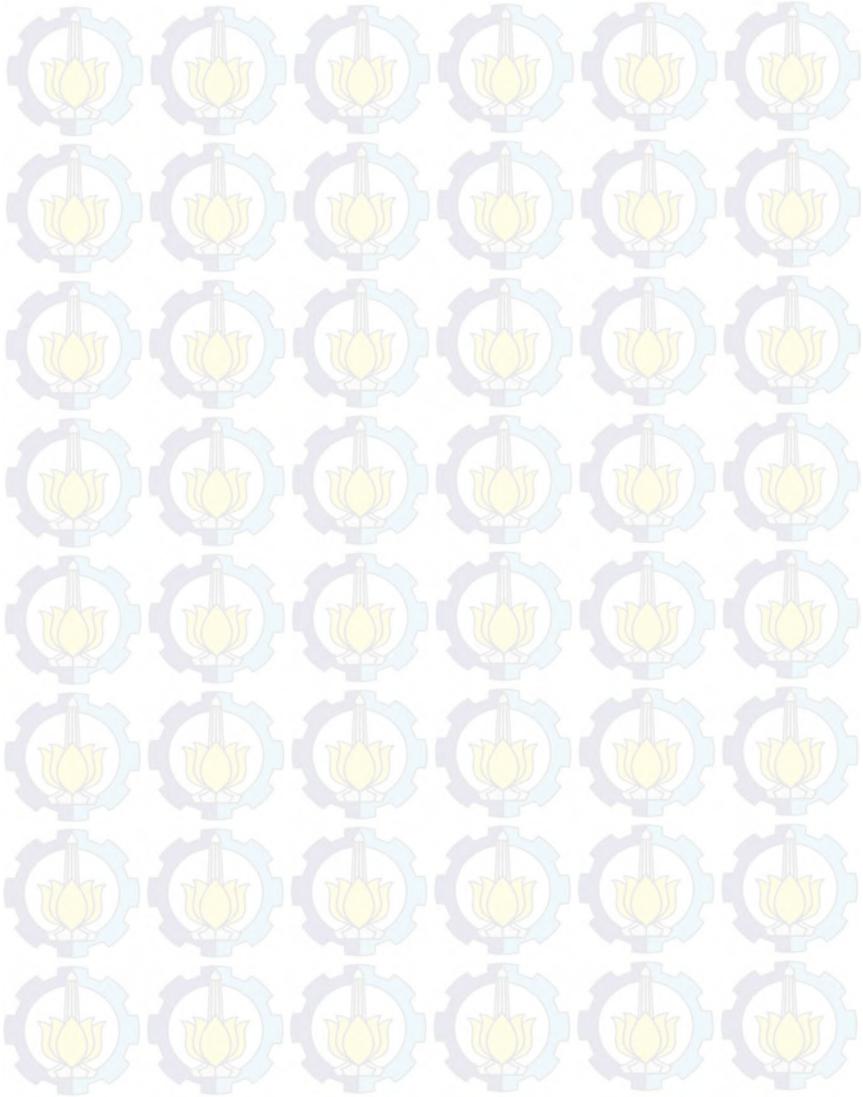
Grafik DDM set poin hasil eksperimen

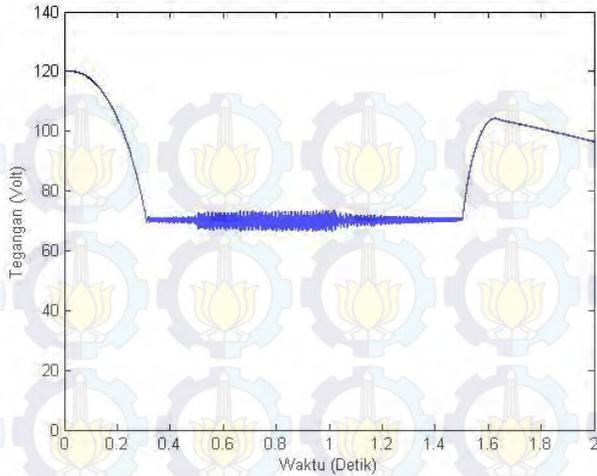


Grafik torsi hasil eksperimen



Grafik torsi set point hasil ekperimen





Grafik tegangan hasil eksperimen



Gambar Tampilan dalam motor DC

Spesikasi Untuk Motor DC adalah :

r	: 26 cm
Voltage	: 48 Volt
Frekuensi	: 60 Hz
RPM	: 500
Daya	: 800 Watt



Gambar LCR Meter

Ukuran (p x l x t) : 21,5 cm x 8 cm x 28 cm

Specifications :

Inductance

Range : 20uH~2000H

Resolution : 0.001uH

Basic Accuracy : +/- (0.2+5d)

Capacitance

Range : 20pF~20mF

Resolution : 0.001pF

Basic Accuracy : +/- (0.2+3d)

Resistance

Range : 200ohms~2000MOhms

Resolution : 0.001Ohm

Basic Accuracy : +/- (0.2+2d)



Ukuran Tachometer (p x l)	: 20 cm x 8 cm
Spesifikasi Tachometer :	
Voltage Input	: 9 Volt
Konsumsi Power	: Approx. 45mA
Jangkauan Pengujian	: 2 to 20.000 RPM
Akurasi	: +/- (0,05% + 1 digit)
Resolusi	: 0,1 RPM (2 to 9999,9 RPM / 1 RPM (Over 100000 RPM))
Waktu Sampling	: 0,5 sec (over 120 RPM)
Jarak Jangkauan Pengujian	: 50 mm to 500 mm

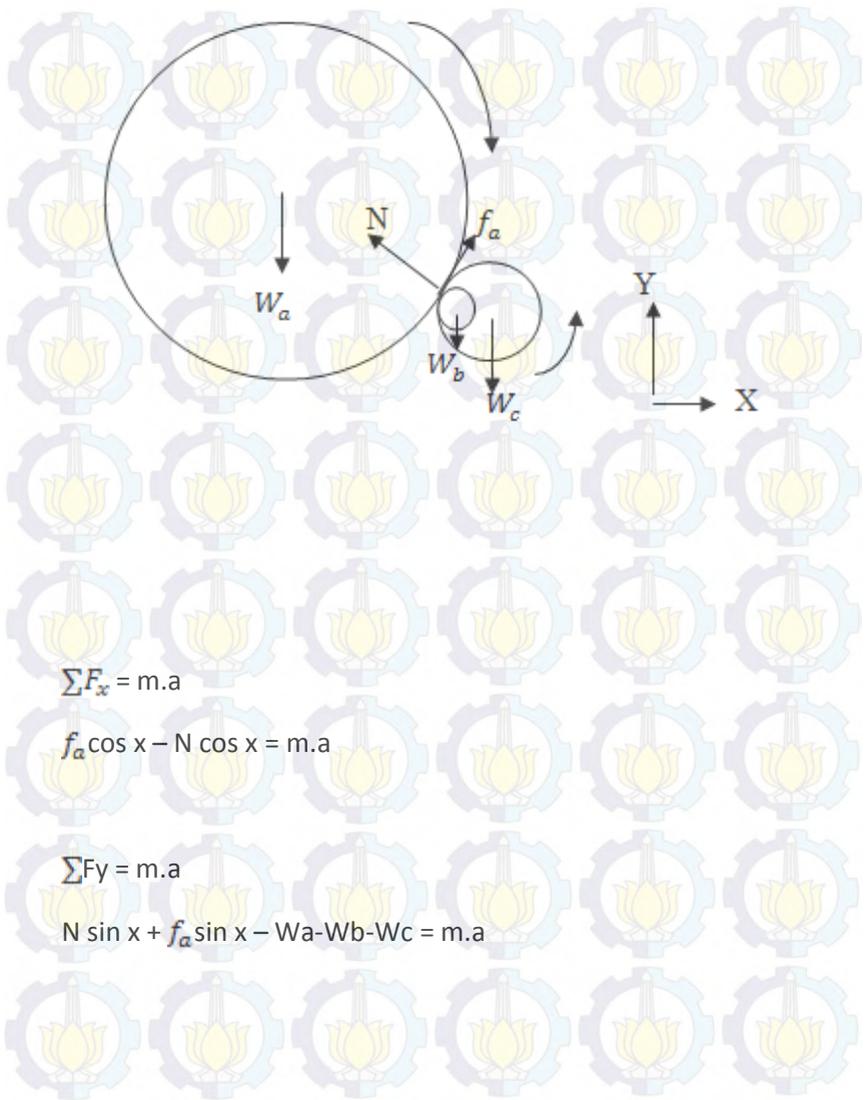


Ukuran Tang Ampere (p x l) : 26 cm x 6 cm

Spesifikasi

No	Range	Resolution	Accuracy
1.	400 A	0,1 A	+/- (3,8% +5)
2.	1000 A		

Overload Protection :
120 % ranges for 60seconds max



Department:			Tanggal Ber laku:	
No. SOP:			Standart Operationing Procedure	No. Revisi 1
Hal	PENGUJIAN PUTARAN MOTOR		Kode Dist.	
Page				
<p>I. LATAR BELAKANG</p> <p>Pengujian putaran motor pada motor DC sangat penting untuk mengetahui performa yang dihasilkan motor DC padasepeda motor listrik. Dengan mengetahui putaran motor DC kita akan mengetahui torsi motor DC.</p> <p>II. Definisi</p> <p>1. Motor DC</p> <p>Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah padaku mparan medan untuk diubah menjadi energy mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagianyangtidakberputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar).</p> <p>2. Sepeda Motor Listrik</p> <p>Sepeda motor listrik adalah <u>kendaraan</u> tanpa <u>bahan bakar minyak</u> yang digerakkan oleh <u>dinamo</u> dan <u>akumulator</u>.</p> <p>III. Kebijakan</p>				

- Jika terjadi kesalahan dilakukan modifikasi
- Jika hasil tidak sesuai dilakukan uji ulang
- Reflektor harus berwarna silver

IV. Procedure

1. Siapkan tachometer dan reflector
2. Pasang reflector pada bagian motor DC yang akan diukur putaran motornya
3. Nyalakan motor DC
4. Nyalakan Tachometer
5. Arahkan Tachometer pada Motor DC di bagian yang terpasang reflector
6. Lihat hasil pengujian

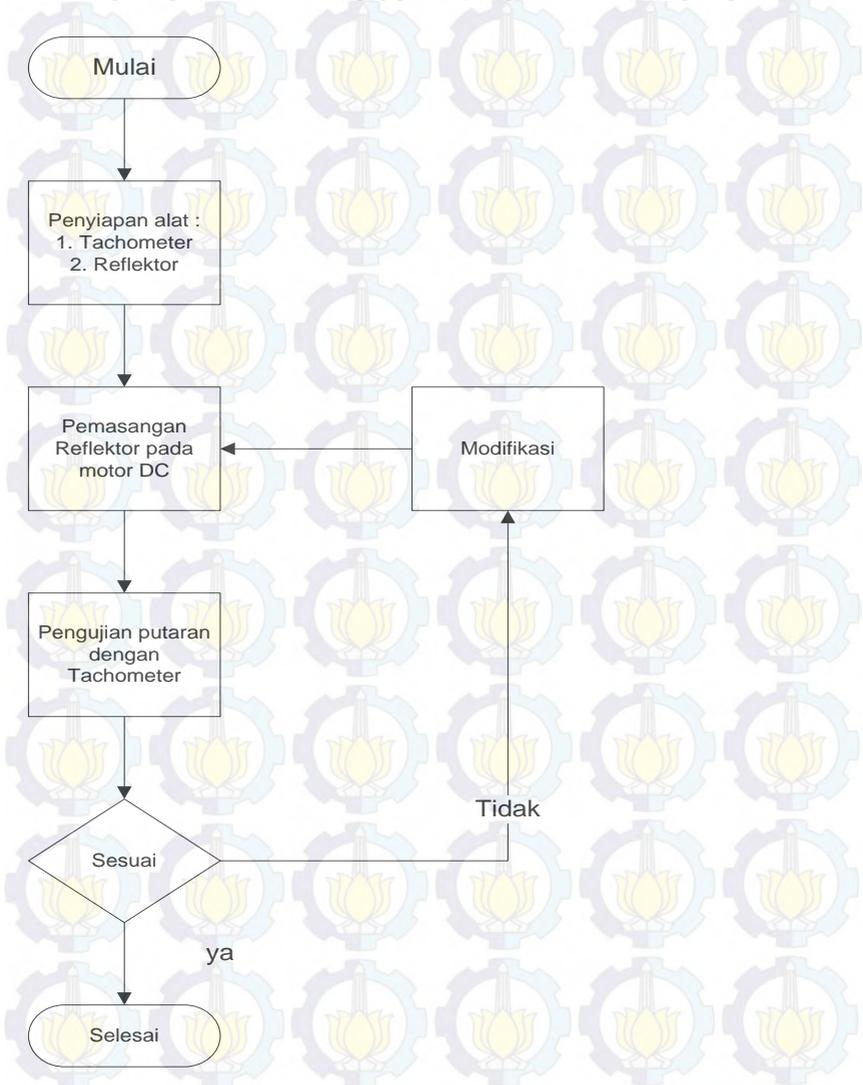
Diperiksa Oleh

Disetujui Oleh

Tanggal

Tanggal

FLOWCHART PENGUJIAN PUTARAN MOTOR



Department:			Tanggal Ber laku:	
No. SOP:			Standart Ope rationing Procedure	No. Revisi 1
Hal	PENGUJIAN ARUS LISTRIK	Kode Dist.		
Page				

I. LATAR BELAKANG

Pengujian arus memiliki pengaruh terhadap besarnya daya suatu motor DC. Semakin tinggi arus dan tegangan yang dimiliki suatu motor DC maka semakin tinggi pula daya yang dihasilkan motor DC.

II. Definisi

1. Motor DC

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energy mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar).

2. Sepeda Motor Listrik

Sepeda motor listrik adalah kendaraan tanpa bahan bakar minyak yang digerakkan oleh dinamo dan akumulator.

III. Kebijakan

- Motor DC harus diberi beban agar didapatarus yang

sesuai.

IV. Procedure

7. Siapkan Ampere meter
8. Nyalakan Ampere meter
9. Lakukan proses kalibrasi pada Ampere Meter
10. Tunggu hingga angka pada ampere meter menunjukkan angka nol
11. Pasangkan Ampere meter pada kabel yang teraliri arus listrik
12. Nyalakan Motor DC dengan member beban
13. Lihat pada display besarnya arus yang dihasilkan.

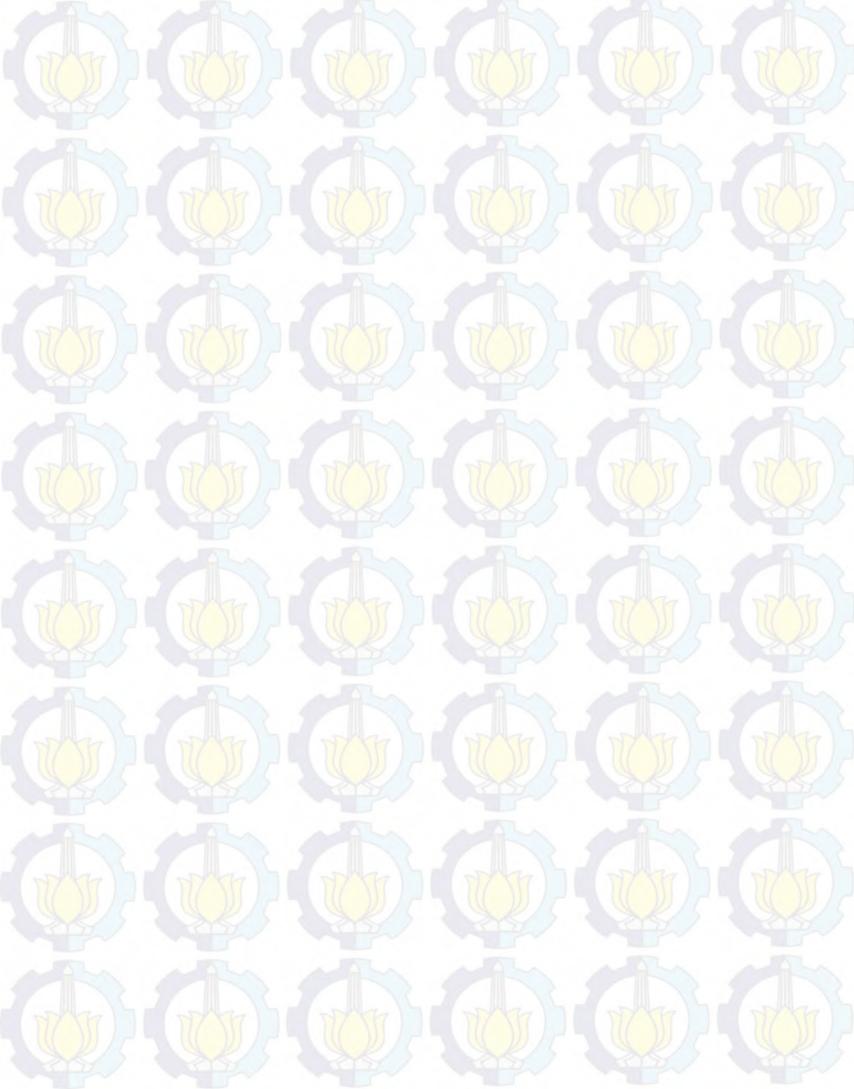
Diperiksa Oleh

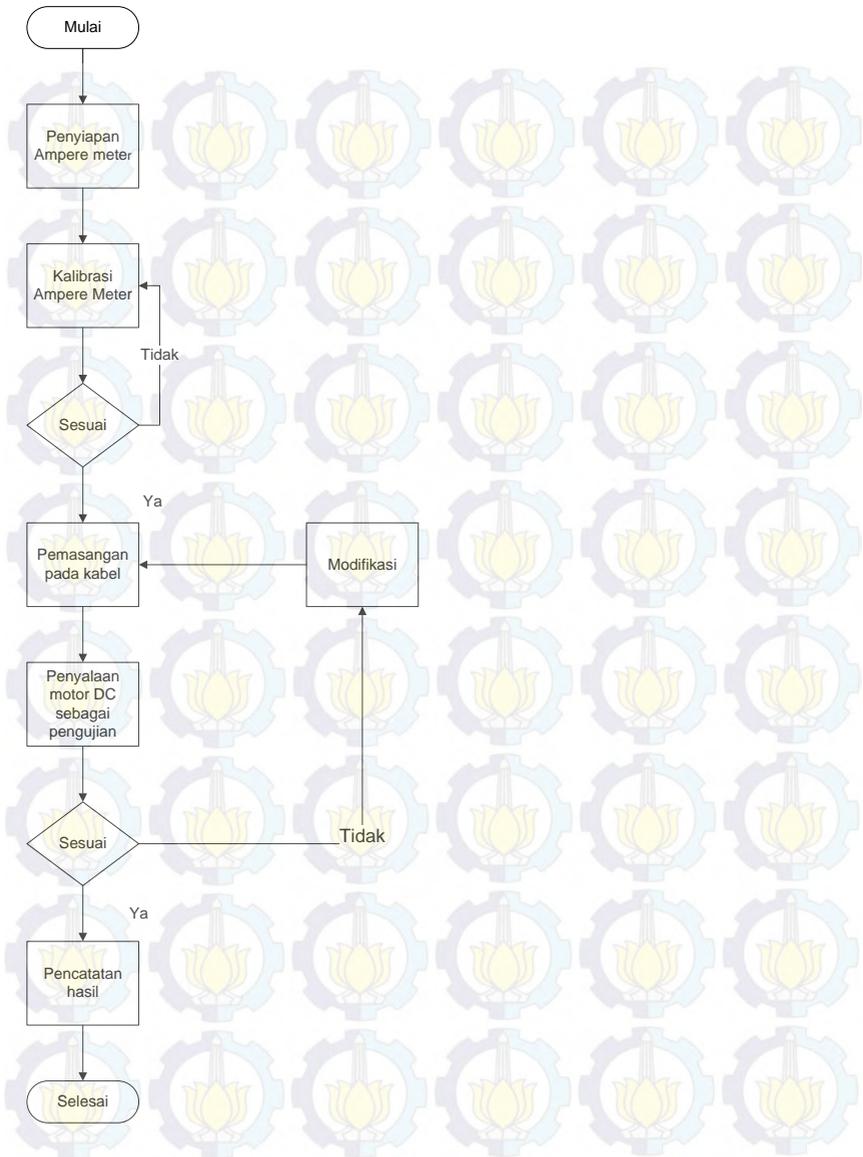
Disetujui
Oleh

Tanggal

Tanggal

FLOWCHART PENGUJIAN ARUS PADA MOTOR





Department:			Tanggal Ber laku:	
No. SOP:			Standart Ope rationing Procedure	No. Revisi 1
Hal		PENGUJIAN ARUS LISTRIK	Kode Dist.	
Page				
<p>I. LATAR BELAKANG</p> <p>Pengujian LCR merupakan proses untuk mendapatkan nilai Induktansi, Capasitansi, dan Resistansi. Capasitansi didapat dari nilai kapasitor dan Resistansi didapat dari nilai resistor.</p> <p>II. Definisi</p> <p>1. Motor DC</p> <p>Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energy mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar).</p> <p>2. Sepeda Motor Listrik</p> <p>Sepeda motor listrik adalah <u>kendaraan</u> tanpa <u>bahan bakar minyak</u> yang digerakkan oleh <u>dinamo</u> dan <u>akumulator</u>.</p> <p>III. Kebijakan</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pemasangan kabel power dan encoder harus tepat 				

IV. Procedure

14. Nyalakan LCR meter
15. Pasangkankabel power dan Encoder dengan motor DC
16. Nyalakan motor DC
17. Lihatnilai yang tampakpada display
18. Lambang L menunjukkan nilai Induktansi
19. Lambang C menunjukkan nilai Capacitansi
20. Lampang R menunjukkan nilai Resistansi
21. Catathasil yang didapat

DiperiksaOleh

Disetujui
Oleh

Tanggal

Tanggal

FLOWCHART PENGUJIAN LCR PADA MOTOR DC

