

**ANALISIS SISTEM KENDALI DAYA PADA SEPEDA
MOTOR *HYBRID***

ZULMAHDI

5315097051



**Skripsi Ini Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Pendidikan Pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta**

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

KONSENTRASI OTOMOTIF

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2014

ABSTRAK

ZULMAHDI, *Analisis Sistem Kendali Daya Pada Sepeda Motor Hybrid*.
Fakultas Teknik. Universitas Negeri Jakarta 2009.

Konsep *hybrid* adalah salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi krisis energi. Penerapan *hybrid* pada sepeda motor dapat dilakukan dengan menggabungkan dua jenis mesin atau lebih dalam satu sistem sepeda motor (dalam penelitian ini menggabungkan motor bakar dengan motor listrik). Salah satu masalah yang terdapat pada penelitian ini adalah perancangan sistem kendali daya pada sepeda motor *hybrid* tersebut. Dimana hal ini bertujuan untuk (1). Mengefektifkan pengoperasian sepeda motor *hybrid* (2). Mengatur tegangan *output* mesin listrik saat berfungsi sebagai generator (3). Mengatur *output* mesin listrik saat berfungsi sebagai motor listrik bertujuan untuk menyetarakan antara beban dengan kondisi jalan serta untuk mengendalikan laju sepeda motor.

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen. Dimana metode penelitian ini meliputi pengumpulan data dan studi literatur, Penetapan algoritma sistem hybrid, Penetapan komponen dan pembuatan rangkaian sistem kendali daya mesin listrik, Instalasi rangkaian sistem kendali daya ke sepeda motor, Analisa sistem kendali daya pada motor bakar, Analisa sistem kendali daya pada mesin listrik.

Setelah melakukan penelitian maka dapat disimpulkan bahwa : (1). Sistem kendali daya yang dioperasikan pada sepeda motor hibrid dapat mengendalikan putaran motor listrik dengan putaran 86,96 Rpm setiap 15° pada sudut putar potensiometer (2). Arus output yang mengalir dari generator dapat di turunkan sesuai kebutuhan *charging* baterai yakni hingga 10% dari kapasitas baterai (3). Tegangan output yang mengalir dari generator dapat diturunkan sesuai kapasitas baterai 12 volt yakni sebesar sebesar 14,4 volt (4). Setelah sistem kendali daya dioperasikan maka *sepeda motor hibrid* dapat mengontrol kecepatan motor listrik melalui *handle* gas sebagaimana sepeda motor pada umumnya.

Kata kunci : *hybrid*, generator, motor listrik, kedali sepeda motor *hybrid*

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : ANALISIS SISTEM KENDALI DAYA PADA SEPEDA MOTOR
HYBRID

Nama : **Zulmahdi**

No. Reg : **5315097051**

DOSEN PEMBIMBING

Nama / Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Dosen Pembimbing I Drs. Riyadi, ST, MT NIP. 196304201992031002
Dosen Pembimbing II Nugroho Gama Yoga, ST, MT NIP. 197602052006042002

DEWAN PENGUJI

Ketua Dr. Priyono, M.Pd. NIP. 195806061985031002
Sekretaris H. Wardoyo, ST., MT. NIP. 197908182008011008
Dosen Ahli Pratomo Setyadi, ST., MT. NIP. 198102222006041001

MENGETAHUI

Ketua Jurusan Teknik Mesin

FT – UNJ

Dr. Eng. Agung Premono, MT.
NIP. 197705012001121002

Tanggal Ujian :

Tanggal Lulus :

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Zulmahdi
No. Reg : 5315097051
Prodi : Pendidikan Teknik Mesin (S1)
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir Skripsi ini benar-benar karya saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan atau gelar lainnya di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan dalam daftar pustaka.

Jakarta, Juni 2014

Penulis

Zulmahdi
No. Reg 5315097051

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu tercurah untuk rasullullah SAW beserta keluarga dan sahabatnya.

Keberhasilan dalam menyelesaikan penelitian pada judul skripsi “PERANCANGAN SISTEM KENDALI DAYA PADA SEPEDA MOTOR *HYBRID*” ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak kepada penulis, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta junjungan besar Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat Nabi.
2. Ayah dan Ibu tercinta yang selalu memberikan dukungan moral dan doanya hingga saya bisa menyelesaikan studi.
3. Bapak Dr.Eng. Agung Premono, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
4. Bapak Ahmad Kholil, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Jurusan Teknik Mesin yang telah banyak memberikan bantuannya dalam penyelesaian tugas akhir skripsi ini.
5. Bapak Drs. Riyadi, MT. selaku dosen pembimbing pertama yang telah meluangkan waktunya membimbing dan mengarahkan penulis dalam pembuatan tugas akhir ini.
6. Bapak Nugroho Gama Yoga, MT. selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktunya membimbing dan mengarahkan penulis dalam pembuatan tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. Darwin Rio Budi Syaka, MT. yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan dalam pengerjaan alat.
8. Bapak Dani dan Bapak Minandi selaku laboran bengkel otomotif yang telah membantu dalam memberikan masukan dan pengerjaan alat, sehingga alat tersebut selesai.

9. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin, khususnya kepada angkatan 2009 yang telah memberikan dukungan motivasi serta membantu penulis sampai terciptalah alat ini.
10. Keluarga Besar SMK Negeri 2 Kota Bekasi yang tiada hentinya memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan alat ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak kekurangan baik dalam isi maupun penyusunannya. Oleh karena itu, masukan berupa kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan serta kemajuan di masa yang akan datang. Penulis juga minta maaf jika dalam penulisan ini banyak kekeliruan baik yang disengaja maupun tidak disengaja kepada semua pihak yang terkait. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca

Jakarta, Juni 2014

Zulmahdi

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I: PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Penelitian	6
D. Perumusan Masalah	7
E. Tujuan Penelitian	7
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II: LANDASAN TEORI	
A. Sistem Kendali.....	9
B. Motor <i>Hybrid</i>	9
C. Mesin Listrik	10
D. Generator Listrik	11
1. Konstruksi Generator DC	11
2. Prinsip Kerja Generator	13
3. Sistem Pengendalian Generator DC.....	15
E. Motor Listrik DC	16
1. Konstruksi Motor Listrik DC	18
2. Prinsip Kerja Motor Listrik DC	20
3. Sistem Pengendalian Motor Listrik DC	22
F. Kendali Mesin Listrik DC	24

G. Pengukuran Listrik	26
BAB III: METODOLOGI PENELITIAN	
A. Tempat Dan Waktu Penelitian	27
B. Metode Penelitian	27
C. Instrumen Penelitian	29
1. Bahan Penelitian	29
2. Peralatan Uji	32
D. Prosedur Penelitian	33
1. Pengumpulan data dan studi literatur	33
2. Penetapan algoritma sistem hibrid	33
3. Penetapan komponen dan pembuatan rangkaian sistem kendali daya mesin listrik	34
4. Instalasi rangkaian sistem kendali daya ke sepeda motor	35
5. Analisa sistem kendali daya pada motor bakar	36
6. Analisa sistem kendali daya pada motor listrik	37
BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Analisa Sistem Kendali Daya Motor Bakar	39
1. Analisa sistem kendali motor bakar pada kondisi <i>final drive standard</i>	39
2. Analisa sistem kendali motor bakar pada kondisi <i>final drive hybrid</i>	40
3. Analisa daya <i>output</i> generator berdasarkan <i>input</i> putaran motor bakar	43
B. Analisa Sistem Kendali Daya Motor Listrik	47
1. Analisa kecepatan motor listrik	47
2. Analisa kecepatan sepeda motor berpengerak motor listrik..	48
3. Analisa sudut putar potensiometer dengan <i>handle gas</i>	50
BAB IV: KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	53
B. Saran	54

DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konstruksi generator DC	13
Gambar 2.2 Aturan tangan kanan <i>Fleming</i>	14
Gambar 2.3 Proses terjadinya induksi tegangan.....	15
Gambar 2.4 Motor DC sederhana	18
Gambar 2.5 Motor DC	19
Gambar 2.6 Prinsip kerja kotor DC	21
Gambar 2.7 Aturan Tangan Kiri Fleming	22
Gambar 3.1 Skema prosedur penelitian	29
Gambar 4.1 Grafik perbandingan putaran roda belakang dan kecepatan sepeda motor terhadap sudut putar handle gas pada motor bakar.....	44
Gambar 4,2 Grafik perbandingan antara tegangan dan kuat arus generator terhadap kecepatan sepeda motor	47
Gambar 4.3 Grafik perbandingan antara tegangan input listrik dan kecepatan motor listrik terhadap sudut putar potensiometer.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Sepeda Motor	29
Tabel 3.2 Spesifikasi Mesin Listrik	30
Tabel 3.3 Spesifikasi Baterai	30
Tabel 3.4 Spesifikasi resistor Variabel	32
Tabel 4.1 Analisa sudut putar handle gas berdasarkan beban kerja motor bakar pada <i>final drive standard</i>	40
Tabel 4.2 Analisa sudut putar handle gas berdasarkan beban kerja motor bakar pada <i>final drive hybrid</i>	41
Tabel 4.3 Pengujian untuk nilai konstanta	44
Tabel 4.4 <i>Output</i> tegangan, kuat arus, dan daya generator	45
Tabel 4.5 Analisa kecepatan motor listrik	48
Tabel 4.6 Analisa kecepatan sepeda motor berpengerak motor listrik	49
Tabel 4.7 Analisa sudut putar potensiometer dengan <i>handle</i> gas	50

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kebutuhan terhadap energi di dunia ini sangatlah penting bagi kehidupan manusia. Namun hukum konversi energi mengatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan (dibuat) ataupun dimusnahkan akan tetapi dapat berubah bentuk dari bentuk yang satu ke bentuk yang lainnya¹. Apabila energi tersebut digunakan secara terus menerus, maka cepat atau lambat energi akan habis², Maka konversi energi merupakan solusi yang tepat untuk masalah tersebut. Konversi energi memiliki cakupan yang luas, terutama pada bidang thermodinamika dan mekanika fluida. Konversi energi dapat dilakukan dengan membuat sebuah sistem kerja *hybrid* (hibrida) dalam sebuah mesin.

Salah satu contoh aplikasi konsep *hybrid* untuk konversi energi adalah pada bidang otomotif. Sepeda motor yang menggunakan konsep *hybrid* adalah sepeda motor yang menggunakan dua buah penggerak yakni motor listrik dan motor bakar, ketika motor bakar berfungsi maka motor bakar akan menghasilkan energi untuk menggerakkan kendaraan dan sebagian energinya akan dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik, selanjutnya energi listrik tersebut akan disimpan di baterai. Ketika motor

¹ "Energi dan konversi " <http://beyourself.blogspot.com/2008/09/energi-dan-konversi.html?m=1>.(diakses 14 juni 2014)

² Wahyu setyaningsih, Potensi Lapangan Panasbumi Gedongsongo Sebagai Sumber Energi Alternatif Dan Penunjang Perokonomian Daerah, *Jurnal Geografi*, Vol. 8 No. 1, Januari 2011, hal.12-14

bakar tidak berfungsi, maka motor listrik akan bekerja untuk menghasilkan daya gerak dengan sumber energi yang berasal dari baterai (listrik). Konsep ini jelas sangat efisien karena energi yang diperoleh dari pembakaran dapat digunakan untuk menggerakkan motor dan dapat pula menghasilkan energi lain (energi listrik) sehingga mampu menggerakkan kendaraan itu kembali.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia “perkembangan jumlah kendaraan bermotor menurut jenis tahun 1987-2012” jumlah kendaraan sepeda motor di Indonesia hingga tahun 2012 mencapai lebih dari 76 juta unit³. Semakin besar jumlah kendaraan maka penggunaan bahan bakar pun akan semakin besar pula. Apabila di asumsikan pemakaian bahan bakar sepeda motor perhari adalah 1 liter, maka pemakaian harian bahan bakar untuk sepeda motor saja memerlukan 76.000.000 liter. Konversi sepeda motor bakar menjadi sepeda motor *hybrid* bisa menjadi solusi untuk penghematan energi. Bila di asumsikan dengan motor *hybrid* sepeda motor mampu menghemat 20% maka penggunaan bahan bakar dapat di hemat sekitar 15.200.000 liter setiap harinya.

Salah satu masalah dalam mengkonversi sepeda motor bakar menjadi sepeda motor *hybrid* terletak pada perencanaan sistem kendali daya. Sistem kendali daya ini difungsikan untuk mengontrol kapan mesin listrik

³ “Perkembangan jumlah kendaraan bermotor menurut jenis tahun 1987-2012”
http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&id_subyek=17¬ab=12.(diakses tanggal 14 juni 2014)

bekerja sebagai motor listrik dan kapan bekerja sebagai generator listrik, serta mengatur putaran *output* motor listrik.

Dalam perancangan sistem kendali daya banyak masalah yang harus diperhatikan, dimana masalah tersebut diantaranya terdapat pada bagaimana mengatur tegangan *output* mesin listrik saat berfungsi sebagai generator yang dimanfaatkan untuk pengisian baterai. Baterai yang telah terisi energi tersebut akan digunakan untuk sumber energi bagi motor listrik. Karakteristik baterai selain memiliki kapasitas tertentu juga memiliki batas tegangan maksimum yakni 14,7 sampai 15 Volt saat pengisian, maka pada saat mesin listrik berfungsi sebagai generator untuk menghasilkan tegangan, sistem kendali daya ini harus memiliki fungsi yang dapat membatasi tegangan yang dihasilkan agar tidak terjadi *over voltage* pada baterai. Selain itu masalah juga terdapat pada bagaimana cara pengaturan kendali untuk mengontrol putaran (*output*) motor listrik. Putaran dari motor listrik berfungsi sebagai tenaga yang digunakan untuk menggerakkan sepeda motor. Putaran motor listrik ini harus diatur karena, putaran yang diperlukan sepeda motor ketika jalan tidaklah tetap, kadang cepat dan kadang lambat sesuai dengan kebutuhan dan keadaan di jalan atau untuk menyesuaikan beban dengan kondisi jalan. Fokus masalah berikutnya adalah bagaimana membuat sistem *on-off hybrid* pada sepeda motor untuk mengatur kapan saat motor listrik bekerja dan kapan saat motor bakar bekerja.

Sistem kendali untuk motor listrik pada konsep sepeda motor *hybrid* ini memiliki perbedaan dengan sistem kendali yang telah diterapkan pada motor bakar sepeda motor. Karena motor bakar dalam proses menghasilkan gerak kerjanya dengan memanfaatkan tenaga dari hasil pembakaran bahan bakar. Sehingga, sistem kendali daya diatur pada banyaknya campuran bahan bakar dan udara yang disemprotkan karburator ke ruang bakar, maka dalam pengendalian putaran pada motor bakar itu melalui kabel yang di kaitkan pada pengaturan gas di karburator lalu dikendalikan melalui *handle* gas pada kemudi sepeda motor. Sedangkan untuk motor listrik, karena dalam proses menghasilkan gerak kerja dengan memanfaatkan energi listrik dari baterai maka, cara mengontrol kendali daya untuk mengatur putarannya langsung pada motor listrik tersebut.

Namun pada kenyataannya untuk mengendalikan putaran pada motor listrik tidaklah sederhana, karena untuk mengontrol putaran motor listrik diperlukan satu sistem yang dapat mengontrol besar dan kecilnya tegangan yang mengalir dari baterai ke motor listrik. Oleh sebab itu diperlukan sebuah sistem yang berfungsi sebagai kontrol dan dapat mengatur besar dan kecilnya tegangan listrik dari baterai ke motor listrik untuk mengatur putaran motor listrik tersebut. Rangkaian sistem seperti apa yang digunakan? Bagaimana membuat rangkaian yang dapat mengatur putaran *output* motor listrik? Bagaimana membuat rangkaian untuk mengatur tegangan *output* generator agar tidak melebihi batas

maksimum tegangan baterai? Semua masalah tersebut memerlukan analisis secara ilmiah bagaimana membuat konsep kendali daya pada motor listrik sama dengan konsep kendali pada motor bakar, sehingga penulis berencana melakukan penelitian serta analisis untuk permasalahan tersebut.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat ditemukan beberapa masalah dalam sistem kendali daya motor listrik:

1. Belum ada sistem yang mengatur tegangan (*output*) generator listrik.
2. Rangkaian sistem seperti apa yang digunakan untuk mencegah *over voltage* pada baterai.
3. Berapa besar tegangan dan kuat arus generator pada putaran mesin tertentu.
4. Pada putaran berapa RPM *output* generator lebih dari sama dengan 15 Volt.
5. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dari keadaan kosong sampai penuh.
6. Belum ada sistem yang mengatur putaran (*output*) motor listrik.
7. Rangkaian sistem seperti apa yang digunakan untuk mengendalikan putaran motor listrik.

8. Kecepatan sepeda motor berpengerak motor listrik pada sudut putar *handle* gas tertentu.
9. Berapa lama waktu pemakaian baterai dalam keadaan penuh untuk meggerakan motor listrik.
10. Membuat sistem kendali daya motor bakar dan motor listrik dalam satu *handle* gas.

C. Batasan Penelitian

Untuk memfokuskan penelitian maka penulis membatasi masalah yang telah teidentifikasi diatas, masalah tersebut ialah:

1. Bagaimana cara mengatur *output* generator agar tidak terjadi *over voltage* pada baterai?
2. Berapa besar tegangan dan kuat arus generator pada putaran mesin tertentu?
3. Pada putaran berapakah *output* generator lebih dari sama dengan 15 Volt?
4. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dari keadaan kosong sampai penuh?
5. Bagaimana cara mengatur putaran (*output*) motor listrik?
6. Seberapa besar kecepatan sepeda motor berpengerak motor listrik pada sudut putar *handle* gas tertentu?
7. Berapa lama waktu pemakaian baterai dalam keadaan penuh untuk meggerakan motor listrik?

8. Bagaimana membuat sistem kendali daya motor bakar dan motor listrik dalam satu *handle* gas?

D. Perumusan Masalah

1. Bagaimana cara mengatur tegangan *output* generator untuk mencegah terjadinya *over voltage* pada baterai pada sepeda motor *hybrid*?
2. Berapa lama waktu yang dibutuhkan generator untuk mengisi baterai dari keadaan kosong sampai penuh dengan memanfaatkan putaran dari motor bakar?
3. Bagaimana cara mengatur putaran motor listrik untuk mengendalikan laju sepeda motor pada konsep sepeda motor *hybrid*?
4. Berapa lama waktu pemakaian baterai dalam keadaan penuh untuk menggerakkan motor listrik pada kecepatan tertentu?

E. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui berapa lama waktu generator melakukan pengisian baterai pada konsep sepeda motor hibrid.
2. Untuk mengetahui berapa kecepatan yang dapat ditempuh sepeda motor berpengerak motor listrik.

3. Untuk mengetahui berapa lama waktu pemakaian sepeda motor berpengerak motor listrik bila baterai dalam kondisi penuh.

F. Manfaat Penelitian

Perancangan sistem kendali daya pada konsep sepeda motor *hybrid* ini adalah:

1. Untuk mengefektifkan pengoprasian sepeda motor berpengerak motor listrik.
2. Untuk mengefektifkan pengendalian sepeda motor *hybrid*.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Sistem Kendali

Sistem kendali atau sistem kontrol adalah proses pengaturan ataupun pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (*variable, parameter*) sehingga berada pada suatu harga atau dalam suatu rangkuman harga (*range*) tertentu.

Sistem kendali dapat dikatakan sebagai hubungan antara komponen yang membentuk sebuah konfigurasi sistem, yang menghasilkan tanggapan sistem yang diharapkan. Jadi harus ada yang dikendalikan, yang merupakan suatu sistem fisis, yang biasa disebut dengan kendalian (*plant*).

Masukan dan keluaran merupakan variabel atau besaran fisis. Keluaran merupakan hal yang dihasilkan oleh kendalian, artinya yang dikendalikan: sedangkan masukan adalah yang mempengaruhi kendalian

yang mengatur keluaran. Kedua dimensi masukan dan keluaran tidak harus sama⁴.

B. Motor *Hybrid*

Motor *hybrid* atau hibrida adalah motor yang menggabungkan dua atau lebih jenis motor yang bertujuan untuk mendapatkan kelebihan-kelebihan dari motor-motor tersebut.

HEV singkatan *Hybrid Electric Vehicle* yang berarti kendaraan hibrida listrik, yaitu kendaraan yang sumber tenaganya diperoleh dari motor bakar dan motor listrik yang dikombinasi⁵.

C. Mesin Listrik

Prinsip dasar dari sebuah mesin listrik adalah konversi energi elektromekanik, yaitu konversi dari energi listrik ke energi mekanik atau sebaliknya dari energi mekanik ke energi listrik. Alat yang dapat mengubah (mengkonversi) energi mekanik ke energi listrik disebut generator, dan apabila mesin melakukan proses konversi sebaliknya yaitu dari energi listrik ke energi mekanik disebut motor. Berdasarkan jenis arus mesin listrik diklasifikasikan menjadi 2 jenis, yaitu: mesin listrik AC dan mesin listrik DC⁶. Mesin DC (*Direct Current*) merupakan salah satu jenis mesin listrik, dimana mesin ini digunakan untuk mengkonversi energi listrik arus searah menjadi energi mekanik, atau sebaliknya.

⁴ L Khakim, Sunarno, Sugiyanto, Pembuatan Sistem Pengaturan Putaran Motor DC Menggunakan Kontrol PID Dengan Memanfaatkan sensor KMZ51 , *Jurnal MIPA*, No. 35, Januari 2012, hal.131

⁵ Cokorda Prapti M, Dita Satyadarma, Firmansyah, *Analisis Statik Rangka Motor Hybrid Menggunakan Software Catia V5*, Artikel Otomotif

⁶ Prih Sumardjati, Dkk, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3*, (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan , Departemen Pendidikan Nasional, 2008) Hal: 353

Berdasarkan konstruksinya, ada tiga komponen penting dari mesin listrik, yakni: stator, rotor, dan komutator. Stator merupakan bagian mesin yang statis, rotor merupakan bagian mesin yang bergerak/ berputar, sedangkan komutator terdiri dari sejumlah batang tembaga yang keras, terisolasi satu sama lainnya dengan lempengan mika. Ujung kumparan pada armatur dihubungkan pada batang tersebut.

Generator listrik dan motor listrik memiliki beberapa perbedaan dasar, diantaranya terkait dengan pencatutan pada komponen mesin tersebut, yakni stator dan rotor.

D. Generator Listrik DC

Generator Listrik DC adalah Sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Pada generator listrik DC, arus yang dihasilkan oleh generator adalah arus listrik searah (*direct current*). Generator DC merupakan mesin listrik DC, sehingga fungsinya dapat dibolak-balik dari generator menjadi motor atau sebaliknya⁷. Dalam hal ini, jika diberikan arus listrik maka akan berfungsi sebagai motor dan jika diputar oleh gaya luar maka akan berfungsi menjadi generator. Oleh karena itu, generator tipe ini sering juga disebut dinamo starter atau *self starter dinamo*⁸. Generator listrik memiliki komutator atau cincin yang terbelah ditengahnya. Seperti halnya motor

⁷ Johan Driesen, Ronnie Belmans, *Electrical Motor/Generator Technology*, Hal: 11-12.

⁸ Julius Jama, wagino, *Teknik Sepeda Motor Jilid 1*, (Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008), Hal.137.

listrik, generator listrik juga terdiri dua bagian yaitu stator (bagian yang diam) dan rotor (bagian yang bergerak).

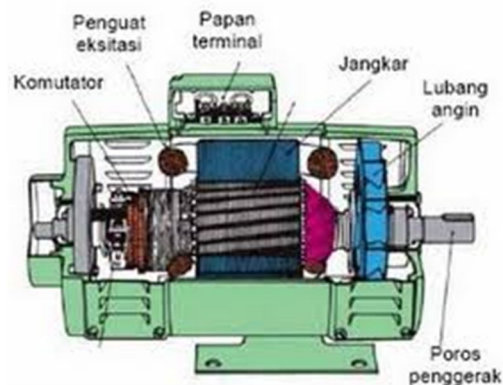
1. Konstruksi Generator DC

Pada umumnya konstruksi generator DC terdiri dari beberapa komponen penting⁹, yakni:

- a. **Rangka Stator**, dibuat dari besi tuang. Rangka stator merupakan rumah dari bagian-bagian lain generator. Fungsi utamanya adalah sebagai tempat mengalirnya fluks magnet yang dihasilkan oleh kutub-kutub magnet.
- b. **Inti Kutub Magnet**, berfungsi sebagai tempat terjadinya fluks magnet. Untuk generator dengan kapasitas kecil dapat digunakan magnet permanen, dan untuk generator kapasitas besar digunakan magnet listrik (*elektromagnetik*)
- c. **Rotor**, merupakan bagian yang berputar. Pada generator DC rotor yang digunakan biasanya berbentuk silinder yang pada bagian permukaannya diberi alur sebagai tempat kawat lilitan. Bahan yang digunakan untuk pembuatan rotor adalah dari bahan *ferromagnetic* yang dibuat berlapis-lapis.
- d. **Sikat**, berfungsi sebagai aliran arus dari lilitan rotor dengan beban. Bahan yang digunakan untuk pembuatan sikat adalah dari arang.

⁹Fitzgerald. A. E, *Mesin-mesin Listrik terjemahan Joko Achyanto*, (Surabaya: Erlangga, 1997) Hal: 56.

- e. **Kawat Lilitan Rotor**, adalah tempat terbentuknya GGL induksi dalam satu alur terdiri dari beberapa kawat yang disebut kumparan. Antara kumparan satu ke kumparan lain dihubungkan secara seri.
- f. **Komutator**, digunakan sebagai penyearah (komutasi). Komutator pada prinsipnya mempunyai bentuk yang sama dengan cincin yang dibelah menjadi dua yang dipisahkan dengan bahan penyekat. Masing-masing komutator dihubungkan dengan sisi kumparan tempat terjadinya GGL induksi.



Gambar 2.1 Konstruksi generator DC

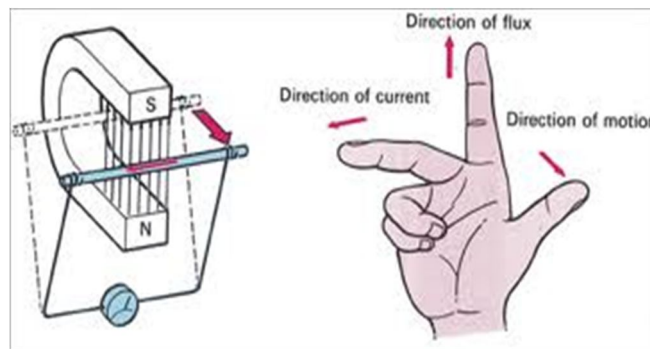
2. Prinsip Kerja Generator

Prinsip kerja dari generator merupakan kebalikan dari prinsip kerja motor listrik. Dengan komponen yang sama, jika pada motor arus listrik masuk ke konduktor di tengah medan magnet sehingga timbul gerakan, maka pada generator arus listrik keluar dari

konduktor yang bergerak di tengah medan magnet. Dalam Step 1 Basic Electrical¹⁰ dijelaskan bahwa:

“Bila sebuah konduktor digerakkan melintasi bidang magnet, maka di dalam konduktor tersebut terdapat *electromotive force* (emf) atau gaya motor listrik. Bila konduktor membentuk bagian sirkuit yang sangat dekat maka gaya motor listrik yang dihasilkan akan mengalirkan arus mengelilingi sirkuit. Disini gaya motor listrik (dan arusnya) dibiaskan (*induced*) ke dalam konduktor sebagai hasil dari gerakan melintasi bidang magnet. Efek dari reaksi tersebut dikenal sebagai induksi elektromagnet.”

Arah arus pada generator dapat diketahui dengan menggunakan aturan tangan Fleming yakni “Bentangkan ibu jari, telunjuk dan jari tengah tangan kanan sedemikian rupa sehingga tegak lurus satu sama lain. Jika jari telunjuk mengarah ke medan magnet, ibu jari menunjukkan arah gerak pengantar (konduktor), dan jari tengah menunjuk ke arah induksi elektromagnetik.”¹¹



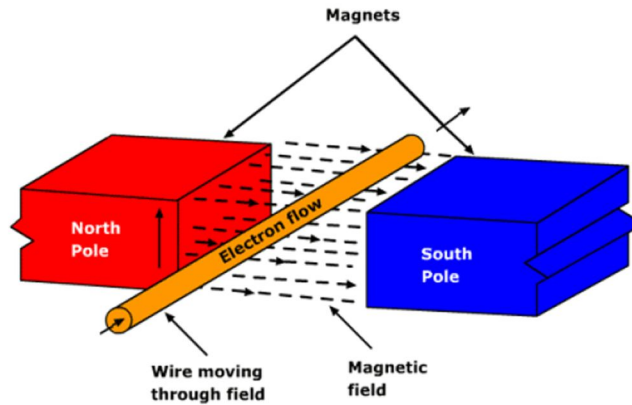
Gambar 2.2 Aturan tangan kanan fleming

Agar terjadi induksi tegangan, harus ada:

¹⁰ Hyundai Motor Company, *Step1 Electrical Basic Electricity: Dasar Kelistrikan*, Hal: 78

¹¹ *Ibid*, Hal: 79.

- a. Medan magnet
- b. Konduktor
- c. Gerak relatif konduktor



Gambar 2.3 Proses terjadinya induksi tegangan

Induksi magnet yang memotong konduktor melalui medan magnet menggerakkan elektron–elektron pada konduktor sehingga elektron dapat mengalir melalui sambungan kabel di ujung konduktor.

3. Sistem Pengendalian Generator DC

Dalam proses kerjanya generator memerlukan energi mekanik (putaran) untuk dapat menggerakkan rotor yang akan dikonversi menjadi energi listrik. Besar kecilnya tegangan yang dihasilkan sangat tergantung pada seberapa besar energi mekanik (putaran) yang diberikan kepada rotor.

Putaran adalah Rotasi benda pada suatu sumbu yang tetap, Untuk putaran rotor pada generator dilakukan untuk memotong induksi magnet yang dihasilkan magnet permanen atau pun magnet

listrik. jadi induksi magnet yang dihasilkan dipotong oleh rotor dengan cara berputar. Kecepatan gerakan putar tersebut dapat dihitung dengan menghitung banyaknya induksi magnet yang terpotong dalam satuan waktu atau rotasi per menit (rpm).

Besarnya tegangan output generator dipengaruhi oleh 3 hal, yaitu: kuat induksi magnet, jumlah penghantar, dan kecepatan putar rotor¹².

Kuat induksi magnet dan jumlah penghantar bersifat tetap atau sulit diubah dalam satu unit generator, sedangkan kecepatan putar rotor untuk memotong induksi magnet lebih bersifat variabel atau dapat diatur.

Tegangan yang dihasilkan generator ini akan disimpan di baterai. karena baterai memiliki tegangan maksimum pada saat pengisian, maka diperlukan rangkaian yang dapat membatasi agar tidak terjadi *over voltage* pada baterai.

E. Motor Listrik DC

Motor listrik DC (*Direct current*) merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Salah satu pengembangan penting pada bidang kelistrikan adalah motor listrik DC. Motor listrik banyak digunakan untuk unit seperti *refrigeration*

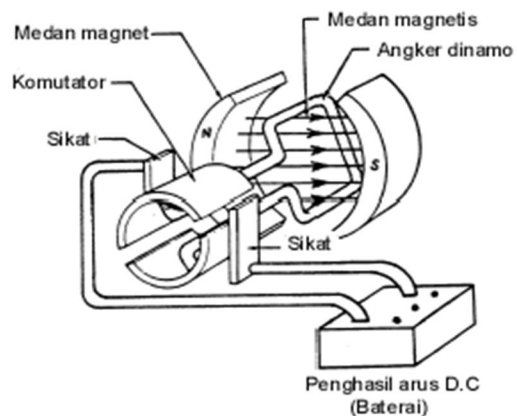
¹² Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, *Modul Pembelajaran Mesin DC*, (Departemen Pendidikan Nasional, 2003) Hal: 5

dan *air conditioning* (AC), *food mixer*, *vacuum cleaner*, *grinder*, *pump*, *power bench saw*, *lathes*, dan mesin-mesin lainnya¹³.

Motor listrik DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor listrik disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan Gaya Gerak Listrik (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. GGL induksi yang terjadi pada penghantar dinyatakan oleh Hukum Faraday: “Besarnya ggl induksi pada rangkaian tergantung pada jumlah penghantar dalam rangkaian dan nilai perubahan fluks magnet yang melingkupi penghantar” (Jenneson, 1990 hal 95)¹⁴. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan 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.

¹³ Hyundai Motor Company, *Step1 Electrical Basic Electricity: Dasar Kelistrikan*, Hal: 93

¹⁴ Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, *Op.cit*



Gambar 2.4 Motor DC sederhana

1. Konstruksi Motor Listrik DC

Motor listrik memiliki tiga komponen utama¹⁵, yaitu:

- a. **Kutub medan.** Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor listrik. Motor listrik memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan *bearing* pada ruang diantara kutub medan. Motor listrik sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.
- b. **Dinamo.** Bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Dinamo yang berbentuk

¹⁵ United Nations Environment Programme, *Electrical Energy Equipment: Electric Motors*, 2006 Hal: 3.

silinder, dihubungkan ke poros penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor listrik yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan dinamo.

c. *Commutator*. Komponen ini terutama ditemukan dalam motor listrik. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam dinamo. *Commutator* juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.



Gambar2.5 Motor DC

Keuntungan utama motor listrik adalah sebagai pengendali kecepatan, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur¹⁶:

- Tegangan dinamo – meningkatkan tegangan dinamo akan meningkatkan kecepatan

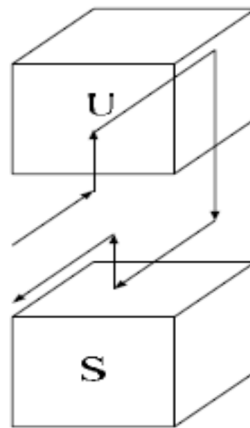
¹⁶ *Ibid*, Hal: 4.

- Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

2. Prinsip Kerja Motor Listrik DC

Motor listrik adalah contoh sederhana penerapan prinsip kemagnetan. Putaran motor tergantung dari interaksi medan magnet. Pada motor listrik, daerah kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan rotor dengan arah tertentu. Agar motor bisa lebih bertenaga, magnet permanent dapat diganti dengan *electromagnets* yang disebut dengan gulungan magnet. Gulungan magnet ditempatkan pada potongan besi lunak. Terdiri dari banyak lilitan enamel yang menutupi kawat tembaga. Gulungan magnet bisa mempunyai sumber tegangan sendiri. Atau, gulungan magnet dapat dihubungkan secara seri atau paralel dengan gulungan armature ke tegangan sumber tunggal.

Konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik 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 :

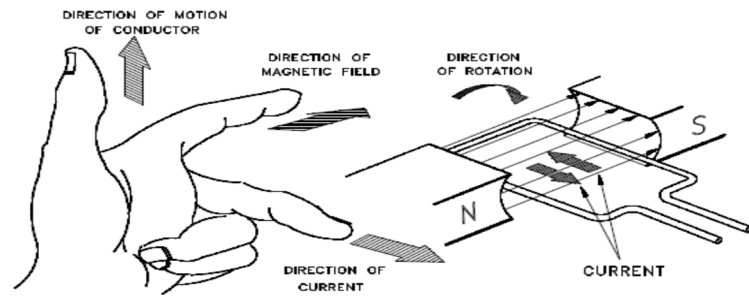


Gambar2.6 Prinsip kerja motor DC

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

Prinsip kerja motor secara umum mengacu terhadap aturan tangan kiri Fleming yang menyebutkan bahwa: “rentangkan ibu jari, jari telunjuk dan jari tengah sedemikian rupa sehingga tegak lurus satu sama lainnya, bila titik jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet, jari kedua adalah arah aliran arus, dan ibu jari menunjukkan arah gerakan conductor”¹⁷.

¹⁷ *Ibid*, Hal: 94-96.



Gambar 2.7 Aturan tangan kiri fleming

3. Sistem Pengendalian Motor Listrik DC

Motor listrik DC memerlukan energi listrik untuk objek yang dikonversi menjadi energi mekanik dalam menjalankan fungsinya sebagai penggerak pada sepeda motor hibrid. Besar kecilnya putaran yang dihasilkan motor listrik sangat tergantung pada tegangan yang masuk ke kumparan rotor.

Tegangan (*Voltage*) adalah dorongan atau tenaga untuk memungkinkan terjadinya aliran arus listrik¹⁸. Tegangan dinyatakan dalam satuan *volt*. Besaran ini mengukur energi potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik. Tergantung pada perbedaan potensial listriknya, suatu tegangan listrik dapat dikatakan sebagai ekstra rendah, rendah, tinggi atau ekstra tinggi. Secara definisi tegangan listrik menyebabkan objek bermuatan listrik negatif tertarik dari tempat bertegangan rendah menuju tempat bertegangan lebih tinggi.

¹⁸ Jalius Jama, wagino, *Op. Cit*, hal 87.

Sehingga arah arus listrik konvensional di dalam suatu konduktor mengalir dari tegangan tinggi menuju tegangan rendah.

Tegangan yang masuk ke kumparan rotor bersifat *variabel* (tidak tetap). Besar dan kecilnya tegangan yang masuk ke kumparan rotor inilah yang dapat dikendalikan untuk mengatur seberapa besar *output* (putaran) yang dihasilkan.

Untuk mengatur besar kecilnya tegangan yang masuk ke kumparan rotor, bisa dilakukan dengan menggunakan tahanan (*resistance*) yang bersifat *variabel*.

Tahanan (*resistance*) adalah derajat kesulitan dari arus listrik (elektron-elektron) mengalir melalui suatu benda. Tahanan listrik dinyatakan dengan *resistance* (R) dan satuan *ohm* (Ω). Satu ohm adalah tahanan yang mampu menahan arus yang mengalir sebesar 1Ampere dengan tegangan 1volt. Besar kecilnya tahanan tergantung pada sifat-sifat logam yang dipakai sebagai bahan resistor, Panjangnya kawat resistor yang digunakan, dan Besarnya penampang kawat resistor yang dilalui arus listrik.

Tahanan berfungsi untuk membatasi arus/menurunkan tegangan yang masuk kedalam rangkaian¹⁹. Secara garis besar tahanan dibagi menjadi dua jenis, yaitu tahanan tetap dan tahanan variabel. Tahanan tetap merupakan tahanan yang mempunyai nilai hambatan tetap.

¹⁹ Yunan Ginting, *Listrik Otomotif*, (Bandung: Angkasa, 1998) Hal: 1.

Biasanya terbuat dari karbon, kawat atau panduan logam. Pada resistor tetap nilai Resistansi biasanya ditentukan dengan kode warna. Sedangkan tahanan variabel adalah tahanan yang nilai hambatannya dapat berubah atau dapat diubah. Ada bermacam-macam resistor variabel antara lain: potensiometer, trimpot, PTC (*Positif Temperature Control*), NTC (*Negatif Temperature Control*), LDR (*Ligth Depending Resistor*).

F. Kendali Mesin Listrik DC

Mesin listrik DC sangat dikenal karena pemakaiannya yang beragam. Dengan melakukan berbagai penggabungan lilitan medan magnet yang dipasang secara terpisah maupun sendiri, sehingga dapat dirancang suatu mesin listrik yang menampilkan karakteristik voltmeter atau kecepatan momen yang bermacam-macam bagi penggunaan dinamik maupun konstan. Mesin listrik sering digunakan pada pemakaian yang memerlukan rentang kecepatan yang lebar atau pengaturan yang cermat pada keluarannya. Mesin listrik dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yakni generator listrik dan motor listrik²⁰.

Dalam pemakaiannya mesin listrik bisa saling menukar baik menjadi motor maupun menjadi generator, karena kontruksi motor dan Generator memiliki kesamaan²¹. Motor listrik dan generator listrik adalah penerapan prinsip kemagnetan dari mesin listrik. Pada motor listrik putaran motor

²⁰ Fitzgerald. A. E, *Op. Cit*, Hal: 55.

²¹ Hyundai Motor Company, *Op. Cit*, Hal: 93.

yang dihasilkan sangat tergantung dari interaksi medan magnet. Sama seperti generator, agar motor bisa lebih bertenaga magnet permanen dapat diganti dengan electromagnet yang disebut dengan gulungan magnet. Keuntungan dari gulungan magnet adalah medan magnet yang dihasilkan dapat lebih besar dari magnet permanen, selain itu gulungan magnet juga dapat diatur besar kecilnya medan magnet dengan cara mengatur tegangan yang masuk.

Salah satu kelebihan yang dimiliki mesin listrik DC adalah memiliki *range* pengaturan *output* kecepatan lebih lebar. Hal ini yang membuat mesin listrik DC lebih mudah untuk dikendalikan. Secara umum ada 2 cara untuk mengendalikan kecepatan pada mesin listrik ini yaitu:

1. Dengan mengatur kekuatan tegangan pada rotor untuk memotong induksi magnet pada stator.
2. Dengan mengatur kekuatan tegangan pada stator. Makin besar tegangan yang diberikan maka, makin besar pula induksi magnet yang dihasilkan stator. Ini bisa dilakukan apabila mesin listrik menggunakan magnet listrik.

Untuk menerapkan cara mengendalikan kecepatan pada mesin listrik saat bekerja sebagai motor listrik bisa dengan menggunakan komponen-komponen elektronika seperti resistor *varaibel* (hambatan yang dapat berubah) untuk dapat mengatur besarnya tegangan yang masuk ke rotor koil maupun stator koil pada unit motor DC tersebut.

G. Pengukuran Listrik

Pengukuran adalah suatu perbandingan antara suatu besaran dengan besaran lain yang sejenis secara eksperimen dan salah satu besaran dianggap sebagai besaran standar. Sebagai pembanding digunakan suatu alat ukur yang sudah di kalibrasi.

Dalam suatu sistem kelistrikan, pengukuran merupakan kegiatan yang penting. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui besaran-besaran listrik seperti tegangan, arus, hambatan, faktor daya, daya, dll. Daya dalam arus searah dapat diukur dengan alat pengukur volt dan alat pengukur amper, yang dihubungkan²². Dari hasil pengukuran ini, orang yang mengukur dapat menganalisis keadaan, keandalan, kerusakan, dan kerugian yang terdapat pada sistem kelistrikan.

Proses pengukuran dalam sistem tenaga listrik merupakan salah satu prosedur standar yang harus dilakukan. Karena melalui pengukuran akan diperoleh besaran-besaran yang diperlukan, baik untuk pengambilan keputusan dan instrumen kontrol maupun hasil yang diinginkan oleh seorang *user* (pengguna).

²²Sri Waluyanti, *Alat Ukur Dan teknik Pengukuran Jilid 2*, (Bandung: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2010) Hal: 163.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat Dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

Tempat penelitian sistem kendali pada konsep sepeda motor hibrid dilakukan di laboratorium otomotif Universitas Negeri Jakarta.

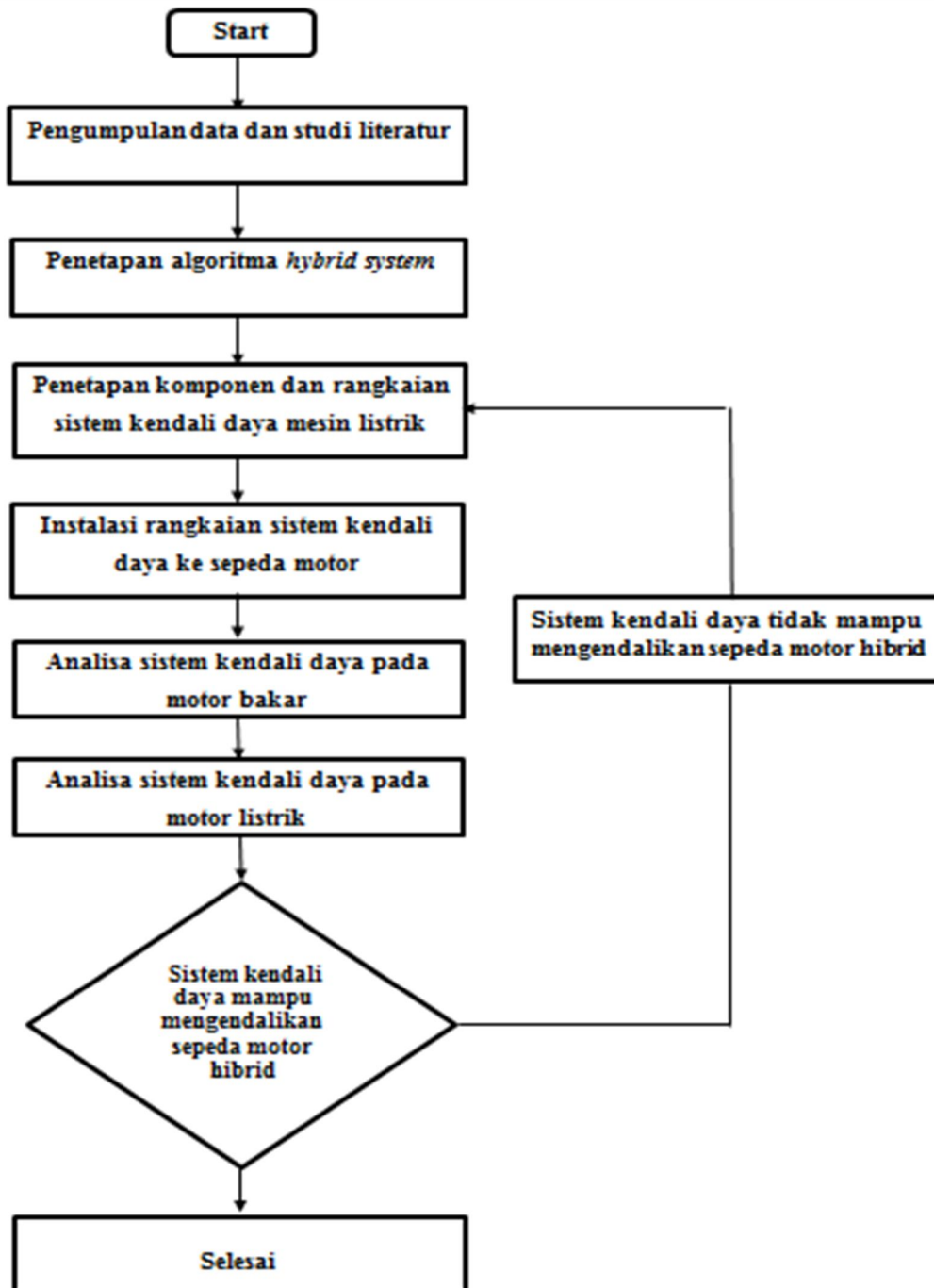
2. Waktu penelitian

Penelitian sistem kendali pada konsep sepeda motor hibrid dilakukan pada bulan Desember 2013 sampai dengan bulan Mei 2014

B. Metode Penelitian

Untuk memperoleh data yang objektif dan terbukti secara empiris, maka dalam penelitian ini digunakan metode penelitian eksperimen. Penggunaan metode penelitian eksperimen dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data dan studi literatur, penetapan algoritma sistem *hybrid*, Penetapan komponen dan pembuatan rangkaian sistem kendali daya mesin listrik, Instalasi rangkaian sistem kendali daya ke sepeda motor , analisa sistem kendali daya pada motor bakar, analisa sistem kendali daya

pada mesin listrik, kesimpulan. Jalannya penelitian seperti digambarkan pada alur penelitian di bawah ini:



Gambar 3.1 Skema prosedur penelitian

C. Instrumen Penelitian

Instrumen merupakan bahan penelitian dan peralatan uji yang digunakan untuk melakukan penelitian dan pengujian.

1. Bahan Penelitian

a. Sepeda Motor

Sepeda motor yang digunakan pada perancangan ini adalah sepeda motor 4 tak *type cube*, dengan spesifikasi sebagai berikut ²³:

Tabel 3.1 Spesifikasi Sepeda Motor

Produsen	Kawasaki Motor
Merk	Athelete
Daya Maksimum	9,702 HP/8.000 RPM
Torsi Maksimum	8.6 N.m/6.000 RPM
Tipe Transmisi	Tipe Rotari 4 <i>Speed</i>
Dimensi (P x L x T)	1.240 x 695 x 970 mm
Berat Maksimum	104 Kg
Dimensi Ban Belakang	80/90-17
Keliling Ban	1,82 m
Tipe <i>final drive</i>	<i>Chain Drive</i>
Rasio <i>final drive</i>	3
Sudut putar handle gas	65° (<i>freeplay</i> 5°)
Panjang tali gas	50 mm

²³ Spesifikasi Motor Kawasaki Athelete: <http://www.motorkawasaki.com/product/AX125B/kawasaki-Athelete.html> (diakses tanggal 17 Mei 2014)

b. Mesin Listrik

Mesin Listrik yang digunakan, disesuaikan dengan daya maksimum dari sepeda motor tersebut dan karakteristik beban motor. Mesin DC yang digunakan pada perancangan ini adalah motor listrik tipe magnet parmanen yang akan di fungsikan sebagai mesin DC (dapat menjadi generator DC dan motor DC), dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.2 Spesifikasi Mesin Listrik

Produsen	Deeyang corporation
Tegangan	180 V
Kuat Arus	4 A
Daya	1,2 Hp
Kecepatan	4000 Rpm

c. Baterai

Baterai pada penelitian ini digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan generator dan energi yang disimpan tersebut akan digunakan untuk menggerakkan motor listrik

Tabel 3.3 Spesifikasi Baterai

Jenis Baterai	GS Batery tipe Premium/MF
Tipe Baterai	12 V, 40 Ah

d. Rangkaian Sistem Kendali

Rangkaian sistem kendali ini adalah rangkaian yang sengaja dirancang. Rangkaian dibuat untuk mengendalikan mesin listrik kapan bekerja sebagai generator dan kapan bekerja sebagai motor, serta mampu mengendalikan output generator sebelum disimpan ke baterai dan mampu mengendalikan putaran motor listrik saat bekerja sebagai penggerak *independent*. Rangkaian yang dibuat selain menyesuaikan dengan mesin listrik dan baterai juga harus menyesuaikan dengan kerja motor bakar. Berikut hal yang harus diperhatikan dalam membuat rangkaian kendali daya:

1. Rangkaian mampu menggerakkan motor listrik dengan spesifikasi seperti tabel 3.2
2. Rangkaian mampu mengatur *output* generator untuk berada pada tegangan 14,4 volt dan pada arus 10-30% dari kapasitas baterai
3. Rangkaian mampu menyesuaikan putaran motor listrik dengan putaran motor bakar

Komponen yang digunakan untuk mengatur variabel putaran motor adalah sebuah potensiometer dengan spesifikasi:

Tabel 3.4 Spesifikasi Resistor Variabel

Jenis resistor Variabel	Potensiometer
Hambatan maksimum	500 K Ohm
Panjang sudut putar	270°

e. Inverter

Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak balik (AC). Inverter mengkonversi dari DC perangkat seperti baterai, panel surya / solar cell menjadi AC. Pada sistem pengendalian kecepatan motor listrik, tegangan yang dibutuhkan adalah arus DC, maka keluaran dari inverter yang merupakan arus AC harus disearahkan menjadi DC menggunakan rangkaian *rectifier*²⁴.

2. Peralatan Uji

a. Tachometer

Tachometer adalah suatu alat uji yang dibuat dan didesain untuk mengukur kecepatan putaran pada sebuah objek, seperti halnya dengan alat yang mengukur putaran mesin per menit (RPM) pada kendaraan bermotor.

Pada penelitian ini *tachometer* digunakan untuk mengetahui kecepatan pada motor bakar maupun motor listrik, serta

²⁴ Dimasyqi Zulkha, *Rancang Bangun Sistem Pengendalian Kecepatan Motor DC Dengan Menggunakan Metode Pengendali PID Pada Mobil Listrik (ZEC-01)*, Artikel Otomotif

mengetahui kecepatan roda baik saat digerakan oleh motor bakar maupun motor listrik.

b. Multimeter

Multimeter adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur arus, tegangan, dan resistansi atau ketahanan pada rangkaian atau komponen kelistrikan²⁵.

Pada penelitian ini *multimeter* digunakan untuk mengukur besaran tegangan dan arus yang masuk ke motor listrik dan mengukur besaran arus dan tegangan yang keluar dari generator listrik.

D. Prosedur Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian ini dilakukan tahap sebagai berikut:

1. Pengumpulan data dan studi literatur

Pengumpulan data dan studi literatur yang berkaitan sepeda motor dan sistem kendalinya, konsep sistem kendali pada motor hibrid, dan mesin listrik.

2. Penetapan algoritma sistem hibrid

Penetapan algoritma sistem hibrid pada sepeda motor mengacu kepada konsep awal kendaraan hibrid yang digunakan pada *Toyota Hybrid System (THS)*, yakni penggabungan dua sumber gerak di dalam sebuah kendaraan, dimana penggerak

²⁵ Sri Waluyanti, *Alat Ukur Dan teknik Pengukuran Jilid 1*, (Bandung: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008) Hal: 43.

kedua (motor listrik) memperoleh energi masukan dari penggerak utama (motor bakar)²⁶. Algoritma sistem hibrid yang akan diterapkan pada sepeda motor adalah:

a. Kondisi I (Generator)

Pada kondisi ini, motor bakar bekerja untuk menggerakkan sepeda motor dan di saat yang bersamaan mesin listrik berfungsi sebagai generator untuk menghasilkan energi listrik yang kemudian disimpan di dalam baterai.

b. Kondisi II (Motor)

Pada saat saklar *hybrid* di hidupkan yang terjadi pada kondisi ini adalah mesin listrik bekerja sebagai motor listrik. motor bakar berhenti bekerja, selanjutnya motor listrik bekerja sendiri (*independent*) dalam menggerakkan sepeda motor, sehingga sepeda motor tetap dapat bergerak meskipun motor bakar tidak berfungsi. Pada kondisi ini posisi gigi sepeda motor dalam keadaan netral.

3. Penetapan komponen dan pembuatan rangkaian sistem kendali daya mesin listrik

Untuk membuat rangkaian sistem kendali daya mesin listrik diperlukan komponen-komponen baik komponen elektronika maupun otomotif, komponen tersebut diantaranya:

²⁶ Toyota Motor Corporation, *Toyota Hybrid System* (Tokyo: Public Affairs Division, 2003) Hal. 2

- *Dioda Bridge* : sebagai penyearah (*rectifier*)
- *Diac* : salah satu jenis dioda schottky (SCR) yang berfungsi sebagai pengendali²⁷.
- *Fuse* : Untuk pengaman rangkaian
- *Resistor* : komponen elektronika yang berfungsi sebagai hambatan²⁸.
- *Kapasitor* : komponen elektronika yang dapat menyimpan energi dalam medan listrik, dengan mengumpulkan ketidakseimbangan internal dalam muatan listrik²⁹.
- *Potensiometer* : jenis resistor yang nilai resistansi nya dapat diatur sesuai dengan keinginan operator³⁰.

4. Instalasi rangkaian sistem kendali daya ke sepeda motor

Rangkaian yang telah dibuat rapih didalam kotak diinstalasi pada sepeda motor, dengan menghubungkan kabel dari rangkaian ke kabel input motor listrik yang telah terpasang pada sepeda motor. Selanjutnya potensiometer yang digunakan untuk mengendalikan tegangan yang masuk ke motor listrik dikaitkan dengan kabel gas agar putaran dapat dikendalikan melalui putaran *handle gas*.

²⁷ Woollard, *Elektronika Praktis*(Terjemahan) (Jakarta: PT.Pradnya Paramita, 1988).Hal.18

²⁸ *Ibid.* Hal.9

²⁹ *Ibid.* Hal.19

³⁰ *Ibid.* Hal.12

Sementara itu kabel output generator pada kotak rangkaian di hubungkan pada masing-masing terminal baterai.

5. Analisa sistem kendali daya pada motor bakar

Motor bakar bekerja menggerakkan sepeda motor dan generator listrik. Hasil dari kerja motor bakar adalah Bergeraknya sepeda motor dan generator menghasilkan energi listrik. Langkah-langkah yang digunakan untuk mengkaji kerja motor bakar sebagai input dari generator listrik adalah:

- a. Penetapan kecepatan sepeda motor (v)

$$v = \frac{s}{t} \dots\dots\dots(3.1)$$

- b. Jarak tempuh (s)
- c. Waktu tempuh (t)
- d. Gaya yang bekerja pada sepeda motor (F)
- e. Kecepatan putar roda belakang ($\omega_{Roda\ Belakang}$)
- f. Kecepatan putar motor bakar (ω_{Engine})
- g. Kerja motor bakar (W)
- h. Daya motor bakar (P)
- i. Torsi di roda belakang ($T_{Roda\ Belakang}$)
- j. Besar sudut putar handle gas pada kecepatan tertentu

Generator listrik di rangkai bersama *final drive* sepeda motor, sehingga *output* generator listrik berkaitan dengan kecepatan putar roda belakang. Langkah mengkaji *output* generator listrik adalah:

- a. Tegangan output generator (E)

Persamaan tegangan *output* generator listrik adalah:

$$E = K \cdot \omega \dots \dots \dots (3.2)^{31}$$

Dimana : K = Konstanta generator listrik

- b. Kuat arus *output* dari generator (I)

Kuat arus *output* generator adalah:

$$I = \frac{T}{K} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana : T = Torsi di rotor generator

- c. Daya generator listrik

Daya generator berkaitan dengan V_{output} dan I_{output} , persamaan matematisnya:

$$P_{generator} = I_{output} \cdot V_{output} \dots \dots \dots (3.4)$$

6. Analisa sistem kendali daya pada motor listrik

Motor listrik bekerja sebagai penggerak untuk menggantikan peran motor bakar. Langkah-langkah untuk mengkaji kerja motor listrik sebagai penggerak tunggal adalah:

- a. Penetapan nilai konstanta motor listrik

Nilai konstanta motor listrik dapat diketahui dengan persamaan

$$K = \frac{V_{input}}{\omega} \dots \dots \dots (3.5)$$

³¹ Tesis Mohammed S. Z. Saleh, *Parameters Identification of A Permanent Magnet DC Motor* (Gaza: The Islamic University of Gaza 2009) hal.18

b. Perhitungan nilai kecepatan motor listrik (ω_{motor})

Kecepatan putar motor listrik dapat diketahui dengan persamaan

$$\omega = \frac{V_{input}}{K} \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana : V_{input} adalah tegangan yang masuk ke motor listrik.

c. Perhitungan nilai torsi motor listrik (T_{motor})

Torsi motor listrik dapat diketahui dengan persamaan

$$T_{motor} = K \cdot I_{input} \dots \dots \dots (3.7)^{32}$$

Dimana : I_{input} adalah kuat arus yang masuk ke motor listrik.

d. Daya motor listrik

Daya motor listrik berkaitan dengan V_{input} dan I_{input} , persamaannya matematisnya:

$$P_{motor} = I_{input} \cdot V_{input} \dots \dots \dots (3.8)$$

e. Perhitungan besar sudut handle gas pada kecepatan tertentu.

³² *Ibid.* Hal 17.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Sistem Kendali Daya Motor Bakar

1. Analisa sistem kendali motor bakar pada kondisi *final drive standard*

Pada kondisi *steady state driving* ($\alpha = 0$) dengan total massa pengendara dan perlengkapan unit mesin listrik sebesar 76 kg, maka kerja yang dibutuhkan pada sepeda motor untuk tiap kecepatan tertentu pada kondisi jalan mendatar adalah:

Diketahui:

$$M_{\text{total}} = M_{\text{kendaraan}} + M_{\text{pengendara}}$$

$$M_{\text{total}} = 104 + 56 = 160 \text{ kg}$$

$$\mu_{\text{kinetis}} = 0,06$$

$$\text{Keliling Roda Belakang (K}_{\text{RB}}) = 1,82 \text{ m}$$

$$F = M \times \mu_{\text{kinetis}} \times g = 180 \text{ kg} \times 0,05 \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 94,18 \text{ N}$$

Dengan kecepatan 10 km/jam, maka kerja pada sepeda motor adalah:

$$W = F \times s = 94,18 \text{ N} \times 10.000 \text{ m} = 941,76 \text{ kJ}$$

Daya pada sepeda motor adalah:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{941760 \text{ Joule}}{3.600 \text{ detik}} = 261,6 \text{ Watt} = 0,35 \text{ HP}$$

Besarnya torsi di roda belakang:

Analisa sudut putar *handle* gas pada *final drive standard* dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1. Analisa sudut putar *handle* gas berdasarkan beban kerja motor bakar pada *final drive standard*

Speed (km/jam)	Gaya (Newton)	Kerja (kJ)	Daya (Watt)	Putaran RB (RPM)	Sudut gas (°)
0	0	0	0	0	5
10	94,18	941,76	248,52	91,58	9
15	94,18	1412,64	372,78	137,36	13
20	94,18	1883,52	497,04	183,15	17
25	94,18	2354,40	621,30	228,94	21
30	94,18	2825,28	745,56	274,73	25
35	94,18	3296,12	869,82	320,51	29
40	94,18	3767,04	994,08	366,3	33
45	94,18	4237,92	1118,34	412,09	37
50	94,18	4708,08	1242,60	457,88	41
55	94,18	5179,68	1366,86	503,66	45
60	94,18	5650,56	1491,12	549,45	49
65	94,18	6121,44	1615,38	595,24	53
70	94,18	6592,32	1739,64	641,03	57
75	94,18	7063,20	1863,90	686,81	61
80	94,18	7534,58	1988,16	732,60	65

2. Analisa sistem kendali motor bakar pada kondisi *final drive hybrid*

Model *final drive* sepeda motor dimodifikasi agar mesin listrik yang digunakan dapat bekerja saat sepeda motor bergerak. Pada model *final drive* baru, dengan asumsi efisiensi mekanis *final drive* sebesar

90%, maka besarnya daya di sepeda motor pada kecepatan 10 km/jam adalah:

$$P = \frac{W}{t} \times 90\% = \frac{941760 \text{ Joule}}{3.600 \text{ detik}} \times 90\% = 235,44 \text{ Watt} = 0,31 \text{ HP}$$

Besarnya torsi pada roda belakang:

Analisa sudut putar *handle* gas pada *final drive hybrid* dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2. Analisa sudut putar *handle* gas berdasarkan beban kerja motor bakar pada *final drive hybrid*

Speed (km/jam)	Gaya (Newton)	Kerja (kJ)	Daya (Watt)	Putaran RB (RPM)	Putaran sudut gas (°)
0	0	0	0	0	5
10	94,18	941,76	235,44	91,58	9
15	94,18	1412,64	353,16	137,36	13
20	94,18	1883,52	470,88	183,15	17
25	94,18	2354,40	588,60	228,94	21
30	94,18	2825,28	706,32	274,73	25
35	94,18	3296,12	824,04	320,51	29
40	94,18	3767,04	1059,48	366,3	33
45	94,18	4237,92	1177,20	412,09	37
50	94,18	4708,08	1294,92	457,88	41
55	94,18	5179,68	1412,64	503,66	45
60	94,18	5650,56	1530,36	549,45	49
65	94,18	6121,44	1648,08	595,24	53
70	94,18	6592,32	1765,80	641,03	57
75	94,18	7063,20	1883,52	686,81	61
80	94,18	7534,58	1.939,36	732,60	65

Nilai kecepatan diketahui dengan persamaan 3.1 dimana untuk jarak tempuh (s) dapat diketahui dari hasil perkalian putaran roda belakang, dimensi ban, dan waktu.

$$s = n \times d \times 60$$

$$s = 91,58 \times 1,82 \times 60 = 10.000 \text{ meter}$$

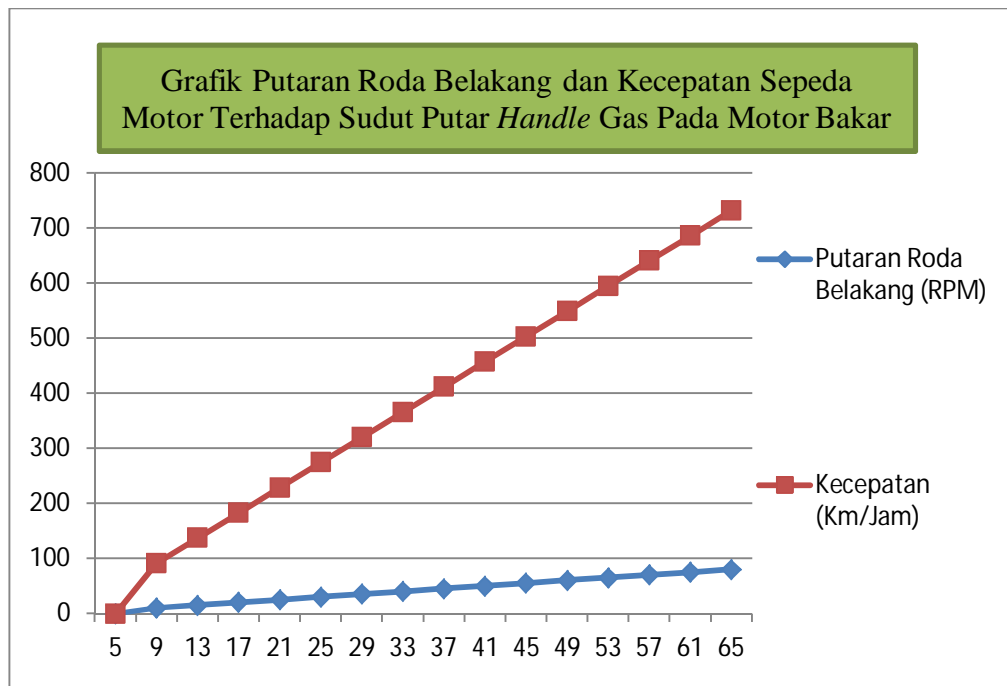
$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{10.000}{3600} = 2,78 \text{ m/s}$$

Jika dikonversi ke Km/Jam Maka:

$$v = \frac{2,78}{0,278} = 10 \text{ Km/Jam}$$

Tabel 4.2 dalam bentuk grafik perbandingan antara putaran roda belakang dan kecepatan sepeda motor dengan besar sudut *handle* gas pada motor bakar.



Gambar 4.1. Grafik perbandingan putaran roda belakang dan kecepatan sepeda motor terhadap sudut putar *handle gas* pada motor bakar

Pada gambar 4.1 terlihat bahwa kecepatan sepeda motor *linier* terhadap besar sudut *handle gas*.

3. Analisa daya *output* generator berdasarkan *input* putaran motor bakar

Berdasarkan sambungan rantai final drive pada sepeda motor hibrid generator akan berputar mengikuti putran pada roda belakang. Maka tegangan, Kuat arus, dan daya output pada generator dapat diketahui dengan persamaan 3.2, 3.3, dan 3.4 namun sebelum mengetahui hal tersebut nilai konstanta generator harus terlebih dahulu

diketahui. untuk mengetahui nilai konstanta generator dapat menggunakan persamaan 3.5.

Berdasarkan pengujian nilai konstanta diketahui dari tabel 4.3

Tabel 4.3. Pengujian untuk mengetahui nilai konstanta

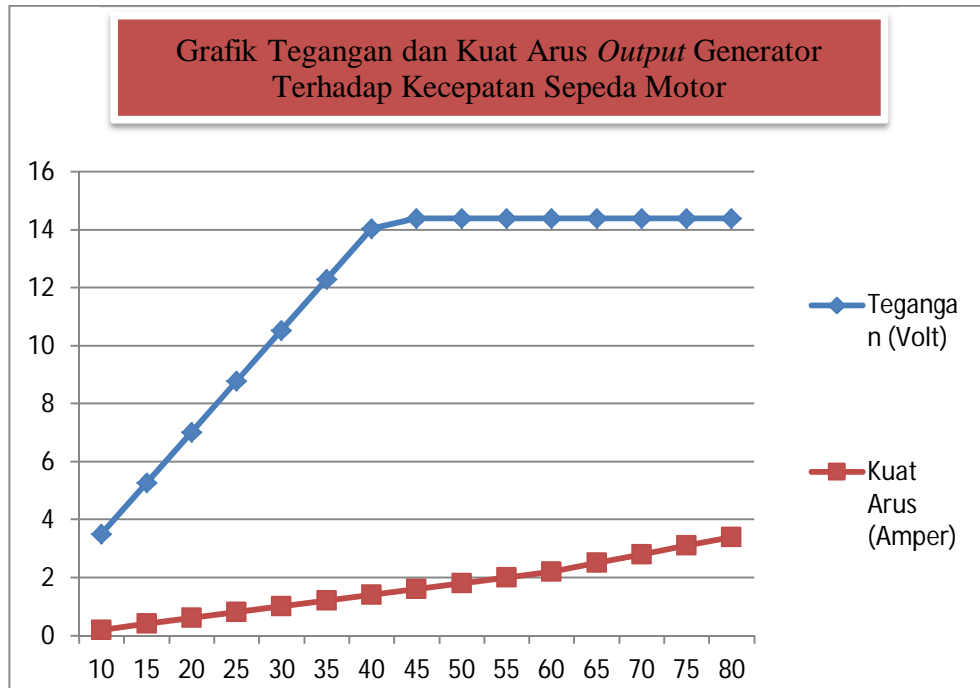
NO	V	RPM	RAD/S	NO	V	RPM	RAD/S
1	230	6330	662,8966	23	105	2900	303,6649
2	220	6000	628,2723	24	100	2755	288,4817
3	210	5755	602,6178	25	95	2555	267,5393
4	200	5640	590,5759	26	90	2447	256,2304
5	195	5400	565,445	27	85	2331	244,0838
6	190	5200	544,5026	28	80	2181	228,377
7	185	5050	528,7958	29	75	2058	215,4974
8	180	4960	519,3717	30	70	1848	193,5079
9	175	4800	502,6178	31	65	1736	181,7801
10	170	4650	486,911	32	60	1616	169,2147
11	165	4550	476,4398	33	55	1502	157,2775
12	160	4455	466,4921	34	50	1387	145,2356
13	155	4252	445,2356	35	45	1260	131,9372
14	150	4130	432,4607	36	40	1100	115,1832
15	145	3945	413,089	37	35	967	101,2565
16	140	3856	403,7696	38	30	801	83,87435
17	135	3718	389,3194	39	25	664	69,5288
18	130	3534	370,0524	40	20	541	56,64921
19	125	3370	352,8796	41	15	412	43,14136
20	120	3276	343,0366				
21	115	3152	330,0524	Total	4745		12961,6
22	110	3029	317,1728	Rata-Rata	115,732		316,136

$$K = \frac{V_{input}}{\omega} = \frac{115,732}{316,136} = 0,366 \text{ N.m} - A$$

Tabel 4.4. Perbandingan kecepatan, tegangan, dan kuat arus generator

Speed (km/jam)	Putaran RB (RPM)	Putaran sudut gas (°)	Putaran RB (Rad/s)	Torsi RB (N.m)	K factor (N.m- A)	Tegangan (volt)	Kuat arus (A)	Daya generator (W)
0	0	5	0	0	0,366	0	0	0
10	91,58	9	9,590533	23,03	0,366	3,510135	0,2	0,702027
15	137,36	13	14,384752	23,03	0,366	5,264819	0,4	2,105928
20	183,15	17	19,180019	23,03	0,366	7,019887	0,6	4,211932
25	228,94	21	23,975285	23,03	0,366	8,774954	0,8	7,019964
30	274,73	25	28,770552	23,03	0,366	10,53002	1	10,53002
35	320,51	29	33,564771	23,03	0,366	12,28471	1,2	14,74165
40	366,3	33	38,360038	23,03	0,366	14,03977	1,4	19,65568
45	412,09	37	43,155304	23,03	0,366	14,4	1,6	23,04
50	457,88	41	47,950571	23,03	0,366	14,4	1,8	25,92
55	503,66	45	52,74479	23,03	0,366	14,4	2	28,8
60	549,45	49	57,540057	23,03	0,366	14,4	2,2	31,68
65	595,24	53	62,335323	23,03	0,366	14,4	2,5	36
70	641,03	57	67,13059	23,03	0,366	14,4	2,8	40,32
75	686,81	61	71,924809	23,03	0,366	14,4	3,1	44,64
80	732,6	65	76,720075	23,03	0,366	14,4	3,4	48,96

Tabel 4.4 dalam bentuk grafik tegangan dan kuat arus *output* generator terhadap kecepatan sepeda motor



Gambar 4.2. Grafik perbandingan antara tegangan dan kuat arus *output* generator terhadap kecepatan sepeda motor

Dari tabel 4.4 diketahui bahwa *output* tegangan generator khususnya pada kecepatan 45 Km/jam keatas melewati batas maksimum pengisian baterai yakni 14,4 volt. Oleh sebab itu, rangkaian harus dibuat mampu menahan tegangan dan arus *output* generator untuk nilai tegangan tetap stabil pada 14,4

Berdasarkan data pada tabel 4.4, maka lama waktu pengisian pada kecepatan tertentu dapat diketahui.

Arus yang dihasilkan pada putaran roda belakang 366,3 RPM

$$\text{Lama Pengisian (h)} = \frac{\text{Kapasitas Baterai (Ah)}}{\text{Kapasitas Charger (A)}}$$

$$h = \frac{40}{1,4} = 28,5 \text{ Jam}$$

$$28,5 \times 60 = 1710 \text{ Menit} \text{ Atau } 28 \text{ jam } 30 \text{ menit}$$

jadi, waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai pada roda belakang 336,3 RPM adalah 28 jam 30 menit.

Sementara arus yang dihasilkan pada putaran roda belakang 732,6 RPM

$$\text{Lama Pengisian (h)} = \frac{\text{Kapasitas Baterai (Ah)}}{\text{Kapasitas Charger (A)}}$$

$$h = \frac{40}{3,4} = 11,7 \text{ Jam}$$

$$28,5 \times 60 = 702 \text{ Menit} \text{ Atau } 11 \text{ jam } 42 \text{ menit}$$

jadi, waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai pada putaran roda belakang 732,6 RPM adalah 11 jam 42 menit.

B. Analisa Sistem Kendali Daya Motor Listrik

1. Analisa kecepatan motor listrik

Analisa kecepatan motor listrik ini diperlukan untuk mengetahui sebesar apa putaran motor listrik pada tegangan dan kuat arus tertentu. Hasil analisa kecepatan dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Analisa kecepatan motor listrik

tegangan Input (V)	K faktor (N.m-A)	Putaran (Rad/s)	Putaran (RPM)	reduce 3 (RPM)
0	0	0	0	0
10	0,366	27,3224	260,9016	86,96721
20	0,366	54,64481	521,8033	173,9344
30	0,366	81,96721	782,7049	260,9016
40	0,366	109,2896	1043,607	347,8689

➤ Kecepatan putar (ω)

Kecepatan putar dengan satuan Rad/s diketahui dengan menggunakan persamaan 3.6. karena putaran disini masih menggunakan satuan Rad/s, maka Putaran dikonversi ke satuan Rpm dengan cara:

$$speed \left(\frac{rad}{s} \right) \times 9,549$$

Dimana : 9,549 adalah nilai konversi Rad/s ke Rpm

Setelah didapat nilai putaran dengan satuan Rpm, selanjutnya nilai tersebut di bagi 3, dimana 3 tersebut merupakan nilai gear reduksi yang terpasang pada motor listrik dengan rasio gigi 72/24.

2. Analisa kecepatan pada sepeda motor berpengerak motor listrik

Analisa ini diperlukan untuk mengetahui seberapa besar kecepatan (*velocity*) sepeda motor yang berpengerak motor listrik dalam satuan km/jam.

Tabel 4.6. Analisa kecepatan sepeda motor berpengerak motor listrik

tegangan Input (V)	K faktor (N.m-A)	Putaran (Rad/s)	Putaran (RPM)	reduce 3 (RPM)	Rasio	kecepatan (Km/jam)
0	0	0	0	0	0	0
10	0,366	27,3224	260,9016	86,96721	7,2	4,096156
20	0,366	54,64481	521,8033	173,9344	7,2	8,192311
30	0,366	81,96721	782,7049	260,9016	7,2	12,28847
40	0,366	109,2896	1043,607	347,8689	7,2	16,38462

Nilai kecepatan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan

$$v = \frac{60 \times 3,14 \times D \times N}{1000 \times Rasio} \dots\dots\dots(4.1)$$

- Dimana:
- v = Kecepatan (km/jam)
 - D = Diameter roda (m)
 - N = Putaran (Rpm)

Rasio gear pada final drive sistem *hybrid*

$$Rasio_{total} = Rasio_{reduksi} \times Rasio_{gearbelakang}$$

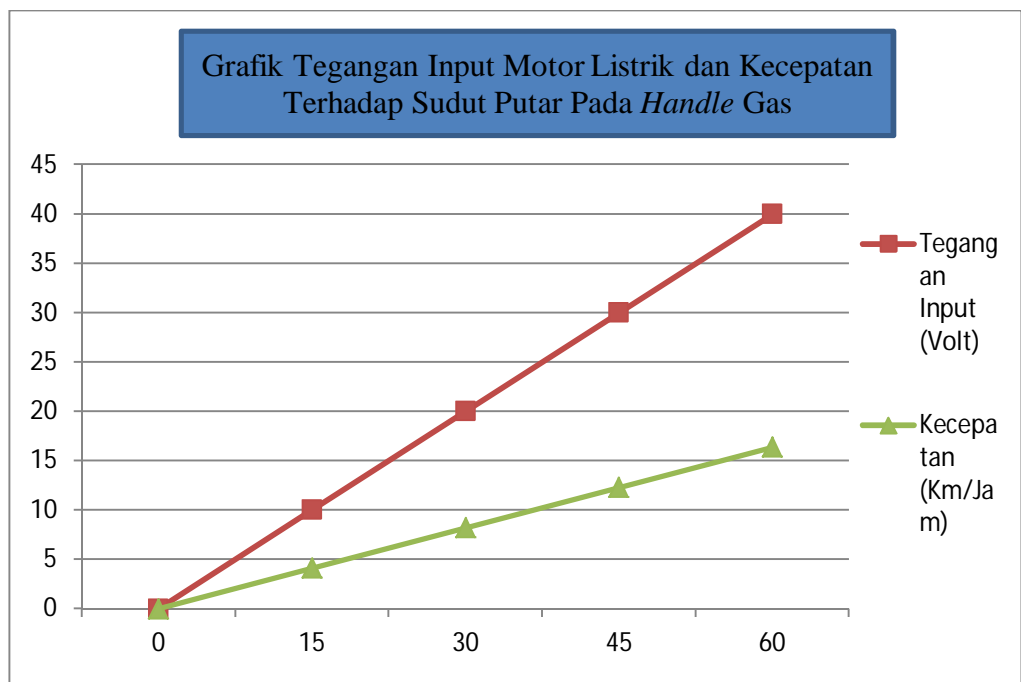
$$Rasio_{total} = \frac{72}{24} \times \frac{34}{14} = 7,2$$

3. Analisa sudut putar potensiometer dengan *handle gas*

Tabel 4.7. analisa sudut putar potensiometer dengan *handle gas*

tegangan input (V)	K faktor (N.m-A)	speed (Rad/s)	Speed (RPM)	reduce 3 (RPM)	Arus	Speed (Km/jam)	sudut putar potensiometer (°)	konversi sudut putar potensiometer ke <i>handle gas</i> (°)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,366	27,3224	260,9016	86,96721	9	4,096156	15	15
20	0,366	54,64481	521,8033	173,9344	4,5	8,192311	30	30
30	0,366	81,96721	782,7049	260,9016	4,5	12,28847	45	45
40	0,366	109,2896	1043,607	347,8689	4,5	16,38462	60	60

Tabel 4.7 dalam bentuk grafik perbandingan input motor listrik dan kecepatan terhadap sudut putar pada *handle gas*



Gambar 4.3 Grafik perbandingan antara tegangan input listrik dan kecepatan motor listrik terhadap sudut putar potensiometer.

Setelah sudut potensiometer dikonversi ke sudut handle gas, maka diagram menjadi seperti pada gambar 4.4

Pada konsep sistem kendali daya di sepeda motor hibrid ini, kendali daya motor listrik dibuat sebagaimana konsep kendali sepeda motor (motor bakar) pada umumnya, yakni dengan memanfaatkan tarikan pada *handle* gas yang diputar. Dikarenakan kendali daya motor listrik dan motor bakar dikaitkan pada sebuah grip gas yang sama maka sudut putar potensiometer pun akan mengikuti besarnya sudut putar *handle* gas pada motor bakar yakni sebesar 65° dengan besar sudut *freeplay* 5° .

Potensiometer memiliki sudut putar lebih besar dari pada sudut putar *handle* gas, maka potensiometer tidak dapat digunakan secara keseluruhan (270°), tetapi hanya sekitar 60° .

Pada gambar 4.3 grafik menunjukkan untuk putaran maksimal *handle* gas yakni 60° tegangan yang dialirkan ke motor listrik berkisar 15 Volt dan dapat menggerakkan roda belakang berkisar 347,8 RPM

Berdasarkan data pada tabel 4.7, maka dapat diketahui lama pemakaian baterai pada kecepatan tertentu.

➤ Putaran Roda Belakang 86,9 RPM

$$\text{Lama Pemakaian (h)} = \frac{\text{Daya Baterai}}{\text{Daya Beban}}$$

$$h = \frac{480}{90} = 5,3 \text{ Jam}$$

$$5,3 \times 60 = 318 \text{ Menit Atau 3 jam 18 menit}$$

Jadi, lama pemakaian baterai apabila dipakai pada putaran roda belakang 86,9 RPM adalah 3 Jam 18 Menit.

➤ Putaran Roda Belakang 347,8 RPM

$$\text{Lama Pemakaian (h)} = \frac{\text{Daya Baterai}}{\text{Daya Beban}}$$

$$h = \frac{480}{180} = 2,6 \text{ Jam}$$

$$2,6 \times 60 = 156 \text{ Menit Atau 2 jam 36 menit}$$

Jadi, lama pemakaian baterai apabila dipakai pada putaran roda belakang 347,8 RPM adalah 2 Jam 36 Menit.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa sistem kendali daya pada sepeda motor hybrid maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisa perhitungan, generator mampu menghasilkan *output* tegangan sebesar 3,5 volt pada putaran roda belakang 91,58 RPM.
2. Berdasarkan analisa perhitungan, generator mampu menghasilkan *output* tegangan sebesar 7,01 volt pada putaran roda belakang 183,15 RPM.
3. Berdasarkan analisa perhitungan, generator mampu menghasilkan *output* tegangan sebesar 10,53 volt pada putaran roda belakang 274,73RPM.
4. Berdasarkan analisa perhitungan, generator mampu menghasilkan *output* tegangan sebesar 14, 03 volt pada putaran roda belakang 366,3 RPM.
5. Tegangan *output* dari generator mulai melebihi kapasitas pengisian baterai (*over voltage*) mulai putaran roda belakang lebih dari 412,09 RPM.

6. Tegangan *output* yang mengalir dari generator dapat diturunkan sesuai dengan batas tegangan pengisian baterai yakni sebesar sebesar 14,4 volt.
7. Berdasarkan analisa perhitungan kendali motor, pada sudut 15° pembukaan *handle* gas, maka roda belakang berputar 86,9 RPM.
8. Berdasarkan analisa perhitungan kendali motor, pada sudut 60° pembukaan *handle* gas, maka roda belakang berputar 347,8 RPM.

B. Saran

Setelah merancang, mengaplikasikan, dan mengoprasikan sistem kendali daya pada sepeda motor *hybrid* penulis menemukan beberapa hal yang mungkin bisa dikembangkan lebih lanjut, antara lain:

1. Membuat sistem kendali daya yang lebih baik dan lebih efisien guna memaksimalkan performa dari mesin listrik.
2. Membuat sistem kendali daya dengan sudut putar yang lebih besar lagi.
3. Membuat sistem kendali daya dengan pengembangan sensor elektronik.
4. Memanfaatkan daya yang terbuang dari *output* generator yang melebihi kapasitas baterai.
5. Membuat kendali motor listrik pada *handle* gas yang lebih ringan dengan pegas yang lebih bervariasi.

LAMPIRAN

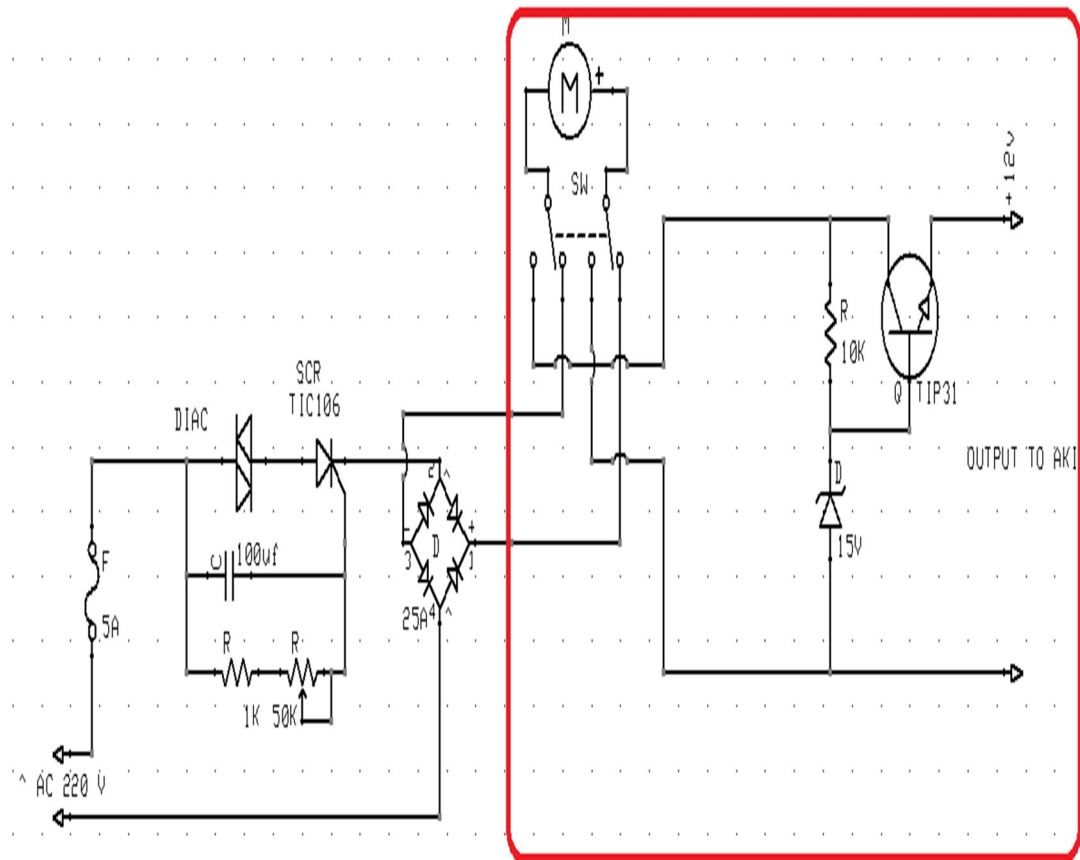
Lampiran 1



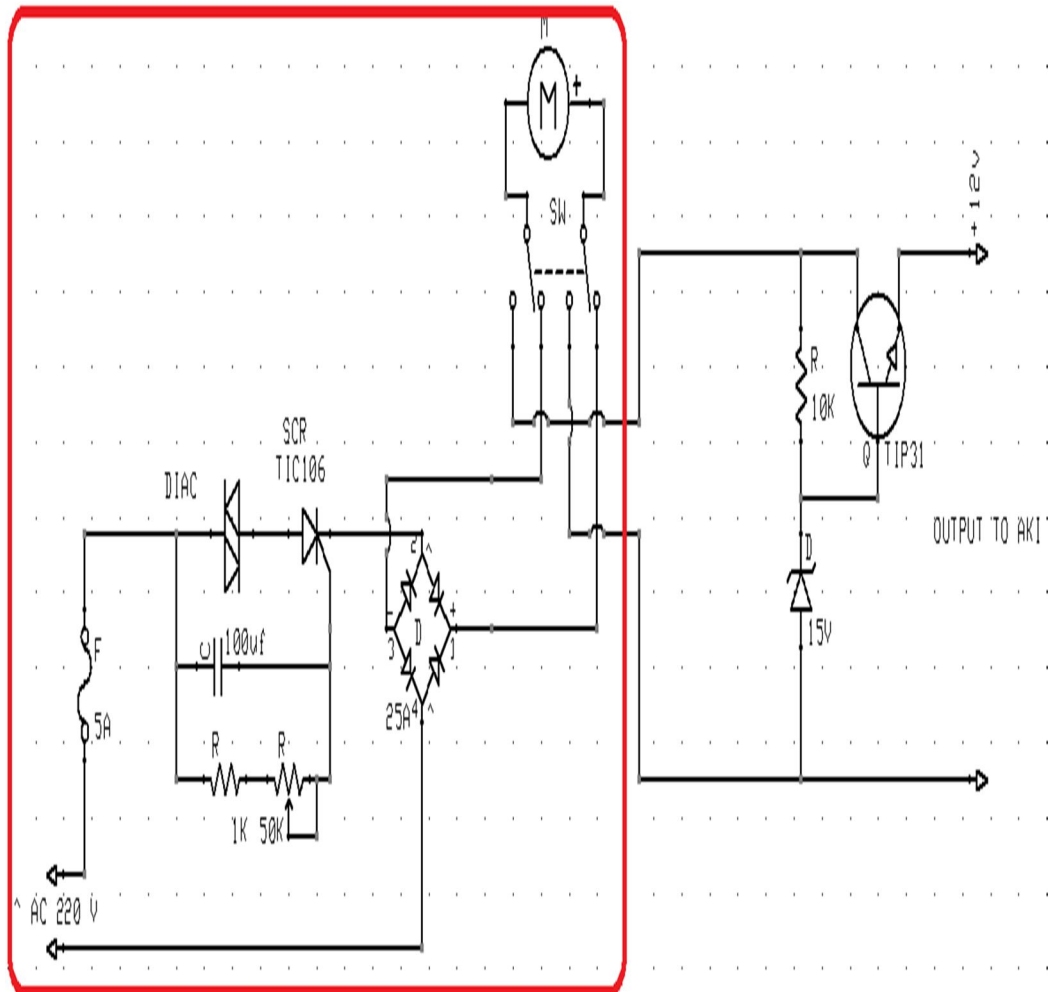
Lampiran 2



Lampiran 3



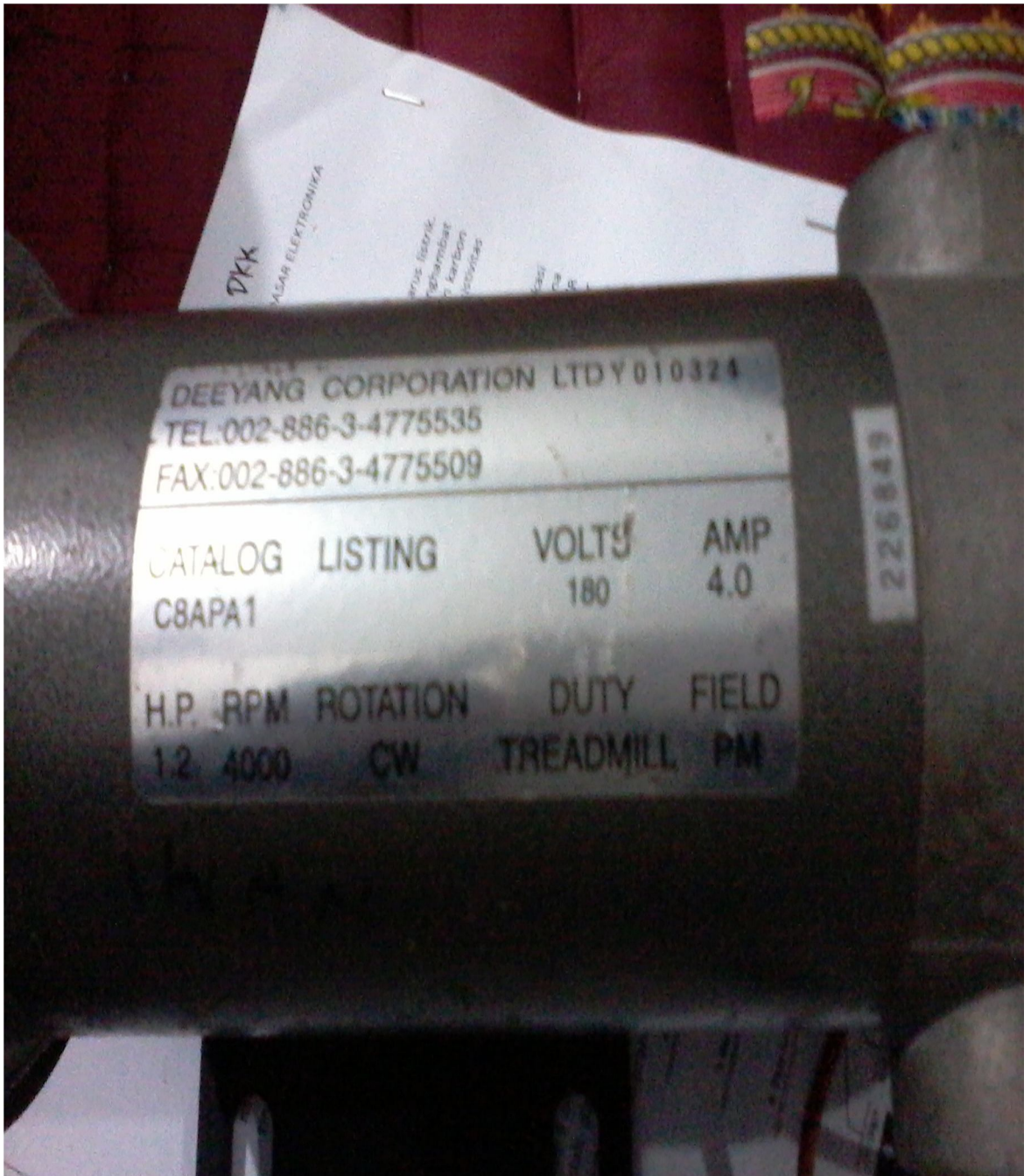
Lampiran 4



Lampiran 5



Lampiran 6



RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kabupaten Tapanuli Selatan Sumatra Utara pada tanggal 08 Juni 1991 dari ayah yang bernama Gozali Nasution dan ibu bernama Masrawani Sianipar. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara.

Penulis memulai pendidikan Sekolah Dasar di SDN Cipinang Melayu 08 Pagi tahun 1998, namun dikarenakan harus mengikuti orang tua yang pindah dari DKI Jakarta Ke Kota Bekasi pada tahun 2001 penulis terpaksa melanjutkan Sekolah Dasar di SDN Jatimulya 08 dan tamat pada tahun 2003. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SLTP 4 Tambun Selatan dan tamat pada tahun 2006. Penulis melanjutkan pendidikan di SMK Bina Karya Mandiri dan tamat pada tahun 2009. Setelah tamat SMK penulis diterima di Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta Program Studi S1. Penulis menyelesaikan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Auto 2000 Salemba Jakarta Pusat. Selanjutnya melaksanakan Program Pengalaman Lapangan (PPL) di SMK Negeri 1 Kota Bekasi.

Sejak tahun 2012 penulis mulai mengabdikan diri didunia pendidikan dengan mengajar di Jurusan Teknik Sepeda Motor SMK Negeri 2 Kota Bekasi hingga saat ini.