

***ELECTRIC CAR SMART POWER SYSTEM***  
**PADA *PROTOTYPE* MOBIL LISTRIK RADEN INTAN**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**ARIF JULIARDI**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDARLAMPUNG  
2018**

## **ABSTRAK**

### ***ELECTRIC CAR SMART POWER SYSTEM PADA PROTOTYPE MOBIL LISTRIK RADEN INTAN***

**Oleh**

**ARIF JULIARDI**

Tulisan ini memaparkan hasil penelitian yang telah dilakukan untuk mengoptimalkan konsumsi energi baterai pada prototype mobil listrik Raden Intan. Sistem dibangun dengan menggunakan sensor arus, sensor tegangan, Global Positioning System, Arduino Nano dan Arduino UNO. Pengujian dilakukan dengan mengukur akurasi dari menggunakan sensor arus, sensor tegangan, dan Global Positioning System serta fungsionalitas dari sistem keseluruhan. Hasil menunjukkan terdapat error sebesar 0,4 volt pada sensor tegangan dan error  $\pm 0,5$  Ampere pada sensor arus. Pada hasil pengujian menunjukkan hasil konsumsi energi sebesar 51431,21 Joule sebelum diterapkan sistem. Setelah penerapan sistem terjadi penurunan sebesar 20609,14 Joule sehingga konsumsi energi menjadi 30822,07 Joule.

*Kata Kunci: Protpotype, Energi, Arus, Tegangan, GPS*

## **ABSTRACT**

### ***ELECTRIC CAR SMART POWER SYSTEM*** **ON PROTOTYPE ELECTRIC CAR RADEN INTAN**

**BY**

**ARIF JULIARDI**

This paper described the results of research that has been done to optimize battery energy consumption in the prototype electric Raden Intan car. This system was built using current sensor, voltage sensor, Global Positioning System, Arduino Nano and Arduino UNO. Experiment is done by measuring the accuracy of using the current sensor, voltage sensor, and Global Positioning System as well as the functionality of the whole system. The results show that there is an error of 0.4 volts on the voltage sensor and  $\pm 0.5$  Ampere error on the current sensor. In the test results showed the results of energy consumption of 51431.21 Joule before the system applied. There was a decrease of 20609.14 Joule after the implementation. Therefore the energy consumption is 30822.07 Joule.

Key Words : Prototype, Energy, Current, Voltage, GPS

***ELECTRIC CAR SMART POWER SYSTEM***  
**PADA *PROTOTYPE* MOBIL LISTRIK RADEN INTAN**

Oleh

**Arif Juliardi**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

pada

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

Judul Skripsi : **ELECTRIC CAR SMART POWER SYSTEM  
PADA PROTOTYPE MOBIL LISTRIK  
RADEN INTAN**

Nama Mahasiswa : **Arif Juliardi**

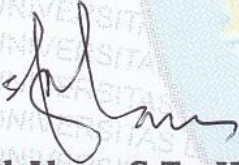
Nomor Pokok Mahasiswa : **1315031017**

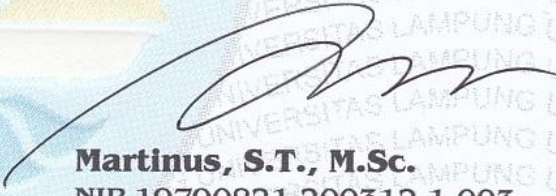
Jurusan : **Teknik Elektro**

Fakultas : **Teknik**

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

  
**Syaiful Alam, S.T., M.T.**  
NIP 19690416 199803 1 004

  
**Martinus, S.T., M.Sc.**  
NIP 19790821 200312 1 003

**2. Ketua Jurusan Teknik Elektro**

  
**Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.**  
NIP 19731128 199903 1 005

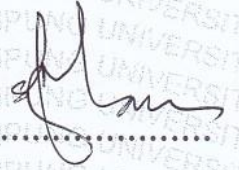
Tanggal Mengesahkan : **7 Agustus 2018**

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

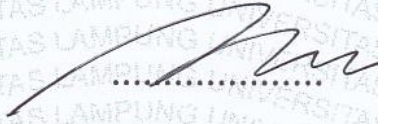
**Ketua**

**: Syaiful Alam, S.T., M.T.**



**Sekretaris**

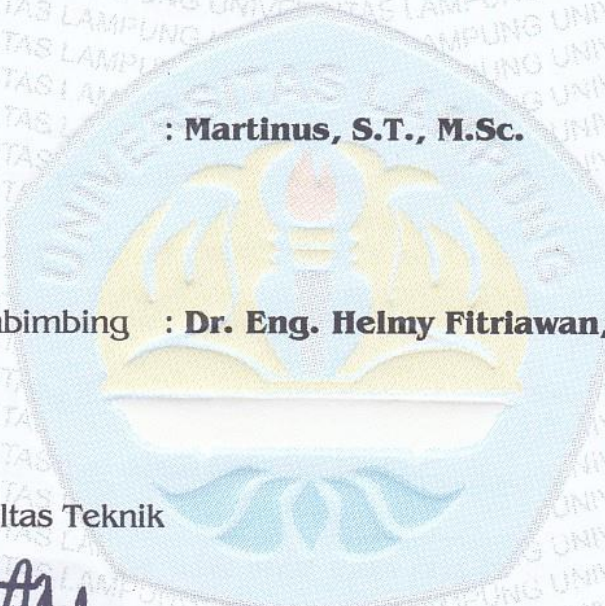

**: Martinus, S.T., M.Sc.**



**Penguji**

**Bukan Pembimbing**

**: Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D.**

**NIP 19620717 198703 1 002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 08 Juni 2018**

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : Arif Juliardi  
NPM : 1315031017  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Judul : *ELECTRIC CAR SMART POWER SYSTEM*  
PADA *PROTOTYPE* MOBIL LISTRIK  
RADEN INTAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang tertulis atau diterbitkan orang lain, kecuali tertulis dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan di dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandarlampung, Agustus 2018



NPM. 1315031017

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kelurahan Panaragan Jaya, Tulang Bawang Barat, Lampung pada tanggal 23 Juli 1995, sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari Bapak Suharno dan Ibu Ngadiyah. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari Sekolah Dasar Negeri (SDN) 4 Panaragan Jaya, Tulang Bawang Barat, Lampung pada tahun 2001 dan diselesaikan pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 4 Tulang Bawang Tengah, Tulang Bawang Barat, Lampung dari tahun 2007 dan diselesaikan pada tahun 2010, dan Sekolah Menengah Atas Swasta PGRI (SMAS PGRI) Tunijajar, Tulang Bawang Barat, Lampung dari tahun 2010 dan diselesaikan pada tahun 2013.

Tahun 2013, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNILA melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi anggota organisasi intra kampus Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Universitas Lampung. Pada Juli 2016 penulis melaksanakan kerja praktik di PT. Bukit Asam, Tbk Tarahan, Bandarlampung, Lampung dan membuat laporan tentang “Sistem Kendali *Dumper* Pada *Rotary Car Dumper* (RCD) - 4 Menggunakan *Programable Logic Control* (PLC) Di Bukit Asam Coal Terminal (BACT) Tarahan”



## MOTTO

*“Lihatlah ke atas untuk motivasi diri dan lihatlah ke bawah  
untuk senantiasa bersyukur”*

*Arif Juliardi*

*“Aku memiliki kepercayaan bahwa aku  
bisa melakukan, aku akan mencapai  
kemampuan untuk melakukannya,  
meskipun pada awalnya aku tidak  
memiliki kapasitas tersebut”*

*(Mahatma Gandhi)*

*“Jangan batasi keyakinan kepada Allah dengan kata  
mungkin”*

*(Hanan Attaki, Lc.,)*

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**Skripsi ini saya persembahkan untuk**

*Ayah dan Ibu Tercinta*

*Bpk. Suharno*

⊗

*Ibu Ngadiyah*

*Adik dan Keluarga*

*Dosen, teman-teman, dan Almamater*

## SANWACANA

*Bismillahirrahmanirrahim...*

Dengan mengucapkan Alhamdulillah penulis ucapkan puji syukur kepada Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya telah memberikan kekuatan dan kemampuan berpikir kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini sehingga laporan ini dapat selesai tepat waktunya. Shalawat serta salam tak lupa penulis sampaikan kepada Rasulullah SAW.

Tugas akhir ini membahas tentang *Electric Car Smart Power System Pada Prototype Mobil Listrik Raden Intan*

Tugas akhir ini dibuat dengan berbagai observasi dan beberapa bantuan dari berbagai pihak untuk membantu menyelesaikan tantangan dan hambatan selama mengerjakan tugas akhir ini. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Suharno ,M.Sc, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik
2. Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
3. Dr. Herman Halomoan Sinaga, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.

4. Ibu Dr. Ing. Melvi Ulvan, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik yang telah membimbing saya selama menuntut ilmu di Teknik Elektro Universitas Lampung.
5. Bapak Syaiful Alam, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing utama atas segala bimbingan, arahan, saran serta kritik membangun dalam pelaksanaan serta penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Martinus, S.T.,M.Sc. selaku Pembimbing Pendamping tugas akhir saya yang telah meluangkan waktunya untuk memberi arahan, bimbingan, saran serta kritik yang bersifat membangun dalam pengerjaan tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji tugas akhir saya di Laboratorium Elektronika.
8. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, atas pengajaran dan bimbingannya yang telah diberikan kepada penulis selama menjadi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung.
9. Mbak Ning, Mas Riyadi dan seluruh jajaran staf administrasi atas semua bantuannya dalam menyelesaikan urusan administrasi di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
10. Kedua orang tua saya, yang sangat saya cintai dan sayangi yang telah memberikan do'a, dorongan moril, cinta, kasih sayang dan semangat serta pengorbanannya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

11. Para sahabat dari Komunitas Kreativitas Mahasiswan atas semangat dan dukungannya.
12. Teman – teman elektro 2013
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah sampai dengan selesai tugas akhir ini.
14. Almamater tercinta, atas kisah hidup yang penulis dapatkan semasa kuliah.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis meminta maaf atas segala kesalahan dan ketidaksempurnaan dalam penulisan tugas akhir ini. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kebaikan dan kemajuan di masa mendatang.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, dan dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, Agustus 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<u>Cover</u> .....	i
<u>ABSTRAK</u> .....	ii
<u>ABSTRACT</u> .....	iii
<u>HALAMAN JUDUL</u> .....	iv
<u>HALAMAN PERSETUJUAN</u> .....	v
<u>LEMBAR PENGESAHAN</u> .....	vi
<u>SURAT PERNYATAAN</u> .....	vii
<u>RIWAYAT HIDUP</u> .....	viii
<u>MOTTO</u> .....	ix
<u>PERSEMBAHAN</u> .....	x
<u>SANWACANA</u> .....	xi
<u>DAFTAR ISI</u> .....	xiv
<u>Daftar Lampiran</u> .....	xvii
<u>DAFTAR GAMBAR</u> .....	xviii
<u>DAFTAR TABEL</u> .....	xix
<u>BAB I PENDAHULUAN</u> .....	1
<u>1.1 Latar Belakang</u> .....	1
<u>1.2 Tujuan Penelitian</u> .....	3
<u>1.3 Manfaat Penelitian</u> .....	4
<u>1.4 Rumusan Masalah</u> .....	4
<u>1.5 Batasan Masalah</u> .....	5
<u>1.6 Hipotesis</u> .....	5
<u>1.7 Sistematika Penulisan</u> .....	6

<u>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</u> .....	8
<u>2.1 Prototype mobil listrik</u> .....	8
<u>2.2 Sistem datalogger</u> .....	10
<u>2.3 Sistem kontrol motor</u> .....	11
<u>2.4 Bahan penunjang yang digunakan</u> .....	12
<u>2.4.1. Motor listrik</u> .....	12
<u>2.4.2. Speed control</u> .....	13
<u>2.4.3. Baterai</u> .....	14
<u>BAB III METODE PENELITIAN</u> .....	16
<u>3.1 Waktu dan Tempat Penelitian</u> .....	16
<u>3.2 Alat dan Bahan</u> .....	16
<u>3.3 Spesifikasi Alat</u> .....	17
<u>3.4 Spesifikasi sistem</u> .....	18
<u>3.5 Metode penelitian</u> .....	18
<u>3.5.1. Diagram alir penelitian</u> .....	19
<u>3.5.2. Perancangan model sistem</u> .....	20
<u>3.5.2.1 Perancangan prototype mobil listrik</u> .....	20
<u>3.5.3. Perancangan perangkat keras (Hardware)</u> .....	21
<u>3.5.3.1 Perancangan sistem perhitungan energi</u> .....	24
<u>3.5.3.2 Perancangan sistem kontrol motor</u> .....	27
<u>3.5.4. Pengujian sistem</u> .....	29
<u>3.5.4.1 Uji laboratorium</u> .....	29
<u>3.5.4.2 Uji lapangan</u> .....	30
<u>3.5.5. Analisa dan kesimpulan</u> .....	31
<u>3.5.6. Pembuatan laporan</u> .....	31
<u>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</u> .....	32
<u>4.1. Hasil</u> .....	32
<u>4.1.1. Penempatan smart power system</u> .....	32
<u>4.1.2. Pengujian sistem</u> .....	34
<u>4.1.2.1 Sensor ACS 30A</u> .....	34
<u>4.1.2.2 Sensor tegangan</u> .....	35
<u>4.1.2.3 GPS 6M</u> .....	37

<u>4.1.2.4 Pengujian pertama (tanpa <i>auto cutoff</i>)</u> .....	39
<u>4.1.2.5 Pengujian kedua (dengan <i>auto cutoff</i>)</u> .....	42
<u>4.1.2.6 Perbandingan dengan dan tanpa menggunakan <i>auto cutoff</i></u> .....	45
<u>4.2 Pembahasan</u> .....	46
<u>4.2.1 <i>Smart power system</i></u> .....	46
<u>4.2.2 Pengujian tanpa menggunakan <i>auto cutoff</i></u> .....	46
<u>4.2.3 Pengujian dengan menggunakan <i>auto cutoff</i></u> .....	48
<u>4.2.4 Perbandingan dengan dan tanpa menggunakan <i>auto cutoff</i></u> .....	49
<u>BAB V SIMPULAN DAN SARAN</u> .....	50
<u>5.1 Simpulan</u> .....	50
<u>5.2 Saran</u> .....	52
DAFTAR PUSTAKA .....	53
LAMPIRAN .....	55



## Daftar Lampiran

<u>Source Code Sistem Sensor</u> .....	56
<u>Source Code GPS</u> .....	61
<u>Pengujian alat</u> .....	66
<u>Data Hasil Pengujian Sensor Arus</u> .....	66
<u>Data Hasil pengujian Sensor Tegangan</u> .....	67
<u>Data Hasil pengujian GPS</u> .....	68
<u>Pengujian sebelum diterapkan <i>auto cutoff</i></u> .....	68
<u>Pengujian setelah diterapkan <i>auto cutoff</i></u> .....	69
<u>Tampak sistem sebelum dilakukan pengujian</u> .....	69
<u>Data hasil pengujian sebelum diterapkan <i>auto cutoff</i></u> .....	70
<u>Data hasil pengujian setelah diterapkan <i>auto cutoff</i></u> .....	74

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> <i>Logger Shield</i> .....	10
<b>Gambar 2.2</b> <i>Brushed Motor Dc</i> .....	13
<b>Gambar 2.3</b> <i>Throttle</i> .....	14
<b>Gambar 2.4</b> Baterai LiFePO <sub>4</sub> volt 20aH.....	15
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian.....	19
<b>Gambar 3.2</b> Wiring Diagram Keseluruhan sistem.....	20
<b>Gambar 3.3</b> Gambar desain pcb <i>smart power system</i> .....	21
<b>Gambar 3.4</b> Desain yang telah di cetak di kertas rilis .....	22
<b>Gambar 3.5</b> Proses pelarutan pcb .....	22
<b>Gambar 3.6</b> Rangkaian jadi tampak bawah .....	23
<b>Gambar 3.7</b> Rangkaian jadi tampak atas .....	23
<b>Gambar 3.8</b> Diagram alir sistem perhitungan.....	27
<b>Gambar 3.9</b> Diagram alir sistem kontrol motor.....	28
<b>Gambar 3.10</b> Diagram blok kontrol motor .....	28
<b>Gambar 4.1</b> Tampak Rangkaian <i>system auto cutoff</i> dan baterai.....	32
<b>Gambar 4.2</b> Tampak baterai dan <i>brushed</i> motor dc .....	33
<b>Gambar 4.3</b> Kalibrasi sensor arus.....	34
<b>Gambar 4.4</b> Rangkaian pembagi tegangan .....	35
<b>Gambar 4.5</b> Kalibrasi sensor tegangan .....	36
<b>Gambar 4.6</b> Tampilan Utama <i>U Center</i> .....	37
<b>Gambar 4.7</b> Tampilan U center saat <i>lock</i> satelit.....	38
<b>Gambar 4.8</b> Jalur lintasan percobaan.....	38
<b>Gambar 4.9</b> Grafik data hasil sebelum penerapan sistem <i>auto cutoff</i> .....	39
<b>Gambar 4.10</b> Grafik data hasil setelah diterapkan sistem <i>auto cutoff</i> .....	42
<b>Gambar 4.11</b> Perbandingan energi .....	45

## DAFTAR TABEL

- Tabel 4.1** Contoh perhitungan energi sebelum diterapkan sistem *auto cutoff* ..... 40  
**Tabel 4.2** Contoh perhitungan energi setelah diterapkan sistem *auto cutoff*..... 43

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan masalah transportasi yang sering dikeluhkan di negara ini. Sebagai contoh kecil perlunya pengadaan moda transportasi untuk area-area terbatas meliputi daerah kawasan wisata, kawasan kampus dan kawasan bandar udara. Adanya motor dan mobil konvensional dianggap tidak sesuai dengan dampak negatif gas buang yang dihasilkan pada area ini. Terlebih seperti motor yang telah terbukti memiliki kelemahan dalam segi daya angkutnya.

Seiring dengan permasalahan pemanasan global (*global warming*) dan semakin naik harga bahan bakar minyak (BBM) untuk operasional kendaraan. Untuk mengantisipasi permasalahan tersebut, sudah banyak riset mencari alternatif energi lain untuk memecahkan masalah energi pada sektor transportasi ini. Terlebih, bahan bakar minyak (BBM) pada kendaraan menghasilkan gas buang CO<sub>2</sub> yang berdampak pada pemanasan global (*global warming*), solusi untuk menanggulangnya yaitu dengan

menghadirkan kendaraan yang tidak memiliki gas buang yang berefek pada lingkungan dengan memanfaatkan listrik.

Penelitian tentang kendaraan yang tidak memiliki gas buang yang berefek pada lingkungan dengan memanfaatkan listrik ini sudah ada beberapa yang dikembangkan misalnya : Analisis konsumsi energi menggunakan profil kecepatan pada kendaraan listrik tentang pengukuran parameter seperti suhu, daya dan kecepatan. Penelitian yang dilakukan tergolong masih kurang efektif karena terdapat indikasi terjadinya konsumsi listrik berlebih akibat tidak dibatasinya daya output pada kendaraan. Selain itu, *control processing unit* (CPU) masih menggunakan mikrokontroler ATmega16 hanya sebagai datalogger saja dan pengukurannya tidak menggunakan sensor, namun hanya menggunakan ammeter analog yang bisa mengakibatkan kurangnya akurasi nilai yang didapat (Ario W, 2012).

Diperlukan suatu *central processing unit* (CPU) yang dapat melakukan fungsi pengukuran dengan menggunakan sensor arus, sensor tegangan, dan sensor kecepatan untuk membantu melakukan analisa konsumsi daya untuk meningkatkan efisiensi konsumsi listrik dengan menekan penggunaan daya berlebih terhadap kecepatan pada kendaraan.

Teknologi kendaraan listrik sebelumnya telah banyak dikembangkan untuk memberikan solusi masalah energi yang terjadi di dunia. Namun pada penelitian tersebut masih perlu pengembangan dan penambahan inovasi-inovasi baru untuk mengoptimalkan fungsinya sebagai kendaraan yang nantinya dapat digunakan sebagai transportasi.

Saat ini Universitas Lampung sedang mengembangkan teknologi mobil listrik yang berfokus pada efisiensi penggunaan energi dengan menekan penggunaan daya berlebih yang di aplikasikan pada prototipe mobil listrik. Dengan dukungan teknologi mikrokontroler *Arduino* dan *Loggershield* diharapkan memudahkan *prototype* mobil listrik melakukan pengukuran besarnya nilai tegangan dan arus serta kecepatan yang nantinya dapat dianalisa untuk selanjutnya diterapkan ke teknologi *auto cutoff* yang disebut dengan *electric car smart power system*.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengoptimalkan penggunaan konsumsi energi baterai untuk memperoleh jarak tempuh lebih dari 61km dengan asumsi energi yang terpakai sebanyak 1 kWh sesuai dengan regulasi *event* Kontes Mobil Hemat Energi.
2. Menggunakan sensor arus, tegangan dan GPS untuk memperoleh parameter perhitungan energi berupa arus, tegangan dan pembaca kecepatan untuk menerapkan *Smart Power System* atau *Auto Cutoff*.
3. Menggunakan *datalogger* untuk penyimpanan hasil pengukuran arus, tegangan dan kecepatan motor MY1016, serta mempermudah hasil perhitungan kalkulasi penggunaan energi pada beban motor MY1016.

### 1.3 Manfaat Penelitian

1. Dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik pada *prototype* mobil listrik Raden Intan.
2. Dapat mempermudah melakukan pengukuran tegangan, arus dan kecepatan motor MY1016 pada kendaraan listrik sebagai parameter perhitungan energi pada penelitian.
3. Lebih hemat biaya dibandingkan dengan mobil konvensional.
4. Dapat dikembangkan lebih lanjut untuk penelitian.

### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka perancangan ini difokuskan pada aspek berikut:

1. Bagaimana membuat *smart power system* yang dapat membantu dalam efisiensi konsumsi energi listrik?
2. Bagaimana perancangan dan pembuatan sistem perhitungan dan *datalogger*?
3. Bagaimana perancangan dan pembuatan sistem kontrol motor?

## 1.5 Batasan Masalah

Dalam perancangan dan implementasi sistem ini, terdapat batasan masalah seperti berikut:

1. Sistem kontrol motor, dan sistem perhitungan serta *datalogger* akan menggunakan *Arduino Nano* dan *Logger shield*.
2. Parameter pengukuran yang akan dianalisa hanya menggunakan sensor tegangan, sensor arus dan sensor kecepatan.
3. Tidak membahas lebih lanjut mengenai parameter selain tegangan, arus dan kecepatan.

## 1.6 Hipotesis

Sebuah kendaraan *prototype* mobil listrik yang mampu mengoptimalkan penggunaan energi listrik yang lebih efisien dengan membatasi lonjakan kenaikan nilai daya yang berlebih dengan parameter sensor arus dan nilai tegangan yang akan disesuaikan dengan kecepatan kendaraan. Sistem ini nantinya akan digunakan pada *event* Kontes Mobil Hemat Energi yang pada penelitian sebelumnya hanya mengandalkan kemampuan *driver* dan menghasilkan jarak tempuh sejauh 61 km/kWh berdasarkan asumsi perhitungan penggunaan energi sebanyak 1 kWh sesuai regulasi *event* Kontes Mobil Hemat Energi. Hasil tersebut yang akan menjadi acuan parameter keberhasilan pada penelitian ini.



## 1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan penulisan dan pemahaman mengenai materi tugas akhir ini, maka tulisan ini dibagi menjadi lima bab, yaitu

- BAB I**           Pendahuluan
- Memuat latar belakang, tujuan, manfaat, perumusan masalah, batasan masalah, hipotesis dan sistematika penulisan
- BAB II**          Tinjauan Pustaka
- Berisikan teori-teori yang mendukung perancangan dan realisasi pembuatan mobil listrik dan sistem *auto cutoff*.
- BAB III**        Metode Penelitian
- Berisi rancangan mobil listrik dan sistem *auto cutoff* yang meliputi alat dan bahan, langkah pengerjaan yang akan dilakukan, penentuan spesifikasi rangkaian, blok diagram rangkaian, cara kerjanya, dan masing masing bagian blok diagram
- BAB IV**         Hasil dan Pembahasan
- Menjelaskan prosedur pengujian, hasil pengujian dan analisis

## BAB V            Simpulan dan Saran

Memuat simpulan yang diperoleh dari pembuatan dan pengujian alat, dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Prototype* mobil listrik

*Prototype* merupakan bentuk atau *desain* awal yang digunakan sebagai standar atau parameter yang nantinya akan dikembangkan lebih lanjut ke bentuk yang lebih sempurna. Mobil listrik merupakan kendaraan yang dibuat dengan penggerak motor listrik dengan energi baterai sebagai sumber tenaga penggerak. Mobil listrik sangat populer pada akhir abad ke – 19 sampai masa awal abad ke – 20 sebelum akhirnya meredup karena perkembangan mobil dengan mesin motor bakar yang semakin maju dan semakin murah. Namun, pada tahun 1970an dan tahun 1980an terjadi krisis energi yang kembali membangkitkan minat produsen untuk beralih ke mobil listrik yang terjadi pada tahun 2000an. Pada tahun 2000an efek pemanasan global sudah sangat dirasakan dan diiringi pula dengan kenaikan harga minyak dunia yang melambung tinggi, permasalahan inilah yang menjadi latar belakang dikembangkan kembali mobil listrik ( David B. Sandalow, 2009).

Dengan demikian, mobil listrik dikembangkan sebagai langkah pemecahan masalah. Dalam hal ini, sudah banyak negara yang telah melakukan riset dan menerapkan teknologi mobil listrik. Indonesia juga merupakan salah satu negara yang ikut serta dalam riset pengembangan mobil listrik. Terdapat beberapa penelitian perancangan dan implementasi yang berkaitan dengan mobil listrik yaitu, mengenai *prototype* mobil listrik menggunakan motor dc magnet permanen 0,37 HP yang menghasilkan bahwa motor dc tipe *brushless* lebih efisien daripada motor dc magnet permanen yang memanfaatkan karbon *brush* pada kontaktornya (Zumain, M.A. 2009).

Penelitian mengenai pengaturan kecepatan motor dc pada mobil listrik menggunakan *bidirectional buck boost cascade converter* berbasis *fuzzy logic controller*, yang menghasilkan bahwa kinerja dari *bidirectional buck boost cascade converter* dalam mengatur kecepatan motor dc menjaga kecepatan aktual pada sekitar *rating* 2000 rpm, baik dalam kondisi *motoring* maupun dalam kondisi *regenerative braking* (Ramadhan, T.M. 2015).

Penelitian mengenai analisis konsumsi energi menggunakan profil kecepatan pada kendaraan listrik, yang menghasilkan bahwa penggunaan arus listrik yang besar pada awal akselerasi mampu meningkatkan daya dorong kendaraan untuk melaju lebih cepat, hal ini terjadi saat mode *top-speed* dilakukan namun menyebabkan terjadinya *over* daya pada penggunaan baterai (Satria, A.W. 2012).

## 2.2 Sistem datalogger

*Datalogger* merupakan proses penyimpanan data yang dilakukan secara otomatis. Proses otomatis ini berlangsung ketika sensor membaca atau mencuplik data berupa sinyal listrik yang selanjutnya dikirimkan ke Arduino yang bertugas sebagai mikrokontroller. Arduino ini yang akan mengolah data tersebut dan akan mengirimkan data hasil olahan tersebut ke *logger shield* yang telah dipasang *SDcard* untuk menyimpan data. Penelitian ini bertujuan untuk menghemat penggunaan energy pada beban motor. Nilai arus dan tegangan pada motor akan di *record* untuk mengetahui jumlah energi yang terpakai agar dapat dilakukan aksi *Smart Power System* atau *Auto Cutoff* pada motor untuk menghemat penggunaan energi baterai.



Gambar 2.1 *Logger Shield*

Gambar 2.1 merupakan *device logger shield* yang digunakan. Pada *datalogger* besarnya kapasitas penyimpanan bergantung pada ukuran *SDcard* yang digunakan, semakin besar ukuran *SDcard* maka kapasitas akan semakin besar. Hasil output *file record* pada penelitian ini berupa *file excel* dengan format ekstensi xls.

### 2.3 Sistem kontrol motor

Pada penelitian sebelumnya, untuk mengoptimalkan penggunaan daya baterai agar lebih hemat tidak digunakan kontrol motor, dan hanya mengandalkan kinerja dari *driver* kendaraan, sehingga dianggap kurang maksimal karena hanya dapat mencapai jarak tempuh sejauh 61 km/kWh yang telah diujikan pada *event* Kontes Mobil Hemat Energi 2016. Dari hasil tersebut, digunakan sebagai parameter untuk mengembangkan sebuah sistem kontrol motor yang harapannya dapat memberikan optimalisasi penggunaan daya baterai agar dapat melebihi hasil tempuh 61 km/kWh.

Sistem *auto cutoff* merupakan sistem otomatis yang mengatur mati dan hidupnya motor pada mobil listrik. Sistem ini bekerja menggunakan parameter sensor arus dan sensor tegangan yang akan disesuaikan dengan nilai kecepatan. Sistem inilah yang nantinya diharapkan dapat membantu untuk mengoptimalkan daya baterai agar dapat lebih hemat dalam pemakaiannya. Satria, A.W. (2012) melakukan penelitian dengan judul Analisis Konsumsi Energi Menggunakan Profil Kecepatan Pada Kendaraan Listrik dengan spesifikasi alat yang digunakan antara lain mobil listrik dengan penggerak

*Motor Brushed, ATmega 16, Speedmeter Cat Eye, Wattmeter Turnigy.* Satria, A.W. menyimpulkan bahwa penggunaan arus listrik yang besar pada awal akselerasi mampu meningkatkan daya dorong pada kendaraan untuk melaju lebih cepat, hal ini terjadi saat mode *top-speed* dilakukan namun menyebabkan terjadinya *over* daya pada penggunaan baterai.

## **2.4 Bahan penunjang yang digunakan**

### **2.4.1 Motor Listrik**

Motor listrik merupakan *device* yang bekerja dengan mengubah energi listrik menjadi energy gerak atau mekanik yang digunakan untuk memutar roda. Pada penggunaannya, motor listrik semakin berkembang karena memiliki keunggulan dibandingkan dengan motor bakar, antara lain:

- a. Menimbulkan efek kebisingan dan getaran lebih rendah
- b. Kecepatan putaran motor mudah diatur
- c. Hemat biaya dalam *maintenance*

Pada penelitian ini, penulis menggunakan motor tipe *Brushed Motor Dc* dengan spesifikasi daya 350 Watt 36 volt.



Gambar 2.2 *Brushed Motor Dc*

#### **2.4.2 *Speed Control***

*Speed control* merupakan pengatur kecepatan yang diterapkan sebagai *throttle*. *Throttle* merupakan potensio meter yang digunakan untuk mengatur kecepatan kendaraan yang disebut sebagai gas. Pengatur inilah yang nantinya akan kita rancang sedemikian rupa sebagai perangkat utama *smart power system* yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi.





Gambar 2.3 *Throttle*

### 2.4.3 Baterai

Baterai merupakan *power supply* yang digunakan untuk energi penggerak motor. Pada penelitian ini baterai yang digunakan adalah jenis baterai sekunder atau *rechargeable* yang artinya dapat *recharge*.

Baterai yang dipakai pada penelitian ini adalah baterai LiFePO<sub>4</sub> dengan kapasitas 36volt 20Ah.



Gambar 2.4 Baterai LiFePO<sub>4</sub> volt 20aH

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian dan perancangan tugas akhir dilaksanakan mulai Mei 2017 sampai September 2017, bertempat di Laboratorium Teknik Elektronika, Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung dan Laboratorium Mekatronika, Laboratorium Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian dan perancangan tugas akhir ini antara lain :

- a. 1 Unit Prototype Mobil Listrik
- b. Arduino UNO
- c. Arduino Nano
- d. *Logger Shield*

- e. Perangkat lunak Arduino
- f. Sensor Tegangan
- g. Sensor Arus ACS 30 A
- h. GPS M6
- i. Baterai LiFePO<sub>4</sub> 36 volt
- j. *Laptop* Asus A43S

### 3.3 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Mobil listrik yang digunakan merupakan tipe *prototype* dengan penggerak *Brushed* motor dc dengan daya 350 Watt, *low* torsi dan *high* rpm. Mobil ini merupakan rancangan mobil masa depan dengan mengembangkan konsep *electric car smart power system*.
- b. Pengendali *prototype* mobil listrik ini menggunakan Arduino UNO dan Arduino Nano dengan menerapkan pengaturan PWM yang terintegrasi ke motor penggerak dengan input berupa *throttle*.
- c. Interface yang digunakan pada *electric car smart power system* ini antara lain :
  - a) Sensor yang digunakan untuk membaca nilai arus yang mengalir dari baterai ke motor yaitu sensor ACS dengan nilai pembacaan arus maksimal 30A dan tegangan kerja 5v.
  - b) *Device* yang digunakan untuk membaca nilai kecepatan adalah GPS M6.

- c) Pembaca tegangan yang digunakan pada sistem ini adalah rangkaian pembagi tegangan dengan membandingkan dua resistor yang dihubungkan ke pin analog arduino.
- d) *Throttle* sebagai pengatur kecepatan dengan mengadopsi sistem pengaturan PWM untuk kontrol kecepatan *Brushed* motor dc.
- d. Laptop Asus A43S sebagai media pemrograman dan penampil data.

### 3.4 Spesifikasi Sistem

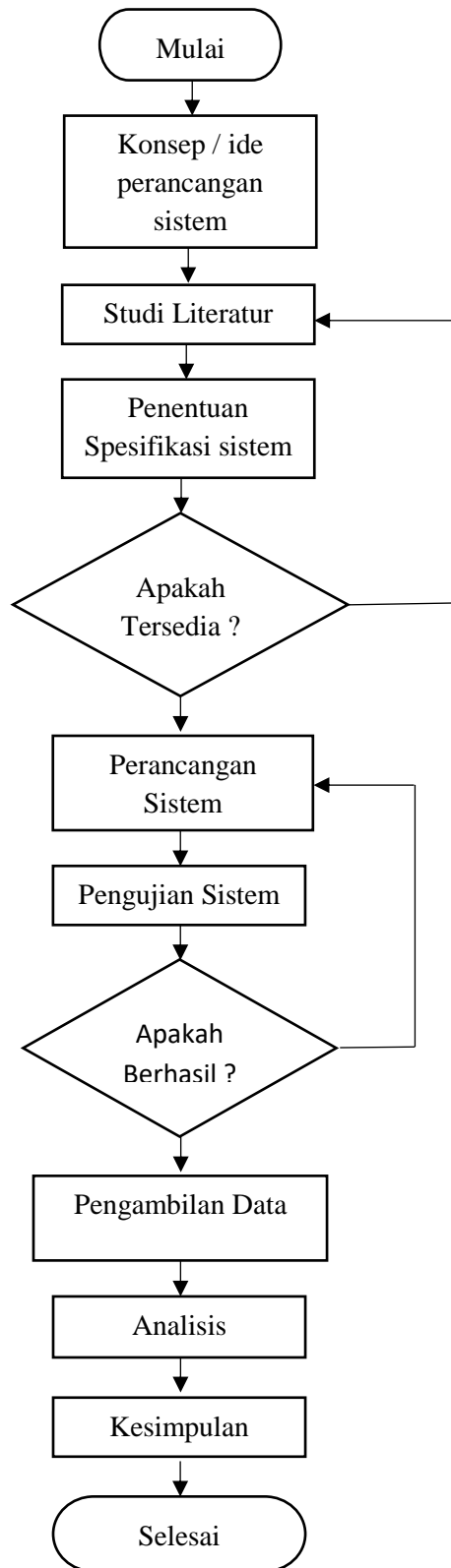
Spesifikasi sistem yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

- a. *Electric car smart power system* ini mampu menekan terjadinya konsumsi energy berlebih pada baterai dengan membatasi nilai beban maksimum pada *Brushed* motor dc dengan menerapkan mode *auto cut off* pada kecepatan tertentu sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energy pada baterai.
- b. Sistem ini mampu mencuplik data nilai arus, tegangan, dan kecepatan ke dalam file excel dengan menggunakan sistem *datalogger*.

### 3.5 Metode Penelitian

Pada penelitian dan perancangan tugas akhir ini, langkah-langkah kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut:

### 3.5.1 Diagram Alir Penelitian

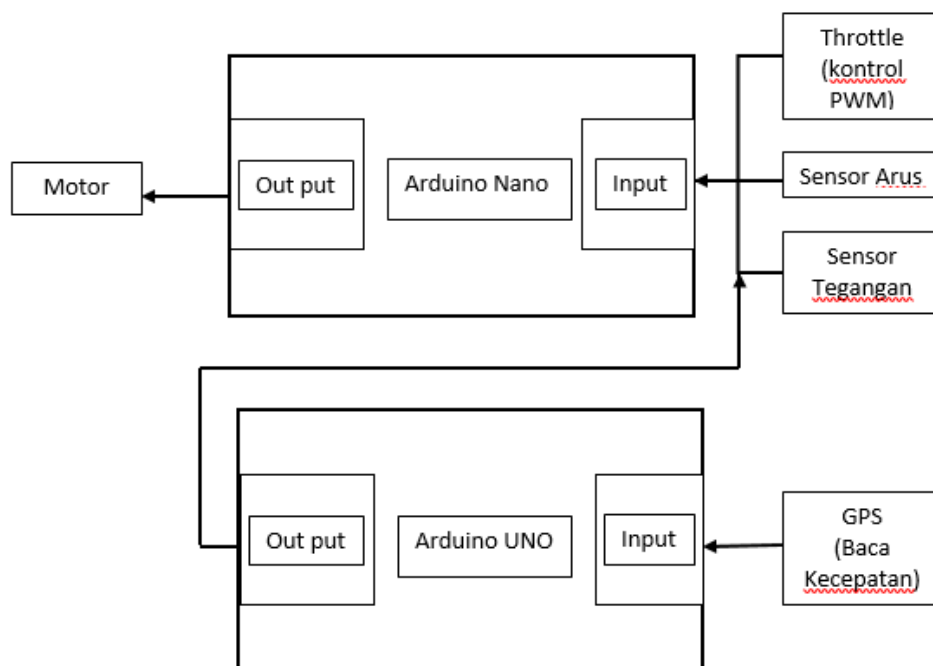


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.5.2 Perancangan Model Sistem

#### 3.5.2.1 Perancangan *Prototype* Mobil Listrik

Secara keseluruhan sistem dapat dilihat pada gambar 3.2



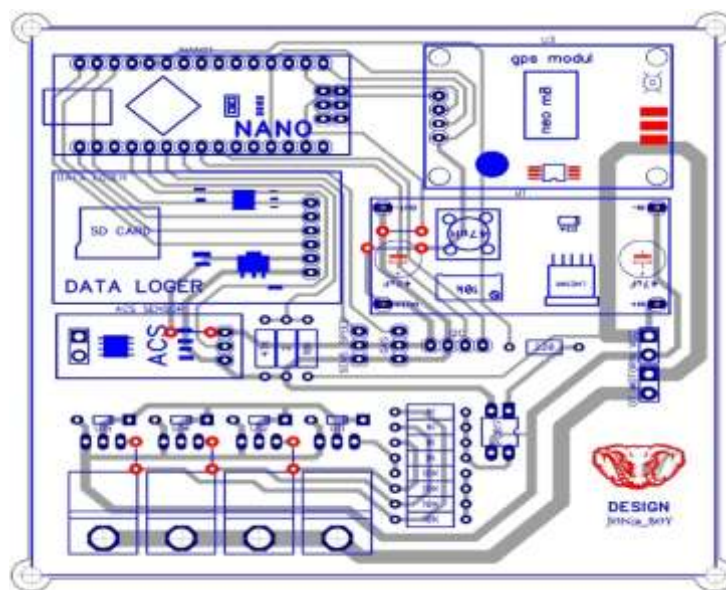
Gambar 3.2 Wiring Diagram Keseluruhan sistem

Keseluruhan sistem dapat dilihat pada gambar 3.2. Pada gambar diatas dapat dilihat terdapat beberapa sub sistem antara lain sistem perhitungan energi yang terdiri dari sensor arus dan tegangan yang nantinya akan diolah oleh Arduino UNO dan disimpan di *datalogger*. Sedangkan sistem kontrol

terdiri dari *Throttle* dan sensor kecepatan yang terintegrasi langsung ke sistem keluaran yang berupa motor.

### 3.5.3 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

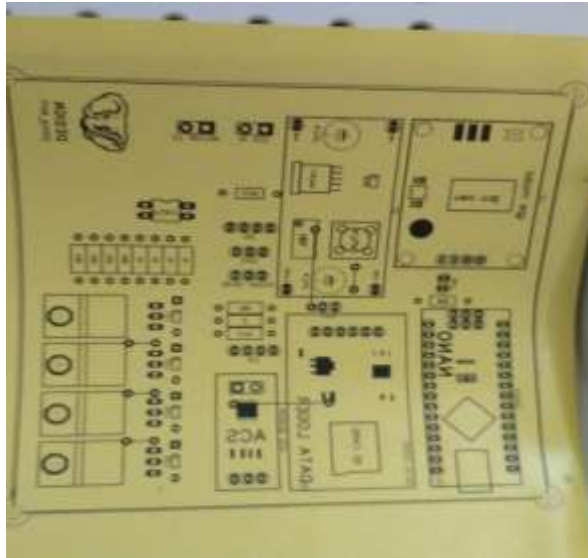
Pada *smart power system* ini terdapat beberapa tahapan perancangan rangkaian antara lain ditunjukkan pada gambar dibawah,



Gambar 3.3 Gambar desain pcb *smart power system*

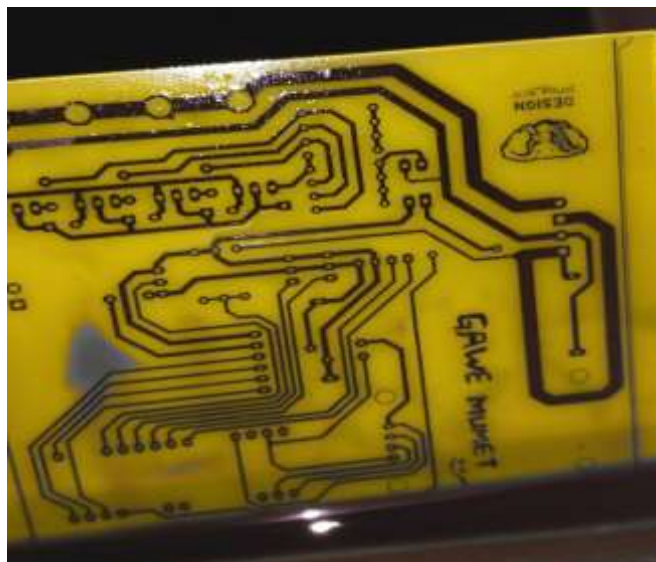
Pada gambar 3.3 ditunjukkan desain pcb dari *smart power system*, disesain tersebut dibuat menggunakan *software deptrace* yang selanjutnya akan dicetak pada kertas rilis.





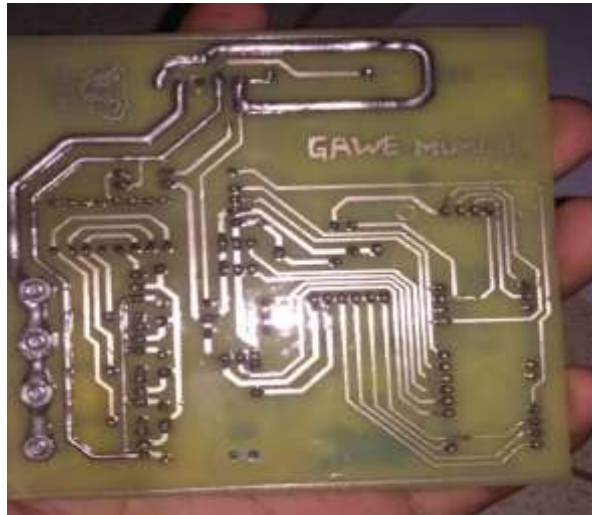
Gambar 3.4 Desain yang telah di cetak di kertas rilis

Pada gambar 3.4 ditunjukkan desain yang telah dicetak di kertas rilis untuk selanjutnya masuk ke tahap sablon ke pcb. Namun sebelum rangkaian yang ada pada kertas rilis tersebut disablon, pcb dicuci dan dibersihkan terlebih dahulu.



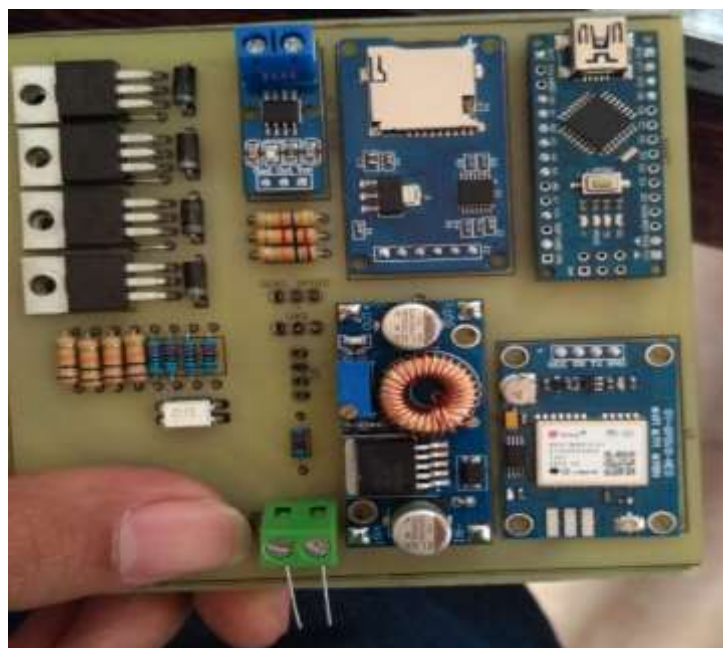
Gambar 3.5. Proses pelarutan pcb

Setelah proses penyablonan selesai, tahap selanjutnya yaitu pelarutan pcb dengan larutan bahan hidrogen peroksida (HCL) dan air (H<sub>2</sub>O) dengan perbandingan 1 : 2 seperti ditunjukkan pada gambar 3-5.



Gambar 3.6 Rangkaian jadi tampak bawah

Gambar 3.6 merupakan pcb yang telah jadi setelah melalui proses pelarutan serta pelapisan perak dan telah dipasang komponen.



Gambar 3.7 Rangkaian jadi tampak atas

### 3.5.3.1 Perancangan Sistem Perhitungan Energi

Perancangan diagram alir sistem perhitungan dibuat untuk mempermudah dalam realisasi alat yang akan dibuat.

Gambar 3.8 memperlihatkan diagram alir sistem perhitungan yang akan digunakan pada *prototype* mobil listrik. Sensor arus dan tegangan akan menjadi masukan pada mikrokontroler yang kemudian akan diolah untuk sistem perhitungan energi *prototype* mobil listrik yang selanjutnya akan disimpan pada *datalogger*. Pada proses perhitungannya, berdasarkan rumus usaha, daya listrik merupakan besarnya nilai usaha untuk memindahkan muatan berdasarkan waktu atau jumlah energi listrik yang digunakan tiap detik. Berdasarkan penjelasan tersebut, perumusan daya listrik adalah sebagai berikut:

$$P = E / t$$

Dengan:

P = Daya listrik (Watt)

E = Energi (Joule)

t = Waktu (Second)

Sedangkan rumus umum yang digunakan untuk menghitung daya listrik dalam sebuah rangkaian listrik adalah sebagai berikut:

$$P = V \times I$$

Atau

$$P = I^2 R$$

$$P = V^2/R$$

Dengan:

P = Daya listrik (Watt)

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

R = Hambatan (Ohm)

Berdasarkan rumus daya diatas maka didapat konsep perhitungan energy sebagai berikut,

$$E = P \times t$$

Dengan:

P = Daya listrik (Watt)

E = Energi (Joule)

t = Waktu (Second)

Dari rumus energi diatas didapat formulasi perhitungan berdasarkan hasil sampling data yang nantinya dikalkulasikan untuk mendapatkan nilai energi total yang digunakan,

$$E = \sum_{t=1}^n Vt \times It \times Tt$$

Dengan:

E = Energi (Joule)

Vt = Tegangan tiap sampling (Volt)

It = Arus tiap sampling (Ampere)

Tt = Waktu sampling (Second)

Setelah konsep perhitungan setiap sampling didapat dan hasil akhir energi total telah terkalkulasi, maka sesuai dengan regulasi *event* Kontes Mobil Hemat Energi bahwa, konsep perhitungan energi diasumsikan sebagai perbandingan dari nilai total energi per 1 km yang didapat dengan nilai energi sebesar 1 kWh untuk mengetahui jarak maksimal yang dapat ditempuh kendaraan tersebut, dengan konversi sebagai berikut,

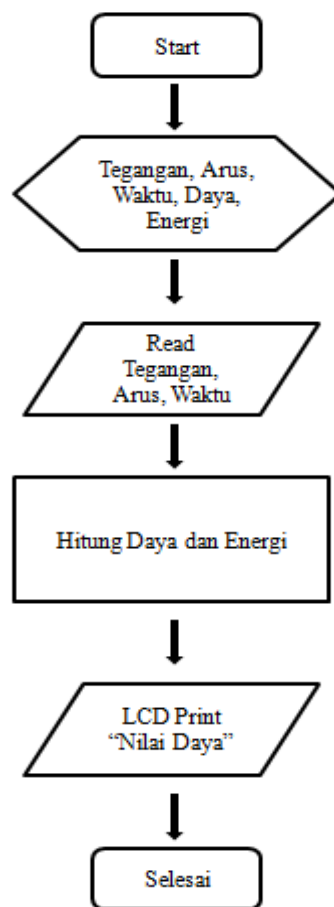
$$1 \text{ watt} = 1 \text{ Joule/s}$$

$$1 \text{ watt second} = 1 \text{ Joule}$$

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ watt} \times 3600 \text{ second}$$

$$= 3.600.000 \text{ Joule}$$

Pada penelitian ini, kedua konsep perhitungan daya ini akan digunakan dengan masing masing kondisi penerapannya. Perhitungan konsep energi akan digunakan untuk menghitung energi yang telah digunakan oleh mobil listrik, sedangkan konsep umum akan digunakan sebagai penentuan parameter *auto cutoff* yang akan digunakan sebagai *electric car smart power system*.

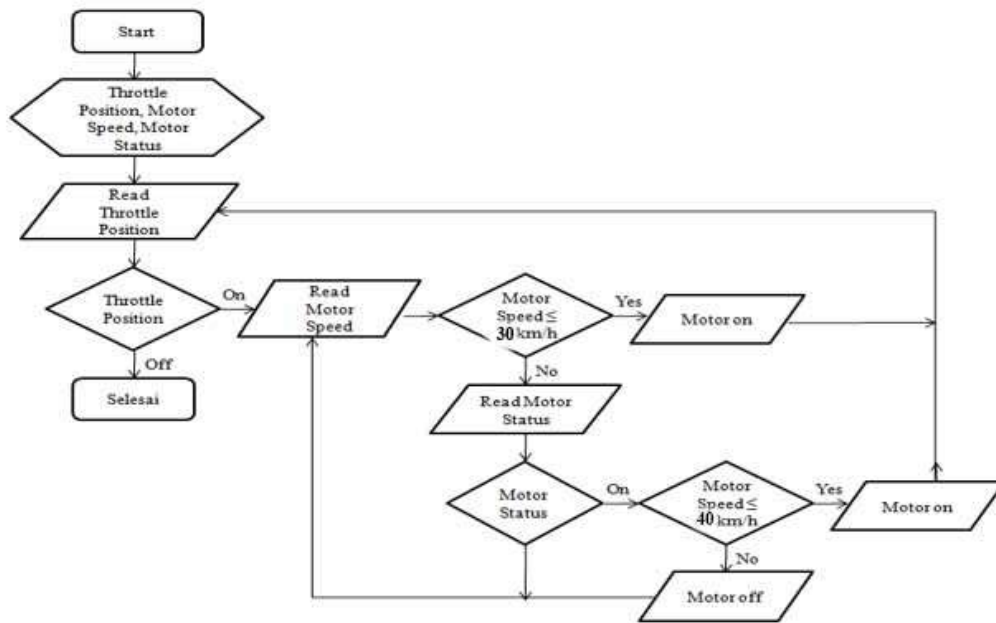


Gambar 3.8 Diagram alir sistem perhitungan

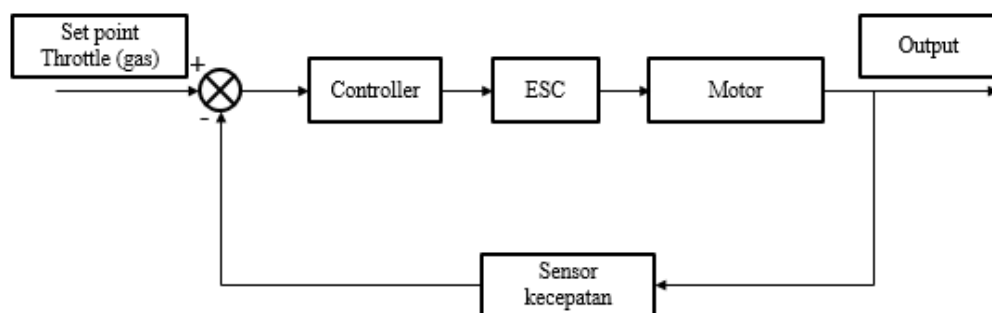
### 3.5.3.2 Perancangan Sistem Kontrol Motor

Pada penelitian ini, dikarenakan motor yang digunakan adalah jenis *brushed*, maka jenis kontrolnya tidak menggunakan *Electric Speed Control* (ESC) pabrikan yang dijual dipasaran, yang fungsinya digantikan oleh *electric car smart power system*. Pada sistem kontrol motor atau *electric car smart power system* ini terdiri dari beberapa komponen diantaranya, *GPS*, *throttle*, dan arduino Nano yang digunakan sebagai kontroller untuk mengolah data dan menjalankan

perintah dari *electric car smart power system*. Untuk memudahkan proses perancangan dan pembuatannya, maka dibuatlah terlebih dahulu diagram alir dari sistem kontrol motor ini yang ditunjukkan pada gambar 3.11 di bawah ini.



Gambar 3.9 Diagram alir sistem kontrol motor



Gambar 3.10 Diagram blok kontrol motor

### 3.5.4 Pengujian Sistem

Uji coba sistem ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari alat yang telah dibuat. Adapun pengujian dilakukan secara subsistem serta dengan keseluruhan sistem, diantaranya adalah:

#### 3.5.4.1 Uji Laboratorium

Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui kinerja perangkat dapat berfungsi dengan baik sebelum melakukan percobaan di lapangan, terdapat beberapa uji laboratorium antara lain:

a. Pengujian sensor sensor

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sensor-sensor yang digunakan pada *electric car smart power system* ini dapat bekerja dengan baik atau tidak. Sensor-sensor tersebut sebelum digunakan dalam uji lapangan terlebih dahulu dilakukan kalibrasi antara lain, sensor kecepatan, sensor arus, dan sensor tegangan. Sensor arus dan tegangan dikalibrasi dengan membandingkan nilai pembacaan sensor dan nilai pembacaan pada multimeter digital. Sedangkan untuk sensor kecepatan dikalibrasi dengan memberikan masukan rumus perhitungan kecepatan pada putaran roda.



b. Pengujian sistem *datalogger*

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah data yang tersimpan sudah sesuai dengan nilai yang terbaca atau tidak.

c. Pemeriksaan instalasi pada kontrol motor

Pengujian atau pemeriksaan ini dilakukan apakah kontrol motor telah siap digunakan atau belum. Pemeriksaan ini meliputi pemeriksaan antar koneksi kabel dari baterai, kontroller, *throttle* dan motor. Jika seluruh kabel telah terkoneksi dengan baik, selanjutnya coba melakukan start pada motor. Jika motor telah dapat dihidupkan, maka mobil telah siap dikendarai.

### 3.5.4.2 Uji Lapangan

Uji lapangan dilakukan untuk mengetahui sistem secara keseluruhan dapat bekerja atau tidak. Pada pengujian lapangan ini terdapat serangkaian pengujian antara lain:

a. Pengujian awal

Pada pengujian awal, mobil dijalankan di jalan raya dan sistem *datalogger* melakukan *recording* data berupa nilai daya dan kecepatan untuk menetapkan *set point* pada *electric car smart power system*.

b. Pengujian kedua

Pada pengujian kedua, hasil *recording datalogger* diolah untuk mencari nilai *set point* yang dianggap dapat memberikan efisiensi nilai pemakaian daya baterai yang paling optimal. Setelah nilai tersebut didapat, untuk menarapkan *smart power system* dilakukan rekayasa ulang program yang berfungsi untuk melakukan kondisi *auto cutoff* pada motor.

c. Pengujian keempat

Setelah data pengujian kedua didapat, maka tahap akhir dari pengujian ini adalah membandingkan kedua data antara menggunakan dan tidak menggunakan *smart power system* dengan parameter perbandingan antara lain, asumsi nilai pemakaian energi dan jarak tempuh per 1 kWh.

### **3.5.5 Analisa dan Kesimpulan**

Analisa dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengujian sistem ini dengan tanpa menggunakan sistem ini.

### **3.5.6 Pembuatan Laporan**

Akhir dari tahap penelitian ini adalah pembuatan laporan dari semua kegiatan penelitian yang telah dilakukan.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. SIMPULAN

1. Telah dibuat *Electric Car Smart Power System* pada *Prototype* Mobil Listrik Raden Intan dengan parameter arus, tegangan dan kecepatan.
2. *Smart Power System* dapat menghemat energi sebesar 20609,14 Joule dengan total penggunaan energi setelah penerapan sebesar 30822,07 Joule dan sebelum diterapkannya sistem sebesar 51431,21 Joule, serta menghasilkan kalkulasi jarak maksimal sejauh 116,79 km dengan asumsi perhitungan penggunaan energi sebanyak 1 kWh sesuai dengan regulasi pada *event* Kontes Mobil Hemat Energi.
3. Terdapat error pembacaan sensor arus sebesar  $\pm 0,5$  Ampere dan tegangan sebesar  $\pm 0,4$  volt, hal ini dipengaruhi oleh kemampuan dan kualitas device sensor yang digunakan memiliki tingkat error pembacaan yang mengakibatkan pembacaan tidak presisi.

4. Telah dibuat sistem penyimpanan data berupa *datalogger* yang digunakan untuk menyimpan semua hasil sampling berupa nilai Arus, Tegangan dan Kecepatan yang digunakan sebagai parameter *Electric Car Smart Power System* dalam melakukan penghematan energi.

## 5.2.SARAN

1. Peningkatan kualitas *device* sensor arus dan tegangan untuk memperkecil nilai error agar data lebih akurat.
2. Peningkatan *torque* dengan menggunakan motor *high torque* untuk mendapatkan *top speed* dengan waktu yang lebih cepat.

# **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

- Satria,Ario,Wibawa. 2012. Analisis Konsumsi Energi Menggunakan Profil Kecepatan Pada Kendaraan Listrik. (Skripsi). Universitas Indonesia. Depok. 98 pp.
- Zumain, Andri. 2009. Prototipe Mobil Listrik Dengan Menggunakan Motor Dc Magnet Permanen 0,37 HP. (Skripsi). Universitas Indonesia. Depok. 99 pp.
- Ramadhan,Muhammad,Taufiq. 2015. Pengaturan Kecepatan Motor DC pada Mobil Listrik Menggunakan *Bidirectional Buck-Boost Cascade Converter Berbasis Fuzzy Logic Controller*. JURNAL TEKNIK ITS, 4, 2.
- Sudiyono. 2010. Rancang Bangun Sistem Kendali Driver Motor DC Magnet Permanen Dengan Metode PWM Sebagai Penggerak Mobil Listrik Berbasi OP-AMP. (Skripsi). Institut Sains dan Teknologi Akprind Yogyakarta. Yogyakarta. 114 pp.
- Malvino, A.P. 1987. Prinsip-Prinsip Elektronika Edisi ke 3, Jilid 1 dan Jilid 2. Penerbit Erlangga. Jakarta. 156 hlm.
- Debi Rubidiyanto, Nobeli. 2009. “Makalah Motor Sinkron”. [http://www.academia.edu/13207346/MAKALAH\\_MOTOR\\_SINKRON](http://www.academia.edu/13207346/MAKALAH_MOTOR_SINKRON). Diakses pada 18 Mei 2017.
- David B. Sandalow. 2009. *Plug-in Electric Vehicle: What Role for Washington?* (edisi ke- 1 st.). (ed). <http://www.brookings.edu/book/plug-in-electric-vehicles/>. Diakses pada 24 Mei 2017.