

**PROTOTYPE MOBIL LISTRIK MENGGUNAKAN BRUSHLESS  
MOTOR DC 350 WATT**

**Naskah Publikasi Jurnal**



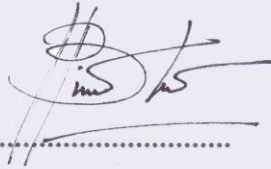

**Randi Setiawan  
5215111746**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
2016**

**NASKAH PUBLIKASI JURNAL**  
**PROTOTIPE MOBIL LISTRIK MENGGUNAKAN *BRUSHLESS* MOTOR DC**  
**350 WATT**

**Diajukan Oleh:**

**Randi Setiawan 5215111746**

<b>NAMA DOSEN</b>	<b>Disetujui Oleh: TANDA TANGAN</b>	<b>TANGGAL</b>
<u><b>Drs. Jusuf Bintoro, MT.</b></u> (Dosen Pembimbing I)	 .....	29 - 1 2016 .....
<u><b>Drs. Wisnu Djatmiko, MT.</b></u> (Dosen Pembimbing II)	 .....	29 - 1 2016 .....

## PROTOTYPE MOBIL LISTRIK MENGGUNAKAN *BRUSHLESS* DC MOTOR 350 WATT

<sup>1</sup>Randi Setiawan

<sup>1</sup> Pendidikan Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta  
[randi.asindy@gmail.com](mailto:randi.asindy@gmail.com)

### ABSTRACT

Randi Setiawan. *Electric Car Prototype Using BLDC Motor 350 Watt. Bachelor Thesis, Jakarta, Education Program Electronic Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta, 2015.*

*The purpose of making this study is to design, build and test a prototype electric car which can cover a distance of 300 m/Wh by using a brushless DC motor 350 watt.*

*The drive system of this car using a brushless DC motor with specifications of maximum power is 350 watt and battery types is Lead Acid battery which has capacity 20 amperes with a working voltage of 36 volts. This research was conducted using the method of Research and Development, which includes Research and Information Collecting, planning, Develop Preliminary Form of Product, Field Test, and Product revision.*

*The focus of this Bachelor Thesis is the implementation of BLDC motors as driving an electric car prototype. Based on the research that has been done, this prototype electric car consumes a power of 6 Wh for 15 minutes at a maximum speed of 38 Km / Hr. This electric car on a 800-meter laps requires a power consumption of 2.56 Wh with a load weighing 50 Kg driver without removing the throttle opening.*

**Keywords:** *Prototype, electric car, BLDC motors*

### PENDAHULUAN

Permasalahan energi sudah menjadi permasalahan hampir di seluruh Negara di dunia termasuk di Indonesia. Persediaan bahan bakar sebagai sumber energi yang semakin menipis, menuntut kita untuk berpikir mencari solusi terbaik agar kebutuhan akan hal tersebut dapat terpenuhi.

Upaya penghematan bahan bakar dapat dilakukan dengan memodifikasi atau membuat teknologi baru. Upaya ini dapat dilakukan bersama oleh seluruh pihak yang berkepentingan demi menjawab tantangan dibidang energi.

Mahasiswa sebagai agen perubahan hendaknya juga dapat turut berpartisipasi aktif dalam upaya penanggulangan krisis energi yang telah melanda dunia termasuk Indonesia melalui aksi nyata yang diwujudkan dalam sebuah kreativitas demi menjawab tantangan energi masa depan di mana seluruh alat transportasi yang digunakan haruslah hemat bahan bakar dan ramah lingkungan tentunya. Dalam usaha memenuhi tujuan tersebut, Direktorat

Jenderal Pendidikan Tinggi (Ditjen Dikti) menyelenggarakan Lomba terkait mobil hemat energi.

Tidak hanya di tingkat nasional, perlombaan mobil hemat energi juga dilaksanakan di tingkat Asia yaitu ajang perlombaan *Shell Eco Marathon* Asia yang telah dilaksanakan selama lima tahun ke belakang. Perlombaan ini telah di ikuti oleh beberapa negara di Asia diantaranya Thailand, Singapore, Malaysia, Filipina dan Indonesia. Pada kelas listrik di tahun 2015, juara pertama dan kedua di duduki oleh Thailand dengan perolehan hasil race sebesar 451.3 Km/KWh dan 368 Km/KWh, juara ke tiga dan ke empat di duduki oleh Singapore dengan perolehan hasil race sebesar 324 Km/KWh dan 218 Km/KWh, sementara Indonesia menduduki peringkat ke lima dengan perolehan hasil race sebesar 205 Km/KWh.

Kendaraan listrik memiliki tingkat efisiensi yang paling tinggi dibandingkan dengan kendaraan mesin bakar konvensional. Mobil listrik memiliki konstruksi mesin yang sangat sederhana yang terdiri dari baterai,

## PROTOTIPE MOBIL LISTRIK MENGGUNAKAN *BRUSHLESS* DC MOTOR 350 WATT

kontroller dan motor penggerak. Motor yang dibutuhkan yaitu motor yang memiliki efisiensi tinggi, torsi yang tinggi, kecepatan yang tinggi dan dapat divariasikan, serta ditunjang oleh biaya perawatan yang rendah. Demi memenuhi kebutuhan tersebut maka digunakan motor Brushless Direct Current (BLDC) motor.

Mengacu pada permasalahan diatas maka dalam skripsi ini peneliti akan merancang sebuah Prototipe Mobil Listrik Menggunakan BLDC Motor 350 Watt.

Dari uraian latar belakang di atas maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang prototipe mobil listrik yang hemat energi?
2. Bagaimana merancang sistem penggerak prototipe mobil listrik yang memiliki efisiensi tinggi, torsi yang tinggi, kecepatan yang tinggi dan dapat divariasikan, serta ditunjang oleh biaya perawatan yang rendah?
3. Bagaimana merancang sistem penggerak prototipe mobil listrik dengan memanfaatkan *Brushless* DC (BLDC) motor?
4. Bagaimana menguji efektifitas penggunaan daya pada prototipe mobil listrik?

Masalah dalam penelitian ini dapat di rumuskan sebagai berikut: “Bagaimana merancang, membuat dan menguji prototipe mobil listrik yang mampu menempuh jarak 300 meter/Wh dengan menggunakan BLDC motor dengan daya maksimal 350 watt?”.

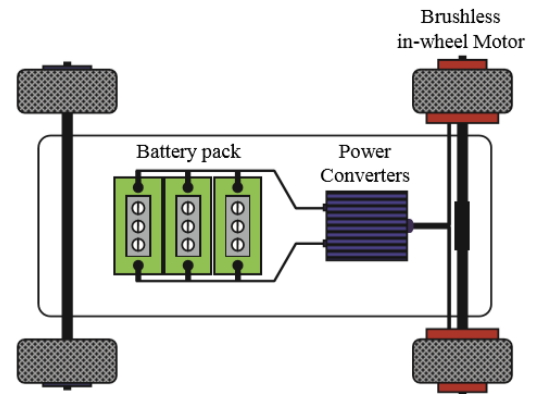
Maka dari itu, tujuan dari penelitian ini adalah merancang prototipe mobil listrik yang mampu menempuh jarak 300 meter/Wh.

### LANDASAN TEORI

#### Mobil Listrik

Mobil listrik adalah mobil yang digerakkan dengan motor listrik DC, menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai atau tempat penyimpanan energi (Wikipedia, 2015).

Pada umumnya mobil listrik hanya terdiri dari beberapa komponen utama yaitu baterai, konverter/kendali motor dan motor elektrik yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.

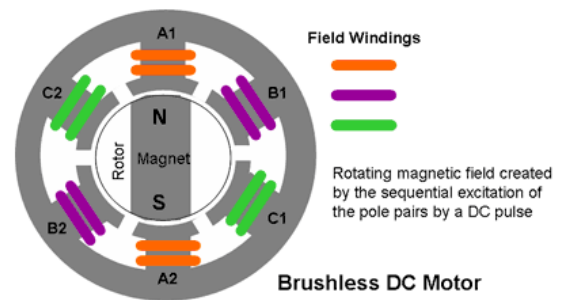


**Gambar 1.** Diagram mobil listrik secara umum

#### BLDC Motor

Menurut Johan Wilberg (2003:11) BLDC motor adalah sebuah motor DC yang ditukar bagian dalam dan luarnya. Dengan kata lain koil berada disisi luar dan magnet ada disisi dalam.

BLDC motor adalah motor DC yang posisi lilitan dan magnet permanen ditukar, yaitu posisi lilitan berada dibagian stator dan posisi magnet permanen berada di rotor. Rotor merupakan bagian yang bergerak dan stator merupakan bagian yang tidak bergerak. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2** dibawah ini:



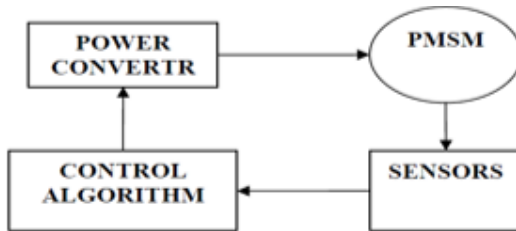
**Gambar 2** Brushless Direct Current Motor

#### Pengendalian Bldc Motor

Menurut Johan Wiberg (2003:12), motor DC yang normal sangat mudah untuk mengontrol kecepatan dan arah. Untuk mengontrol kecepatan hanya cukup memberikan variasi tegangan input. Untuk mengubah arah, cukup membalik polaritas. Kecepatan sering dikendalikan dengan modulasi lebar pulsa untuk motor DC dan motor Brushless.

## PROTOTYPE MOBIL LISTRIK MENGGUNAKAN BRUSHLESS DC MOTOR 350 WATT

Untuk dapat menjalankan motor Brushless, informasi dari sensor posisi sudut dari rotor sangat diperlukan. Blok diagram pengendalian BLDC motor dapat dilihat pada **Gambar 3**.



**Gambar 3** Blok Diagram Pengendalian BLDC

Konverter dapat merubah daya dari sumber ke PMSM yang mana mengubah energi listrik ke energi gerak. Salah satu dari fitur yang paling menarik dari BLDC motor adalah rotor position sensor, yaitu sensor yang akan membaca posisi rotor yang nantinya akan dijadikan acuan untuk perintah timing comutation pada masing-masing semikonduktor pada driver tiga fasa.

Kontrol Algoritma berfungsi sebagai pengontrol perubahan komutasi yang harus dilakukan agar BLDC motor berputar. Control algorithm akan menerima status posisi rotor terhadap stator yang dikirimkan oleh sensor dan memberikan tindakan berupa output terhadap *power converter*.

Terdapat dua metode dalam pengendalian BLDC yakni metode konvensional atau metode Pulse Width Modulation (PWM) six step dan metode Pulse Width Modulation (PWM) sinusoidal. Metode PWM six step adalah metode pemberian pulsa PWM yang berbentuk gelombang trapezoid namun metode ini banyak digunakan dalam pengendalian BLDC.

Adapun metode yang kedua yaitu metode PWM sinusoidal, yaitu pemberian pulsa PWM berbentuk gelombang sinusoidal murni. Proses pembangkitan PWM sinusoidal dilakukan dengan cara membandingkan sinyal sinusoidal dengan sinyal segitiga yang memiliki frekuensi yang lebih tinggi.

### Metode Pwm Six-Step Comutation

Pada pengendalian BLDC motor dengan metode Pulse Width Modulation (PWM) six step terdapat ketentuan-ketentuan yang harus

dipenuhi agar sistem berjalan. Adapun ketentuan-ketentuan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1** Ketentuan Pengendalian BLDC Motor

Hall Sensor A	Hall Sensor B	Hall Sensor C	Phase A	Phase B	Phase C
1	0	0	-V <sub>DCB</sub>	+V <sub>DCB</sub>	NC
1	0	1	NC	+V <sub>DCB</sub>	-V <sub>DCB</sub>
0	0	1	+V <sub>DCB</sub>	NC	-V <sub>DCB</sub>
0	1	1	+V <sub>DCB</sub>	-V <sub>DCB</sub>	NC
0	1	0	NC	-V <sub>DCB</sub>	+V <sub>DCB</sub>
1	1	0	-V <sub>DCB</sub>	NC	+V <sub>DCB</sub>

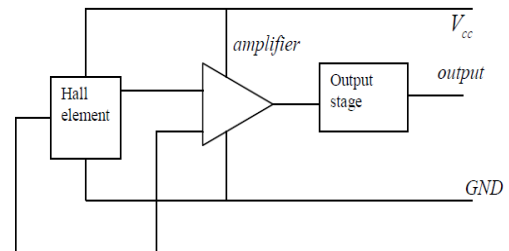
Pada **Tabel 1** diatas dapat dilihat bahwa setiap fasa yang dibutuhkan untuk menggerakkan BLDC motor bergantung pada kondisi hall sensor yang terdapat pada BLDC motor itu sendiri.

### Hall Sensor

S. Rambabu (2007:12) menyatakan bahwa:

*Hall sensor* memberikan bagian-bagian dari informasi yang dibutuhkan untuk sinkronisasi eksitasi motor dengan posisi rotor untuk membuat torsi yang konstan. *Hall sensor* ini mendeteksi perubahan di dalam ruang magnet.

Tiga hall sensor di letakkan berjarak masing-masing 120 derajat yang dipasang di dinding stator. Sinyal-sinyal digital hall sensor digunakan untuk membaca posisi rotor. Diagram blok dari hall sensor dapat dilihat pada **Gambar 4**.

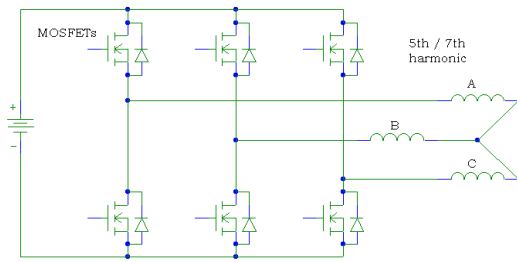


**Gambar 4** Diagram Hall Sensor

### Inverter Mosfet Tiga Fasa

Untuk membangkitkan daya/tegangan dari sumber DC pada motor maka diperlukan driver tiga fasa yang akan berfungsi mengaktifkan masing-masing koil yang terdapat pada BLDC. Susunan driver tiga fasa tersebut dapat dilihat seperti pada **Gambar 5** berikut.

# PROTOTYPE MOBIL LISTRIK MENGGUNAKAN *BRUSHLESS* DC MOTOR 350 WATT



**Gambar 5** Rangkaian Umum Driver Tiga Fasa

Driver ini terdiri dari enam transistor MOSFET N channel yang tersusun tiga berpasangan yang terdiri dari bagian High side atau bagian atas yang diberi symbol (p) dan low side atau bagian bawah yang diberi symbol (n). Agar dapat menghasilkan tegangan pada BLDC, masing-masing FET harus diberi sinyal kendali mengikuti urutan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2** Tabel pengaktifan Inverter tiga Fasa

Step #	Phase Up	Phase Vp	Phase Wp	Phase Un	Phase Vn	Phase Wn
1	Up				Vn	
2	Up					Wn
3		Vp				Wn
4		Vp		Un		
5			Wp	Un		
6			Wp		Vn	

Dari **Tabel 2** di atas dapat diuraikan bahwa syarat untuk mengaktifkan BLDC adalah dengan cara mengaktifkan high side atau (p) dan low side atau (n) dari fasa yang berbeda. seperti pada step pertama ketika fasa U positif dan fasa V negatif maka tegangan akan mengalir dari U ke V dan begitupun pada step selanjutnya.

## Arduino

Arduino adalah sebuah Platform dari *physical computing* yang bersifat *open source* yang didasarkan atas papan masukan/keluaran (I/O) sederhana dan development environment yang mengimplementasikan bahasa pengolahan (Banzi, 2008, hal.1).

Adapun definisi dari Arduino yaitu kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (integrated circuit) yang bisa diprogram menggunakan komputer.

Arduino sendiri memiliki berbagai macam jenis tergantung dari jumlah input atau output yang akan digunakan.

## Arduino Nano

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan arduino dengan menggunakan Arduino Nano. Arduino Nano memiliki board yang lebih kecil daripada Arduino lainnya dikarenakan pada board arduino Nano menggunakan komponen-komponen yang kecil. Berikut Arduino Nano dapat dilihat pada **Gambar 6**.



**Gambar 6** Arduino Nano

Keterangan Spesifikasi Arduino Nano dapat dilihat pada **Tabel 3**:

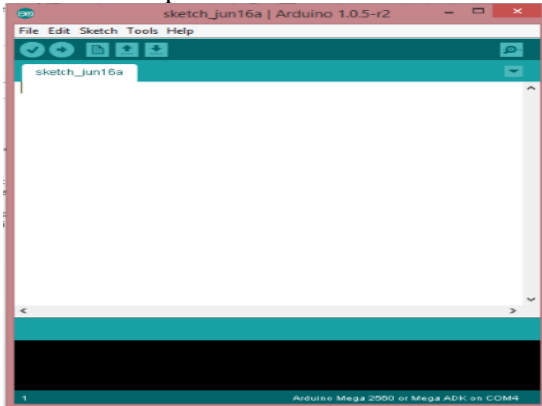
**Tabel 2** Spesifikasi Arduino Nano

Microcontroller	Atmel ATmega168 or ATmega328
Operating Voltage (logic level)	5 V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Dimensions	0.73" x 1.70"
Length	45 mm
Width	18 mm
Weight	5 g



### Software Arduino IDE

Software Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan mengupload ke dalam memori mikrokontroler. Berikut tampilan Software IDE Arduino pada **Gambar 7**.



**Gambar 7** Jendela Software Arduino IDE

Software IDE Arduino adalah software yang ditulis dengan menggunakan java. Jendela utama IDE Arduino terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: Bagian atas, yakni toolbar, pada bagian atas juga terdapat menu file, edit, sketch, tools, dan help.

### Baterai

Baterai merupakan sumber energi elektrokimia yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Adapun komponen dari baterai terdiri dari dua elektroda yaitu elektroda positif (katoda) dan elektroda negatif (anoda) yang dipisahkan oleh separator dan cairan elektrolit. Cairan elektrolit berfungsi sebagai media transfer elektron dan sebagai pengisolasi elektron

Menurut Zulmain (2009:19), baterai adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian/charge energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran/discharge energi kimia diubah menjadi energi listrik (ketika baterai tersebut memberikan arus).

Menurut Tom Delton (1995:110) Baterai memiliki sejumlah persyaratan penting diantaranya:

Dapat menyediakan cukup untuk mengoperasikan kendaraan bermotor, untuk

memungkinkan penggunaan lampu parkir dalam waktu yang wajar,

untuk memungkinkan operasi aksesoris saat mesin tidak berjalan, untuk bertindak sebagai rawa untuk meredam fluktuasi tegangan sistem, untuk memungkinkan memori dan alarm sistem dinamis untuk tetap aktif saat kendaraan yang tersisa dalam jangka waktu.

Dua pertama dari daftar di atas adalah bisa dibilang yang paling penting dan merupakan bagian utama dari kriteria yang digunakan untuk menentukan baterai yang paling cocok untuk aplikasi tertentu. Berikut adalah contoh baterai dapat dilihat pada **Gambar 8**.



**Gambar 8** Baterai

Baterai yang digunakan tentunya harus mempertimbangkan efektivitasnya terhadap beban diantaranya mempertimbangkan kapasitas baterai yang digunakan. Kapasitas baterai sangat berpengaruh dalam memberikan suply daya yang dibutuhkan sebuah beban.

### Daya

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan Electrical Power adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti Tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain.

Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Sedangkan berdasarkan konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik adalah besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu.

Dalam mode matematika, daya listrik dapat dirumuskan:

# PROTOTYPE MOBIL LISTRIK MENGGUNAKAN *BRUSHLESS* DC MOTOR 350 WATT

$$P = i \times V$$

Dimana:

P = Daya (Watt)

I = Arus (Amper)

V = tegangan (volt)

## Prototipe Mobil Listrik

Prototipe adalah model yang mula-mula (model asli) yang menjadi contoh (kbbi.web.id/prototipe). Mobil adalah kendaraan darat yang digerakkan oleh tenaga mesin (kbbi.web.id/mobil), dan listrik adalah daya atau kekuatan yang ditimbulkan oleh adanya gesekan atau melalui proses kimia, dapat digunakan untuk menghasilkan panas atau cahaya, atau untuk menjalankan mesin (kbbi.web.id/listrik), sedangkan kelistrikan adalah gejala alam yang timbul dari polaritas dua garis elementer, yakni proton yang bermuatan positif dan elektron yang bermuatan negatif (kbbi.web.id/kelistrikan).

Prototipe mobil listrik adalah model kendaraan yang digerakkan oleh tenaga mesin dengan sumber energi berupa listrik yang menjadi contoh untuk model aslinya. Prototipe mobil listrik tentunya membutuhkan penggerak yang memanfaatkan sumber energi listrik menjadi energi mekanik (putar), penggerak tersebut yaitu berupa motor DC (Direct Current) atau BLDC (Brushless Direct Current) motor.

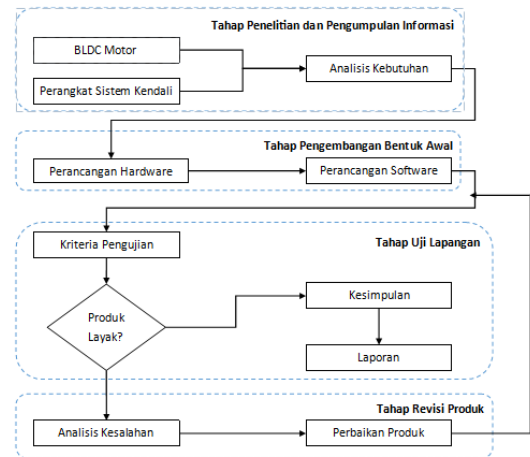
## METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ilmiah yang bertujuan untuk mendapatkan hasil sehingga tujuan dari penelitian tersebut dapat terpenuhi. Metodologi penelitian yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah menggunakan metodologi penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Penelitian dan pengembangan (*Research and Development*), adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk-produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut (Sugiyono, 2009:297).

Untuk langkah-langkah penelitian, sugiyono (2009:298) mengungkapkan bahwa siklus R&D tersusun dalam sepuluh langkah penelitian sebagai berikut: potensi dan

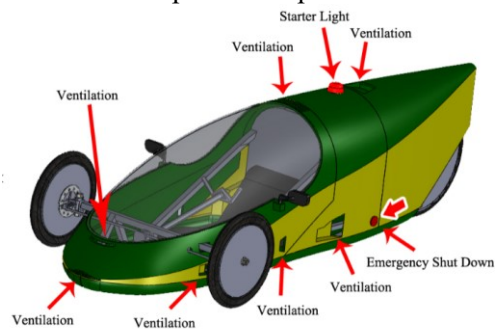
masalah, pengumpulan data, desain produk, validasi desain, revisi desain, ujicoba produk, revisi produk, ujicoba pemakaian, revisi produk dan produk masal.

Mengacu pada pendapat sugiyono diatas, peneliti memodifikasi tahapan tersebut menjadi empat tahapan yaitu mengumpulkan informasi, desain produk, ujicoba produk dan revisi produk. Untuk sistematika flowchart penelitian dapat dilihat pada **Gambar 9**.



**Gambar 9** Flowchat Penelitian Rancangan Maket Mobil Listrik

Konsep rancangan mobil irit ini adalah mobil berjenis prototipe yang mempunyai dimensi 2640 mm x 510 mm x 610 mm (PxLxT). Mobil yang di rancang mempunyai tiga roda dengan komposisi dua rodan depan dan satu roda belakang. Perancangan ukuran bodi ini mengacu pada regulasi teknis Kontes Mobil Hemat Energi. Berikut rancangan desain bodi dapat dilihat pada **Gambar 10**.



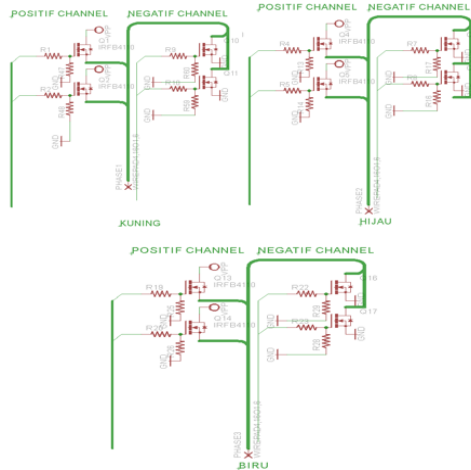
**Gambar 10** Rancangan Maket Prototipe Mobil Listrik



# PROTOTYPE MOBIL LISTRIK MENGGUNAKAN BRUSHLESS DC MOTOR 350 WATT

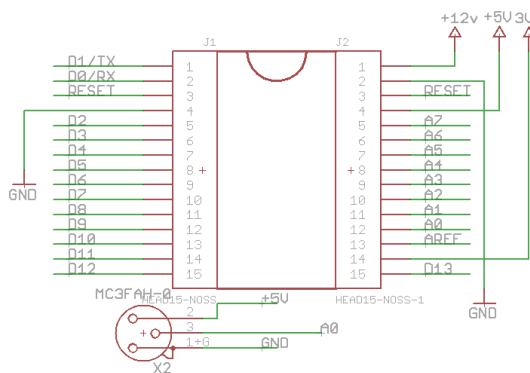
## Rancangan Driver Tiga Fasa

Driver Mosfet ini terdiri dari tiga bagian atas (High Side) dan tiga bagian Bawah (Low Side). Berikut rangkaian Driver mosfet tiga fasa dapat dilihat pada **Gambar 11**.



**Gambar 11** Driver Tiga Fasa

Rangkaian Minimum sistem Atmega328 Rangkaian minimum sistem adalah rangkaian yang akan berfungsi mengontrol pada sistem penggerak BLDC motor. Pada penelitian ini digunakan sebuah IC mikrokontroler ATmega328. Penggunaan mikrokontroler ATmega328 dirasa efektif karena memiliki pin input dan output yang cukup untuk sistem penggerak BLDC dan juga memiliki bentuk yang kecil. Berikut rangkaian sistem minimum ATmega328 dapat dilihat pada **Gambar 12**.



**Gambar 12** Rangkaian Sistem Minimum HASIL PENELITIAN

Hasil pengujian yang telah dilakukan pada Prototype Mobil Listrik dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Pengujian performa mobil listrik Tanpa Beban.

2. Pengujian performa mobil listrik dengan beban yaitu pengemudi pada satu putaran lintasan sepanjang 800 meter.

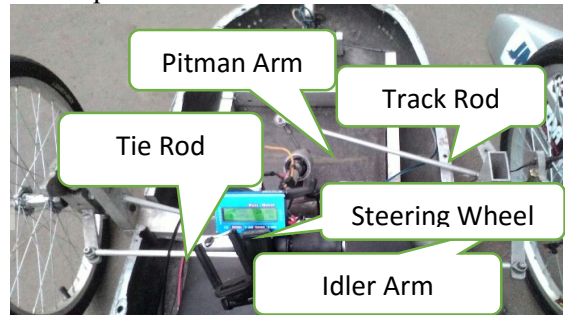
## Hasil Pembuatan Maket Mobil Listrik

Maket prototipe mobil listrik ini terdiri dari bagian rangka, steering bodi dan sistem penggerak. Berikut gambar realisasi maket rangka mobil dapat dilihat pada **Gambar 13**.



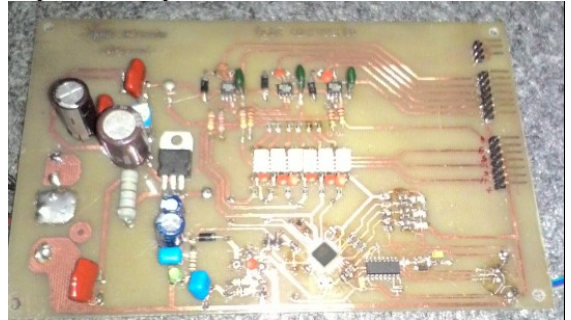
**Gambar 13** realisasi Rangka

Setelah rangka selesai maka selanjtnya adalah pemasangan mekanik steering pada rangka. Realisasi mekanik steering dapat dilihat pada **Gambar 14**.



**Gambar 14** Realisasi sistem kemudi

Tahapan selanjutnya adalah ke bagian sistem elektrik yaitu sistem penggerak. Tahapan pertama adalah realisasi rangkaian sistem pengontrol untuk BLDC motor yang dapat dilihat pada **Gambar 15**.



**Gambar 15** Kontroller BLDC Motor

**PROTOTYPE MOBIL LISTRIK MENGGUNAKAN BRUSHLESS DC MOTOR 350 WATT**

Setelah kontroller terealisasi, tahapan selanjutnya adalah pembuatan inverter mosfet tiga fasa yang dapat dilihat pada **Gambar 16**.



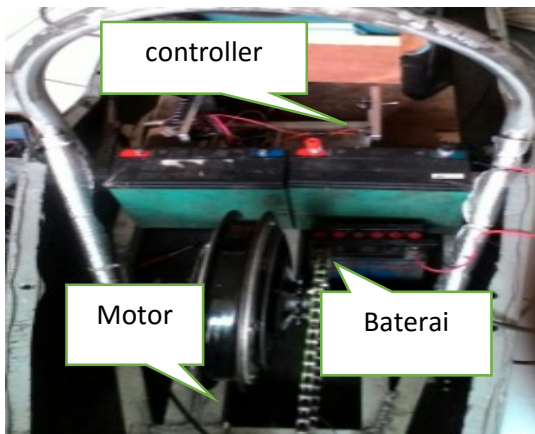
**Gambar 16** Inverter Mosfet Tiga Fasa

Setelah semua rangkaian terealisasi, tahapan selanjutnya adalah pemberian kotak (casing) untuk rangkaian tersebut yang dapat dilihat pada **Gambar 17**.



**Gambar 17** Casing Kontroller

Realisasi selanjutnya adalah sistem pemasangan penggerak pada prototipe mobil listrik yang dapat dilihat pada **Gambar 18**.



**Gambar 18** Realisasi Sistem Penggerak

Setelah pemasangan sistem penggerak maka tahapan selanjutnya adalah realisasi pemasangan bodi mobil yang dapat dilihat pada **Gambar 19**.



**Gambar 19** Realisasi Prototipe Mobil Listrik

**Hasil Pengujian Prototipe Tanpa Beban**

Penelitian pertama yaitu menguji performa mobil listrik tanpa beban. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro UNJ. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali sesuai dengan sistematisa pengujian yang telah direncanakan sebelumnya yaitu dilakukan dengan cara membuka throttle sampai bukaan penuh sehingga Speedo Meter menunjukkan kecepatan maksimal yang konstan kemudian watt meter di reset dan pengambilan data dimulai. Pengujian ini dilakukan selama 15 menit setiap pengujian sebanyak tiga kali kemudian data dicatat dan dimasukkan kedalam **Tabel 4** untuk dianalisis.

**Tabel 4** Data Performa Mobil Listrik Tanpa Beban

Pengujian	Penggunaan daya pada setiap pengujian	Gambar pada watt meter pada kondisi terakhir saat pengujian
Pengujian Pertama	6.2 Wh	
Pengujian Kedua	6.2 Wh	
Pengujian Ketiga	6.2 Wh	

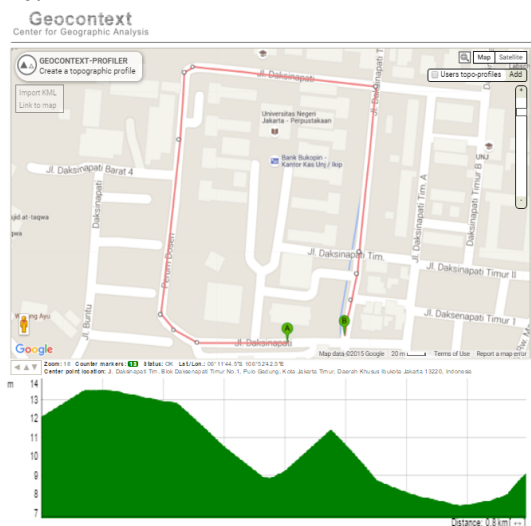
# PROTOTYPE MOBIL LISTRIK MENGGUNAKAN BRUSHLESS DC MOTOR 350 WATT



$$\begin{aligned} \text{Rata - rata} &= \frac{\text{pengujian 1} + \text{pengujian 2} + \text{pengujian 3}}{\text{Jumlah data}} \\ &= \frac{6.2 + 6.2 + 6.2}{3} \\ &= \frac{18}{3} \\ &= 6.2 \text{ Wh} \end{aligned}$$

## Hasil Pengujian Prototipe Mobil Listrik Dengan Beban

Penelitian selanjutnya dilakukan dengan cara menguji performa mobil listrik satu putaran track mulai dari jalan Daksinapati menuju perum dosen dan berakhir di jalan Daksinapati Tim.1 dan berakhir di pintu gerbang keluar parkir mobil Universitas Negeri . Pemilihan jalan dilakukan berdasarkan pembacaan dari situs geocontextx.org dengan kondisi jalan memiliki varian yang berbeda sepanjang 800 meter. Peta track dapat dilihat pada **Gambar 20**.



**Gambar 20** Peta lokasi Pengujian

Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali sesuai dengan sistematika pengujian yang telah direncanakan yaitu dilakukan pada satu putaran track dan kondisi jalan yang bervariasi dengan jarak 800 meter kemudian data dicatat dan dimasukkan kedalam tabel untuk dianalisis. Dalam pengambilan data, perilaku

pengendara dalam membuka putaran throttle dilakukan dengan cara yang berbeda. Pengendara diberikan kebebasan dalam pembukaan throttle sesuai dengan kondisi jalan yang dilewati. Hasil pengujian pada satu putaran track dengan jarak 800 meter dapat dilihat pada **Tabel 5**.

**Tabel 5** Data Performa Mobil Listrik Pada Satu Putaran Lintasan

Pengujian	Penggunaan daya pada setiap pengujian	Gambar pada watt meter pada kondisi terakhir saat pengujian
Pengujian Pertama	2.5 Wh	
Pengujian Kedua	2.7 Wh	
Pengujian Ketiga	2.5 Wh	

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata} &= \frac{\text{pengujian 1} + \text{pengujian 2} + \text{pengujian 3}}{\text{Jumlah data}} \\ &= \frac{2.5 + 2.7 + 2.5}{3} \\ &= \frac{7.7}{3} \\ &= 2.56 \text{ Wh} \end{aligned}$$

## KESIMPULAN dan SARAN

### Kesimpulan

Prototipe Mobil Listrik dengan BLDC Motor 350 Watt berhasil di realisasikan sesuai spesifikasi yang di harapkan dengan kesimpulan sebagai berikut:

Prototipe mobil listrik mengkonsumsi daya sebesar 6 Wh selama 15 menit dengan kecepatan maksimal 38 Km/Jam.

Mobil listrik pada satu putaran lintasan sepanjang 800 meter membutuhkan konsumsi daya 2,56 Wh tanpa melepas bokaan throttle, ini artinya mobil listrik mampu menempuh jarak 312 m/Wh dengan beban pengemudi seberat 50 Kg tanpa melepas bukaan *throttle*.

**Saran**

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya diantaranya sebagai berikut:

1. Penambahan sistem transmisi otomatis pada penggerak roda belakang untuk menjaga kestabilan penggunaan arus.
2. Penggunaan baterai yang lebih ringan namun mempunyai kapasitas yang besar.
3. Pengembangan *Baterai Management System* (BMS) pada bagian baterai agar penggunaan konsumsi baterai dapat diatur.

Pengembangan dibagian rangka dan bodi agar bobot mobil semakin ringan.

**REFERENSI**

Banzi, M. (2008). *Getting Started with Arduino*, First Edition. USA: O'Reilly.

Budiharto, W. (2008). *Panduan Praktikum Mikrokontroler AVR Atmega16*. Jakarta: Gramedia.

Banzi, M. (2008). *Getting Started with Arduino*, First Edition. USA: O'Reilly.

Budiharto, W. (2008). *Panduan Praktikum Mikrokontroler AVR Atmega16*. Jakarta: Gramedia.

Delton, Tom (2004). *Automobile Electrical and Electronic Systems*. Oxford: Routledge

Dharmawan, A. (2009). *Pengendalian Motor Brushless DC Dengan Metode PWM Sinusoidal Menggunakan ATMEGA 16* [Skripsi]. Depok: Universitas Indonesia.

Driss Yousfi, A. E. (2011). *Efficient Sensorless PMSM Drive for Electric Vehicle Traction Systems*. In E. Schaltz, *Electric Vehicles – Modelling and Simulations*[Tesis]. Denmark: Aalborg University.

Jani. Y, *Implementing Embedded Speed Control for Brushless DC Motors Part 1*, Renesas Technology America, Inc

<http://www.mpoweruk.com/motorsBrushless.htm>, diakses pada tanggal 29 Oktober 2015.

[https://id.wikipedia.org/wiki/Mobil\\_listrik](https://id.wikipedia.org/wiki/Mobil_listrik), diakses pada tanggal 29 Oktober 2015.

Purwadi, A. (2015, November 27). *public.lskk.ee.itb.ac.id/Molina*.

Retrieved from [public.lskk.ee.itb.ac.id/Molina/Proposal %20Molina%20ITB%202014.pdf](http://public.lskk.ee.itb.ac.id/Molina/Proposal%20Molina%20ITB%202014.pdf)

Rambabu, S. (2007). *Modeling And Control Of A Brushless Dc Motor* [Tesis]. India: Department of Electrical Engineering National Institute of Technology Rourkela.

Schaltz, E. (2011). *Electrical Vehicle Design and Modeling* [Tesis]. Denmark: Aalborg University.

Setiawan, Randi. (2016). *Prototipe Mobil Listrik Menggunakan Brushless DC Motor 350 Watt*[Skripsi]. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta

Subekti, Agus (2015). *Regulasi Teknis KMHE 2015*. Malang: Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

T. Kenjo ;& S. Nagamori, 1985. *Permanent-magnet and Brushless DC motors-(Monographs in electrical and electronic engineering)* [Tesis]. New York: Oxford University.

Wilberg, J. (2003). *Controlling a Brushless DC Motor*[Tesis]. swedia: University Linkoping Swedia,.

Zulmain. (2009). *Prototipe Mobil Listrik Menggunakan Motor DC Magnet Permanen 0,37 HP*[Skripsi]. Depok: Universitas Indonesia.