

**PERANCANGAN PENGEREMAN MOTOR BLDC (BRUSHLESS DC)
SEBAGAI PENGGERAK UTAMA MOBIL LISTRIK**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh:

**NANDO AFRIANDA
(03041381320013)**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN PENGEREMAN MOTOR BLDC (*BRUSHLESS DC*) SEBAGAI PENGERAK UTAMA MOBIL LISTRIK



SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Oleh :

NANDO AFRIANDA
03041381320013

Palembang, Januari 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. ; 197108141999031005

Menyetujui,
Pembimbing Utama


Ir. Sri Agustina, M.T.
NIP: 196108181990032003

ABSTRAK

PERANCANGAN PENGEMEREMAN MOTOR BLDC (BRUSHLESS DC) SEBAGAI PENGGERAK UTAMA MOBIL LISTRIK

(Nando Afrianda, 03041381320013, 2017)

Kemajuan teknologi masa kini telah berkembang sangat pesat, bahkan semuanya serba otomatis dan serba menggunakan listrik. Dapat dibuktikan oleh banyaknya inovasi-inovasi yang telah diciptakan di dunia. Salah satunya perkembangan teknologi saat ini adalah bermunculannya mobil listrik. Mobil listrik merupakan kendaraan yang memanfaatkan sumber listrik sebagai bahan bakarnya dan motor listrik sebagai penggeraknya. Seiring perkembangan penciptaan mobil listrik, maka sistem pengereman juga perlu dikembangkan untuk menghentikan atau memperlambat laju kendaraan, maka diciptakan pengereman elektrik agar pengereman lebih efisien. Pada mobil listrik yang dibuat, telah terpasang pengereman listrik secara *plugging*, dimana pengereman jenis ini bekerja saat kutub pada terminal sumber diubah dan akan menyebabkan pembalikkan pada perputaran jangkar motor, pembalikkan jangkar motor disebabkan oleh diubahnya kutub pada terminal sumber oleh kontroler 3 fasa. Untuk daya yang dibutuhkan untuk berjalan maju adalah sebesar 61 Watt dengan menggunakan tegangan sebesar 24,4 Volt dan arus sebesar 2,5 Ampere, dan untuk daya yang dibutuhkan untuk pengereman adalah sebesar 63,24 Watt dengan menggunakan tegangan sebesar 10,2 Volt dan arus sebesar 6,2 Ampere. Setelah itu, untuk perhitungan arus yang mengalir pada motor saat berjalan maju, didapatkan nilai tegangan yang diukur sebesar 24,4 Volt dan resistansi pada motor sebesar 6,41 Ohm. Maka arus pada saat berjalan adalah sebesar 3,806 Ampere. Sedangkan arus yang mengalir pada motor saat melakukan pengereman *plugging*, didapatkan nilai tegangan yang diukur sebesar 24,4 Volt, tegangan *output* motor sebesar 13,8 Volt, dan resistansi pada motor sebesar 1,6 Ohm. Maka arus pada saat pengereman adalah sebesar 6,62 Ampere.

Kata Kunci : Mobil listrik, pengereman listrik, pengereman secara plugging

ABSTRACT

PERANCANGAN PENGEMERMAN MOTOR BLDC (*BRUSHLESS DC*) SEBAGAI PENGGERAK UTAMA MOBIL LISTRIK

(Nando Afrianda, 03041381320013, 2017)

Technology has developed rapidly, things that were operated manually before, have become completely automatic. Proven by the innovations that keep developing, one of them is electric car. Electric car is a vehicle that using electrical power as a fuel and electric motor as a prime mover. The development of electric car also makes braking system need to be developed. In electric car, the electric braking is installed in plugging, where this kind of braking works when the polar at source terminal changed and will cause reversing in rotor rotation by 3 phase controller. The power that needed for car to move forward is 61 Watt with voltage 24.4 Volt and current 2.5 Ampere. For braking, the power that needed is 63.24 Watt with voltage of 10.2 Volt and current 6.2 Ampere. For current flowing calculation when motor moves forward, with voltage 24.4 Volt and resistance 6.41 Ohm, the current when motor moves forward is 3.806 Ampere. While, when the motor brakes, the measured voltage is 24.4 Volt, output motor voltage is 13.8 Volt, and resistance 1.6 Ohm, then the current is 6.62 Ampere.

Keywords: *Electric Car, Electric Braking, Plugging Braking*

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP : 197108141999031005

Palembang, Januari 2018

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Ir. Sri Agustina,M.T.

NIP: 196108181990032003

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah *Subhannallahu Wa Ta'ala* serta salam dan shalawat agar tercurah kepada Rasulullah *Shalallahu 'alaihi wa sallam*, keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat dan ridho Allah *Subhannallahu Wa Ta'ala*, penulis dapat membuat skripsi ini yang berjudul "**PERENCANAAN PENEREMAN MOTOR BLDC (Brushless DC) SEBAGAI PENGERAK UTAMA MOBIL LISTRIK**".

Pembuatan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Ir. Sri Agustina, M.T. selaku Pembimbing tugas akhir.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Dr. H. Iwan Pahendra Anto Saputra, S.T., M.T. selaku Sekretaris Ketua Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Ir. Rudyanto Thayib, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. Orang tua dan adik-adik yang telah memberikan dukungan sepenuhnya.
7. Teman-teman angkatan 2013 yang selalu memberikan dukungan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga uraian ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Palembang, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Tujuan Penulisan	I-2
1.3. Rumusan Masalah	I-2
1.4. Batasan Masalah.....	I-2
1.5. Metode Penulisan	I-3
1.6. Sistematika Penulisan	I-3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Motor <i>BLDC (Brushless DC)</i>	II-1
---	------

2.2. Konstruksi Motor <i>BLDC</i> (<i>Brushless DC</i>)	II-2
2.3. Pengereman Mekanik	II-4
2.4. Pengereman Elektrik.....	II-8
2.5. Torsi Pembalikkan Pengereman <i>Plugging</i>	II-11
2.6. Perbandingan Karakteristik Pengereman-Pengereman Elektrik ...	II-11

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1. Metodologi Penelitian.....	III-1
3.2. <i>Flowchart</i>	III-1
3.3. Desain Rangkaian Pengereman Listrik Secara <i>Plugging</i>	III-3

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Spesifikasi Motor <i>BLDC</i>	IV-1
4.2. Tata Letak Motor <i>BLDC</i>	IV-2
4.3. Desain Rangkaian Untuk Pengereman <i>Plugging</i>	IV-2
4.4. Tabel Matrik Penelitian	IV-3
4.5. Alat dan Bahan	IV-4
4.6. Kurva Perbandingan Antara Pengereman Elektrik <i>Plugging</i> Dan Pengereman Mekanik	IV-5
4.7. Perhitungan Daya Pada Motor <i>BLDC</i> , <i>Arus Pada Angker</i> , dan <i>Breaking Torque</i> (Torsi Pengereman)	IV-6

4.8. Analisa	IV-9
--------------------	------

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran	V-1

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1. Motor <i>Brushless DC</i>	II-2
Gambar 2.2. Konstruksi Motor <i>Brushless DC</i>	II-3
Gambar 2.3. Sistem Rem Mekanik	II-5
Gambar 2.4. Sistem Rem Hidrolik	II-6
Gambar 2.5. Sistem Rem Pneumatic	II-7
Gambar 2.6. Amature Terhubung ke Sumber DC.....	II-10
Gambar 2.7. Amature Terputus dari Sumber DC.	II-10
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i>	III-2
Gambar 3.2. Desain Rangkaian Penggereman Listrik Secara <i>Plugging</i>	III-3
Gambar 4.1. Motor BLDC Yang Digunakan pada Penelitian	IV-1
Gambar 4.2. Tata Letak Motor BLDC	IV-2
Gambar 4.3. Rangkaian Penggereman Listrik Secara <i>Plugging</i>	IV-3
Gambar 4.4. Kurva Perbandingan Waktu Untuk Metode-Metode Penggereman..	IV-3

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1. Tabel Karakteristik Perbandingan Pengereman Elektrik	II-11
Tabel 4.1. Tabel Matrik Penelitian.....	IV-3
Tabel 4.2. Peralatan Yang Digunakan pada Penelitian	IV-4

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang^[1]

Kemajuan teknologi masa kini telah berkembang sangat pesat, bahkan semuanya serba otomatis dan serba menggunakan listrik. Dapat dibuktikan oleh banyaknya inovasi-inovasi yang telah diciptakan di dunia. Salah satunya perkembangan teknologi saat ini adalah bermunculannya mobil listrik. Mobil listrik merupakan kendaraan roda empat yang memanfaatkan sumber listrik sebagai bahan bakarnya dan motor listrik sebagai penggeraknya. Mobil listrik menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai atau tempat penyimpan energi lainnya.

Pada perkembangan desain mobil listrik, sistem pengereman sangat diperlukan untuk memperlambat atau memberhentikan laju dari mobil listrik, maka dari itu sistem pengereman juga perlu dikembangkan untuk keamanan dan kenyamanan dalam berkendara khususnya kendaraan listrik. Secara umum, sistem pengereman yang populer digunakan pada mobil adalah pengereman mekanis dengan memanfaatkan piringan cakram atau tromol.^[6]

Pada kendaraan listrik sistem pengereman mekanis akan lebih efektif bila dipadukan dengan pengereman elektrik dimana pengereman mekanik akan dijadikan *backup* dari pengereman listrik. Pengereman listrik yang akan digunakan adalah pengereman *plugging*. Sistem pengereman *plugging* adalah metode pengereman yang memanfaatkan pembalikan arah perputaran motor dengan cara membalikkan kutub listrik pada terminal motor. Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu dibuat suatu sistem pengereman pada motor listrik dengan metode tersebut diatas untuk mendapatkan hasil pengereman yang efisien.



1.2. Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mendalami pemahaman mengenai sistem pengereman pada motor arus searah.
2. Merancang sistem pengereman yang tepat untuk motor listrik yang digunakan.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut :

1. Jenis sistem pengereman listrik seperti apa yang tepat digunakan untuk mobil listrik?
2. Berapa besar daya yang bekerja pada motor *BLDC* pada kondisi berjalan dan kondisi pengereman?
3. Berapa arus yang mengalir pada proses pengereman *plugging*?
4. Berapa torsi pengereman pada motor *BLDC*?

1.4. Batasan Masalah

Agar penulis mencapai hasil penelitian yang memuaskan, maka penulis harus membatasi masalah yang akan diteliti. Berikut adalah batasan masalah pada Tugas Akhir ini:

1. Motor yang digunakan untuk penelitian adalah motor arus searah atau motor *DC* (*direct current*)
2. Pengereman yang direncanakan hanyalah pengereman khusus motor arus searah.



1.5. Metode Penulisan

Metode yang digunakan untuk mendapatkan data dan informasi pendukung dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini antara lain adalah:

1. Studi Literatur

Metode ini dilakukan dengan cara pencarian data dan spesifikasi sistem penggereman pada jurnal – jurnal yang bersangkutan, mempelajari spesifikasi dari sistem penggereman yang akan digunakan dan mempelajari jenis sistem penggereman yang akan digunakan.

2. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data ini dilakukan dengan cara mencari atau membaca materi-materi mengenai spesifikasi dari sistem penggereman yang akan digunakan.

3. Analisa Dan Evaluasi

Mengolah data yang telah didapatkan dari hasil penelitian dan melakukan perhitungan secara matematis lalu dianalisa sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam memudahkan penyusunan, tugas akhir ini tersusun atas bab-bab sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan, bab ini memaparkan tentang latar belakang penelitian, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II : Tinjauan Pustaka, pada bab ini menjelaskan tentang definisi dari baterai, jenis – jenis baterai, spesifikasi baterai dan teori penunjang lainnya.

BAB III : Metodologi Penelitian , dalam bab ini menjelaskan tentang metode – metode dan diagram alir proses penelitian.



Bab I Pendahuluan

BAB IV : Analisa dan Pembahasan, dalam bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB V : Kesimpulan dan Saran, dalam bab ini menjelaskan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk pembaca.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khumaedi, Ahmad, Noer Soedjarwanto dan Agus Trisanto. 2014. *Otomatisasi Penggereman Motor DC Secara Elektris Sebagai Referensi Sistem Keamanan Mobil Listrik*. Jurnal Rekyasa Dan Teknologi Elektro. Universitas Lampung.
- [2] Abidin, Saenal. 2013. *Sistem Penggereman Hidrolik*.
<https://saenalabidin.wordpress.com/power-steering/sistem-rem/151-2/>, Diakses pada tanggal 7 April 2017.
- [3] Arfan, Muhammad. 2017. *Sistem Rem Mekanik*.
<https://muharfan95.wordpress.com/materi-3/sistem-rem/>, Diakses pada tanggal 7 April 2017.
- [4] Fresti Qauli, Santi. 2013. *Dasar-Dasar Elektromagnetik-Mekanik*.
<https://navalwomanengineer.wordpress.com/2013/01/16/dasar-dasar-elektromagnetik-mekanik>, Diakses pada tanggal 7 April 2017.
- [5] Fuad, Ainun. 2013. *Sistem Rem Pneumatic*.
<https://fuadmje.wordpress.com/2012/01/14/sistem-rem/>, Diakses pada tanggal 8 April 2017.
- [6] Hilmi, Tosan. 2014. *Definisi Motor DC*.
<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/51043/Chapter%20II.pdf?sequence=3&isAllowed=y>, Diakses pada tanggal 7 April 2017.
- [7] Pamungkas, Agung Tri. 2012. *Pengertian Generator , Stator dan Rotor*.
<http://kontens-listrik.blogspot.co.id/2012/03/pengertian-generator-stator-dan-rotor.html>, Diakses pada tanggal 7 April 2017.

- [8] Prabowo, Irwan Eko. 2016. *Pengertian Brushless DC Motor*. <https://onexperience.wordpress.com/2016/09/04/first-blog-post/>, Diakses pada tanggal 12 Januari 2018.
- [9] Purnama, Agus. 2012. *Metode Penggereman Pada Motor Listrik*. <http://elektronika-dasar.web.id/metode-pengereman-pada-motor-listrik/>, Diakses pada tanggal 7 April 2017.
- [10] Wildi, Theodore. 2017. *DC Motor Calculations Part 1*. <http://www.ni.com/white-paper/14921/en/>, Diakses pada tanggal 12 Januari 2018.