

**PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC MAGNET PERMANEN DENGAN  
MENGUNAKAN SENSOR KECEPATAN ROTARI**

**SKRIPSI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**M. WILDAN HILMI**

**NIM. 0810633066 - 63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2013**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena dengan rahmat, taufik dan hidayah-Nyalah skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi berjudul “Pengendalian Kecepatan Motor DC Magnet Permanen Dengan Menggunakan Sensor Kecepatan Rotari” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

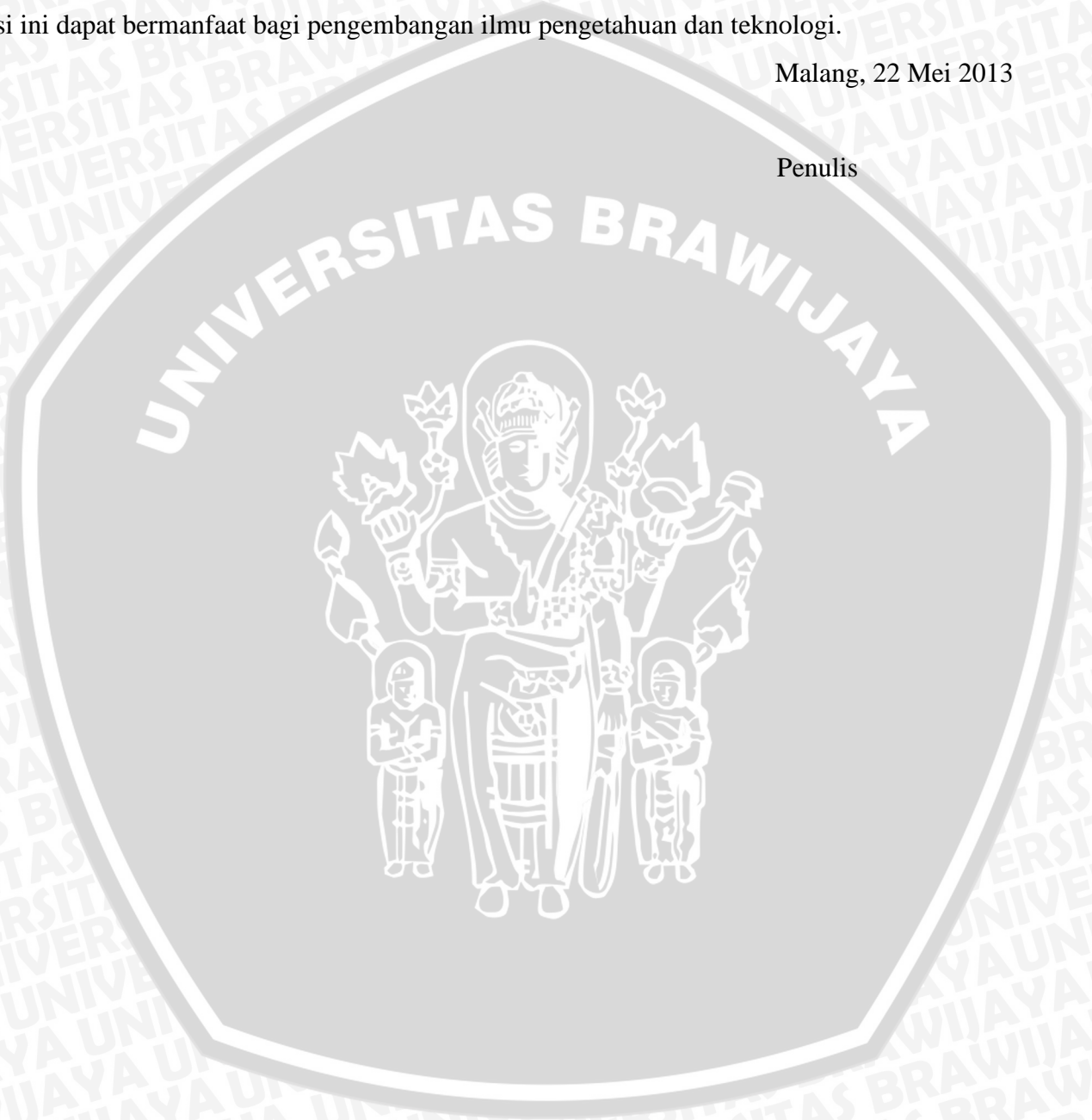
- Keluarga Tercinta, Ibu Anik Silfi, Bapak Abdul Manan, Saudara M. Wildan Faris, Wilda Safira, M. Wildan Ilhami Akbar serta seluruh keluarga besar, atas segala nasehat, kasih sayang, perhatian dan kesabarannya, serta telah banyak mendoakan kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini,
- Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Mochammad Rif’an, S.T.,M.T. selaku Ketua Program Studi Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, dan Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., MSc., selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Teknik Energi Elektrik Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Ir. Soeprpto, M.T., dan Bapak Ir. Hery Purnomo, M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II, atas segala bimbingan, nasehat, pengarahan, motivasi, saran dan masukan yang telah diberikan.
- Teman - teman Elektro 2008 (Concorde), terutama untuk teman-teman Konsentarsi Teknik Energi Elektrik Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya atas kerja sama dan kekompakannya.
- Rekan dalam pengerjaan skripsi, M. Firsada Putra, Bagus Ilyas, M.Cholik, Edwin Gutama, Annisa Triandini, M. Izzat Harisi, Ardhito Primatama, Bagus Ibnu atas segala bantuan serta saran dan masukannya,

- Semua pihak yang tidak mungkin bagi penulis untuk mencantumkan namanya satu-persatu, terima kasih banyak atas bantuan dan dukungannya.

Pada akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Malang, 22 Mei 2013

Penulis



## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR .....	2
DAFTAR ISI .....	4
DAFTAR GAMBAR .....	7
DAFTAR TABEL .....	10
ABSTRAK .....	11
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	
1.1 Latar Belakang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Rumusan Masalah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Ruang Lingkup .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4 Tujuan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5 Sistematika Penulisan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	
2.1 Motor DC .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Pengaturan Kecepatan Dan Torsi pada Motor DC Magnet Permanen	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
2.3 Sensor Kecepatan Rotari .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4 Sensor Arus .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5 <i>Optocoupler</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6 Mikrokontroler AVR ATMEGA 8 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6.1 <i>Pulse Width Modulation (PWM)</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7 <i>Driver Motor</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.1 <i>DC Chopper</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

- 3.1 Studi Literatur ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.2 Pengumpulan Data ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.3 Perancangan dan Pembuatan Perangkat **Error! Bookmark not defined.**
- 3.3.1 Perancangan Sensor Kecepatan Rotari / *Rotary Encoder* **Error! Bookmark not defined.**
- 3.3.2 Perangkaian Sensor kecepatan rotari .... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.3.3 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler (MK) **Error! Bookmark not defined.**
- 3.3.4 Perangkaian Rangkaian Mikrokontroler **Error! Bookmark not defined.**
- 3.3.5 Perancangan *Driver* Motor ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.3.6 Perangkaian *Driver* Motor ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.3.7 Perancangan Mekanikal ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.3.8 Pembuatan Mekanikal..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.3.9 Perancangan Perangkat Lunak..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.3.10 Pembuatan Perangkat Lunak..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.4 Pengujian dan Analisis..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.4.1 Pengujian Sensor..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.4.2 Pengujian Catu Daya..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.4.3 Pengujian *Driver* Motor ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.4.4 Pengujian Rangkaian PWM..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.4.5 Pengujian Motor..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.4.6 Pengujian Keseluruhan ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.5 Penarikan Kesimpulan ..... **Error! Bookmark not defined.**
- BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT** **Error! Bookmark not defined.**
- 4.1 Diagram Blok Sistem..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2 Karakteristik Motor Yang Digunakan .. **Error! Bookmark not defined.**

4.3	Perancangan Rangkaian elektrik.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.1	Rangkaian Catu Daya .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.2	Sensor.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.3	Rangkaian Mikrokontroler.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.4	Rangkaian <i>Driver</i> Motor.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4	Perangkaian Elektrikal .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5	Pembuatan Mekanikal.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6	Perancangan Software.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.7	Pembuatan <i>Software</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	<b>BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1	Pengujian Catu Daya.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2	Pengujian Sensor.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.3	Pengujian Rangkaian PWM.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4	Pengujian Rangkaian DC <i>Chopper</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.5	Pengujian Motor.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.6	Pengujian Alat Keseluruhan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	<b>BAB VI PENUTUP</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1	Kesimpulan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2	Saran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	<b>LAMPIRAN 1</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	<b>LAMPIRAN 2</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	<b>LAMPIRAN 3</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	<b>LAMPIRAN 4</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Bagan Motor DC ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.2 Rangkaian Pengganti Motor DC Penguat terpisah **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.3 Rangkaian Pengganti Jangkar Motor DC.... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.4 Karakteristik Kecepatan Torsi Motor DC... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.5 Kurva Karakteristik Torsi-Kecepatan pada Motor DC Magnet Permanen **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.6 Sensor Rotari..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.7 Bentuk *Opcoupler* OPB 860 T-*Houstiting*.... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.8 Rangkaian *Optocoupler* OPB 860 T-*Houstiting* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.9 Gambaran Umum Konfogurasi Mikrokontroler ATMega8 **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.10 Bentuk Gelombang Kotak dengan Kondisi *High* 5 V dan *Low* 0V ... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.11 *Duty Cycle* Dalam Berbagai Presentase.... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.12 Rangkaian Sederhana Dan Bentuk Gelombang DC *Chopper Step-Down*.... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.13 Rangkaian Umum DC *Chopper Buck regulator* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.14 Rangkaian Ekivalen *Buck Regulator* Pada Mode 1 Dan Mode 2 **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.15 Bentuk Gelombang Keluaran Tegangan Dan Arus *Buck Regulator*.. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.16 Konfigurasi MOSFET ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.17 Bentuk Umum MOSFET ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.18 Karakteristik MOSFET ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.1 Kerangka Umum Metode Penelitian..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan Perangkat..... **Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 3.3 Gambaran Umum Sensor Rotari ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.4 Rangkaian *Optocoupler* ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.5 Rangkaian Driver Motor ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.2 Kurva Kecepatan-Waktu pada Motor dengan Beban yang Melaju **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.3 Motor DC Magnet Permanen 12 V ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.4 Motor Simulator Roda Sepeda ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.5 Rangkaian Catu Daya pada Sensor dan Mikrokontroler **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.6 Baterai 12 V ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7 Piringan sensor rotari ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.8 Konfigurasi Pin Komponen *Optoswitch* ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.9 Rangkaian OP AMP Komparator ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.10 Rangkaian Mikrokontroler ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.11 Rangkaian *Driver* Motor ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.12 Rangkaian Catu Daya, Sensor, dan OP AMP Komparator **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.13 Rangkaian Mikrokontroler ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.14 Rangkaian Driver Motor dan DC *Chopper* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.15 Rangkaian Sensor Rotari ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.16 Gambar Mekanik Tampak Atas ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.17 Gambar Mekanik Tampak Samping ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.18 Diagram Alir Urutan Kerja Sistem Secara Umum **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.19 Diagram Alir Pembacaan Frekuensi Dan Penambahan *Duty Cycle* Sistem **Error! Bookmark not defined.**



Gambar 5.1 Rangkaian Pengujian Catu Daya Mikrokontroler dan Sensor **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.2 Gelombang Tegangan Catu Daya 12V ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.3 Gelombang Tegangan Catu Daya 5 V ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.4 Rangkaian PWM..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.5 Keluaran Tegangan Mikrokontroler..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.6 Keluaran Tegangan MOSFET ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.7 Keluaran Tegangan *Octocoupler* ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.8 Rangkaian DC Chopper ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.9 Keluaran Tegangan DC Chopper pada *Duty Cycle* 50% **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.10 Kurva Kecepatan Fungsi Tegangan Pada Motor DC Magnet Permanen..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.11 Sinyal Keluaran Tegangan Rangkaian Chopper dengan *Duty cycle* 50% .... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5.12 Kurva Kecepatan Motor dan Sensor Terhadap *Duty Cycle* **Error! Bookmark not defined.**

### DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Hasil Keluaran Tegangan Rangkaian Catu Daya **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 5.2 Hasil Keluaran Tegangan Sensor Rotari..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 5.3 Pengaruh Variasi *Duty Cycle* Terhadap Keluaran Rangkaian PWM **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 5.4 Tabel Pengujian Rangkaian DC Chopper ..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 5.5 Resistansi Belitan Jangkar Motor ..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Karakteristik Tegangan, Arus, Kecepatan Motor Penggerak Utama  
..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 5.7 Peningkatan Kecepatan Motor dan Sensor Tiap Pertambahan *Duty Cycle* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 5.8 Perubahan Tegangan dan Arus Motor Penggerak Sensor.....62

Tabel 5.9 Arus Torsi Pada Motor Penggerak Sensor .....62



## ABSTRAK

**M. Wildan Hilmi**, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2013, Pengendalian Kecepatan Motor DC Magnet Permanen Dengan Menggunakan Sensor Kecepatan Rotari, Dosen Pembimbing : Ir. Soeprpto, M.T. dan Ir. Hery Purnomo, M.T.

Pengendalian kecepatan motor dengan cara motor dikondisikan agar tidak mencapai torsi dan kecepatan maksimal merupakan salah satu cara untuk mendapatkan efisiensi konsumsi daya baterai pada suatu sistem sepeda listrik. Pada penelitian ini pengendalian kecepatan motor dilakukan dengan mengaktifkan motor dimana roda sepeda disimulasikan telah berputar pada kecepatan tertentu, sehingga motor tidak perlu berbeban besar seperti pada saat roda sepeda pertama kali berputar. Simulasi ini dilakukan dengan pengaturan kecepatan motor DC magnet permanen. Dimana pengaturan kecepatan suatu motor DC magnet permanen dilakukan dengan mengatur tegangan masukan motor. Besar tegangan diatur secara variabel sesuai dengan besar *duty cycle* (D). Karena besar  $V_{out}$  adalah hasil kali dari *duty cycle* dengan  $V_{in}$ . Sehingga dengan alat pengaturan kecepatan motor DC magnet permanen dengan menggunakan sensor kecepatan rotari ini dapat tercapai efisiensi konsumsi daya baterai pada sistem sepeda listrik.

**Kata Kunci** - Motor DC magnet permanen, *pulse width modulation*, *duty cycle*, DC chopper.

