

**JURUSAN ELEKTRO**

**LAPORAN PENELITIAN  
KATEGORI A**



**SISTEM PENEREMAN REGENERATIF UNTUK MENGISI BATERAI  
PADA SEPEDA ELEKTRIK**

Oleh :

|                                |                          |
|--------------------------------|--------------------------|
| <b>Ir. Soeprapto, MT</b>       | <b>NIDN : 0020105607</b> |
| <b>Ir. Mahfudz Shidiq, MT</b>  | <b>NIDN : 0009065806</b> |
| <b>Ir. Unggul Wibawa, M.Sc</b> | <b>NIDN : 0006016304</b> |

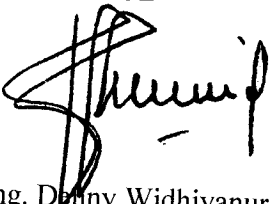
Dilaksanakan atas biaya Dana DIPA Tahun Anggaran 2015  
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang berdasarkan  
Kontrak No. : 59/UN10.6/PG/2015  
Tanggal 4 Mei 2015

**Fakultas Teknik  
Universitas Brawijaya Malang  
Oktober 2015**

## HALAMAN PENGESAHAN

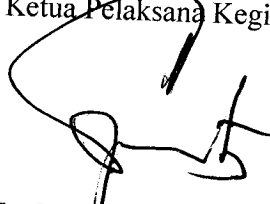
1. Judul Kegiatan PKM : Sistem Pengereman Regeneratif Untuk Mengisi Baterai Pada Sepeda Elektrik
2. Kategori Kegiatan PKM : A
3. Ketua Tim Pengusul :
  - a) Nama : Ir. Soeprapto, MT
  - b) Jenis Kelamin : Laki-laki
  - c) NIP : 19561020 198903 1 001
  - d) Jabatan Struktural : -
  - e) Jabatan Fungsional : Lektor Kepala/IV-a
  - f) Fakultas/Jurusan/PS : Teknik/Elektro
  - g) Alamat : Jl. MT.Haryono no.167 Malang
  - h) Telepon/Fax : 0341 554166
  - i) Alamat Rumah : Kompleks Villa Sengkaling D-13, Malang
  - j) Telepon/Fax/Email : 0341 3039620/prapto@ub.ac.id
4. Jangka Waktu : 6 bulan
5. Pembiayaan : Rp. 15.000.000,- (lima belas juta rupiah)
6. Jumlah biaya tahun ke : -

Mengetahui,  
Ketua BPP FT UB



Dr. Eng. Denny Widhiyanuriyawan, ST., MT.  
NIP. 1975113 200012 1 001

Malang, Oktober 2015  
Ketua Pelaksana Kegiatan



Ir. Soeprapto, MT  
NIP. 19561020 198903 1 001

Menyetujui,  
Dekan FT UB



Dr. Ir. Pitoyo Tri Juwono, MT  
NIP. 19700221 200012 1 00

## IDENTITAS KEGIATAN

1. **Judul Penelitian** : **Sistem Pengereman Regeneratif Untuk Mengisi Baterai Pada Sepeda Elektrik**

2. **Kategori Penelitian** : **A**

3. **Ketua Peneliti** :

- a) Nama : Ir. Soeprapto, MT
- b) Bidang Keahlian : Energi Elektrik
- c) Jabatan Struktural : -
- d) Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- e) Fakultas/Jurusan/PS : Teknik/Elektro
- f) Alamat Surat : Jl. MT.Haryono no.167 Malang
- g) Telepon/Fax : 0341 554166
- h) Email : prapto@ub.ac.id

4. **Anggota Tim Peneliti** :

a) **Dosen** :

| No | Nama dan gelar akademik | Bidang Keahlian | Alokasi waktu |
|----|-------------------------|-----------------|---------------|
| 1  | Ir. Mahfudz Shidiq, MT  | Energi Elektrik | 4 jam/minggu  |
| 2  | Ir. Unggul Wibawa, M.Sc | Energi Elektrik | 4 jam/minggu  |

b) **Mahasiswa** :

- 1. Mahasiswa 1 : Arizky Erwinsyah Hariyanto NIM.115060301111001
- 2. Mahasiswa 2 :

5. **Obyek Penelitian** :

Sistem Pengereman Regeneratif Untuk Mengisi Baterai Pada Sepeda Elektrik

6. **Masa Pelaksanaan Penelitian** :

- Mulai : April 2015
- Berakhir : September 2015

7. **Anggaran yang diusulkan** : Rp. 15.000.000,- (lima belas juta rupiah)

8. **Lokasi Penelitian** : Laboratorium Elektronika Daya FT UB

**9. Hasil yang ditargetkan** : Diperoleh hasil rancangan alat yang dapat diimplementasikan pada sistem pengereman regeneratif pada sepeda elektrik yang menggunakan motor BLDC untuk mengisi baterai, sehingga energi kinetik sepeda dapat diubah menjadi energi elektrik dan disimpan di baterai.

**10. Instansi lain yang terlibat** : -

**11. Keterangan lain yang dianggap perlu** : -

## RINGKASAN

Mayoritas penduduk Indonesia menggunakan kendaraan roda 2 berbahan bakar minyak untuk sarana transportasi dalam kota, kendaraan tersebut dapat digantikan dengan sepeda listrik. Kontur jalan, khususnya di Malang begitu banyak naik dan turun. Pada saat jalanan turun biasanya kita menggunakan sistem pengereman mekanik dengan kampas rem untuk mengubah energi kinetik sisa menjadi energi panas. Sistem pengereman ini tidak efisien jika digunakan dalam sepeda listrik karena sepeda listrik dilengkapi dengan mesin listrik yang dapat melakukan pengereman regeneratif.

Tujuan akhir yang diharapkan dalam penelitian ini adalah dapat merencanakan dan merealisasikan alat yang mampu melakukan pengereman regeneratif pada sepeda listrik. Sistem pengereman regeneratif membutuhkan sepeda, mesin arus searah tanpa sikat, penyearah 3 fasa tak terkontrol, *boost converter*, baterai, dan kontroler. Besar torsi pengereman pada mesin dipengaruhi oleh besar arus keluaran dari mesin tersebut. Sistem pengereman regeneratif ini dikendalikan dengan suatu mikrokontroler yang akan mengubah-ubah nilai *dutycycle* pada *boost converter* agar nilai arus masukan *boost converter* yang selalu berbanding lurus terhadap nilai arus keluaran mesin dapat berubah sesuai keinginan.

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan energi rata-rata sebesar 0,0048360 Wh untuk kecepatan awal 30 km/jam dan 0,0100300 Wh untuk kecepatan awal 40 km/jam dengan beban inersia mesin saja.

Kata kunci: Pengereman regeneratif, mesin arus searah tanpa sikat, penyearah, *boost converter*, kontroler, baterai, sepeda.

## SUMMARY

The majority of Indonesian people using motorcycle that use gasoline for means of transportation in the city, this vehicle can be replaced with an electric bike. Contours of the road, especially in Malang so much up and down. When way down, we usually use mechanical braking system to convert kinetic energy become heat energy with brake pad. This brake system is not efficient if used in electric bike, because bldc machine can be operated as generator and perform braking (regenerative braking).

The ultimate goal of this research are planning and realization a tool that can do regenerative braking for bicycle. Regenerative braking system requires a bike, brushless direct current machine, 3-phase uncontrolled rectifier, boost converter, battery, and controller. The braking torque value on the machine is affected by the output current value of the machine. The regenerative braking system is controlled by a microcontroller which will vary in boost converter dutycycle value so that the boost converter input current value that always directly proportional to the output current value of the machine can be changed as desired.

Based on the test results, obtained average energy 0,0048360 Wh for the initial speed of 30 km/h and 0,0100300 Wh for the initial speed of 40 km/h with the engine inertial load only.

Keywords: Regenerative braking, brushless direct current machine, rectifier, boost converter, controller, battery, bicycle.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengereman regeneratif untuk mengisi baterai pada mesin arus searah tanpa sikat dilakukan dengan cara menyearahkan tegangan keluaran yang keluar dari mesin menggunakan penyearah, lalu menaikkan tegangan hasil penyearahan dengan *boost converter* agar tegangan tersebut dapat mengisi baterai.
2. Pengendalian pengereman regeneratif dilakukan dengan mengendalikan nilai arus keluaran mesin arus searah tanpa sikat. Hal tersebut menyebabkan perubahan besar perlambatan kecepatan angular yang dirasakan oleh ban. Semakin besar nilai arus keluaran mesin maka perlambatan kecepatan angular mesin semakin besar pula.
3. Dengan merubah nilai arus keluaran motor, daya rata-rata dan waktu pengereman akan berubah pula. Semakin besar nilai arus keluaran motor maka daya rata-rata pengereman akan semakin besar dan waktu pengereman akan semakin singkat.
4. Nilai arus keluaran mesin selalu berbanding lurus dengan nilai arus masukan *boost converter*, maka dari itu torsi pengereman mesin dapat dikendalikan dengan mengatur nilai arus masukan *boost converter*.
5. Untuk mengendalikan nilai arus masukan *boost converter* dapat dilakukan dengan merubah nilai *duty cycle* pada *boost converter*. Semakin tinggi nilai *duty cycle* maka nilai arus masukan *boost converter* akan semakin tinggi pula pada beban yang sama dan sebaliknya.
6. Energi yang dihasilkan oleh sistem pengereman regeneratif selalu tetap meskipun nilai arus keluaran mesin arus searah tanpa sikat diubah-ubah.

#### 6.2 Saran

Pada pengujian *boost converter loop* tertutup terlihat bahwa sistem pengendalian arus yang dibuat pada penelitian ini tidak selalu mendapatkan nilai yang diinginkan (*terjadi error*). Hal tersebut mengakibatkan besar torsi pengereman akan berubah-ubah sesuai dengan nilai arus keluaran pada mesin yang *error*. Maka dari itu dibutuhkan rangkaian dan algoritma pengendalian arus yang lebih baik untuk menjaga nilai torsi pengereman agar selalu linier dengan nilai *setpoint* arus yang diberikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anomim. Tanpa Tahun. *DC/DC Converter Study Guide*. Tokyo: Torex Semiconductor Ltd.
- Chilikin, M. 1978. *Electical Drive*. Moscow: Mir Publishers.
- Fitzgerald, Arthur E. 2003. *Electric Machinery*. New York: McGraw-Hill.
- Haliday, David, dkk. 2007. *Fundamental of Physics*. New Delhi:Wiley Eastern Limited.
- Hart, Daniel W. 2011 *Power Electronics*. New York: McGraw-Hill.
- Madaan, Pushek. 2013. *Brushless DC Motors – Part I: Construction and Operating Principles*. <http://www.edn.com/design/sensors/4406682/Brushless-DC-Motors---Part-I--Construction-and-Operating-Principles>. (diakses 4 Januari 2015).
- Pillai, SK. 1989. *A First Course on Electric Drives*. New Delhi: Wiley Eastern Limited.
- Rahid, Muhammad H. 2001. *Power Electronics*. California: Academic Press.
- Sen, Paresh C. 1997 *Principles of Electric Machines and Power Electronics*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Torres, Daniel. Tanpa Tahun. *Regenerative Braking of BLDC Motors*. Chandler: Microchip Technology Inc.