

**LAPORAN PENELITIAN  
KATEGORI B**



**SWING-UP ROTARY INVERTED PENDULUM (RIP) MENGGUNAKAN  
KONTROLER PID**

**Goegoes Dwi Nusantoro, ST., MT.**

Dilaksanakan atas biaya DIPA Tahun Anggaran 2015 Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
berdasarkan kontrak Nomor : 66/UN10.6/PG/2015 Tanggal : 4 Mei 2015

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
OKTOBER 2015**

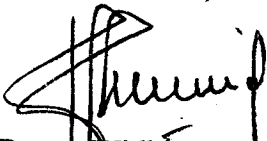
## HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : SWING-UP ROTARY INVERTED PENDULUM (RIP) MENGGUNAKAN KONTROLER PID
2. Kategori Penelitian : A / B \*)
3. Ketua Peneliti
  - a. Nama Lengkap : Goegoes Dwi Nusantoro
  - b. Jenis Kelamin : L /-P
  - c. NIP : 197110132006041001
  - d. Jabatan Struktural : Ka. Lab. Mekatronika Dan Robotika
  - e. Jabatan fungsional : Lektor
  - f. Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Elektro
  - g. Pusat Penelitian : Fakultas Teknik
  - h. Alamat : Jl. MT. Haryono 167, Malang
  - i. Telpon/Faks : 0341 – 554166
  - j. Alamat Rumah : Jl. Ciamis 12 Malang
  - j. E-mail : [goegoesdn@ub.ac.id](mailto:goegoesdn@ub.ac.id)
3. Jangka Waktu Penelitian : 5 bulan
4. Pembiayaan
  - a. Jumlah biaya yang diajukan: Rp. 5.000.000,-  
(Lima Juta Lima Ratus Ribu Rupiah)
  - b. Jumlah biaya tahun ke :-

Malang, 30 November 2015

Mengetahui,

Ketua BPP-F.Teknik UB,



Dr. Eng. Denny Widhiyanuriyawan, ST., MT

NIP. 19750113 200012 1 001

Ketua Peneliti,

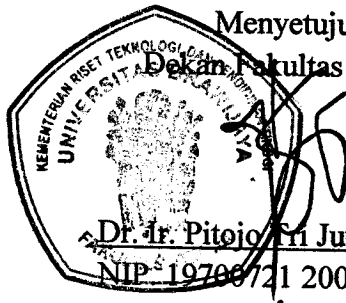


Goegoes Dwi Nusantoro, ST., MT

NIP. 19711310 200604 1 001

Menyetujui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Pitojo Pri Juwono, MT

NIP. 19700721 200012 1 001

## **IDENTITAS PENELITIAN**

1. Judul Usulan : **SWING-UP ROTARY INVERTED PENDULUM (RIP) MENGGUNAKAN KONTROLER PID**
2. Kategori Penelitian : **A /-B**
3. Ketua Peneliti
  - a. Nama lengkap : **Goegoes Dwi Nusantoro, ST.,MT.**
  - b. Bidang keahlian : **Sistem Kontrol**
  - c. Jabatan Struktural : **Ka. Laboratorium Robotika dan Mekanika**
  - d. Jabatan Fungsional : **Lektor**
  - e. Unit kerja : **Fakultas Teknik**
  - f. Alamat surat : **Jl. MT. Haryono 167, Malang**
  - g. Telpon/Faks : **0341-554166**
  - h. E-mail : **goegoesdn@ub.ac.id**
3. Anggota Peneliti:
  - a. Dosen: -
  - b. Mahasiswa:
    1. Rivaldy Indra S. Nim. 0910630088
4. Objek penelitian  
*Rotary Inverted Pendulum (RIP), Kontroler PID*
5. Masa pelaksanaan penelitian:
  - Mulai : Mei 2015
  - Berakhir : Oktober 2015
6. Anggaran yang diusulkan : **Rp. 5.000.000,- (Lima Juta Rupiah)**
7. Lokasi penelitian : **Laboratorium Robotika dan Mekanika, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.**
8. Hasil yang ditargetkan : **1. Alat sistem kesetimbangan *Rotary Inverted Pendulum (RIP)*.  
2. Perangkat Lunak pengendali PID**
9. Institusi lain yang terlibat: -

## RINGKASAN

Pendulum terbalik adalah sistem pendulum yang titik beratnya berada di atas titik tumpunya. Pada penelitian ini yang menjadi fokus bahasan adalah pendulum terbalik yang menggunakan lintasan berbentuk lingkaran (*Rotary Inverted Pendulum*). Lintasan berbentuk lingkaran bertujuan untuk menghilangkan batasan panjang lintasan yang terdapat pada pendulum terbalik dengan lintasan transversal.

Dari pengujian yang telah dilakukan, untuk proses Swing-Up belum bisa mencapai posisi tegak lurus (*upright position*) dikarenakan adanya kendala mekanis pada alat. Dari hasil pengujian untuk proses penstabilan lengan pendulum diperoleh nilai parameter PID dengan nilai  $K_p=1.05$ ,  $K_i=0.03$ , dan  $K_d=6.5$  dengan *error steady state* sebesar 0.43%. Dengan parameter PID tersebut, motor DC pada *Rotary Inverted Pendulum* menunjukkan respon sistem *time settling* ( $t_s$ )=0.20 detik. Dan, *Rotary Inverted Pendulum* dapat mempertahankan kesetimbangan selama 2 detik. *Rotary Inverted Pendulum* dapat menentukan sendiri arah pergerakan motor sesuai dengan arah kemiringannya.

**Keywords:** *Rotary Inverted Pendulum*, *Swing-up*, Kontroler PID, Arduino MEGA

## ***SUMMARY***

Inverted pendulum is a pendulum system that center of mass is above the fulcrum. In this study used an inverted pendulum circular trajectory (Rotary Inverted Pendulum). The trajectory of a circle aims to eliminate restrictions contained in the path length of the transverse inverted pendulum.

From the testing that has been done, for Swing-Up process has not been able to reach an upright position due to mechanical constraints on the appliance. And, to the process of stabilization of the pendulum arm PID parameter values obtained with the value of  $K_p = 1.05$ ,  $K_i = 0.03$ , and  $K_d = 6.5$  at steady state error of 0.43%. With the PID parameter, the DC motor in the Rotary Inverted Pendulum shows the system response settling time ( $t_s$ ) = 0.2 seconds. And, Rotary Inverted Pendulum could maintain equilibrium for 2 seconds. Rotary Inverted Pendulum can define the direction of movement of the motor in accordance with the direction of the slope.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari perancangan, pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan pada penelitian sistem *Rotary Inverted Pendulum* maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada proses *Swing-Up*, *rod* pendulum tidak bisa mencapai posisi tegak lurus (*upright position*) dikarenakan adanya kendala mekanis pada alat.
2. Berdasarkan data respon sistem yang diperoleh dari pengujian dengan menggunakan *hand tuning* didapat nilai parameter kontroler PID dengan nilai  $K_p=1.05$ ,  $K_i=0.03$ , dan  $K_d=6.5$  dengan *error steady state* sebesar 0.43%.
3. Dengan parameter PID tersebut, motor DC pada *Rotary Inverted Pendulum* menunjukkan respon sistem *time settling (ts)* = 0,20 detik. Dan, *Rotary Inverted Pendulum* dapat mempertahankan kesetimbangan selama 2 detik.
4. *Rotary Inverted Pendulum* dapat menentukan sendiri dalam penentuan arah ke kiri dan ke kanan sesuai dengan arah kemiringannya, dan dapat memberikan respon besar kecepatan yang diperlukan dalam upaya penstabilan lengan pendulum.

#### 6.2. Saran

Karena dalam perancangan alat ini masih terdapat kelemahan, maka sangat dimungkinkan untuk dilakukan pengembangan untuk kesempurnaan alat ini:

1. Penyempurnaan konstruksi mekanik pada bagian *joint* antara motor dengan *bearing* pada lengan pendulum.
2. Penggunaan kontroler pada proses *Swing-Up*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amstrom, K. J., & Hagglund, Tore. 1995 *PID Controllers: Theory, Design and Tuning*. Amerika Serikat: Instrument Society of America: Research Triangle Park.
- Arduino. 2012. Arduino Mega 2560. <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>. (diakses pada tanggal 24 Februari 2014).
- Indra, Ravi. 2011. *Perancangan dan Pembuatan Rotary Inverted Pendulum Dengan Menggunakan Kontroller PID*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Nusantoro G.D., Aziz M., Purwanto & Indra R.C. 2012. *Rancang Bangun Rotary Inverted Pendulum (RIP) dengan Menggunakan Kontrol PID*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Ogata, Katsuhiko. 1993. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Jakarta: Erlangga.
- Sinan Ozbek, Necdet & Onder Efe, Mehmet. *Swing up and Stabilization Control Experiments for a Rotary Inverted Pendulum - An Educational Comparison*. Turki: Department of Electrical and Electronics Engineering TOBB University of Economics and Technology Ankara, Turkey.
- Singh, Rahul & Kumar, Vijay. 2014. *Swing up and Stabilization of Rotary Inverted Pendulum using TS Fuzzy*. India: Dept. of Electronics and Communication Indian Institute of Technology.
- Stephani, Herlina. 2010. *Pengendalian Optimal Untuk Furuta Pendulum*. Surabaya: Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Thiehunan, Hendrik. 2000. *Implementasi Kendali Logika Fuzzy pada Pendulum Terbalik Rotasional*. Skripsi tidak dipublikasikan. Surabaya: Universitas Kristen Petra.