



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PERAGA *MAGNETIC
LEVITATION SYSTEM***

TUGAS AKHIR

PUJI SETYO NUGROHO

L2E 605 239

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
SEPTEMBER 2012**

TUGAS SARJANA

- Diberikan kepada : Nama : Puji Setyo Nugroho
NIM : L2E 605 239
- Dosen Pembimbing : Ir. Dwi Basuki Wibowo, MS
- Jangka Waktu : 12 Bulan (dua belas bulan)
- Judul : Perancangan dan Pembuatan Alat Peraga *Magnetic Levitation System*
- Isi Tugas : 1. Membuat suatu alat peraga *magnetic levitation system*.
2. Membuat sistem pengontrol yang mampu melayangkan obyek pelayangan pada sistem *magnetic levitation*.
3. Melakukan pengujian baik terhadap solenoida dan pengujian alat peraga *magnetic levitation system* secara keseluruhan.

Semarang, September 2012

Menyetujui
Pembimbing Utama,



Ir. Dwi Basuki Wibowo, MS
NIP. 196204231987031003

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : PUJI SETYO NUGROHO

NIM : L2E 605 239

Tanda Tangan :



Tanggal : September 2012

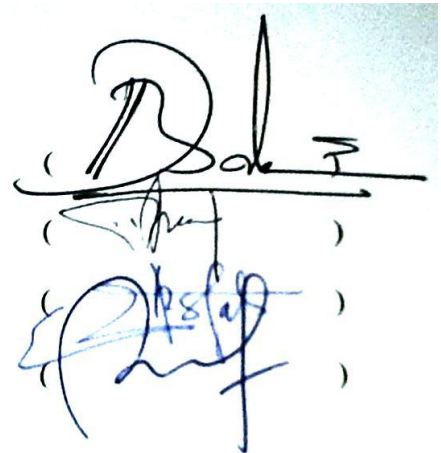
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : PUJI SETYO NUGROHO
NIM : L2E 605 239
Jurusan/Program Studi : TEKNIK MESIN
Judul Skripsi : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PERAGA
MAGNETIC LEVITATION SYSTEM

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Dwi Basuki Wibowo, MS
Penguji : Dr. Jamari, ST, MT
Penguji : Dr. Sulardjaka, ST, MT
Penguji : Dr. Dipl. Ing. Berkah Fajar TK



Semarang, September 2012

Ketua
Jurusan Teknik Mesin,



Dr. Sulardjaka, ST, MT
NIP. 197104201998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : PUJI SETYO NUGROHO
NIM : L2E 605 239
Jurusan/Program Studi : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK
Jenis Karya : TUGAS AKHIR

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PERAGA *MAGNETIC LEVITATION SYSTEM*”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : September 2012

Yang menyatakan,



PUJI SETYO NUGROHO
L2E 605 239

ABSTRAK

Magnetic levitation adalah proses pelayangan sebuah benda dengan memanfaatkan medan magnet. Cara termudah untuk melayangkan obyek elektromagnetik dilihat dari sistem kontrol adalah magnetik suspensi. Obyek yang akan dilayangkan ditempatkan di bawah sebuah elektromagnet, dengan kekuatan medan magnet yang dihasilkan oleh elektromagnet yang dikendalikan dengan tepat akan melawan gaya gravitasi ke bawah pada objek akibat beratnya. Sehingga diperlukan rangkaian pengontrol yang dapat merespon dan mengaktualisasikan aksi kontrolnya secepat mungkin. Tujuan utama dari penelitian ini adalah terbuatnya sebuah alat peraga pendidikan yang mampu menggambarkan fenomena pelayangan magnet dengan objek pelayangan bola baja atau dengan magnet permanen. Perancangan suspensi magnetik ini terdiri dari solenoida, sensor posisi, obyek pelayangan, dan rangkaian pengontrol. Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian yang berkaitan dengan besar medan magnet dan gaya magnet pada solenoida serta pengujian alat peraga secara keseluruhan. Dari hasil pengujian tersebut bisa diketahui pengaruh kuat arus listrik dan jarak pengukuran terhadap besar medan magnet dan gaya magnet solenoida. Sedangkan dari pengujian alat peraga secara keseluruhan dapat diketahui apakah *magnetic levitation system* yang dibuat mampu menyeimbangkan system atau tidak dan dapat diketahui jarak/*gap* pelayangannya.

Kata kunci: *magnetic levitation*, solenoida, *gap*

ABSTRACT

Magnetic levitation is the levitation of an object using a magnetic field. This new method is widely applied in industry and transport as it can significantly reduce mechanical friction. The suspension magnetic is easiest way of control system to levitate an electromagnetic object. Using strength of the magnetic field produced by an electromagnet, an object where place under controlled electromagnetic, can resist gravitational force. Therefore a controller circuit that can respond and actualize the control action as soon as possible is required. The main objective of this study is create an educational levitation device which able to describe the phenomenon of magnetic levitation with a permanent magnet object. This magnetic suspension design consists of solenoid, position sensor, levitation object, and controller circuits. In this study, some testing related to the magnetic field and the magnetic force on the solenoid and also overall testing of device. From test results can be known influence of electric current measurement and distance to magnetic field and magnetic force of solenoid. And from testing of levitation device can be known whether the magnetic levitation system able to balance the system or not, and it's levitation gap.

Keywords: magnetic levitation, controller system, gap

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Tugas akhir yang berjudul “**Perancangan dan Pembuatan Alat Peraga *Magnetic Levitation System***” untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih setulus-tulusnya kepada semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya penyusunan laporan tugas akhir ini, yaitu kepada:

1. Bapak Ir. Dwi Basuki Wibowo, MS, selaku Dosen Pembimbing di Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
2. Bapak Dr. Sulardjaka, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
3. Ibu Dr. Ir. Eflita Yohana, MT, selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
4. Ibu Evi Setyowati, MSi, selaku Kepala Laboratorium Fisika Atom dan Nuklir Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Diponegoro
5. Rekan-rekan Tugas Akhir saudara Sindu Sutomo dan Imam Jakrowi atas usaha dan semangatnya hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penulis miliki dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semakin menambah kecintaan dan rasa penghargaan kita terhadap Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Semarang, September 2012

Penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini ku persembahkan kepada:

- Kedua orang tuaku dan adikku tersayang atas dukungan yang tiada hentinya.
- Kawan seperjuangan tugas akhir Sindoe, bang Jack dan bang deddy yang sudah membantu dalam kelancaran tugas akhir ini.
- Sohibku mas Bramono dan sistbro Sesa
- Teman-teman cacing mesin 2005
- Warga mesin d'Sumiz kos lintas generasi mas roni '97, mas yoko '01, mas sigit '01, mas menir '01, mas yudi '01, rinal '06, amri '06, adi '06, mc '06 dan morqi '06.

HALAMAN MOTTO

**“Semangat itu harus tetap ada pada diri kita,
dengan semangat akan membuat pribadi kita
menjadi lebih kuat”**

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
HALAMAN MOTTO	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
NOMENKLATUR	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4

BAB II SOLENOIDA DAN PARAMETER MAGNETIK

2.1. Solenoida	5
2.2. Model <i>Magnetic Levitation System</i>	7
2.2.1. Linierisasi	13
2.3. Pembuatan Solenoida	15
2.4. Rangkaian Catu Daya (<i>Power Supply</i>)	17

BAB III PERANGKAT SISTEM PENGONTROL

3.1. Sensor Posisi	23
3.2. Mikrokontroler	25
3.3. Kontroler PID (<i>Proportional - Integral - Derivative</i>)	31
3.4. Pemrograman Mikrokontroler	33

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT PERAGA

4.1. Pengukuran Medan Magnet	38
4.1.1 Pengukuran Medan Magnet Solenoida dengan Variasi Arus Listrik	39
4.1.2 Pengukuran Medan Magnet Solenoida dengan Variasi Jarak Pengukuran (<i>Gap</i>)	41
4.1.3 Menghitung Besar Gaya Magnet Solenoida dengan Variasi Jarak Pengukuran (<i>Gap</i>)	42
4.2. Pengujian Alat Peraga	45

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran.....	50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Solenoida dan Ilustrasi Garis Gaya Magnet	5
Gambar 2.2 Sistem <i>Magnetic Levitation Ball</i>	7
Gambar 2.3 Skema Sistem Magnetik.....	8
Gambar 2.4 Skema Sistem Elektrikal	10
Gambar 2.5 Kawat AWG 22 GA	16
Gambar 2.6 Selongsong dan Inti Solenoida	17
Gambar 2.7 Solenoida yang Dibuat	17
Gambar 2.8 Blok Skematik <i>DC Chopper Tipe Buck (Step Down Chopper)</i>	18
Gambar 2.9 Blok Penyearah untuk Suplai <i>DC Chopper</i> dan Blok <i>DC Chopper</i> Tipe <i>Buck</i>	19
Gambar 2.10 Blok Diagram Sistem <i>DC Chopper</i>	20
Gambar 3.1 Sistem Kontrol Dasar Umpan Balik Suspensi Magnetik	22
Gambar 3.2 Gambaran Pembacaan <i>Hall Effect</i> Sensor.....	24
Gambar 3.3 <i>Hall Effect</i> Sensor Tipe A1302EUA-T	25
Gambar 3.4 Rangkaian Mikrokontroler ATMega8	27
Gambar 3.5 <i>Pin Configuration</i> ATMega8	27
Gambar 3.6 Blok Diagram ATMega8	29
Gambar 3.7 <i>Status Register</i> ATMega8	30
Gambar 3.8 Blok Diagram Kontroler PID	32
Gambar 3.9 Tampilan Utama CodeVision AVR	34
Gambar 3.10 IDE CodeVisionAVR	35
Gambar 3.11 <i>Code Generator</i> yang dapat digunakan untuk menginisialisasi register-register pada mikrokontroler AVR	36
Gambar 4.1 Teslameter	38
Gambar 4.2 Multimeter	39
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Besar Medan Magnet Terhadap Kuat Arus Listrik	40

Gambar 4.4 Skema Pengukuran Medan Magnet dengan Variasi Jarak Pengukuran	41
Gambar 4.5 Pengaruh Jarak Pengukuran Terhadap Medan Magnet dan Gaya Magnet Solenoida	42
Gambar 4.6 Skema Alat Peraga	45
Gambar 4.7 Alat Peraga <i>Magnetic Levitation System</i>	46
Gambar 4.8 Obyek Pelayangan <i>Neodymium Magnet N42</i>	47
Gambar 4.9 Obyek Pelayangan Berhasil Melayang pada Alat Peraga	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kemampuan Kawat Email Dilalui Arus Listrik.....	16
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Medan Magnet Solenoida dengan Variasi Arus	40
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Medan Magnet Solenoida dengan Variasi Jarak Pengukuran.....	42
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Gaya Magnet Solenoida dengan Variasi Jarak Pengukuran.....	44

NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
B	Medan magnet	[T]
I	Arus listrik	[A]
N	Jumlah lilitan	[-]
L	Panjang kumparan	[m]
μ	Permeabilitas bahan inti kumparan	[Tm/A]
μ_0	Permeabilitas ruang hampa	[Tm/A]
μ_r	Permeabilitas relatif bahan inti kumparan	[-]
A	Luas penampang inti kumparan	[m ²]
F_a	Gaya percepatan	[N]
F_m	Gaya elektromagnetik	[N]
F_g	Gaya gravitasi	[N]
F_d	Gaya peredam	[N]
Φ_m	Fluks magnet	[Wb]
\mathcal{R}_i	Reluktansi pada besi	[-]
\mathcal{R}_g	Reluktansi <i>air gap</i>	[-]
V_t	Tegangan listrik	[Volt]
R	Hambatan listrik	[Ohm]
$L(x)$	Induktansi elektromagnetik	[H]
x	Posisi benda pelayangan	[m]
k	Konstanta magnet	[Nm ² /A ²]