



**PERANCANGAN ALAT PENGADUK ADONAN *BAKERY*  
MENGUNAKAN MOTOR DC 1/2 HP  
DENGAN KONTROLER PID**

**SKRIPSI**

**RENGGA ELGA NADHIRZA  
NIM. 071910201085**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S1  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2012**



**PERANCANGAN ALAT PENGADUK ADONAN *BAKERY*  
MENGUNAKAN MOTOR DC 1/2 HP  
DENGAN KONTROLER PID**

**SKRIPSI**

**diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik**

**RENGGA ELGA NADHIRZA  
NIM. 071910201085**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S1  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2012**



## PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah sudah pasti atas ijin Allah SWT penelitian ini terselesaikan. Setelah mengenyam bangku pendidikan sekian tahun, akhirnya beberapa ilmu teraplikasikan pada penelitian ini. Penulis ingin mempersembahkan karya ini kepada : Ibunda tercinta Elis Faridayati, SE., ayahanda terhormat Hari Triyoga, adik-adikku Rizal Elga Rexsana dan Raras Elga Wardana yang aku banggakan. Terimakasih atas do'a, kesabaran, kasih sayang, ketulusan, pengorbanan, dan dukungan kalian.*

*Guru-guruku TK Al-Amien, SD-Alfurqon, SMPN 4 Jember, SMAN 4 Jember, dan dosen-dosen Teknik Elektro UNEJ. Sodara-sodaraku Teknik Elektro '07, karena perjuangan masa kuliah bersama kalian suatu kebanggaan yang dapat aku ceritakan kepada orang lain. Suatu momen pendewasaan dari hidup-ku untuk lebih mengerti arti kebersamaan, arti kekompakan, dan menghadapi hidup. I'll miss u all . . . Calon-calon entrepreneur di QueQ yang melengkapi kesibukanku semasa penelitian.*

*"For my girl friend Kusumaning Ayu Wulandari, you're my soul and my strength. I pray we're together eternally."*



## MOTTO

“Saya percaya selalu ada harapan yang lebih baik di depan sana. Asal kita tidak pernah berhenti untuk berusaha, bersyukur, dan dilandasi doa.”

(Rengga E. Nadhirza)

“Tugas kita bukanlah untuk berhasil. Tugas kita adalah untuk mencoba, karena didalam mencoba itulah kita menemukan dan belajar membangun kesempatan untuk berhasil.”

(Mario Teguh)

”Orang yang berilmu mengetahui orang yang bodoh karena dia pernah bodoh, sedangkan orang yang bodoh tidak mengetahui orang yang berilmu karena dia tidak pernah berilmu”.

(Plato)



## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rengga Elga Nadhirza

NIM : 071910201085

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis yang berjudul :  
“Perancangan Alat Pengaduk Adonan Bakery Menggunakan Motor DC 1/2HP  
Dengan Kontroler PID “ adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam  
pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada  
institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas  
keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung  
tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan  
dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika di  
kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 7 Februari 2012

Yang menyatakan,

Rengga Elga Nadhirza

NIM 071910201085



## **SKRIPSI**

### **PERANCANGAN ALAT PENGADUK ADONAN BAKERY MENGUNAKAN MOTOR DC 1/2HP DENGAN KONTROLER PID**

Oleh

**Rengga Elga Nadhirza**  
**NIM 071910201085**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : **Dr. Triwahju Hardianto, ST., MT.**

Dosen Pembimbing Anggota : **Dedi Kurnia Setiawan, ST., MT.**



## PENGESAHAN

Skripsi berjudul "*Perancangan Alat Pengaduk Adonan Bakery Menggunakan Motor DC 1/2HP Dengan Kontroler PID*" telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari, tanggal : Selasa, 31 Januari 2012

Tempat : Laboratorium Jaringan Komputer Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Triwahju Hardianto, ST., MT.  
NIP 197008261997021001

Dedi Kurnia Setiawan, ST., MT.  
NIP 198006102005011003

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Azmi Saleh, ST., MT.  
NIP 197106141997021001

Ir. Widyono Hadi, MT.  
NIP 196104141989021001

Mengesahkan,  
Dekan,

Ir. Widyono Hadi, MT.  
NIP. 196104141989021001



## PRAKATA

Bismillaahirrohmaanirrohiim.

Syukur Alhamdulillah saya ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, kelancaran, dan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian yang berjudul: “*Perancangan Alat Pengaduk Adonan Bakery Menggunakan Motor DC 1/2HP Dengan Kontroler PID*” tanpa halangan berarti. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada junjungan kita nabi besar Muhammad SAW. Penelitian ini disusun guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik.

Pada lembar ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah ikut serta membantu dalam proses pengerjaan penelitian ini hingga selesai, khususnya kepada:

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Sumardi ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
3. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I. Terimakasih pak atas semua bimbingan dan tuntunannya dalam menyusun penelitian ini maupun saat menjadi asisten.
4. Bapak Dedi, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penyusunan skripsi ini.
5. Dr Azmi Saleh, ST., MT selaku Dosen Penguji I, dan Bapak Ir. Widyono Hadi, ST., MT selaku Dosen Penguji II.
6. Ibunda Elis Faridayati, SE., ayahanda Hari Triyoga, adik-adikku Rizal Elga Rexana dan Raras Elga Wardana yang aku banggakan. Terimakasih atas kasih sayang, kesabaran, do'a, ketulusan, pengorbanan, dan dukungan kalian.
7. Sodara-sodara Teknik Elektro 2007, perjuangan masa kuliah bersama kalian suatu kebanggaan yang dapat saya ceritakan kepada orang lain. Suatu momen





pendewasaan dari hidup-ku untuk lebih mengerti arti kebersamaan, arti kekompakan, dan menghadapi hidup.

8. Kusumaning Ayu Wulandari yang telah menyuntikkan semangat dalam menghadapi kehidupan ini. Berkat semangat yang berkobar ini, saya mantap menatap masa depan yang lebih berarti.
9. Yoga '09 dan Redo '07 terimakasih telah menjadi *partner* dalam mengerjakan penelitian ini.
10. Semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro, kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, 7 Februari 2012

Penulis



# Perancangan Alat Pengaduk Adonan *Bakery* Menggunakan Motor DC $\frac{1}{2}$ HP dengan Kontroler PID

**Rengga Elga Nadhirza**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

## ABSTRAK

Adonan *bakery* merupakan adonan berbentuk kalis, sehingga dalam pengolahannya membutuhkan nilai gaya dan torsi yang cukup besar. Penelitian ini merupakan perancangan alat pengaduk adonan *bakery* yang dapat bekerja secara otomatis meningkatkan level kecepatan putar motor DC dan dapat berhenti sendiri. Kecepatan pertama pada poros pengaduk sebesar 130rpm dan kecepatan kedua sebesar 160rpm. Untuk itu perlu menggunakan mikrokontroler, kemudian didalamnya ditanamkan program dengan metode PID yang dapat menghasilkan nilai PWM (*Pulse Width Modulation*). Parameter dengan  $K_p=6.8$ ,  $K_i=0.2$ , dan  $K_d=0.1$  menghasilkan respon kontroler PID yang paling baik. Nilai PWM dapat berubah-ubah secara otomatis bergantung dari nilai umpan balik yang diberikan oleh sensor kecepatan, sehingga kecepatan putar motor dapat dijaga konstan. Untuk mengolah adonan satu kilo hingga kalis membutuhkan waktu 11menit dan untuk adonan dua kilo membutuhkan waktu 13menit.

**Kata kunci:** adonan *bakery*, motor DC, kontroler PID.



## ***Bakery Dough Mixer Design Using a DC Machine ½ HP with PID Controller***

***Rengga Elga Nadhirza***

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

### **ABSTRACT**

*Bakery dough is shaped dough dull, so that the processing requires force and torque values are quite large. This research is a bakery dough mixer design that can work automatically increase the level of the DC machine rotational speed and can stop himself. The first on the shaft trirrer speed of 130rpm and a second speed of 160rpm. For that we need to use a microcontroller, then implanted inside the program with PID controler wich can generate the PWM (Pulse Width Modulation). Parameters with  $K_p=6.8$ ,  $K_i=0.2$ , and  $K_d=0.1$  PID control response produces the most good. The value of PWM can change automatically depending on the value of the feedback given by the speed sensor, so that the motor rotation speed can be maintained constant. To process the dough up to one kilo of dull takes 11 minutes and for two kilo's of dough takes 13minutes.*

**Key word:** *bakery dough, DC machine, PID controler.*



## RINGKASAN

**Perancangan Alat Pengaduk Adonan Bakery Menggunakan Motor DC ½ HP Dengan Kontroler PID:** Rengga Elga Nadhirza: 071910201085: 2012: Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Karakteristik motor DC *shunt* memiliki karakteristik kecepatan yang konstan, sesuai dengan kebutuhan alat yaitu menjaga kecepatan putar. Bila putaran tidak stabil maka hasil olahan adonan akan kurang maksimal. Apabila kecepatan terlalu cepat berakibat adonan akan keluar dari *bowl* dan apabila kecepatan terlalu pelan maka hasil pengolahan akan lebih lama. Bahkan bila hal tersebut dibiarkan terus menerus dapat menyebabkan kerusakan pada motor DC. Pemilihan pengontrolan putaran dengan motor DC akan menggambarkan pengaturan putaran dengan menaik dan menurunkan tegangan motor DC (dalam hal ini memakai *Pulse Width Modulation*). Dalam mengatur putaran diperlukan kecerdasan buatan yang mudah, handal dan biaya penyelesaian murah. Pada skripsi ini digunakan control PID dimana mencakup hal diatas. Kontroler PID dapat mengeksploitasi adanya toleransi ketidaktepatan.

Penelitian tentang “Perancangan Alat Pengaduk Adonan Bakery Menggunakan Motor DC ½ HP Dengan Kontroler PID” dilakukan di Laboratorium Komputer dan Laboratorium Konversi Energi Listrik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember pada bulan Agustus 2011-Januari 2012. Pengaturan kecepatan Motor DC menggunakan beberapa rangkaian antara lain : rangkaian mikrokontroler *ATmega16*, rangkaian driver motor, rangkaian sensor kecepatan, rangkaian *f to v* dan rangkaian penyearah. Komponen swiching berdaya besar menggunakan mosfet IRFP250 disusun paralel agar memenuhi rating dari motor DC ½ HP.

Sebelum alat kontrol dicoba, dilakukan beberapa pengujian antara lain : Pengujian ADC, Pengujian tacho, pengujian PWM dan pengujian program PID. Dari pengujian yang dilakukan, peralatan berjalan baik dimana pembacaan kecepatan dapat dibaca dengan baik oleh ADC mikrokontroler. Pengujian PWM dapat menaik



dan menurunkan kecepatan. Program PID dalam mikrokontroler dapat mengkondisikan keluaran PWM sehingga kecepatan motor dapat dijaga konstan.

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain. Alat ini dapat beroperasi dengan batas beban berat maksimum sebesar 2kg selama 13menit. Dalam pengujian PID pada kondisi nilai  $K_p=6.8$ ,  $K_i=0.2$ ,  $K_d=0.1$  merupakan kondisi yang stabil untuk motor pada alat pengaduk adonan *bakery* ini. Kontrol dapat berjalan dengan baik, hal ini dibuktikan dengan adanya eror persen kecepatan terhadap referensi yang kecil yaitu antara 0%-7,96%.





## DAFTAR ISI

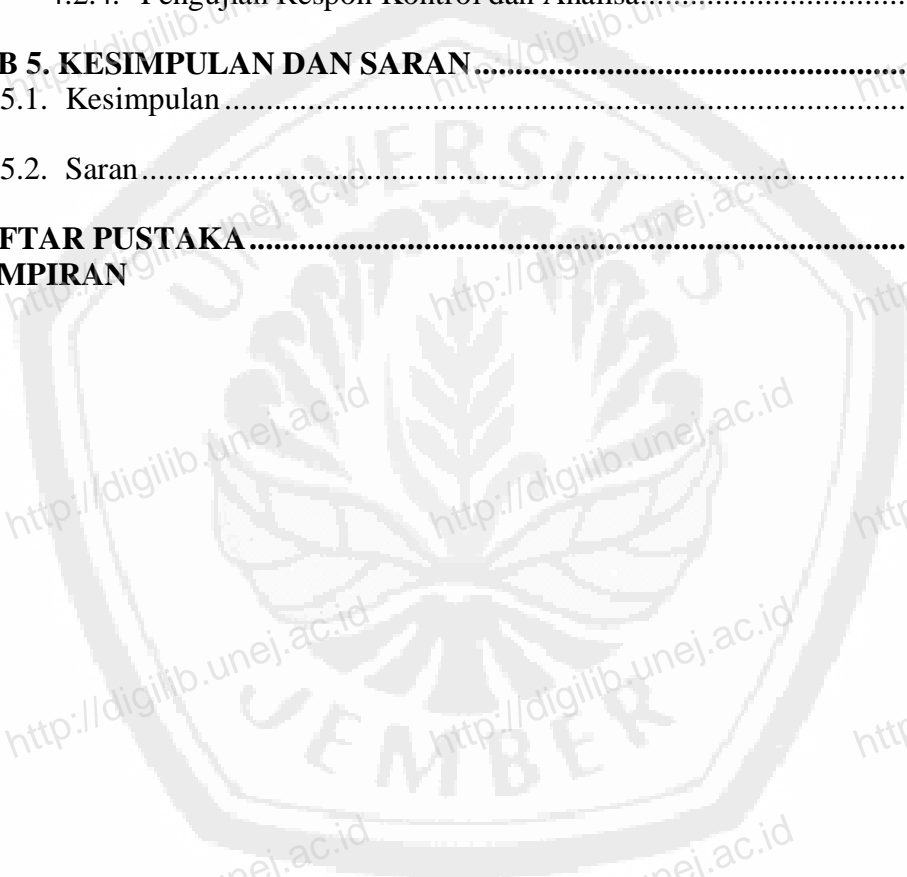
	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>PENGESAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>x</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Manfaat .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Motor DC.....	5
2.1.1. Sistim Kerja dari Motor DC .....	7
2.1.2. Hubungan Rangkaian Motor DC .....	9
2.1.2.1. Motor DC Magnet Permanen.....	9
2.1.2.2. Motor DC Penguatan Terpisah ( <i>Separately Excited</i> ).....	10
2.1.2.3. Motor DC Hubungan Paralel ( <i>Shunt</i> ).....	10
2.1.2.4. Motor DC Hubungan Seri.....	12
2.1.2.5. Motor DC Hubungan Campuran ( <i>Compound</i> ) .....	14
2.1.3. Pengendalian Kecepatan Motor .....	16



2.2. Kontroler PID.....	17
2.2.1. Aksi Kontrol Proportional .....	18
2.2.2. Aksi Kontrol Integral .....	19
2.2.3. Aksi Kontrol Diferensial .....	19
2.2.4. Aksi Kontrol Proportional+Integral+Diferensial.....	20
2.2.5. Penentuan Parameter $K_p$ , $T_i$ , dan $T_d$ .....	22
2.3. Interfacing.....	26
2.4. Mikrokontroler <i>ATmega16</i> .....	28
2.5. <i>Metal Oxide Semiconductor FET</i> (MOSFET).....	30
2.6. Sensor Kecepatan Putar ( <i>Opto coupler</i> ).....	31
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>33</b>
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	33
3.2. Alat dan Bahan.....	33
3.3. Metode Kegiatan.....	34
3.4. Studi Literatur.....	35
3.5. Pengambilan Data Motor DC ½ HP .....	36
3.6. Desain Konstruksi Alat.....	38
3.6.1. Menggambarkan Model Alat Pengaduk Adonan <i>Bakery</i> .....	38
3.6.2. Menggambarkan Skematik/ <i>Layout</i> Rangkaian.....	41
3.6.3. Mendesain Program pada <i>Soft Ware Code Vision</i> .....	45
3.7. Uji Coba Alat dengan Kontroler PID.....	50
3.8. Pengolahan Hasil dan Data.....	50
3.9. Penyusunan Laporan .....	50
3.10. Bagan Sistem Kerja Alat .....	51



<b>BAB 4. HASIL DAN ANALISA DATA .....</b>	<b>53</b>
4.1. Pengambilan Data Motor DC ½ HP.....	53
4.2. Perangkat dan Pengujian .....	59
4.2.1. Pengujian Analog Digital Converter (ADC) .....	59
4.2.2. Pengujian Sensor (Encoder) .....	61
4.2.3. Pengujian PWM.....	63
4.2.4. Pengujian Respon Kontrol dan Analisa.....	66
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>83</b>
5.1. Kesimpulan .....	83
5.2. Saran.....	84
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>xxi</b>
<b>LAMPIRAN</b>	







## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Aturan penyepadanan Zieger-Nichols didasarkan pada respon tangga sistem (metode pertama) .....	24
Tabel 2.2 Aturan penyepadanan Zieger-Nichols didasarkan pada respon tangga sistem (metode kedua) .....	25
Tabel 2.3 Keterangan nama dan fungsi tiap pin pada LCD .....	27
Tabel 2.4 Keterangan nama dan fungsi tiap pin pada mikrokontroler ATMEGA 16 .....	29
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan .....	33
Tabel 4.1 Tegangan dan arus masukan motor .....	55
Tabel 4.2 Data pengujian ADC .....	60
Tabel 4.3 Data pengujian sensor frekuensi hingga menjadi nilai decimal.....	62
Tabel 4.4 Data kecepatan motor yang diatur PWM .....	66
Tabel 4.5 Pengujian Motor menggunakan PID .....	67
Tabel 4.6 Data pengujian beban pertama seberat 1kg dengan kontroler PID.....	70
Tabel 4.7 Lanjutan tabel 4.6(1kg dengan kontroler PID) .....	72
Tabel 4.8 Data pengujian beban pertama seberat 2kg tanpa kontroler PID.....	74
Tabel 4.9 Data pengujian beban pertama seberat 2kg dengan kontroler PID .....	75
Tabel 4.10 Lanjutan tabel 4.9(2kg dengan kontroler PID) .....	77
Tabel 4.11 Perbandingan gaya dan torsi pada beban 1kg, 2kg, dan 3kg .....	78
Tabel 4.12 Data pengujian tahap kedua tanpa kontroler PID .....	79
Tabel 4.13 Data pengujian tahap kedua dengan kontroler PID.....	80



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bagian-bagian mesin <i>Direct Current</i> (DC).....	6
Gambar 2.2 Kaedah tangan kanan .....	7
Gambar 2.3 Diagram rangkaian motor DC penguatan terpisah .....	10
Gambar 2.4 Diagram rangkaian motor DC hubungan parallel .....	11
Gambar 2.5 Karakteristik kecepatan dan torsi motor DC <i>shunt</i> .....	11
Gambar 2.6 Diagram rangkaian motor DC hubungan seri .....	13
Gambar 2.7 Karakteristik kecepatan dan torsi motor DC seri .....	14
Gambar 2.8 Diagram rangkaian motor DC hubungan campuran.....	15
Gambar 2.9 Karakteristik kecepatan dan torsi motor DC kompon .....	15
Gambar 2.10 Gambar gelombang saat transien hingga <i>steady state</i> .....	21
Gambar 2.11 Diagram PID suatu system.....	22
Gambar 2.12 Kurva respons tangga satuan yang memperlihatkan 25% lonjakan maksimum .....	23
Gambar 2.13 Respons tangga satuan subuah system.....	23
Gambar 2.14 Kurva respons berbentuk-S .....	24
Gambar 2.15 Sistem loop tertutup dengan alat <i>control proporsional</i> .....	25
Gambar 2.16 Osilasi berkesinambungan dari periode $P_{cr}$ .....	25
Gambar 2.17 Konfigurasi LCD .....	26
Gambar 2.18 Konfigurasi pin ATMEGA16.....	29



Gambar 2.19 Simbol MOSFET .....	31
Gambar 2.20 Bentuk fisik MOSFET .....	31
Gambar 2.21 Posisi mekanis <i>opto coupler</i> .....	32
Gambar 2.22 Rangkaian sensor kecepatan.....	32
Gambar 3.1 Alur tahapan melakukan penelitian .....	34
Gambar 3.2 Diagram alir tahap penelitian .....	35
Gambar 3.3 Desain alat tampak samping.....	39
Gambar 3.4 Desain alat tampak atas.....	40
Gambar 3.5 Pemasangan <i>pulley1</i> dan <i>pulley2</i> tampak samping.....	40
Gambar 3.6 Rangkaian sistim minimu dengan mikrokontroler ATmega16.....	41
Gambar 3.7 Rangkaian driver motor .....	42
Gambar 3.8 Rangkaian sensor .....	43
Gambar 3.9 Rangkaian f to v.....	44
Gambar 3.10 Rangkaian LCD .....	44
Gambar 3.11 Diagram alir sistem.....	45
Gambar 3.12 Tampilan <i>Code Vision</i> pada <i>Wizard</i> saat Mengatur <i>Chip</i> dan <i>Clock</i> .....	46
Gambar 3.13 Tampilan <i>Code Vision</i> pada <i>Wizard</i> saat Mengatur <i>port</i> dan <i>Timers</i> .....	46
Gambar 3.14 Tampilan <i>Code Vision</i> pada <i>Wizard</i> saat Mengatur ADC .....	47
Gambar 3.15 Tampilan <i>Code Vision</i> pada <i>Wizard</i> saat Mengatur USART.....	47
Gambar 3.16 Tampilan <i>Code Vision</i> pada <i>Wizard</i> saat Mengatur <i>Chip</i> dan <i>Clock</i> .....	48
Gambar 3.17 Tampilan <i>Code Vision</i> yang telah diatur penyetingannya .....	48



Gambar 3.18 Susunan pin dan gambar downloader USBK-125i creative vision to mikrokontroler .....	49
Gambar 3.19 Tampilan <i>Code Vision</i> pada <i>Wizard</i> saat Mengatur <i>Programer setting</i> .....	49
Gambar 3.20 Tampilan <i>Code Vision</i> pada <i>Wizard</i> saat Mengatur <i>Project- Configure</i> .....	50
Gambar 3.21 Tampilan <i>Code Vision</i> pada <i>Wizard</i> saat akan melakukan <i>uploading</i> .....	50
Gambar 3.22 Bagan sistem kerja alat .....	51
Gambar 4.1 Datasheet motor DC ½ HP.....	53
Gambar 4.2 Rugi-rugi tembaga dan gesek pada motor.....	54
Gambar 4.3 Data pengujian tegangan terhadap arus .....	56
Gambar 4.4 Pulley .....	58
Gambar 4.5 Pemasangan pulley1 dan pulley2 tampak samping .....	58
Gambar 4.6 Grafik perbandingan antara tegangan(volt)-ADC(decimal) praktek.....	61
Gambar 4.7 Grafik perbandingan antara putaran(rpm) dengan ADC(decimal).....	62
Gambar 4.8 PWM50 duty cycle 4,9% .....	63
Gambar 4.9 PWM100 duty cycle 9,8% .....	64
Gambar 4.10 PWM300 duty cycle 29,3% .....	64
Gambar 4.11 PWM500 duty cycle 48,9% .....	64
Gambar 4.12 PWM700 duty cycle 68,4% .....	64
Gambar 4.13 PWm800 duty cycle 78,2% .....	65
Gambar 4.14 PWM1000 duty cycle 97,7%.....	65
Gambar 4.15 PWM1023 duty cycle 100%.....	65



Gambar 4.16 Grafik perbandingan antara PWM(desimal) dengan putaran  
n1(rpm) ..... 66

Gambar 4.17 Desain kontroler PID Untuk Mengatur Kecepatan Motor ..... 67

Gambar 4.18 Gambar grafik perbandingan PWM terhadap tegangan beban 2kg..... 71

Gambar 4.19 Grafik percobaan I perbandingan PWM terhadap tegangan ..... 76

Gambar 4.20 Grafik percobaan II perbandingan PWM terhadap tegangan..... 81

Gambar 4.21 Grafik perbandingan waktu terhadap arus ..... 82

