

Trainer Pengaturan Kecepatan Motor DC Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO

TUGASAKHIR

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan
Guna menyelesaikan program studi Teknik Elektro Industri*



Oleh:

ANGGI JUNIARISKA PUTRA

NIM: 14485/2009

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO INDUSTRI (D4)

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2017

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

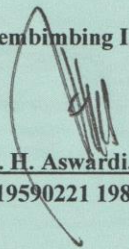
**TRAINER PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS
MIKROKONTROLLER ARDUINO**

Nama : Anggi Juniariska Putra
BP / NIM : 2009 / 14485
Program Studi : Teknik Elektro Industri (D4)
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

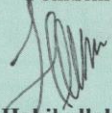
Padang, Februari 2017

Disetujui Oleh

Pembimbing I,


Drs. H. Aswardi, MT
NIP. 19590221 198503 1 014

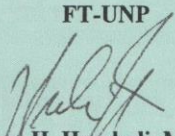
Pembimbing II,


Habibullah, S.Pd., MT
NIP. 19820920 200812 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

FT-UNP


Drs. H. Hambali, M.Kes
NIP. 19620805 198703 1 004

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

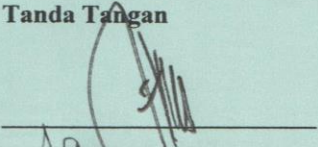
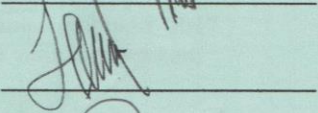
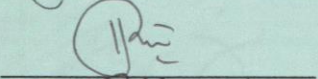
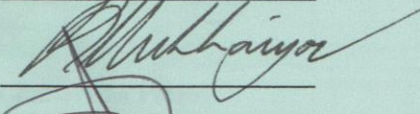
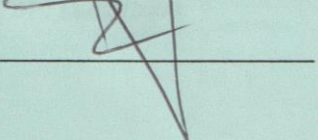
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan tim penguji tugas akhir
Program Studi Teknik Elektro Industri Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Judul : Trainer Pengaturan Kecepatan Motor DC Berbasis Mikrokontroller
Arduino

Nama : Anggi Juniariska Putra
BP / NIM : 2009 / 14485
Program Studi : Teknik Elektro Industri (D4)
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Padang, 06 Februari 2017

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Drs. H. Aswardi, MT	
Sekretaris	: Habibullah, S.Pd., MT	
Anggota	: Oriza Candra, ST., MT	
Anggota	: Dr. Ir. Riki Mukhaiyar	
Anggota	: Elfizon, S.Pd., M.Pd.T	



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

Jl. Prof. Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang 25171
Fax (0751) 705644 e-mail: info@ft.unp.ac.id



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Anggi Juniariska Putra
NIM/BP : 14485 / 2009
Program Studi : Teknik Elektro Industri (DIV)
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

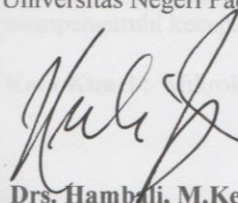
Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul **“Trainer Kecepatan Motor DC Berbasis Mikro Kontroller Arduino UNO”** adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

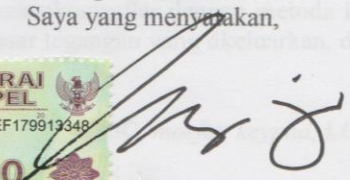
Diketahui oleh,

Ketua Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

Padang, Februari 2017
Saya yang menyatakan,


Drs. Hambali, M.Kes
NIP. 19620508 198703 1 004




Anggi Juniariska Putra
NIM/BP. 14485/2009

ABSTRAK

Anggi Juniariska Putra(14485) : Trainer Pengaturan Kecepatan Motor DC Berbasis Mikrokontroller Arduino

**Pembimbing : 1. Drs. H. Aswardi, M.T
2. Habibullah, S.Pd, M.T**

Motor merupakan sebuah perangkat elektro magnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik Dalam industri motor merupakan suatu hal yang penting bahkan motor disebut “kuda kerja” nya industri. Namun kelemahan yang didapat dari perancang tugas akhir yang sebelumnya ditemukan yaitu ketika dilakukan pengujian trainer ini set point yang dimasukkan kadang tidak sesuai dengan putaran yang terjadi kenyataannya kecepatan motor akan mendapat perubahan beban Untuk beberapa penggunaan tertentu kecepatan motor diharapkan memiliki suatu kecepatan yang konstan, supaya semua hasil yang diinginkan tercapai. Oleh sebab itu diperlukan suatu cara yang dapat mengontrol kecepatan putar motor dengan baik agar motor tersebut dapat bekerja dengan efektif tanpa harus terjadinya perubahan kecepatan motor pengendalian beban berubah.

Prinsip kerja dari trainer ini adalah pengaturan motor DC penguat terpisah diatur dengan teknik PWM dan PWM dibangkitkan melalui mikrokontroler, dimana PWM berfungsi untuk mengatur switching pada mosfet. PWM yang dibangkitkan oleh mikrokontroler menjadi input bagi *mosfet* dengan mengatur besar kecilnya duty cycle yang disesuaikan dengan program yang dimasukkan dan akan mempengaruhi tegangan sumber. Perancangan dan sistem ini memerlukan beberapa komponen utama, yaitu sensor tegangan, Rangkaian Catu daya, Mikrokontroler arduino, Motor DC, *mosfet*, *keypad* dan LCD.

Pada saat pengujian alat, trainer ini memvariabelkan putaran motor DC dari putaran minimum 500 Rpm sampai putaran maksimum 3000 Rpm dengan mengatur tegangan sumber yang masuk ke motor. Kecepatan ini diatur oleh besarnya *duty cycle* yang dihasilkan oleh mikrokontroller dengan metoda PWM, semakin besar lebar pulsa, maka semakin besar tegangan yang dikeluarkan, dan ini mempengaruhi kecepatan motor.

Kata Kunci : Mikrokontroler Arduino, Motor DC, *mosfet*, *keypad*, LCD

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Pengaturan Kecepatan Motor DC berbasis Mikro Kontroller Arduino UNO ”**. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan Program Studi Diploma IV (D4).

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Drs. H. Aswardi, M.T selaku Pembimbing I dan Bapak Habibullah, S.Pd., M.T selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan bantuan kepada penulis sampai Tugas Akhir ini selesai. Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M.Pd,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. H.Hambali, M.Kes selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Asnil S.Pd,M. Eng selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Drs. H. Aswardi, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Industri (D4).
5. Bapak Drs. H. Aswardi, MT selaku Pembimbing I yang telah memberi motivasi dan bimbingan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Habibullah, S.Pd., M.T selaku Pembimbing II yang telah memberi motivasi dan bimbingan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

7. Bapak Drs. Amirin Suprianto, M.pd. selaku pembimbing akademik.
8. Bapak Oriza Chandra, ST, MT selaku pengarah dan penguji dalam Tugas Akhir ini.
9. Bapak Dr. Ir. Riki Mukhaiyar selaku pengarah dan penguji dalam Tugas Akhir ini.
10. Bapak Elfizon S.Pd, M.Pd.T selaku pengarah dan penguji dalam Tugas Akhir ini.
11. Bapak/Ibu staf pengajar Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang telah memberikan ilmupengetahuan selama studi.
12. Kedua orang tua dan saudaraku yang telah memberikan semangatdan do'a serta kasih sayangnya kepada penulis.
13. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang, khususnya Program Studi Teknik Elektro Industri (D4) angkatan 2009.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kelemahan dan kekurangan. Penulis mengharapkan saran demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Padang, Februari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	ix

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi masalah.....	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	5

BAB II PEMBAHASAN

A. Sistem Kendali.....	6
1. Sistem Kendali Loop Terbuka.....	7
2. Sistem Kendali Loop Tertutup	9
B. Mikrokontroler Arduino	9
C. Catu Daya	16

1. Transformator	17
2. Penyearah Jembatan	18
3. Penyaring (<i>Filter</i>)	20
4. Penstabil Tegangan.....	21
D. Motor DC.....	23
1. Konstruksi Motor DC	24
2. Prinsip Kerja Motor DC	25
3. Jenis-JenisMotor DC	27
4. Pengaturan kecepatan Motor DC Penguat Terpisah.....	31
E. LCD (Liquid Crystal Display).....	33
F. Keypad.....	36
G. Tachometer	37
H. Bahasa Pemograman Arduino	39
I. Flowchart (Diagram Alur).....	44

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

A. Blok Diagram	48
B. Prinsip Kerja.....	49
C. Perancangan <i>Hardware</i>	49
1. Perancangan Rangkaian Utama	50
2. Perancangan Rangkaian Driver	50
3. Perancangan Catu Daya.....	51
4. Rangkaian Arduino Uno.....	52
5. Perancangan Rangkaian Pembagi Tegangan.....	52

6. Rangkaian Keypad.....	53
D. Perancangan Software	54
1. Perancangan Papan PCB.....	56
2. Diagram Alir (<i>Flowchart</i>).....	59
3. Perancangan Desain Trainer	61

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Peralatan dan Pengujian	63
B. Pengujian <i>Hardware</i>	63
1. Pengujian Rangkaian Catu Daya	63
2. Pengujian LCD	66
3. Pengujian Rangkaian Pembagi Tegangan	69
4. Pengujian Gelombang PWM	72
C. Pengujian Rangkaian Keseluruhan	73
D. Analisa Pemrograman.....	84

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN.....	94
B. SARAN	95

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Blok Sistem Kendali Secara Umum.....	6
Gambar 2. Blok Diagram Sistem Kendali <i>Open Loop</i>	8
Gambar 3. Blok diagram sistem kendali tertutup/ <i>close loop</i>	9
Gambar4. Mikrokontroller Arduino	11
Gambar 5.Peta memori program ATmega 328.....	15
Gambar 6. Peta memori data ATmega 328	16
Gambar 7. Penyearah 1 Fasa Gelombang Penuh	19
Gambar 8. Bentuk Penyearah Gelombang Penuh dengan filter C	21
Gambar 9. Regulasi tegangan memakai IC 78xx.....	23
Gambar 10. Konstruksi Motor DC.....	24
Gambar 11. Prinsip Kerja Motor DC	25
Gambar 12. Kaidah tangan kiri	26
Gambar 13. Skema rangkaian motor penguat terpisah	27
Gambar 14. Grafik Hubungan V_s Terhadap n Pada Motor DC.....	28
Gambar 15. Grafik Hubungan I_a Terhadap n Pada Motor DC	28
Gambar 16. Grafik Hubungan I_f Terhadap n Pada Motor DC	29
Gambar 17. Rangkaian Ekuivalen Motor DC Penguat Terpisah	32
Gambar 18. Konfigurasi pin LCD	35
Gambar 19. Konfigurasi <i>Keypad</i> 3 X 4.....	36
Gambar 20. Inisialisasi <i>keypad</i>	37
Gambar 21. Diagram Blok Tachometer Digital	38
Gambar 22. Rangkaian daya motor.....	50
Gambar 23. Rangkaian driver motor.....	51
Gambar 24. Rangkaian Catu Daya.....	51
Gambar 25. Skematik Rangkaian Board Arduino Uno	52
Gambar 26. Rangkaian Pembagi tegangan	53
Gambar 27. Rangkaian Keypad	54
Gambar 28. Program arduino berhasil di <i>compile</i>	55
Gambar 29. Flowchart kerja.....	59
Gambar 30. Perancangan desain tampak atas	61

Gambar 31. Perancangan desain tampak belakang	61
Gambar 32. Perancangan desain tampak depan	61
Gambar 33. Pengujian <i>Power Supply</i> Keluaran 5VDC dan 12 VDC	64
Gambar 34. Pengujian Gelombang Catu Daya	66
Gambar 35. Tampilan LCD tanpa program	68
Gambar 36. Tampilan LCD setelah diprogram	69
Gambar 37. Titik pengukuran rangkaian pembagi tegangan	70
Gambar 38. Rangkaian pengujian rangkaian daya	76
Gambar 39. Grafik hubungan kecepatan (n) terhadap tegangan sumber (V_s) pada keadaan tanpa beban	78
Gambar 40. Grafik hubungan kecepatan (n) terhadap tegangan sumber (V_s) pada keadaan berbeban	81
Gambar 41. Grafik hubungan kecepatan (n) terhadap tegangan sumber (V_s) pada keadaan tanpa beban	83
Gambar 42. Grafik hubungan kecepatan (n) terhadap tegangan sumber (V_s) pada keadaan berbeban	84
Gambar 43. Grafik hubungan kecepatan (n) terhadap arus jangkar (I_a) pada keadaan berbeban	85

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Operator Matematika	41
Tabel 2. Operator Perbandingan	42
Tabel 3. Hasil pengujian rangkaian catu daya 5V dan 12V.....	65
Tabel 4. Pengukuran pada rangkaian pembagi tegangan	70
Tabel 5. Pengujian PWM	74
Tabel 6. Hasil pengujian motor menggunakan trainer	77
Tabel 7. Pengujian set poin untuk V_{in} 200 V	79
Tabel 8. Hasil pengujian motor menggunakan trainer	81
Tabel 9. Pengujian motor menggunakan <i>Power Pack</i>	83
Tabel 10. Pengujian motor menggunakan <i>Power Pack</i>	83
Tabel 11. Perbedaan hasil pengujian menggunakan trainer dengan <i>Power pack</i> tanpa beban.....	85
Tabel 12. Perbedaan hasil pengujian menggunakan trainer dengan <i>Power pack</i> berbeban	86

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Motor merupakan sebuah perangkat elektro magnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi inilah yang digunakan untuk berbagai keperluan, misalnya menggerakkan pompa, menggerakkan kompresor, pemindah tenaga dan lain-lain. Motor juga banyak digunakan untuk keperluan rumah seperti menggerakkan mixer, bor listrik, kipas angin dan sebagainya. Dalam industri motor merupakan suatu hal yang penting, bahkan motor disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan total sekitar 70% beban listrik di industri. Dengan kata lain motor listrik memiliki peranan yang penting dalam kehidupan manusia sehari-hari.

Teknologi yang berkembang pada saat ini adalah pengontrolan sebuah sistem dengan menggunakan komponen kecil berupa komponen kecil yang diolah dengan menggunakan perintah-perintah dalam bentuk bahasa pemrograman. Suyono (2009) mengatakan:

Mikrokontroler sebagai teknologi baru yaitu teknologi semi konduktor kehadirannya sangat membantu perkembangan dunia elektronika. Dengan arsitektur yang praktis tetapi memuat banyak kandungan transistor yang terintegrasi, sehingga mendukung dibuatnya rangkaian elektronika yang lebih *portable*.

Pada perancangan tugas akhir dari sebelumnya yaitu ‘Pembuatan trainer kendali kecepatan motor DC menggunakan mikrokontroler Arduino’, memiliki kelebihan yaitu dapat digunakan untuk pengaturan kecepatan motor

DC berdaya besar, sedangkan kelemahan yang ditemukan pada perancangan ini yaitu, ketika dilakukan pengujian trainer ini set point yang dimasukkan kadang tidak sesuai dengan putaran yang terjadi, karena banyaknya menggunakan kapasitor pada rangkaian.

Namun pada kenyataannya kecepatan motor akan menjadi menurun apabila motor mendapat perubahan beban. Untuk beberapa penggunaan tertentu kecepatan motor diharapkan memiliki suatu kecepatan yang konstan, supaya semua hasil yang diinginkan tercapai. Oleh sebab itu diperlukan suatu cara yang dapat mengontrol kecepatan putar motor dengan baik agar motor tersebut dapat bekerja dengan efektif tanpa harus terjadinya perubahan kecepatan motor pengendalian beban berubah.

Berdasarkan pertimbangan diatas, maka dibuatlah suatu perancangan alat pengatur kecepatan putar motor berbasis Mikrokontroler Arduino. Alat ini akan mengukur dan mengontrol kecepatan putar supaya tetap stabil dan sesuai dengan kecepatan yang diinginkan walaupun motor tersebut mendapatkan pembebanan yang signifikan. Kecepatan motor yang dibutuhkan dapat di inputkan melalui keypad yang disediakan pada alat tersebut, dan hasil pengukuran ditampilkan pada display, sehingga alat mudah digunakan serta mudah untuk dipindah tempatkan.

Dengan demikian diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat, karena akhir dari penelitian ini nantinya akan menghasilkan suatu alat pengukuran dan pengontrolan motor DC yang dapat dikontrol dengan baik dan bekerja secara otomatis.

Pada mata kuliah Mesin listrik ini jumlah mahasiswa yang praktikum dilakukan tidak berjalan dengan sempurna karena keterbatasan alat yang ada di labor. Alat yang ada dilabor belum menggunakan mikrokontroler Arduino sebagai pengontrolan dari kecepatan kendali motor, untuk itu penulis bermaksud membuat trainer kendali kecepatan putar motor DC close loop yang menggunakan mikrokontroler. Tugas akhir ini juga membandingkan hasil alat yang dibuat dengan alat yang sudah ada dilabor, sehingga alat yang dibuat penulis layak dijadikan trainer praktikum dilaboratorium Konversi Energi Listrik Universitas Negeri Padang. Dalam penelitian ini pengaturan kendali kecepatan motor menggunakan mikrokontroler arduino. Mikrokontroler termasuk mikrokontroler AVR buatan Atmel. Keunggulannya dapat dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya yang memiliki kecepatan eksekusi program yang lebih cepat, selain itu mikrokontroler AVR memiliki fitur lengkap seperti ADC internal, EEPROM internal, timer/counter, watchdog timer, PWM, port I/O, komunikasi serial, komparator dan lain-lain (Andrianto, Heri, 2008:2).

Banyak penelitian yang dilakukan untuk pengaturan kecepatan motor DC menggunakan mikrokontroler. Namun penelitian yang dilakukan masih dengan motor DC berdaya kecil saja. Sehingga hasil penelitian belum mendekati keadaan sebenarnya, misalnya untuk mengaplikasikan laboratorium konversi energi listrik Teknik Elektro Universitas Negeri Padang dan belum mendekati aplikasi di industri yang menggunakan motor berdaya besar.

Untuk itu dalam tugas akhir ini penulis akan menguraikan proses kendali kecepatan motor DC dengan mengatur tegangan sumber yang masuk ke motor dengan mengatur swiching Mosfet menggunakan teknik PWM yang dibangkitkan oleh mikrokontroler, maka dalam tugas akhir ini penulis akan membuat suatu **“Trainer Kecepatan Motor DC Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO”**

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan, terdapat beberapa masalah yang perlu diidentifikasi, antara lain:

1. Motor akan menjadi menurun apabila motor mendapat perubahan pembebanan.
2. Alat yang ada dilabor belum ada yang menggunakan mikro controller arduino sebagai pengontrolan dari kecepatan kendali motor DC.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang penulis kemukakan penelitian ini adalah:

1. Pengaturan kendali kecepatan motor DC dengan mengatur tegangan sumber.
2. Teknik pengaturan kecepatan motor DC dikendalikan dengan metoda PWM yang dibangkitkan oleh mikrokontroler Arduino.
3. Tugas akhir ini dibuat dalam bentuk trainer untuk latihan pratikum.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah maka penulis merumuskan permasalahan pada tugas akhir ini bagaimana mendesain trainer kecepatan motor DC berbasis mikrokontroler Arduino close loop.

E. Tujuan

Tujuan yang akan dicapai oleh penulis dalam pembuatan tugas akhir ini yaitu:

1. Merancang suatu alat yang dapat mengontrol kecepatan putar motor DC menggunakan mikrokontroler Arduino.
2. Mengetahui hubungan antara kecepatan motor dengan tegangan yang digunakan motor dan mengetahui pengaruh respon dari alat terhadap perubahan kecepatan motor akibat pembebanan.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Meningkatkan pengetahuan mengenai karakteristik motor DC, sensor kecepatan putar dan memperluas aplikasi mikrokontroler.
2. Sebagai informasi dasar membangun sebuah instrumentasi yang mampu mengukur dan mengendalikan kecepatan putar motor DC.
3. Dapat meningkatkan pengetahuan dan mengetahui kegunaan-kegunaan terhadap alat yang dipakai dalam pembuatan trainer kendali kecepatan motor DC menggunakan mikrokontroler Arduino.
4. Membuat suatu sistem yang diharapkan berguna untuk keperluan yang menggunakan motor.

BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, dapat diambil kesimpulan dan saran sebagaiberikut :

A. KESIMPULAN

1. Pembuatan trainer pembelajaran ini bisa membantu mahasiswa Teknik Elektro Universitas Negeri Padang dalam melakukan pratikum, karena alat trainer ini tidak jauh berbeda dengan alat yang ada pada labor konversi energi listrik Universitas Negeri Padang.
2. Pada saat pengujian alat, trainer ini memvariabelkan putaran motor DC dari putaran minimum 500 RPM sampai putaran maksimum 3000 RPM dengan mengatur tegangan sumber yang masuk ke motor. Kecepatan ini diatur oleh besarnya *duty cycle* yang dihasilkan oleh mikrokontroller dengan metoda PWM, semakin besar lebar pulsa, maka semakin besar tegangan yang dikeluarkan, dan ini mempengaruhi kecepatan motor.
3. Berdasarkan hasil pembuatan alat pada tugas akhir ini, maka dapat disimpulkan bahwa hasil putaran motor lebih mendekati set point yang diinginkan.

B. SARAN

1. Untuk mendapatkan daya keluaran yang besar pada *Trainer* kendali kecepatan motor ini, maka diperlukan pemilihan komponen yang lebih besar juga.
2. Untuk sistem kendali yang lebih baik, gunakan komponen-komponen daya yang bernilai tinggi, supaya tidak terjadi kebobolan atau komponen yang hangus, karena kita menguji motor berdaya tinggi.

Keterangan gambar :

Pembuatan trainer ini dirancang berbentuk kubus atau *box* dengan menggunakan bahan akrilik. Bentuk *box* yang dibuat adalah berbentuk persegi panjang dengan ukuran sebagai berikut:

Panjang *box* = 45 cm

Lebar *box* = 25 cm

Tinggi *box* = 10 cm

DAFTAR PUSTAKA

Fitzgerald, dkk. 1992. *Mesin-mesin Listrik*. Jakarta : Erlangga.

<http://digilib.ittelkom.ac.id>. PWM (Pulse Width Modulation). (online) diakses tanggal 10 Oktober 2013.

Jenal. 2009. *Optocoupler*. (Online). (<http://jaenal91.wordpress.com>, diakses tanggal 10 Oktober 2012).

Malvino, Albert Paul. 1999. *Prinsip-Prinsip Elektronika*. Jakarta: SalembaTeknika.

Rashid, Muhammad. 2011. *Power Electronic*. Jakarta: Prenhallindo.

Sumanto. 1984. *Mesian Arus Searah*. Yogyakarta: Andi.

Zuhal. 1988. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: Gramedia
Pustaka Utama