

**PENGONTROLAN KECEPATAN DAN ARAH PUTARAN
MOTOR DC MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER
ATMega 8535**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Studi
Diploma IV di Universitas Negeri Padang*



**Oleh :
SEPTIAN ARMAN
NIM. 1106819/2011**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2016**

BALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Pengontrolan Kecepatan Dan Arah Putaran Motor
DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535

Nama : Septian Arman

NIM/STP : 1106819/2011

Jurusan : Teknik Elektro

Program Studi : Teknik Elektro Industri (DIY)

Padang, 9 Agustus 2016

Ditujukan Oleh:

Pembimbing I



Dr. Awardi, M.T.
NIP. 19530221 198503 1 014

Pembimbing II



Irma Husniati, S.T., M.T.
NIP. 19720919 199903 2 002

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR



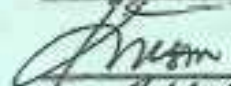
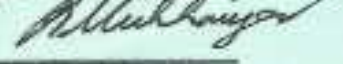
Pengontrolan Kecepatan Dan Arah Putaran Motor DC Menggunakan
Mikrokontroler ATmega 8535

Oleh

Nama : Septian Arman,
NIM/BP : 1106819/2011
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Teknik Elektro Industri (DIIV)

Dinyatakan LULUS Setelah Di pertahankan di Depan Tim Penguji
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang
Pada Tanggal 2 Agustus 2016

Dewan Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Irma Husaini, S.T., M.T.	
Anggota	: Drs. Aslimeri, M.T.	
Anggota	: Krisnadinata, S.T., M.T., Ph.D.	
Anggota	: Dr.Ir.Sidi Mukhaizar	



SURAT KETERANGAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Septian Arman
Nim/BP : 1106819/2011
Program Studi : Teknik Elektro Industri (D4)
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul "Pengontrolan Kecepatan Dan Arah Putaran Motor DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535" 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

Era H. Hasibali, M. Kes
NIP. 19620508 198703 1 004

Padang, Agustus 2016
Saya yang menyatakan,

Septian Arman
NIM/BP. 1106819/2011

**Septian Arman (1106819/2011) : Pengontrolan Kecepatan Dan Arah
Putaran Motor DC Menggunakan
Mikrokontroller ATmega 8535**

Pembimbing I : Drs. Aswardi, M.T

Pembimbing II : Irma Husnaini, S.T., M.

Abstrak

Motor listrik adalah suatu alat utama yang memanfaatkan energi listrik untuk menggerakkan penggerak dalam peralatan industri. Pada masa sekarang ini perindustrian di negara kita mengalami perkembangan yang cukup pesat, baik pada perindustrian besar maupun industri kecil, sejalan dengan perkembangan industri tersebut kebutuhan akan motor-motor listrik semakin meningkat pula sesuai dengan kebutuhan pasar. Pengaturan motor yang sebelumnya dilakukan dengan konvensional, sekarang telah dilakukan menggunakan komponen elektronika daya. Motor *Direct Current* (DC) merupakan salah satu jenis motor yang sering digunakan, hal ini disebabkan karena banyaknya metode pengaturan yang dapat digunakan untuk mengontrol kecepatan dan arah putarannya. Pengontrolan motor DC dapat dilakukan dengan mengatur tegangan masuk pada motor DC

Dalam tulisan ini pengontrolan kendali kecepatan dan arah putaran motor DC menggunakan PWM pada mikrokontroller ATmega8535. Mikrokontroller ini termasuk mikrokontroller AVR buatan Atmel. Pengontrolan motor DC dengan cara mengontrol pulsa PWM yang akan dikirim ke *driver* motor DC, dengan mengontrol pulsa dari PWM maka akan mengontrol tegangan yang masuk ke motor DC, dengan metode mengatur tegangan masukan ke motor DC maka kecepatan dan arah putaran motor DC dapat dikontrol.

Hasil pengujian kecepatan motor DC pada tulisan ini adalah berdasarkan satuan rpm, dengan melakukan enam kali pengujian dengan setpoint yang berbeda, *error* rata-rata dalam pengujian alat adalah 0.62%, dan dalam penentuan arah putaran motor DC sistem dapat menerima *input* perintah yang di berikan oleh *keypad*, saat pilihan perintah yang di masukan arah putaran motor DC CW (*clock wise*), maka motor DC akan berputar CW (*clock wise*), saat pilihan perintah yang di masukan arah putaran motor DC CCW (*counter clock wise*), maka motor DC akan berputar CCW (*counter clock wise*).

Kata kunci : Atmega 8535, sensor *optocoupler*, *driver* motor DC, *keypad*, dan *LCD*.

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Ta'ala, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **"Pengontrolan Kecepatan Dan Arah Putaran Motor DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega8535"**. Tugas Akhir ini merupakan persyaratan untuk menyelesaikan program studi D4 pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Selama menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Orang tua beserta segenap keluarga, yang selalu memberikan bantuan motivasi baik berupa doa, moril maupun materil.
2. Bapak Drs. Aswardi, M.T., dan Ibu Irma Husnaini, S.T., M.T selaku pembimbing yang telah banyak membantu penulis dengan waktu, bimbingan, arahan, perbaikan, saran dan dorongan selama penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Drs. Hambali, M.Kes. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Drs. Aswardi, M.T selaku Ketua Program Studi Diploma IV Teknik Elektro Industri Universitas Negeri Padang.

5. Bapak Drs. Aslimeri, M.T., Bapak Krismadinata S.T, M.T., Ph.D dan Bapak Dr.Ir.Riki Mukhaiyar Selaku Tim Penguji.
6. Bapak dan Ibu dosen pengajar, teknisi, serta staf administrasi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
7. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang angkatan 2011.

Dan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dari awal penyelesaian tugas akhir ini sampai selesai yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis telah berusaha menyusun Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya, namun karena keterbatasan ilmu dan pengalaman, mungkin masih terdapat kekurangan dan kekeliruan pada Tugas Akhir ini. Demikian Tugas Akhir ini dibuat, semoga bermanfaat bagi kita semua, terutama bagi penulis sendiri, Amin ...

Padang, 9 Agustus 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan	4
F. Manfaat penelitian	5

BAB II LANDASAN TEORI

A. Sistem Kendali	6
1. Sistem kendali terbuka (<i>open loop</i>)	7
2. Sistem kendali tertutup (<i>close loop</i>)	8
B. Motor DC	10
1. Pengertian Motor DC	10
2. Prinsip Kerja Motor DC	12
3. Torque (Torsi)	14

4. Jenis-jenis motor DC	15
5. Pengaturan kecepatan motor DC	17
6. Membalikan arah putaran motor DC	18
7. Rangkaian <i>H-bridge Mosfet</i>	21
C. Mikrokontroler	22
1. Arsitektur ATmega 8535	24
2. Peta Memori ATmega 8535	26
3. <i>Pulse Width Modulation (PWM)</i>	27
D. Komponen Pendukung	31
1. LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>)	31
2. Keypad 3x4	33
3. Sensor optocoupler	34
4. Catu Daya (<i>power supply</i>)	37
E. Pemrograman	41
F. Diagram Alir (<i>Flowchart</i>)	57

BAB III METODOLOGI PERANCANGAN

A. Perancangan Umum	62
1. Blog Diagram Sistem	62
B. Prinsip Kerja Alat	64
C. Perancangan <i>Hardware</i>	65
D. Design Rangkaian Komponen Sistem	67
1. Perancangan Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega 8535	67

2. Rangkaian Catu Daya	68
3. Rangkaian Driver Motor	69
4. Rangkaian Sensor Optocoupler	70
5. Rangkaian LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	71
6. Perancangan papan PCB	72
E. Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>)	75

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Pengujian Rangkaian Elektronik	79
1. Alat ukur untuk pengujian alat	80
2. Pengujian Rangkaian Catu Daya	81
3. Pengujian Sensor Optocoupler	84
4. Pengujian Rangkaian LCD	86
5. Pengujian Rangkaian Driver Motor	87
B. Analisa Pemograman	92
1. Program Bascom AVR	92
C. Pengujian Sistem Keseluruhan	104

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	110
B. Saran	111

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Blok Diagram Sistem Kendali <i>Open Loop</i>	8
Gambar 2. Blok Diagram Sistem Kendali <i>Close Loop</i>	9
Gambar 3. Bentuk Fisik Motor Dc Magnet Permanent	11
Gambar 4. Kaidah Tangan Kiri	13
Gambar 5. Arah medan Putar motor DC	18
Gambar 6. Prinsip dasar pembalik putaran motor DC	18
Gambar 7. Prinsip pembalik arah putaran motor DC	19
Gambar 8. Memory program dan memory data AVR ATMEGA 8535	25
Gambar 9. Gelombang tegangan <i>carrier</i> dan gelombang tegangan referensi sebagai perbandingan	27
Gambar 10. Proses pembangkitan sinyal PWM pada mikrokontroler	29
Gambar 11. Bentuk fisik LCD LMB162A	31
Gambar 12. Rangkaian dasar keypad 3x4	33
Gambar 13. Rangkaian dasar optocoupler	35
Gambar 14. Penyearah menggunakan metode jembatan	37

Gambar 15. Gelombang keluaran penyearah tanpa filter	38
Gambar 16. Sambungan dari IC regulator	39
Gambar 17. Seri 78XX regulator penstabil tegangan positif	40
Gambar 18. Blog diagram kendali kecepatan dan arah putaran motor DC dengan metode <i>pulse width modulation</i> (PWM)	63
Gambar 19. <i>Design Real</i> kendali kecepatan dan arah putaran motor DC dengan metode <i>pulse width modulation</i> (PWM) tampak samping	65
Gambar 20. <i>Design Real</i> kendali kecepatan dan arah putaran motor DC dengan metode <i>pulse width modulation</i> (PWM) dengan di buka	66
Gambar 21. Minimum sistem ATmega 8535	67
Gambar 22. Rangkaian power supply keluaran 5VDC dan 12VDC	68
Gambar 23. Rangkaian driver motor DC menggunakan rangkaian <i>H-bridge</i>	69
Gambar 24. Rangkaian Sensor Optocoupler	70
Gambar 25. Rangkaian LCD	70
Gambar 26. Diagram alur sistem (<i>flowchart system</i>)	76
Gambar 27. Diagram alur program (<i>flowchart program</i>)	77

Gambar 28. Tampilan <i>real trainer</i> pengaturan kecepatan dan arah putaran motor DC	80
Gambar 29. Pengujian <i>Power Supply</i> Keluaran 5VDC dan 12 VDC	82
Gambar 30. Pengujian Rangkaian <i>Optocoupler</i>	85
Gambar 31. Tampilan LCD Tanpa Program	86
Gambar 32. Tampilan LCD Setelah diberi Program	87
Gambar 33. Pengujian Driver Motor DC 12 VOLT	88
Gambar 34. Grafik hubungan kecepatan (n) terhadap Vout	90

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Fungsi Kaki LCD	32
Tabel 2. Tipe data	47
Tabel 3. Karakteristik spesial	48
Tabel 4. Operasi relasi	51
Tabel 5. Simbol-simbol Standar dalam <i>Flowchart</i>	60
Tabel 6. pengujian rangkaian catu daya 5V dan 12V	69
Tabel 7. Hasil pengujian rangkaian <i>optocoupler</i>	88
Tabel 8. hasil pengujian Driver Motor DC untuk pengaturan kecepatan	88
Tabel 9. hasil pengujian Driver Motor DC untuk pengaturan arah putaran motor	89
Tabel 10. Pengujian keseluruhan alat	105
Tabel 11. Pengujian alat dengan beban konstan dan kecepatan motor berubah-ubah	107
Tabel 12. Pengujian alat dengan beban berubah-ubah dan kecepatan dan kecepatan motor konstan	107
Tabel 13. Hasil pengujian waktu yang di perlukan motor DC dalam mencapai <i>setpoint</i> yang berubah-ubah.....	108

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Teknologi adalah salah satu ilmu pengetahuan yang semakin berkembang sesuai dengan peradaban manusia baik dalam aplikasi bidang mesin-mesin penggerak listrik maupun bidang lain yang terkait didalamnya. Untuk bidang industri sendiri saat ini sangat membutuhkan teknologi yang dapat bekerja secara otomatis dalam setiap pengontrolan peralatan. Salah satu jenis peralatan yang diperlukan pada industri adalah pemanfaatan komponen elektronika daya dalam proses pengaturan kecepatan motor-motor listrik yang telah berkembang dari tahun ke tahun.

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: 27) menjelaskan “Mikrokontroler sebagai teknologi baru yaitu teknologi semikonduktor 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*.”

Begitupun dibidang elektronika daya, sehingga pengaturan motor yang sebelumnya dilakukan dengan konvensional, sekarang telah dilakukan menggunakan komponen elektronika daya. Motor Direct Current (DC) merupakan salah satu jenis motor yang sering digunakan, hal ini disebabkan karena banyaknya metode pengaturan yang dapat digunakan untuk mengatur kecepatan dan arah putarannya. Pengaturan motor DC dengan mengatur tegangan masuk ke kumparan jangkar,

sedangkan arus medannya konstan. Maka dari itu aplikasi ini dilakukan untuk mengetahui bahwa dengan pengaturan tegangan melalui switching mosfet dengan menggunakan teknik PWM yang dibangkitkan oleh mikrokontroler dapat mengatur kecepatan dan arah putaran motor DC.

Motor-motor listrik adalah suatu alat utama yang memanfaatkan energi listrik untuk menggerakkan mesin-mesin penggerak dalam peralatan industri lainnya. Pada masa sekarang ini perindustrian di negara kita mengalami perkembangan yang cukup pesat, baik pada perindustrian besar maupun industri kecil, sejalan dengan perkembangan industri tersebut kebutuhan akan motor-motor listrik akan meningkat pula sesuai dengan kebutuhan pasar. Sehingga motor-motor listrik merupakan penunjang yang paling utama di dunia industri sebagai motor penggerak.

Dikarnakan pentingnya pengetahuan untuk pengaturan motor salah satu nya motor DC, maka dibutuhkan *trainer* untuk mempermudah dalam memahami pengaturan kecepatan dan arah putaran motor DC

Dalam tugas akhir ini pengaturan kendali kecepatan dan arah putaran motor DC menggunakan mikrokontroller ATmega8535. Mikrokontroller ini termasuk mikrokontroller AVR buatan Atmel. Keunggulannya dibandingkan dengan mikrokontroller lainnya yaitu memiliki kecepatan eksekusi program yang lebih cepat, selain itu mikrokontroller 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).

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 “**PENGONTROLAN KECEPATAN DAN ARAH PUTARAN MOTOR DC MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMega 8535**”.

B. Identifikasi Masalah

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

1. pengaturan motor yang sebelumnya dilakukan dengan konvensional, sekarang telah dilakukan menggunakan komponen elektronika daya
2. Dikarnakan pentingnya pengetahuan untuk pengaturan motor salah satu nya motor DC, maka dibutuhkan *trainer* untuk mempermudah dalam memahami pengaturan kecepatan dan arah putaran motor DC.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka perlunya pembatasan ruang lingkup untuk menghindari pembatasan yang meluas dalam tugas akhir ini diantaranya adalah :

1. Pengaturan kendali kecepatan dan arah putaran motor DC dengan mengatur tegangan keluaran (V_{out}).

2. Motor DC yang di gunakan memiliki spesifikasi tegangan 12Vdc dan daya 70W.
3. Kecepatan motor DC saat di kontrol maksimal 1500Rpm.
4. Teknik pengaturan kecepatan motor DC dikendalikan dengan metoda PWM yang dibangkitkan oleh mikrokontroler ATmega8535.
5. Tugas akhir ini dibuat dalam bentuk trainer pratikum.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang, maka rumusan masalahnya adalah “bagaimana cara mengendalikan kecepatan motor dan arah putaran motor DC dengan menggunakan metode *pulse width modulation* (PWM) ?”

E. Tujuan

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

1. Membuat trainer kendali kecepatan dan arah putaran motor DC dengan metode *Pulse Wide Modulation* (PWM).
2. melakukan pengujian alat trainer kendali kecepatan dan arah putaran motor DC dengan metode *Pulse Width Modulation* (PWM).

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari perancangan pengendalian kecepatan motor DC menggunakan mikrokontroler ATmega8535 adalah:

1. Sebagai media pembelajaran aplikasi kendali kecepatan dan arah putaran motor DC pada pergerakan motor dengan metoda *Pulse Width Modulation* (PWM).
2. Dapat meningkatkan pengetahuan, khususnya mahasiswa dalam mengetahui kegunaan-kegunaan terhadap alat yang dipakai dalam pembuatan trainer kendali kecepatan motor DC menggunakan mikrokontroler ATmega8535.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian alat maka penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan yaitu;

1. Hasil pengujian sistem dari *trainer* pengendali arah putaran dan kecepatan putaran motor DC, arah putaran motor DC yang di atur pada *trainer* adalah *clock wise* dan *counter clock wise*, motor DC pada *trainer* mampu bekerja pada kecepatan putaran maksimal 1500Rpm terdeteksi oleh sensor *optocoupler*.
2. Hasil pengujian kecepatan motor DC dengan melakukan enam kali pengujian kecepatan motor DC dengan *setpoint* yang berbeda *error* rata-rata dalam pengujian kecepatan motor DC adalah 0,62%, dan dalam penentuan arah putaran motor DC sistem dapat menerima *input* perintah yang di berikan oleh *keypad*, saat pilihan perintah yang di masukan arah putaran motor DC CW (*clock wise*), maka arah putaran motor DC akan CW (*clock wise*), saat pilihan perintah yang di masukan arah putaran motor DC CCW (*counter clock wise*), maka arah putaran motor DC akan berputar CCW (*counter clock wise*).

B. Saran

1. Untuk mendapatkan daya keluaran yang besar pada *Trainer* kendali kecepatan motor DC 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.
3. Pastikan komponen-komponen yang di gunakan sesuai dengan sistem yang akan di buat, di karenakan komponen yang sensitif terhadap tegangan berlebih dan cukup mahal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anna. 2014. *Pedoman Menyusun Flowchart unit kerja*. Surabaya : Rumah Sakit Bedah Surabaya
- Ardianto, Heri. 2008. *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16 menggunakan bahasa C (Code Vision AVR)*. Bandung: Informatika Bandung.
- Baharuddin. 2012. *Sistem Kendali Kecepatan Motor DC Berbasis PWM (Pulse Width Modulation)*. Kendari: universitas hasnudin
- Budiharto, widodo. 2010. *Robotika Teori dan Implementasi*. Yogyakarta :andi
- Hendrian, Yayan. 2013. *Motor DC dan Aplikasinya*. Jakarta: AMIK Bina Sarana Informatika Jakarta.
- Nugroho, Nalaprana. 2015. *Analisa Motor DC (Direct Current) Sebagai Penggerak Mobil Listrik*
- Ogata, Katsuhiko. 1993. *Teknik Kontrol Automatik*. Jakarta :Erlangga
- Ogata, Katsuhiko. 2002. *Teknik Kontrol Automatik* (Edi Laksono. Terjemahan). Jakarta : Erlangga. Buku asli diterbitkan tahun 1996.
- Prawiroredjo, Kiki. (2008). *Detektor Jarak Dengan Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler: JETri*.
- Rashid, Muhammad. 2011. *Power Electronik*. Amerika: enlewood cliffs.
- Setiawan, Afrie. 2011. *20 Aplikasi Mikrokontroler ATmega 8535 & ATmega 16 Menggunakan Bascom-AVR*. Jakarta: Andi
- Sumanto. 1984. *Mesin Arus Searah*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Suyono. 2009. *Panduan Praktis Mikrokontroler AT89S51*. Yogyakarta: IlmuKomputer
- Syahrul. 2012. *Mikrokontroler AVR ATMEGA8535*, Bandung: Informatika Bandung.