



**TRAINER PENGONTROL MOTOR DC
MENGUNAKAN KEYPAD MATRIX 4X4 BERBASIS
ARDUINO MEGA 2560 SEBAGAI MEDIA
PEMBELAJARAN MATA KULIAH
MIKROKONTROLER DI LABORATORIUM TEKNIK
ELEKTRO UNNES**

Tugas Akhir

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Ahli Madya

Program Studi Teknik Elektro

Oleh:

Deta Irawan NIM. 5311312031



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2016**

PENGESAHAN

Tugas Akhir ini telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Tugas Akhir Teknik Elektro, Fakultas Teknik UNNES pada hari Rabu tanggal 27 April 2016.

Oleh

Nama : Deta Irawan

NIM : 5311312031

Program Studi : Teknik Elektro, D3

Panitia:

Ketua Panitia

Sekretaris

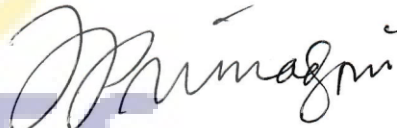
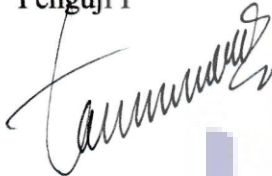


Dr-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T, M.T
NIP. 197805312005011002

Dr. Ir. Subiyanto, S.T., M.T
NIP. 197411232005011001

Penguji I

Penguji II/Pembimbing



Drs. Sutarno, M.T
NIP. 195510051984031001

Drs. Yohanes Primadiyono, M.T
NIP. 196209021987031002

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Oudus, M.T
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa yang tertulis di dalam tugas akhir ini benar-benar hasil karya sendiri bukan jiplakan dari karya orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat/temuan orang lain yang terdapat dalam tugas akhir ini dikutip untuk dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Semarang, 17 Maret 2016

Penulis



Deta Irawan

NIM.5311312031



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

- 1) “ Dan bersabarlah , dan tidaklah ada kesabaranmu itu kecuali dari Allah (Qs.An-Nahl :128) “.
- 2) Masa depan adalah rahasia, tapi yang kita perjuangkan hari ini adalah untuk memperjuangkan masa depan (Deddy Corbuzier).
- 3) Harga sebuah kegagalan dan kesuksesan bukan dinilai dari hasil akhir, tetapi dari proses perjuangannya (Andrie Wongso).

Persembahan

Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk :

- 1) Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan nikmatnya
- 2) Alm. Ayah dan Almh. Ibu tercinta atas kasih sayang yang tak terhingga
- 3) Kakakku dan keluarga besar yang telah memberi motivasi berupa moril dan materiil
- 4) Teman-teman TE D3 2012, teman kontrakan The Villas yang selalu memberi semangat dan berbagi dalam suka maupun duka selama kuliah ini
- 5) Teman-temanku semua dimanapun berada

ABSTRAK

Irawan, Deta. Maret 2016. **Trainer Pengontrol Motor Dc Menggunakan Keypad Matrix 4x4 Berbasis Arduino Mega 2560 Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroler Di Laboratorium Teknik Elektro Unnes**. Dosen Pembimbing : Drs. Yohanes Primadiyono, M.T. Tugas Akhir. Teknik Elektro D3. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.

Untuk menunjang teori yang telah dipelajari, praktikum menjadi suatu bagian yang penting dalam proses untuk membuktikan teori yang telah dipelajari tersebut. Keterbatasan alat dan ruang menjadi kendala dalam melakukan sebuah praktikum jika jumlah mahasiswanya banyak.

Pada tugas akhir ini dirancang media pembelajaran untuk mendukung praktikum dalam sebuah perkuliahan teori. Trainer Pengontrol Motor Dc merupakan media elektronika dalam bentuk satu kesatuan ukuran 23 x 30 cm yang didalamnya sudah terdapat mikrokontrol ATmega 2560. Media ini terdiri atas sistem pengendalian arah putaran dan kecepatan motor dc yang dapat dioperasikan secara manual melalui tombol keypad 4x4, untuk men-*setting* nilai PWM ke Arduino Mega 2560. Motor stepper dc juga terdapat pada media ini.

Intinya kendali arah putaran motor dc mengikuti posisi pemasangan kutub tegangan. Sedangkan jika kecepatan motor mengikuti besar kecilnya nilai tegangan yang disalurkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar nilai PWM, maka semakin cepat pula motor berputar. Untuk selanjutnya trainer ini bisa dikembangkan dalam pengendalian yang lebih variatif lagi.

Kata kunci : Motor DC, Arduino Mega 2560, kendali arah dan putaran motor.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul “Trainer Pengontrol Motor DC Menggunakan Keypad Matrix 4x4 Berbasis Arduino Mega 2560 Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroler Di Laboratorium Teknik Elektro Unnes”, Sebagai syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Diploma III Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, saran, dan dukungan. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum selaku Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Bapak Dr. Nur Qudus, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Bapak Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
4. Bapak Dr. Subiyanto, M.T. selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
5. Bapak Drs. Yohanes Primadiyono, M.T selaku dosen pembimbing yang telah membantu memberikan bimbingan terbaik hingga terselesaikanya Tugas Akhir ini.

6. Segenap staf laboratorium yang berkenan membantu dan memfasilitasi alat-alatnya.
7. Semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil dalam penyusunan tugas akhir ini.

Saya selaku penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan isi laporan tugas akhir ini. Semoga segala dorongan, bantuan, bimbingan dan pengorbanan yang telah diberikan dari berbagai pihak di dalam penulisan laporan ini mendapat balasan yang lebih dari Allah SWT. Akhir kata semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Semarang, 17 Maret 2016



Penulis



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Pembatasan Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Definisi Trainer	4
2.2 Arduino Mega 2560.....	4
2.3 Keypad Matrix 4x4.....	11
2.4 LED (Light Emitting Diode)	12
2.5 Motor Arus Searah	14

2.6	IC L293D.....	26
2.7	IC ULN2003A.....	28
2.8	LCD (Liquid Crystal Display) 16x2.....	29
2.9	Motor Stepper.....	30
BAB III PERANCANGAN ALAT.....		37
3.1	Perencanaan Pembuatan Perangkat Lunak (Software).....	37
3.2	Perencanaan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	44
BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN PEMBAHASAN.....		49
4.1	Pengujian Alat.....	49
4.2	Data Hasil Pengujian.....	55
4.3	PEMBAHASAN.....	57
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....		58
DAFTAR PUSTAKA.....		59
LAMPIRAN.....		60



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Singkat Arduino Mega 2560	6
Tabel 2.2 Spesifikasi Kaki LCD 16 x 2	25
Tabel 3.1 Alamat Input dan Output Mikrokontroler	40
Tabel 3.2 Alat Yang Dibutuhkan Dalam Pembuatan Sistem	44
Tabel 3.3 Bahan Yang Dibutuhkan Dalam Pembuatan Sistem	45
Tabel 4.1 Pengujian Catu Daya 12 Volt	49
Tabel 4.2 Pengujian Driver Motor Stepper	51
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Motor DC	55
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Motor Stepper	56



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arduino Mega 2560 R3 Bagian Depan.....	5
Gambar 2.2	Pemetaan Pin Atmega2560 Dengan Arduino Mega 2560	7
Gambar 2.3	Tampilan Software Arduino Ide.....	10
Gambar 2.4	Keypad Matrix 4x4	12
Gambar 2.5	Konstruksi Keypad Matrix 4x4.....	12
Gambar 2.6	Led.....	13
Gambar 2.7	Konstruksi Led	14
Gambar 2.8	Bagian Motor DC	15
Gambar 2.9	Hukum Tangan Kanan Motor	17
Gambar 2.10	Prinsip Motor	17
Gambar 2.11	Rangkaian Ekuivalen Motor DC Penguat Terpisah	18
Gambar 2.12	Karakteristik Motor DC Shunt	19
Gambar 2.13	Rangkaian Ekuivalen Motor DC Shunt	20
Gambar 2.14	Karakteristik Motor DC Seri.....	21
Gambar 2.15	Rangkaian Ekuivalen Motor DC Seri	21
Gambar 2.16	Karakteristik Motor DC Kompon	23
Gambar 2.17	Rangkaian Ekuivalen Motor DC Kompon Panjang.....	23
Gambar 2.18	Rangkaian Ekuivalen Motor DC Kompon Pendek	24
Gambar 2.19	Bentuk Fisik L293D.....	27
Gambar 2.20	Konstruksi Pin Driver Motor Dc IC L293D	27
Gambar 2.21	Rangkaian Darlington IC ULN 2003	28

Gambar 2.22 Bentuk Fisik IC ULN 2003	29
Gambar 2.23 Transistor Darlington Dalam IC ULN 2003	29
Gambar 2.24 Bentuk Fisik LCD 16x2	30
Gambar 2.25 Prinsip Kerja Motor Stepper	32
Gambar 2.26 Motor Stepper Tipe Variable Reluctance (VR)	32
Gambar 2.27 Motor Stepper Tipe Permanent Magnet (PM)	33
Gambar 2.28 Motor Stepper Tipe Hybrid.....	34
Gambar 2.29 Motor Stepper Dengan Lilitan Unipolar	35
Gambar 2.30 Motor Stepper Dengan Lilitan Bipolar	35
Gambar 2.31 Motor Stepper dan Driver ULN2003A	36
Gambar 3.1 Blok Diagram.....	37
Gambar 3.2 Flow Chart Program Motor DC	39
Gambar 3.3 Flow Chart Program Motor Stepper.....	40
Gambar 3.4 Proses Memulai Software Arduino	41
Gambar 3.5 Tampilan Jendela Baru Software Arduino.....	42
Gambar 3.6 Tampilan Lokasi Penyimpanan Program	42
Gambar 3.7 Tampilan Proses Pemeriksaan Program/ <i>Verify</i>	43
Gambar 3.8 Tampilan Tidak Ada <i>Error</i> Program.....	43
Gambar 3.9 Tampilan Proses Compile Program	44
Gambar 3.10 Rangkaian Keseluruhan	48
Gambar 4.1 Pengujian LCD.....	49
Gambar 4.2 Pengujian Motor DC	50
Gambar 4.3 Titik Pengukuran Tegangan Motor DC.....	50

Gambar 4.4 Trainer Pengontrol Motor DC Berbasis Arduino Mega 2560.....	52
Gambar 4.5 Tampilan Status Motor Keadaan Mati	52
Gambar 4.6 Tampilan Status Motor Keadaan Hidup.....	53
Gambar 4.7 Menu Utama.....	53
Gambar 4.8 Tampilan Submenu Motor DC.....	53
Gambar 4.9 Tampilan Memasukkan Waktu Delay Sebelum Start	53
Gambar 4.10 Pilihan Arah Putaran Motor	54
Gambar 4.11 Tampilan Sub Menu Motor DC	54
Gambar 4.12 Tampilan Setting Kecepatan Putar Motor.....	54
Gambar 4.13 Tampilan Menu Utama	54
Gambar 4.14 Tampilan Sub Menu Motor Stepper	54
Gambar 4.15 Tampilan Arah Putaran Motor	54
Gambar 4.16 Tampilan Setting Timing	55

DAFTAR LAMPIRAN

- 1) Source Code Pengontrol Motor DC dan Motor Stepper.....61
- 2) Spesifikasi Lengkap Motor Stepper 8BYJ-48 5 Volt.80
- 3) Datasheet Motor DC RF-300F-12350.....81
- 4) Rencana Pembelajaran Semester Mata Kuliah Mikrokontroler.....82



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Dalam perkembangan teknologi elektronika sampai sekarang ini tidak lepas dari penggunaan sistem kontrol, karena dengan sistem kontrol, peralatan elektronika tersebut dapat dioperasikan sesuai dengan fungsi dan kegunaannya. Motor merupakan salah satu alat yang digunakan dalam dunia industri utamanya, maupun dalam kehidupan sehari-hari.

Salah satu sarana yang cukup vital adalah pengendalian putaran dan kecepatan motor yang dapat diaplikasikan dalam berbagai kebutuhan seperti pada dunia industri, yaitu konveyor, ventilator, dan lain sebagainya. Motor arus searah atau DC (*direct current*) merupakan jenis motor yang banyak digunakan dalam perindustrian.

Sebagai mahasiswa teknik elektro, selayaknya kita bisa memahami cara kerja dari motor DC. Namun sebagian besar mahasiswa kurang mengetahui tentang pengontrolan motor DC. Kemungkinan salah satu penyebabnya adalah kurang lengkapnya peralatan yang ada di kampus.

Dengan berdasar kurang lengkapnya peralatan yang ada di laboratorium Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang, maka penulis ingin membuat tugas akhir yang berjudul "Trainer Pengontrol Motor DC menggunakan Keypad Matrix 4x4 berbasis Arduino Mega 2560 sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroler di Laboratorium Teknik

Elektro Unnes”. Alat ini nantinya bisa dipergunakan untuk praktikum mahasiswa di laboratorium.

1.2 Pembatasan Masalah

Dalam tugas akhir ini, penulis tidak membahas mengenai begitu banyaknya pemanfaatan board mikrokontroler Arduino Mega 2560. Pada tugas akhir ini Penulis membatasi permasalahannya, yaitu :

- 1) Trainer praktikum ini hanya mengambil materi motor DC, motor stepper, keypad, dan tunda (*delay*) saja dari Silabus mata kuliah Mikrokontroler.
- 2) Pengontrolan motor DC meliputi arah putaran dan kecepatan putar motor DC.
- 3) Pengontrolan motor stepper DC sebatas mengontrol arah putaran dan kecepatan putar per step.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dituliskan, permasalahan yang akan dikaji dalam pembuatan “Trainer Pengontrolan Motor DC berbasis Arduino Mega 2560 sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mikrokontroler di Laboratorium Teknik Elektro Unnes” yaitu :

- 1) Apakah alat Trainer Pengontrol Motor DC berbasis Arduino Mega 2560 ini dapat digunakan sebagai alat media praktikum di Laboratorium Teknik Elektro Unnes?

1.4 Tujuan

Tujuan yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

- 1) Untuk mengetahui apakah alat Trainer Pengontrol Motor DC berbasis Arduino Mega 2560 dapat digunakan sebagai media praktikum.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Bagi mahasiswa : untuk mempermudah mahasiswa dalam mengikuti mata kuliah Mikrokontroler ataupun Praktikum Mikrokontroler.
2. Bagi dosen : tersedianya perangkat pembelajaran sebagai panduan dan acuan dalam kegiatan pembelajaran.
3. Bagi jurusan : tersedianya perangkat pembelajaran sebagai bahan ajar dan media pendukung dalam kelengkapan pembelajaran.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Trainer

- 1) Menurut Khosnevis (Suryani,2006), “Trainer merupakan proses simulasi aplikasi membangun model dari sistem nyata ataupun usulan sistem, melakukan eksperimen dengan model tersebut untuk mempelajari perilaku sistem”.
- 2) Menurut Hasan S (2006: 3) ”Trainer merupakan suatu set peralatan di laboratorium yang digunakan sebagai media pendidikan yang merupakan gabungan antara model kerja dan *mock up*(model skala utuh)”.
- 3) Menurut Irfa Wahyudi (2012), “Trainer merupakan bagian-bagian dari sebuah alat yang sesungguhnya atau dapat berupa modul fisik untuk mempermudah memahami dan mempelajari cara kerja dari sebuah alat”.

2.2 Arduino Mega 2560

Menurut Dede Hendriono (2014) melalui situs www.hendriono.com, Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega 2560. Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau

baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega 2560 kompatibel dengan sebagian besar shield yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila. Arduino Mega 2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega.

Tentang Revisi

Arduino Mega 2560 berbeda dari papan sebelumnya, karena versi terbaru sudah tidak menggunakan chip driver FTDI USB-to-serial. Tapi, menggunakan chip ATmega16U2 (ATmega8U2 pada papan Revisi 1 dan Revisi 2) yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial. Arduino Mega 2560 Revisi 2 memiliki resistor penarik jalur HWB 8U2 ke Ground, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU.

Arduino Mega 2560 Revisi 3 memiliki fitur-fitur baru berikut:

- 1.0 pinout : Ditambahkan pin SDA dan pin SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin RESET
- Sirkuit RESET.
- Chip ATmega16U2 menggantikan chip ATmega8U2.



Gambar 2.1 Arduino Mega 2560 R3 Bagian Depan

Sumber : www.hendriono.com/blog/post/mengenal-arduino-mega2560

Ringkasan Spesifikasi

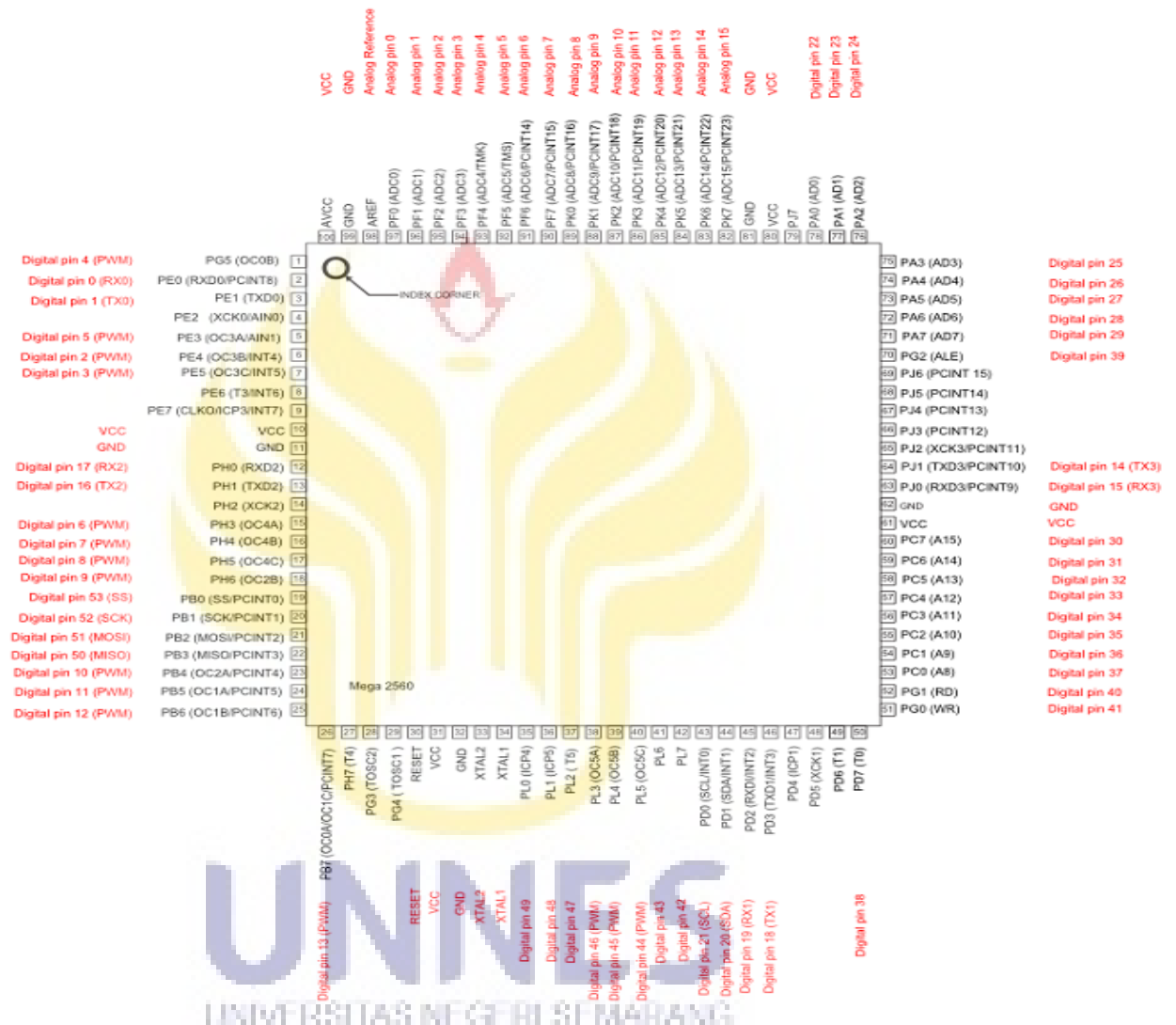
Dibawah ini spesifikasi sederhana dari Arduino Mega 2560:

Tabel 2.1 Spesifikasi singkat Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	ATmega 2560
Tegangan Operasi	5V
Input Voltage (disarankan)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Pin Digital I/O	54 (yang 15 pin digunakan sebagai output PWM)
Pins Input Analog	16
Arus DC per pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Flash Memory	256 KB (8 KB digunakan untuk bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Pemetaan Pin

Dibawah ini pemetaan pin ATmega 2560 dengan Arduino Mega 2560:



(5 Volt). Sebuah chip ATmega16U2 (ATmega8U2 pada papan Revisi 1 dan Revisi 2) yang terdapat pada papan digunakan sebagai media komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai COM Port Virtual (pada Device komputer) untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pada komputer, untuk sistem operasi Windows masih tetap memerlukan file inf, tetapi untuk sistem operasi OS X dan Linux akan mengenali papan sebagai port COM secara otomatis. Perangkat lunak Arduino termasuk didalamnya serial monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan Arduino. LED RX dan TX yang tersedia pada papan akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui chip USB-to-serial yang terhubung melalui USB komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial seperti pada pin 0 dan 1).

Sebuah perpustakaan `SoftwareSerial` memungkinkan untuk komunikasi serial pada salah satu pin digital Mega 2560. ATmega 2560 juga mendukung komunikasi TWI dan SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk library `Wire` digunakan untuk menyederhanakan penggunaan bus TWI. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan `SPI`.

Pemrograman

Arduino Mega dapat diprogram dengan software Arduino. ATmega 2560 pada Arduino Mega sudah tersedia preburned dengan bootloader yang memungkinkan Anda untuk meng-upload kode baru tanpa menggunakan programmer hardware eksternal. Hal ini karena komunikasi yang terjadi menggunakan protokol asli STK500. Anda juga dapat melewati (bypass)

bootloader dan program mikrokontroler melalui pin header ICSP (In-Circuit Serial Programming).

Chip ATmega16U2 (atau 8U2 pada board Rev. 1 dan Rev. 2) source code firmware tersedia pada repositori Arduino. ATmega16U2/8U2 dapat dimuat dengan bootloader DFU, yang dapat diaktifkan melalui:

- **Pada papan Revisi 1** : Menghubungkan jumper solder di bagian belakang papan (dekat dengan peta Italia) dan kemudian akan me-reset 8U2.
- **Pada papan Revisi 2** : Ada resistor yang menghubungkan jalur HWB 8U2/16U2 ke ground, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU.

Kemudian Anda dapat menggunakan Atmel FLIP software (sistem operasi Windows) atau DFU programmer (sistem operasi Mac OS X dan Linux) untuk memuat firmware baru. Atau Anda dapat menggunakan pin header ISP dengan programmer eksternal (overwrite DFU bootloader).

SOFTWARE ARDUINO

Sehubungan dengan pembahasan untuk saat ini software Arduino yang akan digunakan adalah driver dan IDE, walaupun masih ada beberapa software lain yang sangat berguna selama pengembangan Arduino. IDE Arduino adalah software yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java. IDE Arduino terdiri dari:

- *Editor* program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa Processing.

- *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa Processing) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah microcontroller tidak akan bisa memahami bahasa Processing. Yang bisa dipahami oleh microcontroller adalah kode biner. Itulah sebabnya compiler diperlukan dalam hal ini.
- *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari Jomputer ke dalam memory di dalam papan Arduino.

Berikut ini adalah contoh tampilan IDE Arduino dengan sebuah sketch yang sedang diedit.

```

PWM | Arduino 1.6.0
File Edit Sketch Tools Help
PWM
// Program pengaturan intensitas cahaya
int ledPin = 9; // PWM pin for the LED
void setup() {} // no setup needed
void loop() {
  for (int i=0; i<=255; i+=5) // ascending value for i
  {
    analogWrite(ledPin, i); // sets brightness level to i
    delay(100); // pauses for 100ms
  }
  for (int i=255; i>=0; i--) // descending value for i
  {
    analogWrite(ledPin, i); // sets brightness level to i
    delay(100); // pauses for 100ms
  }
}
1 Arduino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on COM20

```

Gambar 2.3 Tampilan Software Arduino IDE.

Menurut Yusuf Sigit P (2014,5), Setiap program Arduino (biasa disebut sketch) mempunyai dua buah fungsi yang harus ada, yaitu:

➤ void setup()

Semua kode didalam kurung kurawal akan dijalankan hanya satu kali ketika program Arduino dijalankan untuk pertama kalinya.

➤ void loop()

Fungsi ini akan dijalankan setelah setup (fungsi *void setup*) selesai. Setelah dijalankan satu kali fungsi ini akan dijalankan lagi, dan lagi secara terus menerus sampai catu daya (power) dilepaskan.

Adapun struktur pemograman pada mesin digital adalah sebagai berikut.

➤ pinMode(pin, mode)

Digunakan untuk menetapkan mode dari suatu pin. Mode yang bisa digunakan adalah INPUT atau OUTPUT.

➤ digitalWrite(pin, value)

Ketika sebuah pin ditetapkan sebagai OUTPUT, pin tersebut dapat dijadikan HIGH (ditarik menjadi 5 volts) atau LOW (diturunkan menjadi ground).

➤ digitalRead(pin)

Ketika sebuah pin ditetapkan sebagai INPUT maka anda dapat menggunakan kode ini untuk mendapatkan nilai pin tersebut apakah HIGH (ditarik menjadi 5 volts) atau LOW (diturunkan menjadi ground).

2.3 Keypad Matrix 4x4

Menurut Agus Purnama melalui situs www.elektronika-dasar.web.id, keypad adalah saklar-saklar *push button* yang disusun secara matriks yang berfungsi untuk menginput data. Keypad berfungsi sebagai interface antara

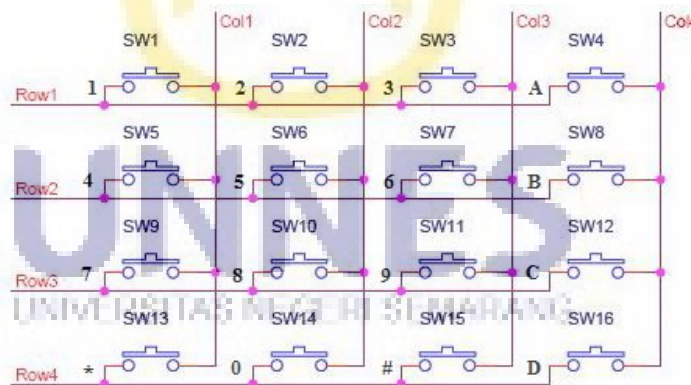
perangkat (mesin) elektronik, yaitu mikrokontroler dengan manusia atau dikenal dengan istilah HMI (Human Machine Interface). Konfigurasi keypad dengan susunan bentuk matrix ini bertujuan untuk penghematan port mikrokontroler karena jumlah key (tombol) yang dibutuhkan banyak pada suatu sistem dengan mikrokontroler.



Gambar 2.4 Keypad Matrix 4x4

Sumber : <http://www.boarduino.blogspot.com>

Konstruksi Matrix Keypad 4x4



Gambar 2.5 konstruksi Keypad matrix 4x4

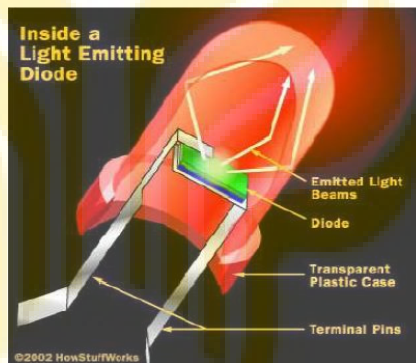
Sumber : www.elektronika-dasar.web.id , dengan sedikit perubahan

2.4 LED (Light Emitting Diode)

Menurut Agusta Iswan M. (tahun 2012, hal 22), LED adalah singkatan dari Light Emitting Diode, merupakan komponen yang dapat mengeluarkan

emisi cahaya. LED merupakan produk temuan lain setelah dioda. Strukturnya sama dengan dioda, tetapi belakangan ditemukan bahwa elektron yang menerjang sambungan P-N juga melepaskan energi berupa energi panas dan energi cahaya.

LED dibuat agar lebih efisien mengeluarkan cahaya. Untuk mendapatkan emisi cahaya pada semikonduktor, doping yang dipakai adalah *galium*, *arsenic* dan *phosphorus*. Jenis doping yang berbeda menghasilkan warna cahaya yang berbeda pula.



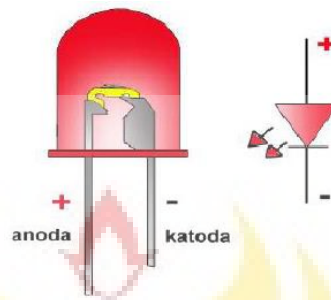
Gambar 2.6 LED

Sumber : Agusta Iswan M. (tahun 2012,hal 22)

2.4.1 Prinsip Kerja LED

Jika diberi tegangan maju, LED akan mengeluarkan cahaya. Warna cahaya yang akan dihasilkan tergantung dengan jenis material dari pertemuan intensitas cahayanya yang berbanding dengan arus maju yang mengalir. Arus maju yang diserap berkisar antara 10 sampai 20 mA untuk kecerahan nyala maksimum. LED juga dapat bekerja ketika kutub anoda dihubungkan pada tegangan listrik searah DC positif (+), dan kutub katode dihubungkan pada tegangan DC negative (-) . Dalam kondisi menghantar, tegangan maju pada

LED merah adalah 1,6 sampai 2,2 volt, LED kuning 2,4 volt, LED hijau 2,7 volt. Sedangkan tegangan terbaik maksimum yang dibolehkan pada LED merah adalah 3 volt, LED kuning 5 volt, LED hijau 5 volt.



Gambar 2.7 Konstruksi LED

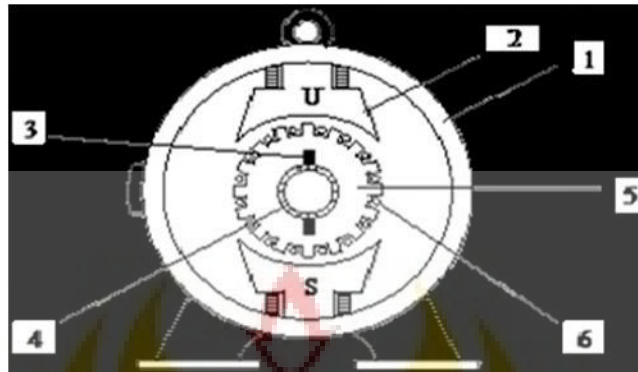
Sumber : Agusta Iswan M. (tahun 2012,hal 22)

Fungsi dari LED yaitu dimana konsumsi arus sangat kecil, awet dan kecil bentuknya (tidak makan tempat). Setelah itu terdapat keistimewaan tersendiri dari LED itu sendiri yaitu dapat memancarkan cahaya dingin, umur tidak dipendekan oleh *peng on-off-an* yang terus menerus, tidak memancarkan sinar merah infra (terkecuali yang memang sengaja dibuat seperti itu).

2.5 Motor Arus Searah

Menurut zonaelektro.net, motor DC adalah jenis motor listrik yang bekerja menggunakan sumber tegangan DC. Motor DC atau motor arus searah sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung dan tidak langsung/direct-unidirectional. *Motor DC* digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalaan torsi yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.

Menurut insauin.blogspot.com, Bagian-bagian yang penting dari motor DC adalah sebagai berikut.



Gambar 2.8 bagian motor DC

Sumber : <http://insauin.blogspot.com>

1. Badan Mesin

Badan mesin ini berfungsi sebagai tempat mengalirnya fluks magnet yang dihasilkan kutub magnet, sehingga harus terbuat dari bahan ferromagnetik. Fungsi lainnya adalah untuk meletakkan alat-alat tertentu dan mengelilingi bagian-bagian dari mesin, biasanya terbuat dari besi atau baja atau campuran besi dan baja.

2. Inti kutub magnet dan belitan penguat magnet

Inti kutub magnet dan belitan penguat magnet ini berfungsi untuk mengalirkan arus listrik agar dapat terjadi proses elektromagnetik. Adapun aliran fluks magnet dari kutub utara melalui celah udara yang melewati badan mesin.

3. Sikat-sikat

Sikat - sikat ini berfungsi sebagai jembatan bagi aliran arus jangkar

dengan bebas, dan juga memegang peranan penting untuk terjadinya proses komutasi.

4. Komutator

Komutator ini berfungsi sebagai penyearah mekanik yang akan dipakai bersama-sama dengan sikat. Sikat-sikat ditempatkan sedemikian rupa sehingga komutasi terjadi pada saat sisi kumparan berbeda.

5. Jangkar

Jangkar dibuat dari bahan ferromagnetic dengan maksud agar kumparan jangkar terletak dalam daerah yang induksi magnetiknya besar, agar ggl induksi yang dihasilkan dapat bertambah besar.

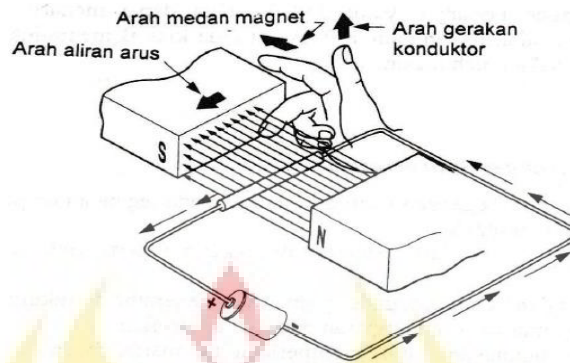
6. Belitan jangkar

Belitan jangkar merupakan bagian yang terpenting pada mesin arus searah, berfungsi untuk tempat timbulnya tenaga putar motor.

Menurut Frank D. Petruzella (2001, 331), motor listrik menggunakan energi listrik dan energi magnet untuk menghasilkan energi mekanis. Operasi motor tergantung pada interaksi dua medan magnet. Secara sederhana dikatakan bahwa motor listrik bekerja dengan prinsip bahwa dua medan magnet dapat dibuat berinteraksi untuk menghasilkan gerakan. Tujuan motor adalah untuk menghasilkan gaya yang menggerakkan (torsi).

Motor arus searah digunakan dimana control torsi dan kecepatan dengan rentang yang lebar diperlukan untuk memenuhi kebutuhan aplikasi.

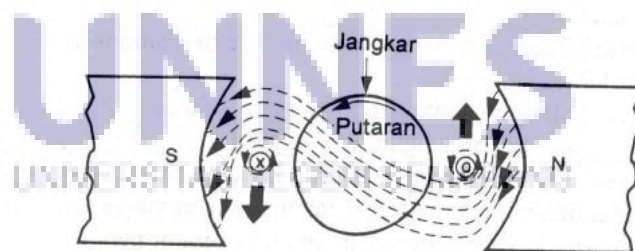
Meskipun demikian, susunan sikat-komutator menimbulkan masalah pada pemeliharaan sikat dan bunga api listrik.



Gambar 2.9 hukum tangan kanan motor

Sumber : buku Elektronik Industri, Frank D. Petruzela (hal 330)

Untuk menentukan arah gerakan penghantar yang mengalirkan arus pada medan magnet, digunakan *hukum tangan kanan motor* seperti pada gambar di atas. Ibu jari dan dua jari yang pertama dari tangan kanan disusun sehingga saling tegak lurus satu sama lain dengan menunjukkan arah arus yang mengalir (min ke plus) pada penghantar.



Gambar 2.10 Prinsip Motor

Sumber : buku Elektronik Industri, Frank D. Petruzela (hal 330)

Gambar tersebut menggambarkan bagaimana torsi motor dihasilkan oleh kumparan yang membawa arus / loop pada kawat yang ditempatkan pada medan magnet. Medan magnet menyebabkan pembengkokan garis gaya.

Penghantar sebelah kiri ditekan ke bawah dan penghantar sebelah kanan ditekan ke atas, menyebabkan putaran jangkar berlawanan dengan arah putaran jarum jam.

Karakteristik motor dc :

- Torsi tinggi pada kecepatan rendah.
- Pengaturan kecepatan bagus pada seluruh rentang (tidak ada low-end cogging).
- Kemampuan mengatasi beban lebih baik.
- Lebih mahal dibandingkan motor ac.
- Secara fisik lebih besar dibandingkan dengan motor ac untuk HP yang sama.
- Pemeliharaan dan perbaikan yang diperlukan lebih rutin.

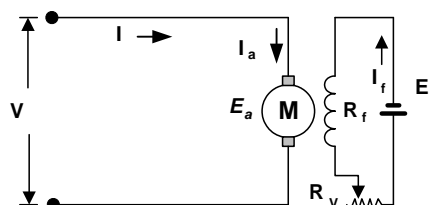
Jenis-Jenis Motor DC

Menurut zoniaelektro.net, jenis-jenis motor DC adalah sebagai berikut.

1. Motor DC Sumber Daya Terpisah/ Separately Excited

Jika arus medan dipasok dari sumber terpisah maka disebut motor DC sumber daya terpisah / separately excited.

Rangkaian ekivalen mesin penguat terpisah



Gambar 2.11 Rangkaian Ekivalen DC Motor Penguat Terpisah

Motor:

$$V = E_a + I_a \cdot R_a + \Delta V_s$$

$$I = I_a$$

$$P = V \cdot I \quad \text{dan} \quad \text{Efisiensi } (\eta) = \frac{\text{daya keluaran (Pout)}}{\text{daya masukan (Pin)}}$$

dengan:

V = tegangan jala-jala

P = daya

I = arus jala-jala

I_a = arus jangkar

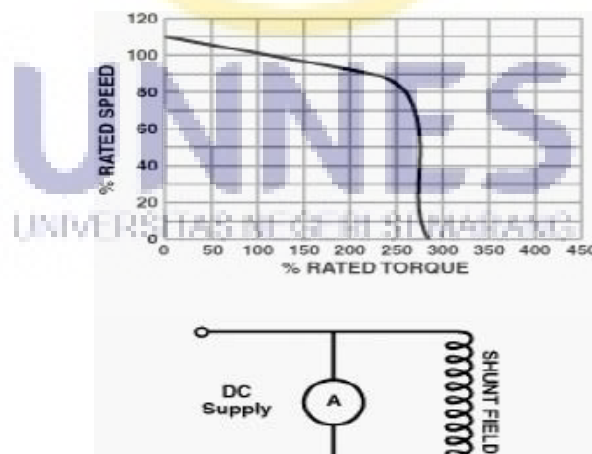
R_a = resistans jangkar

ΔV_s = rugi tegangan sikat

E_a = tegangan jangkar

2. Motor DC Sumber Daya Sendiri/ Self Excited: Motor Shunt

Pada motor shunt, gulungan medan (medan shunt) disambungkan secara paralel dengan gulungan kumparan motor DC (A) seperti diperlihatkan dalam gambar dibawah. Oleh karena itu total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus kumparan motor DC.



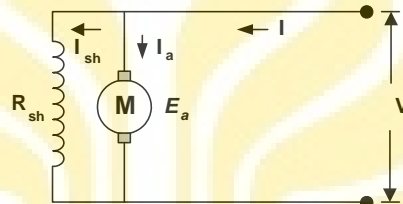
Gambar 2.12 Karakteristik Motor DC Shunt

Sumber : <http://zoniaelektro.net>

Berikut tentang kecepatan motor shunt (E.T.E., 1997):

- Kecepatan pada prakteknya konstan tidak tergantung pada beban (hingga torque tertentu setelah kecepatannya berkurang, lihat Gambar diatas dan oleh karena itu cocok untuk penggunaan komersial dengan beban awal yang rendah, seperti peralatan mesin.
- Kecepatan dapat dikendalikan dengan cara memasang tahanan dalam susunan seri dengan kumparan motor DC (kecepatan berkurang) atau dengan memasang tahanan pada arus medan (kecepatan bertambah).

Rangkaian ekivalen mesin shunt



Gambar 2.13 Rangkaian Ekivalen Motor DC Shunt

Motor:

$$V = E_a + I_a \cdot R_a + \Delta V_s$$

$$I = I_a$$

$$P = V \cdot I \quad \text{dan} \quad \text{Efisiensi } (\eta) = \frac{\text{daya keluaran (Pout)}}{\text{daya masukan (Pin)}}$$

dengan:

V = tegangan jala-jala

P = daya

I = arus jala-jala

I_a = arus jangkar

R_a = resistans jangkar

ΔV_s = rugi tegangan sikat

E_a = tegangan jangkar

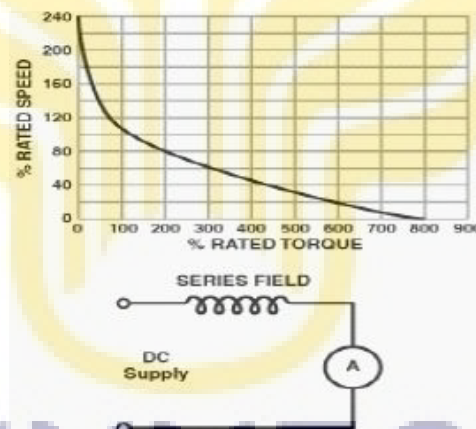
3. Motor DC Daya Sendiri: Motor Seri

Dalam motor seri, gulungan medan (medan shunt) dihubungkan secara seri dengan gulungan kumparan motor DC (A) seperti ditunjukkan

dalam gambar dibawah. Oleh karena itu, arus medan sama dengan arus kumparan motor DC. Berikut tentang kecepatan motor seri (Rodwell International Corporation, 1997; L.M. Photonics Ltd, 2002) :

- Kecepatan dibatasi pada 5000 RPM
- Harus dihindarkan menjalankan motor seri tanpa ada beban sebab motor akan mempercepat tanpa terkendali.

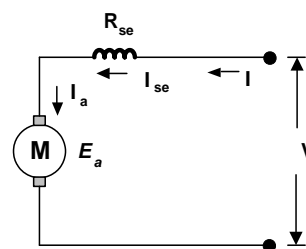
Motor-motor seri cocok untuk penggunaan yang memerlukan torque penyalaan awal yang tinggi, seperti derek dan alat pengangkat hoist seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.14 Karakteristik Motor DC Seri

Sumber : <http://zoniaelektro.net>

Rangkaian ekivalen mesin seri



Gambar 2.15 Rangkaian Ekivalen motor DC Seri

Motor:

$$V = E_a + I_a (R_a + R_{se}) + \Delta V_s$$

$$I = I_{se} = I_a$$

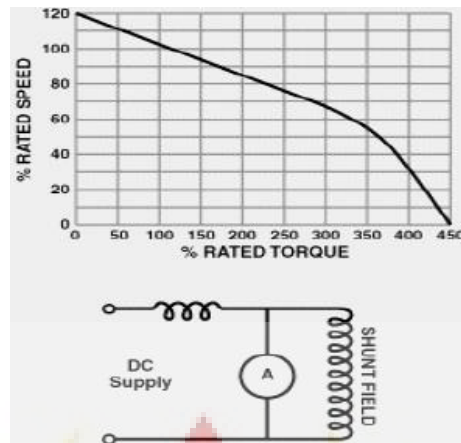
dengan;

I_{se} = arus belitan medan seri

R_{se} = resistans belitan medan seri

4. Motor DC Kompon/Gabungan

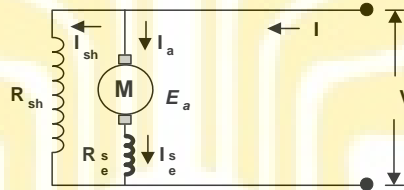
Motor Kompon DC merupakan gabungan motor seri dan shunt. Pada motor kompon, gulungan medan (medan shunt) dihubungkan secara paralel dan seri dengan gulungan kumparan motor DC (A) seperti yang ditunjukkan dalam gambar dibawah. Sehingga, motor kompon memiliki torque penyalaan awal yang bagus dan kecepatan yang stabil. Makin tinggi persentase penggabungan (yakni persentase gulungan medan yang dihubungkan secara seri), makin tinggi pula torque penyalaan awal yang dapat ditangani oleh motor ini. Contoh, penggabungan 40-50% menjadikan motor ini cocok untuk alat pengangkat hoist dan derek, sedangkan motor kompon yang standar (12%) tidak cocok (myElectrical, 2005).



Gambar 2.16 Karakteristik *Motor DC* Kompon

Sumber : <http://zoniaelektro.net>

a. Kompon panjang



Gambar 2.17 Rangkaian Ekuivalen Motor DC Kompon Panjang

Motor:

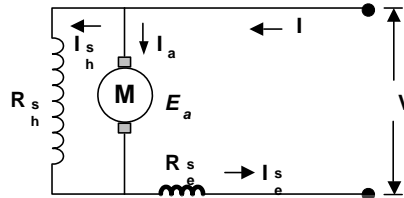
$$I_a = I_{se} = I - I_{sh}$$

$$V = E_a + I_a (R_a + R_{se}) + \Delta V_s$$

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$$

$$P = V \cdot I \quad \text{dan} \quad \text{Efisiensi } (\eta) = \frac{\text{daya keluaran (Pout)}}{\text{daya masukan (Pin)}}$$

b. Kompon pendek



Gambar 2.18 Rangkaian Ekuivalen Motor DC Kompon Pendek

Motor:

$$I_a = I - I_{sh}$$

$$V = E_a + I_a R_a + I_{se} R_{se} + \Delta V_s$$

$$I_{sh} = \frac{V - I_{se} \cdot R_{se}}{R_{sh}}$$

$$P = V \cdot I \quad \text{dan} \quad \text{Efisiensi } (\eta) = \frac{\text{daya keluaran (Pout)}}{\text{daya masukan (Pin)}}$$

Tahap Pengoperasian Motor

Tahapan mengoperasikan motor pada dasarnya dibagi menjadi 3 tahap, yaitu :

1. Mulai Jalan (*starting*)

Untuk motor yang dayanya kurang dari 4 KW, pengoperasian motor dapat disambung secara langsung (*direct on line*). Sedangkan untuk daya yang besar pengasutannya dengan pengendali awal motor (*motor starter*) yang bertujuan untuk meredam arus awal yang besarnya 5 sampai 7 kali arus nominal.

2. Berputar (*running*)

Beberapa saat setelah motor mulai jalan, arus yang mengalir secara bertahap segera menurun ke posisi arus nominal. Selanjutnya motor

dapat dikendalikan sesuai kebutuhan, misalnya dengan pengaturan kecepatan, pembalikan arah perputaran, dan sebagainya.

3. Berhenti (stopping)

Tahap ini merupakan tahap akhir dari pengoperasian motor dengan cara memutuskan aliran arus listrik dari sumber tenaga listrik, yang prosesnya bisa dikendalikan sedemikian rupa (misalnya dengan pengereman / *break*), sehingga motor dapat berhenti sesuai dengan kebutuhan.

Jenis Kendali Motor

Jenis kendali motor ada 3 macam, yaitu :

1. Kendali Manual

Instalasi listrik tenaga pada awalnya menggunakan kendali motor konvensional secara manual. Untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik digunakan saklar manual mekanis, diantaranya adalah saklar togel (*Toggle Switch*). Saklar ini merupakan tipe saklar yang sangat sederhana yang banyak digunakan pada motor-motor berdaya kecil. Operator yang mengoperasikannya harus mengeluarkan tenaga otot yang kuat.

2. Kendali Semi Otomatis

Pada kendali semi otomatis, kerja operator sedikit ringan (tidak mengeluarkan tenaga besar), cukup dengan jari menekan tombol tekan *start* saat awal menggerakkan motor dan menekan tombol *stop* saat

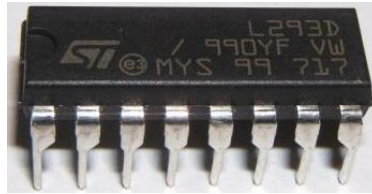
menghentikan putaran motor. Untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik menggunakan konduktor magnet, yang bisa dilengkapi rele pengaman arus lebih (*Thermal Overload Relay*) sebagai pengaman motor.

3. Kendali Otomatis

Dengan kendali otomatis, kerja operator semakin ringan, yaitu cukup memonitor kerja dari sistem, sehingga dapat menghemat energi fisiknya. Deskripsi kerja dari sistem kendali otomatis dibuat dengan suatu program dalam bentuk rangkaian konduktor magnet yang dikendalikan oleh sensor-sensor, sehingga motor dapat bekerja maupun berhenti secara otomatis.

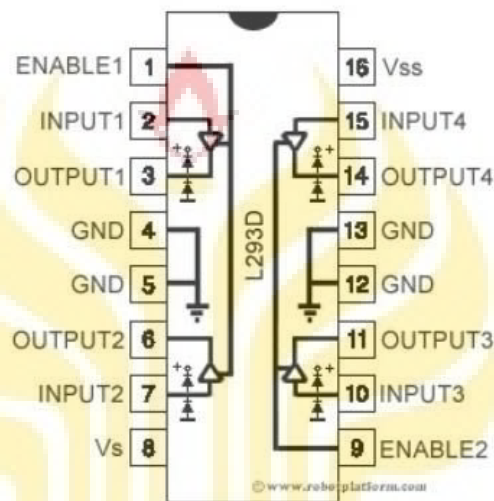
2.6 IC L293D

Menurut Agus Purnama (2012), melalui situs www.elektronika-dasar.web.id IC L293D adalah IC yang didesain khusus sebagai driver motor DC dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL maupun mikrokontroler. Motor DC yang dikontrol dengan driver IC L293D dapat dihubungkan ke ground maupun ke sumber tegangan positif karena di dalam driver L293D sistem driver yang digunakan adalah totem pool. Dalam 1 unit chip IC L293D terdiri dari 4 buah driver motor DC yang berdiri sendiri sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1 Ampere tiap drivernya. Sehingga dapat digunakan untuk membuat driver H-bridge untuk 2 buah motor DC. Dan IC ini dapat bekerja pada rentang tegangan 4,5-36 Volt. Konstruksi pin driver motor DC IC L293D adalah sebagai berikut.



Gambar 2.19 Bentuk Fisik L293D

Sumber : www.leselektronika.com



Gambar 2.20 Konstruksi Pin Driver Motor DC IC L293D

Sumber : <http://www.robotplatform.com>

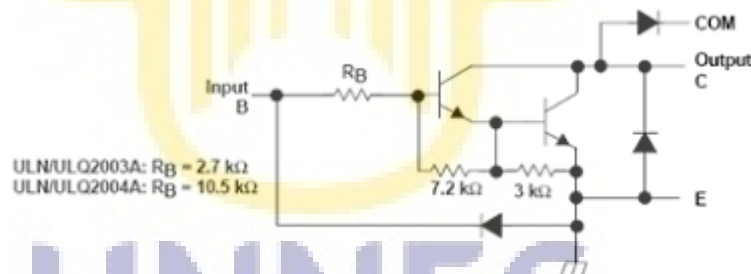
Fungsi Pin Driver Motor DC IC L293D

- Pin EN (Enable, EN1.2, EN3.4) berfungsi untuk memungkinkan driver menerima perintah untuk menggerakkan motor DC.
- Pin In (Input, 1A, 2A, 3A, 4A) adalah pin input sinyal kendali motor DC
- Pin Out (Output, 1Y, 2Y, 3Y, 4Y) adalah jalur output masing-masing driver yang dihubungkan ke motor DC Pin VCC (VCC1, VCC2) adalah jalur input tegangan sumber driver motor DC, dimana VCC1 adalah jalur input sumber tegangan rangkaian kontrol dirver dan VCC2 adalah jalur input sumber tegangan untuk motor DC yang dikendalikan.

- Pin GND (Ground) adalah jalu yang harus dihubungkan ke ground, pin GND ini ada 4 buah yang berdekatan dan dapat dihubungkan ke sebuah pendingin kecil.

2.7 IC ULN2003A

Menurut Mukhtar Widiyanto (2010) melalui situs antomtr.blogspot.co.id, IC ULN 2003 adalah sebuah IC dengan ciri memiliki 7-bit input, tegangan maksimum 50 volt dan arus 500mA. IC ini termasuk jenis TTL. Di dalam IC ini terdapat transistor darlington. Transistor darlington merupakan 2 buah transistor yang dirangkai dengan konfigurasi khusus untuk mendapatkan penguatan ganda sehingga dapat menghasilkan penguatan arus yang besar.



Gambar 2.21 Rangkaian Darlington IC ULN 2003

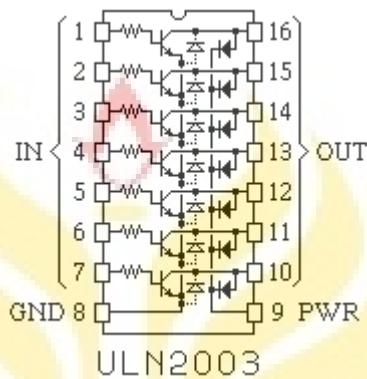
Sumber : <http://antomtr.blogspot.co.id/2010/02/ic-uln-2003.html>

IC ULN 2003 merupakan IC yang mempunyai 16 buah pin, pin ini berfungsi sebagai input, output dan pin untuk catu daya. Catu daya ini terdiri dari catu daya (+) dan ground. IC ULN 2003 biasa digunakan sebagai driver motor stepper maupun driver relay.



Gambar 2.22 Bentuk Fisik IC ULN 2003

Sumber : www.amazon.com



Gambar 2.23 Transistor Darlington Dalam IC ULN 2003

Sumber : www.electro-tech-online.com

2.8 LCD (Liquid Crystal Display) 16x2

Menurut Aris Munandar (2012) melalui www.leselektronika.com, LCD (Liquid Crystal Display) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. Pada postingan aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2 x 16. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat. Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah :

1. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.

2. Mempunyai 192 karakter tersimpan.
3. Terdapat karakter generator terprogram.
4. Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit.
5. Dilengkapi dengan back light.



Gambar 2.24 Bentuk Fisik LCD 16x2

Sumber : www.leselektronika.com

Spesifikasi Kaki LCD 16 x 2

Tabel 2.2 Spesifikasi Kaki LCD 16 x 2

Pin	Deskripsi
1	Ground
2	Vcc
3	Pengatur kontras
4	“RS” Instruction/Register Select
5	“R/W” Read/Write LCD Registers
6	“EN” Enable
7-14	Data I/O Pins
15	Vcc
16	Ground

2.9 Motor Stepper

Menurut zonaelektro.net, motor stepper adalah salah satu jenis motor dc yang dikendalikan dengan pulsa-pulsa digital. Prinsip kerja motor stepper adalah bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan

mekanis diskrit dimana motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor stepper tersebut.

Kelebihan Motor Stepper

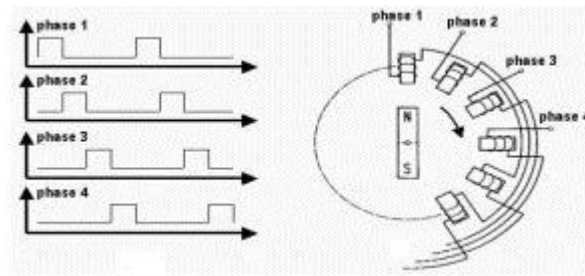
Kelebihan motor stepper dibandingkan dengan motor DC biasa adalah :

1. Sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur.
2. Motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak
3. Posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi
4. Memiliki respon yang sangat baik terhadap mulai, stop dan berbalik (perputaran)
5. Sangat realibel karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC
6. Dapat menghasilkan perputaran yang lambat sehingga beban dapat dikopel langsung ke porosnya
7. Frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada range yang luas.

Prinsip Kerja Motor Stepper

Prinsip kerja motor stepper adalah mengubah pulsa-pulsa input menjadi gerakan mekanis diskrit. Oleh karena itu untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik.

Berikut ini adalah ilustrasi struktur motor stepper sederhana dan pulasa yang dibutuhkan untuk menggerakannya :



Gambar 2.25 Prinsip Kerja Motor Stepper

Sumber : <http://zoniaelektro.net>

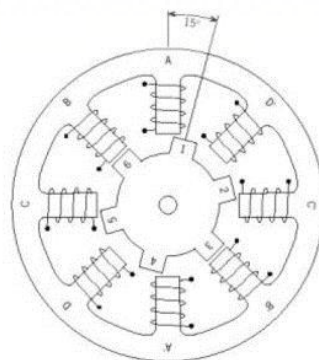
Gambar diatas memberikan ilustrasi dari pulsa keluaran pengendali motor stepper dan penerpan pulsa tersebut pada motor stepper untuk menghasilkan arah putaran yang bersesuaian dengan pulsa kendali.

Jenis-Jenis Motor Stepper

Berdasarkan struktur rotor dan stator pada motor stepper, maka motor stepper dapat dikategorikan dalam 3 jenis sebagai berikut :

1. Motor Stepper Variable Reluctance (VR)

Motor ini terdiri atas sebuah rotor besi lunak dengan beberapa gerigi dan sebuah lilitan stator. Ketika lilitan stator diberi energi dengan arus DC, kutub-kutubnya menjadi termagnetasi. Perputaran terjadi ketika gigi-gigi rotor tertarik oleh kutub-kutub stator.

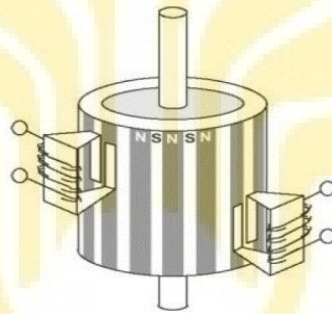


Gambar 2.26 Motor stepper tipe variable reluctance (VR)

Sumber : <http://zoniaelektro.net>

2. Motor Stepper Permanent Magnet (PM)

Motor stepper jenis ini memiliki rotor yang berbentuk seperti kaleng bundar (tin can) yang terdiri atas lapisan magnet permanen yang diselang-seling dengan kutub yang berlawanan. Dengan adanya magnet permanen, maka intensitas fluks magnet dalam motor ini akan meningkat sehingga dapat menghasilkan torsi yang lebih besar. Motor jenis ini biasanya memiliki resolusi langkah (step) yang rendah yaitu antara $7,5^0 - 15^0$ per langkah atau 48 hingga 24 langkah setiap putarannya.



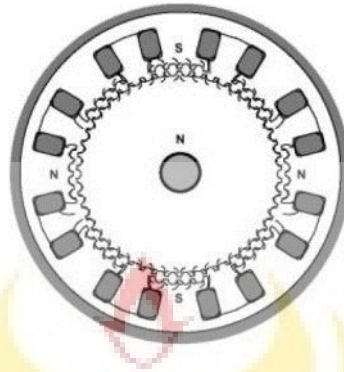
Gambar 2.27 Motor stepper tipe permanent magnet (PM)

Sumber : <http://zoniaelektro.net>

3. Motor Stepper Hybrid (HB)

Motor stepper tipe hibrid memiliki struktur yang merupakan kombinasi dari kedua tipe motor stepper sebelumnya. Motor stepper tipe hibrid memiliki gigi-gigi seperti pada motor tipe VR dan juga memiliki magnet permanen yang tersusun secara aksial pada batang porosnya seperti motor tipe PM. Motor tipe ini paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena kinerja lebih baik. Motor tipe hibrid dapat menghasilkan resolusi langkah yang tinggi antara $3,6^0 - 0,9^0$ per langkah atau 100-400

langkah setiap putarannya. Berikut ini adalah penampang melintang dari motor stepper tipe hibrid :



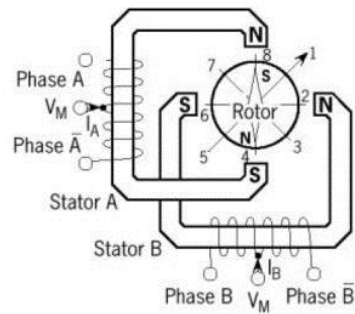
Gambar 2.28 Motor stepper tipe hibrid

Sumber : <http://zoniaelektro.net>

Berdasarkan metode perancangan rangkaian pengendalinya, motor stepper dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu motor stepper unipolar dan motor stepper bipolar.

1) Motor Stepper Unipolar

Rangkaian pengendali motor stepper unipolar lebih mudah dirancang karena hanya memerlukan satu switch / transistor setiap lilitannya. Untuk menjalankan dan menghentikan motor ini cukup dengan menerapkan pulsa digital yang hanya terdiri atas tegangan positif dan nol (ground) pada salah satu terminal lilitan (wound) motor sementara terminal lainnya dicatu dengan tegangan positif konstan (VM) pada bagian tengah (center tap) dari lilitan seperti pada gambar berikut.

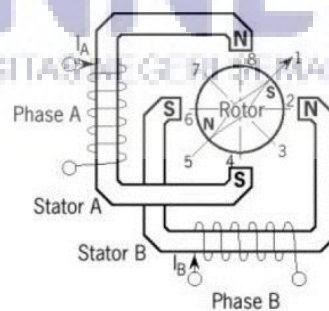


Gambar 2.29 Motor stepper dengan lilitan unipolar

Sumber : <http://zoniaelektro.net>

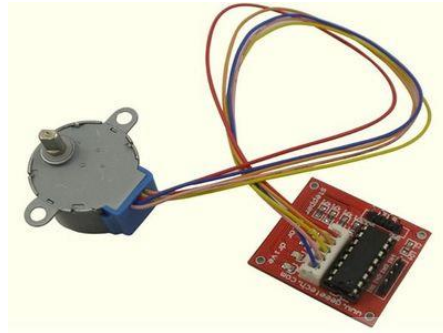
2) Motor Stepper Bipolar

Untuk motor stepper dengan lilitan bipolar, diperlukan sinyal pulsa yang berubah-ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya. Jadi pada setiap terminal lilitan (A & B) harus dihubungkan dengan sinyal yang mengayun dari positif ke negatif dan sebaliknya. Karena itu dibutuhkan rangkaian pengendali yang agak lebih kompleks daripada rangkaian pengendali untuk motor unipolar. Motor stepper bipolar memiliki keunggulan dibandingkan dengan motor stepper unipolar dalam hal torsi yang lebih besar untuk ukuran yang sama.



Gambar 2.30 Motor stepper dengan lilitan bipolar

Sumber : <http://zoniaelektro.net>



Gambar 2.31 motor stepper dan driver ULN2003A

Sumber : www.rustamaji.net/id



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan yang dapat diambil dari pembuatan dari trainer pengontrol motor dc ini adalah :

- 1) Untuk motor dc, didapat simpulan bahwa besarnya Pwm juga berpengaruh terhadap naiknya nilai tegangan, arus, dan juga kecepatan putar motor.
- 2) Untuk motor stepper, semakin besar *timing*-nya maka semakin pelan kecepatan putarnya.
- 3) Alat ini bisa digunakan untuk praktikum di kampus Teknik Elektro Unnes.

5.2 Saran

- 1) Penggunaan trainer diharapkan pada ruang yang cukup cahaya, sehingga mudah dalam pemasangan soket kabel.
- 2) Sebaiknya perlu diperhatikan dalam pemasangan kabel, karena jika pemasangan kurang benar maka akan terjadi kesalahan sistem.
- 3) Alat ini bisa dikembangkan untuk mengoperasikan motor dc yang berkapasitas lebih besar atau juga untuk mengoperasikan motor arus bolak balik.
- 4) Untuk pengembangan selanjutnya, sebaiknya motor stepper bisa di *setting* sudut putarannya, bukan hanya memutar secara kontinuitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Petruzella, Frank D. 2001. *Elektronik Industri*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Ridha, M.I., Puput W.R..(2015). Pengembangan Trainer Dan Jobsheet Mikrokontroller Berbasis Arduino Uno Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Pelajaran Teknik Mikroprosesor Di Smk Negeri 3 Surabaya. Dikutip dari <http://dokumen.tips/download/link/pengembangan-trainer-dan-jobsheet-mikrokontroller-berbasis-arduino-uno-sebagai> pada 7 Oktober 2015
- <http://belajar-dasar-pemrograman.blogspot.co.id/2013/03/arduino-uno.html>
diakses 3 Juni 2015
- <http://blogs.itb.ac.id/el2244k0112211015madelanamahendra/>
diakses 14 Oktober 2015
- <https://globalenergizer.wordpress.com/category/uncategorized/>
diakses 14 Oktober 2015
- <http://teknikelektronika.com/pengertian-led-light-emitting-diode-cara-kerja/>
diakses 9 September 2015
- <http://www.boarduino.blogspot.com>
diakses 1 September 2015
- <http://rendymars.blogspot.co.id/2011/10/system-pengendalian-motor.html#!/tombk>